المحاضرة الرابعة

الحرارة Temperature

إعداد: د. حيدر الحسن

17/11/2020

مقدمة

- الإشعاع الشمسي الذي يمتصه سطح الأرض **يتحوَّل إلى حرارة:**

- جزء من هذه الحرارة يذهب إلى **تسخين الطبقة الجوية الملامسة لسطح الأرض** وإلى **تبخير الماء الموجود في الطبقة العليا من التربة وفي النباتات.**

- أمَّا باقي الحرارة فينتقل إلى الطبقات السفلية من التربة.

- وتتغيَّر حرارة الهواء والتربة كلما كان **وصول الأشعة الشمسية غير منتظم خلال أيام السنة**، وهذا التغيّر يتراوح أحياناً بحدود واسعة.

تعدُّ درجة الحرارة هي من أهم عناصر المناخ وهذا يرجع إلى:

1. تأثيرها المباشر وغير المباشر **على الظواهر الجوية كافةً** وتأثيرها المختلف على مظاهر الحياة كلها.
2. تحكّمها في **توزيع المناخ والغطاء النباتي** على مناطق الكرة الأرضية، وإضفاء أشكال مميزة لمظاهر سطح الأرض.
3. اختلاف درجة الحرارة يؤدّي إلى **اختلاف كثافة الهواء وضغطه**، وبالتالي **يتحرك الهواء من المناطق الأكثر كثافة إلى المناطق الأقل كثافةً، كما ينشأ عن عمليات التسخين والتبريد حركات صاعدة وهابطة للهواء**، وتتحوَّل الطاقة الحرارية إلى طاقة حركية تعمل على تحريك جزيئات الهواء.
4. ارتباط كمية بخار الماء في الجو بدرجة الحرارة بصورة وثيقة، **وما اختلاف كمية الهطول في العالم إلا انعكاسٌ مباشرٌ أو غير مباشر لدرجة الحرارة وذلك للدور الذي تؤدّيه الحرارة في التبخُّر وفي حركة الهواء.**

أهمية الحرارة في النشاط الحيوي للنباتات والحيوانات الزراعية

- يتحقَّق التمثيل الضوئي والتنفّس وتبخّر الماء وهضم المواد الغذائية في التربة وعمليات فيزيولوجية أخرى في الكائنات النباتية في **نطاق محدَّد من درجة الحرارة.**
- حيث توجد مجالات حرارية للنشاط الحيوي عند النباتات: الحد الأدنى البيولوجي والحد الأعلى البيولوجي **وتقع بينهما منطقة حرارية مثالية** وعند هذه الحرارة يجري تطور النباتات ويتشكّل أفضل كثافة للمحصول.
- تبدي حرارة التربة تأثيراً كبيراً على نمو المجموع الجذري، وعلى نشاط الكائنات الحية الدقيقة في التربة، **وعلى امتصاص النبات لكل من الفوسفات والنترات من التربة.**
- إنَّ زيادة سرعة تطوّر النباتات **تزداد بالتناسب** مع ارتفاع درجة الحرارة ولكن إلى حدّ معين. **وعند الزيادة التالية تتباطأ سرعة تطوّر النبات، ومن ثمَّ يتدهور ويموت النبات.**
- وكذلك يرتبط انتشار **الآفات** وأثرها الضار على المزروعات بعلاقة وثيقة مع النظام الحراري.
- تحدّد الظروف الحرارية **حالة وسلوك وإنتاجية الحيوانات الزراعية** بصورة كبيرة.

طرق انتقال الحرارة

- الإشعاع Radiation
- التوصيل Conduction
- الحمل Convection

الإشعاع Radiation

- بهذه الطريقة تنتقل الحرارة على شكل موجات دون الحاجة إلى وسط ليتم الانتقال فيه.

- فمثلاً، أشعة الشمس تصل سطح الأرض على شكل **موجات تنتقل عبر الفراغ المحيط بالشمس**
- وعندما نقف بقرب جسم حار فإننا نشعر بموجات حارة نتيجة الأشعة الحارة التي يشعّها هذا الجسم الحار.

- وكذلك الأرض تصدر **أشعة طويلة الموجة(تحت الحمراء)** تساهم في زيادة حرارة الجو. **وبالتالي يأخذ الجو حرارته من الشمس والأرض معاً.**

التوصيل Conduction

- هو عملية انتقال الحرارة خلال وسط نتيجة التماس بين الجزيئات الدقيقة المكونة لهذا الوسط. فمثلاً إذا سخنا طرف قضيب من المعدن فإنَّ النهاية الثانية من هذا القضيب سوف تسخن بسبب انتقال الحرارة عن طريق الجزيئات المكوّنة له.

- وهنا تنتقل الطاقة الحرارية من الأجسام الحارة إلى الأجسام الباردة بصورة مستمرة، ولا يمكن أن يحدث العكس بقوة ذاتية. ومعنى ذلك أنَّ الكون يتجه إلى درجة **تتساوى فيها حرارة جميع الأجسام** وينضب منها معين الطاقة، ويومئذ لن تكون هناك عمليات كيماوية أو طبيعية، ولن يكون هنالك أثر للحياة نفسها في هذا الكون.

- لذلك فإننا نستنتج أنَّ **هذا الكون لا يمكن أن يكون دائماً باقياً(أي أنَّه فاني)** وإلاَّ لاستهلكت طاقته منذ زمن بعيد وتوقف كل نشاط في الوجود.

الحمل Convection

- وهو انتقال الحرارة نتيجة **انتقال المادة المسخَّنة نفسها**. أي **نتيجة التسخين غير المنتظم لمناطق مختلفة من سطح الأرض تنتقل جزيئات الهواء عمودياً.**

- وهكذا نجد الهواء **الأكثر حرارة والأقل كثافة** يتصاعد نحو الأعلى متمدّداً مصطحباً معه الحرارة التي اكتسبها من سطح الأرض ليحلّ بدلاً منه **الهواء البارد** الذي يسخن بدوره ليرتفع أيضاً نحو الأعلى **وهكذا يتكوَّن تيار صاعد من الهواء.**

التوصيل
Conduction
تيارات الحمل
Convection
الاشعاع
مصدر الحراري
Radiation

دخان سخن
وقابل للاشتعال
تيارات الحمل
انتقال الأجسام
الصغيرة
الإشعاع الحراري
هواء بارد
هواء بارد
التوصيل

العوامل المؤثِّرة في درجة الحرارة

- خطوط العرض Latitude
- فصول السنة Seasonal effect
- سطح الأرض Surface
- التضاريس Relief
- الارتفاع عن سطح البحر Altitude

1-خطوط العرض Latitude

- تتوقَّف كميَّة الحرارة التي تكتسبها منطقة ما على **شدَّة الإشعاع الشمسي الوارد**، وعلى **طول فترة الإضاءة**، وهذا كله مرتبط **بدرجة عرض المكان**.
- **فكلما ابتعدنا عن خط الاستواء قل ارتفاع الشمس فوق الأفق**، وكلما ابتعدنا عن المدار **سقطت أشعة الشمس مائلة** على سطح الأرض، **أي قلَّت كمية الحرارة الناشئة عنها**.

