المرحلة : الأولى **المادة : جغرافية الطبيعية**

الفصل : الأول **عدد الساعات : ٢**

مفردات المنهج

- مقدمة عن علم الجغرافية
- الكون ،المجموعة الشمسية ،الكواكب السيارة ، الشهب والنيازك
- نشأة الكون
- نظرية كانت ولابلاس
- نظرية المد القاري
- نظرية انفجار السوبر نوفا
- التاريخ الزمني للارض ، اهمية دراسة التاريخ الزمني للارض ، الازمنة الجيولوجية.
- شكل الارض ، محيط الارض ،تفلطح الارض وسببه ، خطوط الطول ودوائر العرض
- حركة دوران الارض حول نفسها والاهمية الجغرافية لدوران الارض حول نفسها ، دوران الارض حول الشمس ، الفصول الاربعة
- التركيب الداخلي ، طبقات الارض (القشرة الارضية ، المانتل ، لنواة)
- القارات والمحيطات ، مساحة القارات والمحيطات ،نشأة القارات والمحيطات ، النظرية التتراهيدية ،نظرية زحزحة القارات.
- الجغرافية المناخية ،مكونات الجو ، طبقات الجو ، عناصر المناخ والعوامل المؤثرة فيه.
- جغرافية المياه ،الماء في الطبيعة ، خواص الماء ،الدورة العامة للماء في الطبيعة ، البحار والمحيطات ، تضاريس قيعان المحيطات ، ملوحة البحار والمحيطات ، المد والجزر ، التيارات البحرية ، الانهار ، المياه الجوفية
- الحياة النباتية والحيوانية ، الاقاليم النباتية ،نباتات الاقاليم الحارة ، نباتات الاقاليم المعتدلة، نباتات الاقليم الباردة

الفصل الأول

خصائص الأرض الفلكية

تعد العلاقة بين الشمس والارض علاقة قوية جداً، فالشمس هي مصدر الطاقة الرئيسي بالنسبة للارض، كما وان الارضَ تدور حول محورها وحول الشمس مما يسبب اختلاف في توزيع الطاقه وفي الخصائص الطبيعية للاقاليم والاماكن على سطح الارض. ويختص هذا الفصل في شرح خصائص الارض الرئيسية من حيث الشكل والابعاد، وشبكة خطوط الطول والعرض، وحركة الارض اليومية والسنوية وما ينتج عنها من ظاهرات طبيعية هامة.

النظام الشمسي

يتكون النظام الشمسي من الكواكب والأقمار والكويكبات والمذنبات والنّيازك والغبار والغازات ومن نجم مركزي تدور حوله جميع تلك الأشياء وهو الشمس. وتشكل الشمس الهائلة الحجم حوالي ٩٩٪ من كتلة النظام الشمسي. وتنتج درجة حرارتها العالية من التفاعلات النووية الهيدروجينية حيث تصل درجة حرارة سطح الشمس إلى حوالي ٦٠٠٠ °م وتزداد نحو الداخل إلى حوالي ١٥ °مليون م. والأرض هي أحد الكواكب التسعة التابعة للنظام الشمسي، وتختلف الكواكب في خصائصها الطبيعية. ويبين الجدول رقم (١) بعض خصائص تلك الكواكب بالمقارنة بخصائص الأرض.

جدول (١) خصائص كواكب المجموعة الشمسية

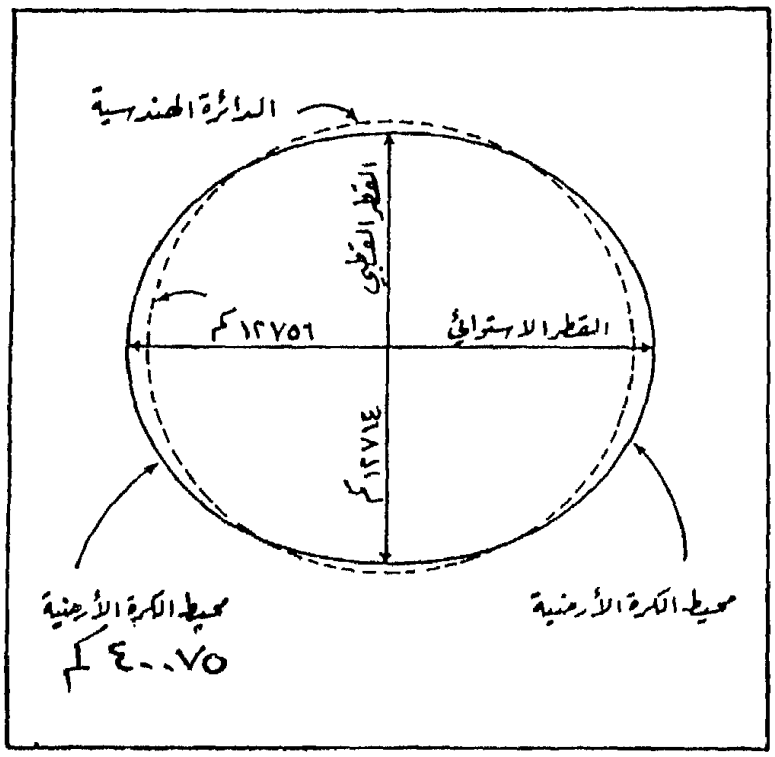
	البعد عن الشمس (مليون كم)	القطر (كم)	طول اليوم	طول السنة	حرارة السطح العظمى(م)	نسبة الكتلة إلى كتلة الأرض
عطارد	٥٨	٤٨٧٨	٥٩ يوم	٨٨ يوم	٤٠٠	٠,٠٥
الزهرة	١٠٨	١٢١٠٠	٢٤٤ يوم	٢٢٤,٧ يوم	٥٠٠	٠,٨١
الأرض	١٥٠	١٢٧٥٦	٢٤ ساعة	٣٦٥,٢٥ يوم	٦٠	١
المريخ	٢٢٨	٦٧٩٠	٢٤,٥ ساعة	٦٨٧ يوم	٢١	٠,١١
المشتري	٧٧٨	١٤٢٨٠٠	٩,٩ ساعة	١٢ سنة	-١٥٠	٣١٨
زحل	١٤٢٧	١٢٠٠٠	١٠,٢ ساعة	٢٩,٥ سنة	١٦٠	٩٥,٢
أورانوس	٢٨٧٠	٥١٨٠٠	١٠,٨ ساعة	٨٤ سنة	٢١٠	١٤,٥
نبتون	٤٤٩٧	٤٩٠٠	١٥,٨ ساعة	١٦٥ سنة	٢٣٠	١٧,٢
بلوتو	٥٩٠٧	٥٩٠٠	٦,٥ ساعة	٢٤٨,٥ سنة	-	٠,٠٨

المصدر: فاضل السعدوني، ١٩٩٠ ونجيب زبيب، ١٩٩٤.

شكل الارض وابعادها:

الارض احدى الكواكب التي تدور حول الشمس. ولقد تم اثبات كروية الارض منذ العصور القديمة. ومن البراهين التي دعمت ذلك: الاختفاء التدريجي للسفن اثناء ابتعادها عن الموانئ، وظهور ظل الارض على القمر بشكل منحني اثناء حدوث ظاهرة خسوف القمر، وازدياد ارتفاع النجوم عن الافق عند السير باتجاه الاقطاب. وهذه الظواهر لا تحدث الا اذا كانت الارض كروية الشكل. وحديثاً فان صور المركبات الفضائية تُظهر الارض كروية بما لا يدع مجالاً للشك. ودلت القياسات ايضا على ان الارض ليست تامة الكروية فهي منبعجة قليلاً عند المنطقة الاستوائية. أي أن قطر الارض الاستوائي (١٢٧٥٦ كم) اكبر

من قطرها القطبي (١٢٧١٤كم) بحوالي ٤٢ كم (شكل ١). ومن ذلك نجد ان محيط الارض الاستوائي حوالي ٤٠٠٧٥ كم.



شكل ١ : شكل وأبعاد الأرض (عن (Strahler, 1987

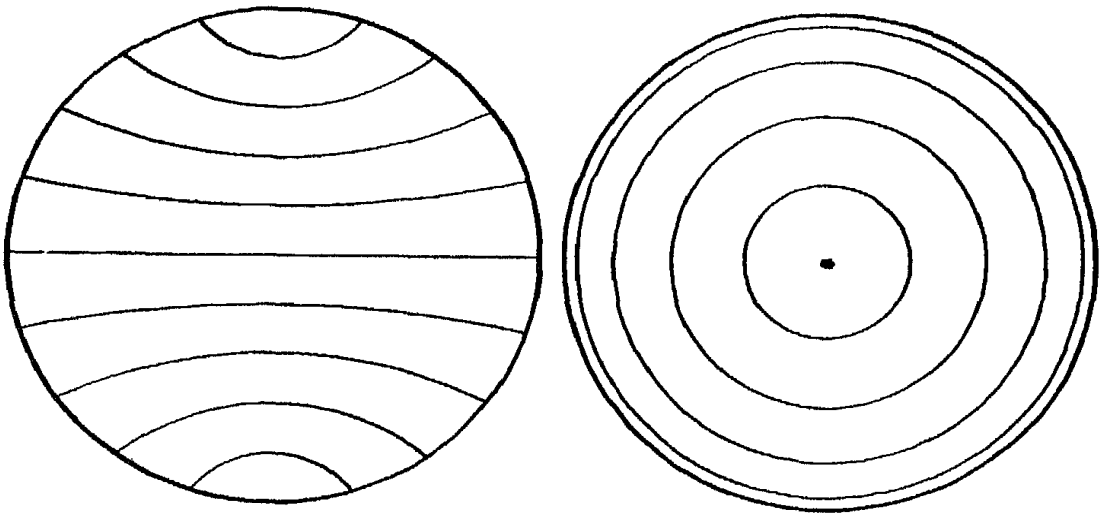
ولاختلاف طول نصف قطر الارض نجد ان الجاذبية الارضية تختلف قليلاً من مكان لاخر على سطح الارض. فالجاذبية الارضية هي قوة شد الاجسام نحو مركز الارض، وهي تتناسب عكسياً مع مربع المسافة بين الجسم ومركز الارض. ولأن اختلافات الجاذبية بسيطة فقد اعتبرت ثابت بمقدار ٩,٨م/ث^{٢}. وللجاذبية اهمية كبيرة في مختلف المجالات وتؤثر على عوامل الطبيعة بطرق مختلفة. فهي المسؤولة عن ترتيب الاشياء حسب كثافتها، الاكثر كثافة يكون في الاسفل والاقل كثافة في الاعلى. فالهواء والماء والصخر مرتبة حسب كثافتها من

الاعلى الى الاسفل. بالاضافة الى ان الانسان والحيوان والنبات والمنشآت العمرانية مصممة لمقاومة الجاذبية ولتبقى منتصبة.

نظام الشبكة الجغرافية:

ومن اجل تحديد مواقع الاماكن بدقة على سطح الكرة الارضية فقد تم تقسيمها الى شبكة من الخطوط الوهمية التي تطورت تدريجياً منذ العصور القديمة حتى اصبحت بشكلها الحالي وتدعى خطوط الطول والعرض. وتستخدم الدرجات في تعيين تلك الخطوط، ولزيادة الدقة تستعمل اقسام الدرجات حيث ان الدرجة تساوي ستون دقيقة والدقيقة تساوي ستون ثانية.

ودوائر العرض Latitudes تلف الكرة الارضية على شكل دوائر كاملة يبين امتدادها الاتجاه الحقيقي للشرق والغرب. وباعتبار ان الارض كروية الشكل فإن الدائرة الكبيرة التي تقسمها الى نصفين متساويين شمالي وجنوبي تسمى بالدائرة الاستوائية وتحدد بدرجة الصفر. وتصغر دوائر العرض بالابتعاد عن الدائرة الاستوائية وذلك بالاتجاه نحو الاقطاب (شكل ٢). وتنحصر دوائر العرض بين الدائرة الاستوائية (صفر°) والقطبين الشمالي (٩٠° شمالاً) والجنوبي (٩٠° جنوباً). واهم دوائر العرض مدار السرطان (٢٣,٥° شمالاً) ومدار الجدي (٢٣,٥° جنوباً) والدائرتين القطبيتين الشمالية (٦٦,٥° شمالاً) والجنوبية (٦٦,٥° جنوباً). وتتميز دوائر العرض بانها متوازية، اي ان المسافة بين كل درجتين متتاليتين متساوية وهي حوالي ١١١كم. بالاضافة الى دورها في تحديد موقع الاماكن شمال أو جنوب خط الاستواء.

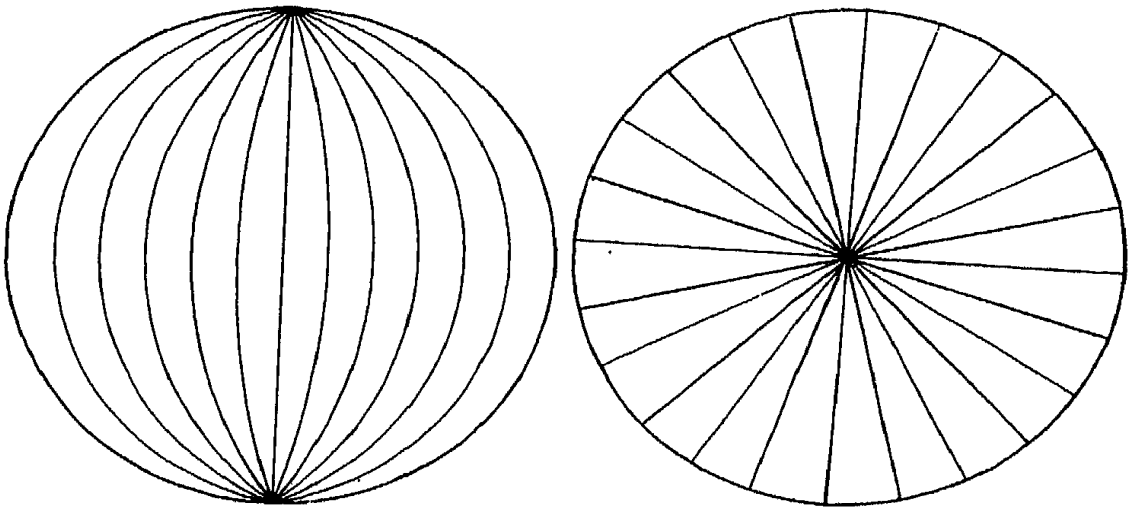


منظر قطبي منظر جانبي

شكل ٢ : دوائر العرض

خطوط الطول Longitudes وهي انصاف دوائر تمتد بين القطبين الشمالي والجنوبي، وتحدد الاتجاه الحقيقي للشمال والجنوب (شكل ٣). وخطوط الطول غير متوازية حيث ان المسافة بين كل درجتين متتاليتين عند الدائرة الاستوائية حوالي ١١١كم، وتتناقص المسافة بالاقتراب من الاقطاب فهي حوالي ٩٥كم عند ٣٠° و ٥٦كم عند ٦٠° وطبعاً صفر عند الاقطاب التي تعد نقاط التقاء وتجمع لخطوط الطول (شكل ٣). وتستخدم في تحديد الموقع الفلكي للاماكن شرق او غرب غرينتش.

ولقد اتفقت ٢٥ دولة في واشنطن عام ١٨٨٨ على اعتبار خط الطول المرجعي (صفر°) هو الخط الذي يمر في غرينتش/لندن. وسمي بخط غرينتش او خط التوقيت الدولي الذي يعتمد عليه في تحديد الوقت في اي مكان على سطح الارض. ويقسم خط غرينتش الكرة الارضية الى نصفين شرقي وغربي. وتشكل



منظر قطبي منظر جانبي

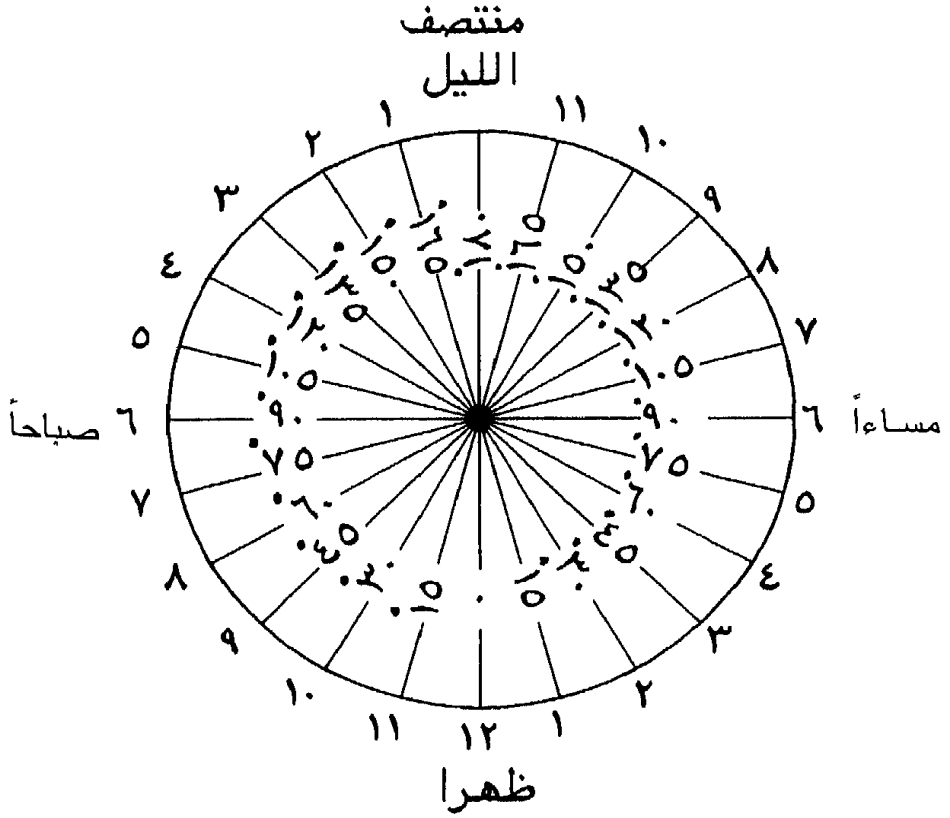
شكل ٣ : خطوط الطول

خطوط الطول ٣٦٠°، تنقسم إلى ١٨٠° شرقاً، و١٨٠° غرباً. وخط الطول ١٨٠° يسمى بخط التاريخ الدولي الذي يختلف التأريخ على طرفيه بمقدار يوم كامل (٢٤ ساعة).

وتستخدم خطوط الطول في تقسيم العالم الى ٢٤ اقليماً حسب اختلاف الوقت. حيث ان كل اقليم يتكون من ١٥° وهي تعادل الساعة (٦٠ دقيقة). وعادة يتوحد الوقت في كل اقليم رغم وجود اختلافات بين كل درجتين حيث ان كل درجة تساوي اربعة دقائق. ويحدد الوقت في كل اقليم بالرجوع الى توقيت غرينتش.

ويزداد الوقت بمقدار ساعة لكل ١٥° شرقاً ويقل بمقدار ساعة لكل ١٥° غرباً (شكل ٤). فمثلاً اذا كان الوقت في لندن الساعة ١٢ ظهراً فان الوقت على خط الطول ٣٠° شرقاً هو الثانية بعد الظهر وعلى خط طول ٣٠° غرباً هو

العاشرة صباحاً. وبحساب ذلك الى خط التأريخ الدولـي سـنجد ان الوقـت متشـابة ولكن مع اختلاف اليوم اوالتاريخ، فيكون الوقت مثلاً الساعه السادسه صباح يـوم الاحد في شرقه والساعه السادسه صباح يـوم الاثنيـن فـي غربـه. لذلـك فـان مـن يسافر غرباً عبر خط التاريخ الدولي يخسر يوم، ومن يقطعه متجهاً شرقاً يكسـب يوم. ويمر خط التاريخ الدولي في المحيط الهادي بعيداً عن الجزر المنتشرة فيه.



شكل ٤ : التوقيت في العالم (عن Muller, 1974)

أهمية خطوط الطول والعرض:

١) تحديد الوقت في العالم حسب خطوط الطول، سبق شرحه.

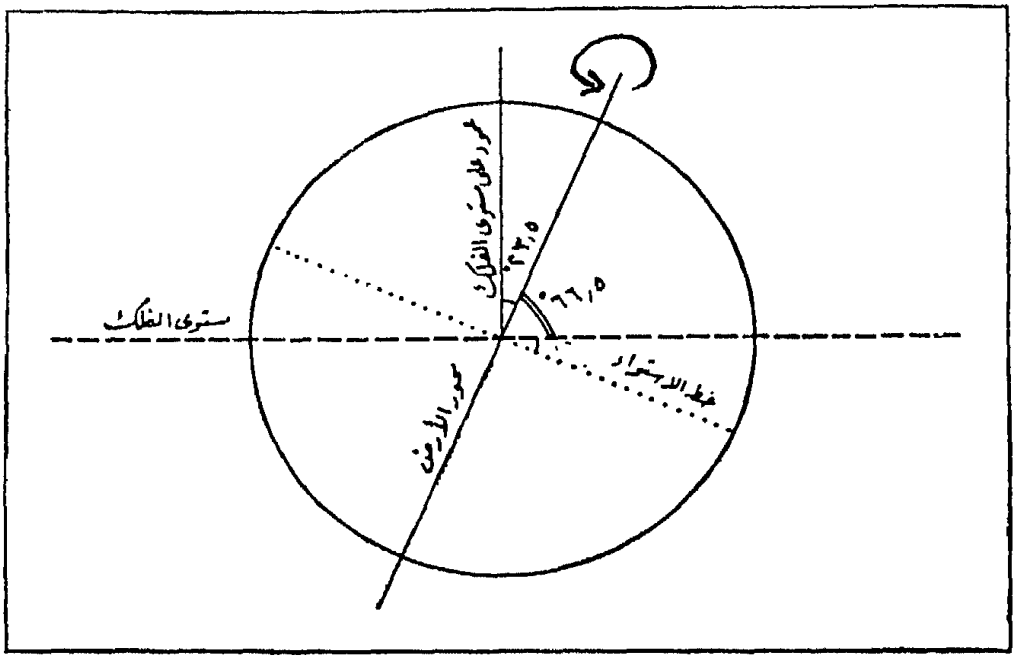
٢) فهم مناخ الاقاليم حسب موقعها من دوائر العرض فالمناطق الاستوائية والمدارية (العروض الدنيا) دافئة، والمناطق القطبية (العروض العليا) باردة، وبشكل عام تتناقص الحرارة بازدياد درجة العرض أو نحو الاقطاب.

٣) تحديد مواقع الاماكن بشكل دقيق فموقع ٣٠ً ٤٠َ ٤٥° شمالاً هو خط عرض ٤٥ درجة و ٤٠ دقيقة و ٣٠ ثانية شمال خط الاستواء. و ٢٠ً ٣٠َ ٦٠° شرقاً هو خط طول ٦٠ درجة و ٣٠ دقيقة و ٢٠ ثانية شرق خط غرينتش. وعادة لا تستخدم الثواني في تحديد مواقع الاماكن الواسعة كالمدن او الدول.

٤) تعد خطوط الطول والعرض الاساس لرسم الخرائط التي تهدف إلى نقل سطح الارض الكروي على سطح افقي. ومن ذلك تطورت مساقط متعددة لرسم الخرائط والتي لها اهمية كبيرة في علم الخرائط.

حركة الارض اليومية:

تدور الارض حول محورها من الغرب الى الشرق مرة واحدة كل يوم وبسرعة ١٥ درجة في الساعة وما يعادل حوالي ١٦٧٠كم/ الساعة عند الدائرة الاستوائية ونصف تلك السرعة على دائرة عرض ٦٠° وصفر عند القطبين. ومحور الارض هو الخط الوهمي الذي يصل القطبين ماراً بمركز الارض. ويميل محور الارض عن العمود الساقط على مستوى الفلك بمقدار ٢٣,٥° وعن مستوى الفلك بمقدار ٦٦,٥° (شكل ٥).

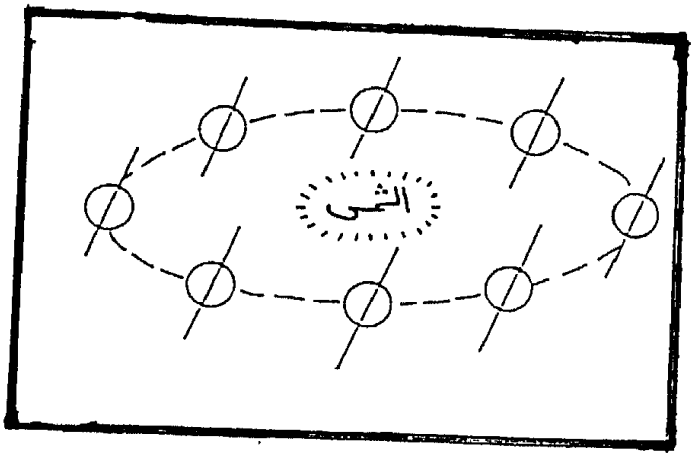


شكل ٥ : ميلان محور الأرض

ويبقى اتجاه محور الارض ثابتاً اثناء دورانها حول الشمس، وهو ما يعرف بظاهرة توازي محور الارض (شكل ٦) ولميلان محور الارض وتوازيه اهمية كبيرة في تكوين الفصول واختلاف طول النهار ومن ثم توزيع الاشعة الشمسية على سطح الكرة الارضية. وأن دوارن الأرض حول محورها يسبب حدوث ظواهر طبيعية هامة منها:

١) تعاقب الليل والنهار، فبما ان الارض كروية الشكل فان نصفها يبقى مضاءاً (نهار) والنصف الاخر معتماً (ليل). ودائرة الاضاءة هي الدائرة التي تفصل بين النصف المعتم والنصف المضاء، والتي يختلف امتدادها باستمرار خلال اليوم والفصول. وان كثير من الظاهرات تستجيب لتعاقب الليل والنهار، مثل النبات الذي يتأثر نموه بكمية الضوء والحرارة والرطوبة التي تختلف بين النهار والليل.

وكذلك الحيوانات الذي تنشط في اوقات معينة خلال اليوم، لذلك تتكيف الكائنات الحية مع تعاقب الليل والنهار. علماً بان طول النهار يتغير على مدار السنة وحسب الفصول.



