محاضرات الأرصاد الجوية لمقرر فيزياء فلكية وأرصاد جوية

تجميع وإعداد د/ فاطمة الزهراء محمد نبيه حسن

مدرس الفيزياء النظرية بقسم الفيزياء-كلية العلوم -جامعة دمياط.

الفرقة الرابعة تربية تعليم أساسي علوم

محتوى المقرر

- الفصل الأول: مقدمة عن علم الأرصاد الجوية.
- الفصل الثاني:الغلاف الجوي.
- الفصل الثالث: الإشعاع الشمسي.
- الفصل الرابع: درجة الحرارة.
- الفصل الخامس:الضغط الجوي.
- الفصل السادس:الرياح.
- الفصل السابع: الرطوبة الجوية.
- الفصل الثامن: التكاثف.
- الفصل التاسع:التساقط.

المراجع

- جغرافية المناخ والبيئة تأليف أ.د./ محمد إبراهيم محمد شرف، ٢٠٠٨ ،دار المعرفة الجامعية.
- موقع ويكيبيديا الموسوعة الحرة .
- موقع محاضراتي
- محاضرات في الفيزياء والارصاد الزراعية إعداد أ.د./ أبو النصر هاشم عبدالحميد-أ.د./عصمت حسن عطية نوفل بكلية الزراعة بكلية الزراعة بمشتهر ٢٠١٣.
- منتدى الجغرافيون العرب.

مقدمة

من قديم الزَّمنِ ، بدأ اهتمامُ الإنسانِ بالجوِّ وتقلّباتهِ خُصوصاً بينَ الرُّعاةِ والملاّحين وأمثالِهم مِمَّنْ يتأَثرُ عملهم بالتّقلّباتِ الجويةِ . وقدْ ولدت فيهم التغيُّراتُ الطبيعيةُ القُدرةَ على التّنبؤ بالأجواءِ المحليّةِ ، فكانوا يَرْصِدونَ الحالةَ السائدة للجوِّ . بوساطة تلكّ المُشاهدات المبنيَّة على طولِ المرَانَ ، وعلى قَدْرٍ من الخبرةِ، استطاعوا أنْ يُكوِّنوا فِكرةً عن التغيُّرات الجويةِ المنتظرةِ . ولا تزيدُ الطرقُ الحديثةُ عن ذلك إلاَّ بما امتازت به من استخدامِ النظرياتِ العلميةِ ، واتساع عملياتِ الرصدِ اتساعاً وَسِعَ سطحَ الأرض بأكمله ، فبدلاً من أنْ يقتصرَ المُتنبىءُ الجوي على ما يحيطُ به من ظواهرَ ، أصبحَ يعتمدُ على خرائطَ تحوي وصفاً شاملاً ، وقياساتٍ دقيقةً لعناصرِ الجوِّ على معظمِ سطحِ الأرضِ ، وفي أجوائها العُليا ، وبدلاً من أن يركن في أعمالهِ على الخبرةِ والقياسِ فقط ، أصبحَ يجدُ في متناولِ يدهِ ما يحتاجُ إليه من النظرياتِ العلميةِ السليمةِ ، والأُسُسِ الطبيعيةِ التي تُفسّرُ تقلباتِ الجوِّ . وتُعَدّ فترةُ ما بينَ الحرْبينِ العالميّتين ، الأولى والثانيةِ ، من الفتراتِ الهامة التي تطوَّر خلالها عِلمُ الرصدِ الجويّ تطوُّراً كبيراً من الناحيتين : النظريةِ والتطبيقيّةِ .

- الكلمة الأوروبية **ميتيورولوجيا meterology** (من اليونانية μετέωρος أي شاهق"، و λογία أي علم)، لذلك فإن المعنى اللفظي لها هو علم الأشياء العليا أو دراستها، أي دراسة الجو. ويعرف حاليا بمجموعة من التخصصات العلمية التي تعنى بدراسة الغلاف الجوى التي تركز على أحوال الطقس والتنبؤات الجوية (خلافا لعلم المناخ). الدراسات في هذا المجال تعود لآلاف السنين، على الرغم من أن التقدم الكبير في مجال الأرصاد الجوية لم يحدث حتى القرن الثامن عشر. وشهد القرن التاسع عشر تقدما سريعا في علم الأرصاد الجوية بعد تطور شبكة مراقبة حالة الطقس (محطات الأرصاد الجوية، وغيرها)عبرالعديد من البلدان. في النصف الأخير من القرن العشرين تحقق التقدم الكبير في التنبؤ بأحوال الطقس، وذلك بعد تطور جهاز الحاسب الإلكتروني.

- علم الأرصاد الجوية meteorology هو بالتحديد علم الظواهر الجوية، أو علم الأنواء، ويمكن القول إنه علم فيزياء الجو، لاهتمامه بدراسة فيزيائية الجو وحركيته وكيمياويته، وما يتولد عن ذلك من أنماط وأشكال مختلفة من الحالات الجوية المترددة على هذا المكان أو ذاك في زمن معين.

- **<u>أقسام علم الأرصاد الجوية ومجالاته:</u>**

إن مجالات علم الأرصاد الجوية واسعة ومتشعبة. ويؤلف كل مجال من مجالاته فرعاً من فروع هذا العلم، ويمكن تمييز خمسة أقسام رئيسة لهذا العلم، هي الآتية:

١- علم الأرصاد الجوية الطبيعي:

٢-علم الأرصاد الشمولي (الإجمالي):

٣-علم الأرصاد الدينامي (التحريكي):

٤-علم الأرصاد المكروي:

٥-علم الأرصاد التطبيقي: ولهذا العلم عدة فروع منها: **<u>الأرصاد الجوية الزراعية والأرصاد الجوية للملاحة الجوية، والأرصاد الجوية للملاحة البحرية، والأرصاد الجوية العسكرية، والأرصاد الجوية الطبة وغيرها.</u>**

علاقة علم الأرصاد الجوية بالعلوم الأخرى

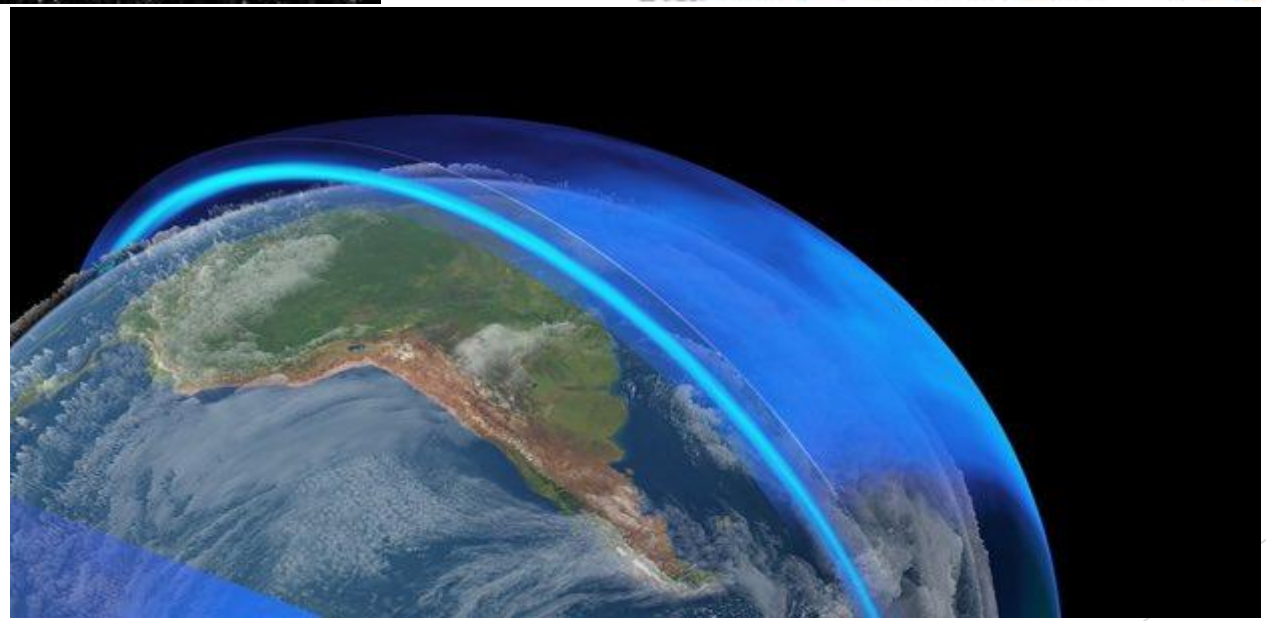
- يرتبط علم الأرصاد الجوية ارتباطاً وثيقاً بعلم الفيزياء، وله علاقة بالكيمياء، وبالعلوم الرياضية والإحصائية لما تقوم به القوانين الرياضية الأساسية من دور في تطوير مفاهيم علم الأرصاد الجوية. وإذا كان علم المناخ أحد فروع علم الأرصاد الجوية - بحسب رأي بعض العلماء لأنه لهما بداية واحدة اعتماداً على الوصف والمقارنة - فإن تقدم وسائل القياس وتطور المفاهيم النظرية الناظمة للحركات الجوية، أتاح لعلم الأرصاد الجوية أن يركز على الخصائص العامة للجو اعتماداً على ما تقدمه القياسات السطحية والعلوية لمختلف عناصر الطقس، وعلى القوانين الفيزيائية والرياضية التي تقود إلى تفسير آلية التغيرات الجوية، في حين أخذ علم المناخ - الذي يعد الآن أحد فروع الجغرافية الطبيعية - يركز على معالجة المعطيات الإحصائية الخاصة بعناصر المظهر الجوي، بغية تحديد درجة تردد الظواهر الجوية المختلفة، وما يتولد عنها في حالات جوية تضفي على المكان سمة مميزة.وهذا يعني أيضاً أن لعلم الأرصاد الجوية علاقة بالجغرافية لما للعامل الجغرافي من دور في التغيرات الجوية التي تتم في جزء الغلاف الجوي القريب من سطح الأرض.الخدمات التي يقدمها علم الأرصاد الجويةإن للأرصاد الجوية دوراً كبيراً في مختلف الأنشطة الاقتصادية ومجالات الحياة اليومية.

الفصل الثاني الغلاف الجوي The Atmosphere

- 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.يغلف كوكب الأرض غلافا غازيا عديم اللون-يرتبط بالأرض بفعل الجاذبية الأرضية يعرف بالغلاف الجوي.
- يؤثر الغلاف الجوى المحيط بالأرض فى مجالات حياتنا اليومية بطرق متعددة ، وقد يتجاوب معه الإنسان بشكل مباشر وسريع مثل اختيار نوع الملابس التى نرتديها فى كل يوم ، أو نتجاوب معه على المدى الطويل فى بناء منازلنا وما يلزمها من أجهزة تدفئة فى برد الشتاء وأجهزة تكييف فى فصل الصيف الحار ، كما وأننا عند زراعة حقل أو حديقة منزل فإننا نفكر بالضرورة فيما ستكون عليه الأحوال الجوية والمناخية مستقبلاً ، وكذلك الحال عند التفكير فى القيام بإجازة بعيداً عن أرض الوطن.

الغلاف الجوي

هل تعلم ؟
يوفر الغلاف الجوي لكوكبنا الضغط المناسب، ودرجة الحرارة المناسبة، والأكسجين وهي المتطلبات الأساسية للحياة على الأرض، وبدون غلافنا الجوي سوف يتجمد جانب من كوكبنا بينما الجانب الآخر سيشوى تحت إشعاع الشمس القوي.



أ- تركيب الغلاف الجوى :

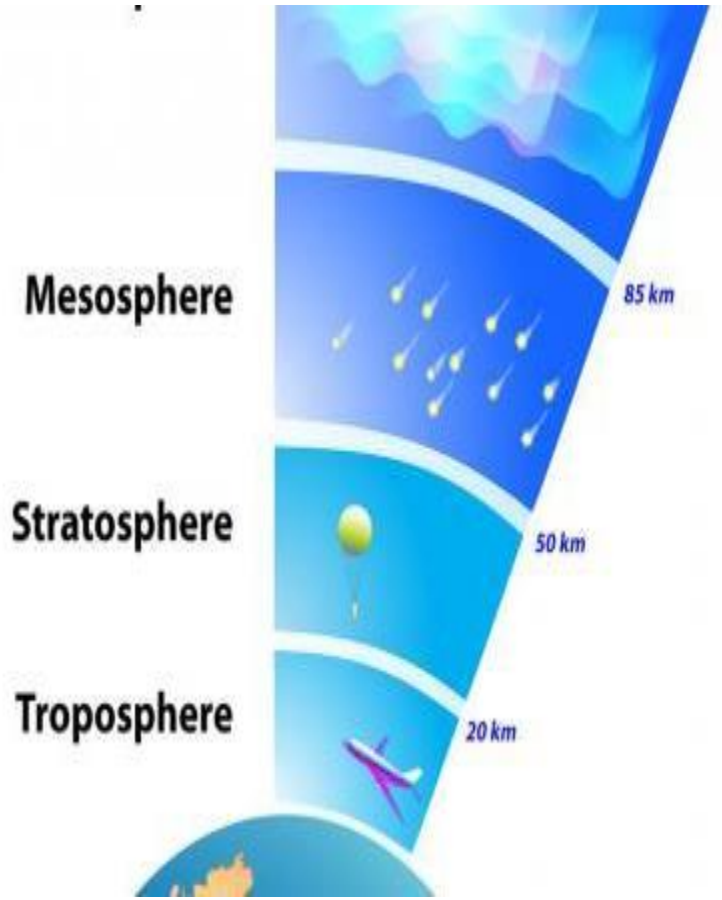
تبلغ سماكة الغلاف الجوي للأرض حوالي ٤٨٠كم، ولكن يقع معظمه على بعد ١٦كم من سطح الأرض.

يتركب الغلاف الجوى في جزئه السفلى من سطح الأرض من الهواء الحقيقى ، والذى يتركب عندما يكون جاف ونقى من عدة عناصر غازية متحدة مع بعضها بنسب معينة ، وأهمها النيتروجين (الأزوت) والأوكسجين اللذان يمثلان معا حوالى ٩٩ ٪ من حجم الهواء(٧٨ ٪ نيتروجين و ٢١ ٪ أوكسجين)، أما ما تبقى ولا يمثل إلا حوالى١ ٪ فيضم باقى العناصر الغازية الأخرى التى أهمها الأرجون Argon(0.8٪) وثانى أوكسيد الكربون (٠.٠٣ ٪) والأيدروجين Hydrogen (0.01٪)، وعدد آخر من الغازات التى تمثل تقريباً نسبة ضئيلة جداً مثل النيون والأزون.

والنسب السابقة التى يتركب منها الهواء ثابتة في كل مكان عند سطح الأرض ، وذلك باستثناء ثانى أوكسيد الكربون الذى يتغير تغيراً طفيفاً على حسب توفر مصادره وأهمها عمليات الاحتراق والتلوث في المناطق الصناعية والمدن المزدحمة ، أو طبقاً لزيادة استخلاصه من الجو أو عدم استخلاصه حسب الفترات الزمنية على مدار السنة حيث تزيد نسبته في الجو في فصلى الخريف والشتاء مع توقف نمو النباتات ، وتقل نسبته في الجو في فصلى الربيع والصيف مع ازدهار عملية النمو .

وينطبق هذا أيضاً على عنصر الأوزون ، وهو شكل من الأشكال التى يتحول إليها الأوكسجين ، إذ تتغير نسبته تغيراً طفيفاً مع تغير الأحوال الجوية ، حيث ترتفع نوعاً ما في الجو المضطرب عنها في الجو الساكن ، كما تقل نسبته مع تزايد الملوثات الهوائية كما هو واقع الآن .

وعلى وجه العموم ، يتغير تركيب الهواء تدريجياً ـ كلما زاد الارتفاع ـ حيث تتناقص نسب العناصر الغازية الثقيلة وهى النيتروجين والأوكسجين وثانى أوكسيد الكربون أثقل الغازات وزناً ، بينما تتزايد نسب عناصره الخفيفه مثل الأيدروجين والهيليوم والنيون ، وإن كانت لا تلبث هى الأخرى أن تتناقص في القطاعات العليا حتى تختفى تقريباً على ارتفاع يتراوح بين ٣٠٠ إلى ٥٠٠ كم ، وهو أعلى ارتفاع للغلاف الغازى .



الغاز	الرمز الكيميائي	نسبته في الغلاف الجوي (%)
النيتروجين	N_2	78.084
الأكسجين	O_2	20.946
الأرجون	Ar	0.934
النيون	Ne	0.0018
الهيليوم	He	0.000524
الميثان	CH_4	0.0002
الكريبتون	Kr	0.000114
الهيدروجين	H_2	0.00005
أكسيد النيتروز	N_2O	0.00005
الزينون	Xe	0.0000087

طبقات الغلاف الجوي

- وتبعاً لاختلاف الخصائص العامة لأجزاء الغلاف الجوى ، وتنوع الغازات فيه من ارتفاع إلى آخر أمكن تصنيفه إلى :

أولاً : طبقة الهوموسفير : Homosphere

ويمكن اعتبار هذه الطبقة بأنها الطبقة الممثلة للغلاف الجوى الذى يتأثر به سطح الأرض ويؤثر فيها، ويبلغ ارتفاع هذه الطبقة من سطح الأرض (مستوى سطح البحر) حتى ارتفاع ٥٠ ميل أو ٨٠ كم وهي تعيش فيه الكائنات الحية وتتنفس منه ويتصف بوجود جميع الغازات المكونة للغلاف الجوي في حالة مختلطة أو متجانسة.

- تتكون من طبقات التروبوسفير-طبقة الاستراتوسفير-طبقة الميزوسفير

- ثانياً : طبقة الهيتروسفير : Hetrosphere

وهى التى تمثل الجزء العلوى من الغلاف الجوى ، ويتصف بوجود الغازات المكونة للغلاف الجوي في حالة غير مختلطة (غير متجانسة) على هيئة طبقات متتالية مختلفة السمك تترتب الأعلى كثافة في المستوي الأدني إلى الأقل كثافة في المستوى الأعلى الذي يليه وتسمى أحيانا بطبقة الثرموسفير.

