الليزر والاسلحة:

تشتهر أشعة الليزر في نظام الأسلحة المستخدمة كما في أفلام الخيال العلمي، فكرة عملها تتكون من انبثاق ضوء الليزر إلى سطح الهدف وتقوم بتسخينه وتبخيره مما يلحق ضررا بالغا ويتلف الجسم المستهدف.

أما القوات الجوية الأمريكية فهي تستخدم حاليا الليزر المحمول جوا، المستخدم في طائرة من طراز بوينغ 747، لإسقاط صواريخ العدو على أرض العدو.

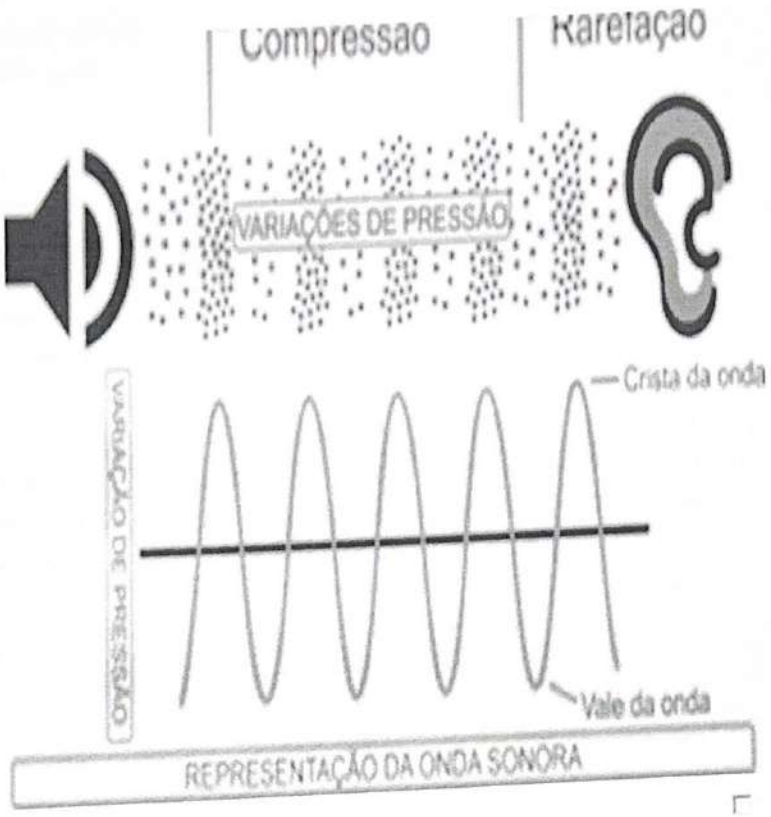
وفي مجال الطيران، فإن مخاطر التعرض لأشعة الليزر الأرضية عمدا التي يصوّبها بعض الشباب المتهور من الأرض على مقصورة الطائرة وقت هبوطها بهدف بلبلة وزغللة الطيارين قد نمت إلى حد أن سلطات الطيران المدني لديها إجراءات خاصة للتعامل مع هذه المخاطر. تلك الزغللة قد تتسبب في اصتدام الطائرة بالأرض وتعرض الركاب بالمئات إلى الموت.

في يوم 18 مارس 2009 شركة نورثروب غرومان أعلنت أن مهندسيها قد نجحوا في اختراع آلة ليزر كهربائية قادرة على إنتاج الكهرباء من 100 كيلوواط / شعاع من الضوء بما يكفي لتدمير طائرة أو دبابة من الناحية النظرية، وفقا لما قاله براين ستريكلاند مدير جيش الولايات المتحدة.

حاجز الليزر :

سياج أو حاجز الليزر (Laser fence) هو عبارة عن آلية تستخدم للكشف عن الأجسام التي تمر بخط الرؤية أو الأفق ما بين مصدر الليزر والمقدر. ومن الممكن استخدام أشعة الليزر الأكثر قوة لجرح أو لإيذاء شخص ما أو شيء ما يمر به شعاع الليزر . هذا يعتمد على نوع وقوة الليزر(أنظر: ليزر البعوض).

وأحياناً ما يتم استخدام حاجز الليزر في الخيال والروايات لقدرته على وقف المتسللين أو الدخلاء بمنعهم أو بإيذائهم. ويستخدم هذا المفهوم كثيرا في ألعاب الفيديو. ويمكن مقارنة تلك المفاهيم الخاصة بأسوار الليزر الخيالية بمفاهيم أخرى مثل أشعة الجر أو الصد.