الشكل ٦ : توازي محور الارض

٢) حدوث المد والجزر بسبب جاذبية القمر والشمس لمياه البحار والمحيطات، ويختلف مكان ووقت حدوث المد حسب دوران الارض ومقابلتها للقمر والشمس.
٣) القوة الطارة عن المركز الناتجة عن دوران الارض حول محورها تؤثر على حركة الاجسام على سطح الارض وهي قوة مساوية في المقدار ومعاكسة في الاتجاه لقوة الجذب إلى المركز. ولها أيضاً دور هام في حدوث المد والجزر.
٤) القوة الكوروليةِ – نسبة للعالم كوريولس – وتنتج عن دوران الارض حول محورها وتؤثر على اتجاه حركة الاجسام على الارض فتحرفها الى يمين اتجاهها في نصف الكرة الشمالي والى يسار اتجاهها في نصف الكرة الجنوبي، وبذلك تؤثر على حركة الرياح والتيارات البحرية، وغيرها من الأشياء المتحركة.
٥) قوة الدفع الناتجة عن اختلاف سرعة الارض حسب دوائر العرض. فالجسم الذي يدور بسرعة كبيرة على خط الاستواء يكتسب قوة دفع تزيد من سرعته اذا

ما انتقل الى عروض تكون فيها سرعة الدوران أقل. ولهذا أهمية كبيرة على سرعة الرياح وخاصة في طبقات الجو العليا كالتيارات النفاثة.

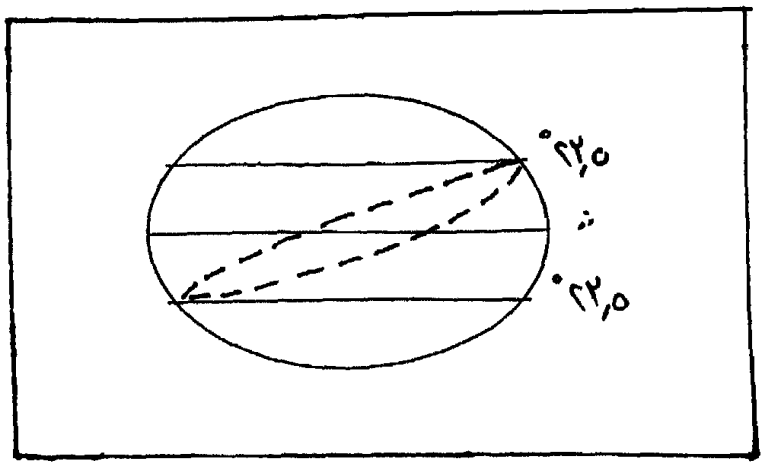
حركة الارض السنوية:

تدور الارض حول الشمس من الغرب الى الشرق دورة كاملة في السنة (٣٦٥,٢٥ يوم). ويتصف مدار الارض بالشكل البيضوي لذلك تختلف المسافة بين الشمس والارض من يوم لآخر على مدار السنة. ويبلغ معدل المسافة بين الارض والشمس حوالي ١٥٠ مليون كيلومتر ويحدث ذلك في يومي ٤ نيسان و ٥ تشرين أول. وتختلف المسافة بحوالي ± ٢,٥ مليون كيلومتر، وتكون الارض ابعد ما يكون عن الشمس (الأوج aphelion) بمسافة حوالي ١٥٢,٥ مليون كيلومتر ويحدث ذلك في ٤ تموز، بينما تكون أقرب مسافة (الحضيض Perihelion) حوالي ١٤٧,٥ مليون كم ويكون ذلك في ٣ كانون الثاني. ويؤثر اختلاف المسافة بين الارض والشمس على كمية الاشعة الشمسية التي تصل الى الارض بحوالي ٧٪، فيصل الارض كمية اكبر من الاشعة عندما تكون اقرب الى الشمس.

وينتج عن دروان الارض حول الشمس وميلان محور الارض تكون الفصول واختلاف في توزيع الاشعة الشمسية على سطح الكرة الارضية. ويختلف مكان تعامد الاشعة الشمسية خلال السنة، حسب حركة الشمس (الحركة الظاهرية للشمس) بين مداري السرطان والجدي، وتكون الشمس عمودية على دوائر العرض الواقعة بين المدارين في اوقات مختلفة من السنة (جدول ٢)، فتتعامد الشمس مرة واحدة مع كل من مدار السرطان والجدي ومرتين مع دوائر العرض الواقعة بينهما (شكل ٧).

جدول (٢) اوقات تعامد الاشعة الشمسية مع دوائر العرض

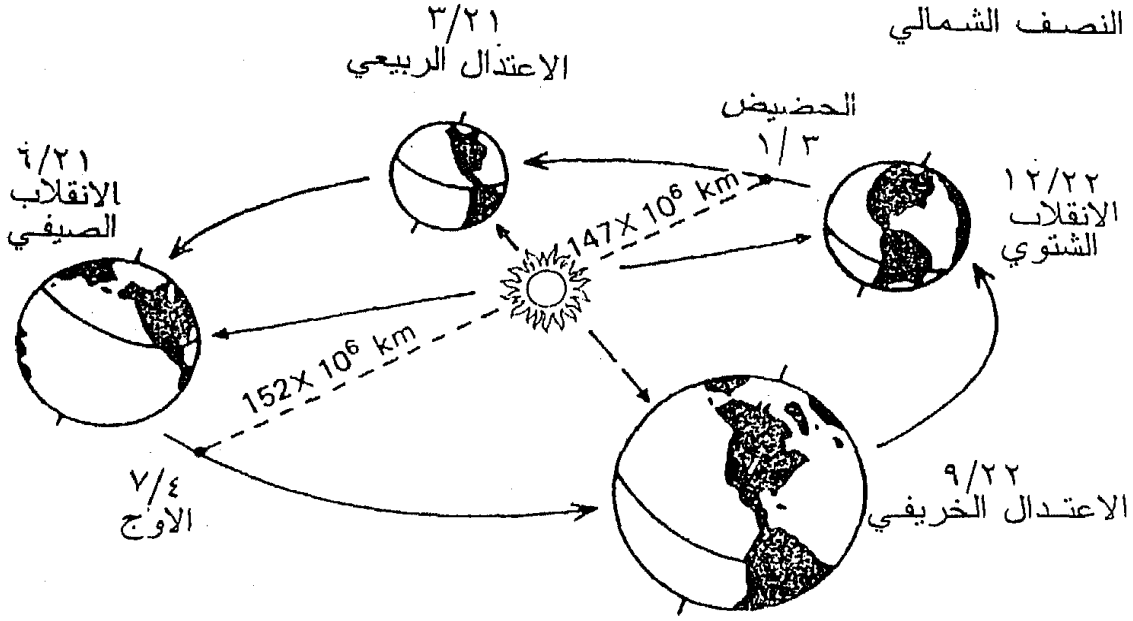
دائرة العرض	التاريخ	دائرة العرض	التاريخ
٢٣,٥ ش	٦/٢١	٥ ج	٣/٨ و ١٠/٦
٢٠ ش	٥/٢١ و٧/٢٤	١٠ ج	٢/٢٣ ١٠/٢٠
١٥ ش	٥/١ و٨/١٢	١٥ ج	٢/٩ و١١/٣
١٠ ش	٤/١٦ و٨/٢٨	٢٠ ج	١/٢١ ١١/٢٢
٥ ش	٤/٣ و٩/١٠	٢٣,٥ ج	١٢/٢٢
صفر	٣/٢١ و٩/٢٣		



شكل ٧ : حركة الشمس الظاهرية

يبين شكل (٨) وضع الارض بالنسبة للشمس في أيام الانقلابين والاعتداليين. وتصبح الشمس عمودية على مدار السرطان في ٦/٢١، وهو الحد الاقصى الذي ترى فيه الشمس عمودية في نصف الكرة الشمالي، ويعرف هذا

اليوم بالانقلاب الصيفي حيث يبدأ فصل الصيف في النصف الشمالي، ويكون النهار اطول من الليل. ويتزايد طول النهار بالاتجاه نحو الاقطاب، وتكون الدائرة القطبية الشمالية مضاءة (نهار) ٢٤ ساعة، ويقل طول النهار الى حوالي ١٨ ساعة على دائرة عرض ٦٠° ش والى ١٤ ساعة على ٣٠° ش، بينما يتساوى الليل والنهار في المنطقة الاستوائية (جدول ٣). وتكون الصفات في النصف الجنوبي للأرض عكس ما هي في النصف الشمالي.



شكل ٨ : مدار الأرض حول الشمس وتكون الفصول
(عن Rosenberg et.al, 1983)

جدول (٣) طول النهار حسب خطوط العرض
في نصف الكرة الشمالي

درجة العرض	الانقلاب الصيفي		الانقلاب الشتوي	
	ساعة	دقيقة	ساعة	دقيقة
٧٠ – ٩٠	٢٤	–	صفر	صفر
٦٠	١٨	٨	٥	٥٢
٥٠	١٥	٥٦	٨	٤
٤٠	١٤	٤٠	٩	٢٠
٣٠	١٣	٤٨	١٠	١٢
٢٠	١٣	٥	١٠	٥٥
١٠	١٢	٢٨	١١	٣٢
٠	١١	٥٣	١٢	٧

مصدر: Muller & Oberlander, 1984

وبعد الانقلاب الصيفي بحوالي ستة شهور تصبح الشمس عمودية على مدار الجدي في ٢١/ او١٢/٢٢ وهو الحد الاقصى الذي تُرى فيه الشمس عمودية في نصف الكرة الجنوبي، بينما تكون ابعد ما يمكن عن النصف الشمالي. ويعرف ذلك اليوم بالانقلاب الشتوي في نصف الكرة الشمالي حيث يبدأ فصل الشتاء ويصبح الليل اطول من النهار، ويتناقص طول النهار بالاتجاه نحو الاقطاب. ويصل طول النهار الى حوالي ١٠ ساعات على دائرة ٣٠° ش وحوالي ٦ ساعات على دائرة ٦٠°ش، بينما تكون الدائرة القطبية الشمالية معتمة ٢٤ ساعة (جدول ٣). وتكون الخصائص عكس ذلك بالنسبة للنصف الجنوبي من الارض (شكل ٩).

وفي منتصف المسافة بين موعد حدوث الانقلاب الصيفي والشتوي تتعامد الشمس مرتين على الدائرة الاستوائية في يومي (٣/٢١) الاعتدال الربيعي وفي (٩/٢٢) الاعتدال الخريفي. وفيهما يتساوى طول الليل والنهار في جميع بقاع الارض حيث تمر دائرة الاضاءة من القطبين الشمالي والجنوبي.

ويحدث اكبر فرق بين طول الليل والنهار في القطبين. فيكون طول النهار في القطب الشمالي ستة شهور تنحصر بين الاعتداليين ٣/٢١ و ٩/٢٢، بينما يسود الليل في القطب الجنوبي . والعكس في القطب الجنوبي الذي يمتد نهاره من ٩/٢٢ الى ٣/٢١. حين يسود الليل في القطب الشمالي.

الفصل الثاني

الغلاف الجوي

The Atmosphere

المقدمة:

يشكل الغلاف الجوي احد مكونات الارض الطبيعية بالاضافة الى الغلاف الصخري والمائي والجليدي والحيوي. وهو الهواء الذي يغلف الكرة الارضية بسماكة مئات الكيلومترات ويحتوي على غازات كثيرة وبنسب مختلفة ومناسبة جعلت الحياة ممكنة على سطح الارض. وللغلاف الجوي اهمية كبيرة في حياة الكائنات الحية حيوانية ونباتية، بالاضافة الى تفاعله مع الاغلفة الارضية الاخرى. ويحتوي هذا الفصل على شرح للعناصر والظواهر الجوية كالاشعة الشمسية والحرارة والضغط الجوي والرياح والرطوبة والتكاثف وانواعه والهطول كالمطر والثلج والبرد. بالاضافه الى مكونات واقسام الغلاف الجوي.

مكونات الغلاف الجوي:

يتكون الهواء من خليط من الغازات والشوائب التي يزداد تركيزها وكثافتها في الطبقة السفلى القريبة من سطح الارض وذلك بسبب الجاذبية الارضية. فنجد ان حوالي ٥٠٪ من الهواء يتركز في الستة كيلومترات السفلى من الغلاف الجوي. ويبين الجدول رقم ٤ نسب المكونات الغازية في الغلاف الجوي، ويحتوي الهواء النقي الجاف على حوالي ٧٨٪ من النيتروجين و ٢١٪ من الأكسجين و٠,٩٣٪ من الأرغون، بالاضافة الى نسب ضئيلة من الغازات الاخرى مثل ثاني اكسيد الكربون والهيدروجين والهيليوم والاوزون وغيرها. وتختلف نسب الغازات في الغلاف الجوي للارض عن مكونات الغلاف الجوي للكواكب الاخرى مثل المريخ والزهرة التي تتكون غالبيتها (٩٥٪) من ثاني

اكسيد الكربون وحوالي (٣٪) من النيتروجين ونسبة ضئيله جداً من الاكسجين وبخار الماء. لذلك اصبحت الحياة ممكنة على سطح الارض، بينما خلت تلك الكواكب من اشكال الحياة. فالنيتروجين غاز خامل وغير ضار، والاكسجين اساس لحياة الانسان والحيوان.

جدول (٤) مكونات الغلاف الجوي

مكونات الهواء الجاف			مكونات الهواء الرطب		
الغاز	جزء/مليون	النسبة/حجم	الغاز	جزء/مليون	النسبة/حجم
النيتروجين	٧٨٠٨٤٠	٧٨,٠٨	النيتروجين	٧٩٦٠٠٠	٧٦,٩
الاكسجين	٢٠٩٤٦٠	٢٠,٩٦	الاكسجين	٢٠٧٠٠٠	٢٠,٧
الارغون	٩٣٤٠	٠,٩٣	بخار الماء	١٤٠٠٠	١,٤
ثاني اكسيد الكربون	٣٣٠	٠,٠٣	غازات اخرى	١٠٠٠٠	١
النيون	١٨	٠,٠٠١٨			
الهيليوم	٥,٢	٠,٠٠٠٥٢			
الميثان	١,٤	٠,٠٠٠١٤			
الكريبتون	١	٠,٠٠٠١			
اكسيد النيتروز	٠,٥	٠,٠٠٠٠٥			
الهيدروجين	٠,٥	٠,٠٠٠٠٥			
الاوزون	٠,٠٧	٠,٠٠٠٠٠٧			

المصدر: Eagleman, 1985

إن حوالي ٩٩,٩٪ من مكونات الغلاف الجوي (النيتروجين والأكسجين والأرغون) من الغازات غير الضارة والثابتة النسبة. ولقد ثبت تغير نسب كثير من الغازات الاخرى. وتتغير كمية بخار الماء الموجودة في الهواء من مكان

لاخر، وتتراوح من لا شيء في الهواء البارد والجاف جداً في المناطق القطبية الى حوالي ٤٪ في الهواء الرطب جداً في المناطق الاستوائية، بمعدل ١,٤٪. وان وجود بخار الماء ضروري لتكون الظواهر الجوية المائية كالضباب والصقيع والندى والامطار والثلوج والبرد. بالاضافة الى مقدرته على امتصاص جزء من الاشعة الحرارية طويلة الامواج وبذلك يسهم في تسخين الهواء.

وتعد الغازات المتغيرة والتي يتزايد تركيزها في الهواء من الملوثات الجوية بسبب اثارها السلبية على البيئة وحياة الانسان. ومن تلك الغازات المتزايدة ثاني اكسيد الكربون والاوزون واكسيد النيتروز والميثان وغيرها. وتعد تلك الغازات من غازات البيت الزجاجي. وظاهرة البيت الزجاجي Green house من خصائص الغلاف الجوي الطبيعية التي تسهم بالمحافظه على عدم تطرف درجات الحرارة على سطح الارض. وتسمح هذه الغازات بمرور الاشعة الشمسية قصيرة الامواج، ولكنها تمتص الاشعة الأرضية طويلة الامواج التي يمكن ان تهرب الى الفضاء. وبازدياد تركيز غازات البيت الزجاجي عن طريق التلوث تزداد الطاقة المحبوسة في الغلاف الجوي السفلي مما يزيد من تسخين الهواء ورفع معدل درجة حرارة الارض، ويسبب ذلك تغير المناخ مما يؤثر على البيئة وحياة الانسان.

وتعاني المناطق الصناعية وما يجاورها من مشكلة الامطار الحمضية Acid Rain التي تتكون من تفاعل بخار الماء مع غاز ثاني اكسيد الكربون او ثاني اكسيد الكبريت مشكلة احماض كحامض الكربونيك المخفف. وتعاني كثير من الدول من الاثار السلبية للامطار الحمضية كتلوث الغابات وهلاك اشجارها وزيادة حموضة مياه البحيرات العذبة المخصصة لتربية الاسماك. بالاضافة الى دور المياه الحمضية في تنشيط التجوية الكيماوية وتآكل المنشآت الحجرية.

ولمشكلة تآكل غاز الاوزون في طبقة الستراتوسفير صدى عالمي، حيث تعقد المؤتمرات الدولية من اجل تخفيف او وقف اسباب تناقص الاوزون وخاصة

بعد ان ثبت دور النشاط البشري في خلق هذه المشكلة. فاستعمال مركب الكلوروفلوروكربون (CFCs) وغيره من الغازات التي تتفاعل مع الاوزون وتحتاج لذرة اوكسجين واحدة مثل البروم، هو السبب الرئيسي في تآكل الاوزون. CFCs مركب خامل وغير ضار ويستعمل في الثلاجات والمكيفات والتغليف ومواد الرش المستعملة في المنازل كالمبيدات الحشرية والمنظمات الكيماوية وغيرها. وهو لا يتحطم في الغلاف الجوي السفلي، ولكن عندما يصعد الى طبقات الجو العليا يتفكك حيث يتفاعل الكلور مع الاوزون ويحطمه. وبتناقص الاوزون تزداد كمية الاشعة فوق البنفسجية الضارة الواصلة الى سطح الارض مسببة زيادة انتشار بعض الامراض الجلدية كالسرطان وامراض العيون وغيرها. ووجد العلماء ان اكبر تناقص حدث فوق القارة القطبية الجنوبية وهو ما يسمى بثقب الاوزون، وكذلك فانه لوحظ تنافض الاوزون في كل المناطق ولكن بنسب متفاوتة.

بالاضافة الى الغازات يحتوي الغلاف الجوي على كميات كبيرة من الشوائب، وهي جزيئات صغيرة من الدخان والغبار والرماد والاتربة العالقة في الهواء. وتعتبر هذه المواد عاملاً هاماً في تنشيط عملية تكاثف بخار الماء وتشكيل الظواهر الجوية المائية. وان ازدياد الشوائب والملوثات الجوية يزيد من كمية الاشعة الشمسية المنتشرة والمحجوبة مما يقلل من الاشعة التي تصل الى سطح الارض ومن ثم تخفيض درجة الحرارة. وكذلك يؤثر ازدياد تركيزها على الحالة الصحية للكائنات الحية فتضعفها وتقلل من قدرتها على مقاومة الامراض، كامراض الجهاز التنفسي.

وتتميز الغازات الجوية بأنها قابلة للانضغاط وتخضع للقوانين الفيزيائية للغاز المثالي والتي تربط بين الحجم والضغط والكثافة ودرجة الحرارة (الضغط x الحجم = درجة الحراره x رقم ثابت). والعلاقات هي:

١- القانون الاول لبويل: مع ثبات درجة الحرارة يتناسب الضغط عكسياً مع حجم الهواء.

٢- قانون شارلز: مع ثبات الحجم يتناسب الضغط طردياً مع درجة حرارة الهواء.

٣- قانون لوساك وشارلز: مع ثبات الضغط يتناسب الحجم طردياً مع درجة حرارة الهواء.

٤- قانون بويل الثاني: يتناسب الضغط طردياً مع كثافة الهواء بافتراض ثبات العناصر الاخرى.

اقسام الغلاف الجوي:

يمتد الغلاف الجوي من سطح الارض الى مئات الكيلومترات في الفضاء، وعلى اساس تغير درجة الحرارة بالارتفاع عن مستوى البحر يقسم الغلاف الجوي الى الطبقات التالية (شكل ٩):

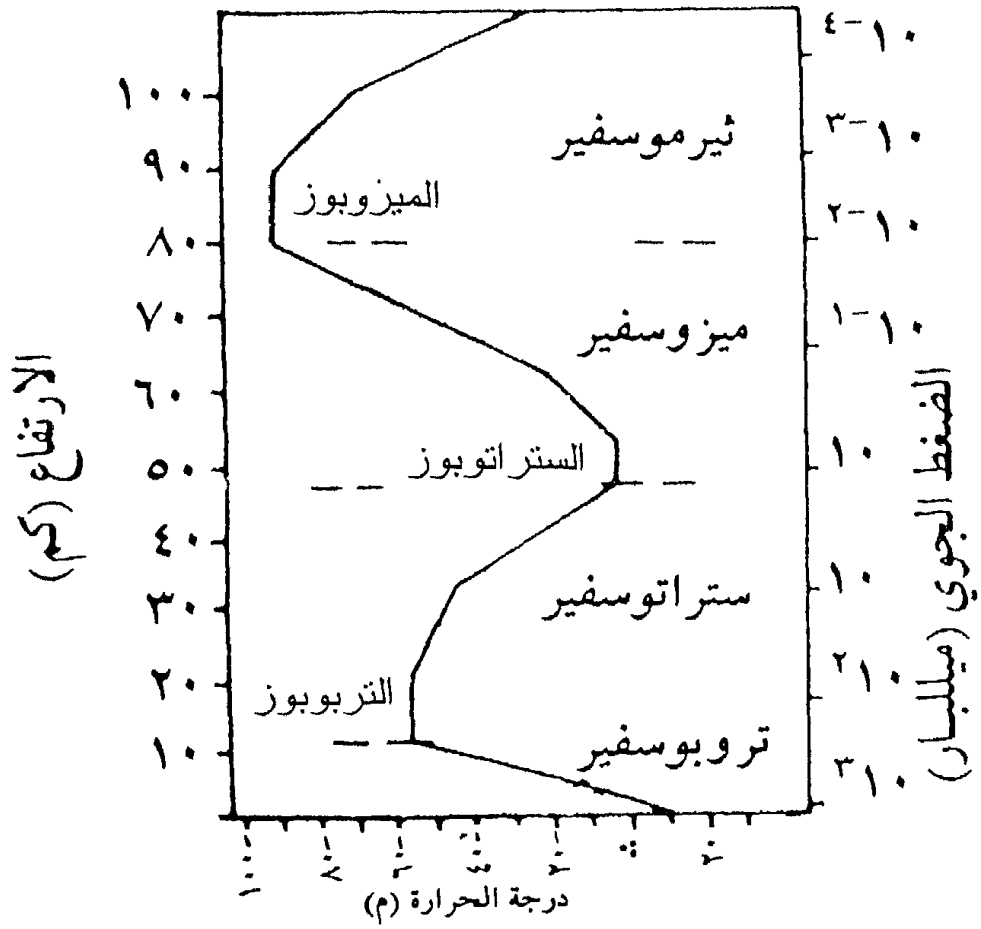
أ- التروبوسفير: وهي الطبقة الاكثر اهمية للانسان وجميع الكائنات الحية. وتتصف بما يلي:

١- تمتد من سطح الارض حتى طبقة التروبوبوز الانتقالية التي يختلف ارتفاعها من مكان لاخر، ويتراوح من ١٨ كم فوق المنطقة الاستوائية الى ٨ - ٩ كم فوق المناطق القطبية. ويتميز التربوبوز بثبات درجات الحرارة بالارتفاع.

٢- تتناقص درجات الحرارة بالارتفاع عن مستوى البحر بمعدل ٦,٥ م°/كم. وتنخفض درجة الحرارة الى اقل من -٥٥°م في اعلى التروبوسفير.

٣- تحتوي على غالبية (٩٩٪) بخار الماء الذي يختلط بسهولة مع الغازات الاخرى، لذلك تحدث جميع الظواهر الجوية المائية في التروبوسفير.

٤- تحتوي على حوالي ٧٥ - ٨٠٪ من غازات الغلاف الجوي، ويـزداد تركـيز وكثافة الغازات بالاقتراب من سطح الارض بسبب الجاذبية الارضية.



شكل ٩: اقسام الغلاف الجو ي (عن Hobbs, 1980)

ب-الستراتوسفير: تمتد من التروبوبوز حتـى السـتراتوبوز علـى ارتفـاع حوالـي ٥٠ كم، وتتميز بتزايد درجة الحرارة بالارتفاع حتـى تصـل الـى حوالـي الصفـر المئوي في أعلاهـا. وتحتـوي طبقـة الستراتوسـفير علـى حوالـي ٩٠٪ مـن غـاز الاوزون الذي يمتـص غالبيـة الاشـعة فـوق البنفسـجية الضـارة بالكائنـات الحيـة. ويتعرض الاوزون للنقصان بسبب ازديـاد التلـوث النـاتج عـن النشـاط البشـري،

وهي مشكلة عالمية يحتاج حلها لتعاون كل الدول وخاصة الدول الصناعية الكبرى.

جـ- الميزوسفير: تمتد من الستراتوبوز حتى الميزوبوز على ارتفاع حوالي ٨٠ كم. وتتميز بتناقص درجات الحرارة بالارتفاع بحوالي ٣,٥ م°/كم لتصل الى حوالي -٨٠°م عند بداية الميزوبوز. وتحتوي هذه الطبقة على نسبة قليلة من الهواء المكون من الغازات الخفيفة والتي يقل ضغطها عن واحد ميليبار.

د- طبقة الثيرموسفير: تمتد من الميزوبوز حتى الفضاء الخارجي. وتتزايد فيها درجة الحرارة بالارتفاع في الفضاء لتصل الى اكثر من ٢٠٠٠°م. وتحتوي هذه الطبقة على نسبة ضئيلة جداً من الهواء الخفيف والمتأين الذي له خاصية عكس الامواج اللاسلكية كامواج الراديو.

الطاقة Energy:

ان جميع العمليات الجوية التي تحدث في الغلاف الجوي للارض تستمد طاقتها من الطاقة الشمسية الهائلة والناتجة عن تحول الهيدروجين الى هيليوم. اما مصادر الطاقة الاخرى فلا تشكل الا جزء ضئيل جداً (٠,٠١٪) كطاقة الارض والنجوم والمد والمصانع والسيارات والتدفئة وغيرها. وتختلف كمية الطاقة من مكان لاخر، ويحدث فائض من الطاقة في الاماكن والمواد التي تزيد فيها الطاقة المكتسبة عن الطاقة المفقودة، وبالعكس يحدث عجز في الطاقة في الاماكن والمواد التي تزيد فيها الطاقة المفقودة عن الطاقة المكتسبة. وبسبب هذه الاختلافات تنتقل الطاقة في الأشياء والعالم بين مناطق الفائض والعجز بالطرق الاساسية التالية:

١-**التوصيل الحراري Conduction** هو انتقال الطاقة اوالحرارة الحسية عبر جزيئات المواد الصلبة والمواد المتلامسة. وبها تنتقل الطاقة في التربة وإلى طبقة الهواء الرقيقة الملامسة لسطح الارض.