- **لهذا يمكننا أن نلاحظ أنَّه على سطح الأرض:**
- **منطقة حارة** (استوائية ومدارية) تقع في خطوط العرض المنخفضة.
- **منطقتين معتدلتين-** واحدة في كل نصف من الكرة الأرضية – تقعان في خطوط العرض المتوسطة.
- **منطقتين باردتين تمتدان حول القطبين.**

2- فصول السنة Seasonal effect

- ينتج عن دوران الأرض حول الشمس **اختلاف في ميل الأشعة التي تسقط على نقطة ما من الأرض خلال العام.**

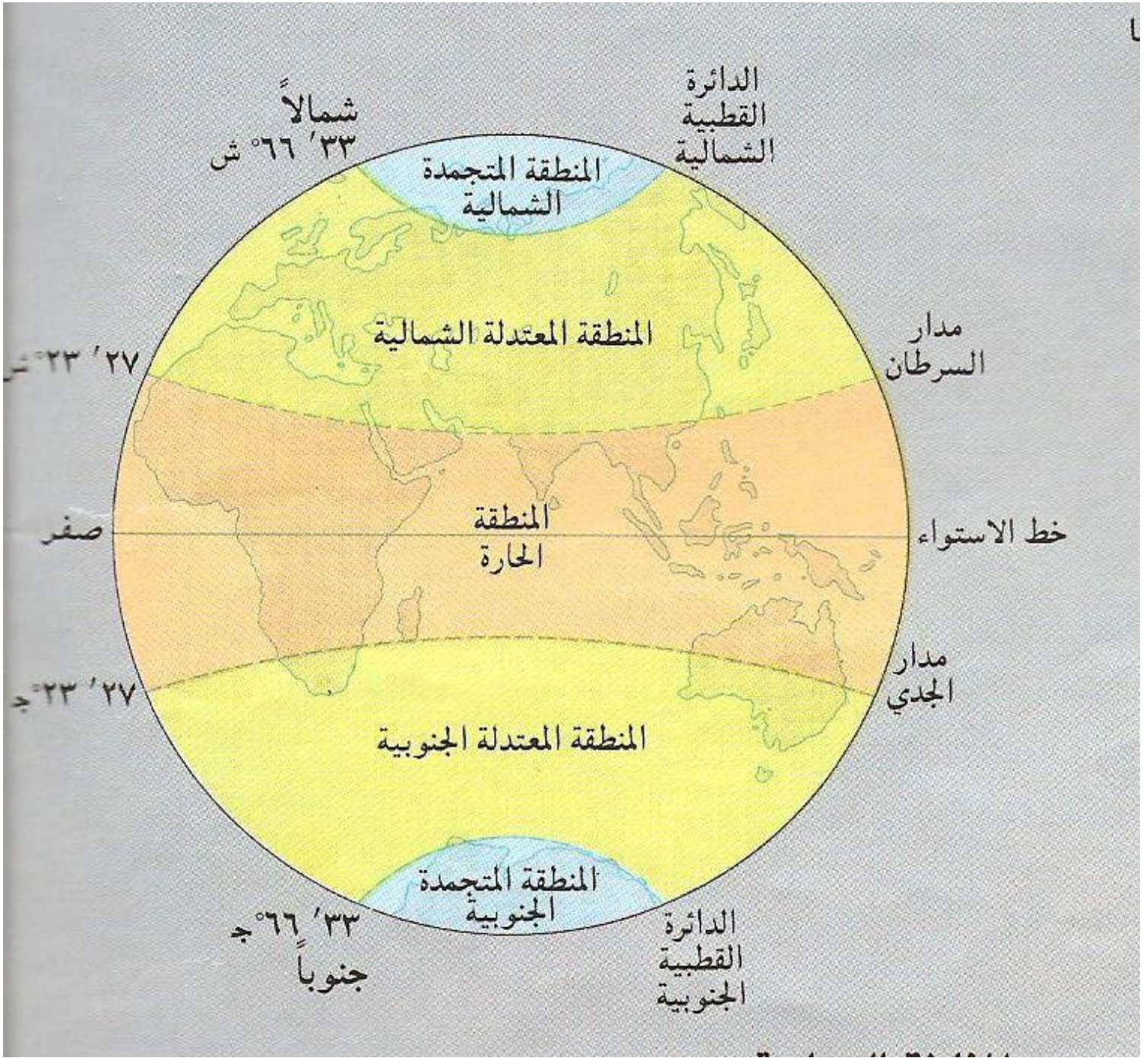
- فعندما توجَّه الأرض نحو الشمس نصفها الشمالي تسقط الأشعة مائلة على النصف الجنوبي ويكون النهار أطول **شمالاً** وبذلك يكون الفصل **حاراً**، والعكس يكون في النصف الجنوبي وبذلك يكون الفصل **بارداً**.
- وبعد مضي **ستة أشهر** تنعكس الحال فيسود الصيف في نصف الكرة الجنوبي والشتاء في نصفها الشمالي.

