# الصوت

الصوت ([بالإنكليزية](http://ar.wikipedia.org/wiki/%D9%84%D8%BA%D8%A9_%D8%A5%D9%86%D9%83%D9%84%D9%8A%D8%B2%D9%8A%D8%A9): Sound) هو تردد آلي، أو [موجة](http://ar.wikipedia.org/wiki/%D9%85%D9%88%D8%AC%D8%A9) قادرة على التحرك في عدة أوساط مادية مثل [الأجسام الصلبة](http://ar.wikipedia.org/wiki/%D8%B5%D9%84%D8%A8)، [السوائل](http://ar.wikipedia.org/wiki/%D8%A7%D9%84%D8%B3%D9%88%D8%A7%D8%A6%D9%84)، [والغازات](http://ar.wikipedia.org/wiki/%D8%A7%D9%84%D8%BA%D8%A7%D8%B2%D8%A7%D8%AA)،ولاتنتشر في الفراغ, وباستطاعة الكائن الحي تحسسه عن طريق عضو خا ص يسمى [الأذن](http://ar.wikipedia.org/wiki/%D8%A7%D9%84%D8%A3%D8%B0%D9%86). من منظور علم [الأحياء](http://ar.wikipedia.org/wiki/%D8%A7%D9%84%D8%A3%D8%AD%D9%8A%D8%A7%D8%A1) فالصوت هو إشارة تحتوي على [نغمة](http://ar.wikipedia.org/w/index.php?title=%D9%86%D8%BA%D9%85%D8%A9&action=edit&redlink=1) أو عدة نغمات تصدر من الكائن الحي الذي يملك العضو الباعث للصوت، تستعمل كوسيلة اتصال بينه وبين كائن آخر من جنسه أو من [جنس](http://ar.wikipedia.org/wiki/%D8%AC%D9%86%D8%B3) آخر، يعبر من خلالها عما يريد قوله أو فعله بوعي أو بغير وعي مسبق، ويسمى الأحساس الذي تسببه تلك الذبذبات [بحاسة](http://ar.wikipedia.org/wiki/%D8%AD%D8%A7%D8%B3%D8%A9) [السمع](http://ar.wikipedia.org/wiki/%D8%B3%D9%85%D8%B9) وتقدر [سرعة الصوت](http://ar.wikipedia.org/wiki/%D8%B3%D8%B1%D8%B9%D8%A9_%D8%A7%D9%84%D8%B5%D9%88%D8%AA) في وسط هوائي عادي ب 340 متر في الثانية أو 1026 كم في الساعة. تتعلق سرعة الصوت بعامل الصلابة وكثافة المادة التي يتحرك فيها الصوت.

* الصوت هو اهتزاز ميكانيكي للوسط، الصوت ليس موجة بل الموجة هي إحدى الاشكال (نماذج الانتشار) التي يبرز ويتميزبها الصوت وكمثال على نماذج أخرى: التيارات الصوتية والتدفق الصوتي
* هنالك عوامل أخرى تؤثر على انتشار الصوت وسرعته كطبيعة المادة (اللزوجة، تأثرها بالمجال المغناطيسي)

يعتبر الصوت أحد الظواهر الهامة التي يستعملها الإنسان والحيوان للتخطيط والتفاهم عن طريق حاسة السمع (الاذن) الي يتم بواستطها تحويل الصوت من موجات صوتية إلى أشارات كهربائية عن طريق الاذن والمخ والتي تتحول إلى معلومات مفهومة وتشمل هذه الظواهر جميع الاصوات على اختلاف مصادرها ووسائلها.

مثلا سماع الاصوات من الآلات الموسيقية وتعدد وسائل الاتصالات المسموعة التي تعتمد على تحويل الطاقة من صورة إلى أخرى وتطور الأجهزة الصوتية التي تأخد أشكالا متعددة في تطبيقاتها الحديثة في مجالات الطب والصناعة والزراعة وغيرها تجعل العلماء والمهتمين بهذا المجال يكثفون الجهد لفهم الظواهر الموجية من حيث مصادرها وكيفية حدوثها وطرق انتشارها والعوامل التي تتحكم فيها ومدى الاستفادة منها.

إذا لاحظنا بعناية الطرق التي يحدث بها الصوت نجد أنه لابد من بدل شغل في كل حالة.الموسيقى يبذل شغلا لتحريك أوتار الآلة الموسيقية كما أن الصوت الناتج عندما تصفق يديك لتشجيع فريقا رياضيا مثلا يأتي من بذل شغل وهذا الشغل المبذول بواسطة اليدين يسبب اضطرابا قي الهواء المحيط منحولا إلى طاقة صوتية تتشكل على شكل موجات منتظمة عليه فإن الصوت صورة من صور الطاقة إذا استقبلتها الأذن يحدث الاحساس بالسمع.

و تعتبر دراسة "الصوت" من المواضيع المهمة حيث تستخدم هذه الدراسات في ابحاث الطيران والفضاء والطاقة المتجددة والطاقة النووية والابحاث الطبية.

و يمكن توليد الصوت بوسائل ميكانيكية أو حرارية. وتستخدم الوسائل الحرارية في بناء المبردات الصوتية الحرارية وكذلك في عمليات الكشف عن الماء الموجود في النفط

### الموجات المسموعة

هي تلك الموجات التي تقع تردداتها بين 20 هيرتز و20.000هيرتز وتمثل الصوت المسموع بواسطة الاذن البشرية العادية. حيث أن الحد الأدنى لتردد الصوت الاصوات التي تحس بها الاذن البشرية الطبيعية هو 20 هيرتز تقريبا بينما الحد الأعلى هو 20 الف هيرتز وينخفض هذا المدى عند كبار السن إلى حوالي 12.000 هيرتز وأقصى درجات الاحساس بالصوت لأذن بشرية عادية يقع في المدى بين 5000 هيرتز و8000 هيرتز والذي يشمل ذبذبات الحروف الهجائية. وكما هو معروف يمكن أحداث الموجات السمعية عن طريق الاحبال الصوتية في الإنسان ولالات الموسيقية الوترية منها وغيرها من الآلات الأخرى.