١- طبقة التروبوسفير : Troposphere

- ويقصد بها الجزء الأسفل من طبقات الغلاف الجوى ، والتى ينحصر بين سطح الأرض وارتفاع ١٢ كم فى المتوسط ، وتضم هذه الطبقة حوالى ثلاثة أرباع وزن الغلاف الجوى ، وتتميز بأنها أكثر طبقات الغلاف الجوى إضطرابا خاصة بالجزء السفلى منها، والذى يمتد إلى مسافة حوالى ثلاثة كيلو مترات ، وهى الطبقة التى تحدث بها كل أو معظم الظواهر الجوية ، والتى تتحكم في توزيع الطقس والمناخ على سطح الأرض. وتقل درجة الحرارة في داخل هذه الطبقة مع الارتفاع إلى أعلى وبمعدل 1ْم لكل ١٥٠ متراً (٦ درجات لكل كم)، وينتظم هذا التناقص فوق مستوى ثلاثة كيلو مترات من سطح البحر
- وفى أعلى طبقة التروبوسفير توجد طبقة ساكنة تعرف بطبقة التروبوبوز Tropopauseوتفصل هذه الطبقة قليلة السمك بين طبقتى التروبوسفير والاستراتوسفير ، وتتميز بأن درجة حرارتها منخفضة جداً حوالى (ـ٥٥ إلى -٦٠ درجة مئوية) ولا تتناقص بها الحرارة تناقصاً محسوساً بالارتفاع وتبلغ كثافة الهواء إلى نحو ٠.٤ كجم/م٣ ويبلغ الضغط الجوي ٢٥٠ ملليبار.

٢- طبقة الاستراتوسفير : Stratosphere

وقد أطلق عليها هذا الاسم بسبب تجانس درجة حرارة الهواء بها كما أنها تخلو من كل أشكال العواصف والأعاصير داخل نطاقها تماماً ، وهى أكثر سمكاً من طبقة التروبوسفير ، وإن كان سمكها يقل عند خط الاستواء حتى يكاد يختفى تقريباً ، ودرجة حرارتها منخفضة بشكل عام ، وإن كانت لا تتناقص كثيراً بالارتفاع ، وتمتد هذه الطبقة في المتوسط ما بين ١٢ ـ ٨٠ كم ، وتنعدم بها الغازات الثقيلة والمواد العالقة ، وعلى العكس مما هو معروف من تناقص درجة الحرارة بالاتجاه من خط الاستواء نحو القطبين في طبقة التروبوسفير ، فإن الحرارة تزداد في طبقة الاستراتوسفير بالاتجاه من خط الاستواء نحو القطبين. تزداد درجة الحرارة تدريجيا بمعدل يبلغ نحو ١ درجة مئوية/كم حتى ارتفاع ٣٣ كم

وتضم هذه الطبقة خلالها طبقة الأوزون Ozone layerويطلق عليها أحياناً اسم الاستراتوبوز Stratopause، ويبلغ متوسط ارتفاعها في العروض الوسطى حوالى ٢٠ كيلو متراً، وفى هذه الطبقة تتجمع أعلى نسبة من غاز الأوزون الموجود في الجو. وهى الطبقة التى يتأثر فيها الأوكسجين الموجود في الهواء بالأشعة فوق البنفسجية التى تنبعث من الشمس في شكل موجات قصيرة فيتحول من أوكسجين ثنائى الذرات o2إلى أوكسجين ثلاثى الذرات o3أو ما يعرف بالأوزون وتبلغ درجة الحرارة عندها صفرا.

وفى أثناء عملية تحول الأوكسجين إلى أوزون تتحول الأشعة فوق البنفسجية إلى أشعة تحت حمراء ، وينبعث منها حرارة شديدة ولكن الأوزون يمنع وصولها إلى سطح الأرض ، حيث تمتص هذه الطبقة بعض الحرارة بينما يتبدد الباقى في طبقات الجو العليا ، وبهذا تكون الأرض في حماية من تأثير هذه الحرارة المدمرة لكل شىء(حوالي ٩٧ %من كمية الاشعة الفوق البنفسيجية) ، وما يصل من حرارة الشمس إلى سطح الأرض ضرورى لقتل الجراثيم الضارة وبالتالى يحافظ على صحة الكائنات الحية .

٣- طبقة الميزوسفير : Mesosphere

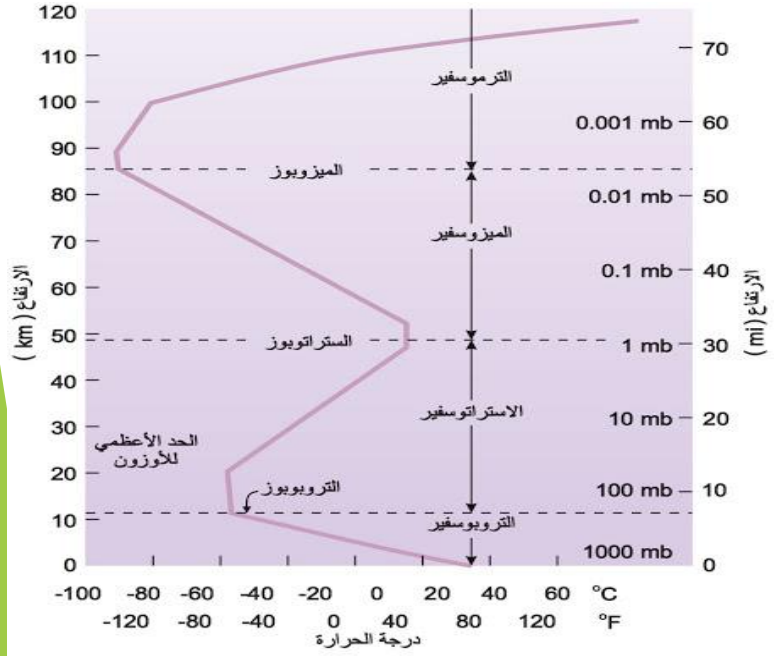
تبدأ درجة الحرارة في التغير مرة آخرى من نهاية الاسترانوبوز فتتناقص درجة الحرارة بالارتفاع فيها حتى تثبت درجة الحرارة من بدايتها عند ارتفاع ٥٠ كم إلى ٥٢ كم بعدها تبدأ في التناقص التدريجي بالارتفاع بمعدل يبلغ حوالي ٣ درجة مئوية /كم حتى حدها العلوي الميزوبوز - تتناقص درجة الحرارة بحيث تبلغ حدها الأدنى حوالى -٧٠ درجة مئوية في أعلى أجزاء هذه الطبقة وعلى ارتفاع يتراوح ما بين ٧٠ إلى ٧٥ كيلو متراً و إلى -١٠٠ درجة مئوية عند ٨٠ كم، وفى خلال هذه الطبقة تحترق الشهب والنيازك والتى تندفع من الفضاء الخارجى في اتجاه سطح الأرض ، وأحياناً يحلو للبعض أن يطلق على هذه الطبقة اسم الطبقة المكهربة Electric Layer.

- **الثرموسفير Thermosphere**، والتي تتميز عموماً بارتفاع درجة حرارتها (بمعدل ١٢ درجة مئوية /كم) التي قد تصل في الأجزاء العليا من هذه الطبقة إلى أكثر من ١٠٠٠ درجة مئوية(١١٠٠-١٦٠٠) ، لأن هذه الطبقة تمتص درجة حرارتها مباشرة من الشمس وليس من الأرض ـ كما هو الحال في الطبقة السفلى (الهوموسفير)، هذا إلى جانب ما يرتد إليها من طبقة الأوزون ، وتمتد هذه الطبقة من ارتفاع حوالى ٨٠ كيلو متراً وحتى نهاية الغلاف الجوى .
ويسمى الجزء السفلى من هذه الطبقة باسم طبقة الأينوسفير Inosphere، والتي يتراوح سمكها ما بين ٨٠ إلى ٣٥٠ كيلو متراً ، وتضم هذه الطبقة خلالها غازات خفيفة ، ولذلك يوجد بها غازا الهيدروجين والهيليوم ، ولذلك يرى العلماء أن هذه الطبقة مخلخلة الضغط جداً إلى حد الاقتراب من الفراغ ، وهذا ما يعطيها بعض الخصائص الكهربائية التي تجعل لها القدرة على عكس الموجات اللاسلكية القصيرة نحو الأرض ، كما تنتقل خلالها أيضاً بعض الإشعاعات المغناطيسية والكهربائية نحو القطبين فتؤدى إلى وجود شحنات كهربائية في أعلى الجو فتعمل على ظهور الوهج المشهور بالوهج القطبى " الأورورا Aurorae- كما سبق ذكره .
وقد كانت معلوماتنا عن تلك الطبقة قائمة على الملاحظة والاستنتاج والمقارنة ، وذلك لأن أجهزة القياس والرصد والتسجيل العادية لم تكن لتتعدى في إرتفاعها أكثر من مستوى ٣٥ كيلو متراً فوق سطح البحر ، ولكن ومع التقدم الكبير في أبحاث الفضاء وإطلاق الأقمار الصناعية قد ساعد على توفير كثير من المعلومات ذات الفائدة في دراسة هذه المستويات المرتفعة.

- يقضي رواد الفضاء وقتهم في هذه الطبقة وهم يدورون حول الأرض في مكوك الفضاء أو داخل المحطة الفضائية، ويوجد داخل هذه الطبقة ما يسمى بالغلاف الأيوني، وهي طبقةٌ وفيرةٌ بالإلكترونات، والذرات، والجزيئات المؤينة التي تمتد ابتداءًا من ٤٨ كيلومتر فوق سطح الأرض وحتى حافة الفضاء أي ما يصل إلى حوالي ٩٦٥ كم متداخلة في الميزوسفير والترموسفير، من أهم ما يميز هذه الطبقة أنها تجعل الاتصالات اللاسلكية ممكنة.

الإكسوسفير

- وهي الطبقة العليا من طبقات الغلاف الجوي ، هذه الطبقة رقيقة للغاية وتُعتبر المكان الذي يندمج فيه الغلاف الجوي في الفضاء الخارجي، تحتوي الإكسوسفير بشكلٍ أساسي على ذرات الأكسجين والهيدروجين ولكن بأعداد قليلة جدًا حيث أن الذرات والجزيئات نادرًا ما تصطدم مع بعضها، تتبع هذه الجزيئات مسارات بالستية، كونها تخضع لتأثير الجاذبية الأرضية ويقوم بعضها بالانفلات مباشرةً إلى الفضاء.
- ومما تقدم يمكن القول أن جميع الظاهرات المناخية التى تهمنا في دراسة الجو والمناخ تحدث كلها في الجزء الأسفل من الغلاف الغازى أى داخل طبقة التروبوسفير الملامسة لسطح الأرض ، وإذا ما قلنا مثلاً عند دراسة بعض عناصر المناخ مثل الأمطار والسحب وغيرها من مظاهر التكاثف أنها تحدث في طبقات الجو العليا ، فإن معني ذلك أن هذه المظاهر تتم في الجزء العلوى من طبقة التروبوسفير أو أعلى الطبقة السفلى من الغلاف الجوى .

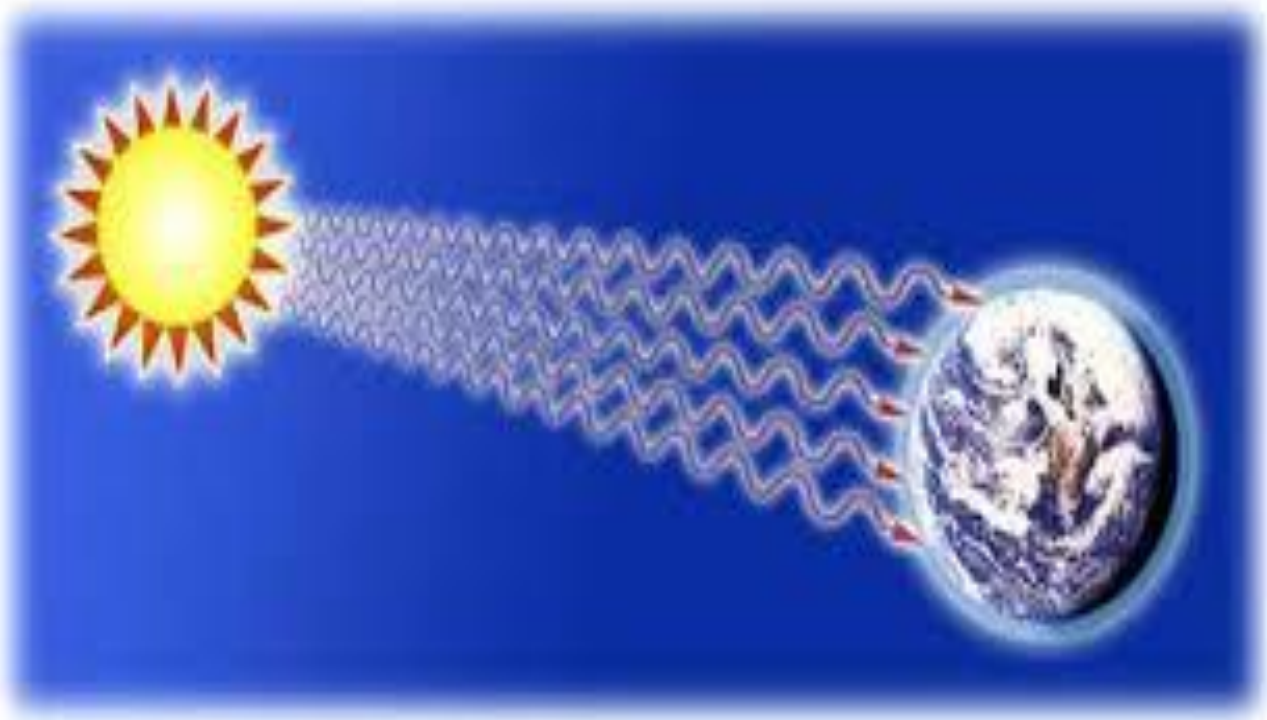


تغير درجات الحرارة في طبقات الغلاف الجوي

ما أهمية الغلاف الجوي للأرض؟

- يدرأ الغلاف الجوي عن الأرض غوائل أشعة الشمس المهلكة.
- يحفظها من قذائف الأشعة الكونية.
- يحميها من الشهب الملتهبة التي يبددها ويحولها إلى رماد وأبخرة وغازات.
- يحفظها من كتل النيازك التي تحترق أثناء عبورها له فيتبدد جزء كبير من أحجامها قبل وصولها إلى سطح الأرض.
- يرشح ويعكس ويشتت أشعة الشمس وكذلك الإشعاع الحراري الأرضي فتضاء الأرض مسببا نهارها ويحفظها دافئة ويعزلها بذلك عن ظلمة الليل وبرودة الفضاء.
- منه تتنفس الكائنات الحية الأكسجين في ظل توازن ملائم من الضغط والحرارة.
- لولا الغلاف الجوي لانعدمت الظواهر الجوية وأرتفعت درجة حرارة الأرض إلى ٩٣ درجة مئوية نهارا و-١٤٩ درجة مئوية ليلا.

الفصل الثالث
الإشعاع الشمسي



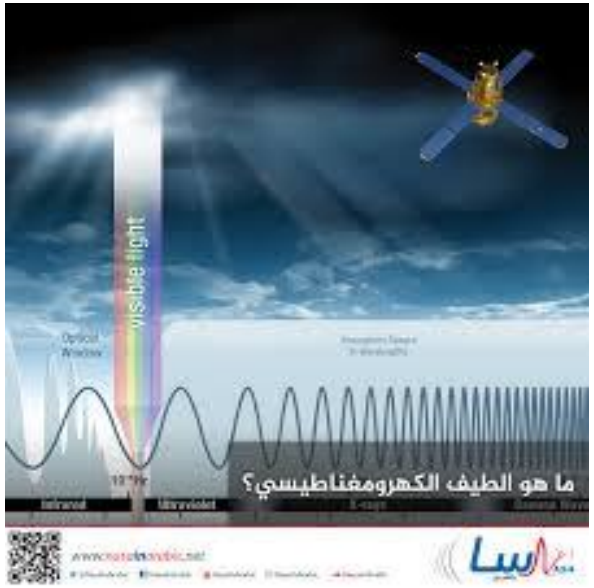
- تعد الشمس أقرب النجوم إلى الأرض وهي نجم غازي متوهج يتكون من الهيدروجين(حوالي ٨٠% من كتلتها) والهيليوم، وقطر الشمس اكبر من قطر الارض بمئة مرة وحجمها بقدر مليون مرة بحجم الارض وتقدر درجة حرارة سطحها بنحو ٦٠٠٠ مْ بينما تبلغ حرارة مركزها باكثر من ٢٠مليون مْ ، هذا التوهج الحراري الهائل ينتج تحت تأثير الضغط الهائل والحرارة العالية عند إندماج أربع ذرات هيدروجين لتنتج ذرة واحدة من الهيليوم وهو ما يسمى عملية إندماج النوى الذرية فتتولد كمية كبيرة وسريعة من الحرارة تجد طريقها لسطح الشمس مما يجعل سطح الشمس يبعث شكل من الطاقة يعرف بالاشعاع الكهرومغناطيسي.

- الإشعاع الكهرومغناطيسي هو حزمة من الاشعاع الطيفي spectramتنتقل مجتمعة على هيئة موجات كهرومغناطيسية تنتشر في اتجاهات مستقيمة بسرعة ثابتة في الفراغ $c= 3x10^8\, m/sec$ وهي ما تعرف بسرعة الضوء، وتحتاج تلك الأشعة إلى حوالي ثمان دقائق وثلث دقيقة لتقطع المسافة بين الشمس والأرض(١٤٩.٤٥ مليون كم في المتوسط) وخلال تلك المسافة يفقد من الاشعاع الشمسي بالانعكاس والتشتت والامتصاص كمية هائلة يصل منها إلى سطح الأرض ما يناسب أشكال الحياة عليها وهو ما يعادل نحو نصف جزء من البليون من كمية الطاقة المنبعثة من الشمس.