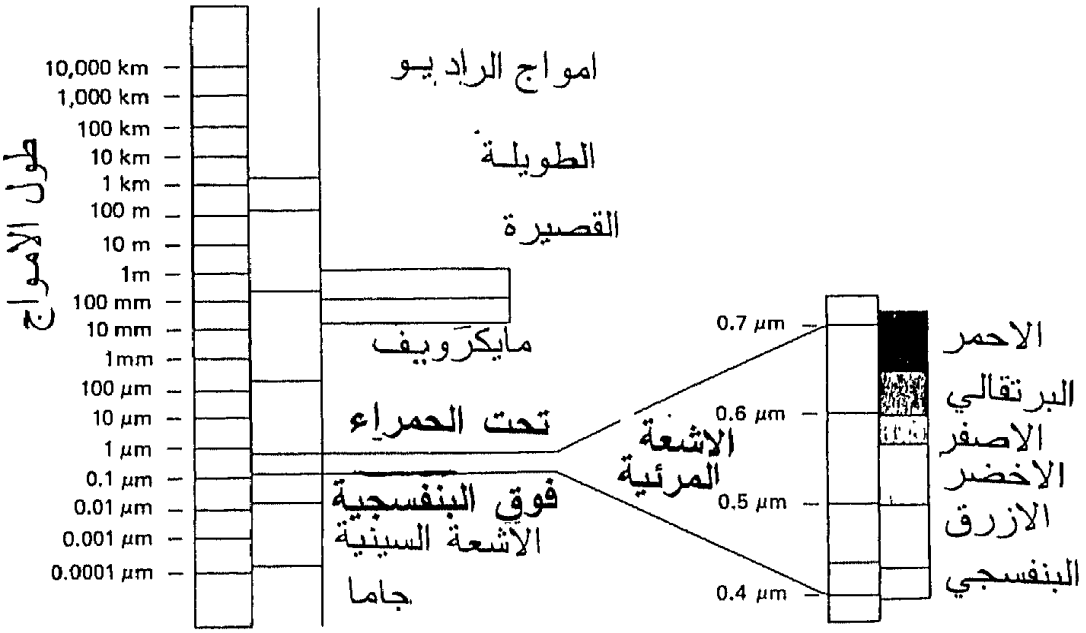
٢- **الحمل Convection** ويمثل انتقال الطاقة في السوائل والهواء بالمزج نتيجة لحركتها، حيث يسخن الهواء الملامس لسطح الارض فيرتفع الى الاعلى ليحل مكانه هواء ابرد، وبذلك يختلط الهواء البارد بالدافئ.

٣-**الاشعاع Radiation** وتنتقل الطاقة بالاشعاع من جميع الاجسام التي تزيد حرارتها عن الصفر المطلق (-٢٧٣°م). وكذلك تكسب الاجسام طاقة عند امتصاصها الاشعة، والجسم الذي تتشابه حرارته مع البيئة المحيطة يكسب ويفقد طاقة بنفس المعدل، بينما الجسم الذي تكون حرارته اكثر من المحيط فانه يفقد طاقة اكثر مما يكسب والعكس صحيح. وان كمية وشدة الاشعة الصادرة عن اي جسم تعتمد على درجة حرارته. وتصدر الاشعة على شكل امواج كهرومغناطيسية وباطوال تتناسب عكسياً مع درجة حرارة الجسم. وكلما زادت درجة حرارة الجسم تزداد شدة اشعاعيته وتقصر امواجها. وطول الموجة هو المسافة بين قمتين متتاليتين.

فالاشعه الشمسية شديدة الكثافة وذات امواج قصيرة بسبب ارتفاع درجة حرارتها، بينما الاشعة الارضية اقل شدة وذات امواج طويله لانخفاض درجة حرارتها بالمقارنه مع الشمس. وان حوالي ٩٩٪ من الاشعة الشمسية ذات امواج تتراوح بين ٠,١٧-٢,٥ مايكرومتر، و٩٥٪ من الاشعه الارضيه تتراوح بين ٢,٥-٢٥ مايكرومتر (المتر= مليون مايكرومتر).

الاشعة الشمسية Solar Radiation:

وهي المصدر الاساسي للطاقة المستخدمة على الارض. وتُصدر الشمس اشعة شديدة الكثافة وقصيرة الامواج بسبب ارتفاع درجة حرارتها، وتصل درجة حرارة سطح الشمس الخارجي الى حوالي ٦٠٠٠°م. وتنتشر الاشعة الشمسية في جميع الاتجاهات على شكل امواج كهرومغناطيسية وبسرعة الضوء (٣٠٠ الف كم/ث). ويصل الارض جزء بسيط من مجموع الاشعة الشمسية التي تستغرق حوالي ثمانية دقائق حتىتصل الى سطح الارض. وعلى اساس طول امواج الاشعة تقسم الاشعة الشمسية الى ثلاثة انواع (شكل ١٠):



شكل ١٠ : أنواع الأشعة حسب طول أمواجها (عن Eagleman, 1985)

١ – **الاشعة فوق البنفسجية Ultraviolet Radiation** وهي الاشعة التي يقل طول امواجها عن ٠,٤ مايكرومتر كالاشعة السينية واشعة جاما، وتشكل حوالي

٩٪ من مجموع الاشعة الكلية. يمتص غاز الاوزون الموجود في طبقة الستراتوسفير غالبية الاشعة فوق البنفسجية الضارة بالكائنات الحية، فلا يصل الى سطح الارض الا جزء ضئيل جداً منها. وهي مفيدة عندما يتعرض لها الجسم لمدة قصيرة.

٢- **الاشعة المرئية او الضوئية Visible Light** وهي الاشعة التي تقع امواجها بين ٠,٤ - ٠,٧ مايكرومتر، وتصل نسبتها الى حوالي ٤١٪ من الاشعة الشمسية. وهي الاشعة التي تعطي الالوان الرئيسة، وتختلف الالوان حسب طول الموجة (جدول ٥). والالوان مرتبة حسب طول الموجة ومن الاقصر الى الاطول هي: البنفسجي والازرق والاخضر والاصفر والبرتقالي والاحمر.وللاشعة الضوئية اهمية كبيرة للكائنات الحية حيوانية ونباتية.

جدول (٥) الاشعة المرئية حسب طول الامواج (مايكرومتر)

اللون	طول الموجة	اللون	طول الموجة
البنفسجي	٠,٤ - ٠,٤٣	الاصفر	٠,٥٧ - ٠,٥٩
الازرق	٠,٤٤ - ٠,٤٩	البرتقالي	٠,٦٠ - ٠,٦٤
الاخضر	٠,٥٠ - ٠,٥٦	الاحمر	٠,٦٥ - ٠,٧٠

٣- **الاشعة تحت الحمراء Infrared Radiation** وتشكل حوالي نصف كمية الاشعة الشمسية والتي تقع امواجها بين ٠,٧ - ٤ مايكرومتر. وهي اشعة حرارية ترفع درجة حرارة الجسم عند امتصاصها.

ويبين شكل ١٠ انواع اخرى من الاشعة بامواج طويلة ولكنها غير مهمة بالنسبة للاشعة الشمسية القصيرة الامواج.

الاشعة الشمسية والغلاف الجوي:

ثابت الاشعة الشمسية Solar Constant هو كمية الاشعة الشمسية الساقطة عمودياً على وحدة مساحة (سم٢) من سطح الغلاف الجوي، وتقدر بحوالي ٢ سعر/سم٢/دقيقة (١٣٨٠ واط / م٢ او ٢ كيلو لانلي / دقيقة). وتبقى الاشعة الشمسية محتفظة بكامل طاقتها الاصلية حتى ارتفاع ١٥٠ كم عن سطح الارض. وبالاقتراب من سطح الارض تتعرض الاشعة للتغير والضياع اثناء عبورها في الغلاف الجوي بالعمليات التالية:

١- **الامتصاص absorption** وهو انتقال الطاقة من الاشعة الكهرومغناطيسية الى طاقة حرارية في الغاز اوالسائل التي تمر خلاله.وتقوم الغازات والشوائب والغيوم بامتصاص جزء من الاشعة الشمسية يقدر بحوالي ١٢٪ وذلك حسب صفاء الجو. ويمتص غاز الاوزون غالبية الاشعة فوق البنفسجية، ويمتص ثاني اكسيد الكربون وبخار الماء جزء من الاشعة تحت الحمراء قبل ان تصل الى سطح الارض. وتختلف كمية الاشعة الممتصة حسب كمية الغيوم التي تؤثر كثيراً على مقدار ما يصل الى سطح الارض من الاشعة الشمسية. والاشعة الممتصة تسهم في تسخين الغلاف الجوي ورفع درجة حرارة الهواء.

٢- **الانتشار Scattering** وهو تشتيت الاشعة الشمسية بواسطة الغازات والشوائب الجوية. وتقدر نسبة الاشعة المنتشرة بمختلف الاتجاهات بحوالي ١٢٪، نصفها يصل الى سطح الارض والنصف الاخر يعود الى الفضاء الخارجي. وان انتشار وانكسار الاشعة الشمسية بواسطة الغازات وقطرات الماء والشوائب هو المسؤول عن تكون الظواهر الجوية الضوئية كالشفق والغسق وزرقة السماء وقوس قزح وغيرها.

٣- **الانعكاس Albedo** وهو نسبة الاشعة الشمسية المرتدة عن المواد حيث تقوم الشوائب والغيوم بعكس جزء من الاشعة الشمسية. ويختلف معامل

الانعكاس للغيوم حسب ارتفاعها وسمكها، ومتوسط معامل الانعكاس للغيوم حوالي ٥٠٪. وبالمحصلة ان حوالي ٢٠٪ من الاشعة الشمسية تنعكس الى الفضاء الخارجي فلا يستفاد منها في تسخين الارض اوالهواء.

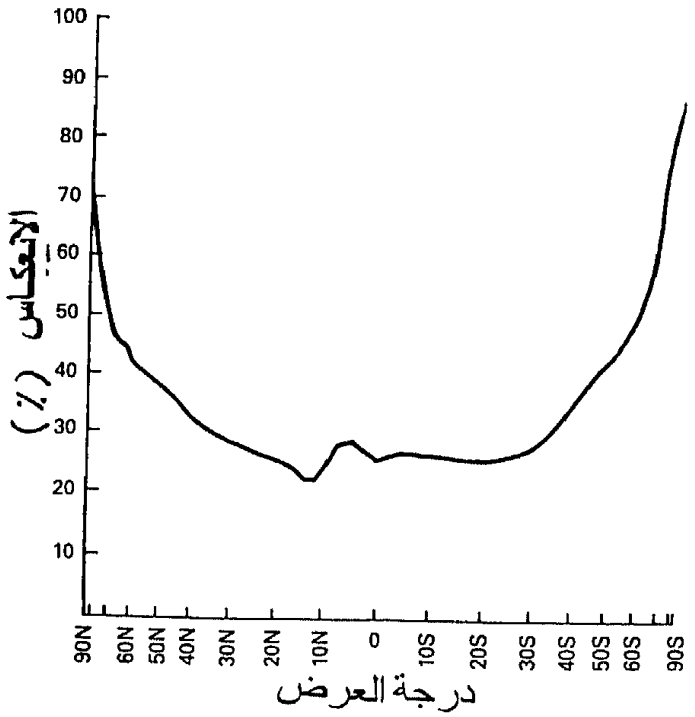
الاشعة الشمسية وسطح الارض:

يصل الى سطح الارض ما تبقى من الاشعة الشمسية (حوالي ٥٠٪) بعد مرورها في الغلاف الجوي والذي تتراوح نسبته من صفر عندما تكون السماء ملبدة بالغيوم الى ٨٠٪ عندما يكون الجو صافياً. وتختلف كمية الاشعة التي تصل الى اي مكان حسب درجة العرض والفصول، متأثرة بزاوية ارتفاع الشمس وطول النهار. لذلك نجد ان المناطق الاستوائية والمدارية يصلها اشعة اكثر من المناطق القطبية بسبب الاختلاف في ميلان الاشعة الشمسية وطول النهار. وتتعرض الاشعة الشمسية عند اصطدامها بسطح الارض للانعكاس او الامتصاص، وان كمية الاشعة الممتصة والتي تتحول الى حرارة تعتمد بالاساس على نسبة الاشعة المنعكسة. ويعد معامل انعكاس الاشعة من العوامل الهامة التي تسبب الاختلافات المكانية في توزيع الطاقة. ويختلف معامل الانعكاس عن سطح الارض تبعاً للعوامل التالية:

١- **زاوية ارتفاع الشمس** Altitude Angel وهي الزاوية المحصورة بين الشعاع الشمسي وسطح الارض. وكلما قلت زاوية ارتفاع الشمس زاد معامل الانعكاس. ففي الصباح عندما تشرق الشمس يكون معامل الانعكاس كبيراً لانخفاض زاوية ارتفاع الشمس، ويقل تدريجياً ليصل الى ادنى قيمة عندما تصل الشمس الى ذروة ارتفاعها عند منتصف النهار، ثم يتناقص الانعكاس تدريجياً حتى وقت الغروب. وعلى سبيل المثال يصل معامل الانعكاس عن سطح مائي

مستوى الى حوالي ٤٠٪ عندما تكون زاويـة ارتفـاع الشمس حوالـي ٥ درجـات ويقل الى ٤٪ عندما تزيد عن ٧٥ درجة.

٢ – درجة العرض: يقل معامل الانعكاس في المنـاطق الاسـتوائية والمداريـة لان الشمس تكون عمودية او قريبة من العموديـة معظـم ايـام السـنة. ويـزداد ميـلان الاشعة الشمسية بالاتجاه نحو الاقطاب مسـبباً زيـادة الانعكـاس. ويبيـن شـكل ١١ تزايد معامل الانعكاس بتزايد درجة عرض المكان.



شكل ١١ : تغير معامل الانعكاس حسب درجة العرض (عن Eagleman, 1985)

٣- **طبيعة سطح الارض:** يبين جدول ٦ معامل الانعكاس لاسطح مختلفة. ويتأثر معامل الانعكاس بلون السطح وخشونته ورطوبته. ويزداد معامل الانعكاس عن الاسطح الفاتحة اللون والملساء، فيصل الى ١٠٠٪ عن المرايا والى ٩٠٪ عن الثلج الحديث و يقل إلى ٥٠٪ عن الثلج القديم لازدياد نسبة الماء والشوائب فيه. وبالمقابل يقل الانعكاس عن الاسطح القاتمة اللون والخشنة، فالانعكاس معدوم عن الاسطح السوداء و٨٪ عن الاسمنت. ولرطوبة التربة اهمية في تقليل الانعكاس فهو حوالي ١٥٪ للتربة الجافة و١٠٪ للتربة الرطبة، علماً بأن معامل الانعكاس للماء هو ٨٪.

٤-**النبات:** يبين جدول ٦ انخفاض معامل الانعكاس عن الغطاء النباتي بالمقارنة بالاراضي الجرداء. ويختلف معامل الانعكاس عن النبات وذلك حسب نوع الاشجار والمحاصيل الحقلية، وحسب مرحلة نموه الفصلية.

جدول (٦) معامل الانعكاس

السطح	الانعكاس	السطح	الانعكاس
الثلج الحديث	٩٠٪	اعشاب	١٥٪
الثلج القديم	٥٠٪	محاصيل حقلية	٢٠٪
الغيوم (متوسط)	٥٠٪	غابات خضراء	١٥٪
رمل فاتح	٤٠٪	اسمنت	٢٥٪
تربة فاتحة	٢٥٪	اسفلت	٨٪
تربة جافة	١٥٪	ماء	٨٪
تربة رطبة	١٠٪	الصحراء	٣٠٪

توزيع الأشعة الشمسية:

يختلف توزيع الأشعة الشمسية المتحولة الى طاقة من مكان لاخر على سطح الكرة الارضية للاسباب التالية:

١- **معامل الانعكاس:** ان جميع العوامل التي تؤثر على معامل الانعكاس (سبق شرحها) تؤثر على توزيع الاشعة الشمسية. فطبيعة سطح الارض من حيث لونه وخشونته ورطوبته تؤثر على توزيع الاشعة. وتقل الاشعة بازدياد معامل الانعكاس الذي يتأثر أيضاً بدرجة العرض وميلان الاشعة الشمسية. وان تناقص كمية الاشعة الشمسية بالاتجاه نحو الاقطاب يعود لانخفاض زاوية ارتفاع الشمس بالاضافه الى انتشار الجليد فوق العروض العليا. ويبين جدول ٧ معدل الطاقة الشمسية في يوم صاف حسب درجات العرض، فيصل الى اعلى كمية ٥١٠سعر/سم^{٢}/د في المناطق الاستوائية ويقل الى ٢٢٠سعر/سم^{٢}/د في الدائرة القطبية.

جدول (٧) معدل الطاقة الشمسية حسب درجة العرض

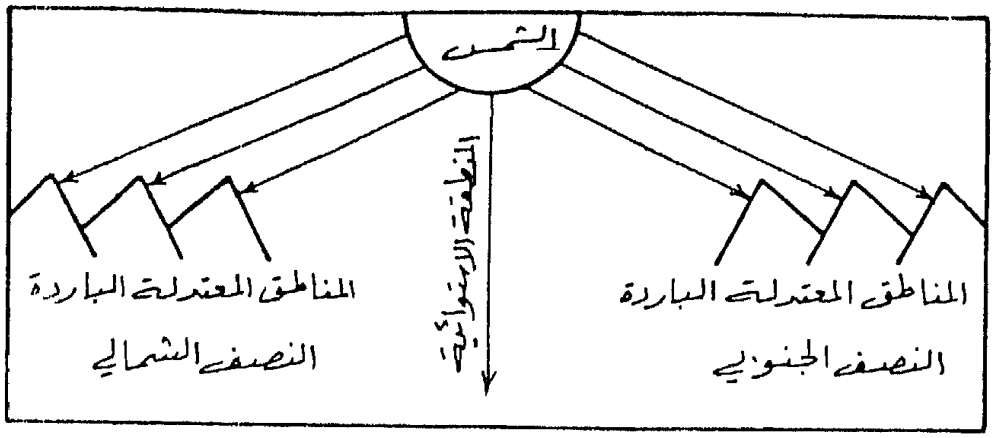
درجة العرض	٠	١٥	٣٠	٤٥	٦٠	٧٥
الطاقة سعر/سم^{٢}/د	٥١٠	٥١٠	٤٧٠	٣٨٠	٣٠٠	٢٢٠

٢- **طول النهار:** يختلف طول النهار من فصل الى اخر وتختلف معه كمية الاشعة الشمسية الواصلة الى سطح الارض. ويحدث اكبر مدى في طول النهار بين فصلي الصيف والشتاء. ففي الصيف يكون النهار اطول ما يمكن وبذلك تزداد كمية الاشعة الشمسية، ويحدث العكس في الشتاء عندما يكون النهار قصيراً. ويكون طول النهار في الاقطاب كبيراً في فصل الصيف الا ان معظم الاشعة الشمسية تفقد بالانعكاس بسبب شدة ميلانها.

٣- **صفاء الجو:** ان كمية الملوثات والشوائب والغيوم تؤثر على مدة سطوع الشمس ومن ثم كمية الاشعة الشمسية الواصلة الى سطح الارض. ويصل المناطق الاستوائية التي تكثر فيها الغيوم كمية اشعة اقل من المناطق الصحراوية التي تقل فيها الغيوم. وكذلك ان كمية الاشعة التي تصل المناطق اوالمدن الصناعية التي تكثر فيها الملوثات والشوائب هي اقل من المناطق المجاورة الاقل تلوثاً. فالغيوم والملوثات تعيق الاشعة الشمسية وتحجبها جزئياً او كلياً عن الارض.

٤- **التضاريس:** تتناقص الاشعة الشمسية بالارتفاع عن مستوى البحر وذلك لازدياد نسبة التغيم على المرتفعات العالية والتي تحجب جزء من الاشعة الشمسية. وان اتجاه السفوح الجبلية له علاقة بمدة سطوع الشمس، ويظهر لاختلاف في كمية الاشعة الشمسية جلياً في المناطق الجبلية شديدة التضرس والواقعة في العروض الوسطى والعليا. فالسفوح الجبلية الجنوبية في نصف الكرة الشمالي تستقبل اكبر قدر من الاشعة لمواجهتها للشمس طول النهار، بينما تكون السفوح الشمالية في الظل (شكل ١٢) وتسطع الشمس على السفوح الشرقية من شروق الشمس حتى منتصف النهار وعلى السفوح الغربية من منتصف النهار حتى الغروب.

ولدرجة انحدار السفوح الجبلية تأثير على زاوية سقوط الاشعة وخاصة على مرتفعات العروض الوسطى والعليا كجبال الالب والهيمالايا. وذلك عندما يكون الانحدار بدرجة مناسبة بحيث يزيد من زاوية سقوط الاشعة على السفوح الجبلية. ويؤدي ذلك الى زيادة الاشعة بسبب انخفاض انعكاس الاشعة وتركزها على مساحة اقل. لذلك تتفاوت درجات الحرارة على المنحدرات الجبلية اتجاه السفوح الجبلية وحسب زاوية سقوط الاشعة عليها.



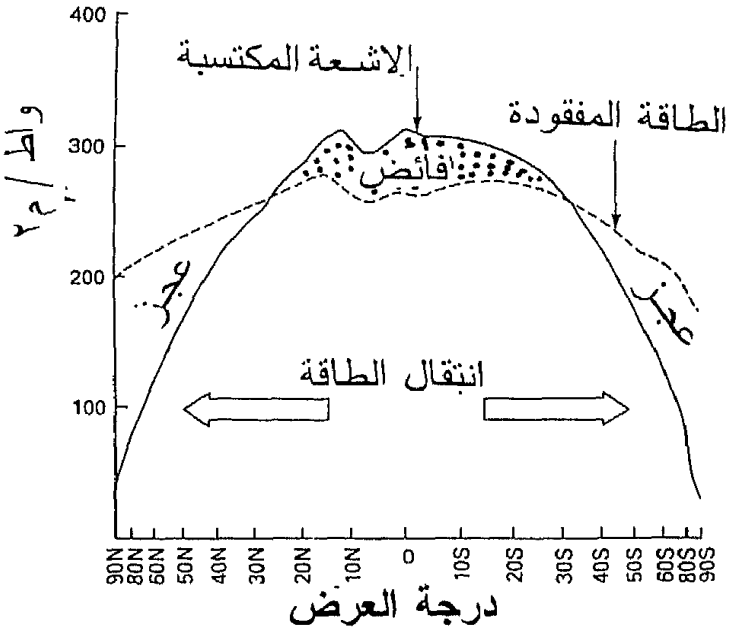
شكل ١٢ : اثر اتجاه السفوح الجبلية على توزيع الأشعة الشمسية

الاشعة الارضية والجوية:

تسخن الارض والهواء عند امتصاصها للاشعة التي تتحول الى طاقة حرارية محسوسة، ويبلغ متوسط درجة حرارة الارض حوالي ١٥ °م. ويصدر عن الارض والهواء اشعة طويلة الامواج يكون مركزها حول ١٠ مايكرومتر. وتشع الارض ليلاً ونهاراً حسب درجة حرارتها. وفي النهار تكسب الارض طاقة من الاشعة الشمسية اكثر مما تفقد مما يسبب ارتفاع درجة حرارة السطح والهواء. وفي الليل تفقد الارض طاقة كبيرة بالاشعاع فتنخفض درجة حرارتها. وكذلك فإن الهواء يشع لانه يكسب طاقة من امتصاصه لجزء من الاشعة الشمسية وغالبية الاشعة الارضية، ويصدر اشعة طويلة الامواج إما باتجاه الارض اوالفضاء الخارجي.

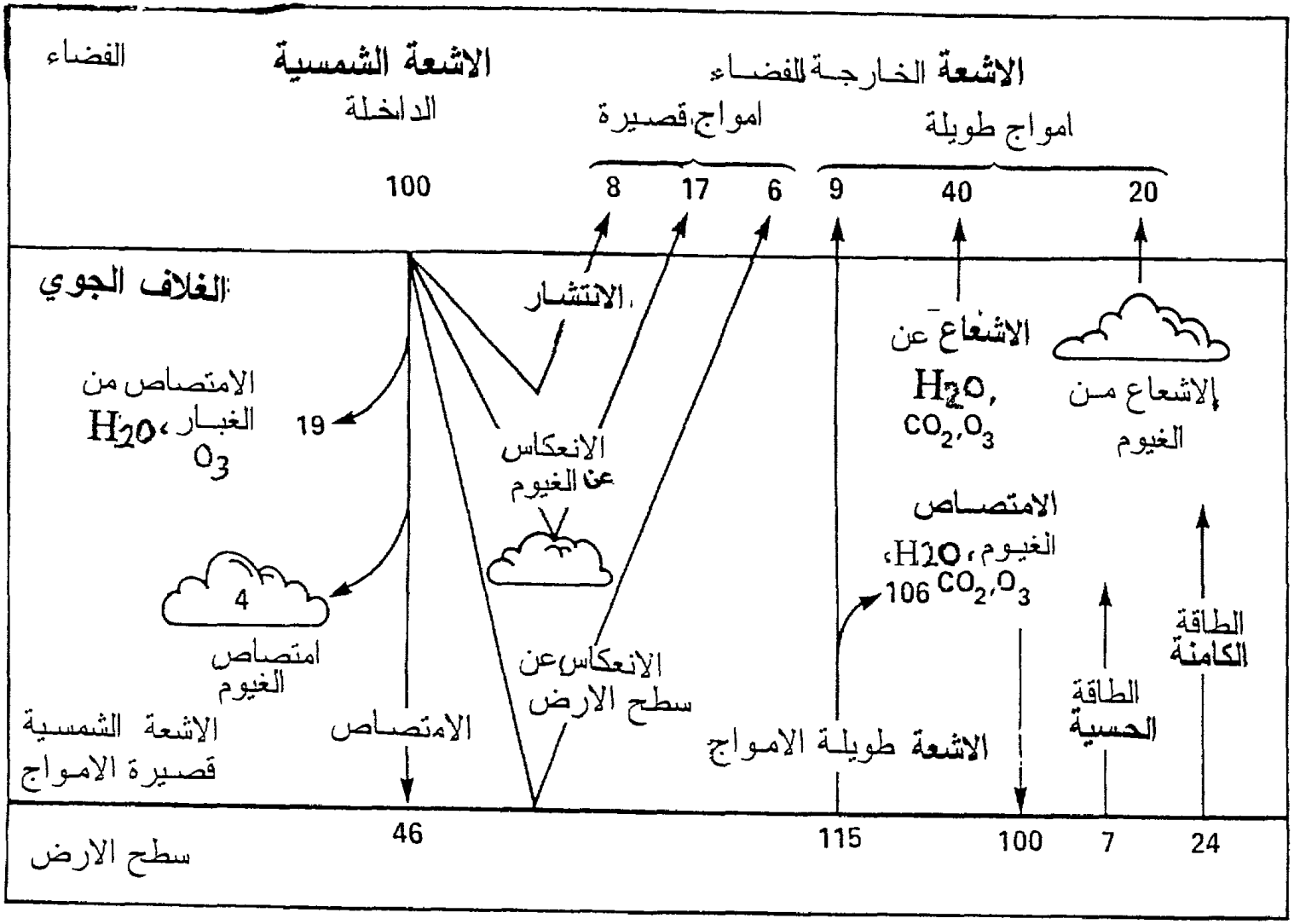
التوازن الاشعاعي: تتلقى الارض الاشعة الشمسية قصيرة الامواج وبنفس الوقت تفقد طاقة بالاشعة طويلة الامواج، والفرق بين ما تكسبه وتفقده يسمى بالتوازن الاشعاعي. ويختلف التوازن الاشعاعي خلال اليوم، فيكون ايجابي في النهار وسلبي في الليل. وكذلك يختلف من فصل لاخر ومن مكان لاخر على سطح

الارض. ويكون التوازن ايجابي في المناطق المدارية التي تكسب اكثر مما تفقد من الطاقة، بينما يكون التوازن سلبي في العروض الوسطى والعليا لانها تفقد اكثر مما تكسب من الطاقة. ويبين شكل ١٣ مقارنة بين كمية الاشعة المكتسبة والمفقودة حسب درجات العرض، ويلاحظ وجود منطقة فائض بين المدارين ومنطقة عجز في العروض الوسطى والعليا. ولكي يحافظ على توازن الطاقة في العالم تنتقل الطاقة بين مناطق الفائض والعجز.