### الموجات الفوق سمعية

هي الموجات التي تزيد تردداتها على 20 الف هيرتز والتي تقع خارج نطاق حاسة الاذن البشرية. وهذا النوع من الموجات ما زال موضع بحث واهتمام مكثف نظرا للتطبيقات المهمة التي تمس مجالات عديدة في الصناعة والطب وغيرهما. وقد أصبح بالإمكان إنتاج موجات فوق صوتية تزيد تردداتها على 1000000 هيرتز ولاتختلف هذه الموجات من حيث الخواص عن الموجات الصوتية الخرى إلا أنه نظرا لقصر طول الموجاتها فإنه بالإمكان تنتقل على هيئة أشعة دقيقة عالية الطاقة.

### الموجات تحت السمعية

هي الموجات الصوتية التي يقع ترددها عن 20 هيرتز ولاتستطيع الاذن البشرية الاحساس بها واهم مصدر لها هو الحركة الاهتزازية والانزلاقية لطبقات القشرة الأرضية وما ينتج عنها من زلازل وبراكين وعليه انها مهمة جدا في رصد الزلازل وتتبع نشاط البراكين.

# تختلف سرعة الصوت حسب نوع الوسط, درجة الحرارة فتكون أعلى في المواد الصلبة واقل في السوائل واقل بكثير في الغازات. فمثلا سرعة الصوت في الهواء عند درجة الصفر المئوي هي 331.1 م\ث وتزداد هذه السرعة بارتفاع درجة الحرارة. تقدر سرعة الصوت في الماء بـ1450 م\ث عند الدرجة القياسية (15 درجة مئوية). وتتراوح هذه السرعة في المواد الصلبة بين 3000 و 6000 م\ث فهي مثلا 5100 م\ث للحديد والالمنيوم و3560 م\ث للنحاس و 5200 م\ث في الزجاج.

# الضوء

# الضوء هو [إشعاع كهرومغناطيسي](http://ar.wikipedia.org/wiki/%D8%A5%D8%B4%D8%B9%D8%A7%D8%B9_%D9%83%D9%87%D8%B1%D9%88%D9%85%D8%BA%D9%86%D8%A7%D8%B7%D9%8A%D8%B3%D9%8A) ذو [طول موجي](http://ar.wikipedia.org/wiki/%D8%B7%D9%88%D9%84_%D9%85%D9%88%D8%AC%D8%A9)، يمكن [العين](http://ar.wikipedia.org/wiki/%D8%B9%D9%8A%D9%86_%28%D8%B7%D8%A8%29) البشرية أن تراه إذا وقعت طول موجته بين نحو 750 نانومتر (الضوء الأحمر) و370 نانومتر (الضوء البنفسجي)، والعين تستطيع [رؤية](http://ar.wikipedia.org/wiki/%D8%B1%D8%A4%D9%8A%D8%A9) الأجسام غير الشفافة من خلال انعكاس الضوء عليها. كلمة الضوء تطلق على هذا الحيز الوسطي من طيف [الإشعاع الكهرومغناطيسي](http://ar.wikipedia.org/wiki/%D8%A5%D8%B4%D8%B9%D8%A7%D8%B9_%D9%83%D9%87%D8%B1%D9%88%D9%85%D8%BA%D9%86%D8%A7%D8%B7%D9%8A%D8%B3%D9%8A) الذي يمتد من [موجات الراديوية](http://ar.wikipedia.org/wiki/%D9%85%D9%88%D8%AC%D8%A9_%D8%B1%D8%A7%D8%AF%D9%8A%D9%88%D9%8A%D8%A9) (أو موجات الراديو) المستعملة في إرسال الراديو بطول موجة بين [السنتيمتر](http://ar.wikipedia.org/wiki/%D8%B3%D9%86%D8%AA%D9%8A%D9%85%D8%AA%D8%B1) وعدة [كيلومترات](http://ar.wikipedia.org/wiki/%D9%83%D9%8A%D9%84%D9%88%D9%85%D8%AA%D8%B1)، ويمتد من الناحية الأخرى [للأشعة تحت الحمراء](http://ar.wikipedia.org/wiki/%D8%A3%D8%B4%D8%B9%D8%A9_%D8%AA%D8%AD%D8%AA_%D8%A7%D9%84%D8%AD%D9%85%D8%B1%D8%A7%D8%A1) ثم إلى [الطيف المرئي](http://ar.wikipedia.org/wiki/%D8%A7%D9%84%D8%B7%D9%8A%D9%81_%D8%A7%D9%84%D9%85%D8%B1%D8%A6%D9%8A) ثم إلى [الأشعة الفوق بنفسجية](http://ar.wikipedia.org/wiki/%D8%A3%D8%B4%D8%B9%D8%A9_%D9%81%D9%88%D9%82_%D8%A7%D9%84%D8%A8%D9%86%D9%81%D8%B3%D8%AC%D9%8A%D8%A9)، إلى [الأشعة السينية](http://ar.wikipedia.org/wiki/%D8%A3%D8%B4%D8%B9%D8%A9_%D8%B3%D9%8A%D9%86%D9%8A%D8%A9)، ثم إلى [أشعة جاما](http://ar.wikipedia.org/wiki/%D8%A3%D8%B4%D8%B9%D8%A9_%D8%AC%D8%A7%D9%85%D8%A7) التي تصدر من [أنوية](http://ar.wikipedia.org/wiki/%D9%86%D9%88%D8%A7%D8%A9_%28%D8%B0%D8%B1%D8%A9%29) [الذرات](http://ar.wikipedia.org/wiki/%D8%B0%D8%B1%D8%A9) ولها طاقات عالية تُقاس بالمليون [إلكترون فولت](http://ar.wikipedia.org/wiki/%D8%A5%D9%84%D9%83%D8%AA%D8%B1%D9%88%D9%86_%D9%81%D9%88%D9%84%D8%AA) MeV ودرجة نفاذ عالية.