- يعد الاشعاع الشمسي المصدر الرئيسي للطاقة في الغلاف الجوي أذ يساهم بأكثر من ٩٩،٩٧% من الطاقة المستغلة بالغلاف الجوي وعلى سطح الارض أما المصادر الباقية للطاقة والمتمثلة بطاقة باطن الارض والمد والجزر فأنها لاتسهم الا بقسط ضئيل جدا لايزيد عن ٠.٠٣% ، والطاقة الشمسية هي المسؤلة عن جميع العمليات التي تحدث في الغلاف الجوي كالاضطربات الجوية والسحب والامطار والرياح والبرق والرعد وغيرها وكما انها السبب الرئيسي في الحركة المستمرة للغلاف الجوي وتقلب الطقس وتغيره ، وكما أن الاختلافات الرئيسية القائمة بين مكان واخر هي في وفرة الطاقة الشمسية ، والاشعاع الشمسي عبارة عن مجموعة من الاشعاعات الاثيرية مصدرها الشمس.

- **الإشعاع الشمسي** هو مقدار الأشعة الشمسية الساقطة على مساحةٍ معينة و القادرة على توليد قدرةٍ كهربائية . لا يصيب الأرض إلا حوالي جزء من ألفي مليون جزء من أشعة الشمس التي تقدر بنحو ١٣٠ ميجاوات لكل متر مربع من سطح الشمس، وهذا القدر الضئيل هو المسئول عن كل الطاقة الحرارية لسطح الأرض و غلافها الجوي.
- الإشعاع الكهرومغناطيسي

تقسيم الإشعاع الشمسي (الطيف الكهرومغناطيسي)



ميز العلماء ثلاث انواع مختلفة من الاشعاع الشمسي :

- **أ- الاشعة الحرارية IR :**
- **ب- الاشعة الضوئية**
- **ج الاشعة فوق البنفسجية**

ما هي العمليات الفيزيائية التي يتعرض لها الإشعاع الشمسي أثناء عبوره الغلاف الجوي؟

يتعرض لاشعاع الشمسي اثناء عبوره الغلاف الجوي الى عدة عمليات من قبل بعض مكونات الغلاف الجوي ومن اهم تلك العمليات هي

- **أ-الامتصاص** حيث يمتص بعض الاشعاع الشمسي في طبقات الجو العليا من قبل الاوكسجين الذري الذي يمتص جانبا من الاشعة فوق البنفسجية وكذلك الازون الذي يمتص بغزارة جانبا من الاشعة فوق البنفسجية ، اما طبقات الهواء السطحية حيث يقل ورود الطاقة فوق البنفسجية نسبيا بسبب امتصاص اغلبها في طبقات الجو العليا فلا يلعب الاوكسجين الذري أو الازون دورا في عمليات الامتصاص وانما يقوم بهذا الدور بخار الماء الذي يكثر تواجده في طبقات الجو السفلى وكذلك تقوم بعض غازات الجو والمواد الغريبة العالقة في الجو(الغبار) بالامتصاص .
- **ب-أنتشار الاشعة** ويترتب على انكسار الاشعة اثناء مرورها في الغلاف الجوي انتشارها في جميع الاتجاهات والذي يقوم بعملية الانتشار والتبعثر جزيئات الهواء وبخار الماء وذرات الغبار وغبرها من الشوائب العالقة فب الغلاف الجوي .
- **ج- انعكاس الاشعة** عندما ينتقل شعاع من وسط لاخر يختلف عنه في معامل الانعكاس يصاب هذا الاشعاع بالانحراف عن اتجاهه المستقيم ، وتلعب السحب وقطرات الماء العالقة في الجو وغيرها من الشوائب دورا كبيرا في عكس جزء من الاشعاع الشمسي الا ان السحب هي العامل الرئيسي الذي يعكس الجزء الاكبر .

الانعكاس ونسبة الألبيدو

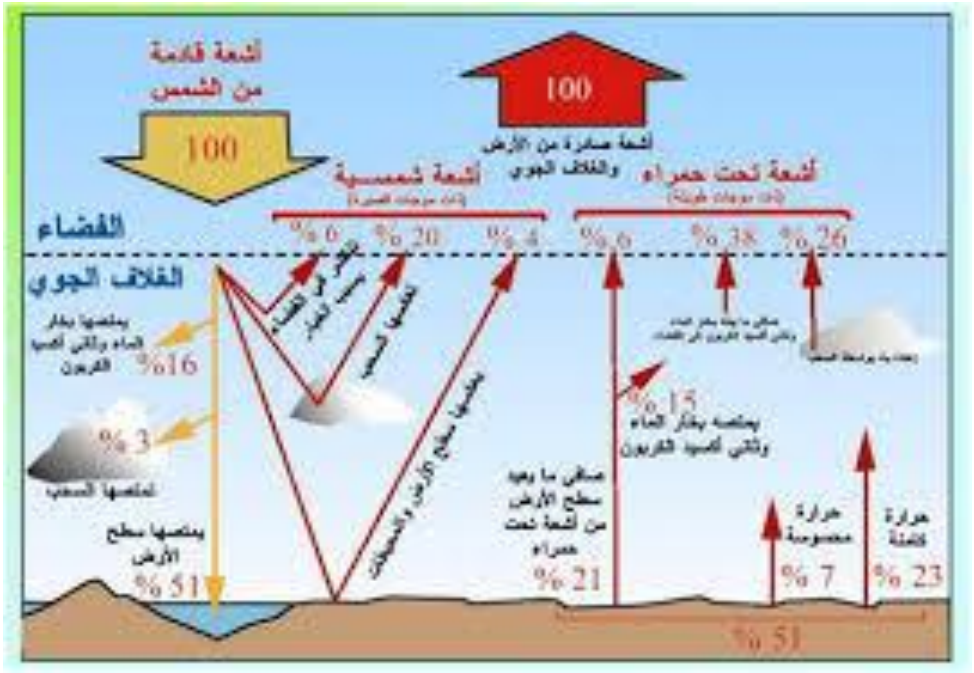
- ينصح معظم الأشخاص عند السير تحت أشعة الشمس باستخدام مظلةٍ لحمايتهم من الإشعاع العالي، إذ يفضل استخدام المظلات البيضاء أو تلك ذات الألوان الفاتحة والابتعاد عن الألوان الغامقة والقاتمة. يعود ذلك إلى قدرة الألوان الداكنة على امتصاص الإشعاع الشمسي بشكلٍ كبيرٍ، في حين تعمل الألوان الفاتحة على عكسه، الأمر الذي يساهم في تخفيف حرارةٍ وتأثير أشعة الشمس علينا.

- كلك يعني انعكاس الأشعة ارتدادها مرة آخرى في الاتجاه العكسي بحيث تكون زاوية سقوط الأشعة مساوية لزاوية إرتدادها، وتسمى النسبة بين مقدار الأشعة المنعكسة من مكونات الغلاف الجوي أو أي سطح ما وإجمالي الأشعة الواصلة إليه بتعبير الألبيدو Albedo ويعبر عنها بالصيغة التالية:

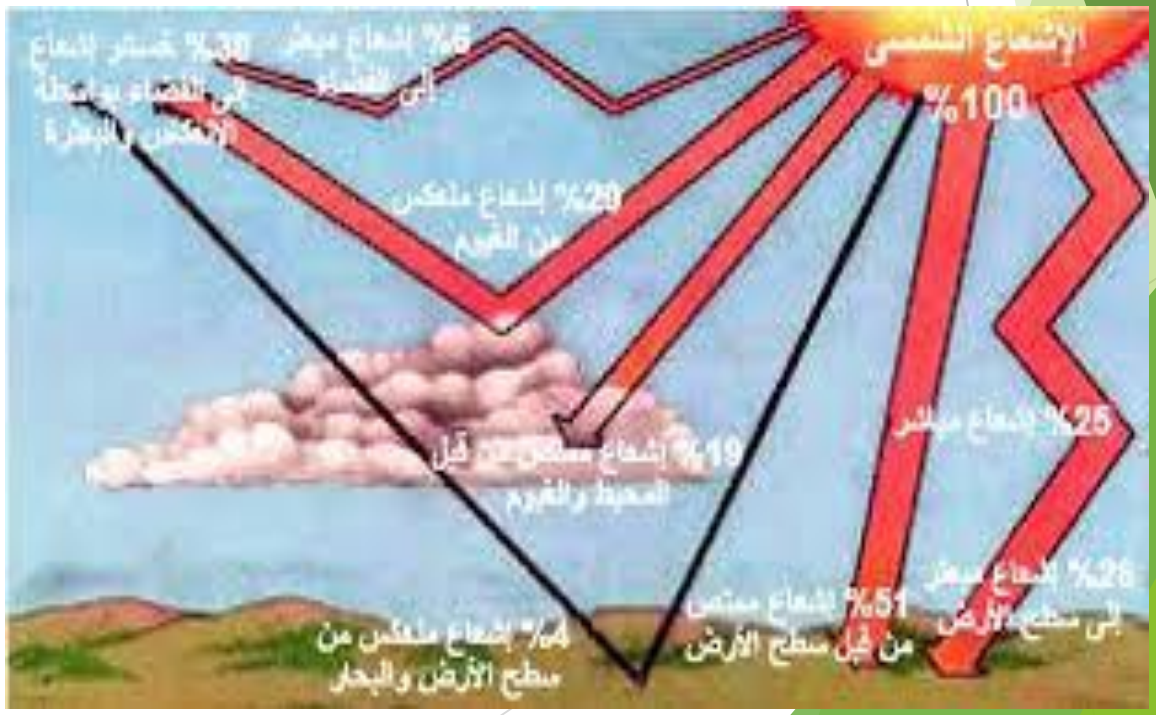
- نسبة الألبيدو = $\frac{\text{مقدار الأشعة المنعكسة من سطح ما}}{\text{مقدار الأشعة الواصلة إلى السطح نفسه}} \times ١٠٠$

- راجع المصدر هنا https://cutt.us/BNK8R

- أوضحت قياسات الأقمار الصناعية المناخية أن نحو ٤٩ % من الاشعاع الشمسي المتجه نحو الأرض يفقد داخل الغلاف الجوي (بالانعكاس والامتصاص)، وأن ما يصل إلى سطح الأرض ويؤثر فيه هو ٥١ % من الإشعاع الشمسي المتجه إليه.
- ٣٠ % بالانعكاس (٦ % تنعكس من الغلاف الجوي، ٢٠ % تنعكس من السحب، ٤% تنعكس من سطح الأرض).
- ١٩ % بالإمتصاص(١٦ % يمتصها الغلاف الجوي، ٣ % تمتصها السحب).
- مقدار ما يفقده سطح الارض من طاقة يعادل مقدار ما يكتسبه منها ويعرف هذا بتوازن الطاقة Energy Balance ، حيث يحول سطح الأرض الإشعاع الشمسي ويفقد الكمية ذاتها، حيث يحول سطح الأرض الإشعاع الشمسي المكتسب (٥١ %) إلى إشعاع حراري ينبعث منه نحو الغلاف الجوي ويسمى الإشعاع الأرضي أو الإشعاع الحراري ، فيتسرب حوالي ٦ % منه إلى الفضاء ، ويمتص كل من غاز ثاني أكسيد الكربون ، وبخار الماء بالغلاف الجوي نحو ١٥ %، ويتحول نحو ٧% منه إلى إلى طاقة محسوسة ، ونحو ٢٣% إلى طاقة كامنة داخل الغلاف الجوي.


أشعة قادمة من الشمس
100
100
أشعة صادرة من الأرض والغلاف الجوي
أشعة شمسية
أشعة تحت حمراء
الفضاء
الغلاف الجوي
% 6
% 20
% 4
% 6
% 38
% 26
يمتصها بخار الماء وثاني أكسيد الكربون
%16
% 3
يمتصها السحب
يمتصها سطح الأرض
% 51
يعكسها سطح الأرض والسحاب
%15
يمتصه بخار الماء وثاني أكسيد الكربون
مايقي ما وجه سطح الأرض من أشعة تحت حمراء
% 21
حرارة محسوسة
% 7
حرارة كامنة
% 23
% 51

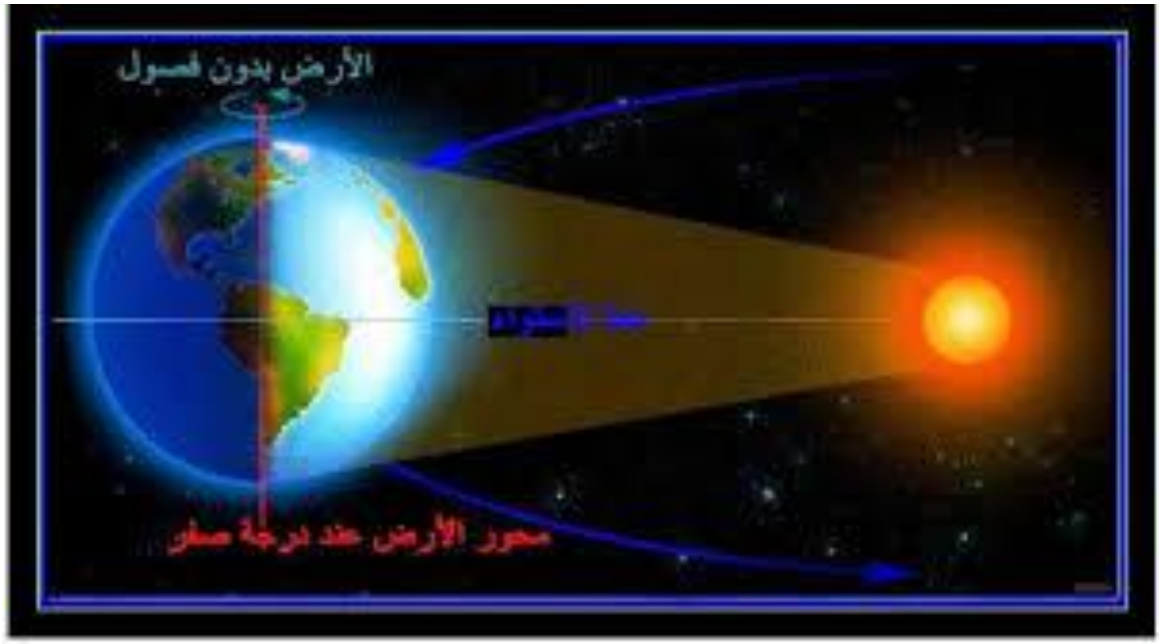
الإشعاع الشمسي
1375 W/m²
انعكاس
% 25
تبعثر
% 9
الغلاف الجوي
% 47
% 10
امتصاص
إشعاع مباشر
إشعاع مبعثر
انعكاس من الأرض
% 6

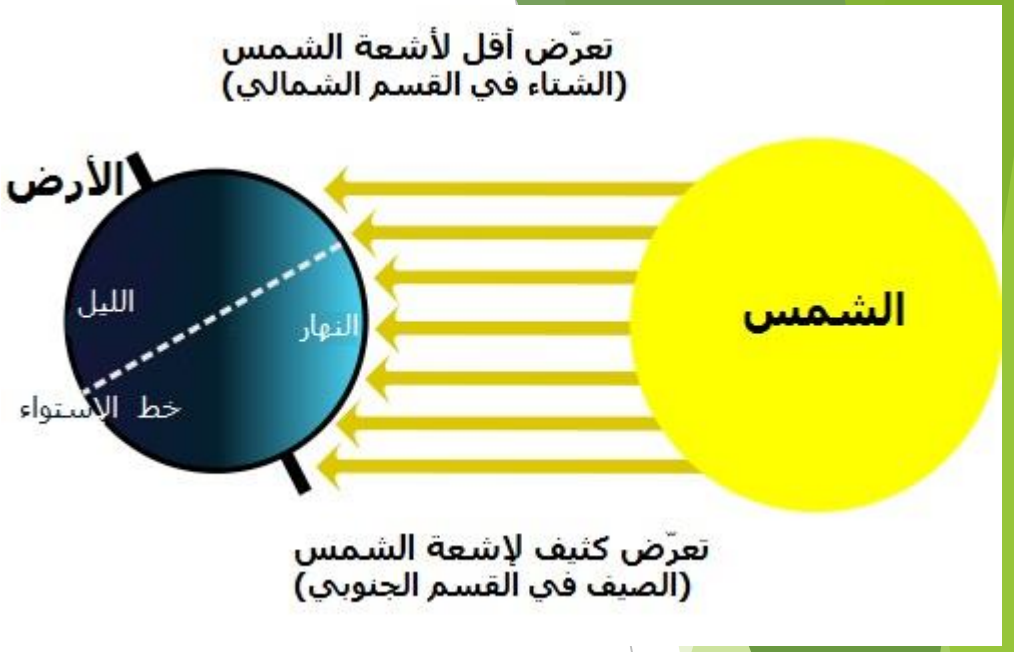

الإشعاع الشمسي
%100
%30 خسائر الإشعاع في الفضاء بواسطة الانعكاس والبعثرة
%5 إشعاع مبعثر إلى الفضاء
%20 إشعاع منعكس من الغيوم
%19 إشعاع ممتص قبل الوصول للأرض بواسطة الغيوم
%25 إشعاع مباشر
%26 إشعاع مبعثر إلى سطح الأرض
%51 إشعاع ممتص من قبل سطح الأرض
%4 إشعاع منعكس من سطح الأرض والبحار

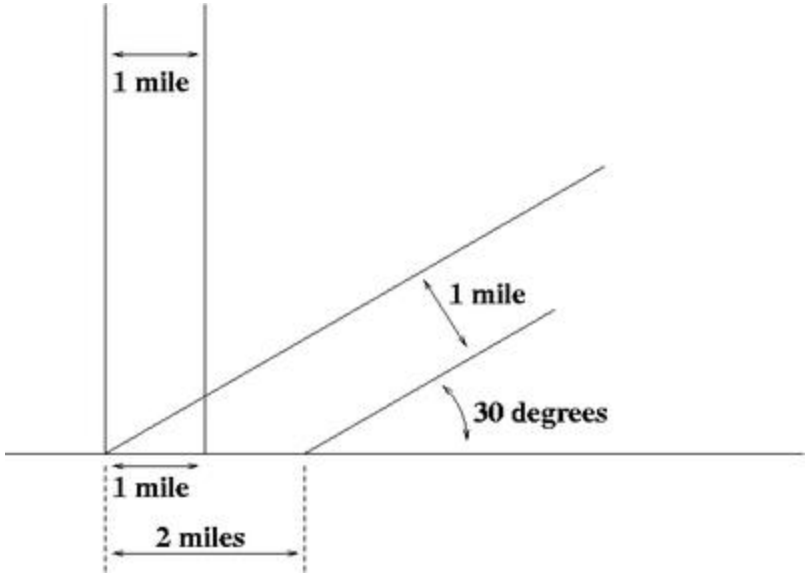
- تتوازن الطاقة أيضا في الغلاف الجوي حيث أن إجمالي ما تمتصه الغازات والمواد العالقة والسحب يعادل ما ينبعث منها، وهو ما يشكل التوازن الحراري في جو الأرض على مر السنين، ويعد ثبات كل من نسب تركيز غازات الغلاف الجوي وما يحتويه من بخار ماء ومواد عالقة عاملاً أساسياً يؤدي إلى ثبات كمية الإشعاع التي يكتسبها سطح الأرض وكمية الإشعاع التي تنعكس منه (الألبيدو) أو تنبعث منه (الإشعاع الأرضي)، وهذا في حد ذاته شرطا أساسيا لبقاء حرارة سطح الأرض وجوها ثابتاً تقريبا من عام لآخر.
- يتميز الإشعاع الأرضي (الحراري) باستمراره طول اليوم نهارا وليلا بعكس الإشعاع الشمسي الذي يبدأ مع شروق الشمس وينتهي مع غروبها، ويصل الإشعاع الأرضي (الحراري) أقصاه بعد وقت الزوال(الظهر) بحوالي ساعتين أو ثلاث ساعات حيث يظل سطح الأرض محتفظا بحرارته فترة من الوقت بعد الزوال، في حين يبلغ أدناه قبل شروق الشمس.