ما هو الصوت :

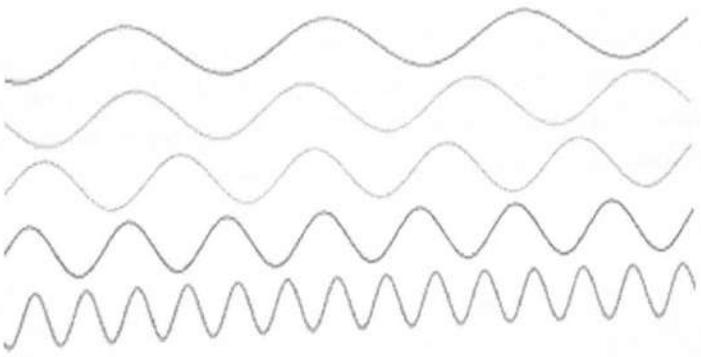
الصوت هو تردد آلي،[1] أو موجة قادرة على التحرك في وسط مادي مثل الهواء، والأجسام الصلبة، السوائل، والغازات، ولا تنتشر في الفراغ (إذا وضعنا جرسًا في ناقوس زجاجي وفرغنا الناقوس من الهواء، فإننا لا نسمع صوت الجرس عندما يدق بسبب عدم انتقال هزات (صوت) الجرس في الفراغ).[2][3][4] وباستطاعة الكائن الحي تحسس الصوت عن طريق عضو خاص يسمى الأذن. ومصادر الصوت في الطبيعة كثيرة، كانفجارات البراكين وأصوات الرعد؛ ويصدر من حركة الأجسام، كحركة السيارات والطائرات. من منظور علم الأحياء الصوت هو إشارة تحتوي على نغمة أو عدة نغمات تصدر من الكائن الحي الذي يملك العضو الباعث للصوت، تستعمل كوسيلة اتصال بينه وبين كائن آخر من جنسه أو من جنس آخر، يعبر من خلالها عما يريد قوله أو فعله بوعي أو بغير وعي مسبق، ويسمى الإحساس الذي تسببه تلك الذبذبات بحاسة السمع.

ويعد الصوت أساس الكثير من الخبرات التي يكتسبها الإنسان. وقد كان الإنسان في الماضي لا يعتمد على الأصوات التي يصدرها من حنجرته فحسب، وإنما أيضًا على أصوات الطبول والأدوات التي تحدث الجلجلة والخشخشة وأيضًا بالمزامير.

وتقدر سرعة الصوت في وسط هوائي عادي ب 343 متر في الثانية أو 1224 كيلومتر في الساعة. تتعلق سرعة الصوت بصلابة وكثافة المادة التي يتحرك فيها الصوت وكذلك تعتمد على درجة حرارته.

- الصوت هو اهتزاز ميكانيكي للوسط، الموجة الصوتية هى إحدى أشكال الصوت (نماذج الانتشار) التي يتميز بها الصوت، وكمثال على نماذج أخرى: التيارات الصوتية والتدفق الصوتي.[5]
- هنالك عوامل أخرى تؤثر على انتشار الصوت وسرعته كطبيعة المادة (اللزوجة، والكثافة، ودرجة الحرارة، وتأثر الوسط بمجال مغناطيسي). فالصوت ينتقل في الهواء، الماء، الغازات، والسوائل وفي قضيب الحديد أو النحاس أو حتى عبر الحوائط والجدران.
- يستطيع الإنسان سماع الصوت عند ترددات بين نحو 20 هيرتز (أي 20 اهتزازة في الثانية) و20 كيلو هيرتز (أي 20 ألف اهتزازة في الثانية). الصوت ذو تردد أعلى من 20.000 هيرتز يسمى تردد فوق صوتي وأما الصوت في ترددات أقل من 20 هيرتز فهي ترددات تحت صوتية، وتختلف نطاقات سماع الحيوانات عن نطاقات سماع الإنسان.

التعريف الفيزيائي :



عدد من موجات جيبية ذات ترددات مختلفة؛ الموجات السفلى لها تردد أعلى من الموجات العليا في الشكل. المحور

من وجهة نظر الفيزياء فالصوت هو موجة. وتنتشر الموجة في السوائل والغازات كموجة طولية وهي كذلك أيضًا في الهواء؛ أي ينتشر الصوت مثلًا في الهواء بطريقة يتردد فيها ضغط الهواء بطريقة دورية بمعنى منطقة هواء مضغوط يتلوه منطقة هواء مخلخل ويتلوه منطقة هواء مضغوط وهكذا. فيكون تغير الموجة في نفس اتجاه انتشار الصوت. أما في المواد الصلبة فينتشر الصوت في موجات عرضية (أي تكون موجاته عمودية على اتجاه انتشار الصوت). وتحرك موجات الصوت جزيئات الوسط (غالبًا الهواء) حول حالة وسطية بين الزيادة والنقصان (منطقة هواء مضغوط تتبعه منطقة هواء مخلخل تتبعه منطقة هواء مضغوط وتتبعه