## انكسار الضوء

الضوء هو موجة عرضية كهرومغناطيسية. ويعد الانعكاسK وانكسار الضوءK وانحرافه، والتضارب هم ظاهرة يتم ملاحظتها عن طريق الموجات . وتتحرك الموجة الميكانيكية المتكررة التي تعتبر بمثابة اضطراب أو تشويش متكرر من خلال موجة متوسطة. وتتحرك الموجة المتوسطة في أي مكان . كما تتقلب الذرات الفردية والجزيئات في موضعهم المتوازن , حيث لم يتغير موضعهم المتوسط . كما تنقل هذه الذرات الفردية والجزيئات بعض من طاقتهم لجيرانهم عند التفاعل معهم. وفي المقابل تنقل الذرات المجاورة طاقتها للذرات الاخري التي تجاورهم أسفل الخط .وبذلك يتم نقل الطاقة بهذه الطريقة من خلال الموجات المتوسطة , دون نقل أي مواد أخرى. وبالتالي , تعتبر كل نقطة علي واجهة الموجة هي مصدر النقاط التي تعمل علي إنتاج موجات جديدة . وفي الثلاث أبعاد , تعتبر هذه الموجات الجديدة موجات كروية حيث تسمي (بالمويجات) التي تنتشر نحو الخارج بسرعة الموجات الموجودة في محيط الموجات المتوسطة. كما تنبعث المويجات عن طريق النقاط الموجودة علي واجهة الموجة حيث تتداخل مع كل مويجة(تصغير موجة) لتنتج الموجة المهاجرة أو المغادرة. وتسمي هذه القاعدة (بقاعدة هيجيين) . وتقوم هذه القاعدة بالتحكم في الموجات الكهرومغناطيسية. وعندما نتعرض لدراسة انتشار الضوء , فإننا نحل أي واجهة موحية محل مزيج من المصادر التي تم اضطرابها اعلي الواجهة الموحية، حيث يشع الضوء في هذه المرحلة نقطة علي صدر الموجة واجهة الموجة الأصلية واجهة الموجة الجديدة . وتمثل واجهة الموجة الموجودة علي الناحية الأخري من الفتحة صدر الموجة الموضح بالأسفل , وذلك عندما يمر الضوء من خلال الفتحة الصغيرة , حيث يتماثل حجم الفتحة مع طول الموجة الضوئية. وينتشر الضوء علي حدود الحائل أو العارض. ويعتبر هذا العارض هو ظاهرة انحراف الضوء.

### التداخل

وتهاجر موجتان أو أكثر في محيط الموجة المتوسطة بصورة مستقلة , كما تمر الموجات بعضهم من بعض. ونلاحظ اضطراب بسيط في بعض المناطق حيث تتداخل الموجات مع بعضها. وعندما تتداخل موجتان أو أكثر بعضها مع بعض , فان الإزاحة الناتجة تعد متساوية مع عمليات العزل الفردية. فإذا تداخلت الموجتان مع بعضهم لبعض بمقدار سعات متساوية, بمعني أن , إذا واجهت قمة الموجة اعلي القمة وإذا قابل جوف الموجة جوف الموجة الأخر, فإننا سنلاحظ علي التو الموجة الناتجة عن هذا التداخل بمقدار سعتين . كما أنة لدينا تداخل استدلالي .وإذا كانت الموجتان المتدخلتان خارج المرحلة بشكل كامل , بمعني أنة , إذا واجهت قمة الموجة جوفها , فان الموجتان سيقومان بإلغاء كل موجة تعتبر خارج المرحلة بشكل كلي . ولذلك فإننا لدينا تداخل مدمر ومهلك.

### الفتحة المزدوجة

وإذا كان الضوء ساقطا علي العارض الذي يشتمل علي فتحتان صغيرتان جدا , فان المويجات الصادرة من كل فتحة ستقوم بالتداخل وراء الحائل . كما أنة إذا سمحنا بسقوط الضوء علي الشاشة التي تقع وراء العارض , فإننا سنلاحظ نوعا من الخطوط اللامعة وأيضا المظلمة. كما يعرف هذا النوع من الخطوط اللامعة والمظلمة بالنمط الهامشي . بينما تشير الخطوط اللامعة والساطعة للتداخل البناء والاستدلالي , فان الخطوط المظلمة والداكنة تشير إلي التضارب المدمر والهدام. الشكل( فتحات – شاشة)