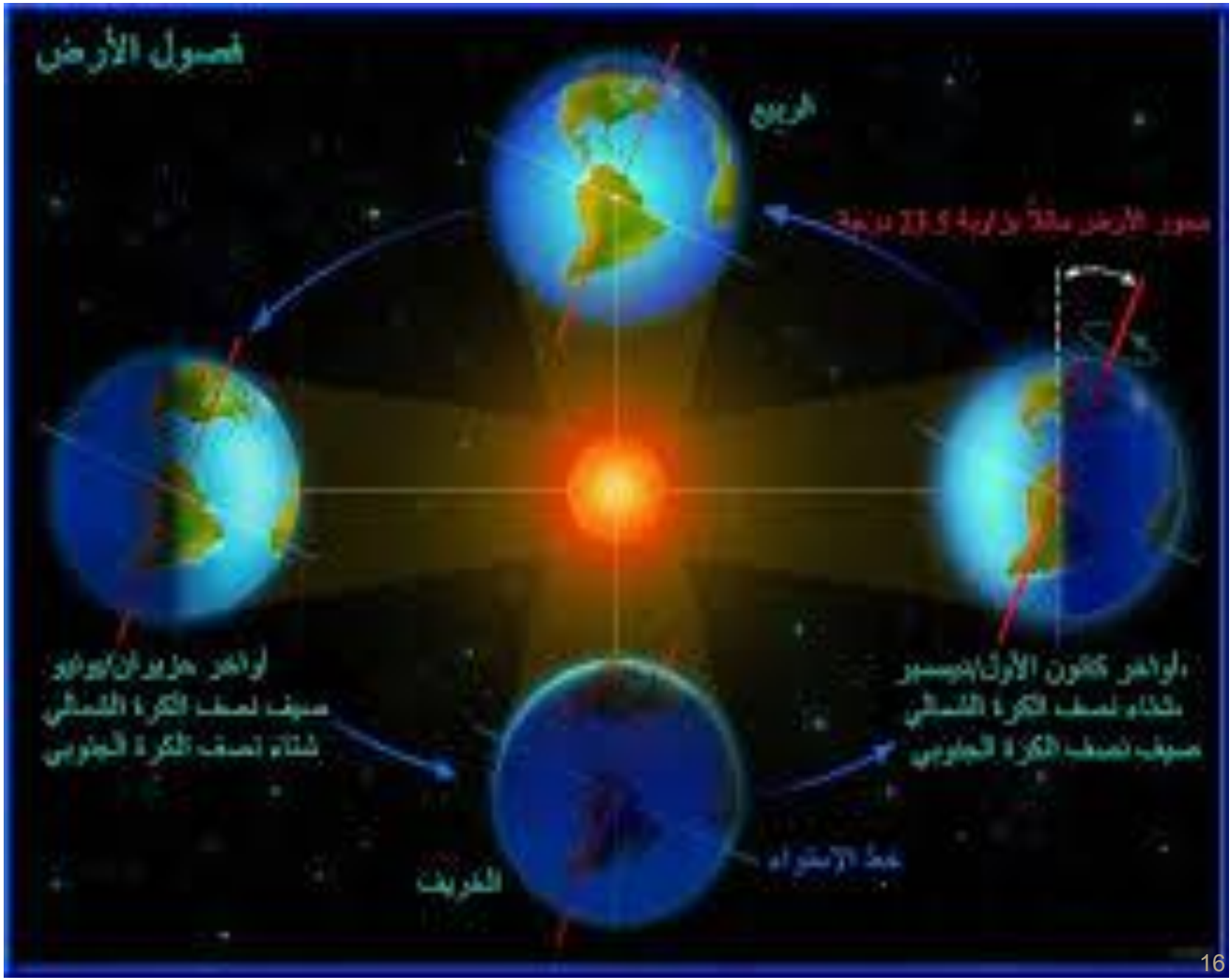
ولذلك نميّز من حيث **اختلاف درجة الحرارة أثناء السنة ثلاثة أنواع من المناطق:**

- **المنطقة الاستوائية والمدارية:** حيث يكون **طول النهار ثابتاً** تقريبا على مدار السنة **وتسقط أشعة الشمس دوماً بصورة شاقولية أو قريبة منها.** وتختلف الحرارة قليلاً أثناء السنة **والفرق بين الفصول غير واضح تماماً.**

- **المناطق المعتدلة:** حيث يزداد اختلاف ارتفاع الشمس فوق الأفق كما يزداد اختلاف طول النهار بمقدار ما تبعد هذه المناطق عن خط الاستواء **وتتميز الفصول بشكل واضح.**

- **المناطق القطبية:** حيث يسود **الليل تقريباً طوال مدة الشتاء** ويسود **النهار طوال مدة الصيف تقريباً،** وذلك بسبب **نور الشمس الوهاج** من بدء الغروب إلى الشروق، **والذي يجعل فترة الليل مضيئة رغم غياب قرص الشمس تحت الأفق.**
وبما أنَّ أشعة الشمس تكون على درجة كبيرة من الميل فإنَّ **الصيف يكون بارداً والشتاء جليدياً شديد البرودة.**


الدائرة
القطبية
الشمالية
شمالاً
٦٦° ٣٣′ ش
المنطقة المتجمدة
الشمالية
المنطقة المعتدلة الشمالية
مدار
السرطان
٢٣° ٢٧′
صفر
المنطقة
الحارة
خط الاستواء
مدار
الجدي
٢٣° ٢٧′ ج
المنطقة المعتدلة الجنوبية
المنطقة المتجمدة
الجنوبية
٦٦° ٣٣′ ج
جنوباً
الدائرة
القطبية
الجنوبية


فصول الأرض
الربيع
محور الأرض مائلاً بزاوية 23.5 درجة
أواخر مارس/آذار/أوائل
صيف نصف الكرة الشمالي
شتاء نصف الكرة الجنوبي
أواخر كانون الأول/ديسمبر
شتاء نصف الكرة الشمالي
صيف نصف الكرة الجنوبي
الخريف
خط الاستواء

3-سطح الأرض Surface

- تؤثّر طبيعة سطح الأرض على سرعة تغيّر درجة حرارته. والفرق كبير بين البحر والبر **حيث يسخن ويبرد الماء ببطء وبمدة أطول من المدة التي يسخن أو يبرد بها البر وذلك للعوامل التالية:**

1. الحرارة النوعية للماء **أعلى** من الحرارة النوعية لليابسة.
2. تسخن قشرة الأرض الصلبة إلى عمق **لا يزيد عن 20** متراً، وقد يبلغ عمق طبقة الماء التي تتأثر بحرارة الشمس **200 متر.**
3. **التبخّر:** إنَّ تحوُّل الماء إلى بخار **يحتاج إلى طاقة**، وعندما يحصل تبخّر من سطح التربة أو من البحار **فإنَّ الماء المتبخّر يستمد معظم الطاقة اللازمة لتبخره من الجسم الذي تبخَّر منه**، ولذا يحصل انخفاض في درجة حرارة ذلك الجسم.