شكل ١٣ : كمية الأشعة المكتسبة والمفقودة حسب درجة العرض

ويبين شكل ١٤ توازن الطاقة في العالم الذي يتأثر بعوامل الامتصاص والانتشار والانعكاس.



شكل ١٤ : توازن الطاقة

لنفرض ان ١٠٠ وحدة من الاشعاع الشمسي تسقط على سطح الغلاف الجوي، وتتوزع بالشكل التالي:

* ٢٥ وحدة تعود الى الفضاء عن طريق الانعكاس (١٧وحدة) والانتشار (٨وحدات) بفعل الغيوم والشوائب والغازات الجوية.

* ٢٣ وحدة يمتصها الغلاف الجوي، ١٩ وحدة منها تمتص بفعل الغبار والأوزون وبخار الماء و٤ وحدات بفعل الغيوم.

* ٥٢ وحدة تصل الى سطح الارض فينعكس منها ٦ وحدات وتمتص الأرض ٤٦ وحدة.

الغلاف الجوي وسطح الأرض كلاهما يسخنان ويشع كل منهما باتجاه الآخر طاقه بالاشعة تحت الحمراء طويلة الامواج.

* تشع الارض ١١٥ وحدة نحو الغلاف الجوي يذهب منها ٩ وحدات الى الفضاء ويمتص الهواء ١٠٦ وحدات.

* تفقد الارض ٢٤ وحدة بفعل الحرارة الكامنة و٧ وحدات بفعل الحرارة الحسية التي تسهم في تسخين الغلاف الجوي.

وبذلك تكون الارض قد فقدت ١٤٦ وحدة، وهي مكونه من ٤٦ وحدة التي اكتسبتها من الاشعة الشمسية مضافاً اليها ١٠٠ وحدة من الاشعاع الجوي. وكذلك فإن الغلاف الجوي يكون قد اكتسب ١٦٠ وحدة (٢٣ وحدة من الاشعاع الشمسي و ١٣٧ وحدة من الاشعاع الارضي)، وفقدت منها ١٠٠ وحدة باتجاه الارض و٦٠ وحدة باتجاه الفضاء. فيكون مجموع ما خرج الى الفضاء من الاشعه الشمسية والارضية والجوية ١٠٠ وحدة وهي مساوية للكمية التي دخلت الغلاف الجوي.

الحرارة Temperature:

تعتمد حرارة الجسم على كمية الاشعة الممتصة. وهي مقياس للطاقة الموجودة في المواد وتمثل احساس الجسم بالبرودة والسخونة. والحرارة متغيرة باستمرار وتقاس بجهاز الثيرموميتر Thermometer، ويعبر عنها بوحدات مختلفة اهمها الدرجات المئوية (م) والفهرنهايتية (ف) والمطلقة (ك). والدرجات المئوية هي الوحدة المتفق على استخدامها عالمياً، ويمكن التحويل من الدرجات المئوية الى الفهرنهايتية بالمعادلات البسيطة التالية:

ف = ٩/٥× م + ٣٢

م = ٥/٩ (ف – ٣٢)

وتحول الدرجات المئوية الى المطلقة بسهولة اذا علمنا ان الصفر المئوي (درجة تجمد الماء) يعادل ٢٧٣ك، وان كل درجة مئوية تعادل درجة مطلقة. وعلى سبيل المثال: ١٥°م تعادل ٢٧٣+١٥=٢٨٨°ك.

وتقاس درجات الحرارة في محطات كثيرة موزعة في جميع انحاء العالم، وكذلك تقاس درجات الحرارة العظمى والصغرى التي تستخدم في حساب:

المتوسط اليومي لدرجة الحرارة = مجموع درجتي الحرارة العظمى والصغرى المسجلة خلال يوم تقسيم ٢.

المدى اليومي لدرجة الحرارة = الفرق بين درجتي الحرارة العظمى والصغرى المسجلة في اليوم.

المتوسط الشهري لدرجة الحرارة = مجموع المتوسطات اليومية تقسيم عدد ايام الشهر.

المدى الفصلي لدرجة الحرارة = الفرق بين اعلى واقل متوسط شهري لدرجة الحرارة.

ولتسهيل عملية تحليل درجات الحرارة وتوزيعها ترسم خطوط الحرارة المتساوية والتي تصل بين المحطات المتساوية في درجات الحرارة. ويبين شكل ١٥ و١٦ توزيع الحرارة في العالم في شهري شباط وتموز حيث يلاحظ ما يلي:

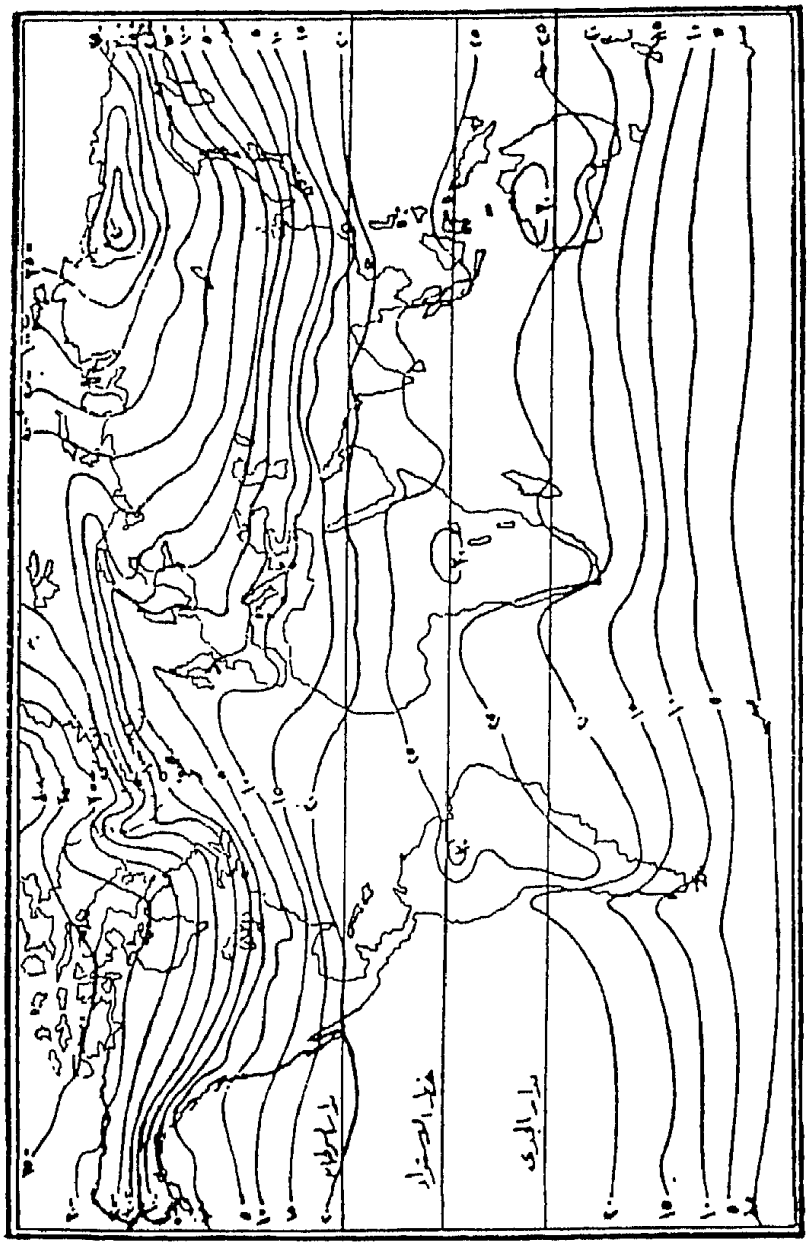
١- اتجاه خطوط الحرارة المتساوية من الشرق الى الغرب مع تناقص قيمتها بالاتجاه نحو الاقطاب.

٢- وجود خطوط باتجاه شمال - جنوب في فصل الشتاء فوق اليابس وفي العروض الوسطى والعليا كما هو في امريكا الشمالية.

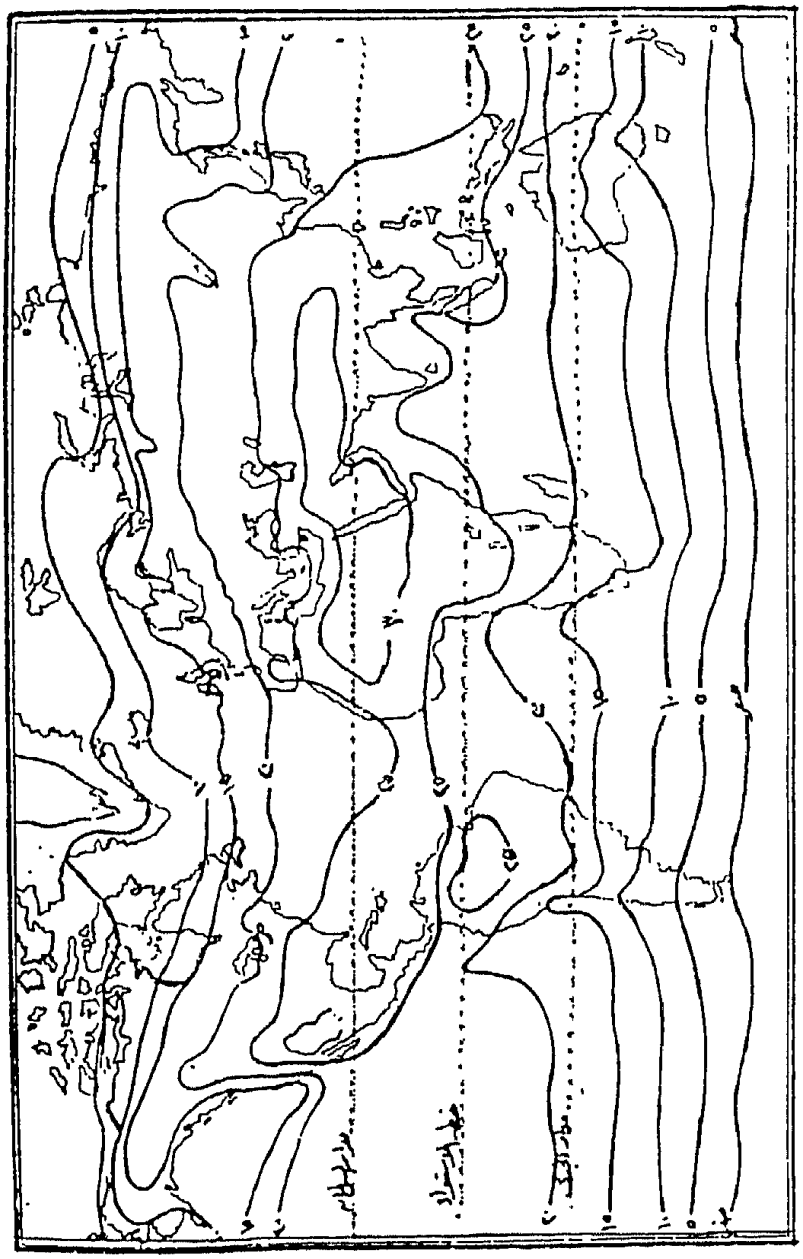
٣- وجود مراكز للحرارة المنخفضة في المناطق الواقعة بالقرب من الاقطاب وخاصة في فصل الشتاء كما هو في امريكا الشمالية واسيا وغرينلند والقارة القطبية الجنوبية.

٤- تغير بسيط في مواقع خطوط الحرارة بين فصلي الشتاء والصيف فوق المناطق الاستوائية والمحيطات، مما يعكس التشابه الفصلي في الاشعة الشمسية.

٥- تظهر المناطق الجبلية دائماً ابرد من المناطق المحيطة بها كما في امريكا الجنوبية.



شكل ١٥ : توزيع الحرارة في العالم خلال كانون الثاني (عبد العزيز شرف، ١٩٩٥)



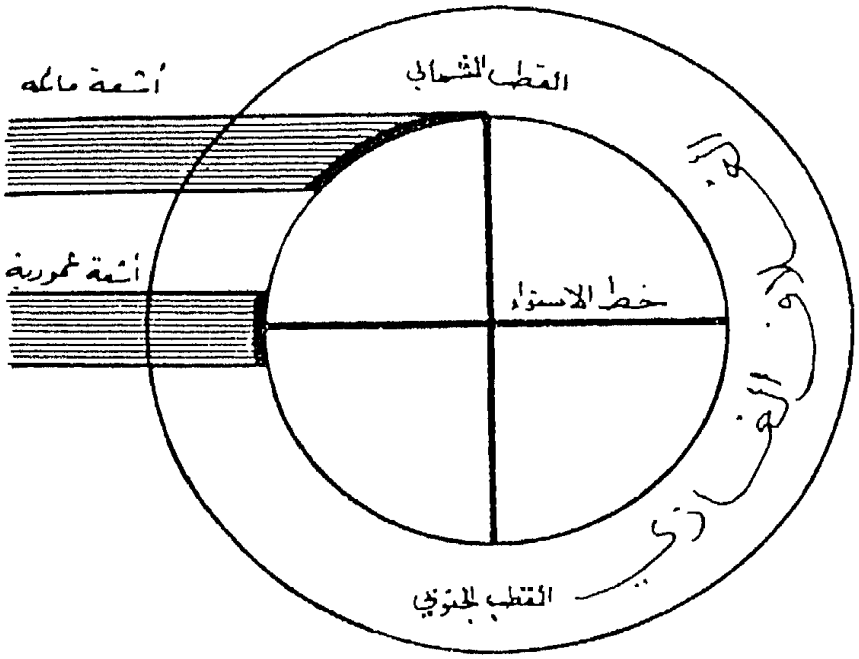
شكل ١٦ : توزيع الحرارة في العالم في تموز (عبد العزيز شرف، ١٩٩٥)

التوزيع الجغرافي للحرارة:

تختلف درجة الحرارة من مكان لاخر على سطح الارض لاختلاف كمية الاشعة الممتصة، وذلك بسبب العوامل التالية:

١ – **معامل الانعكاس** الذي يؤثر على الاشعة الممتصة ومن ثم درجة حرارة الجسم. ان بطء ذوبان الثلوج مثلاً يعود الى ارتفاع معامل عكسها للاشعة، بينما المواد السوداء تسخن بسرعة لانها تمتص كامل الاشعة الساقطة عليها.

٢ – **زاوية ارتفاع الاشعة الشمسية** الذي يؤثر على معامل انعكاس وتركيز الاشعة. فالجسم الذي يتعرض للاشعه العمودية يسخن اكثر من الجسم الذي يتعرض للاشعه المائلة وذلك لانخفاض نسبة انعكاس الاشعه العمودية وزيادة تركيزها. فتركيز الاشعة العمودية اكبر من الاشعة المائلة لانها تتوزع على مساحة اقل (شكل ١٧). وكذلك فان الاشعة المائلة تقطع مسافة اطول من الاشعة العمودية ومن ثم يكون تعرضها للضياع اكثر.



شكل ١٧ : تأثير زاوية ارتفاع الشمس في تسخين سطح الأرض

٣- **درجة عرض المكان:** يزداد ميلان الاشعة الشمسية ومعامل الانعكاس بازدياد درجة العرض. لذلك تقل درجة الحرارة بالاتجاه نحو الاقطاب.

٤- **مدة سطوع الشمس:** تتأثر بطول النهار وصفاء الجو. ان ازدياد طول النهار في الصيف يزيد من كمية الاشعة الشمسية ومن ثم يرفع درجة الحرارة اكثر من الشتاء البارد الذي يقصر فيه النهار. ولصفاء الجو اهمية كبيرة على مدة سطوع الشمس ودرجة الحرارة، فالمناطق الصحراوية اكثر حرارة من المناطق الاستوائية لان سماءها تبقى صافية وخالية من الغيوم معظم ايام السنة، بينما تتكرر الغيوم يومياً في المناطق الاستوائية. لذلك فإن درجة حرارة اي سطح تعتمد على مدة تعرضه للاشعه الشمسية.

٥- **التضاريس:** تؤثر التضاريس على درجة الحرارة ما يلي:

أ- تتناقص درجة الحرارة بالارتفاع عن مستوى البحر، فقمم الجبال اقل حرارة من المناطق السهلية والمنخفضة.

ب- تؤثر درجة انحدار السفوح الجبلية على زاوية ارتفاع الاشعة الشمسية ومن ثم على درجة حرارتها.

جـ- اتجاه السفوح الجبلية حيث تزداد الحرارة على السفوح الجبلية المواجهة للشمس لمدة اطول. فالسفوح الجنوبية في نصف الكرة الشمالية اكثر حرارة من السفوح الشمالية.

د- تقف السلاسل الجبلية عائق امام انتقال الطاقة وتعمل على حماية بعض المناطق من الرياح الباردة.

٦- **توزيع اليابس والماء** يؤثر على الحرارة لان الماء يسخن ويبرد ببطء بينما اليابس تسخن وتبرد بسرعة، وذلك للاسباب التالية:

أ- معظم الطاقة تستغل في تسخين الطبقة السطحية الرقيقة من اليابس، والقليل من الطاقة ينتقل بالتوصيل الى الاسفل. بينما تنفذ الاشعة في الماء وتتوزع على

طبقة سمكية منه، كما وان معظم الطاقة تستغل في التبخر الذي يقلل من حرارة المياه السطحية.

ب- الحركة الرأسية للماء تحمل الطاقة الى الاعماق، حيث يسخن الماء بالحمل، بينما تسخن التربة بالتوصيل. بالاضافة الى ان الهواء الموجود في مسامات التربه يعيق انتقال الطاقه لان الهواء ردئ التوصيل للحراره.

جـ- الحرارة النوعية للماء اكبر من اليابس، لذلك فإن تسخين غرام واحد من الماء يحتاج الى طاقة اكبر من اليابس. الحرارة النوعية هي الطاقة اللازمة لرفع حرارة غرام من المادة درجة مئوية واحدة. وتحتوي مياه البحار والمحيطات على كميات هائلة من الطاقة، فالسعة الحرارية (كمية الطاقه اللازمه لرفع درجة حرارة الجسم كله درجة مئوية واحدة) للماء كبيرة اذا ما قورنت باليابس.

٧- **النبات** يعمل على تلطيف درجة الحرارة، فدرجة الحرارة في المناطق المغطاة بالنبات اقل مما هي في المناطق الجرداء.

٨- **الرياح:** وهي من وسائل نقل الطاقة الهامة. فالرياح الشمالية الباردة كرياح المسترال والبورا تقلل من درجات الحرارة في الاماكن التي تهب عليها، بينما الرياح الحارة كالخماسين تزيد من درجة الحرارة.

٩- **التيارات البحرية:** وهي من وسائل نقل الطاقة حيث تؤثر على درجة الحرارة في المناطق الساحلية. وترتفع درجة الحرارة على السواحل التي تتعرض للتيارات البحرية الدافئة كسواحل اوروبا الشمالية الغربية لتعرضها لتيار الخليج الدافئ، وتنخفض درجة الحرارة على السواحل التي تتعرض للتيارات البحرية الباردة كسواحل كندا الشمالية الشرقية لتعرضها لتيار لبرادور البارد.

١٠- **الحرارة الكامنة Latent Heat:** وهي وسيلة لنقل الطاقة عن طريق تغير حالة الماء بين البخار والماء والجليد. ويبين جدول ٨ كمية الحرارة المكتسبة والمفقودة عند تغير حالة الماء. ويلاحظ ان اكبر كمية من الطاقة تنطلق في الجو عند حدوث التسامي المعكوس وهو تحول بخار الماء الى جليد بدون

المرور بحالة السيولة (-٦٨٠ سعر/غرام)، ونفس الكمية تخزن على شكل حرارة كامنة عندما يتحول الجليد الى بخار. فالتبخر من مياه البحر يحمل طاقة من المياه السطحية، وينتقل بخار الماء بفعل الرياح من مكان لآخر في الغلاف الجوي حتى يحدث التكاثف وتنطلق تلك الطاقة لتسخن الهواء.

جدول ٨: الحرارة الكامنة المكتسبة (+) والمفقودة (-) عند تحول الماء الى حالاته الثلاث: بخار وماء وجليد

الحالة	التحول	الطاقة المتبادلة
التبخر	سائل - بخار	+ ٦٠٠ سعر / غرام
التكاثف	بخار - سائل	- ٦٠٠ سعر / غرام
التجمد	سائل - جليد	- ٨٠ سعر / غرام
الانصهار	جليد - سائل	+ ٨٠ سعر / غرام
تسامي	جليد - بخار	+ ٦٨٠ سعر / غرام
تسامي (معكوس)	بخار - جليد	- ٦٨٠ سعر / غرام

المصدر: Albert Miller, 1971

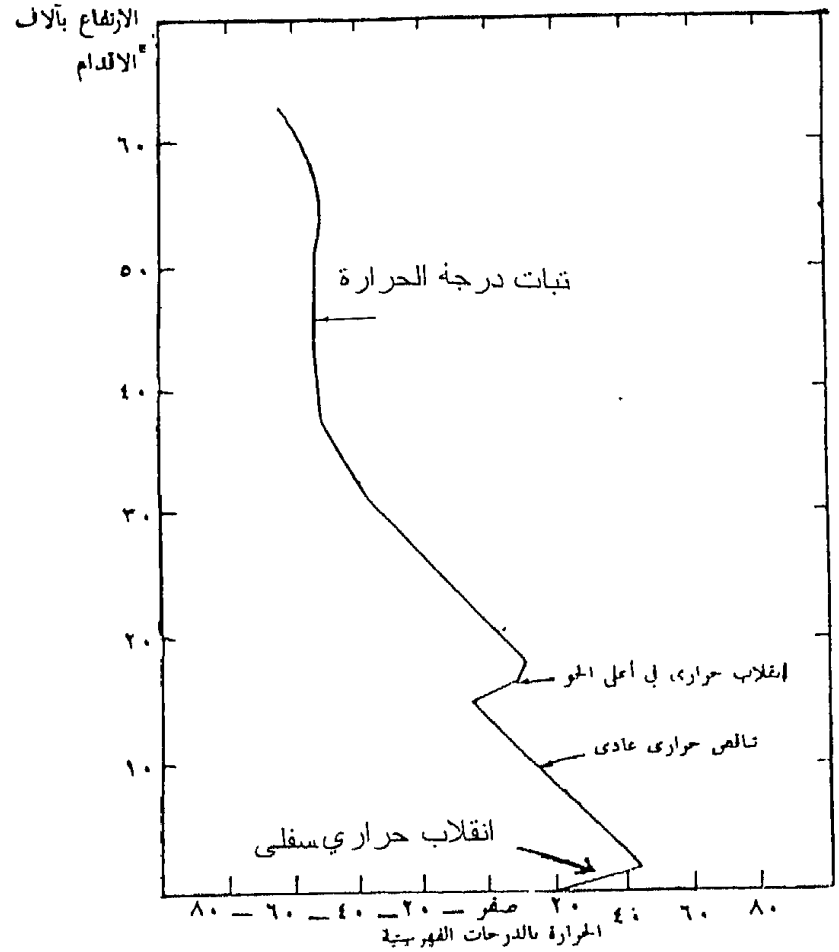
الاختلاف الرأسي للحرارة:

تتناقص درجة الحرارة بالاتفاع عن مستوى البحر في طبقة التروبوسفير بمعدل ٦,٥°م/كم ويسمى بمعدل تناقص الحرارة البيئي Environmental Lapse Rate. اما معدل تناقص درجة الحراة الذاتي (الكظمي) Adiabatic Lapse Rate فهو ١٠°م/كم في الهواء الجاف وحوالي ٣,٥°م/كم في الهواء المشبع بالرطوبه. وتتناقص درجة الحرارة بالارتفاع لان سطح الارض هو مصدر تسخين الهواء، وكلما ابتعد الهواء عن سطح الارض قلت درجة حرارته. والتناقص الكظمي لدرجة حرارة الهواء هو تغير درجة حرارة الهواء الذاتية

دون التأثر بحرارة الهواء المحيط به. فعندما يرتفع جزيء الهواء الى الاعلى يزداد حجمه لتناقص الضغط ومن ثم تقل درجة حرارته، والعكس صحيح عندما يهبط الهواء.

الانقلاب الحراري Temperature Inversion:

وهو تزايد درجات الحرارة بالارتفاع عن مستوى البحر. ويحدث في مستويات من الغلاف الجوي عند توفر الظروف الملائمة بحيث تكون طبقة من الهواء الدافيء فوق طبقة من الهواء الابرد نسبياً (شكل ١٨).