### الفتحة الفردية

وعندما يمر الضوء من خلال الفتحة الفردية الذي يبلغ عرضها بنفس طول الموجة الضوئية , فإننا سنلاحظ انحراف ضوئي في الفتحة الفردية التي يمر الضوء من خلالها. وتخبرنا قاعدة (هيجيين) بأننا من الممكن أن نعتبر كل جزء من الفتحة هو فتحة يصدر منها الموجات . وتتداخل هذه الموجات بعضها مع بعض لإنتاج نموذج من انحراف الضوء أو انكساره. وربما يحدث تضارب مدمر عندما يغادر الضوء الفتحة في اتجاه معين , ويحدث هذا التضارب بين الأشعة اعلي حافة الفتحة (شعاع رقم 1), وبين الأشعة الوسطى(الأشعة رقم 5). وإذا تضارب هذان الشعاعان بشكل مدمر , فتتداخل أيضا الأشعة الثانية والسادسة , والثالثة , والسابعة , والرابعة , والثامنة مع بعض. وعلاوة على ذلك , فان الضوء الصادر من وسط الفتحة يتضارب بعضه مع بعض بشكل مدمر , ويقوم بإلغاء الضوء المنبثق من النصف الأخر من الفتحة. ويتوسط الشعاع الأول والخامس طول الموجة خارج المرحلة وذلك إذا كان ينبغي أن يغادر الشعاع الخامس بدلا من الشعاع الأول نصف طول الموجة

كما نحتاج لتضارب مدمر لإنتاج أول هامش مظلم . وبالإضافة إلي ذلك يتم إنتاج الهوامش المظلمة الاخري في نوعا من الانحراف أو الانكسار الضوئي وذلك عن طريق الفتحة الفردية حيث توجد تلك الهوامش المظلمة علي زوايا θ

وإذا تم عرض نوع التدخل والتضارب علي شاشة ذات مسافة (L) من هذه الفتحات , فأنة من الممكن إيجاد طول الموجة من خلال مسافات الهوامش المظلمة.

## تاريخ

شكل اهتمام [نيوتن](http://ar.wikipedia.org/wiki/%D9%86%D9%8A%D9%88%D8%AA%D9%86) بالميكانيكا دافعًا شديدًا لتفسير تركيبة الضوء على أساس ميكانيكي بحت. فقد افترض نيوتن أن الضوء عبارة عن جسيمات صغيرة تسير وفق خطوط مستقيمة ما لم يعترضها مانع ما. من الناحية التجريبية فقد كانت خواص الضوء، [كالانعكاس](http://ar.wikipedia.org/wiki/%D8%A7%D9%86%D8%B9%D9%83%D8%A7%D8%B3) على سطح مصقول [والانكسار](http://ar.wikipedia.org/wiki/%D8%A7%D9%86%D9%83%D8%B3%D8%A7%D8%B1) على سطح الماء معروفة في ذلك الوقت لذا كان على نيوتن إعطاء تفسير لهذه الظواهر على أساس نظريته الجسيمية. وحسب نيوتن فإن انعكاس الضوء على السطوح المصقولة بحيث تكون [زاوية الانعكاس](http://ar.wikipedia.org/wiki/%D8%A7%D9%86%D8%B9%D9%83%D8%A7%D8%B3_%28%D9%81%D9%8A%D8%B2%D9%8A%D8%A7%D8%A1%29) تساوي زاوية السقوط سببه التصادم المرن لهذه الجسيمات وارتدادها بنفس [كمية الحركة](http://ar.wikipedia.org/wiki/%D9%83%D9%85%D9%8A%D8%A9_%D8%A7%D9%84%D8%AD%D8%B1%D9%83%D8%A9). أما [انكسار](http://ar.wikipedia.org/wiki/%D8%A7%D9%86%D9%83%D8%B3%D8%A7%D8%B1) الأشعة الضوئية، فقد فسره باختلاف القوى المؤثرة على الجسيم في كلا الوسطين. لقد لاقت أفكار نيوتن نجاحًا في أول الأمر لكن سرعان ما اكتشفت ظواهر جديدة تناقض هذه الأفكار، لعل أهمها يتلخص في ظاهرة [حيود](http://ar.wikipedia.org/wiki/%D8%AD%D9%8A%D9%88%D8%AF) الضوء. حيث إذا ما سلطنا [منبع ضوئي](http://ar.wikipedia.org/wiki/%D9%85%D9%86%D8%A8%D8%B9_%D8%B6%D9%88%D8%A6%D9%8A) على حاجز به ثقب فالملاحظ على شاشة وراء هذا الحاجز ظهور بقعة ضوئية أعرض من الثقب ويزداد حجمها كلما ابتعدنا عن الثقب. هذا يتعارض كلية مع [قوانين نيوتن للحركة](http://ar.wikipedia.org/wiki/%D9%82%D9%88%D8%A7%D9%86%D9%8A%D9%86_%D9%86%D9%8A%D9%88%D8%AA%D9%86_%D9%84%D9%84%D8%AD%D8%B1%D9%83%D8%A9). فإذا افترضنا أن الضوء عبارة عن [جسيمات](http://ar.wikipedia.org/wiki/%D8%AC%D8%B3%D9%8A%D9%85) تسير في خط مستقيم فإن ذلك يعني أن حجم البقعة الضوئية سيساوي حجم الثقب لأن الحاجز سوف يمنع الجسيمات التي لم تمر عبر الثقب من العبور. هذا دفع [هوغنس](http://ar.wikipedia.org/wiki/%D9%83%D8%B1%D9%8A%D8%B3%D8%AA%D9%8A%D8%A7%D9%86_%D9%87%D9%88%D8%BA%D9%86%D8%B3) إلى نتيجة أن الضوء عبارة في الحقيقة عن [أمواج](http://ar.wikipedia.org/wiki/%D9%85%D9%88%D8%AC%D8%A9) تنتشر في الفضاء بحيث تصبح كل نقطة من صدر الموجة بدورها منبع لموجة أخرى. ثم جاء اكتشاف آخر ليدعم فرضية الطبيعة الموجية للضوء، ألا وهو ظاهرة التداخل في [تجربة شقي يونغ](http://ar.wikipedia.org/wiki/%D8%AA%D8%AC%D8%B1%D8%A8%D8%A9_%D8%B4%D9%82%D9%8A_%D9%8A%D9%88%D9%86%D8%BA)، حيث تسلط حزمة ضوئية على حاجز به شقين عرضهما بضع ملليمترات والمسافة بينهما بضعة سنتيمترات، ووضعت شاشة مشاهدة للأشعة خلف الحاجز. وكانت نتيجة التجربة مذهلة فقد لوحظ على الشاشة مساحات عديدة مضيئة مستطيلة مثل الشقين وأخرى مظلمة بحيث يكون ظهورها متناوبا ،أي مضيئ مظلم مضيئ مظلم وهكذا. أثر الظاهرة كان أوضح كلما كان حجم الشقين أصغر ويختفي تماما إذا ما زاد حجمهما عن بضع عشرات من المليمترات. وكان هذا دليلا على الطبيعة الموجية للضوء.