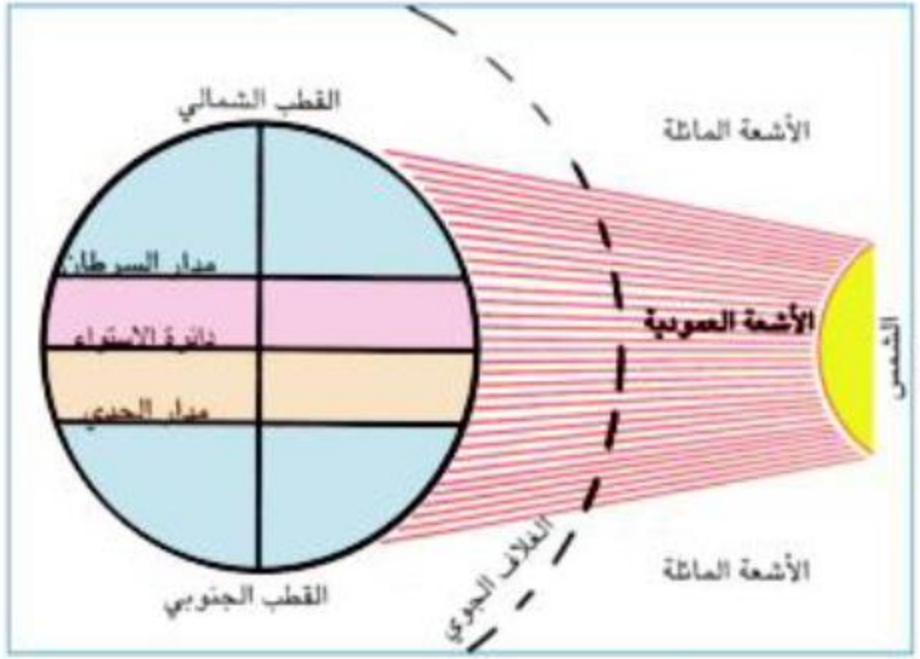
العوامل المؤثرة في الإشعاع الشمسي الواصل إلى سطح الأرض

- ندرك من خلال معيشتنا أن الإشعاع الشمسي يتباين على مدار العام ففي فصل الشتاء تكون الشمس منخفضة في السماء وأشعتها أضعف مما هي عليه بالصيف، ويتباين أيضا على مدار اليوم ففي وقت الشروق والغروب تكون أقل شدة مما هي عليه بوقت الظهيرة.
- يرجع السبب في تباين شدته إلى زاوية سقوط الأشعة الشمسية على سطح الأرض، وإلى إختلاف طول النهار على مدار العام بسبب إختلاف وضع الأرض بالنسبة للشمس خلال دورة الأرض السنوية حول الشمس.
- بتغير فصول السنة تتغير زاوية أشعة الشمس نتيجة لميلان محور الأرض وهذا هو السبب الرئيسي لوجود الدفء في الصيف أكثر منه في الشتاء .
- الاشعة العمودية تخترق مسافة اقصر من الغلاف الجوي للارض فلا تفقد جزءا كبيرا من حرارتها كما انها تنتشر علي مساحة صغيرة فتتركز حرارتها علي تلك المساحة أما الأشعة المائلة فهي تخترق مسافة أطول في الغلاف الجوي فتفقد جزءا أكبر مما تفقده الأشعة العمودية ، كما تنتشر علي مساحة واسعة فتتوزع الحرارة علي تلك المساحة ، وبالتالي تقل حرارتها .
- تستهلك الطاقة الشمسية في العمليات الطبيعية على سطح الأرض مثل التحول الحراري، صور تكاثف بخار الماء، التساقط، الرياح، التيارات المائية، التمثيل الكلوروفيلي، تحلل المواد العضوية، حركة المد والجزر، تدفق المياه الجوفية الحارة، تكون الوقود الأحفوري (الفحم-البتروي-الغاز الطبيعي)،الطاقة الذرية، طاقة الجاذبية.


الأرض بدون فصول
محور الأرض عند درجة صفر


تعرّض أقل لأشعة الشمس
(الشتاء في القسم الشمالي)
الأرض
الليل
النهار
خط الاستواء
الشمس
تعرّض كثيف لإشعة الشمس
(الصيف في القسم الجنوبي)


1 mile
1 mile
30 degrees
1 mile
2 miles


القطب الشمالي
الأشعة المائلة
مدار السرطان
دائرة الاستواء
مدار الجدي
الأشعة العمودية
الشمس
الغلاف الجوي
الأشعة المائلة
القطب الجنوبي

- يتأثر الاشعاع الشمسي بميل محور الأرض فإنه إن لم يكن محور الارض مائلا لآصبحت أشعة الشمس عمودية فقط علي دائرة الاستواء ولظلت مائلة علي بقية انحاء الارض علي طول الزمان ، وبذلك تصبح حالة المناخ في كل بقعة من الارض ثابتة دون تغيير ولا تحدث الفصول الاربعة .
- كما ان الله جعل هذا المحور ثابت الميل في اتجاه واحد فلو كان محور الارض غير ثابت الاتجاه لجاءت الفصول الاربعة بغير ترتيبها الذي عرفناه ، ولربما تكرر الشتاء مثلا او الصيف في السنة الواحدة .
- يعد كل من سطح الأرض المقوس ، ومدار الأرض السنوي حول الشمس الذي يصنع قطع ناقص ، وميل محور دوران الأرض حول نفسها من العوامل الأساسية التي تؤثر في كمية الإشعاع الشمسي الواصل إلى الأرض وشدته، مما يجعله غير متساو على دوائر العرض المختلفة على مدار السنة،وهو ما يشكل مناخ الأرض ويجعل خصائص المناخ متباينة مكانيا وزمنيا.

الفصل الرابع: درجة الحرارة

- يستقبل سطح الأرض ما يصله من الإشعاع الشمسي(٥١ % من إجمالي أشعاع الشمسي الآتي من الشمس) مع بداية شروق الشمس فترتفع حرارته في النهار ويفقدها تدريجيا بعد غروب الشمس فتنخفض حرارته ليلاً.
- تتباين طبيعة المواد المشكلة لسطح الأرض(الصلبة-السائلة-الغازية) وما يعلوه من هواء في كمية ما تكتسبه من طاقة شمسية تبعاً لتباينها في كمية ما تعكسه، وما تشتته، وما تمتصه منها، وبالتالي فمقدار ما يستوعبه كل جسم من طاقة يحدد مقدار ما يحتويه من كمية حرارية.
- ش=ق↓ –ق↑+ط↓ –ط↑

حيث ش هي صافي الإشعاع الشمسي المؤثر في السطح، ق ↓ كمية الأشعة ذات الموجات القصيرة الآتية من الشمس، ق↑ كمية الأشعة ذات الموجات القصيرة المفقودة من السطح. ط كمية الأشعة الحرارية ذات الموجات الطويلة القادمة/ المفقودة.

- ق↓ –ق↑=ق↓(١-أ) حيث أ هي نسبة الأشعة ذات الموجات القصرة المنعكسة من الجسم (الألبيدو).
- ط↓ –ط↑ =ط↓ – ع حيث ع هي كمية الإشعاع الأرضي المنبعث من السطح نفسه وعلى هذا الأساس يتم التعبير عن صافي الإشعاع الشمسي المؤثر في سطح الأرض بالصيغة التالية: ش= ق↓(١-أ) + ط↓ – ع.
- يتضح من المعادلة السابقة أن صافي الاشعاع الشمسي المؤثر في سطح الأرض أن نسبة الألبيدو عاملا أساسيا يحدد ميزانية الطاقة من الأشعة ذات الموجات القصيرة(المرئية والفوق البنفسجية) الآتية لسطح الأرض، وتتباين نسبة الالبيدو على سطح الأرض تبعا لتباين خصائص مكونات سطح الأرض وبخاصة ألوانها ، وسمك الطبقة المؤثر فيها، وزاوية ميل أشعة الشمس سواء على اليابس أو في الماء كما سبق وتم ذكره في شرح الألبيدو.
- تتروح نسبة الألبيدو في الغابات من ٥% إلى ٢٠% وفي نطاقات الحشائش من ١٠% إلى ٢٠% بينما في النطاقات الصحراوية بين ٢٥% إلى ٣٠% وفي الغطاءات الثلجية بين ٧٥% إلى ٩٥%.
- بالنسبة لمياة البحار والمحيطات تتباين نسبة الألبيدو تبعا لتباين زاوية إرتفاع الشمس في السماء خلال اليوم، فتتراوح بين ٥% إلى ١٠% وقت الظهيرة وتزيد عن ٥٠% وقت الشروق والغروب.

- تتزايد نسبة الألبيدو تدريجيا بالاتجاه من الأقاليم الاستوائية التي لا تزيد فيها عن ٢٠% نحو الأقاليم القطبية التي تصل فيها أقصى قيمة وهي بين ٦٠% إلى ٩٥%.
- تنخفض نسبة الألبيدو فوق المسطحات المائية يالمقارنة مع اليابس المجاور حيث يساعد سمك طبقة المياه وشفافيتها على إختراق الأشعة لطبقة الماء والتأثير فيها بعكس اليابس غير الشفاف فيخترق نحو ٦٢% من الاشعاع الشمسي الطبقة السطحية التي لا تتجاوز المتر ويخترق نحو ٨٤% من الاشعاع الشمسي العشرة أمتار الأولى من طبقة المياه، وبالتالي تنخفض نسبة الألبيدو فوق المسطحات المائية.
- ترتفع نسبة الألبيدو في النطاقات الصحراوية مثل شبه الجزيرة العربية والصحراء الكبرى لأنها نطاقات جرداء خالية من الغطاء النباتي، حيث تعكس التربة الصحراوية معظم الإشعاع الشمسي الواصل لها.

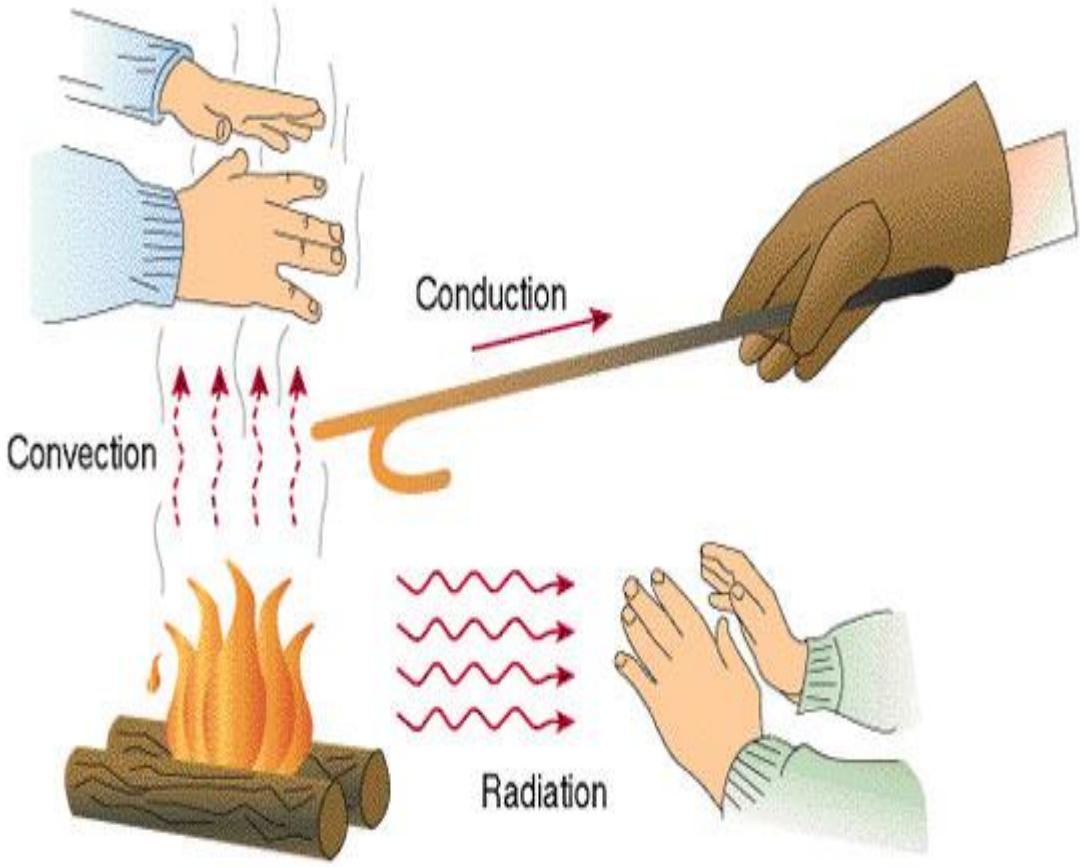
يمكن استنتاج ما يلي من توزيع المتوسط السنوي لصافي الإشعاع الشمسي المؤثر في حرارة سطح الأرض ويرتبط هذا التوزيع عكسيا مع توزيع نسب الألبيدو، وطرديا مع توزيع كمية الإشعاع الأرضي:

- يرتفع صافي الإشعاع الشمسي في الاقاليم الاستوائية والمدارية وينخفض تدريجيا بالاتجاه نحو القطبين.
- يرتفع صافي الإشعاع الشمسي على المسطحات المائية بالمقارنة مع اليابس المجاور.
- يحدد صافي الإشعاع الشمسي المؤثر في السطح كمية الطاقة المؤثرة فيه وبالتالي كمية الحرارة التي يحتويها السطح وعليه فيتباين توزيع الحرارة على سطح الأرض.

الحرارة Heat ودرجة الحرارة Temperature

- تتكون المادة من ذرات أو جزيئات تكون في حركة دائمة تعرف بالطاقة الحركية kinetic energy للذرة أو للجزئ المكون للمادة، وتعرف الحرارة heat بأنها كمية الطاقة الحركية في الذرة الواحدة أو الجزئ الواحد للمادة.
- لا تتحرك الذرات أو الجزيئات بنفس السرعة في كل وقت فتتباين الطاقة الحركية لها وبالتالي حرارتها ، لذا يأتي تعريف درجة الحرارة temperature وتعرف بأنها مقياس يحدد متوسط كمية الطاقة الحركية للذرة الواحدة أو الجزئ الواحد.
- للتميز بينهما نضرب مثالا بسيطا وهو أن لديك كوب به ٢٥٠ جم من الماء درجة حرارته ٨٠ °م وإناء يحتوي على ٢٠ لترا من الماء درجة حرارته ٣٠ °م،غمليا درجة حرارة كوب الماء أعلى من الإناء لكن كمية الطاقة الحركية للإناء نظرا لكبر عدد جزئياته أكبر من الكوب لذلك سيبرد الكوب أسرع من الإناء.

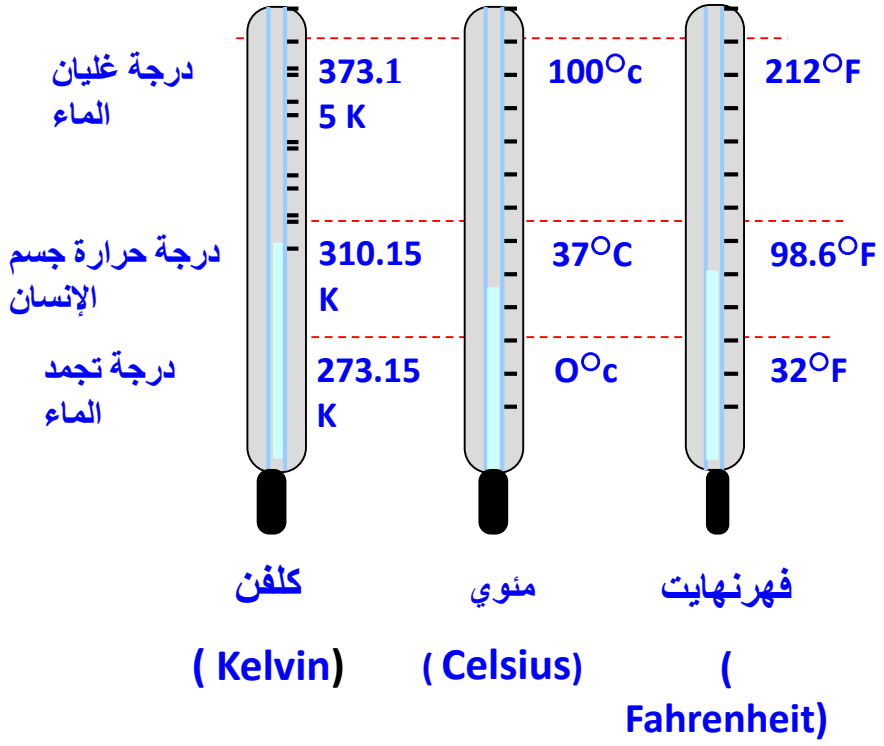
طرق إنتقال الحرارة



يمكن للحرارة أن تنتقل بثلاث طرقٍ رئيسيةٍ هي التوصيل ((conduction والنقل أو الحمل ((convection والإشعاع (radiation)، يحتاج كلٍ من التوصيل والنقل إلى وجود وسطٍ مادّيٍّ لكي تتمّ عمليّة النقل، على خلاف انتقال الحرارة بالإشعاع والذي لا يحتاج إلى وسطٍ ماديٍّ.