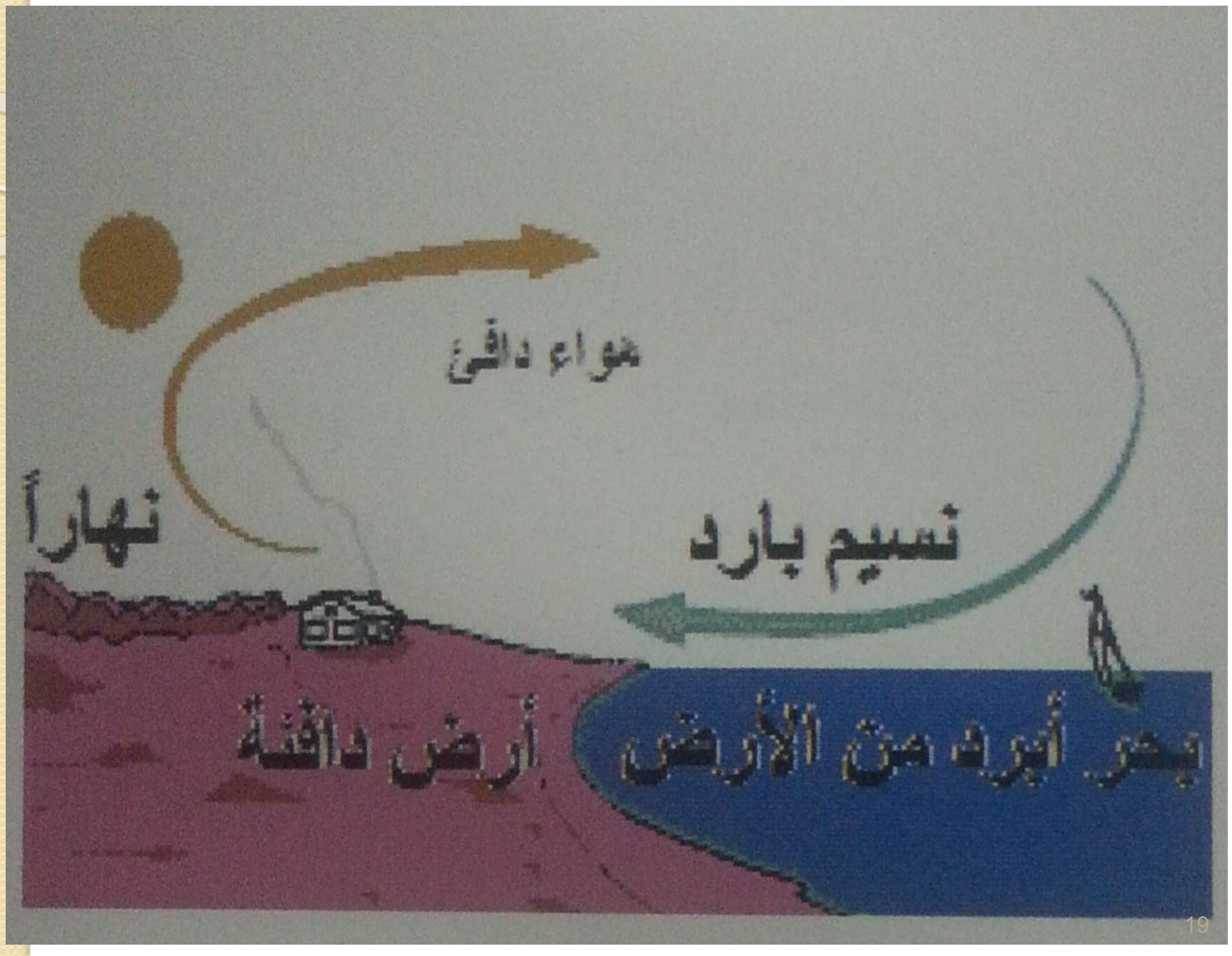
وبما أنّ كمية الماء المتبخّرة من البحر **أعلى بكثير من البر**، فإنَّ الطاقة التي تُستمد من البحر تكون **أكثر من البر**، **وبالتالي تنخفض درجة حرارة البحر أكثر من البر.**

4. **تختلط مياه البحر مع بعضها بسبب التيارات البحرية وينتج عن ذلك حرارة متوسطة لامثيل لها في البر.**

ويُعتبر هواء البحار أقل حرارة في النهار خلال الصيف وأقل برودة في النهار خلال الشتاء من هواء البر.

ولذلك فإنَّ النظام البحري الذي يسود على البحار وعلى الأراضي القريبة منها هو **نظام معتدل** يمتاز **بشتاء دافئ وصيف معتدل رطب**.

أمَّا النظام القارّي فيسود في المناطق البعيدة عن البحار **ويمتاز بشتاء بارد وصيف حار**.


هواء دافئ
نهاراً
نسيم بارد
بحر أبرد من الأرض
أرض دافئة

4- التضاريس Relief

- تنخفض درجة الحرارة مع **الارتفاع عن سطح البحر** ولذلك فالجبال تشكّل **جزراً حرارية باردة**، في حين تكون السهول والوديان أكثر حرارة بوجه عام من الجبال.