تحدث ظاهرة المفعول الكهروضوئي (photoelectric effect) عند سقوط [إشعاع كهرومغناطيسي](http://ar.wikipedia.org/wiki/%D9%85%D9%88%D8%AC%D8%A9_%D9%83%D9%87%D8%B1%D9%88%D9%85%D8%BA%D9%86%D8%A7%D8%B7%D9%8A%D8%B3%D9%8A%D8%A9) على سطح [معدن](http://ar.wikipedia.org/wiki/%D9%85%D8%B9%D8%AF%D9%86) فينتج عنه تحرير [إلكترونات](http://ar.wikipedia.org/wiki/%D8%A5%D9%84%D9%83%D8%AA%D8%B1%D9%88%D9%86) من سطح المعدن. ذلك لأن جزءا من [طاقة](http://ar.wikipedia.org/wiki/%D8%B7%D8%A7%D9%82%D8%A9) الشعاع الكهرومغناطيسي يمتصها الإلكترون المرتبط [بذرات](http://ar.wikipedia.org/wiki/%D8%B0%D8%B1%D8%A9) المعدن فيتحرر منه ويكتسب [طاقة حركة](http://ar.wikipedia.org/wiki/%D8%B7%D8%A7%D9%82%D8%A9_%D8%AD%D8%B1%D9%83%D8%A9) وهذه العملية تعتمد على تردد موجة الضوء.

بقيت النظرية الموجية للضوء سائدة زمن طويل حتى نهاية القرن التاسع عشر إلى أن إكتـُشف المفعول الكهرضوئي فعمل على قلب المفاهيم عن طبيعة الضوء.

المفعول الكهرضوئي يتلخص فيمايلي: يسلط إشعاع ضوئي على معدن موضوع في ناقوس مفرغ من الهواء وفي وجود حقل كهربائي مطبق بين قطبين مربوطين ب[مقياس التيار الكهربائي](http://ar.wikipedia.org/wiki/%D9%85%D9%82%D9%8A%D8%A7%D8%B3_%D8%A7%D9%84%D8%AA%D9%8A%D8%A7%D8%B1_%D8%A7%D9%84%D9%83%D9%87%D8%B1%D8%A8%D8%A7%D8%A6%D9%8A). في حالة عدم وجود أي إشعاع يشير مؤشر الجهاز إلى الصفر. وعند تسليط الإشعاع يلاحظ تحرك مؤشر الجهاز دلالة على وجود [تيار كهربائي](http://ar.wikipedia.org/wiki/%D8%AA%D9%8A%D8%A7%D8%B1_%D9%83%D9%87%D8%B1%D8%A8%D8%A7%D8%A6%D9%8A)، أي أن عددا من الإلكترونات انتـُزعت من المعدن وانتقلت تحت تأثير الحقل الكهربائي إلى [القطب الموجب](http://ar.wikipedia.org/wiki/%D9%82%D8%B7%D8%A8_%D9%83%D9%87%D8%B1%D8%A8%D9%8A). إلى هنا لا شيء يتناقض مع النظرية الموجية, حيث يمكن الافتراض ان طاقة الموجة(والمتناسبة مع مربع سعة الموجة) انتقلت إلى إلكترونات المعدن. لكن التجربة أثبتت أن طاقة الإلكترونات لا تعتمد على شدة الإشعاع ولكن على تواتره : تستجيب الإلكترونات في الذرة لتردد شعاع الضوء بصفة خاصة، وزيادة شدة الإشعاع يُزيد فقط عددالإلكترونات.

العلاقة بين طاقة الإلكترونات E وتواتر الإشعاع f خطية:

*V* − *hf* = *E*

حيث V هو جهد التأين للمعدن ويسمى كذلك جهد الخروج, h هو [ثابت بلانك](http://ar.wikipedia.org/wiki/%D8%AB%D8%A7%D8%A8%D8%AA_%D8%A8%D9%84%D8%A7%D9%86%D9%83) وهو العدد المميز [لميكانيكا الكم](http://ar.wikipedia.org/wiki/%D9%85%D9%8A%D9%83%D8%A7%D9%86%D9%8A%D9%83%D8%A7_%D8%A7%D9%84%D9%83%D9%85) وهو يعطي العلاقة بين تردد الموجة وطاقة الموجة. وجهد التأين خاصية من خواص المادة ويعتمد على التوزيع الإلكتروني [لذرة](http://ar.wikipedia.org/wiki/%D8%B0%D8%B1%D8%A9) [العنصر](http://ar.wikipedia.org/wiki/%D8%B9%D9%86%D8%B5%D8%B1)، ومقداره يختلف من عنصر إلى عنصر.