قياس درجة الحرارة

- يستخدم جهاز الثرمومتر thermometer في قياس درجة حرارة الأجسام، ويعد الثرمومتر الزئبقي الجهاز الأكثر شيوعا في قياس درجة حرارة الهواء، وهو يتكون من أنبوب زجاجي مدرج بالتدريج المئوي أو الفهرنهيتي أو الأثنين معا، يوجد في تهايته مستودع مملوء بالزئبق، عندما تتغير درجة الحرارة يتغير إرتفاع الزئبق في الأنبوب ونتعرف على قيمتها من خلال التدريج.



$$\frac{C}{100} = \frac{F - 32}{180}$$

$$K = C + 273.15$$

$$K = 0.56\,F + 255.37$$

ترمومتر النهاية العظمى

- يستخدم لقياس كل من درجة الحرارة العظمى ودرجة الحرارة الصغرى ثرمومتر خاص لكل منهما.
- ثرمومتر النهاية العظمى يستخدم في قياس أعلى درجة حرارة بلغتها حرارة الهواء وهو ثرمومتر زئبقي يوجد في أنبوبته(مجرى الزئبق) إختناق يسمح للزئبق بالمرور من المستودع داخل الأنبوب عند تمدده بإرتفاع درجة الحرارة ولا يسمح له بالعودة في الإتجاه المعاكس عند إنكماشه بإنخفاض درجة الحرارة، وبذلك يظل يشير لأعلى درجة حرارة بلغتها حرارة الهواء مما يسمح بقراءتها في أي وقت من اليوم.
- يعدل ترمومتر النهاية العظمى بهزه بشدة.

ترمومتر النهاية الصغرى

- أما ثرمومتر النهاية الصغرى فهو يستخدم في قياس أقل درجة حرارة بلغتها حرارة الهواء ويستخدم فيه الكحول بدلاً من الزئبق لأن درجة تجمد الكحول تبلغ -١١٧ °م وهي أقل من درجة تجمد الزئبق التي تبلغ -٣٧ °م.
- يوجد داخل انبوب الثرمومتر مؤشر زجاجي أو معدني رقيق له رأسان ومصمم لكي يتحرك في أنبوب الكحول في إتجاه إنكماش الكحول عندما تنخفض درجة الحرارة، ولا يتحرك في إتجاه تمدد الكحول عندما ترتفع درجة الحرارة وبذلك يظل المؤشر ساكناً عند أدنى درجة حرارة بلغتها حرارة الهواء ومشيراً إليها.
- يعدل ترمومتر النهاية الصغرى بقلبه لأسفل.

- قياس درجات حرارة الهواء يكون فى الظل، لأن "الثيرموميتر"، الذى يتم قياسها به لو وضع تحت أشعة الشمس المباشرة، سترتفع درجته بالإشعاع، مما يؤدى إلى إعطاء درجة حرارة غير مطابقة لحرارة الهواء.
- كذلك أن قياس الحرارة يكون على ارتفاع مترين من السطح الذى يكون عشبيا أو ترابيا، لأن أى سطح معدنى أو خرسانى سيحتفظ بقدر عال من الحرارة، مما يؤثر على القياس، بالإضافة إلى أن المكان لابد أن يكون مفتوحًا بشكل يضمن تجدد الهواء، وبالتالى تكون درجات الحرارة مطابقة للمعايير، ولتعتبر نتيجة منطقية.
- توضع الثرمومترات داخل أكشاك خشبيةمطلية بدهان أبيض وجيد التهوية ويكون مواجها لجهة الشمال وطرازه موحد بجميع محطات الأرصاد الجوية في جميع أنحاء العالم.
- شعور الإنسان بالحرارة يختلف حسب الظروف المحيطة به، بمعنى "أن من يقف فى الشمس ساعة ليس كمن يقف تحت شجرة، وليس كمن يعمل فى البناء ويقوم بصب خرسانة، وهو ما يختلف عمن داخل سيارة ويفتح زجاجها".

- وتعد الثرمومترات السابقة أجهزة قياس يقرؤها الراصد بنفسه لهذا فإن الدرجة التي يسجلها الراصد تتوقف على دقته وصحة تقديره لها، وتقاس درجة الحرارة في أوقات معينة على مدار اليوم تبعاً لنظام كل محطة، وفي الغالب كل ثلاثة ساعات، وهذا القياس لا يعكس تقلبات الحرارة على مدار ساعات اليوم كله، ولهذه الأسباب تستخدم المراصد جهاز الثرموجراف Thermographفي تسجيل درجات الحرارة على مدار اليوم الواحد أو أيام الأسبوع ألياً لحظة بلحظة فتوفر سجلاً حرارياً كاملاً موزعاً على وحدات الزمن (الساعة وأجزاءها) على مدار اليوم أو أيام الأسبوع.

الثرموجراف

يتكون الثرموجراف جهاز حساس يتألف من قطعتين معدنيتين ذات معامل تمدد مختلف يتم لحمهما معاً وتثبيتهما معاً من جهة واحدة بينما تكون الجهة الأخرى حرة الحركة فإذا ارتفعت درجة الحرارة تمددت القطعتان وإذا انخفضت انكمشا بمعدلين مختلفين فيتغير انثنائهما وتنتقل هذه الحركة عن طريق روافع خاصة إلى سن ريشة تسجل بالحبر على ورقة رسم بياني مقسمة إلى محور أفقي يمثل درجة الحرارة ملفوفة على أسطوانة تدور دورة كاملة كل يوم (في حالة تسجيل حرارة اليوم الواحد) أو كل أسبوع (في حالة تسجيل حرارة أيام الأسبوع).

ويتم حساب المتوسطات اليومية والشهرية والسنوية وكذلك المدى الحراري من خلال قياسات درجة الحرارة على النحو التالي:

١-المتوسط اليومي لدرجة الحرارة Daily Mean ويتم حسابه بطرقتين:

أ-قسمة مجموعة القراءات المرصودة لدرجة الحرارة خلال اليوم على عدد مرات رصدها.

ب-قسمة مجموع النهاتين العظمى والصغرى على ٢.

٢-المتوسط الشهري لدرجة الحرارة Monthly Mean

تتم حسابه بقسمة مجموع المتوسطات اليومية لدرجة الحرارة خلال الشهر على عدد أيام الشهر. وبالمثل يتم حساب المتوسط الشهري لكل من درجتي الحرارة العظمى والصغرى كما يلى:

أ-ينتج المتوسط الشهري للنهاية العظمى بقسمة مجموع النهايات العظمى درجة الحرارة المسجلة على مدار الشهر على عدد أيام الشهر.

ب-ينتج المتوسط الشهري للنهاية الصغرى بقسمة مجموع النهايات الصغرى المسجلة على مدار الشهر على عدد أيام الشهر.

٣-المتوسط السنوي لدرجة الحرارة Annual Mean

ويتم حسابه بقسمة مجموع المتوسطات الشهرية لدرجة الحرارة خلال السنة على ١٢ (عدد شهور السنة).

٤ -المدي اليومي لدرجة الحرارة Annual Range

وهو عبارة عن الفرق بين النهايتين العظمى والصغرى لدرجة الحرارة أثناء اليوم الواحد.

٥-المدى السنوي لدرجة الحرارة Annual Range

وهو عبارة عن الفرق بين كل من أعلى متوسط شهري لدرجة الحرارة وأدنى متوسط شهري لها.

دور تكون سطح الأرض من يابس وماء كأحد العوامل المكانية التي تؤثر في توزيع درجة الحرارة على سطح الأرض.

- يؤثر توزيع اليابس والماء على سطح الأرض في قيمة صافي الإشعاع الشمسي الذي تستقبله وبالتالي في قيم درجات حرارتها.
- يظهر من توزيعهما على نصفي الكرة الشمالي والجنوبي تباينا ففي النصف الشمالي منطقة القطب الشمالي هي مسطح مائي محاط باليابسة من جميع الجهات أما القطب الجنوبي فهي يابسة(قارة أنتاركتيكا) محاطة بالمياة من جميع الجهات.
- مساحة اليابسة في النصف الشمالي أكبر من مساحتها في القطب الجنوبي.
- لكل من اليابس والماء خواصه الطبيعية التي تحدد تأثره بالاشعاع الشمسي، فعندما يستقبل اليابس والماء القدر نفسه من الإشعاع الشمسي فإن درجة حرارة المسطحات المائية سوف ترتفع بمعدلات بطيئة حتى تصل إلى أعلى مستوى لها وقت الغروب ثم تبدأ في الانخفاض تدريجيا بمعدلات بطيئة أيضا حتى تصل إلى أدنى مستوى لها قبل شروق الشمس.

- بينما اليابس ترتفع درجة حرارته بمعدلات سريعة تصل ذروتها وقت الظهيرة ثم يبدأ بالانخفاض التدريجي لها بمعدلات سريعة ايضا حتى تصل أدنى مستوى لها قبل شروق الشمس وبالتالي يكون معدل إرتفاع درجة حرارة الهواء فوق البحار والمحيطات أبطأ وأقل من إرتفاعها فوق اليابس وذلك للأسباب التالية:-

١-عندما يخترق الإشعاع الشمسي طبقة المياه تتوزع الأشعة الحرارية التي تمتصها المياه على طبقات المياه السطحية وما أسفلها،بواسطة تيارات الحمل الرأسية التي توزع الحرارة على سمك طبقة المياه، وهذا خلاف ما يحدث على اليابس المجاور فإن القدر نفسه من الأشعة الحرارية الواصل لليابس تمتصه طبقة رقيقة أقل من سمك طبقة مياه البحار والمحيطات ولا يوجد تيارات حمل رأسية لذلك ترتفع درجة حرارة اليابس بشكل أسرع.

٢-أن الحرارة النوعية للمياه تبلغ أربعة أمثال الحرارة النوعية لليابس ومعنى ذلك أن كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة جرام واحد من المياه درجه واحدة مئوية تعادل أرعة أمثال كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة جرام واحد من اليابس درجة واحدة مئوية.

٣- أن مقدار ما تستهلكه المياه من الإشعاع الحراري الذي تمتصه وتستهلكه في عملية التبخر أكبر من نظيره الذي يستهلكه اليابس، ويعني ذلك أن عملية التبخر ينتج عنها تبريد أكثر للمياه بالمقارتة باليابس.

٤- صافي الإشعاع الشمسي الواصل إلى الارض الذي تستقبله المحيطات أكبر من نظيره على اليابسة وذلك لإنخفاض نسب الألبيدو على المحيطات مقارنة باليابس.

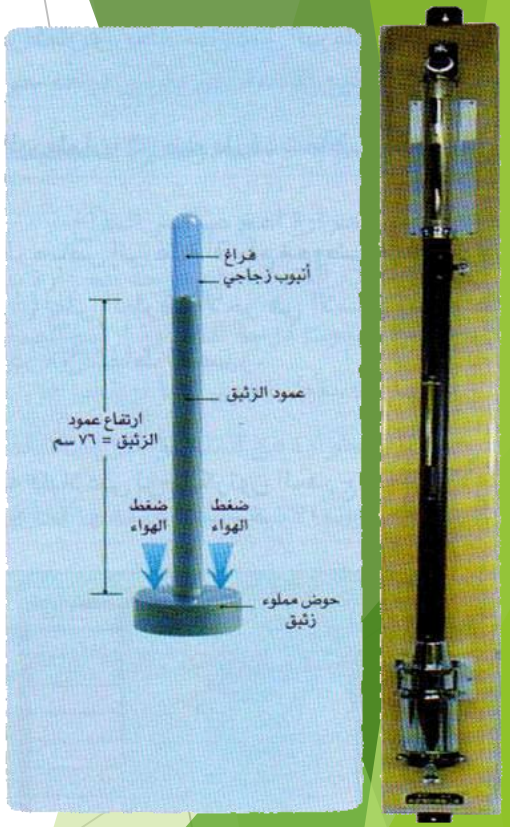
الفصل الخامس الضغط الجوي

- على الرغم من أننا لا نرى الهواء فإننا نشعر به، فهو مادة غازية لها وزن يشكل قوة على سطح الأرض.
- الضغط الجوي هو مقدار قوة وزن الهواء فوق سطح الأرض.
- تنجذب كتلة الهواء(الذي يتكون من مجموعة جزئيات الغازات المختلفة المتحركة دائما النيتروجين ٧٨% و الأكسجين ٢١%، بالإضافة إلى غازات أخرى) نحو سطح الأرض بفعل الجاذبية الأرضية فتشكل ثقلاً(وزنا) عليه أو بمعنى آخر ضغطاً عليه.
- يعرف الضغط على أنه وزن عمود الهواء الذي يمتد من الحد العلوي للغلاف الجزي وحتى سطح الأرض فوق سنتيمتر مربع واحد على سطح الأرض.
- الضغط الجوي = ١ atmأو بالتقريب ١ بار. وهو يتكوّن من عدة غازات -يتناقص الضغط الجوي مع الإرتفاع عن مستوى سطح البحر، ويبلغ عند مستوى سطح البحر ١ atm أو ١.٠١٣٢ بار.
- ينظم الضغط الجوي عملية دفع الهواء داخل أجسام الكائنات الحية(التنفس) لأنه يؤثر في كمية الهواء الداخلة إلى الجسم وبالتالي كمية الأكسجين التي يحتاجها الجسم.
- أنسب قيمة للضغط الجوي هي قرب سطح البحر وكلما أرتفعنا عن سطح البحر تعرض الانسان لضيق التنفس والإختناق والدوار بسبب إنخفاض الضغط الجوي وإنخفاض كمية الهواء (كمية الأكسجين) الداخلة للجسم.
- يعتبر الضغط الجوي عاملاً منظماً لحركة الهواء الرأسية والأفقية على سطح الأرض(الرياح) وهذا بدوره يشارك في توزيع درجة الحرارة على سطح الأرض، وتوزيع كمية بخار الماء وحركة السحب وبالتالي التساقط.

رياضياً : يحسب الضغط الجوي من العلاقة P=F/A حيث P الضغط الجوي ، F القوة المؤثرة ، A المساحة

قياس الضغط الجوي

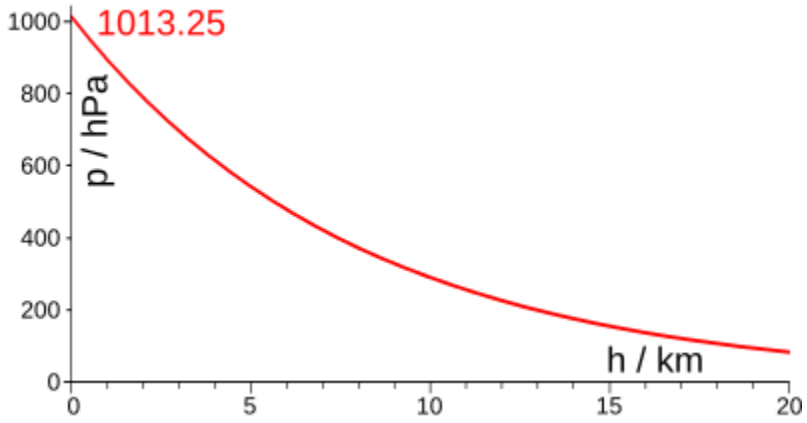
- **البارومتر** أو **مقياس الضغط الجوي** جهاز لقياس الضغط الجوى **وهو أما زئبقي أو معدني أو رقمي**. تستخدم مراكز الأرصاد الجوية البارومتر لمعرفة التغيرات في ضغط الهواء، وكثيرا ما تعني هذه التغيرات أن الطقس سيتغير. ويمكن استخدام البارومتر أيضا لقياس الارتفاعات المختلفة حيث يقل الضغط الجوي كلما زاد الارتفاع.
- وتقيس البارومترات الحديثة الضغط الجوي بالمليمتر الزئبقي أو بوحدة تسمى البار تنقسم إلى ألف مليبار. والبار وحدة ضغط في النظام المتري، ويسجل العلماء معظم قياسات الضغط بالمليبار. فمتوسط الضغط الجوي عند مستوى سطح الأرض ١,٠١٣ مليبار، وهو يساوي ٧٦٠ ملم زئبقي.
- ولمقارنة قياسات الضغط المأخوذة عند الارتفاعات ودرجات الحرارة المختلفة يُحوِّل العلماء هذه القياسات إلى القيمة التي تساوي الصفر المئوي عند سطح البحر.



- البارومير اللاسائلي (Aneroid Barometer):
- البارومير الرقمي (Digital Barometers):
- الباروجراف.

تغير الرأسـي للضغط الجوي

من المعروف أن الهواء قابل للإنضغاط، فهو متغير الحجم والكثافة، ولأن الهواء يكون متراكما رأسيا (طبقات الغلاف الجوي)، فإن الهواء الموجود في الحد السفلي للغلاف الجوي (الملامس بسطح الأرض) يتحمل وزن الهواء الذي يعلوه حتى نهاية الحد العلوي للغلاف الجوي، ولهذا يكون الهواء في الطبقات السفلى للغلاف الجوي أكثر ضغطاً من الهواء الذي يعلوه، فكلما إرتفعنا رأسيا بعيداً عن سطح البحر ينخفض سمك الغلاف الجوي وتتناقص الغازات الثقيلة التي تدخل في تركيبه ويصبح أقل وزنا(ضغطا)، ومعنى ذلك أن الضغط الجوي يكون أكبر ما يمكن عند سطح الأرض وينخفض تدريجيا بالارتفاع رأسيا بعيدا عنه.