شكل ١٨ : تغير درجة الحرارة بالارتفاع في الجو

والانقلابات الحرارية انواع هي:

أ- الانقلابات الحرارية السطحية حيث يبدأ تزايد الحرارة من سطح الارض ويمكن تصنيفها الى ثلاثة انواع:

١-**الانقلاب الشعاعي** وهو اكثر الانواع شيوعاً ويحدث في الليل عندما يبرد سطح الارض بسبب فقدانه للطاقة بالاشعاع، فيصبح سطح الارض مصدر لتبريد الهواء السفلي ويتكون الانقلاب الحراري، وقد يرافقه تكون الندى والصقيع. ويزول بعد شروق الشمس التي تبدأ بتسخين الارض. ويختلف سمك طبقة الانقلاب الشعاعي حسب الحالة الجوية، فيزداد سمكاً في الليالي الطويلة والصافية والهادئة التي تزيد من انخفاض درجة حرارة سطح الارض لانها تسمح بهروب كمية اكبر من الطاقة الارضية للفضاء.

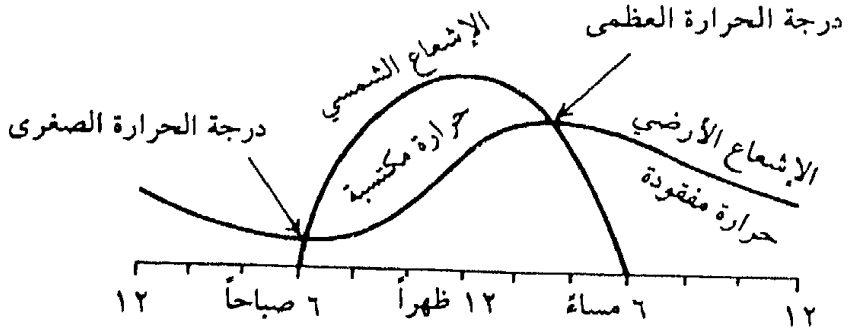
٢- **انقلاب الاودية** وهو لتأثير التضاريس على الانقلاب الشعاعي. ويحدث في الليل عند هبوط الهواء البارد من فوق المناطق الجبلية المرتفعة نحو الاودية ليحل محل الهواء الأدفئ الذي ارتفع الى الاعلى.

٣- **الانقلاب المنقول:** يحدث بسبب هبوب رياح دافئة فوق سطح بارد، فيبرد الهواء السفلي اكثر من الهواء الذي يعلوه مسببا تكون الانقلاب الحراري. ويحدث ذلك عندما يكون سطح الارض بارداً او مغطى بالثلوج.

ب) الانقلاب الحراري العلوي: يتكون على ارتفاعات مختلفة في الغلاف الجوي وفي الجزء الذي تتزايد فيه درجة الحرارة بالارتفاع. ويحدث الانقلاب العلوي بسبب التيارات الهابطة في المرتفعات الجوية حيث تؤدي الى تسخين الطبقة السفلى من الهواء الهابط اكثر من الطبقة التي تعلوها. ويتشكل ايضا في حالة وجود طبقة هواء ملوثة ترتفع درجة حرارتها اكثر من الهواء المحيط بها بسبب امتصاص الملوثات لنسبة اكبر من الاشعة. ومثال على ذلك وجود الاوزون في طبقة الستراتوسفير الذي يسبب تزايد الحرارة بالارتفاع، ويحدث مثل ذلك على مستويات مختلفة في طبقة التروبوسفير.

الدورة اليومية للحرارة:

تتغير كمية الاشعة الشمسية ودرجة الحرارة خلال اليوم بسبب دوران الارض حول محورها. ويبين شكل ١٩ العلاقة بين تغير الاشعة الشمسية ودرجة الحرارة في يومي الاعتدال عندما يتساوى طول الليل والنهار.وتشرق الشمس الساعة السادسة صباحاً وترتفع في السماء لتصل ذروتها في منتصف النهار (الساعة ١٢ ظهراً)، ثم يتناقص ارتفاعها حتى وقت الغروب الساعة السادسة مساءاً. ويتغير وقت شروق وغروب الشمس من يوم لاخر حسب الفصول. اما درجة الحرارة فتبدأ بالارتفاع بعد شروق الشمس وبعد ان يسخن سطح الارض الذي يسبب ارتفاع درجة حرارة الهواء. وتسجل اعلى درجة حرارة بعد منتصف النهار بساعة اوساعتين، ثم تتناقص درجة الحرارة تدريجياً حتى شروق الشمس في اليوم التالي. ويكون معدل تناقص الحرارة في الليل اكبر، وغالباً تسجل درجة الحرارة الصغرى قبيل شروق الشمس.



شكل ١٩ : الدورة اليومية للاشعة الشمسية الارضية

والفرق بين درجة الحرارة العظمى والصغرى يعرف بالمدى الحراري اليومي الذي يختلف من مكان لاخر حسب العوامل التالية:

١ – **التضاريس:** المدى الحراري اليومي في الجبال اقل مما هو في المناطق السهلية.

٢ – **البعد عن البحر:** يزداد المدى الحراري اليومي بالابتعاد عن تأثير البحار لأن الماء يسخن ببطء ويبرد ببطء بالمقارنه مع اليابس.

٣ – **درجة العرض:** يزداد المدى الحراري اليومي بالاتجاه نحو الاقطاب، فهو في المناطق المدارية اقل من العروض الوسطى والعليا.

٤ – **الحالة الجوية** تؤثر على المدى الحراري، فالغيوم والامطار والضباب والملوثات والرياح تقلل من المدى اليومي.

ويحسب المتوسط اليومي لدرجة الحرارة عادة من درجات الحرارة العظمى والصغرى. ويتناقص متوسط الحرارة بالاتجاه نحو الاقطاب والابتعاد عن البحر، والارتفاع عن مستوى البحر.

الدورة السنوية للحرارة: تختلف درجات الحرارة من فصل الى اخر تبعاً لتغير ميلان الاشعة الشمسية وطول النهار. وترتفع درجات الحرارة في فصل الصيف لازدياد طول النهار وزاوية ارتفاع الاشعة الشمسية التي تبلغ ذروتها في ٦/٢١ في نصف الكرة الشمالي عندما تكون الاشعة عمودية على مدار السرطان. وتسجل اعلى درجات الحرارة في المدة من وسط تموز حتى وسط آب. ويحدث العكس في فصل الشتاء حيث يزداد ميلان الاشعة ويقل طول النهار ليصل الى ادنى قيمة في ١٢/٢٢ في نصف الكرة الشمالي عندما تكون الشمس عمودية على مدار الجدي. وغالباً تسجل ادنى درجات الحرارة في كانون الثاني او شباط. اما فصلي الربيع والخريف فهما انتقاليان بين فصلي الصيف والشتاء ويتتميزان بالاعتدال في درجات الحرارة.

والمدى الحراري السنوي هو الفرق بين اعلى وادنى متوسط شهري لدرجات الحرارة. ويختلف من مكان لاخر حسب درجة العرض حيث يزداد

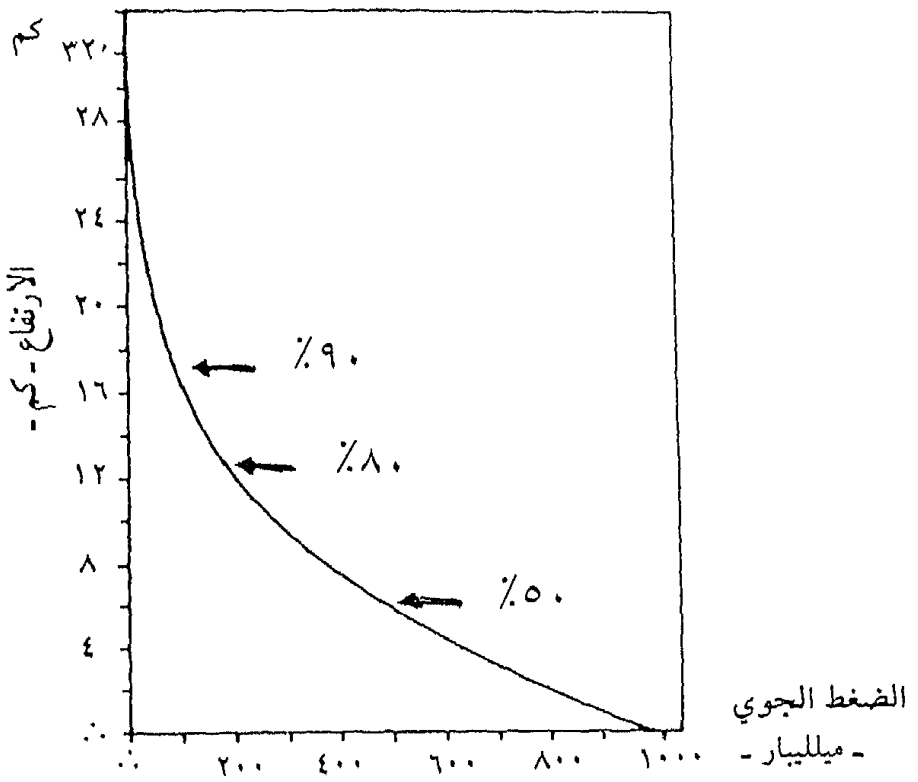
بالاتجاه نحو الاقطاب، وحسب البعد عن البحار حيث يصل اعلى قيمة في المناطق القارية كوسط اسيا وامريكا.

الضغط الجوي Atmospheric Pressure:

هو وزن عمود من الهواء الواقع على وحدة مساحة، وهو ناتج من ضغط الغازات المكونة للغلاف الجوي. ويقاس الضغط الجوي باجهزة البارومتر parometer المختلفة. فالضغط الجوي على مستوى البحر يساوي ٧٦سم زئبقي، ويعادل ١٠١٣,٢٥ ميليبار millibar وهي الوحدة المستخدمة عالمياً لقياس الضغط الجوي.

ويتناقص الضغط الجوي بالارتفاع عن مستوى البحر (شكل ٢٠) وذلك بسبب الجاذبية الارضية وقابلية الغازات للانضغاط مما يجعل كثافتها وتركيزها اكبر بالاقتراب من سطح الارض. ويختلف معدل تناقص الضغط الجوي حسب الارتفاع ويرودة الهوا، فيقل معدل تناقصه بالارتفاع عن مستوى البحر وكذلك يتناقص الضغط الجوي في الهواء البارد بمعدل اكبر مما في الهواء الدافئ. فهو واحد ميليبار لكل عشرة امتار في الطبقة السفلى (اول ٣كم) من التروبوسفير، او بمعدل ١٠/١ قيمته كل ١٦كم. فنصف الضغط الجوي يقع في اول ٦كم، و ٩٠٪ منه يقع في اول ١٦كم من الغلاف الجوي.

ويختلف توزيع الضغط الجوي من مكان لاخر على سطح الارض، ويؤثر هذا التغير المستمر على حركة الرياح والحالة الجوية اليومية. والعوامل التي تؤثر على توزيع الضغط الجوي هي:



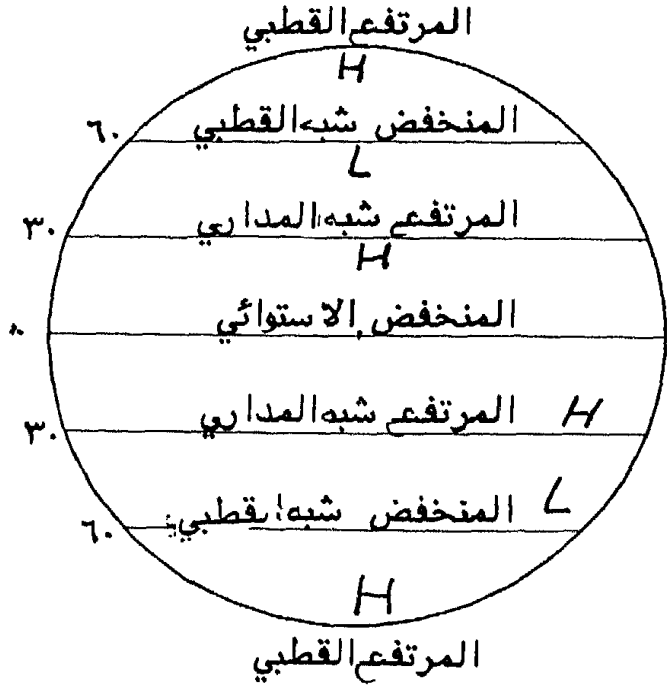
شكل ٢٠ : تناقص الضغط الجوي بالارتفاع (عن Eagleman, 1985)

١-الحرارة تؤثر على نشاط الغازات وكثافتها. وازدياد درجة حرارة الهواء تقلل من الضغط الجوي.

٢-الارتفاع عن مستوى البحر يصاحبه انخفاض الضغط الجوي بسبب تناقص كثافة وكتلة الغازات بالارتفاع.

٣- كتلة بخار الماء في الهواء، يقل الضغط بازدياد الرطوبة في الهواء لان كتلة بخار الماء اقل من كتلة الهواء الجاف.

٤- التقاء الكتل الهوائية المختلفة الخصائص وانخفاض الضغط الجوي بسبب صعود الهواء الاقل كثافة فوق الهواء الاكثر كثافة.



شكل ٢١ : توزيع الضغط الجوي

٥- الدورة العامة للغلاف الجوي تؤثر على توزيع الضغط الجوي. ويبين شكل ٢١ توزيع الضغط الجوي حسب درجات العرض وعلى النحو التالي:

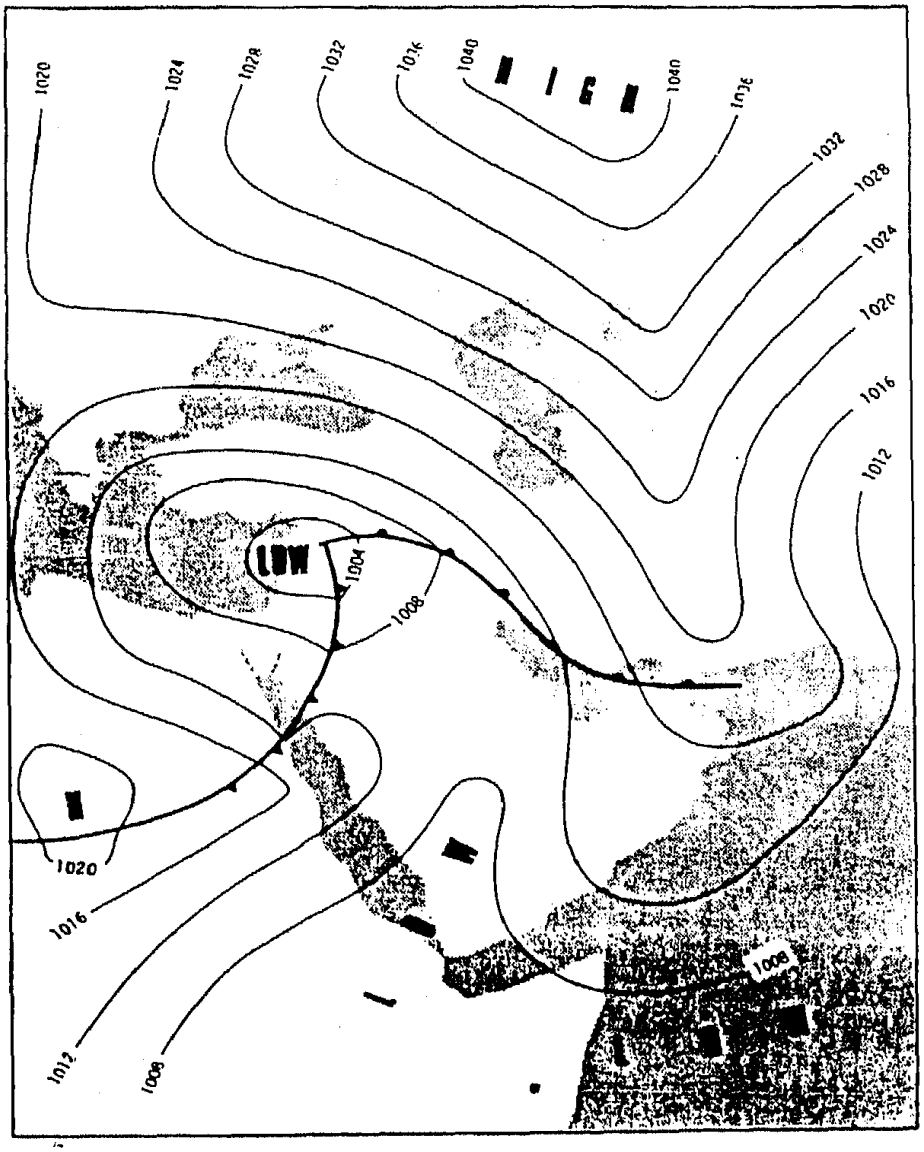
أ- المنخفض الاستوائي يسود فوق المناطق الاستوائية الدافئة والرطبة جدا.

ب- المرتفع شبه المداري فوق العروض المدارية (٢٠- ٣٠°).

جـ- المنخفض شبه القطبي في العروض المعتدلة بين ٣٠-٦٠°.

د- المرتفع القطبي في المناطق القطبية الباردة و الجافة جداً.

يقاس الضغط الجوي في محطات كثيرة موزعة في العالم. ولتسهيل تحليل بيانات الضغط الجوي تعدل الى مستوى البحر ثم ترسم خطوط الضغط المتساوي والتي تصل بين المحطات ذات الضغط المتساوي (شكل ٢٢). ومن تلك الخرائط يمكن تحديد ما يلي:



(٣) ١٠ مارس ١٩٧٠ ــ الوقت ٠٩٠٠ محلي .

شكل ٢٢ : خطوط الضغط المتساوية (عبد الملك الكليب، ١٩٨٥)

١- توزيع الضغط الجوي، ويوضع حرف (L) في مراكز الضغط المنخفض Low Pressure وحرف (H) في مراكز الضغط المرتفع High Pressure.

٢- معرفة اتجاه الرياح والتي تتحرك من مناطق الضغط المرتفع نحو الضغط المنخفض، ومعرفة خصائص الرياح من حيث البرودة والرطوبة حسب مصدرها.

٣- تحديد مصادر الكتل الهوائية ومواقع الجبهات الهوائية التي لها دور كبير في الحالة الجوية اليومية.

المنخفضات الجوية Cyclones: تتصف بما يلي:

١- تناقص قيم الضغط بالاتجاه نحو مركز المنخفض الجوي.

٢- منطقة تجميع للرياح حيث تتجه الرياح نحو مركز المنخفض من جميع الاتجاهات.

٣- وجود تيارات هوائية صاعدة.

٤- تشكل الظاهرات الجوية كالغيوم والامطار والثلوج.

٥- المنخفضات الجوية في العروض الوسطى تكون مصحوبة بالجبهات الهوائية،

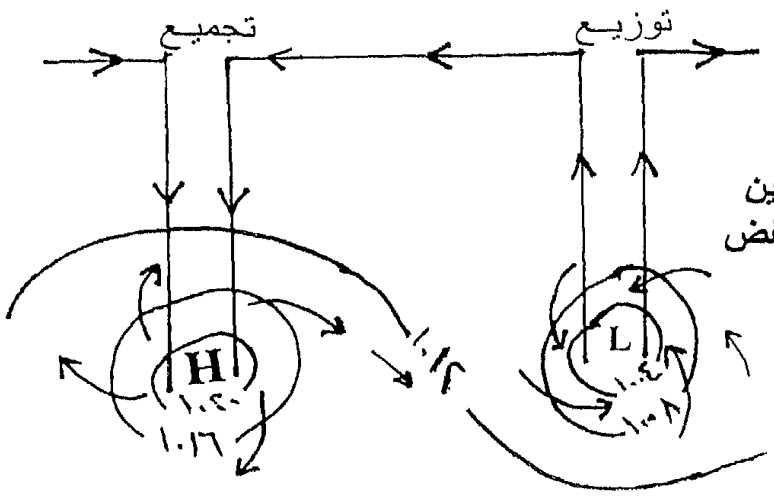
المرتفعات الجوية Anticyclones : وتتصف بما يلي:

١- تزايد قيم الضغط بالاتجاه نحو مركز المرتفع الجوي.

٢- يشكل مصدر للرياح فهو منطقة توزيع للرياح لجميع الاتجاهات.

٣- منطقة تيارات هوائية هابطة تسبب صفاء الجو.

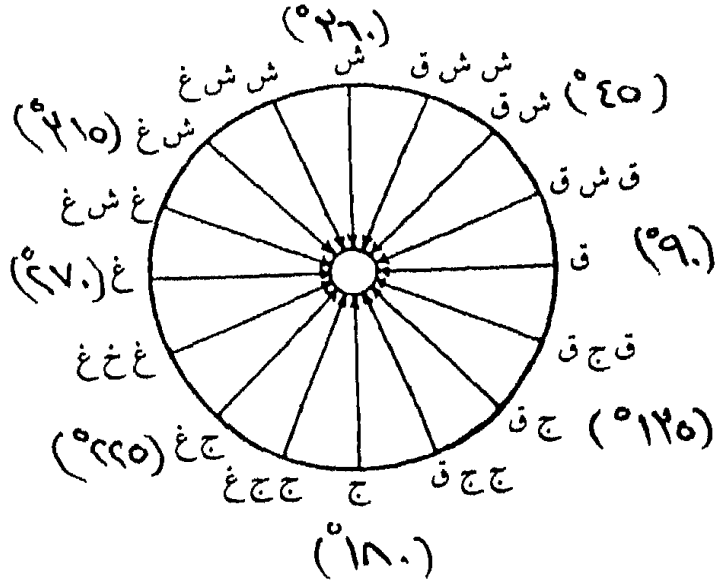
يبين شكل ٢٣ حركة الرياح السفلية والعلوية بين المنخفض والمرتفع الجوي. فالتيارات الصاعدة في المنخفض الجوي يقابلها تيارات هابطة في المرتفع الجوي، والرياح على سطح الارض معاكسة في الاتجاه للرياح في طبقات الجو العليا. فحركة الرياح تشكل دورة متكاملة بين المرتفع والمنخفض الجوي.



شكل ٢٣ :
دورة الرياح بين المرتفع والمنخفض

الرياح:

الرياح هواء متحرك افقياً ويقاس بالاتجاه والسرعة. وتوصف الرياح من الجهة التي تهب منها ويعبر عنها ايضاً بالدرجات (شكل ٢٤).



شكل ٢٤ : اتجاه الرياح

فالرياح الشرقية (٩٠°) تهب من الشرق الى الغرب والرياح الجنوبية (١٨٠°) تهب من الجنوب الى الشمال والرياح الغربية (٢٧٠°) تهب من الغرب الى الشرق والرياح الشمالية (٣٦٠°) تهب من الشمال الى الجنوب. وتوصف سرعة الرياح بالمسافة والزمن، مثل ٦٠كم/ساعة او ١٥م/ث او ٤٥ عقدة حيث ان العقدة تساوي ١,٨٥٣ كم / ساعة. وتقاس سرعة الرياح بجهاز الأنيمومتر ذو الفناجين الذي تدل سرعة دورانها على سرعة الرياح.

تهب الرياح من مناطق الضغط المرتفع نحو الضغط المنخفض، وعند تحركها تتعرض لتأثير العوامل التالية:

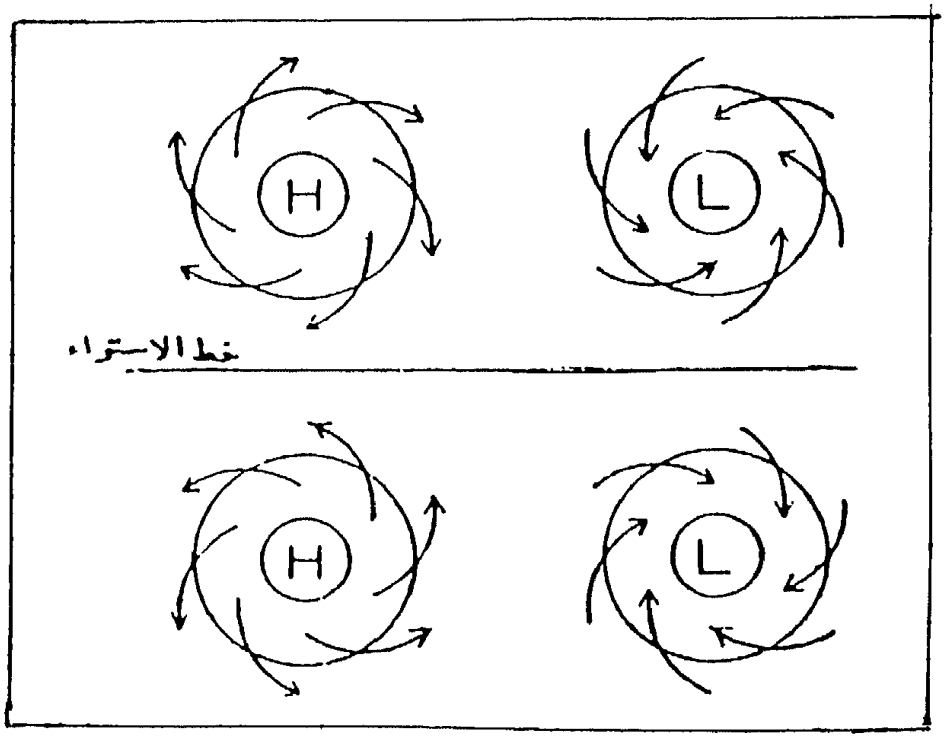
١- قوة انحدار الضغط الجوي Pressure Gradient وهي مقدار تغير الضغط بين المرتفع والمنخفض الجوي. ويختلف انحدار الضغط من وقت لاخر بسبب تغير الضغط المستمر. وتؤثر قوة انحدار الضغط على اتجاه الرياح بحيث تهب الرياح من مركز المرتفع الى مركز المنخفض الجوي قاطعة خطوط الضغط المتساوي بزاوية قائمة. وتزداد سرعة الرياح بازدياد انحدار الضغط. ويمكن التعرف على قوة انحدار الضغط من خلال مقارنة تباعد وتقارب خطوط الضغط المتساوية، فتزداد شدة الرياح كلما اقتربت الخطوط من بعضها البعض (شكل ٢٢).

ويصف قانون بالوت Ballot العلاقة بين الضغط والرياح بحيث اذا وقفت وظهرك لاتجاه الرياح في نصف الكرة الشمالي فان الضغط المنخفض يكون الى يسارك والضغط المرتفع الى يمينك.