أول من قدم تفسير هذا المفعول كان ألبرت آينشتين فحسب هذا الأخير فإن الضوء يصدر في شكل كمات منفصلة من الطاقة تسمى فوتونات كل [فوتون](http://ar.wikipedia.org/wiki/%D9%81%D9%88%D8%AA%D9%88%D9%86) يحمل معه مقدارا من الطاقة يساوي جداءالتواتر بثابت بلانك.

ملاحظة: عكس ما يعتقد البعض فإن أينشتين حصل على جائزة نوبل على أعماله حول المفعول الكهروضوئي وليس عن [النظرية النسبية](http://ar.wikipedia.org/wiki/%D8%A7%D9%84%D9%86%D8%B8%D8%B1%D9%8A%D8%A9_%D8%A7%D9%84%D9%86%D8%B3%D8%A8%D9%8A%D8%A9)

# الحرارة

## الحرارة هي إحدى أشكال [الطاقة](http://ar.wikipedia.org/wiki/%D8%B7%D8%A7%D9%82%D8%A9) والتي يترافق معها حركة [الذرات](http://ar.wikipedia.org/wiki/%D8%B0%D8%B1%D8%A9) أو [الجزيئات](http://ar.wikipedia.org/wiki/%D8%AC%D8%B2%D9%8A%D8%A1) أو أي جسيم يدخل في تركيب [المادة](http://ar.wikipedia.org/wiki/%D9%85%D8%A7%D8%AF%D8%A9). بالإمكان الحصول على الحرارة عن طريق [التفاعلات الكيماويةك](http://ar.wikipedia.org/wiki/%D8%AA%D9%81%D8%A7%D8%B9%D9%84_%D9%83%D9%8A%D9%85%D9%8A%D8%A7%D8%A6%D9%8A)[الاحتراق](http://ar.wikipedia.org/wiki/%D8%A7%D8%AD%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D9%82)، أو [التفاعلات النووية](http://ar.wikipedia.org/wiki/%D8%AA%D9%81%D8%A7%D8%B9%D9%84_%D9%86%D9%88%D9%88%D9%8A) [كالاندماج النووي](http://ar.wikipedia.org/wiki/%D8%A7%D9%86%D8%AF%D9%85%D8%A7%D8%AC_%D9%86%D9%88%D9%88%D9%8A) الذي يحدث في [الشمس](http://ar.wikipedia.org/wiki/%D8%B4%D9%85%D8%B3) أو [الإشعاع الكهرومغناطيسي](http://ar.wikipedia.org/wiki/%D8%A7%D8%B4%D8%B9%D8%A7%D8%B9_%D9%83%D9%87%D8%B1%D9%85%D8%BA%D9%86%D8%B7%D9%8A%D8%B3%D9%8A) كما يحدث في [المواقد الكهرومغناطيسية](http://ar.wikipedia.org/w/index.php?title=%D9%85%D9%88%D9%82%D8%AF&action=edit&redlink=1) (ميكروويف) أو [الميكانيكي (الحركي)](http://ar.wikipedia.org/wiki/%D9%85%D9%8A%D9%83%D8%A7%D9%86%D9%8A%D9%83%D8%A7) مثل [الاحتكاك](http://ar.wikipedia.org/wiki/%D8%A7%D8%AD%D8%AA%D9%83%D8%A7%D9%83_%28%D9%81%D9%8A%D8%B2%D9%8A%D8%A7%D8%A1%29). يمكن للحرارة أن تتنقل بين الأجسام عن طريق [الإشعاع](http://ar.wikipedia.org/wiki/%D8%A5%D8%B4%D8%B9%D8%A7%D8%B9) أو [التوصيل حراري](http://ar.wikipedia.org/wiki/%D8%AA%D9%88%D8%B5%D9%8A%D9%84_%D8%AD%D8%B1%D8%A7%D8%B1%D9%8A) أو [الحمل الحراري](http://ar.wikipedia.org/wiki/%D8%AD%D9%85%D9%84). لا يمكن للحرارة أن تنتقل بين جسمين أو بين نقطتين في جسم واحد إلا أن كانت درجات الحرارة بينهما مختلفة. [درجة الحرارة](http://ar.wikipedia.org/wiki/%D8%AF%D8%B1%D8%AC%D8%A9_%D8%A7%D9%84%D8%AD%D8%B1%D8%A7%D8%B1%D8%A9) هي مقياس لمدى سخونة جسم ما أو برودته. تسمى كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة جسم ما درجة مئوية واحدة [بالسعة الحرارية](http://ar.wikipedia.org/wiki/%D8%B3%D8%B9%D8%A9_%D8%AD%D8%B1%D8%A7%D8%B1%D9%8A%D8%A9). السعة الحرارية لكل مادة محددة ومعروفة. الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة وحدة الكتلة من مادة ما درجة واحدة تسمى [بالحرارة النوعية](http://ar.wikipedia.org/wiki/%D8%AD%D8%B1%D8%A7%D8%B1%D8%A9_%D9%86%D9%88%D8%B9%D9%8A%D8%A9) وهي تعتمد على [حالة المادة](http://ar.wikipedia.org/wiki/%D8%AD%D8%A7%D9%84%D8%A9_%D8%A7%D9%84%D9%85%D8%A7%D8%AF%D8%A9) [وتركيبها الكيماوي](http://ar.wikipedia.org/wiki/%D8%AA%D8%B1%D9%83%D9%8A%D8%A8_%D9%83%D9%8A%D9%85%D9%8A%D8%A7%D8%A6%D9%8A). عند احتراق الوقود تصدر كمية من الحرارة تعرف باسم [القيمة الحرارية للوقود](http://ar.wikipedia.org/wiki/%D9%82%D9%8A%D9%85%D8%A9_%D8%AD%D8%B1%D8%A7%D8%B1%D9%8A%D8%A9) وتقدر عادة [بالوحدة الحرارية البريطانية](http://ar.wikipedia.org/w/index.php?title=%D9%88%D8%AD%D8%AF%D8%A9_%D8%AD%D8%B1%D8%A7%D8%B1%D9%8A%D8%A9_%D8%A8%D8%B1%D9%8A%D8%B7%D8%A7%D9%86%D9%8A%D8%A9&action=edit&redlink=1). خلال عملية تحول مادة نقية من حالة إلى أخرى يتم فقد حرارة أو اكتسابها دون أي تغير في درجات الحرارة وتعرف كمية الحرارة المفقودة أو المكتسبة إبان عملية التحول باسم [الحرارة الكامنة](http://ar.wikipedia.org/wiki/%D8%AD%D8%B1%D8%A7%D8%B1%D8%A9_%D9%83%D8%A7%D9%85%D9%86%D8%A9) وتعتمد بشكل مباشر على نوعية المادة وحالتها الابتدائية والنهائية. [المحرار](http://ar.wikipedia.org/wiki/%D9%85%D8%AD%D8%B1%D8%A7%D8%B1)