- وتؤدّي واجهة المظهر التضاريسي دوراً هاماً في التأثير على درجة الحرارة،

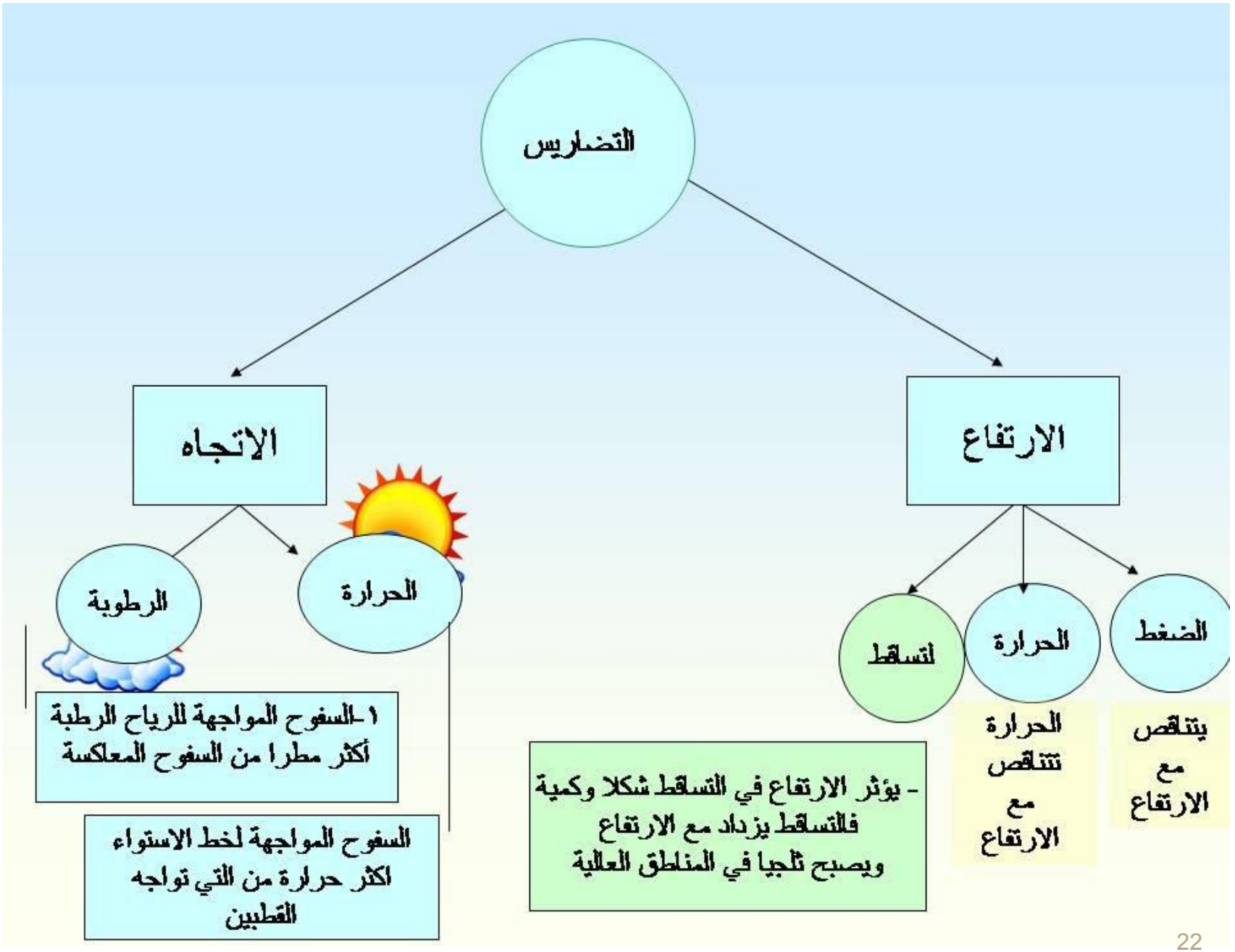
فالواجهات المعرَّضة مباشرة لأشعة الشمس تكون أكثر تلقياً للإشعاع الشمسي، وبالتالي **أكثر حرارةً** من الواجهات الواقعة في منأى عن الأشعة الشمسية أي أنَّ **الجنوب والغرب** أكثر تلقياً للحرارة من **الشمال والشرق**.

5- الارتفاع عن سطح البحر Altitude

- تنخفض **درجة حرارة الهواء** مع الارتفاع عن سطح الأرض. ويسمَّى تغيّر الحرارة لكل **100 متر** ارتفاعاً **بالتدرّج الحراري العمودي** Vertical temperature gradient.
- ويتوقَّف هذا التغيّر في التدرج الحراري العمودي بالعلاقة مع الوقت في **السنة والوقت من اليوم ومع الارتفاع**.

حيث يبلغ التدرّج الحراري العمودي وسطياً في طبقة **التروبوسفير0.5-0.6 مْ/100 متر**. ويكون موجباً إذا تناقصت الحرارة مع الارتفاع وسالباً إذا زادت مع الارتفاع.

- يسمَّى ارتفاع الحرارة مع الارتفاع **بالانقلاب الحراري Inversion**.
- وإذا لم تتغيَّر الحرارة مع الارتفاع (خط التساوي في درجة الحرارة Isotherme) **فالتدرج الحراري العمودي يساوي الصفر لكل 100 متر.**


التضاريس
الارتفاع
الاتجاه
الضغط
الحرارة
لتساقط
الحرارة
الرطوبة
يتناقص مع الارتفاع
الحرارة تتناقص مع الارتفاع
- يؤثر الارتفاع في التساقط شكلا وكمية فالتساقط يزداد مع الارتفاع ويصبح ثلجيا في المناطق العالية
١-السفوح المواجهة للرياح الرطبة أكثر مطرا من السفوح المعاكسة
السفوح المواجهة لخط الاستواء اكثر حرارة من التي تواجه القطبين

هذا ويحصل عادةً تحرّك شاقولي للهواء بفعل العوامل التالية:

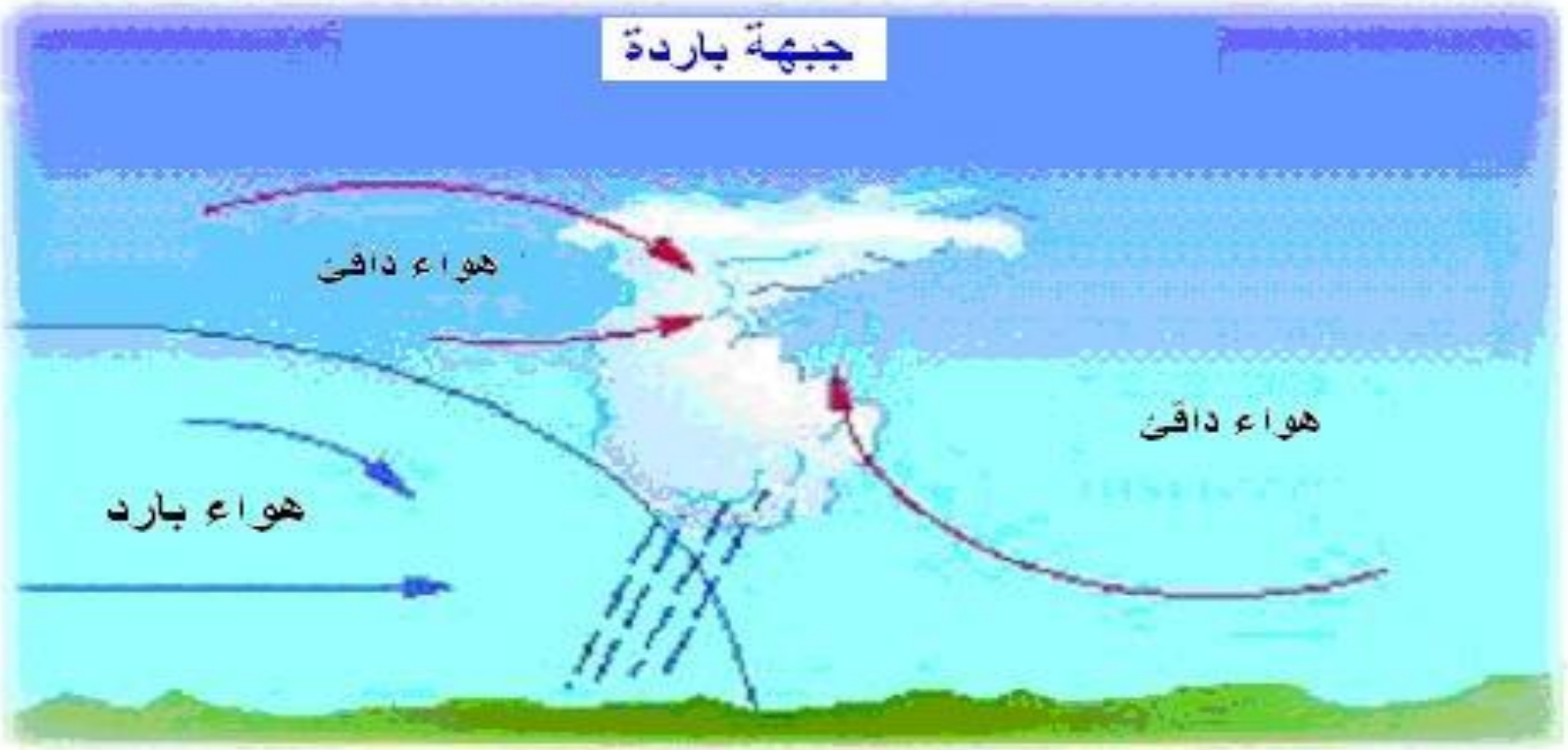
- أ- **التسخين الشديد لسطح الأرض والهواء المجاور** له الأمر الذي يؤدّي إلى خفّة وزنه وارتفاعه وتمدّده.