جزء من 1 atm	متوسط الارتفاع	
	(متر)	(قدم)
1	0	0
1/2	5،486	18،000
1/3	8،376	27،480
1/10	16،132	52،926
1/100	30،901	101،381
1/1000	48،467	159،013
1/10000	69،464	227،899
1/100000	86،282	283،076

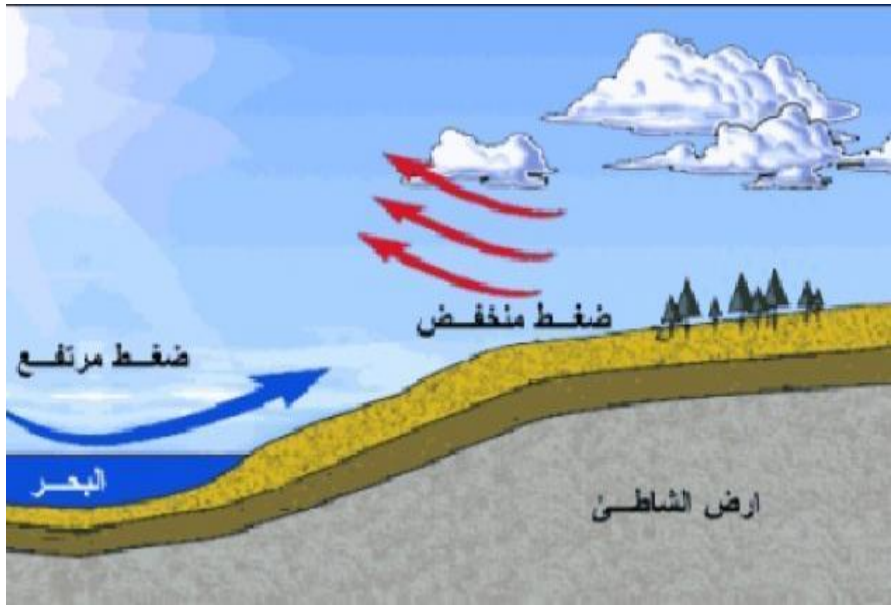
- ينخفض الضغط الجوي كلما زاد الارتفاع عن سطح البحر طبقا ل دالة أسية. وعلى الرغم من تغير الجو أيضا بسبب أحوال الطقس والحرارة فقد قامت ناسا بحساب تغير متوسط الضغط على ارتفاعات مختلف لجميع المناطق الأرض. وتعطينا القائمة التالية تغير الضغط الجوي بالارتفاع بالتقريب.
- https://ar.wikipedia.org/wiki/%D8%B6%D8%BA%D8%B7_%D8%AC%D9%88%D9%8A

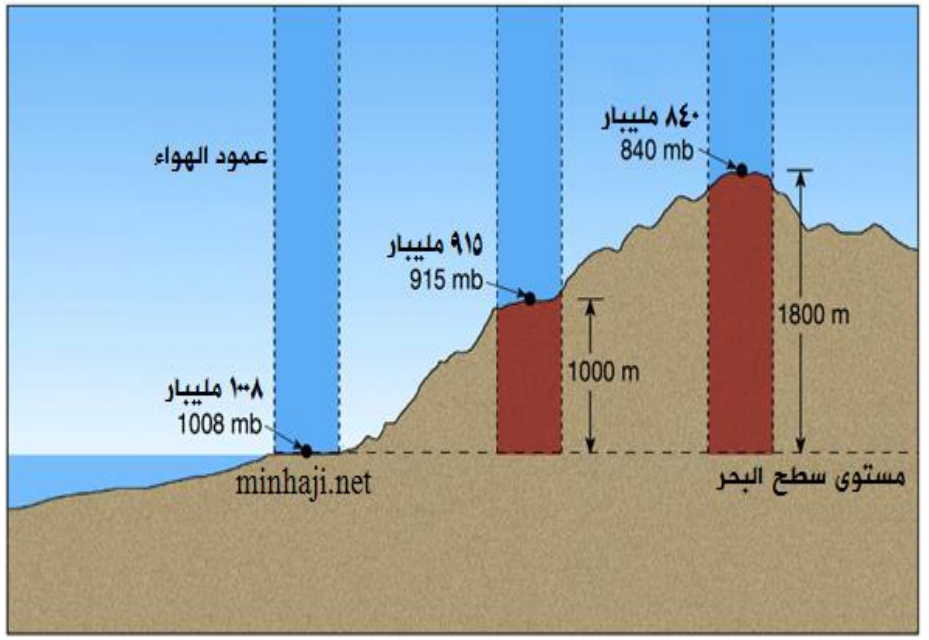
تأثير إنخفاض الضغط الجوي

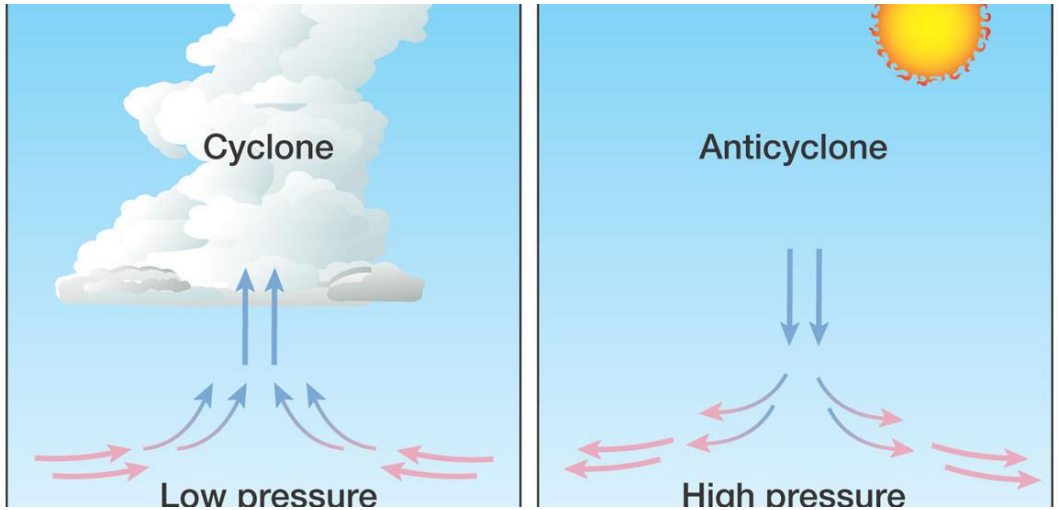
- يؤثر إنخفاض الضغط الجوي بالإرتفاع رأسيا بعيدا عن سطح البحر سلبا على صحة الإنسان ومعيشته، فيؤدي إنخفاض الضغط الجوي إلى إنخفاض كمية الهواء (كمية الأكسجين) الداخلة إلى الدم عبر الرئتين، مما يعرض الانسان لضيق التنفس والإختناق والدوار بسبب ذلك.
- يؤثر إنخفاض الضغط الجوي بالارتفاع على الدرجة التي يغلي عندها الماء ودرجة الغليان هي درجة الحرارة التي يتساوى عندها ضغط البخار مع الضغط المحيط بالماء فتكون ١٠٠ ْ م عند مستوى سطح البحر بينما يغلي الماء عند ٩٠ْم على إرتفاع ٣٣٠٠ متراً بينما تكون ٨٤ْم على إرتفاع فوق ٥٠٠٠ مترا فوق سطح البحر ويترتب علي إنخفاض درجة غليان الماء بالارتفاع بعيدا عن سطح البحر زيادة المدة التي يحتاجها طهي الطعام بالغليان مقارنة مع مثيلتها عند سطح البحر.
- يؤثر كذلك في المركبات الجوية وخاصة طائرات نقل البضائع والركاب، فيجب أن يتعادل الضغط الجوي داخل الكابينة مع مثيله عند مستوى سطح البحر طوال فترة الرحلة، فيزداد داخل الكابينة منذ اللحظة الأولى ببإقلاع كلما إرتفعنا لتعويض الإنخفاض الذي تم، وبالمثل عند الهبوط من أعلى إلى أسفل يتم تخفيض الضغط الحوي داخل الكابينة تدريجيا ليتعادل مع قيمته عند مستوى سطح البحر. يؤدي التغير السريع في الضغط إلى الشعور بالطنين بالأذن.

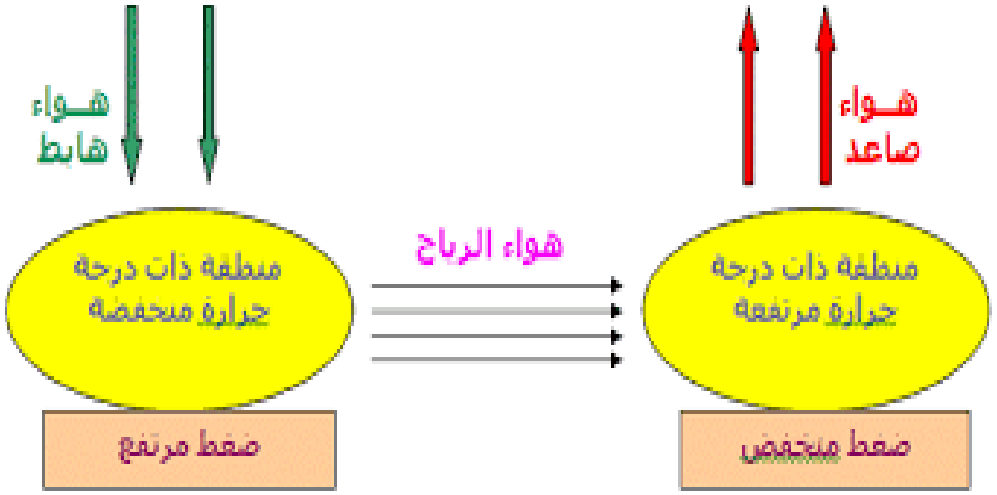
التغير الأفقي للضغط الجوي

- يتباين الضغط الجوي من مكان إلى آخر على سطح الأرض، بعبارة آخرى يتباين وزن الكتل الهوائية المؤثرة في سطح الأرض، فتشكل كتلة هوائية توجد فوق مكان ما على سطح الأرض ضغطا أكبر أو أقل من كتلة هوائية آخرى توجد في مكان آخر على سطح الأرض.
- تتباين كتل الهواء بسبب تباين كثافة الهواء التي تتبع بدورها درجة الحرارة.
- **لدرجة الحرارة** آثر في تباين الضغط الجوي فعندما ترتفع الطاقة تتزايد الطاقة الحركية لجزيئات الهواء وترتفع رجة حرارته، فتزيد المسافات بين جزيئات الهواء فيتمدد وبالتالي تقل كثافته فينخفض ضغطه والعكس صحيح، وعليه فإن تساوت كتلتين هوائيتين في الحجم وأختلفتا في درجة الحرارة فإن الكتلة الحارة سوف تشكل ضغطا أقل من مثيله الذي تسببه الكتلة الباردة.
- **لبخار الماء** كذلك آثر في تباين الضغط الجوي لأن زيادة بخار الماء في الهواء يعني إنخفاض كثافته وكذلك ضغطه، فالهواء الرطب أقل كثافة من الهواء الجاف(في حالة تساوي درجة الحرارة لكل منهما) وذلك لأن جزيئات الماء أقل من متوسط وزن جزيئات الهواء الجاف. عندما تدخل جزيئات الماء للغلاف الجوي كغاز فإنها تحل محل جزيئات غاز آخر وبخاصة النيتروجين والأكسجين. عندما تتساوى كتلتان هوائيتنان في الحجم ودرجة الحرارة وكانت أحداهما جافة والآخرى رطبة فسوف تشكل الكتلة الرطبة ضغطا أقل من الكتلة الجافة.


ضغط منخفض
ضغط مرتفع
البحر
ارض الشاطئ

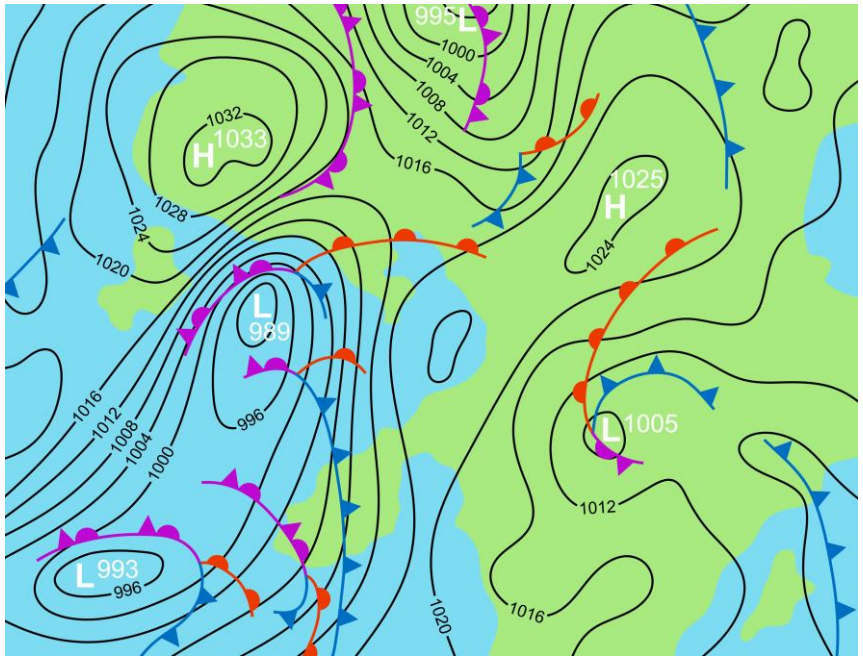

عمود الهواء
٨٤٠ مليبار
840 mb
٩١٥ مليبار
915 mb
١٠٠٨ مليبار
1008 mb
1800 m
1000 m
minhaji.net
مستوى سطح البحر


Cyclone
Low pressure
Anticyclone
High pressure


هواء
هابط
هواء
صاعد
منطقة ذات درجة
حرارة منخفضة
هواء الرياح
منطقة ذات درجة
حرارة مرتفعة
ضغط مرتفع
ضغط منخفض

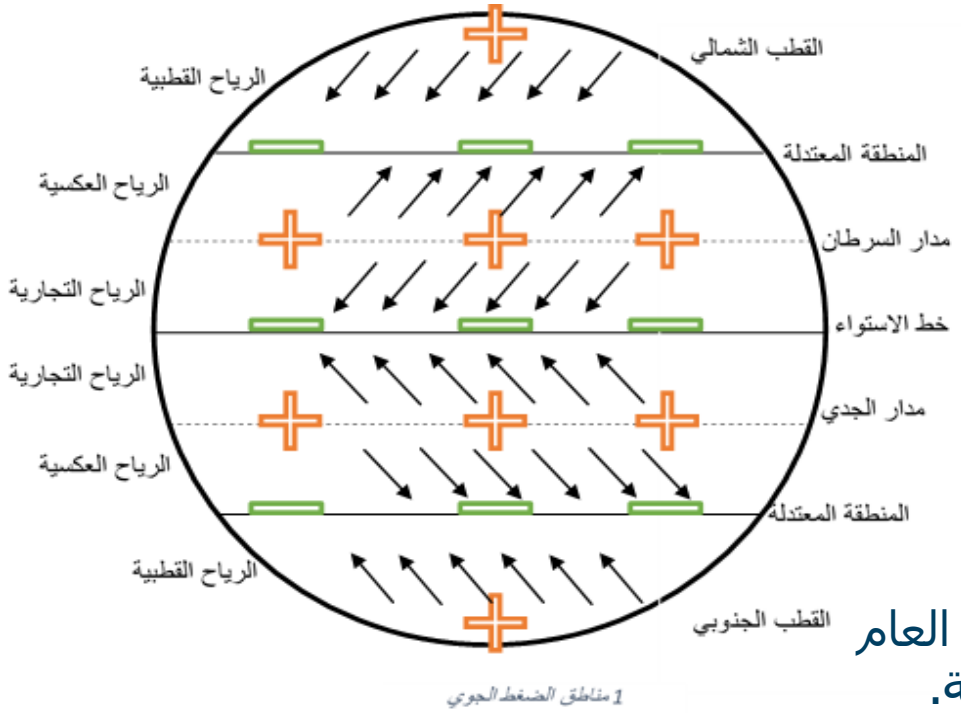
- يتغير الضغط الجوي أفقيا من مكان لآخر على سطح الأرض بسبب التغير في كمية الهواء الذي يتحرك أفقيا وما يترتب علي ذلك من هبوط أو صعود الهواء رأسيا، ففرضا إن تحرك الهواء أفقيا متشعبا في جميع الجهات مبتعدا عن مركزا ما فإن ذلك يسمح بهبوط الهواء من طبقات الجو العليا مندفعا نحو هذا المركز أكبر من سرعة الهواء الذي ابتعد أفقيا وعليه فإن كثافة الهواء والضغط الجوي يرتفعان(يحدث عند القطبين) وبالعكس في حالة تحرك الهواء أفقيا من جميع الجهات متجها نحو مركز ما فإن تقابل الهواء إلى إعلى فإن الضغط والكثافة تنخفضان(يحدث عند الدائرة الإستوائية) وعليه ينخفض الضغط الجوي عند الاستواء ويرتفع عند القطبين.
- يوجد سبعة نطاقات للضغط الجوي على سطح الأرض أربعة نطاقات للضغط المرتفع وثلاثة للضغط المنخفض.
- نطاقات الضغط المرتفع هي نطاق الضغط المرتفغ حول دائرة عرض ٣٠˚ شمالا وكذلك دائرة عرض ٣٠˚ جنوبا-نطاق الضغط المرتفع فوق القطب الشمالي-نطاق الضغط المرتفع فوق القطب الجنوبي.
- نطاقات الضغط المنخفض هي نطاق الضغط المنخفض عند دائرة الاستواء-نطاق الضغط المنخفض عند دائرة عرض ٦٠˚ شمالا-نطاق الضغط المنخفض عند دائرة عرض ٦٠˚ جنوبا.