اداة لقياس درجة الحرارة هناك أنواع مختلفة منها، وكلها تعمل بقياس خاصية تتغير مع درجة الحرارة.

## خاصية حرارية

تقيس موازين الحرارة السائلية، مثلاً حجم السائل (تكون معايرة. بحيث تشير زيادة الحجم إلى ارتفاع درجة الحرارة)

## [[عدل](http://ar.wikipedia.org/w/index.php?title=%D8%AD%D8%B1%D8%A7%D8%B1%D8%A9&action=edit&section=3)] [المحرار](http://ar.wikipedia.org/wiki/%D9%85%D8%AD%D8%B1%D8%A7%D8%B1) السائلي

نوع شائع من المحارير يقيس درجة الحرارة بتمدد السائل في انبوب زجاجي دقيق (انبوب شعري capillary). تحتوي بصلة زجاجية على سائل يكون عادة زئبقاً أو كحولا ملونا. وهما سائلان يستجيبان لتغير درجة الحرارة ـ يستخدم الزئبق لدرجات الحرارة العالية والكحول لدرجات الحرارة المتدنية.

* مثال على [المحرار](http://ar.wikipedia.org/wiki/%D9%85%D8%AD%D8%B1%D8%A7%D8%B1) السائلي :

[محرار](http://ar.wikipedia.org/wiki/%D9%85%D8%AD%D8%B1%D8%A7%D8%B1) طبي : يستخدم لقياس درجة حرارة الجسم، ولذلك يكون مدى درجات حرارته منخفضاً نسبياً وتكون تدريجاته متوسطة لإعطاء قراءة دقيقة. مكوناته: يوجد في [المحرار](http://ar.wikipedia.org/wiki/%D9%85%D8%AD%D8%B1%D8%A7%D8%B1) الطبي سلم ينتهي عادةً عند درجة حرارة 43 مئوية (سلزيوس)، ويوجد في السلم أعشار الدرجة المئوية. و يوجد في [المحرار](http://ar.wikipedia.org/wiki/%D9%85%D8%AD%D8%B1%D8%A7%D8%B1) الطبي عمود ضيق من الزئبق لانه كمد وتكبِّره ساق زجاجية مثلثة. يوجد أيضاً في [المحرار](http://ar.wikipedia.org/wiki/%D9%85%D8%AD%D8%B1%D8%A7%D8%B1) الطبي للحرارة تخصر في أول انبوب الزجاج يتمدد الزئبق المتمدد ويندفع ويتجاوزه. و يوجد انبوب شعري يحيط بالعمود الضيق الذي يحوي الزئبق. خصائص [المحرار](http://ar.wikipedia.org/wiki/%D9%85%D8%AD%D8%B1%D8%A7%D8%B1) الطبي:

* يتحرك الزئبق مسافة مرئية عند كل تغير في درجة الحرارة.
* عندما يبرد الزئبق ويتقلص، لا يمكن أن يتراجع إلى البصلة إلا بالرج (مما يتيح وقتاً للقراءة).ـ تكون جدران البصلة الزجاجية رقيقة حتى يسخن الزئبق سريعاً.
* موازين الحرارة القصوى maximum thermometers والدنيا minimum :

محارير سائلية تسجل درجة الحرارة القصوى أو الدنيا التي يتم بلوغها في فترة زمنية محددة. وهي تحتوي على مؤشر index معدني زجاجي يدفعه السطح الهلالي meniscu للسائل إلى أعلى أو يسحبه إلى أسفل. يبقى المؤشر عند الموضع الأقصى أو الأدنى الذي يبلغه أثناء الفترة التي يترك فيها [المحرار](http://ar.wikipedia.org/wiki/%D9%85%D8%AD%D8%B1%D8%A7%D8%B1). ويعاد ضبطه بواسطة مغناطيس.

## أنواع أخرى من المحارير

* [المحرار](http://ar.wikipedia.org/wiki/%D9%85%D8%AD%D8%B1%D8%A7%D8%B1) الكهربائي :

يقيس درجة الحرارة من تغير المقاومة الذي يحدث بنتيجتها في السلك. و تستخدم أجهزة أخرى أسفل جناحي الطائرة مثلاً، لقياس تغير المقاومة في المقومات الحرارية.

## المزدوجة الحرارية

تستخدم القوة المحركة الكهربائية التي تنشأ عبر الوصلات المعدنية لقياس اختلاف درجة الحرارة.

