محاضرات مقرر فيزياء الأرصاد الجوية

تجميع وإعداد د/ فاطمة الزهراء محمد نبيه حسن

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

المراجع

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

الفصل الرابع: درجة الحرارة

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

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

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

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

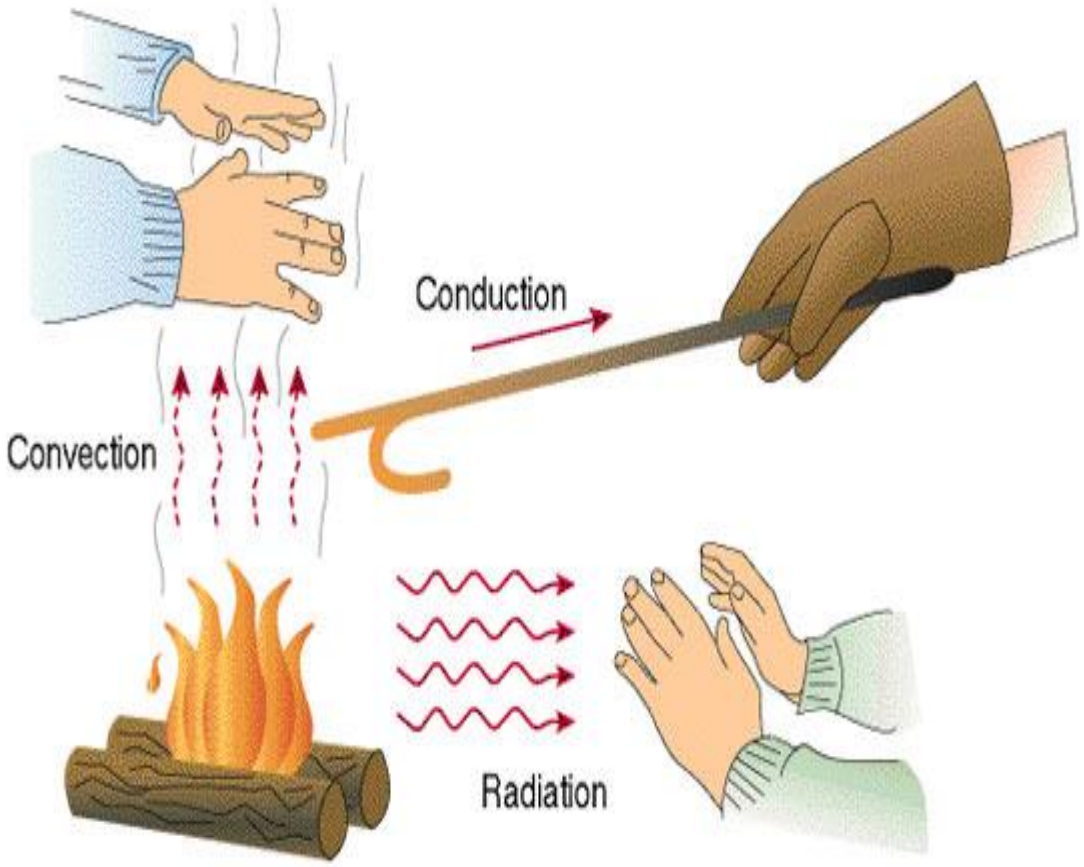
يمكن استنتاج ما يلي من توزيع المتوسط السنوي لصافي الإشعاع الشمسي المؤثر في حرارة سطح الأرض ويرتبط هذا التوزيع عكسيا مع توزيع نسب الألبيدو، وطرديا مع توزيع كمية الإشعاع الأرضي:

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

الحرارة Heat ودرجة الحرارة Temperature

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

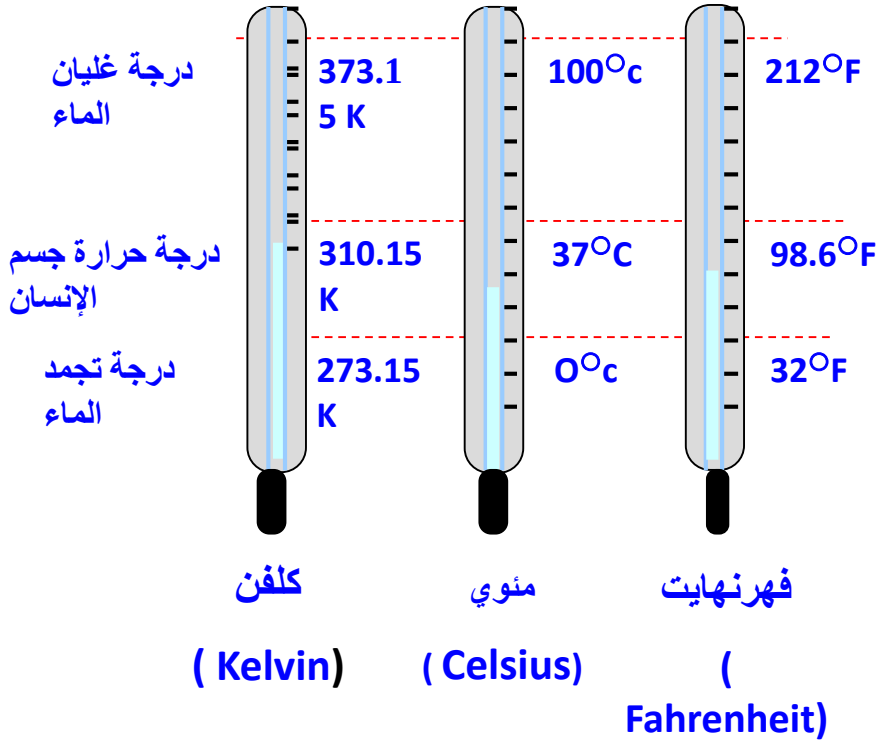
طرق إنتقال الحرارة



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

قياس درجة الحرارة

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



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

$$K = C + 273.15$$

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

ترمومتر النهاية العظمى

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

ترمومتر النهاية الصغرى

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

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

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

الثرموجراف

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

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

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

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

ب-قسمة مجموع النهاتين العظمى والصغرى على ٢.

٢-المتوسط الشهري لدرجة الحرارة Monthly Mean

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

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

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

٣-المتوسط السنوي لدرجة الحرارة Annual Mean

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

٤ -المدي اليومي لدرجة الحرارة Annual Range

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

٥-المدى السنوي لدرجة الحرارة Annual Range

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

التباين الزمني لدرجة الحرارة

وتتباين درجة الحرارة من منطقة إلى اخرى أو من مكان إلى آخر على سطح الأرض، تبعاً لتباين طبيعة سطح الأرض من يابس أو ماء، اختلاف مناسيب سطح الارض، تنوع الغطاء النباتي، بالإضافة إلى تباين التضاريس، وامتداد الغطاءات الجليدية، ونشاط الثورانات البركانية، وحركة التيارات البحرية، وتسرب حرارة باطن الأرض من خلال الشقوق والفوالق والينابيع والحفر وغيرها من العوامل المكانية التي لا يمكن حصرها.

الدورة اليومية لدرجة الحرارة

تحدث الدورة اليومية للحرارة عندما تتغير كمية الأشعة الشمسية و درجة الحرارة خلال اليوم؛ بسبب دوران الأرض حول محورها، حيث تتغير الأشعة الشمسية ودرجة الحرارة في يوم الاعتدال، عندما يتساوى طول الليل والنهار.
وتشرق الشمس الساعة السادسة صباحاً وترتفع في السماء لتصبح ذروتها في منتصف النهار، أي الساعة الثانية عشر ظهراً، ثم يتناقص ارتفاعها حتى وقت الغروب الساعة السادسة مساءً، كما يتغير وقت شروق وغروب الشمس من يوم إلى آخر حسب الفصول الأربعة. وأمّا درجة الحرارة فتبدأ بالارتفاع بعد شروق الشمس وبعد أن يسخن سطح الأرض، الذي يسبب ارتفاع درجة حرارة الهواء.