الفصل السادس الرياح



- **الريح** أو **الرياح** هي عبارة عن انتقال أو تحرّك للكتل الهوائيّة من منطقة إلى أخرى بشكل أفقي في الجو، وذلك تبعًا لاختلاف قيم الضغط الجوي من منطقة إلى أخرى؛ بحيث تتحرّك الرياح دائمًا حركة تسارعيّة من المناطق ذات الضغط الجوي المرتفع إلى المناطق ذات الضغط الجوي المنخفض.
- ويمكن تعريفها بأنها الهواء المتحرك الذي ينشأ بفعل التباين في كثافة الهواء والضغط الجوي، وتعتبر الرياح مظهرا غير مرئي من مظاهر تدفق الطاقة على سطح الأرض، فعندما تتدفق الطاقة الشمسية نحو الأرض وتؤثر فيه يحولها إلى طاقة حرارية تتسبب في رفع درجة حرارة الهواء المملامس له ونشاط عملية التبخر، وبالتالي تتباين كثافته وضغطه ومن ثم يتحرك الهواء أفقيا ورأسيا وتسهم تلك الحركة في توزيع درجة الحرارة وبخار الماء وإنتقال الطاقة كما يحدث عندما تصطدم الرياح بمستوى الماء في المسطحات المائية فتتموج ويتناسب كل من طول الموجة وإرتفاعها مع قوة الرياح.
- يتحرك الهواء صاعدا عند مناطق الضغط المنحفض وهابطا عند مناطق الضغط المرتفع وبتحرك أفقيا أيضا من مناطق الضغط المرتفع نحو مناطق الضغط المنخفض. من الصعب أن نفصل بين حركة الهواء الرأسية والأفقية فهما يشتركان معا في آلية واحدة تعرف باسم الدورة الهوائية العامة على سطح الأرض.

أنواع الرياح



1 مناطق الضغط الجوي

للرياح أنواع مختلفة أهمها:-

١) الرياح الدائمة.

٢) الرياح الموسمية.

٣) الرياح المحلية.

٤) الرياح اليومية.

١) الرياح الدائمة: وهي أهم أنواع الرياح اذ أنها تهب طول العام وتشمل الرياح المنتظمة التجارية والعكسية (الغربية) والقطبية.

٢-الرياح الموسمية: تهب هذه الرياح في مواسم معينة، وتتميز بأن اتجاهها يتغير في معظم الأحيان في فصل الصيف عنه في الشتاء، وهي تظهر غالباً فيما بين المدارين، وعلى المناطق الشرقية للقارات، وخير مثال لدينا هو الرياح التي تهب على القارة الآسيوية وخاصة على الهند والهند الصينية والصين واليابان وكوريا، وهي على نوعين: موسمية شتوية، وموسمية صيفية.

- **٣- الرياح المحلية:**وهي رياح تنشأ نتيجة لاختلاف الضغط في مساحة صغيرة ولمدة قصيرة، كما تسببها عوامل خاصة بالتضاريس. وهي تختلف عن الرياح الموسمية في أنها لا تشمل موسماً كاملاً وأنما تهب في فترات متقطعة.
- ويمكن تقسيم الرياح المحلية الى المجموعات الرئيسية الثلاث الآتية:

١- مجموعة الرياح المحلية الحارة. ٢- مجموعة الرياح المحلية الدفيئة.٣- مجموعة الرياح الباردة.

٤-الرياح اليومية:تتكون الريح اليومية نتيجة لاختلاف في درجات الحرارة و الضغط الجوى بين اليابس و الماء، أو بين المرتفعات و الأودية أثناء الليل و النهار ، و من أمثلتها :-نسيم البر و البحر ، و نسيم الجبل و الوادي .

العوامل المؤثرة في حركة الهواء الرأسية

١- **الرفع الميكانيكي.** ٢- **الرفع الحرارى.** ٣- **تشعب الهواء أفقيا.** **٤-إعتراض المرتفعات:**

العوامل المؤثرة في حركة الهواء الأفقية

١- قوة إنحدار الضغط الجوي:

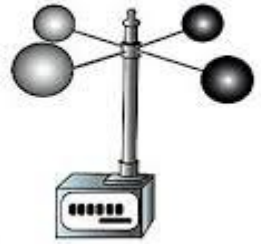
- معدل إنحدار الضغط الجوي (ملليبار/كم)=$\frac{\text{الفارق في الضغط الجوي بين نقطتين (ملليبار)}}{\text{المسافة بين النقطتين (كيلومتر)}}$

- كلما إزداد قيمة إنحدار الضغط كلما زادت سرعة الرياح.

٢- تأثير دوران الكرة الأرضية حول نفسها(قوة كوريولي) ٣-قوة الإحتكاك. ٤- قوة الجذب المركزية.

سرعة الرياح وإتجاهها

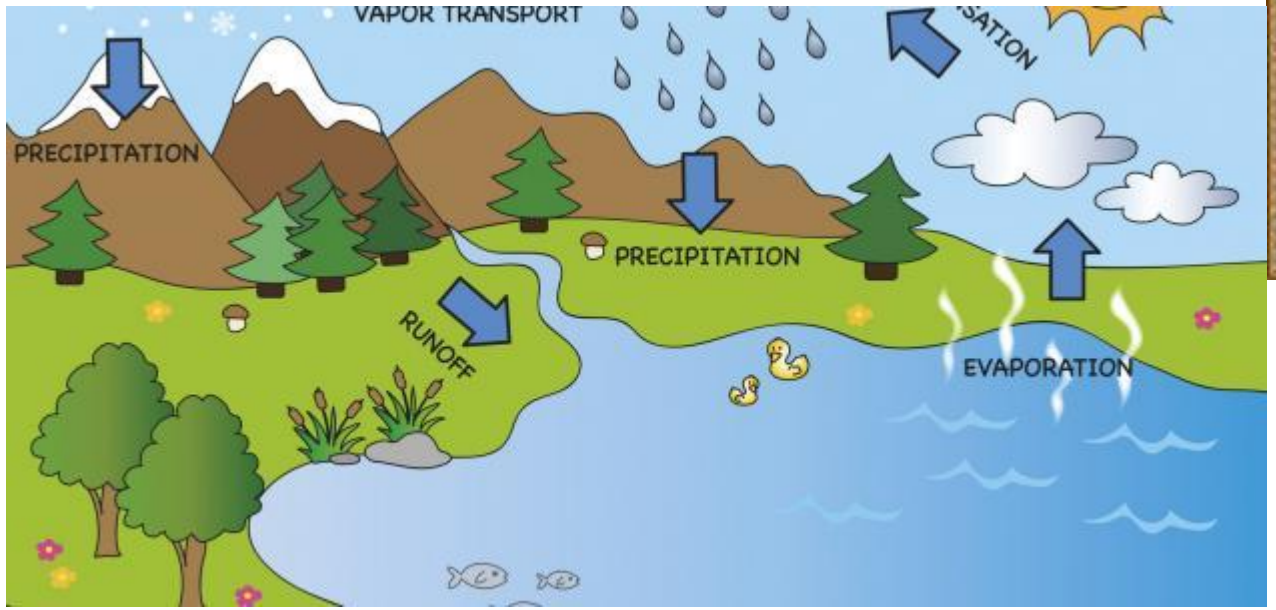
- تقاس سرعة الرياح بالعقدة أو متر/ثانية.
- ١ متر /ثانية=٣.٦ كيلومتر/ساعة=١.٩٤ عقدة.
- العقدة=١.٨٥ كيلومتر /ساعة=٠.٥١ متر/ثانية.
- تقاس سرعة الرياح بجهاز يسمى الأنيمومتر Anemometer ويارکب من عمود فولاذي مرتكز على قاعدة ويدور على طرفه الأعلى ثلاث أو أربع أذرع متساوية الطول ومتعامدة عليه، يزداد دورانها بزيادة سرعة الرياح وتسجل عدد دورات الأذرع بواسطة عداد مثبت علي قاعدة الجهاز.
- بينما يقاس إتجاه الرياح بإستخدام دوارة الرياح وهو يتركب من عمود فولاذي رأسي مرتكز على قاعدة فولاذية، مركب في أعلاه سهما معدنيا في نهايته ذيل عريض(حتى تدفعه الرياح إلى الجهة التي تنطلق إليها) خفيف الوزن لكي يسهل على الرياح تحريكه،ويثبت على العمود الفولاذي أسفل السهم ذراعان متقاطعان عموديا تشير أطرافهما إلى الجهات الأربعة الأصلية وعندما تهب الرياح يتحرك ذيل السهم نحو الجهة التي تتجه نحوها الرياح ويشير رأس السهم إلى الجهة الآتية منها الرياح. تثبت دوارة الرياح فوق المباني أو أعلى محطات الأرصاد.

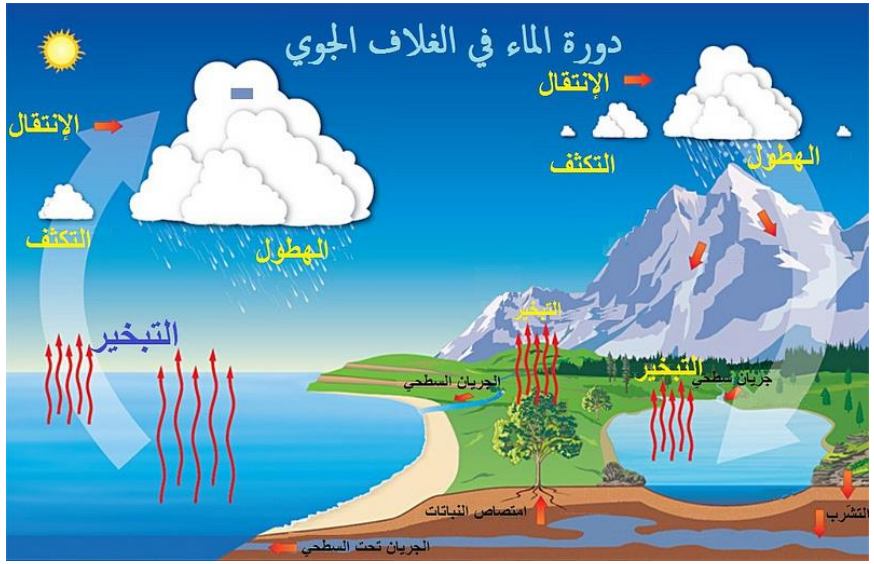


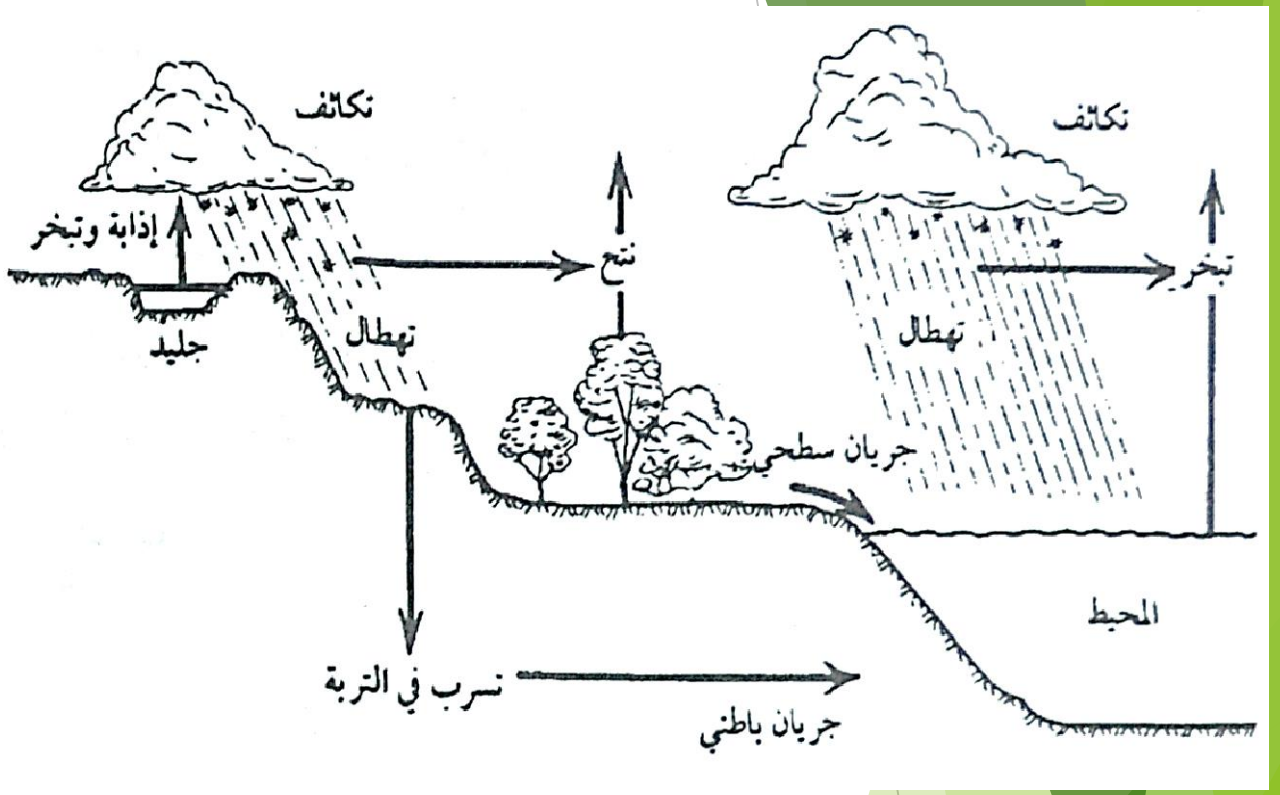
الفصل السادس:الرطوبة الجوية Humidity

- **رطوبة الهواء** أو **الرطوبة الجوية** هي كمية بخار الماء الموجودة في الهواء -وبخار الماء أحد غازات الغلاف الجوي- وخاصة في طبقة التروبوسفير (طبقة الجو السفلى)، وهو الصورة التي يتحول إليها الماء من الحالة المستقرة على سطح الأرض إلى الحالة الغازية التي تستقر في الغلاف الجوي بواسطة عملية التبخر(Evaporation)، ولا تتجاوز المدة التي يمكث فيها جزئ الماء في الغلاف الجوي عشرة أيام يتحول بعدها إلى الحالة السائلة أو الصلبة(بلورات ثلجية) بواسطة عملية التكاثف(Condencation) ، سواء تكاثف مباشر على الأرض (الندى ،الصقيع) أو قريبا منها (الضباب)، أو بعيدا عنها (السحب) وفي الحالة الأخيرة يعود مرة أخرى إلى سطح الأرض متساقطاً على شكل مطر أو ثلج أو برد بواسطة عملية التساقط (Precepetation) وتشكل العمليات الثلاثة التبخر، التكاثف، والتساقط المحاور الأساسية لحركة بخار الماء بين سطح الأرض والغلاف الجوي وهو ما يسمى بالدورة المائية hydrological cycle.

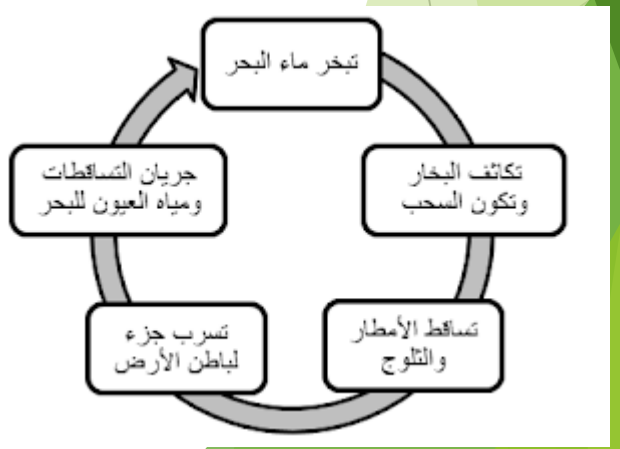
دورة المياة على سطح الأرض







يتحرك الماء بصوره السائلة والصلبة والغازية بين البحار والمحيطات واليابس والغلاف الجوي في حركة يتبادل فيها الموقع الجغرافي والحالة الفيزيائية(الطبيعية) له ، ويحدث ذلك في دورة طبيعية منظمة ودقيقة تشمل كل بقاع الأرض تسمى الدورة المائية.



- **التبخر** هو تحول الماء من الحالة السائلة إلى الحالة الغازية من مصادره التي تتمثل في المسطحات المائية المكشوفة كالبحار والمحيطات(٧١% من مساحة الكرة الأرضية) أو المجاري المائية والمستنفعات العذبة (٢%) أو من اية مصادر أخرى غير مباشرة مثل الغطاء النباتي والتربة أو أية أجسلم مبللة معرضة للجو.
- تنشط عملية التبخر كلما أرتفعت درجة الحرارة وزادت سرعة الرياح.
- يتحول الماء الموجود في أجسام النبات إلى بخار ماء يدخل الغلاف الجوي بواسطة عملية النتح (Transpiration) . تتحد مع عملية النتح مع عملية التبخر وتتحكمان في نسبة بخار المتء في الجو.
- كمية بخار الماء في الهواء متباينة مكانيا حسب البعد أو القرب من مصادره ومتباينة زمانيا حسب تباين درجة حرارة الهواء على مدار السنة.
- تتوقف كمية بخار الماء الموجودة في الجو بفعل عمليتي النتح والتبخر على أربعة عوامل أساسية وهي: كمية المياه المتاحة-كمية الطاقة المتاحة - سرعة الرياح- معدل تباعد بخار الماء عن سطح الأرض.

قياس التبخر

- تعد أحواض التبخر أكثر الطرق شيوعا لقياس التبخر وفيها يتم قياس التبخر عن طريق حوض معدني له أبعاد محددة يملأ بالماء يكون مكشوفا فوق سطح الأرض، وعن طريق حساب الفرق بين مستوى الماء في الحوض بعد ملئه مباشرة ومستواه في نهاية القياس ثم خصم كمية التساقط منه في حالة تساقط الأمطار نحصل على كمية التبخر من المياه.
- يستخدم جهاز الليزيمتر Lysimeter في قياس التبخر أيضا وهو جهاز دقيق يعتمد على قياس كمية التبخر من المياه الموجودة في كتلة كبيرة من التربة.