- ب- عندما يصطدم هواء متحرّك أفقياً بجبل فإنَّه **سيصعد إلى قمة الجبل** وقد يهبط إلى الطرف الآخر.

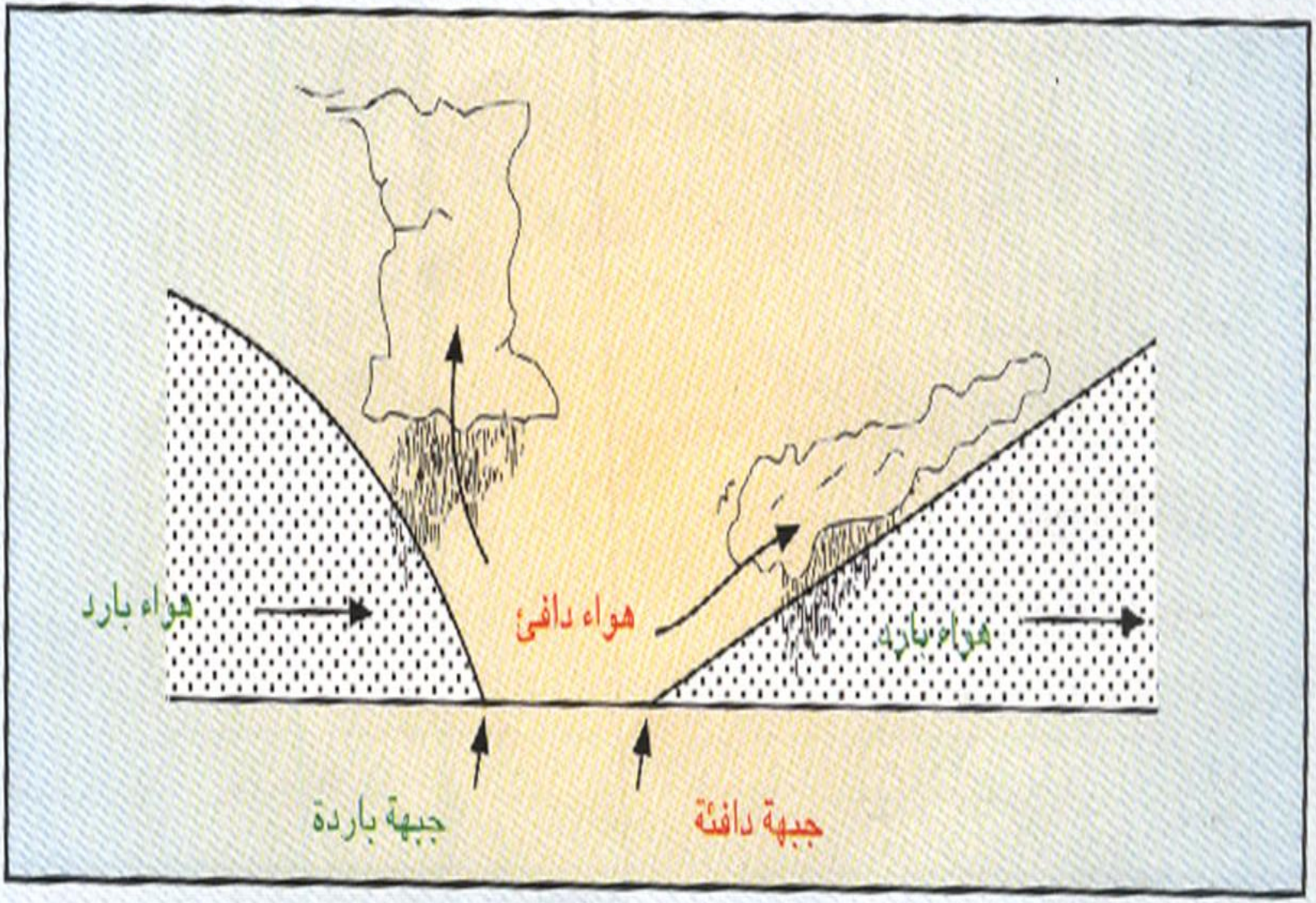
- جـ- عندما يصطدم تيار هواء **ساخن** بتيار هواء **بارد** فإنَّ التيار الساخن **سيعلو** التيار البارد **لأنه أخف منه**.

ويطلق على خط الالتقاء بينهما اصطلاح **الجبهة " Front "**.
والواضح أنَّ هذه الحركة **ليست شاقولية تماماً** ولكن سيكون هناك **تيار مستمر من الهواء الساخن فوق الهواء البارد**.

- د- إنَّ **حُزم الهواء المتحركة أفقياً** من جهات مختلفة قد يحصل لها **تجمُّع** فيولّد حركة شاقولية إلى أعلى **أو تباعد** مما يولّد حركة شاقولية إلى أسفل.


جبهة باردة
هواء دافئ
هواء دافئ
هواء بارد

جبهة حارة
هواء دافئ
هواء بارد



● شكل (٥) الرفع الديناميكي للهواء في منطقة الجبهات الهوائية الدافئة والباردة.