٢- القوة الكوروليية نسبة للعالم كوريولس Coriolis والناتجة عن دوران الارض حول محورها. وتسبب انحراف الاجسام المتحركة عن اتجاهها نحو اليمين في نصف الكرة الشمالي ونحو اليسار في نصف الكرة الجنوبي. فتؤثر على اتجاه الرياح، وتجعلها تدور باتجاه عكس دوران عقرب الساعة حول المنخفض الجوي وباتجاه عقرب الساعة حول المرتفع الجوي في النصف

الشمالي للارض، وعكس ذلك في نصف الكرة الجنوبي (شكل ٢٥). وتأثير القوة الكورولية معدوم على الدائرة الاستوائية ويزداد بالاتجاه نحو الاقطاب، كما وان ازدياد سرعة الرياح تزيد من تأثير القوة الكورولية وانحراف الرياح عن اتجاهها.

٣- الاحتكاك يقلل من سرعة الرياح ويعتمد تأثيره على خشونة السطح، فالرياح فوق المسطحات المائية اسرع مما هي فوق اليابس. وتزداد سرعة الرياح بالارتفاع عن السطح بسبب تضاؤل الاحتكاك، وعادة يهمل الاحتكاك في طبقات الجو العليا لبعدها عن تأثير السطح.

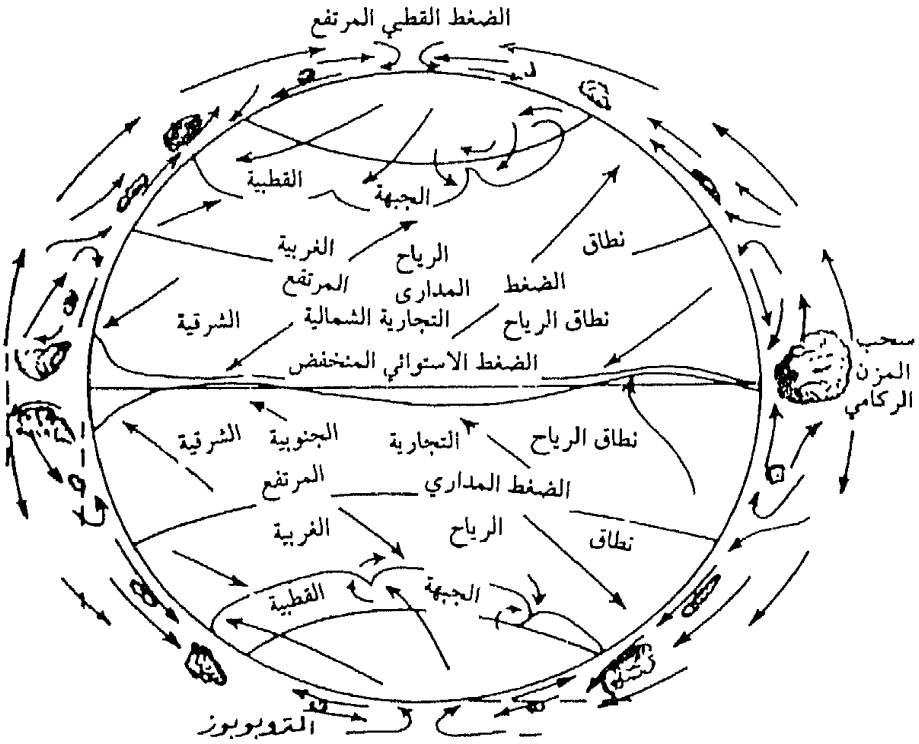


شكل ٢٥ : اتجاه الرياح حول مركز الضغط المرتفع والمنخفض في نصفي الكرة (شرف، ١٩٨٥)

٤- قوة الطرد عن المركز مساوية في القيمة ومعاكسة في الاتجاه لقوة الجذب نحو المركز. ويظهر تأثيرهما على الرياح الدائرية حول مركز الاعصار، ولا تؤثر على الرياح المستقيمة.

أنواع الرياح السطحية:

أ) الرياح الدائمة (السائدة) وهي ثلاثة انواع (شكل ٢٦):



شكل ٢٦ : الرياح الدائمة (Trewartha, 1968)

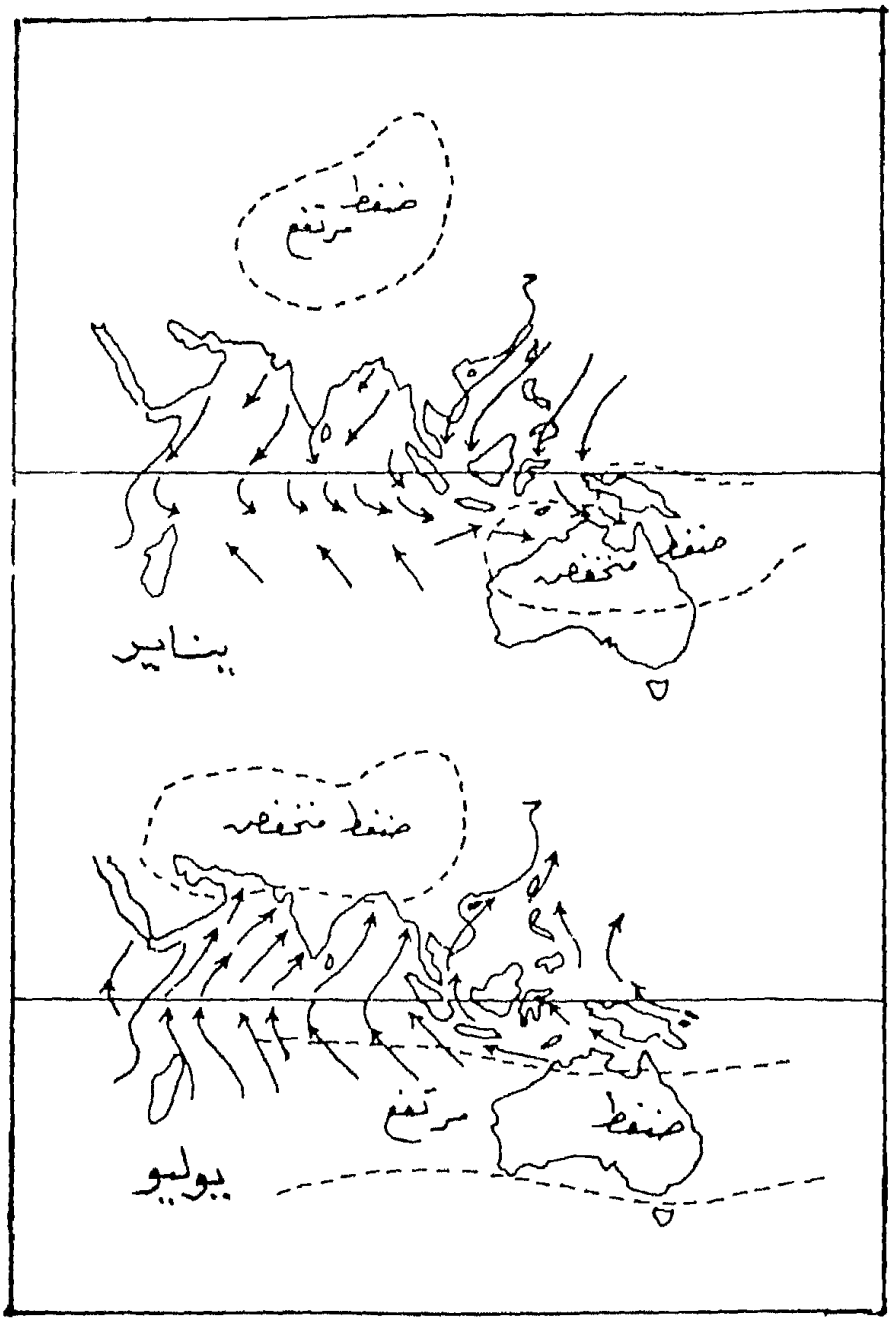
١- الرياح التجارية (الشرقية) تهب من مناطق المرتفع شبه المداري نحو المنخفض الاستوائي، فهي شمالية شرقية في نصف الكرة الشمالي وجنوبية شرقية في النصف الجنوبي، وتلتقي في منطقة الركود الاستوائية. وهي رياح جافة لانها قارية المصدر، وتصبح رطبة اذا مرت فوق المسطحات المائية لذلك تسبب سقوط الامطار على السواحل الشرقية للقارات. وهي رياح خفيفة ومنتظمة.

٢-الرياح العكسية (الغربية) تهب من مناطق المرتفع شبه المداري نحو المنخفض شبه القطبي، فهي جنوبية غربية في نصف الكرة الشمالي وشمالية غربية في النصف الجنوبي. وهي اكثر اضطراباً من الرياح التجارية وتكون مصحوبة بالمنخفضات الجوية.

٣- الرياح القطبية تهب من المرتفع القطبي نحو المنخفض شبه القطبي. وهي رياح باردة وجافة جداً.

ب) الرياح الموسمية منها الصيفية والشتوية (شكل ٢٧). وتنشط في جنوب وجنوب شرق اسيا حيث تلتقي المسطحات المائية الواسعة مع مساحة واسعة من اليابس. ففي الشتاء تهب الرياح الشمالية الباردة والجافة من المرتفع الاسيوي نحو المحيطات الاستوائية. اما في فصل الصيف تسخن اليابس ويتكون منخفض جوي (المنخفض الموسمي) فوق جنوب اسيا مسبباً حركة رياح جنوبية دافئة ورطبة من المحيط الهندي والهادي الى داخل قارة اسيا. وتسقط الامطار الموسمية الغزيرة في كل عام، وتسبب خسائر كبيرة في الهند وبنغلاديش والصين والمناطق المجاورة.

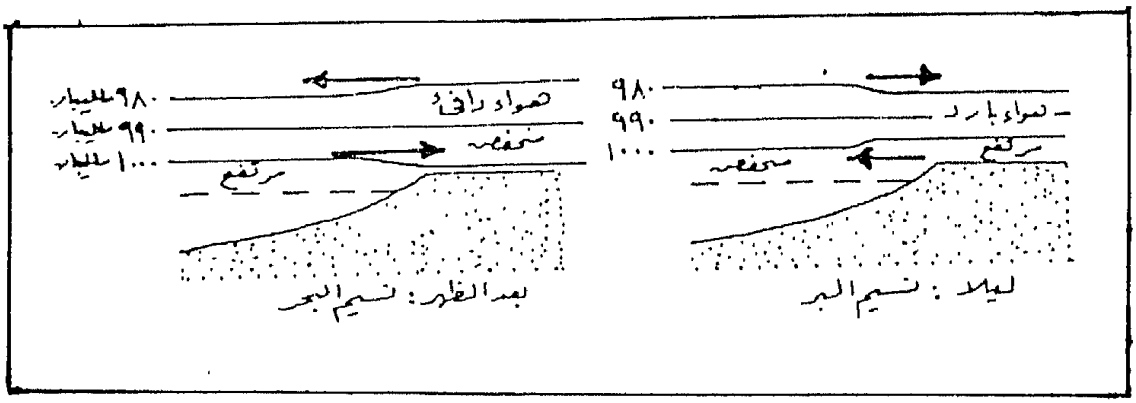
وتحدث الرياح الموسمية باقل شدة في امريكا الشمالية، وتهب الرياح الموسمية الشتوية الشمالية من المرتفع الكندي الى الولايات المتحدة، وفي الصيف تهب الرياح الجنوبية الرطبة من خليج المكسيك الى داخل الولايات المتحدة.



شكل ٢٧ : الرياح الموسمية على جنوب آسيا واستراليا (علي شاهين، ١٩٨٢)

جـ- الرياح اليومية: تحدث بسبب اختلاف درجة الحرارة والضغط الجوي بين الليل والنهار ومنها:

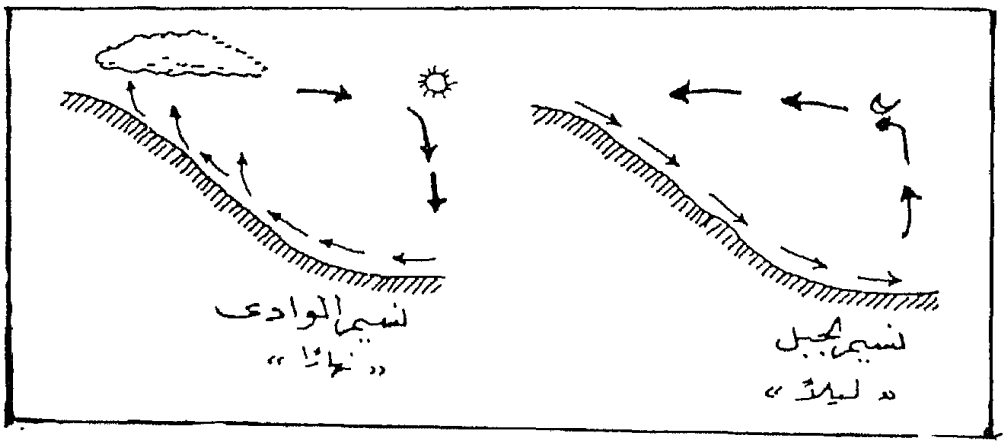
١- نسيم البر والبحر: تتكون بسبب اختلاف الضغط بين اليابس والمسطحات المائية. في النهار تسخن اليابس اكثر من الماء فيتكون منخفض فوق اليابس ومرتفع فوق المسطحات المائية، ويحدث نسيم البحر حيث تهب الرياح من البحر نحو اليابس. وفي الليل يحدث العكس في توزيع الضغط لان اليابس تبرد بسرعة فيهب نسيم البر نحو المسطحات المائية. ويبين شكل ٢٨ دورة الرياح اثناء حدوث نسيم البر والبحر. وتختلف شدتهما حسب الفرق في درجات الحرارة بين اليابس والماء وامتداد التضاريس الساحلية واتجاه الرياح السائدة. ويشعر سكان المناطق الساحلية بنسيم البحر لانه يعمل على تلطيف درجات الحرارة في الصيف.



شكل ٢٨ : نسيم البر ونسيم البحر (علي شاهين، ١٩٨٢)

٢- نسيم الجبل والوادي: ينتج عن الاختلاف اليومي للحرارة بين المرتفعات الجبلية والمناطق المنخفضة (شكل ٢٩). وفي الليل تبرد السفوح الجبلية اكثر من

الوادي فيتكون نسيم الجبل حيث تهبط الرياح الباردة نحو قاع الوادي، ويحدث العكس في النهار ويتكن نسيم الوادي. ويسبب نسيم الجبل حدوث انقلاب حراري يؤدي الى حدوث الصقيع في فصل الشتاء عندما تكون درجة حرارة الهواء الهابط دون درجة التجمد.



شكل ٢٩ : نسيم الجبل ونسيم الوادي (علي شاهين، ١٩٨٢)

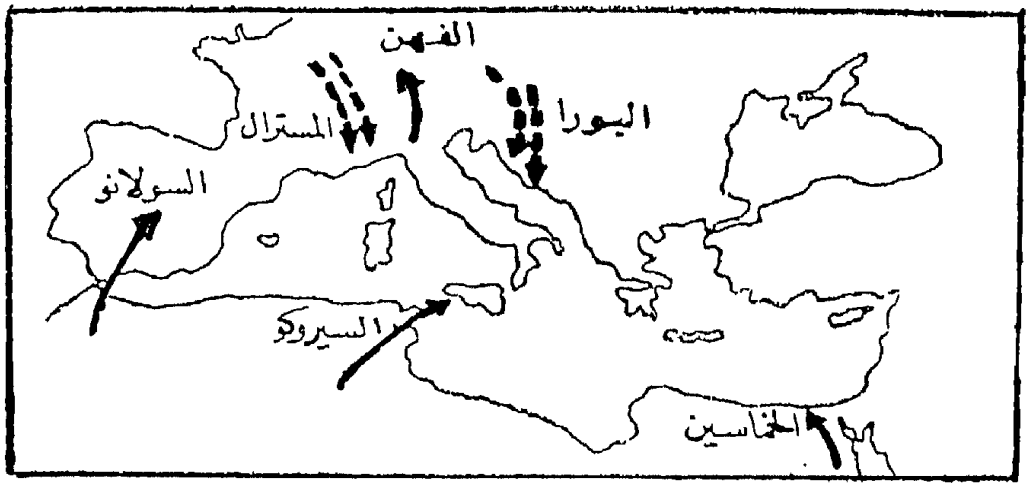
د- **الرياح المحلية:** وهي انواع كثيرة ولها تسميات محلية مختلفة، وتحدث بسبب اختلاف الضغط والتضاريس ومنها (شكل ٣٠):

١- المسترال: تهب من المناطق الجبلية عبر وادي الرون الى جنوب فرنسا وهي رياح شمالية شديدة البرودة تهب في فصل الشتاء مع المنخفضات الجوية.

٢- البورا: رياح شمالية باردة تهب على شمال الادرياتي في فصل الشتاء ومصاحبة للمنخفضات الجوية، وتؤثر على يوغسلافيا.

٣- سانتا آنا: رياح شرقية حارة وجافة تهب احيانا من وسط الصحراء في جنوب كليفورينا عبر الجبال الساحلية وتصل الى ساحل المحيط الهادي من خلال معابر جبلية ضيقة، وتكون محملة بالغبار وتسهم في تنشيط حرائق الغابات.

٤- الخماسين: رياح جنوبية جافة ومحملة بالاتربة والغبار، تهب من الصحراء الكبرى ولها تسميات اخرى مثل القبلي في ليبيا والسموم في بلاد الشام والسيريكو في شمال المغرب والسولانو في اسبانيا.



شكل ٣٠ : الرياح المحلية في حوض البحر المتوسط

٥- الفهن: رياح حارة وجافة تهبط على السفوح الشمالية لجبال الالب على وديان سويسرا. وبسبب هبوطها تسخن وتُسرع من ذوبان الثلوج فوق جبال الالب. وتسمى رياح الشنوك على السفوح الشرقية لجبال روكي في الاويات المتحدة، ورياح زوندا في جبال الانديز في امريكا الجنوبية.

الرياح العلوية: واشهرها ما يعرف بالتيار النفاث Jet Stream، وهو عبارة عن مجرى من الرياح السريعة في طبقات الجو العليا وغالباً ما يتكون على ارتفاع

التروبوبوز ١٢كم. ولها اهمية كبيرة في نقل الطاقة والتأثير على الحالة الجوية اليومية على سطح الارض ومنها:

١- التيار النفاث القطبي: وهو مجرى من الرياح الغربية المتكونة في مناطق ذات الفروق الحرارية الكبيرة بين الرياح المدارية الدافئة والقطبية الباردة. وتصل سرعة الرياح الى حوالي ٥٠٠كم/ ساعة. وهو غيرثابت، ويتحرك شمالاً في الصيف وجنوباً في الشتاء بين ٣٠ ° - ٥٥ °م.

٢- التيار النفاث شبه المداري: وهو مجرى للرياح الغربية في المناطق شبه المدارية، ويكون مصاحباً للمرتفع شبه المداري وتصل اقصى سرعة له حوالي ٣٠٠كم/ساعة.

٣- التيار النفاث المداري: رياح شرقية تتكون في فصل الصيف فوق العروض المدارية في نصف الكرة الشمالي. وتصل اقصى سرعة له حوالي ١٨٠كم/ساعة. وله تأثير كبير على الرياح الموسمية.

ويوجد انواع اخرى من الرياح العلوية منها الرياح الجيوستروفية التي تتكون بسبب توازن القوة الكوروليه مع قوة انحدار الضغط الجوي، وهي رياح غربية مستقيمه. والرياح الدائريه التي تتكون عند تساوي القوة الطاردة عن المركز مع قوة انحدار الضغط، فتدور الرياح حول مركز المنخفض الذي يتصف بكثرة خطوط التساوي المغلقة حوله.

الرطوبة الجوية Humidity:

الرطوبه دلالة عن وجود بخار الماء في الهواء والناتج عن عملية التبخر والنتح Evapotranspiration. والمصدر الرئيسي لبخار الماء هو التربة والمسطحات المائية والنبات. ويوجد عوامل كثيرة تؤثر على معدل التبخر/النتح اهمها درجة الحرارة والرياح والرطوبة الجوية والضغط الجوي والاملاح المذابة

بالماء واتساع المسطحات المائية وعمقها والامواج ومستوى المياه الجوفية والتركيب الفسيولوجي للنبات.

والتبخر الفعلي هومقدار التبخر/ النتح الحقيقي. اما التبخر الكامن هو مقدار التبخر/النتح من سطح مغطى باعشاب قصيرة ولا تعاني من عجز مائي. ويتساوى التبخر الفعلي والكامن عندما تكون التربة رطبة، وبتناقص الرطوبة يقل التبخر الفعلي عن التبخر الكامن.

وتختلف كمية الرطوبة من مكان لاخر ومن وقت لاخر، فهي قليلة جداً اومعدومة في المناطق القطبية المتجمدة وتصل الى ٤٪ في المناطق الاستوائية الحارة. ويختلف مقدار استيعاب الهواء لبخار الماء حسب درجة الحرارة، فالهواء الحار يستوعب كمية اكبر من بخار الماء، ويقل استيعاب الهواء كلما قلت درجة حرارته. ودرجة اشباع الهواء هي كمية بخار الماء التي يستطيع الهواء استيعابها على درجة حرارة معينة. ويبين جدول ٩ كمية بخار الماء اللازمه لاشباع الهواء على درجات حرارة مختلفة. ويوجد عدة مقاييس للرطوبة الجوية منها:

١- **الرطوبة المطلقة** هي كمية بخار الماء (غم) الموجودة في حجم معين من الهواء (م٣). والرطوبه المطلقه الاشباعية هي كتلة بخار الماء اللازمه لاشباع م٣ من الهواء على درجة حرارة معينة (جدول ٩).

٢- **الرطوبة النوعية** وهي نسبة كتلة بخار الماء (غم) الى كتلة الهواء الرطب (كغم). والرطوبة النوعية الاشباعية هي كتلة بخار الماء اللازمة لاشباع كيلوغرام من الهواء الرطب على درجة حرارة معينة.

٣- **معامل الخلط** وهو نسبة كتلة بخار الماء (غم) الى كتلة الهواء الجاف (كغم). ومعامل الخلط الاشباعي هي كتلة بخار الماء اللازمة لاشباع كيلوغرام من الهواء الجاف على درجة حرارة معينة.

جدول (٩) العلاقة بين درجة الحرارة ودرجة اشباع الهواء ببخار الماء

درجة الحرارة (٢)	ضغط بخار الماء (مليبار)	الرطوبة النوعية غم/ كغم	الرطوبة المطلقة غم/م٣
صفر	٦	٣,٨	٤,٨٥
١٠	١٢	٧,٦٧	٩,٤١
٢٠	٢٣	١٤,٧	١٧,٣١
٣٠	٤٢	٢٦,٩	٣٠,٤
٤٠	٧٤	٤٧,٣	٥١,٢

المصدر: نعمان شحادة: ١٩٨٣.

٤- **درجة الندى** وهي درجة الحرارة التي يبرد اليها الهواء حتى يصل الى حالة الاشباع بسبب التبريد.

٥- **الرطوبة النسبية** وهي نسبة كمية بخاء الماء الموجودة فعلاً في الهواء (ضغط بخار الماء الفعلي) الى كمية بخار الماء اللازمة لاشباع الهواء (ضغط بخار الماء الاشباعي) على درجة حرارة معينة. وهي اكثر المقاييس شيوعاً وتتراوح بين صفر و ١٠٠٪. ويمكن زيادة الرطوبة النسبية بطريقتين: اضافة بخار الماء عن طريق التبخر، او تبريد الهواء. وبتناقص درجة حرارة الهواء تقل درجة اشباع الهواء او ضغط بخار الماء الاشباعي مما يزيد من قيمة الرطوبة النسبية. فالرطوبة النسبية في الليل والشتاء اكثر مما هي في النهار والصيف بسبب اختلاف درجة الحرارة.

الكتل الهوائية Air Masses:

هي حجم ضخم من الهواء الذي يغطي مساحة واسعة ويتصف بالتجانس من حيث درجة الحرارة والرطوبة وغيرها من العناصر التي تميزها عن الكتل المجاورة، وهي الخصائص التي تكتسبها الكتلة الهوائية من منطقة المصدر. ومصادر الكتل الهوائية مناطق واسعة ومتجانسة السطح كالمسطحات المائية والصحراء الكبرى وسيبيريا ووسط كندا والمناطق القطبية. ويستقر الهواء فوق تلك المناطق ويكتسب خصائصها المناخية من حيث درجة الحرارة والرطوبه والضغط. وتتعرض تلك الخصائص للتغير اثناء مرور الكتل الهوائية على سطح ذو خصائص مختلفة، فالكتلة الهوائية الجافة تصبح رطبة اذا مرت فوق سطح مائي، وتتغير درجة حرارة الكتلة الباردة اذا مرت على سطح ادفئ.

انواع الكتل الهوائية:

تقسم الكتل الهوائية الى ٤ انواع حسب درجة الحرارة وهي:

١) **الكتل القطبية المتجمدة (A)** مصدرها المناطق دائمة التجمد كالمحيط المتجمد الشمالي والقارة القطبية الجنوبية.

٢) **الكتل القطبية (P)** مصدرها العروض البادرة مثل سيبيريا ووسط كندا والمناطق الشمالية من المحيط الاطلسي والهادي.

٣) **الكتل المدارية (T)** مصدرها المناطق المدارية مثل الصحراء الكبرى والمحيطات المدارية الدافئة.

٤) **الكتل الاستوائية (E)** ومصدرها المحيطات الاستوائية الحارة.

وتقسم الكتل الهوائية حسب الرطوبة الى نوعين هما:

١- كتل رطبة (m) ومصدرها المسطحات المائية.

٢- كتل جافة (c) ومصدرها القارات.

وعلى اساس الحرارة والرطوبة يمكن تميز الانواع التالية:

١) الكتل الهوائية المتجمدة (cA) وهي كتل باردة وجافة جداً، تصل درجة حرارتها الى -٤٦°م والرطوبة الى ٠,١ غرام/ كغم. ومصدرها المناطق القطبيه المتجمدة.

٢) الكتل الهوائية القطبية الجافة (cP) وهي كتل باردة وجافة تصل درجة الحراة فيها الى -١١°م والرطوبة ١,٤غرام/كغم. ومصدرها المناطق الباردة من القارات.

٣) الكتل الهوائية القطبية الرطبة (mP) وهي كتل باردة ورطبة، تصل درجة حرارتها الى ٤°م والرطوبة ٤,٤ غرام/ كغم.مصدرها المسطحات المائية الباردة.