الرطوبة ومقاييسها

- من المعلوم أن الهواء البارد له قدرة محدودة في إستيعاب بخار الماء وذلك بالمقارنة مع الهواء الدافئ الذي له قدرة أكبر من الهواء البارد على حمل بخار الماء بسبب إرتفاع درجة حرارته.
- يتم وصف رطوبة الجو(كمية بخار الماء فيه) بصيغ مختلفة تتناول العلاقة بين كمية بخار الماء وكمية الهواء الذي يحتويه ونوع الهواء كونه جافا أو متشبعا ومنها:

١- **الرطوبة النوعية** وهي النسبة بين كمية بخار الهواء وكمية الهواء المحتوي عليه وتتباين على سطح الكرة الأرضية ولكنها لا تزيد عن ٢% وتحسب بالمعادلة الآتية

$$\text{الرطوبةالنوعية} = \frac{\text{كمية بخار الماء}}{\text{كمية الهواء المحتوي عليه(هواء جاف+بخار الماء)}} \times ١٠٠$$

٢-الرطوبة المطلقة: تعبر عن وزن بخار الماء (بالجرام) لكل وحدة حجم من الهواء الجاف (متر مكعب) فإذا كان الناتج مثلا ٨ جرام /متر مكعب ، فيعني ذلك أن كل متر مكعب من الهواء يحتوي على ثمانية جرامات من بخار الماء. وتعتبر كمية غير مفيدة في وصف حالة الجو.

- **الرطوبة النسبية:** وهي أكثر مقاييس الرطوبة شيوعا لوصف بخار الماء في الهواء، فهي تقارن بين التركز الحقيقي لبخار الماء في الهواء وتركز بخار الماء في الهواء نفسه في درجة التشبع.

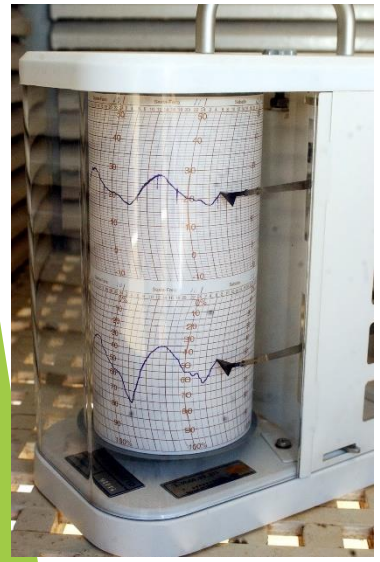
- الرطوبةالنسبية $= \frac{\text{ضغط بخار الماء في الهواء}}{\text{ضغط بخار الماء في الهواء نفسه في حالة التشبغ}} \times ١٠٠$

- الرطوبةالنسبية $= \frac{\text{الرطوبة المطلقة للهواء}}{\text{الرطوبة المطلقة للهواء في حالة التشبع}} \times ١٠٠$

- إذا تساوى التركز الحقيقي لبخار الماء في الهواء مع تركز بخار الماء في حالة التشبع تكون الرطوبة النسبية ١٠٠% وهذا يعني أن الهواء مشبعا ببخار الماء ولا يستطيع التحمل أكثر.

- يستخدم الهيجرومتر Hygrometer وهو جهاز قائم على فكرة إنكماش وتمدد شعر الإنسان حيث يتغير طول شعر الإنسان بحوالي ٢.٥ %عندما تتغير الرطوبة النسبية من صفر إلى ١٠٠%.

- أيضا يستخدم جهاز السكروميتر Psychrometer وهو يتكون من ثرمومترين مثبتين متجاورين يلف على مستودع الزئبق لأحدهما قطعة من القماش المبلل ويترك الآخر جافا، ويتم تحريك الهواء أمامهما عن طريق مروحة كهربائية صغيرة مثبتة في الجهاز ثم تقرأ درجة حرارة كل ثرمومتر على حدة، ومن خلال جداول مخصصة تحسب الرطوبة النسبية.
- يستخدم الهيجروجراف في تسجيل الرطوبة النسبية آليا على ورقة رسم بياني مثلثة فوق ساعة على هيئة اسطوانة تدور دورة كاملة كل ٢٤ ساعة وهو جيد ويشاع استخدامه في محطات الأرصاد الجوية.



نقطة الندى Dew Point ونقطة الصقيع Frost Point

- **نقطة الندى** وهي تعبر عن درجة الحرارة التي يصبح عندها الهواء مشبعا ببخار الماء أي التي يبلغ عندها الرطوبة النسبية ١٠٠%، فإذا انخفضت درجة الحرارة عن نقطة الندى تبدأ عملية التكاثف ويتحول بخار الماء إلى الصورة السائلة إذا كانت نقطة الندى أعلى من الصفر المئوي وإلى الصورة الصلبة (الثلج) إذا كانت نقطة الندى أقل من الصفر المئوي وتسمى في هذه الحالة نقطة الصقيع.
- يدل إرتفاع نقطة الندى على عظم تكاثف بخار الماء.
- عندما يكون الفارق بين درجة حرارة الهواء ونقطة الندى صغيرا دل ذلك على إرتفاع الرطوبة النسبية.كثير من الناس لا يشعرون بالراحة عندما ترتفع نقطة الندى أكثر من ٢٠ ° م.

الفصل السابع: التكاثف

- **التكاثف**: هو تحول بخار الماء من الحالة الغازية إلى الحالة السائلة(قطرات مائية) أو إلى الحالة الصلبة (بلورات ثلجية).
- يحدث التكاثف بتوافر شرطين أساسين: الأول أن تنخفض درجة حرارة الهواء إلى أقل من نقطة الندى)أن تكون نقطة الندى أقل من الصفر المئوي وتسمى عندها نقطة الصقيع، الشرط الثاني : أن تتوافر نوايات التكاثف وهي جسيمات الغبار الجوي والمواد العالقة من بلورات ملحية وبعض الأحماض والأكاسيد المتطايرة والأتربة التي يحملها الهواء، حيث تجذب هذه الجسيمات جزيئات الماء في الهواء وتتجمع فوقها مكونة قطرات مائية صغيرة أو بلورات ثلجية تبعا لدرجة حرارة نقطة الندى.
- تنجذب جزيئات الماء إلى البلورات الملحية المتطايرة أكبر من إنجذابها لذرات الغبار والأتربة.
- عندما يحدث التكاثف فوق سطح الأرض ومحتوياته مباشرة يسمى عندئذ بالندى، وعندما يكون إرتفاعه بضعة مئات من الأمتار يعرف بالضباب ويسمى سحبا عند مستويات بعيدة من سطح الأرض لا يتجاوز إرتفاعها ١٣ كم.

- يشكل الندى مصدر الرطوبة للتربة و النبات ، و يؤخر عملية تبخر الماء من التربة ، كما يؤخر عملية النتح من أوراق النبات لمدة قليلة من الزمن . كما يحفظ النبات من الآفات الزراعية التي لا تستطيع دخول أوراق النباتات المبللة بالندى .
- تحتاج ظاهرة حدوث الندى إلى عدة شروط :-

١- توافر الرطوبة.

٢- الليالي الصافية من الغيوم لان ذلك يساعد على فقدان سطح الأرض و ما عليها من أجسام للحرارة إلى نقطة الندى ، لذلك يقل احتمال تكون الندى في الليالي الغائمة .

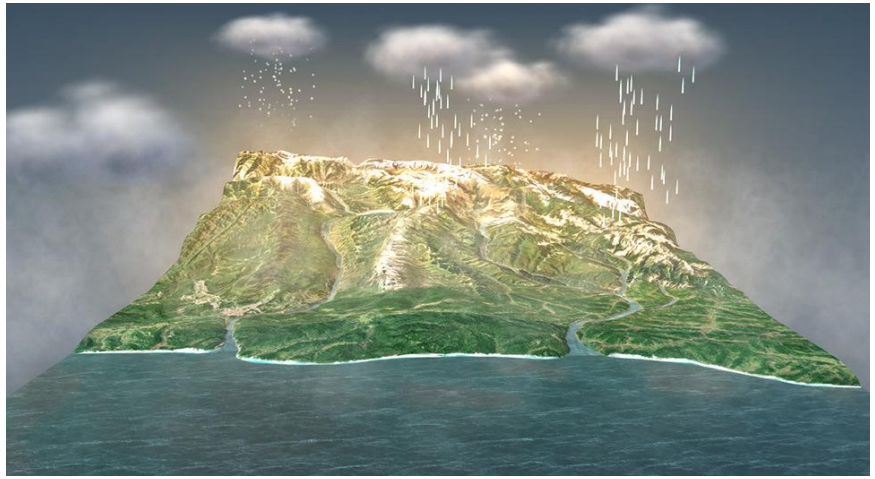
٣- هدوء الرياح ليلا ، لان الرياح السريعة تعمل على خلط الهواء الذي يبرد بالهواء الدافئ مما يقلل فرص تكون الندى .

- أسباب حدوث الصقيع هي نفسها نفس اسباب الندى مع شرط أن تكون درجة الحرارة أقل من الصفر المئوي بينما الندى أكبر من الصفر المئوي كما سبق توضيحه.
- يعد الصقيع أحد الأخطار المناخية على الزراعة بسبب تجمد المياه في جسم النبات بين الخلايا فيزداد حجمه مما يسبب تقطع الأغشية البروتولازمية وموت الخلايا، ونفس الشيئ عند ذوبان الماء يحدث تلف وموت للخلايا أيضا-يوقف تجمد الماء بسبب الصقيع إلى توقف عملية النتح فتذبل الأوراق والساق تدريجيا ان استمر تعرض المحاصيل للصقيع.

- **الضباب**: هو صورة من صور التكاثف كما سبق وأوضحنا يحدث على بعد عدة أمتار من سطح الأرض يسبب الضباب في انخفاض الرؤية إلى أقل من ١٠٠٠ م مما يشكل خطورة على حركة النقل والمواصلات وبخاصة على طرق النقل بالسيارات وبخاصة السريعة منها وفوق مهابط الطائرات وداخل القنوات الملاحية وعندما يكون الضباب خفيفا يسمى الشابوره.
- **أسباب حدوث الضباب:** انخفاض درجة الحرارة للهواء إلى دون نقطة الندى بسبب تبدد الاشعاع الأرضي في الليالي الباردة الخالية من السحب فوق النطاقات الرطبة - استقرار الهواء وإنعدام الحركة الرأسية للهواء المتصاعد إلى أعلى مما يؤدي الى احتفاظ الهواء ببخار الماء قريبا من سطح الأرض-هدوء الرياح السطحية.
- يمكن تقسيم الضباب إلى ١- الضباب الإشعاعي-٢- الضباب الأفقي-٣-ضباب الجبهات-٤-ضباب العروض العليا-٥-ضباب المنحدرات.
- **السحب:** هي مصدر التساقط من مطر أو ثلج أو برد على سطح الأرض وتتباين في الشكل والحجم والارتفاع تبعا لدرجة تشبع الهواء ببخار الماء وحركة الهواء الرأسية والأفقية ومدى استقرار أو عدم استقرار الطقس، وتنقسم إلى سحب مرتفعة-متوسطة الإرتفاع-منخفضة.
- يتم تقدير ارتفاع قاعدة السحب عن مستوى سطح الأرض بإستخدام جهاز تقدير ارتفاع السحب.

الفصل الثامن : التساقط

- التساقط هو أحد مراحل الدورة المائية وفيه تعود المياه في حالتها السائلة أو الصلبة من الغلاف الجوي إلى سطح الأرض مرة أخرى بعد أن تركته نحو الغلاف الجوي.
- التكاثف على هيئة سحب لا يعمى التساقط لأن التساقط من السحب يحتاج إلى عمليات جوية مرتبطة بتيارات الحمل الحراري، وإنحدار الضغط الجوي، وتدفق التيارات الهوائية الصاعدة. يعتمد وصول المياه الناتجة عن التساقط على خصائص قطاع الهواء الذي يفصل بين تلك السحب وبين سطح الأرض.



كيفية حدوث التساقط

- تتكون السحب من قطرات مائية أو بللورات ثلجية أو الأثنين معا دقيقة جدا يحملها تيار الهواء الصاعد داخل السحب ويظل يمنعها من الهبوط، وسقوطها على سطح الأرض حتى يعجز عن حملها، وفي حالة سقوطها يكون هبوطها بطئ وتتعرض للتبخر في الهواء الموجود أسفل السحب وخاصة في حالة عدم تشبعه ببخار الماء.
- تعتمد سرعة سقوط قطرات المياه أو بللورات الثلج على قوة الجاذبية الأرضية، وقوة الهواء الصاعد المتدفق من سطح الأرض، فإذا تساوت قوة الهواء الصاعد مع قوة الجاذبية الأرضية تتساقط قطرات المياخ أو بللورات الثلج في سرعة ثابتة تسمى السرعة النهائية.
- ترتبط السرعة النهاية لقطرات المياه أو بلورات الثلج طرديا مع حجم تلك الجزيئات أو القطرات بمعن عندما يكون حجم القطرات صغيرا كانت السرعة منخفضة والعكس صحيح.
- للتساقط أشكال وهي الرذاذ-المطر-الرذاذ المتجمد-الثلج-البرد، والمطر هو أهمها.
- يمكن بذر السحاب أو صناعة المطر باستخدام حقن السحب بواسطة الطائرات بجزئيات يوديد الفضة التي تتشابه خصائصها الطبيعية مع بلورات الثلج، أو حقنها ببلورات الثلج المجفف (ثاني أكسيد الكربون المجمد في درجة حرارة -٨٠°م، فتحدث عملية إلتحام البللورات الثلجية مع البللورات المحقونة فتنمو بللورات الثلج ويزيد حجمها ووزنها فتهبط إلى سطح الأرض.

ظواهر ضوئية مرتبطة بالتساقط

- تنعكس الأشعة الضوئية أو تنكسر عند إختراقها قطرات المطر أو بللورات الثلج أثناء سقوطها إلى سطح الأرض.
- **الهالة الضوئية:** وتظهر الهالة على هيئة حلقة ضوئية تحيط بالشمس وأحيانا بالقمر بسبب انكسار أشعة الشمس داخل بللورات الثلج المتساقطة سداسية الشكل.
- **قوس قزح:** تتدرج فيه ألوان الطيف السبعة (أحمر-برتقالي-أصفر-أخضر-أزرق-نيلي-بنفسجي) ويحدث ذلك نتيجة حدوث انكسار وإنعكاس للاشعة الشمسية بواسطة قطرات المياه، فعندما تخترق الأشعة الشمسية قطرة المياه تنكسر بداخلها ثم تعكس قطرة المياه الأشعة المنكسرة مرة آخرى إلى خارج قطرة المياه فتنكسر مرة أخرى عند خروجها

عواصف البرق والرعد

- هي من أكثر انظمة الطقس شيوعاً على سطح الأرض وتحدث في طبقة التروبوسفير وأحيانا تتعدى مستوى التروبوبوز، وهي تصاحب حدوث التساقط من سحب المزن الركامي، وأهم ما يميزها هو رؤية البرق (ضوء قوي مفاجئ) وسماع الرعد (صوت قوي مفاجئ) بشكل متقطع، ولا يتجاوز زمن العاصفة الساعة الواحدة، كما يصاحبها سقوط حبات البرد، وتتباين شدة العاصفة فتكون أحيانا خطرة على الحياة عند سطح الأرض حين تشتد سرعة الرياح وتتساقط أمطار غزيرة يصاحبها حبات برد كبيرة، أو عندما تصل صاعقة البرق إلى سطح الأرض.

- نتيجة لتغير اختلاف اتجاه وسرعة حركة قطرات المطر وبللورات الثلج وتكرار صعودها لأعلى السحابة بفعل تيارات الحمل الحراري الصاعدة وهبوطها بعد أن تندمج مع غيرها بفعل الجاذبية الأرضية ونتيجة لإحتكاكها ببعضها يتشكل شحن كهربائي مختلف داخل السحابة فتكون أعلى السحابة موجبة الشحنة وأسفلها سالبة الشحنة فيحدث فرق جهد يتبعه تفريغ كهربائي بالسحابة نفسها أو يمكن أن يحدث البرق بسبب اختلاف الشحن بين السحابة ذات القاعدة سالبة الشحنة وسطح الأرض موجب الشحنة فتحدث الصاعقة بين السحابة والأرض ويشكل هذا النوع خطرا على الحياة بنسبة ٢٠% من إجمالي عدد مرات البرق التي تحدث على سطح الأرض والتي تبلغ نحو ٢٠٠٠ صاعقة في العام.

- ترتفع درجة حرارة الهواء جدا بسبب حدوث البرق بجهد قوي وبشكل فجائي وسريع يعجز الهواء على التمدد بشكل طبيعي فتضغط جزيئاته جأ بما يتراوح بين ١٠ ، ١٠٠ مرة أكثر من ضغطها الطبيعي فينتج عن ذلك حدوث موجات صوتية قوية تشكل صوت الرعد. يحدث البرق والرعد في آن واحد ولكن سرعة الضوء تفوق سرعة الصوت لذا يرى المشاهد البرق أولا ثم يسمع الرعد ثانياً كما يمكن رؤية البرق من مسافات بعيدة جداً.

قياس المطر

- تتعدد مقاييس المطر في محطات الأرصاد الجوية، فمنها من يقيسه عن طريق تجميعه وحساب كميته، ومنها ما يقيس كميته وفترة سقوطه وشدته، ومنها اليدوي ومنها الآلي.
- منها مقياس المطر ويعتبر أبسط الأجهزة المستخدمة ومنها جهاز وزن مياه المطر وأجهزة آخرى متعددة.
- تتباين نطاقات سطح الأرض في كونها نطاقات ممطرة أو جافة - من حيث موسمية سقوط المطر ونوعه وشدته وكميته على العوامل الآتية:

١- الموقع بالنسبة للمسطحات المائية. ٢- تضاريس سطح الأرض.

٣- الإشعاع الشمسي. ٤- درجة الحرارة. ٥-الضغط الجوي. ٦-إتجاه الرياح.

٧-الأعاصير

إنتهى بفضل الله الجزء الخاص بالأرصاد الجوية ومن يرغب بالتواصل من طلاب المقرر عليه بمراسلتي fatmaph@du.edu.eg