- إنَّ الهواء المرتفع سوف **يتمدَّد** نظراً **لانخفاض الضغط في الطبقات العليا**، وسوف يفقد حرارة إضافية نتيجة هذا التمدّد علاوةً على الانخفاض الذي يحصل بفعل الارتفاع والذي أطلق عليه معدل التغير (الهبوط) Lapse rate.

- يطلق على انخفاض درجة حرارة الهواء الصاعد مصطلح معدَّل **التغير الادياباتيكي أو الذاتي** Adiabatic lapse rate، ويختلف هذا المعدَّل الأخير حسب **كمية الرطوبة في الهواء الصاعد**.

فإذا كان الهواء **جافاً** يُطلق على التغيّر في درجة الحرارة مع الارتفاع **اسم معدل التغير الذاتي الجاف** ويساوي وسطياً: **10 درجات مئوية لكل 1000 متر.**

- أمَّا إذا كان الهواء **رطباً** فإنَّه **يبرد** عند الصعود، ونتيجة **لذلك يتحول بخار الماء المحمول في هذا الهواء المجاور الصاعد إلى ماء،**

ونتيجةً لهذا التحوّل فإنَّ **الحرارة المنتشرة** من هذا التحوّل **يمتصها الهواء المجاور ويعدّل من انخفاض درجة حرارته مع الارتفاع.**

ويُطلق على التغيّر في درجة الحرارة في هذه الحالة اصطلاح **معدَّل التغير الذاتي الرطب** ويساوي بالمتوسط **6** درجة مئوية لكل **1000 متر.**

المسار اليومي والسنوي لحرارة الهواء:

- يتمّ تحديد المسارات اليومية والسنوية لحرارة الهواء في الطبقة القريبة من سطح الأرض بالاعتماد على قيم **الحرارة على ارتفاع 2 م**.

- تتحدَّد خصائص مسار حرارة الهواء بأعلى وأدنى درجة حرارة **(الحرارة العظمى والحرارة الصغرى)**. والفرق بين هاتين الحرارتين يسمَّى **المدى الحراري اليومي**. وعندما يكون مسار الحرارة اليومي طبيعياً فإنَّ **أدنى** درجة حرارة تلاحظ قبل **شروق الشمس** أمَّا **أعلى** درجة حرارة فتسجَّل بعد **2-3 ساعات من منتصف النهار**.

- ويلاحظ بأنَّ المدى الحراري اليومي **للهواء أقل** من المدى الحراري لسطح التربة. حيث يصادف **أكبر** مدى حراري في المناطق **الصحراوية المدارية وشبه المدارية** ويتجاوز المدى الحراري **20** ْم خلال العام كله. وكذلك يكون المدى الحراري **أكبر** في الأيام الصافية من الأيام الغائمة.

- المدى الحراري اليومي للهواء فوق المحيطات يساوي وسطياً **2-3** ْم، وفي عمق القارات يساوي **20-22** ْم.

يتوقَّف المدى الحراري في اليابسة على التضاريس:

- المدى الحراري للوديان المغلقة والمنخفضات **أكبر من** المدى الحراري فوق قمم التلال، **حيث يلاحظ خلط الهواء أشد.**
- **ينخفض** المدى الحراري اليومي مع **زيادة الارتفاع** عن مستوى البحر.
- ويسمَّى الفرق بين متوسط درجات الحرارة الشهرية لأحر شهر وأبرد شهر في السنة **بالمدى الحراري السنوي** Annual range.
- ويسمَّى الفرق بين درجة الحرارة المطلقة العظمى ودرجة الحرارة المطلقة الصغرى خلال العام **بالمدى الحراري السنوي المطلق** (أي بين **أعلى حرارة وأخفض حرارة** تلاحظ خلال العام).

صفات النظام الحراري:

- **1- متوسطات الحرارة Mean temperature:**
- يعرف **المتوسط اليومي للحرارة** بأنه المتوسط الحسابي لدرجات الحرارة في جميع فترات الرصد.
- **المتوسط الشهري للحرارة** هو المتوسط الحسابي لمتوسطات الحرارة اليومية في جميع أيام الشهر.
- **المتوسط السنوي للحرارة** هو المتوسط الحسابي لمتوسطات الحرارة اليومية أو الشهرية خلال العام.
- **2- الحرارة العظمى والصغرى، والمدى الحراري:**
- عندما **نعلم الحد الأدنى لدرجة الحرارة في بعض الشهور** يمكن أن نحكم على ظروف **التشتية** للمحاصيل الشتوية والأشجار المثمرة، وعلى فترات انتهاء **الصقيع** في الربيع و**بدايته** في الخريف.
- تؤدّي المعطيات عن **درجة الحرارة العظمى** دوراً هاماً في معرفة **كثرة تكرار الفترات مرتفعة الحرارة شتاءً**، **وعدد الأيام الشديدة الحرارة التي تعيق نمو النباتات وترهق الحيوانات صيفاً بسبب الحر، وإمكانية تضرُّر المحاصيل في فترة امتلاء الحبوب** .... إلخ.

3- التراكمات الحرارية (مجاميع الحرارة):

- يُستخدم للتعبير عن حاجة النبات للحرارة **بمجاميع الحرارة الفعالة**، وهي عبارة عن متوسطات الحرارة اليومية التي استبعدت منها **قيم صفر النمو للمحصول**.

- يختلف **صفر النمو** من نبات إلى آخر كما **يختلف** من مرحلة تطورية إلى أخرى

فمثلاً صفر النمو للقمح5مْ في المراحل الأولى (حتى استطالة الساق) بينما يأخذ القيمة 10مْ للمراحل الأخيرة بالنسبة للأقماح الطرية و12مْ بالنسبة للأقماح القاسية.

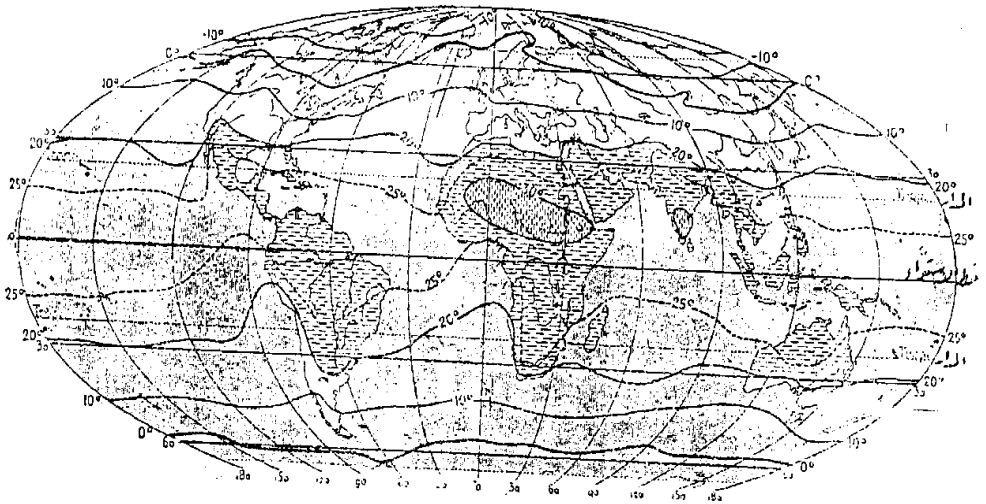
- إنَّ صفر النمو في الوقت الحالي معروف بالنسبة لمعظم أنواع النباتات، فمثلاً للذرة قيمته 10مْ وللقطن 12-15مْ بحسب الأصناف ولجوز الهند 18مْ .... الخ.