Duration: **1:58**تجربة تستخدم شوكتين رنانتين لهما رنين بنفس التردد عندما نطرق أحدهما بمطرقة خشبية أو من المطاط، نجد أن الشوكة الثانية تهتز كالأولى بنفس التردد ويحدث رنين بينهما. ذلك أن اهتزاز الهواء الناشيء من اهتزاز الشوكة الأولى يجعل الشوكة الثانية تهتز أيضًا حيث أن الشوكتين لهما نفس التردد.

منطقة هواء مخلخل، وهكذا) وتنتشر في الهواء بسرعة خاصة، ويرمز لسرعة الصوت c. ولكي تنتقل موجات الصوت فهي تحتاج إلى وسط تنتشر فيه، مثل الهواء أو الماء أو السوائل أو في وسط مادة صلبة، مثل قضيب من النحاس أو حديد، كذلك نسمع الصوت عبر الحائط؛ ولا ينتشر الصوت في الفراغ.

وتعتمد سرعة الصوت على الوسط الذي ينقلها. وتبلغ سرعة الصوت في الهواء 343 متر في الثانية عند درجة حرارة 20 درجة مئوية و 1407 متر /ثانية في الماء عند درجة الصفر المئوي.

يمكن حساب طول الموجة الصوتية من تردد الموجة f وسرعة الصوت c بواسطة المعادلة:

وفي العادة تكون اختلافات في الضغط أو في الكثافة سببًا في تغير سرعتها. ويتضح هذا عندما نتصور مستوى لضغط الصوت يقدر ب 130 dBديسيبل. وهذا يبلغ درجة تألم أذن الإنسان، ويمثل به الضغط الجوي العادي: يبلغ الضغط الجوي للهواء الساكن 101.325 باسكال، في حين أن مستوى ضغط صوت قدره 130 dB له قيمة فعلية لضغط الصوت p تبلغ 63 باسكال فقط.

خصائص الموجات الصوتية:

تصدر الطبول صوتاً مميزاً عبر الاهتزاز الناتج عن غشائيها.

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

مثلًا سماع الأصوات من الآلات الموسيقية وتعدد وسائل الاتصالات المسموعة التي تعتمد على تحويل الطاقة من صورة إلى أخرى وتطور الأجهزة الصوتية التي تأخذ أشكالًا 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 بذل شغل في كل حالة. الموسيقى يبذل شغلًا لتحريك أوتار الآلة الموسيقية كما أن الصوت الناتج عندما تصفق يديك لتشجيع فريقًا رياضيًا مثلًا يأتي من بذل شغل وهذا الشغل المبذول بواسطة اليدين يسبب اضطرابًا في الهواء المحيط متحولًا إلى طاقة صوتية تتشكل على شكل موجات منتظمة عليه فإن الصوت صورة من صور الطاقة إذا استقبلتها الأذن يحدث الإحساس بالسمع.

وتعتبر دراسة «الصوت» من المواضيع المهمة حيث تستخدم هذه الدراسات في أبحاث الطيران والفضاء والطاقة المتجددة والطاقة النووية والأبحاث الطبية.

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

تصنيفات الموجات الصوتية :

تصنف الموجات الصوتية طبقًا لترددتها كما يلي:

الموجات فوق السمعية:

: موجة فوق صوتية

هى الموجات التي تزيد ترددتها على 20 ألف هيرتز والتي تقع خارج نطاق حاسة الاذن البشرية. وهذا النوع من الموجات ما زال موضع بحث واهتمام مكثف نظرًا للتطبيقات المهمة التي تمس مجالات عديدة في الصناعة والطب وغيرهما. وقد أصبح بالإمكان إنتاج موجات فوق صوتية تزيد ترددتها على 1.000.000 هيرتز ولا تختلف هذه الموجات من حيث الخواص عن الموجات الصوتية الأخرى إلا أنه نظرًا لقصر طول موجاتها فإنه بالإمكان أن تنتقل على هيئة أشعة دقيقة عالية الطاقة.

الموجات السمعية :

موجات سمعية

وهي تلك التي تقع ضمن قدرة الانسان على السمع، حيث يمكن له من خلال وقوعها ضمن التردد تمييزها والتفاعل معها بكل سهولة، والتي يكون ترددها بين 20 هيرتز و 20.000 هيرتز.