٤) الكتل الهوائية المدارية الجافة (cT) وهي كتل دافئة جافة تصل درجة حرارتها الى ٢٤°م والرطوبة ١١غرام/ كغم. ومصدرها المناطق القاريه المدارية.

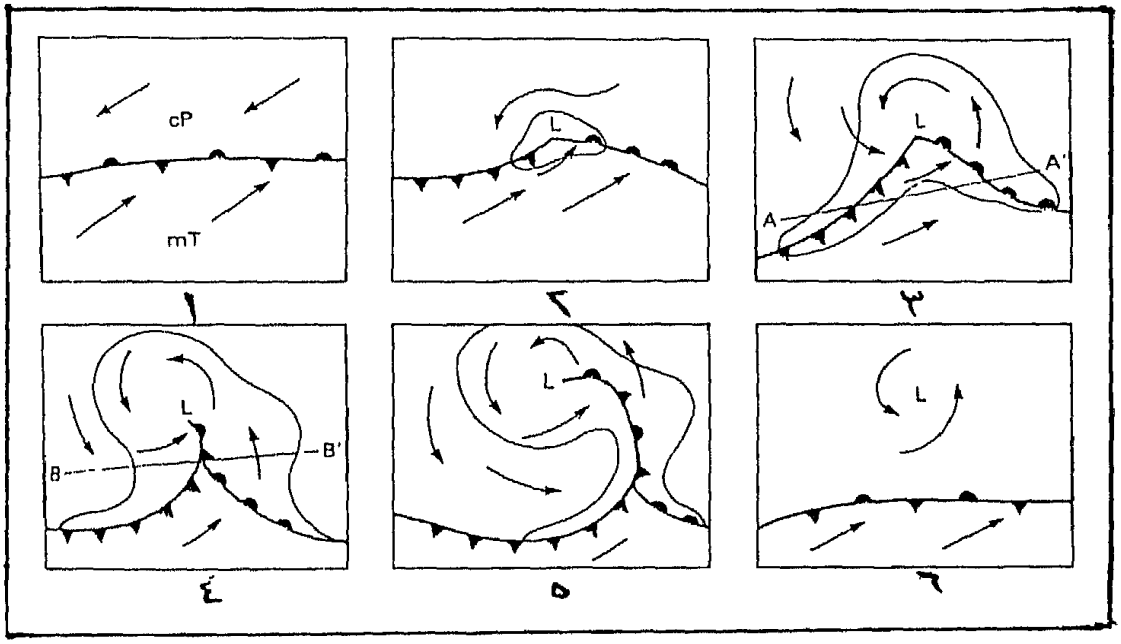
٥) الكتل الهوائية المدارية الرطبة (mT) وهي كتل دافئة رطبة تصل درجة حرارتها الى ٢٤°م والرطوبة ١٧غرام/كغم. ومصدرها المسطحات المائية المدارية.

٦) الكتل الاستوائية الرطبة (mE) وهي حارة ورطبة جداً تصل درجة حرارتها الى ٢٧°م والرطوبة ١٩غرام/كغم. ومصدرها المناطق الاستوائية.

الجبهات الهوائية Air Fronts:

الجبهات الهوائية سطوح تفصل بين الكتل الهوائية المختلفة الخصائص. وقد تم التعرف عليها في فترة الحرب العالمية الاولى واصبح لها اهمية كبيرة في

عملية التنبؤات الجوية اليومية. وتنحدر الجبهات الهوائية من طبقات الجو العليا نحو سطح الارض كمقدمات للكتل الهوائية. والجبهات الهوائية تكون مصاحبة للمنخفضات الجوية في العروض الوسطى. **وهي عدة انـــــواع** (شكل ٣١):



شكل ٣١: مراحل دورة منخفضات في العروض الوسطى والجبهات الهوائية
(Eagleman, 1985)

١) **الجبهة الهوائية الباردة** وهي مقدمة الكتل الباردة التي تتحرك نحو منطقة ذات هواء دافئ نسبياً، ويبقى الهواء البارد على سطح الارض بينما يرتفع الهواء الدافىء الاقل كثافة الى الاعلى. فيبرد الهواء الصاعد مسبباً حدوث التكاثف وتشكل الغيوم وسقوط الامطار. وان انحدار سطح الجبهة الباردة شديد (١/١٠٠) لذلك تتكون غيوم المزن الركامية التي تسبب حدوث اضطرابات جوية

قوية، كالعواصف الرعدية الكثيفة الغيوم والهطول. وتمتد الجبهه الباردة الى الغرب من مركز المنخفض، ويبلغ معدل سرعتها ٣٥كم/ ساعه.

٢) **الجبهة الهوائية الدافئة** هي مقدمة الكتل الدافئة التي تتحرك نحو منطقة ذات هواء ابرد نسبياً فيرتفع الهواء الدافئ الى اعلى وبتكاثفه تتكون الغيوم وتسقط الامطار الخفيفة فوق منطقة الجبهة. وبما ان انحدار سطح الجبهة الدافئة قليل (١/٢٠٠) لذلك تكون مصاحبة باحوال جوية اقل اضطراباً مما هي في منطقة الجبهة الباردة. وتقع الجبهة الدافئه امام المنخفض الجوي وتمتد الى الشرق من مركز المنخفض، وهي اقل سرعة من الجبهة الباردة فمعدل سرعتها ٢٥كم/ ساعه.

٣) **الجبهة الممتلئة** تتشكل عندما تلحق الجبهة الباردة بالدافئة، فيرتفع الهواء الدافئ كلياً عن سطح الارض فوق الهواء البارد.

٤) **الجبهة المستقرة** تحدث عند ثبوت واستقرار الجبهة الدافئة او الباردة عند اصطدامها بالسلاسل الجبلية المرتفعة. واذا كان الهواء الدافئ رطباً تسبب الجبهة المستقرة سقوط امطار كثيرة على مكان استقرار الجبهة الهوائية.

ويبين شكل (٣١) مراحل تطور الجبهات الهوائية حسب تصنيف J. Bjerknes، والتي تبدأ بالجبهة المستقرة، وفي المرحلة الثانية والثالثة تتكون الجبهات الهوائية الباردة والدافئة ويظهر المنخفض الجوي. وفي المراحل الرابعة والخامسة تتطور الجبهة الممتلئة التي تنتهي بالمرحلة الاخيرة المشابهة للمرحلة الاولى.

التكاثف Condensation:

هو عملية تحول بخار الماء الى قطرات مائية او بلورات ثلجية، وغالباً يحدث بسب ارتفاع الرطوبة النسبية الناتج عن تبريد الهواء اثناء ارتفاعه الى

الاعلى فوق السفوح الجبلية او بتيارات الحمل القوية. ولكي يحدث التكاثف لابد من توفر انوية التكاثف التي تسرع من عملية تكاثف بخار الماء وقبل ان تصل الرطوبة النسبية الى ١٠٠٪. وأنوية التكاثف عبارة عن جزئيات صغيرة من الغبار والاتربة والحوامض والاملاح والدخان المعلقة في الهواء. ولنوع وحجم انوية التكاثف اهميه في سرعة امتصاص بخار الماء وتكوين القطرات المائية. وافضلها هي الانوية التي تمتص الماء وتذوب فيه كالانوية الملحية. وللتكاثف اشكال متعددة منها:

١- **الندى:** يظهر على شكل قطرات مائية تكاثفت على السطوح الباردة التي تنخفض درجة حرارتها الى درجة الندى. ويتكون في الليل ويزول بعد شروق الشمس. ومن شروط تكوينه بالاضافة الى توفر الرطوبة، السماء الصافية والليالي الطويلة والهادئة. وفائدة الندى في انه يزود التربة بالماء الذي تستفيد منه المزروعات.

٢- **الضباب:** يتكون من قطرات مائية او بلورات ثلجية معلقة بالهواء وتقلل من مدى الرؤيا، وقد تكون من الغيوم المنخفضة الملامسة لسطح الارض. وللضباب اثار سلبية في اعاقة حركة السيارات والطائرات. ويتشكل بسبب التكاثف الناتج عن انخفاض درجة حرارة الهواء السفلي، ويقسم الضباب الى:

أ- الضباب الشعاعي: وهو الاكثر شيوعاً. ويتكون في الليل بسبب انخفاض درجة حرارة الهواء الى درجة الندى بالاشعاع مما يؤدي الى تكاثف بخار الماء وتكون الضباب. ومن شروط تكونه الليالي الطويلة والهادئة والسماء الصافية حيث تفقد الارض طاقة اكثر بالاشعاع وتنخفض درجة حرارتها. ويزول بعد شروق الشمس.

ب- الضباب المنقول: ويحدث عند هبوب هواء دافيء ورطب فوق سطح بارد، فيبرد الهواء السفلي مسبباً تكون الضباب. ويكثر تكونه في المناطق الساحلية وفوق المسطحات المائية عند التقاء التيارات البحرية الباردة والدافئة.

جـ- ضباب السفوح الجبلية: ويتشكل بسبب انخفاض درجة حرارة الهواء اثناء صعوده على السفوح العالية. لذلك يتكرر الضباب فوق المناطق الجبلية اكثر من المناطق السهلية والمنخفضة.

د- ضباب الجبهات الهوائية: يكثر في فصل الشتاء عندما يتشبع الهواء في مقدمة الجبهة الهوائية الدافئة بسبب سقوط الامطار، ويتكون ايضاً عند وصول جبهة هوائية باردة ضعيفة. حيث يصل الهواء الى درجة الاشباع فيتكاثف بخار الماء مكوناً الضباب.

هـ- ضباب البخار او ضباب البحر: يكثر انتشاره على السواحل الشرقية لامريكا الشمالية واسيا والمنطقة القطبية. ويتشكل بسبب التبخر الشديد من المسطحات المائية مما يزيد من رطوبة الهواء البارد فوقها ليصل الى درجة الاشباع فيتكون الضباب. لذلك فان هذا النوع لا يحدث بالتبريد بل باضافة بخار الماء الى الهواء البارد غير المشبع.

و- ضباب المدن مثل الضباب الدخاني(الضبخان) والكيماوي الناتج عن اختلاط قطرات الماء بالدخان، لذلك يكثر وجوده فوق المدن والمناطق الصناعية. وله اضرار صحية كبيرة على الناس.

٣- **الصقيع:** وهو الظروف التي تسود عند انخفاض درجة الحرارة الى ما دون درجة التجمد أو الصفر المئوي. ويسبب الصقيع خسائر كبيرة بالنسبة للمحاصيل الزراعية، لذلك يلجأ المزارعون الى مكافحة الصقيع لتقليل اثاره السلبية بطرق مختلفة كالتدخين وتغطية المزروعات بمواد عازلة والري وعمل مصدات الرياح. و يقسم الصقيع الى:

أ- الصقيع الشعاعي: يتكون في الليالي الطويلة والصافية والهادئة حيث يفقد سطح الارض جزءاً كبيراً من الطاقة بالاشعاع، ويتشكل الصقيع في الشتاء عندما تنخفض درجة الحرارة الى درجة التجمد. وهو محدود الانتشار ويزول بعد شروق الشمس. ويتأثر تكونه بعوامل منها التضاريس حيث يكثر حدوثه في

الاودية التي تتعرض لهبوط الرياح الجبلية الباردة(نسيم الجبل)، رطوبة التربة حيث يكون تكرار الصقيع في التربة الرطبة اقل من التربة الجافه.

ب- الصقيع المنقول: يحدث عند هبوب كتلة هوائية باردة جداً بدرجة حرارة اقل من الصفر المئوي. ويتكون في اي وقت وقد يستمر لايام، ويغطي مساحات واسعه ويسبب خسائر ماديه وزراعية كبيره.

٤-**الغيوم Clouds:** وهي عبارة عن كتل مرئية من بخار الماء المتكاثف. تتكون الغيوم بسبب انخفاض درجة حرارة الهواء الرطب اثناء صعوده للاعلى على شكل تيارات حمل قوية اوفوق السفوح الجبلية العالية. وبتكاثف بخار الماء في الهواء المشبع تتكون الغيوم على ارتفاعات مختلفة في التروبوسفير. وتقسم الغيوم حسب درجة الحرارة الى ثلاثة انواع هي:

أ- الغيوم الدافئة التي تتكون من قطرات مائية في الطبقة السفلى الدافئة التي تزيد درجة حرارتها عن الصفر المئوي.

ب- الغيوم الباردة التي تتكون من بلورات ثلجية في الطبقة العليا الباردة التي تقل درجة حرارتها عن الصفر المئوي.

جـ- الغيوم المختلطة وهي الغيوم متوسطة الارتفاع والتي يمر خلالها خط الصفر المئوي، وتتكون البلورات الثلجية فوق خط الصفر والقطرات المائية تحته.

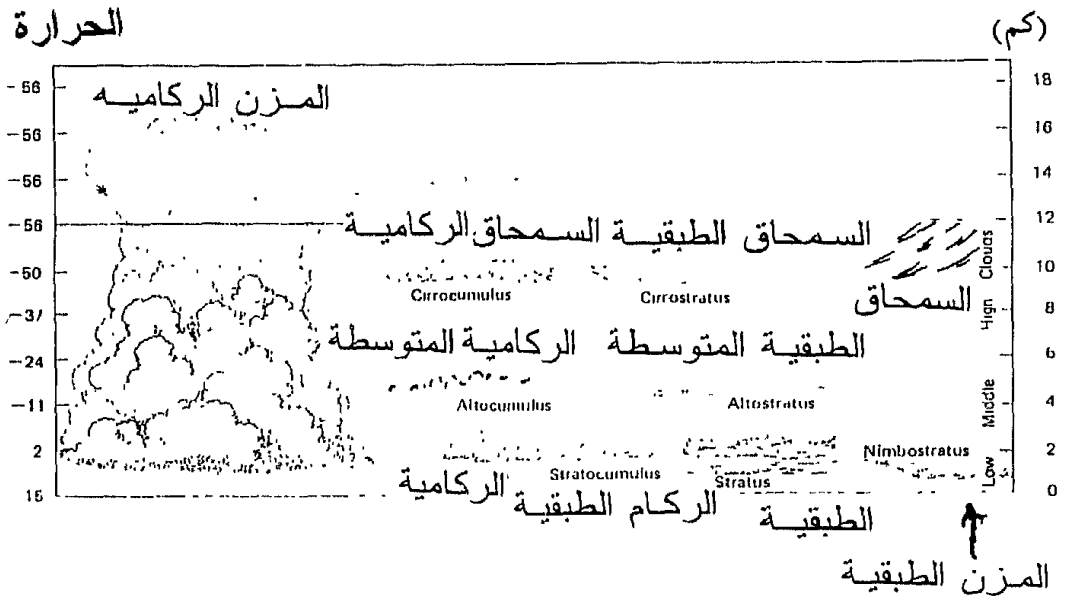
وعلى اساس الارتفاع تقسم الغيوم الى ما يلي (شكل ٣٢):

أ- **الغيوم المنخفضة** وهي التي يقل ارتفاعها عن ٢كم وهي غيوم دافئة وتتكون غالباً من قطرات مائية، وهي ثلاثة انواع:

١- الركامية Cumulus: ولها قاعدة مستوية وقمة، تتكون في النهار بسبب تيارات الحمل الناتجة عن تسخين الهواء، وتختفي في الليل.

٢- الطبقية Stratus: منبسطة السطح وبدون قمة وتغطي مساحة كبيرة، تتكون في الليل وتتلاشى بعد شروق الشمس.

٣- الركام الطبقية Stratocumulus: تنتشر بطبقات طويلة، وتتكون عند الغروب وتتلاشى في الليل. واحياناً يصحبها سقوط المطر.



شكل ٣٢ : انواع الغيوم

ب- **الغيوم متوسطة** الارتفاع بين ٢-٦كم، وهي غيوم مختلطة تتكون من قطرات مائية وبلورات ثلجية، وانواعها:

١- الطبقية المتوسطة Altostratus وتسبب هطول الامطار المعتدلة والثلوج في فصل الشتاء ولا يوجد لها شكل خاص.

٢- الركامية المتوسطةAltocumulus وهي غيوم كبيرة الحجم وتسبب سقوط الامطار الخفيفة.

جـ- الغيوم العالية على ارتفاع اكثر من ٦كم، وهي غيوم باردة تتكون من البلورات الثلجية، انواعها:

١- السمحاق Cirrus: وهي سحب رقيقة بيضاء اللون تظهر على شكل ريش الطيور، تتكون عادة في الليل وتتلاشى في النهار، وتظهر قبل سقوط المطر او الثلوج.

٢- السمحاق الطبقيةCirrostratus: واسعة الانتشار وتُنذر بسقوط المطر، وقليل ما تصل امطارها الى سطح الارض.

٣- السمحاق الركامية Cirrocumulus: غيوم رقيقة تظهر على شكل مجموعات او صفوف طويلة متراصة، وظهورها دلالة على ان الجو سيتغير بعد يوم او يومين.

د- الغيوم ذات النمو العمودي وهي:

١- المزن الطبقية Nimbostratus، ليس لها شكل خاص، ويصل سمكها لعدة كيلومترات وتسبب سقوط المطر والثلوج. وتتكون على ارتفاع بين ١-٥كم.

٢- المزن الركاميه Cumulinbus: تتكون بسبب تيارات الحمل القوية وتنمو بشكل سريع ويصل ارتفاعها الى التروبوبوز بسماكه ١٠-١٥كم، وتسبب حدوث العواصف الرعدية القوية المصحوبة بالامطار والثلوج والبَرد.

الهطول Precipitation:

تتكون الغيوم الغير ممطرة من قطرات مائيـة او بلـورات ثلجيـة صغـيرة معلقة في الهواء. وان نمو تلك القطرات ضروري لكي تصل الى حجم بحيث لا تستطيع مقاومة قوة الجاذبية الارضية فتسقط الى سطح الارض. وتنمـو قطـرات المـاء بطـرق متعـددة، ومـن تلـك الطـرق نموهـا فـي الغيـوم الدافئـة عـن طريـق تصادمهـا معـاً اثنـاء سقوط القطـرات الكبيرة الأسـرع مـن القطـرات الصغـيرة، فتتجمع القطـرات الصغـيرة حـول القطـرات الاكـبر. امـا فـي الغيـوم البـاردة فـي طبقات الجو العليـا فتنمـو البلـورات الثلجيـة علـى حسـاب القطـرات المائيـة فـوق المبردة Supercooled droplets.

ويختلف نوع الهطول الذي يصل الى سطح الارض حسب رطوبة الهواء وشدة التيارات الصاعدة ودرجة حرارة سطح الارض والهواء. ومن اكثر اشـكال الهطول انتشاراً الامطار والبَرد والثلوج.

الامطار Rain:

هي اكثر انواع الهطول شيوعاً لان معدل درجة الحرارة في معظم اقـاليم الارض اكثر من درجة التجمد، لذلك يـذوب البَّرد والثلـج اثنـاء مـروره بطبقـات الهواء الدافئة ويصل سطح الارض على شـكل امطـار. ويسقط المطـر بقطـرات ذات احجام مختلفة تـتراوح بيـن الـرذاذ الـى قطـرات يصـل قطرهـا الـى ٥ ملـم. ويختلف توزيع الامطار مكانيـاً وزمانيـاً مـن مكـان لاخـر. وتسـقط الامطـار فـي فصل الشتاء فـي اقـاليم منـاخ البحـر المتوسـط، وفـي فصـل الصيـف فـي جنـوب وجنـوب شـرق اسـيا، وطـول العـام فـي المنـاطق الاسـتوائية والسـواحل الشـرقية للقارات بين ٣٠-٤٠° والسواحل الغربية بين ٤٠-٦٠°.

وتختلف الامطار من مكان لاخر، فتسقط كميات كبيرة من الامطار في المناطق الاستوائية والمناطق التي تتعرض للامطار الموسمية، بينما قد تمضي عدة سنوات بدون سقوط الامطار في بعض المناطق الصحراوية (شكل ٣٣).

ويظهر شكل ٣٤ توزيع الامطار حسب خطوط العرض، ويبين وجود قمة للامطار في المنطقة الاستوائية وقمتين اصغر في المناطق المعتدلة، وتقل الامطار في العروض المدارية (٢٠-٣٠°) والمناطق القطبية. ويتأثر توزيع الامطار بالعوامل التالية:

١) الموقع بالنسبة للمسطحات المائية، حيث تقل الأمطار بالابتعاد عن المسطحات المائية.

٢) اتجاه الرياح: الرياح القادمة من البحار تكون محملة ببخار الماء وتسبب سقوط الامطار، بينما الرياح القادمة من القارات تكون جافة.

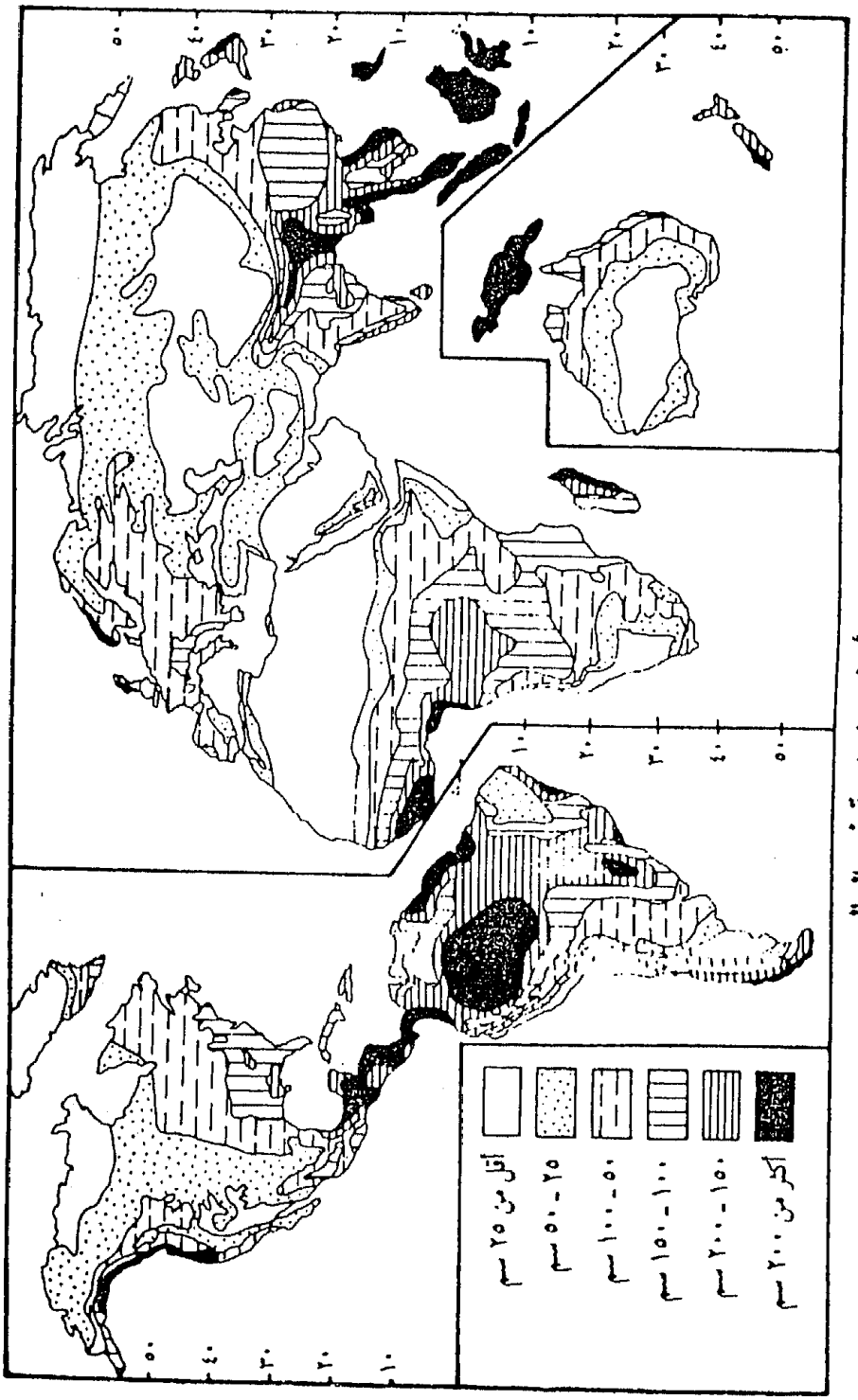
٣) التضاريس: تزداد الامطار على المرتفعات الجبلية وخاصة السفوح المقابلة للرياح الرطبة.

٤) درجة الحرارة: ارتفاع الحرارة وتسخين الهواء الرطب يسبب نشوء التيارات الصاعدة بالاضافة الى تنشيط التبخر في المناطق الرطبة ومن ثم زيادة الامطار.

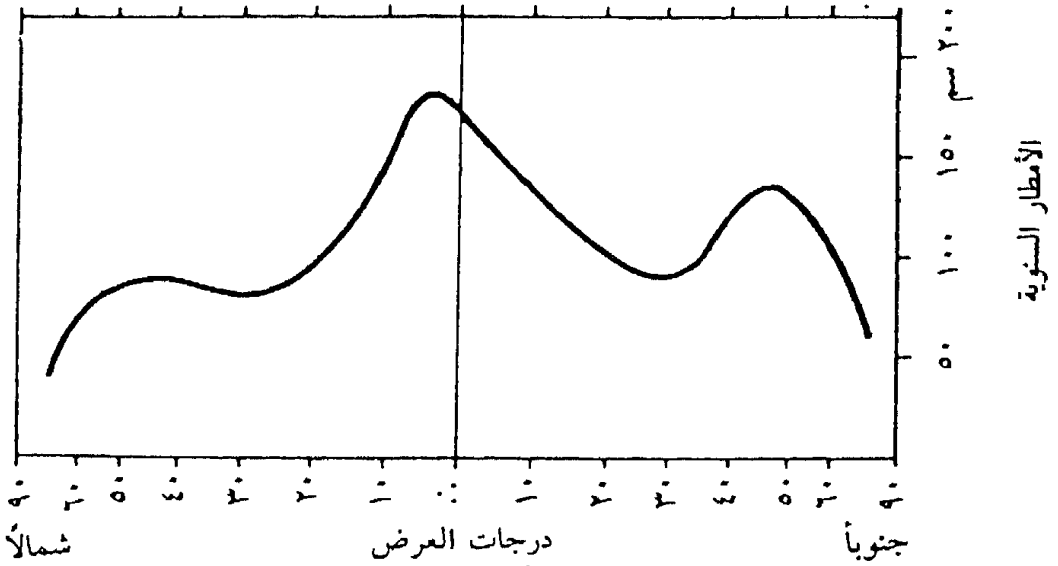
٥) المنخفضات الجوية، تزداد الامطار التي تقع ضمن مسارات المنخفضات الجوية في مناطق العروض الوسطى والاعاصير في المناطق المدارية.