خطوط درجات الحرارة المتساوية Isotherms

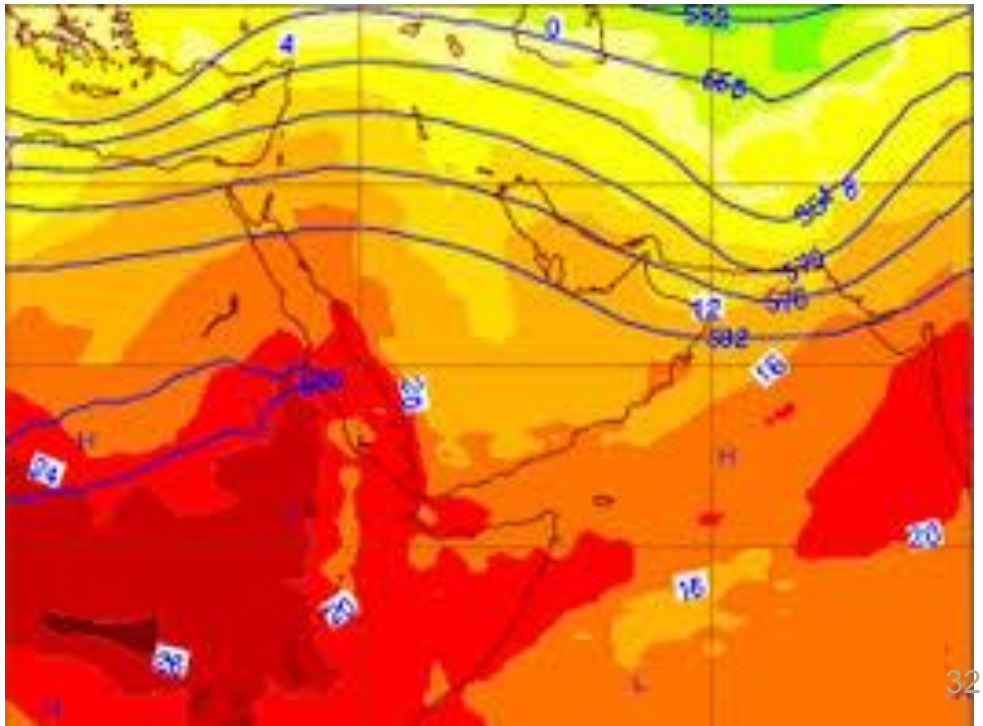
- يُستعمل لتقييم الظروف الحرارية للأرض الصفات السابقة للنظام الحراري، ولهذا ترسم خرائط متوسط درجات الحرارة السنوية، ودرجات الحرارة لأحر وأبرد شهر، وتوزع درجات الحرارة العظمى والصغرى ومجموع درجات الحرارة.....إلخ.

- يذكر على الخرائط **خطوط درجات الحرارة المتساوية**: " **وهي خطوط ترسم على الخرائط تربط بين المناطق ذات درجات الحرارة المتماثلة** أو

مجموع درجات الحرارة والتي يمكن عن طريقها معرفة توزع الحرارة فوق منطقة معينة أو على سطح الكرة الأرضية ".



شكل رقم (٤-٦) خارطة خطوط درجات الحرارة المتساوية كمتوسط سنوي لسطح الكرة الأرضية



حرارة الغطاء النباتي

- يمكن أن تكون الحرارة ضمن النباتات **غير الحرارة فوقها** أو الحرارة في **الحقل الخالي من النباتات**.
- إذاً يوجد اختلاف حراري بين **المساحات العارية والأراضي المزروعة**.
- يُلاحظ في الزراعات الكثيفة التظليل التام للتربة، وبالتالي تعدّ طبقة الأوراق العلوية **هي الطبقة الفعالة**(**هي تلك الطبقة التي تتعرض حرارتها لتغيرات يومية وسنوية**).
- تعتبر **طبقة الأوراق العلوية** في الليالي **الصافية طبقة مشعّة**، وهي تقوم **بتبريد** الأوراق المتوضّعة في الأسفل بشدَّة، **وعند الصقيع الخريفي تتضرر في الدور الأول**.
- **إنَّ حرارة أوراق النباتات التي تقع في الظل تكون قريبة عادة من حرارة الهواء.**
- ودرجة حرارة الأوراق **غير الواقعة في الظل** عندما تكون السماء **صافية** تكون عادةً أعلى **بـ 1-2 °م** من حرارة الهواء.

أهمية حساب النظام الحراري للتربة والهواء في الإنتاج الزراعي

- تعتبر حرارة الوسط المحيط أحد العوامل الأساسية في النشاط الحيوي للنباتات والحيوانات. ولذلك فإنَّ قياسها مهم لجميع فروع الإنتاج الزراعي وخاصة إنتاج المحاصيل.
- من أجل توزيع الأصناف والهجن الجديدة من المحاصيل الزراعية يجب معرفة حدود درجات الحرارة التي تسمح بنموها، ودرجات الحرارة المثالية للنمو وإنتاج المحصول، ومعرفة مجموع درجات الحرارة الفعالة من بدء الزراعة وحتى النضج ومدى توفرها في ظروف المنطقة.
- إنَّ المعطيات عن النظام الحراري للتربة والهواء ضرورية أيضاً لتقدير المواعيد المثلى للزراعة والجني، وتقييم حالة المحاصيل الشتوية والثمرية في فترة الشتاء، وصنع النظام المثالي للاستثمار في البيوت البلاستيكية، وتوزيع المحاصيل المحبّة للحرارة في المناطق المثلى التي تؤمن احتياجاتها، وحلّ سلسلة من المسائل الأخرى.

THE END