* بعض التعريفات المتعلقة بالحرارة:

النقطة الثابتة: درجة حرارة تحدث عندها تغيرات ملحوظة (في شروط محددة)، ومن ثم يمكن إعطاؤها قيمة تقاس بالنسبة لها درجات الحرارة الأخرى كافة. من امثلتها نقطة الجليد ICE POINT (درجة الحرارة التي ينصهر عندها الجليد النقي) ونقطة البخار STEAM POINT (درجة حرارة البخار فوق الماء المغلية تحت الضغط الجوي). و تستخدم نقطتان ثابتتان لمعايرة ميزان الحرارة (نقطة ثابتة دنيا ونقطة ثابتة عليا). وتمثل المسافة بين هاتين النقطتين المدى الأساسي FUNDAMENTAL INTERVAL)).

* سلم درجة الحرارة المطلقة absolute tempreture scale أو الدينامية الحرارية thermodynamic :

سلم معياري لدرجات الحرارة يستخدم وحدة تسمى [كلفن](http://ar.wikipedia.org/wiki/%D9%83%D9%84%D9%81%D9%86) Kelvin.

تعطى قيمة الصفر لأدنى درجة حرارة يمكن تحقيقها نظرياً، وتسمى الصفر المطلق absolute zero. ويتعذر الوصول إلى تلك درجة الصفر المطلق : طبقا [للديناميكا الحرارية](http://ar.wikipedia.org/wiki/%D8%AF%D9%8A%D9%86%D8%A7%D9%85%D9%8A%D9%83%D8%A7_%D8%AD%D8%B1%D8%A7%D8%B1%D9%8A%D8%A9) فهذا يتطلب قدرا كبيرا جدا من [الشغل](http://ar.wikipedia.org/wiki/%D8%B4%D8%BA%D9%84) الحراري.

* سلم سلزيوس:

سلم معياري لدرجات الحرارة مماثل في تدريجه لسلم درجة الحرارة المطلقة، لكن يعطي الصفر لنقطة الجليد ودرجة المئة لنقطة البخار.

* سلم فهرنهايت :

سلم قديم تعطى فيه درجة 36 ف لنقطة الجليد و 212 ف لنقطة البخار. و قلما يستعمل هذا السلم في الأغراض العلمية.**[انتقال الحرارة**

حيثما يوجد اختلاف في درجة الحرارة، تنتقل الطاقة الحرارية heat energy بالنقل أو الحمل أو الإشعاع من المكان الاسخن إلى الابرد. يزيد ذلك الطاقة الداخلية internal energy للذرات الابرد فترتفع درجة حرارتها وتنخفض طاقة الذرات الاسخن فتتدنى درجة حرارتها. ويستمر ذلك حتى تتساوى درجة الحرارة في المنطقة (تسمى هذه الحالة الاتزان الحراري thermal equilibrium.

## طرق انتقال الحرارة

* التوصيل conduction :

الطريقة التي تنتقل بها الحرارة في الأجسام الصلبة (و كذلك في السوائل، والغازات، على نطاق أضيق). تنتقل الطاقة في الموصلات الجيدة good conductors بسرعة، ويحدث ذلك أساساً بحركة [الالكترونات](http://ar.wikipedia.org/wiki/%D8%A7%D9%84%D9%83%D8%AA%D8%B1%D9%88%D9%86%D8%A7%D8%AA) الحرة. فضلاً عن اهتزاز الذرات.

* الحمل convection :

الطريقة التي تنتقل بها الحرارة في [السوائل](http://ar.wikipedia.org/wiki/%D8%B3%D9%88%D8%A7%D8%A6%D9%84) [والغازات](http://ar.wikipedia.org/wiki/%D8%BA%D8%A7%D8%B2). إذا سخن غاز أو سائل فإنه يتمدد فتقل كثافته ويرتفع، وينخفض الغاز أو السائل الأبرد ليحتل مكانه. وهكذا ينشأ تيار الحمل.

* الإشعاع radiation :

طريقة انتقال الحرارة من مكان ساخن إلى مكان بارد دون أن يكون للوسط أي دور. يمكن أن يحصل ذلك في الفراغ، على عكس التوصيل والحمل. ويستخدم مصطلح ((الإشعاع)) كثيراً للإشارة إلى الطاقة الحرارية نفسها التي تسمى بخلاف ذلك الطاقة الحرارية المشعة radiant heat energy. يأخذ الإشعاع شكل موجات كهرومغناطيسية electromagnetic waves، وخصوصاً الإشعاع تحت الأحمر infrared radiation.

## معدلات حرارة الأرض

أدنى درجات حرارة معدلها 56.6 درجة تحت الصفر كامل السنة في المحيط المتجمد الشمالي. لا تعرف الأرض الاعتدال في الطقس، فهي شديدة الحرارة في مناطق معينة وشديدة البرودة في أماكن أخرى. لقد تم تسجيل أعلى درجة حرارة في الجزائر سنة ،1884 فكانت 53 درجة مئوية. وفي سنة 1913 وصلت درجة الحرارة إلى 56,7 درجة مئوية في منطقة واد الموت بكاليفورنيا. وفي سنة 1922 بلغت درجة الحرارة 58 درجة مئوية وذلك في العزيزية بليبيا. أما انخفاض درجة الحرارة فقد تم تسجيلها في إحدى جزر كندا إلى 58,3 تحت الصفر سنة 1885 وتم تسجيل 68 درجة تحت الصفر في أصقاع سيبيريا في سنوات 1885 و 1892 و.1933 ونعلم أن القطب الجنوبي والقطب الشمالي هما أكثر بقاع الأرض برودة على الإطلاق.

# 