وتقسم الامطار الى ثلاثة انواع:

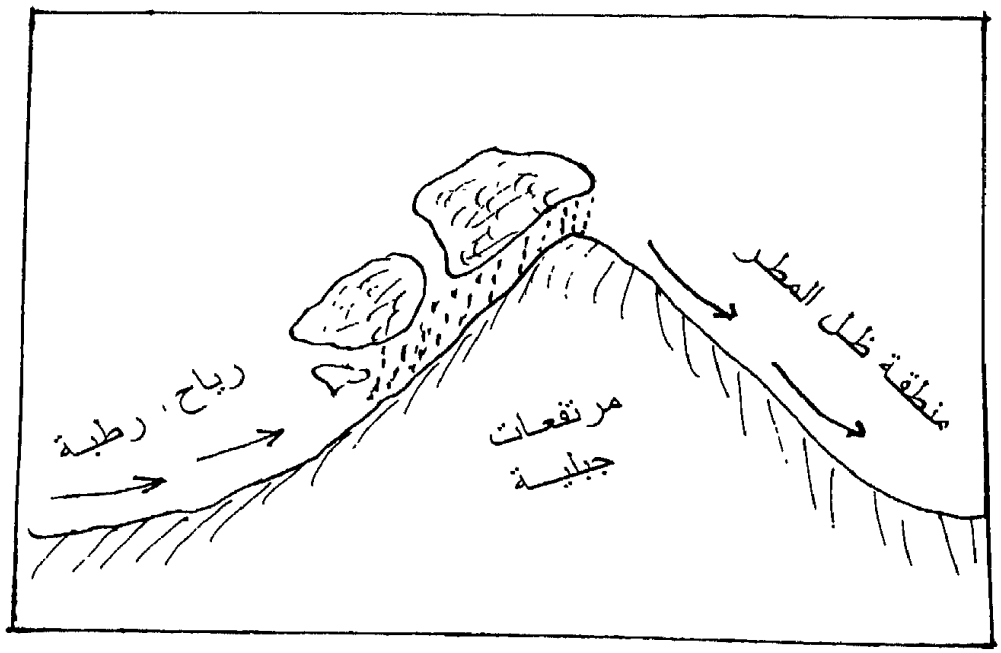
أ) الامطار التضاريسية Orographic Rain: ويحدث التكاثف بالتبريد الذاتي عندما يصعد الهواء الرطب على السفوح الجبلية المرتفعة، فتتكون الغيوم وتسقط الامطار على السفوح المقابلة لاتجاه الرياح ويزداد سقوط المطر كلما زاد الارتفاع حتى تصل الى مستوى يبلغ عنده المطر اقصى كمية. ثم يأخذ بالتناقص



شكل ٣٣ : الأمطار السنوية في العالم



شكل ٣٤ : توزيع الأمطار حسب درجات العرض



شكل ٣٥ : اثر اتجاه السفوح على الامطار

بالارتفاع بسبب انخفاض درجة حرارة الهواء ولنقص كمية بخار الماء فيه، ويتراوح هذا المنسوب بين ١٥٠٠-٣٠٠٠م وذلك حسب رطوبة الهواء. وبعد ان تصل الرياح قمم الجبال تهبط وتسخن وتزداد جفافاً، فلا تسقط الامطار على تلك السفوح المعروفة بمنطقة ظل المطر (شكل ٣٥). وتختلف كمية امطار التضاريسية حسب العوامل التالية:

١- رطوبة الهواء: تزداد الامطار التضاريسية بازدياد كمية بخار الماء في الهواء.

٢- ارتفاع الجبال: الجبال العالية تجذب الامطار أكثر من المناطق السهلية والمنخفضة.

٣- امتداد واتجاه السفوح الجبلية: تكثر الامطار على السفوح المقابلة لاتجاه الرياح الرطبة، فجبال روكي بامتدادها شمال-جنوب تعترض الرياح الغربية فتسقط الامطار على السفوح الغربية بينما تقع السفوح الشرقية في ظل المطر. وكذلك جبال اطلس التل في شمال افريقيا بامتدادها شرق غرب تعترض الرياح الشمالية التي تسبب سقوط الامطار على السفوح الشمالية بينما تقع السفوح الجنوبية في ظل المطر.

٤- سرعة الرياح تزيد من تهيجها واضطرابها مسببة سقوط الامطار بغزارة.

ب- الامطار الاعصارية Cyclonic Rain: تتكون الغيوم في نطاق التيارات الصاعدة في الاعاصير المداريه والمنخفضات الجوية المصحوبة بالجبهات الهوائية. وتكون امطار الجبهات الهوائية الباردة غزيرة وقوية بينما امطار الجبهات الدافئة خفيفة وتستمر لمدة اطول. وتسقط الامطار الاعصارية في المناطق المعتدلة التي تتعرض للمنخفضات والجبهات الهوائية الجوية في فصل الشتاء. ومنها ايضا امطار الاعاصير المدارية التي تسقط على بعض المناطق

بين مداري السرطان والجدي كما هو في جنوب وشرق كل من الولايات المتحدة وآسيا.

جـ- الامطار الحملية Convective Rain: التي تحدث بسبب تسخين الهواء الرطب وتكون تيارات صاعدة. وتتشكل تيارات الحمل القوية في المناطق الحارة الرطبة كالمناطق الاستوائية ووسط اسيا وامريكا. وتسقط الامطار الحملية طول العام في حوض الامازون والكونغو وسهول السودان، بينما تسقط في فصل الصيف في الولايات المتحدة الامريكية. وتتكون التيارات الحملية ايضاً فوق المدن (الجزيرة الحرارية) بسبب ارتفاع الحرارة فيها بالمقارنة مع المناطق المجاورة. وتسبب التيارات الحملية القوية نشوء العواصف الرعدية التي تكون مصحوبة بسقوط الامطار الغزيرة والبَرد واحيانا زوابع التورنادو كما يحدث في المناطق شرق جبال روكي في الولايات المتحدة الامريكية.

الاستمطار: وهي عملية تمثل تدخل الانسان لتنشيط عملية نمو القطرات المائية في السحب الغير ممطرة من اجل انزال المطر منها. وغالباً تتم العملية عن طريق اضافة مواد كيوديد الفضة او ثاني اكسيد الكربون الجاف الى الغيمة والتي تعمل على الاسراع في نمو البلورات الثلجية. ولابد من اخذ بعض العوامل بالاعتبار قبل البدء بعملية الاستمطار مثل درجة حرارة الغيوم وسمكها وكمية بخار الماء فيها. بالاضافة الى تحديد الكمية المناسبة من المادة المراد اضافتها للغيمة، فالزيادة من تلك المادة تعطي نتائج سلبية. وقد لوحظ زيادة الامطار بحوالي ١٠-٢٠٪ نتيجة لتنفيذ عمليات الاستمطار التي تقوم باجراءها دول كثيرة في العالم.

الثلوج Snow:

تتكون الثلوج في طبقات الجو العليا عند نمو البلورات الجليدية الى قطر لا يزيد عن ٢,٥سم. وتكون على شكل صفائح سداسية الشكل تسمى بالندف Snow Flakes. ويتطلب وصول الثلج الى الارض انخفاض درجة الحراة من السطح الى طبقات الجو العليا. واذا زادت درجة حرارة الطبقة الهوائية السطحية عن ٣ °م فان الثلج يذوب ويسقط على شكل امطار. وقد يكون الثلج جافاً او رطباً اذا مر خلال طبقة هواء رطبة.

وتسقط الثلوج في العروض الوسطى التي تتعرض لمرور المنخفضات الجوية الشتوية. ويزداد تكراره في المرتفعات الجبلية العالية، كما وتزداد نسبته بالاقتراب من العروض العليا. ويدوم الثلج في المناطق القطبية وعلى قمم الجبال العالية، ويُحدد وجوده بخط الثلج الدائم الذي يمثل الارتفاعات التي يدوم عندها الثلج. ويعتمد خط الثلج الدائم على درجة عرض المكان والارتفاع عن مستوى البحر واتجاه السفوح الجبلية. فهو حوالي ٥٥٠٠م في جبال كلمنجارو و ١٢٠٠م في النرويج وصفر الى الشمال من خط عرض ٧٠° في المناطق القطبية المتجمد.

ومن فوائد الثلج انه يحفظ التربة من التجمد ويزيد رطوبتها، وهومصدر تغذية الانهار بالمياه، وله اهمية سياحية في جذب الزوار للاستمتاع بممارسة الرياضه الجليدية. ومن اثاره السلبية تعطيل المواصلات وتكسير الاشجار وتأثيره السلبي علىَ المزروعات، بالاضافة الى دوره في زيادة برودة الهواء وتأخير بداية فصل الربيع اذا استمر وجوده الى شهر نيسان.

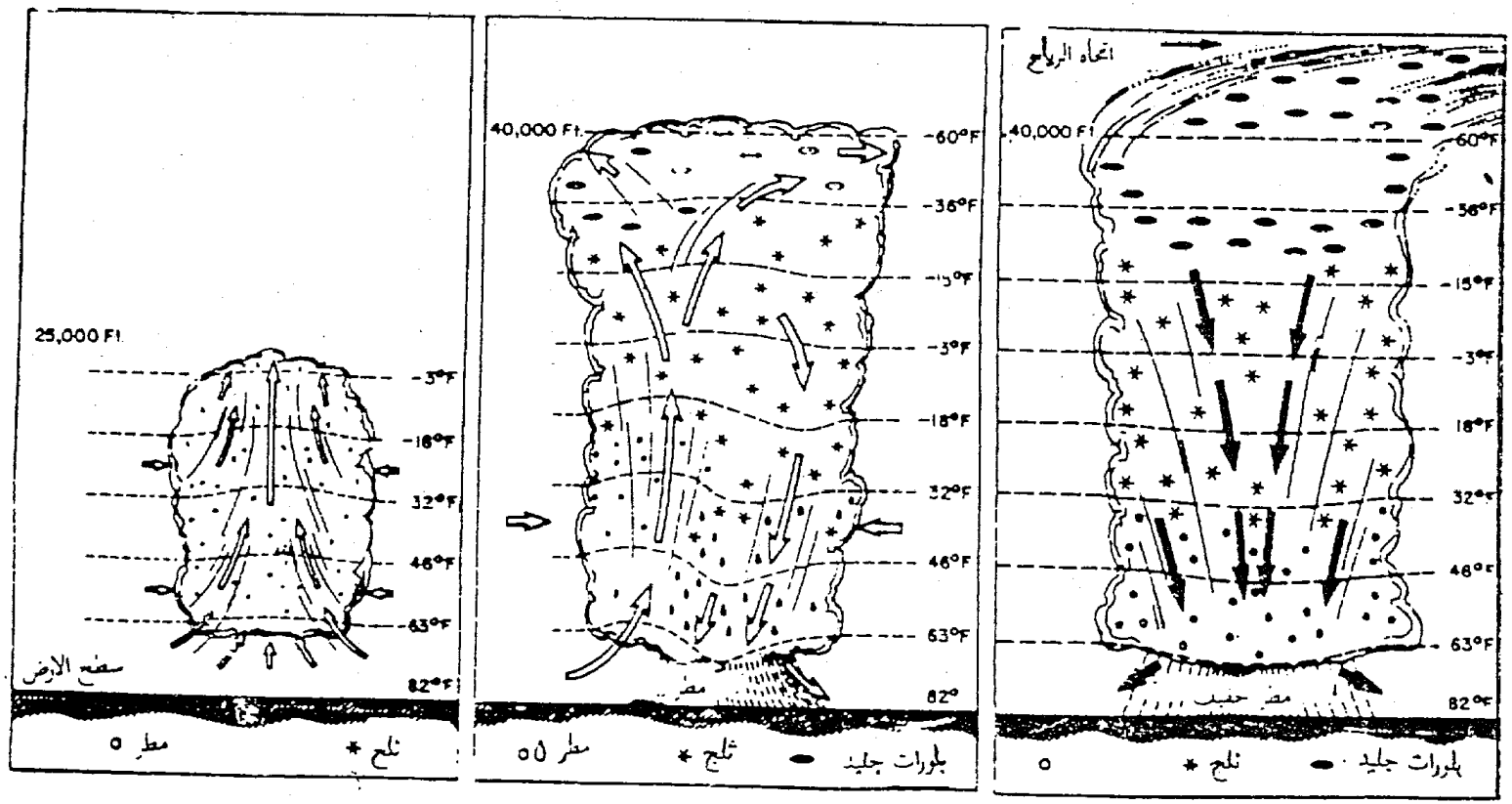
البَّرد Hail:

يتكون البَّرد عند ارتفاع قطرات الماء مع التيارات الصاعدة القوية الى طبقات الجو العليا الباردة جداً (حوالي -٣٥°م) فتتجمد قطرات الماء وتنمو الى احجام مختلفة حسب شدة التيارات الصاعدة. ويختلف البّرد من حيث الحجم، وتتراوح من الحبات الصغيرة (اقل من ٥ملم) الى حبات كبيرة وصل قطرها الى ١٩سم وبوزن ٧٦٥ غرام وبمحيط ٤٤سم، ولكن الاكثر تكراراً بقطر ٢سم. ويصل البرد الى سطح الارض باشكال متعددة اكثرها شيوعاً البيضوي والكروي.

يسقط البّرد في اقاليم العروض المعتدلة في فصل الشتاء، وفي المناطق القارية في الربيع والصيف. وللبّرد اثار سلبية على حركة الطائرات والزراعة، ويسبب خسائر كبيرة في الانتاج الزراعي خاصة في المناطق التي يزداد فيها تكرار سقوطه. ويعمل العلماء على تخفيف اثار البرد بمحاولة تقليل حجمه وصلابته. ويلجأ المزارعون الى مقاومته عن طريق اختيار المحاصيل المقاومة للبرد، وزراعة المحاصيل بصفوف موازية لاتجاه سقوطه او تقسيم الملكية الزراعية وزراعة اجزاء منها.

العواصف الرعدية Thunderstorms:

هي العواصف الجوية القوية المصحوبة بالرعد. وتحدث عندما تتكون تيارات الحمل الصاعدة فتنمو السحب الركامية السمكية خلال مرحلة النمو. وفي مرحلة النضج تنمو قطرات الماء وترتفع غيوم المزن الركامية الى التروبوبوز، وتنشأ فيها التيارات الهابطة بسبب سقوط الأمطار. وفي مرحلة الاضمحلال تتوقف التيارات الصاعدة عن تغذية الغيوم ويستمر سقوط الامطار الخفيفة (شكل ٣٦). ويتراوح عمر العاصفة الواحدة حوالي الساعة، ولكنها قبل ان تتلاشى تولد عواصف اخرى ويستمر تأثيرها احياناً لعدة ساعات.



شكل ٣٦ : مراحل تكوين العاصفة الرعدية

تكون العواصف الرعدية مصحوبة بالمطر والبَرد، وفي فصل الشتاء تسقط الثلوج في العروض الوسطى. ويحدث فيها البرق الذي ينتج عن التفريغ الكهربائي بين مناطق الشحنات السالبة والموجبة، وقد يحدث البرق في السحابة الواحدة او بين سحابة واخرى او بين سحابة وسطح الارض. ونتيجة لتمدد الهواء المفاجئ بسبب ارتفاع درجة حرارته يحدث الرعد، وهو الصوت الذي يسمع بعد رؤية البرق.

ويصحب العواصف الرعدية التي تتكون في الربيع والصيف في النصف الشرقي من الولايات المتحدة ظاهرة زوبعة التورنادو Tornado، وهي عبارة عن خرطوم من الهواء اللولبي الحركة يصل اسفل السحابة بسطح الارض. غالباً لا يزيد قطرها الملامس لسطح الارض عن ٥٠٠م. وتعد من اشد الظواهر الجوية تدميراً بسبب انخفاض الضغط الجوي فيها، وسرعة الرياح التي تصل احيانا الى ٥٠٠كم/ساعة. ويحدث التورنادو في كل الشهور، واكثرها تكراراً في ايار وحزيران. وتسبب خسائر مادية وبشرية كبيرة في كل عام.

الاعاصير المدارية Tropical cyclones:

وهي الاعاصير التي تؤثر على الاقاليم المدارية الواقعة تحت تأثير الرياح التجارية، وتتكون اعداد كبيرة من الاضطرابات الجوية المدارية والتي تسبب سقوط الامطار قبل تلاشيها. ولكن عدد قليل منها يصل الى مرحلة الاعصار عندما تزيد فيه سرعة الرياح عن ١٢٠كم/ساعة. وتسمى الاعصار في جنوب اسيا والتايفون في اليابان والصين والهاريكين في امريكا.

تنشأ الاعاصير المدارية فوق المسطحات المائية الحارة والقريبة من خط الاستواء (حوالي ١٠°) والتي تزيد فيها درجة حرارة المياه عن ٢٧°م. ثم تتحرك من الشرق الى الغرب فوق مياه المحيطات. واهم مناطق حدوثها هي

جزائر الهند الغربية وخليج المكسيك وبحر العرب وبحر الصين وجزائر الفلبين واليابان وشرق جزيرة مدغشقر وشرق استراليا. ويلاحظ ان جميع تلك المناطق تقع على الجانب الغربي للمحيطات.

وتشتد الاعاصير اثناء سيرها فوق مياه المحيطات لانها تستمد طاقتها من الحرارة الكامنة المنطلقة في الجو من عملية تكاثف بخار الماء المتصاعد من المحيطات الدافئة. وتسير في المحيطات عدة ايام قبل ان تصل الى اليابس حيث تصب غضبها، وتحدث خسائر كبيرة بسبب الفيضانات التي تسببها الامطار الغزيرة، والرياح الشديدة التي تدور حول عين الاعصار والتي قد تصل سرعتها الى ٣٥٠كم/ساعة مسببة حدوث امواج عالية على السواحل.

عين الاعصار منطقة هدوء تتميز بانخفاض الضغط فيها وارتفاع درجة الحرارة. تتكون عين الاعصار من شدة دوران الرياح حول مركز الاعصار. وتتناقص سرعة الرياح والامطار بالابتعاد عن عين الاعصار. ويبلغ متوسط قطر عين الاعصار حوالي ٣٠كم، ومتوسط قطر الاعصار ٥٠٠كم، ولكن امطاره تؤثر على مناطق اوسع.

عند دخول الاعصار اليابس يضعف بسبب فقدان مصدر قوته والاحتكاك الذي يقلل من سرعة الرياح، ويتحول الى منخفض جوي عادي. ولقد ساعدت عمليات التنبؤات الجوية ومتابعة الاعاصير بشكل دقيق، على منح السكان مدة انذار طويلة لاتخاذ الاحتياطات الضرورية. وكانت نتيجة ذلك ان انخفضت الخسائر البشرية بشكل كبير، ولكن الخسائر المادية تظل كبيرة وتزداد بانتشار العمران وتوسعه.

التصنيفات المناخية:

احد طرق التعميم هي تصنيف العالم الى اقاليم مناخية. ويعرف الاقليم المناخي كمتوسط الظروف الجوية خلال فترة زمنية معينة تحتوي عادة على المتوسطات الشهرية والسنوية لعناصر المناخ، بالاضافة الى تكرار الظواهر النادرة خلال تلك الفترة. وقام الجغرافيون بدراسة انماط التباين المكاني للمناخ على سطح الارض، ومن ثم تصنيف العالم الى اقاليم تتشابه فيها الظروف المناخية اعتماداً على عناصر المناخ وظواهره. وتعددت التصنيفات المناخية خلال القرن الحالي، فمنها ما يعتمد على عنصر واحد وبعضها يعتمد على عنصرين او اكثر. ومن هذه التقسيمات:

١) التصنيفات التي اعتمدت على عنصر واحد كالحرارة والامطار او صافي الاشعة الشمسية.

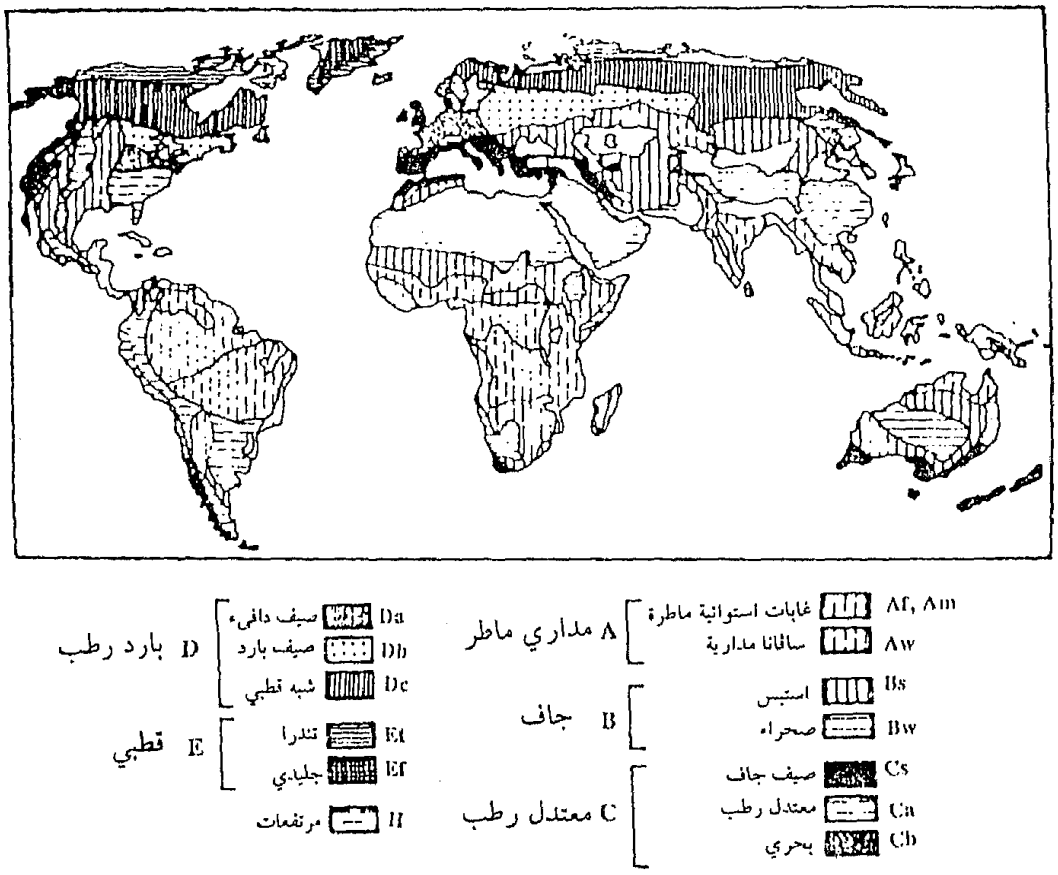
٢) التصنيفات التي اعتمدت على الكتل الهوائية.

٣) التصنيفات التي اعتمدت على تأثير المناخ على الانسان.

٤) التصنيفات التي اعتمدت على اكثر من عنصر مثل الحرارة والامطار.

٥) التصنيفات التي اعتمدت على الموازنة المائية في التربة.

واكثر هذه التصنيفات شيوعاً هو تصنيف كوبن Koppen. وكان كوبن متخصص في الجغرافية النباتية والمناخية، واراد ان يتوصل الى حدود مناخية تتطابق مع حدود انواع النباتات الرئيسية. وقام بتصنيف العالم الى اقاليم مناخية علىاساس المتوسطات الشهرية والسنوية لدرجات الحرارة والامطار. والاقاليم المناخية الرئيسية في تصنيف كوبن هي كما يلي (شكل ٣٧):



شكل ٣٧ : الاقاليم المناخية حسب تصنيف كوبن (نعمان شحادة، ١٩٨٨)

١) المناخ المداري المطير (A) ويقسم الى ثلاثة انواع هي:

أ- المناخ الاستوائي الرطب (Af) او مناخ الغابات المدارية المطيرة، امطاره طول العام ولا تقل الامطار الشهرية عن ٦سم، وفيه تغير طفيف في درجات الحراة والامطار.

ب- المناخ المداري (Aw) او مناخ اقليم السافانا الذي يتميز بفصل جاف في الشتاء حيث تقل الامطار عن ٦ سم في شهر واحد على الاقل، وفيه تغير قليل في الحرارة والامطار.

جـ- المناخ الموسمي (Am): معظم امطاره في فصل الصيف ويكون فيه فصل جاف قصير.

٢) **المناخ الصحراوي (B)** وهي المناطق التي تقل فيها الامطار عن التبخر، واقسامه هي:

أ) المناخ الصحراوي الجاف، وهو نوعين: مناخ صحراوي حار (BWh) في العروض المدارية، ومناخ صحراوي جاف بارد (BWk) في العروض المعتدلة.

ب) مناخ الاستبس (شبه الصحراوي) وهو قسمين: مناخ الاستبس الحار (BSh) وهو انتقالي بين المناخ الصحراوي الجاف والمعتدل، ومناخ الاستبس البارد (BSk) في العروض المعتدلة.

٣) **المناخ المعتدل الدافئ (C)** ويقسم الى:

أ) المناخ المعتدل الرطب (Cf) امطاره طوال العام ولا تقل الامطار الشهرية عن ٣سم.

ب) المناخ المعتدل الجاف شتاءاً (Cw) امطاره صيفية ويتمثل في الاراضي المرتفعة في العروض المعتدلة.

جـ) مناخ البحر المتوسط (Cs) امطاره في فصل الشتاء وتكون اكثر من ٧٠٪ من مجموع الامطار الشتوية.

٤) **المناخ البارد (D)** ويقسم الى:

أ) المناخ البارد والرطب (Df) الممطر طول العام ويسود على السواحل الغربية للقارات.

ب) المناخ البارد الجاف شتاءاً (Dw) او مناخ الغابات البارد ذو الامطار الصيفية. ومعدل الحرارة اكثر من ١٠°م خلال اقل من ٤ شهور.

٥) **المناخ القطبي (E)** ويقسم الى:

أ) مناخ التندرا (ET) حيث معدل اكثر الشهور حرارة بين صفر-١٠°م.

ب) المناخ المتجمد (EF) حيث يسود الثلج الدائم ويقل فيه معدل الحرارة الشهرية عن الصفر المئوي.

٦) **مناخ المرتفعات الجبلية (H)** حيث تتميز المناطق الجبلية بظروف مناخية تختلف عن المناطق المجاورة.