- وتُسجّل أعلى درجة حرارة بعد منتصف النهار بساعة أو ساعتين، ثم تتناقص درجة الحرارة تدريجياً حتى شروق الشمس في اليوم التالي، حيث يكون معدل تناقص درجة الحرارة في الليل أكبر. وغالباً تُسجل الحرارة الصغرى قبل شروق الشمس.
- يختلف المدى اليومي لدرجة الحرارة من مكان لآخر حسب المتوسط اليومي لدرجة الحرارة من درجات الحرارة العظمى والصغرى. ويتناقص متوسط الحرارة بالاتجاه نحو الأقطاب والابتعاد عن البحر والارتفاع عن مستوى البحر.

وكذلك حسب العوامل التالية:

- **التضاريس:** المدى الحراري اليومي في الجبال أقل ممّا هو في المناطق السهلية.

البعد عن البحر: يزداد المدى الحراري اليومي بالابتعاد عن تأثير البحار؛ لأن الماء يسخن ويبرد ببطء بالمقارنة مع اليابس.

درجة العرض: يزداد المدى الحراري اليومي بالاتجاه نحو الأقطاب، فهو في المناطق المدارية أقل من العروض الوسطى والعليا.

الحاله الجوي: تؤثر على المدى الحراري، فالغيوم والأمطار والضباب والملوّثات والرياح تقلل من المدى اليومي.

الدورة السنوية لدرجة الحرارة

تختلف درجات الحرارة من فصل لآخر تِبعاً لتغير ميلان الأشعة الشمسية وطول النهار. وترتفع درجات الحرارة في فصل الصيف؛ وذلك بسبب طول النهار وزاوية ارتفاع الأشعة الشمسية، التي تبلغ ذروتها في ٦/٢١ في نصف الكرة الشمالي عندما تكون عمودية على مدار السرطان.

وتسجل أعلى درجات الحرارة في المدة من وسط يوليو حتى وسط أغسطس. ويحدث العكس في فصل الشتاء حيث يزداد طول النهار إلى ١٢/٢٢ في نصف الكرة الشمالي.

وعندما تكون الشمس عمودية على مدار درجات الحرارة في يناير أو فبراير. أمّا فصل الربيع والخريف فهما انتقاليان بين فصلي الصيف والشتاء، حيث يتميّزان بالاعتدال في درجات الحرارة.

العوامل المكانية التي تؤثر في توزيع درجة الحرارة على سطح الأرض.

١- تكون سطح الأرض من يابس وماء. ٢-القرب أو البعد من المسطحات المائية.

٣-إختلاف منسوب سطح الأرض. ٤-تنوع الغطاء النباتي.

٥-حركة التيارات البحرية. ٦-عوامل مكانية آخرى(التضاريس مثلا-إختلاف ملوحة البحار والمحيطات وشفافيتها..إلخ)

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

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

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

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

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

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

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

الإنعكاس الحراري

الانقلاب الحراري (أو **الانعكاس الحراري**) في علم الأرصاد الجوية هو حدوث تغير وانزياح في تدرج درجات حرارة طبقات الجو بالنسبة للارتفاع. عادة ما يرتفع الهواء الساخن إلى طبقات الجو العليا، ولكن الانقلاب الحراري يحدث عند وجود طبقات من الهواء الساخن على تماس مباشر مع من طبقة هواء باردة كثيفة وقريبة من سطح الأرض.

تشكل ظاهرة الانقلاب الحراري ما يشبه حاجزاً حرارياً لحركات الحمل الحراري داخل الهواء الجوي. عند انهيار هذا *الحاجز الحراري* يحدث هناك تماس مباشر بين طبقات الهواء الساخنة والباردة مما يؤدي في بعض الأحيان إلى حدوث عواصف رعدية، وإلى هطول مطر متحمد في المناخات الباردة.

يمكن أن يؤدي الانقلاب الحراري إلى حدوث تلوث في الهواء، وخاصة عند وجود ضبخان(الضباب الدخاني)، حيث يمكن أن يحتجز بشكل قريب من سطح الأرض، مما قد يسبب أضرار في الصحة العامة.