الموجات دون السمعية[

موجة تحت صوتية

هى الموجات الصوتية التي يقل ترددها عن 20 هيرتز ولا تستطيع الأذن البشرية الإحساس بها وأهم مصدر لها هو الحركة الاهتزازية والانزلاقية لطبقات القشرة الأرضية وما ينتج عنها من زلازل وبراكين وعليه فإنها مهمة جدًا في رصد الزلازل وتتبع نشاط البراكين. وتستطيع بعض الحيوانات الإحساس بالزلازل قبل حدوثها.

سرعة الصوت :

سرعة الصوت

طائرة تخرق جدار الصوت. ينتشر الصوت في وسط مادي صلب أو سائل أو غاز.

تختلف سرعة الصوت حسب نوع الوسط الذي تنتشر فيه الموجات الصوتية ودرجة الحرارة فتكون أعلى في المواد الصلبة وأقل في السوائل وأقل بكثير في الغازات. وبالنسبة لانتشار الصوت في الهواء فيعتمد على الضغط، أي أن سرعة الصوت تقل بالارتفاع عن سطح الأرض.

وسرعة الموجات الصوتية في الموائع تعطى بالمعادلة

وسرعة الصوت في الهواء عند درجة الصفر المئوي هي 331.1 م/ث وتزداد هذه السرعة بارتفاع درجة الحرارة. تقدر سرعة الصوت في الماء بـ 1450 م/ث عند الدرجة القياسية (15 درجة مئوية). وتتراوح هذه السرعة في المواد الصلبة بين 3000 و6000 متر/ثانية فهي مثلاً 5100 م/ث للحديد والألومنيوم و 3560 م/ث للنحاس وتبلغ 5200 متر في الثانية في الزجاج.

مستوى ضغط الصوت :

ضغط الصوت هو الفرق -بالنسبة إلى وسط معين- بين متوسط الضغط الموضعي والضغط في موجة الصوت. يؤخذ متوسط مربع هذا الفرق (مطال)، ثم يحسب منه الجذر التربيعي فينتج جذر متوسط التربيعات.

وعلى سبيل المثال، 1 باسكال متوسط جذر التربيع لضغط الصوت (94 ديسيبل) في الجو معناه أن الضغط الفعلي في موجة الصوت تهتز بين (1 ضغط جوي باسكال) و(1 ضغط جوي باسكال)، أي بين 101323.6 و 101326.4 باسكال. مثل هذا الفرق الطفيف في الضغط الجوي عند تردد صوتي يؤثر على الأذن كصوت ضوضائي يصم وقد يتسبب في إفساد السمع كما يرى من الجدول أدناه.

وتستطيع الأذن البشرية سماع الصوت في نطاق واسع من المطالات، وغالبًا ما يقاس ضغط الصوت بواسطة مستوى لوغاريتمي للقياس ديسيبل. ويعرف مستوى ضغط الصوت ورمزه L_p بالمعادلة:

حيث:

p جذر متوسط التربيعات لضغط الصوت،

و ضغط الصوت العياري.

وتعرف ضغوط الصوت العيارية عادة طبقًا للنظام العياري الوطني الأمريكي ANSI S1.1-1994 من 20 ميكرو باسكال في الهواء و1 ميكرو باسكال µPa في الماء. وبدون ذكر النظام العياري لضغط الصوت فلا تعبر قيمة بالديسيبل عن مستوى ضغط الصوت.

ونظرًا لأن الأذن البشرية ليس لها استشعار مستوى لترددات الصوت فإن ضغط الصوت عادة ما يوازن بالتردد بحيث يطابق المستوى المقاس عمليًا مستوى السمع بالتقريب.

وقامت المفوضية الدولية للتكنولوجيا الكهربائية بتعريف عدة نظم للموازنة. منها الموازنة A-weighting وهي تحاول تمثيل استجابة الأذن البشرية للشوشرة، والموازنة من النوع A توازن مستويات ضغط الصوت يرمز لها دي بي إيه .A dbوتستخدم موازنة نوع C لقياس مستويات قممية عالية.

شدة وجهارة الصوت :

المهتز الذي ينشر الموجة الصوتية يبعث الطاقة مع هذه الموجة، وتُعرف شدة الصوت بدلالة الطاقة التي تحملها هذه الموجة، ولكي نتحرى الدقة نرسم مساحة قدرها الوحدة عمودية على اتجاه الانتشار، وعندئذٍ سوف نعرف شدة الموجة بأنها الطاقة التي تحملها الموجة في الثانية عبر وحدة المساحات العمودية على اتجاه انتشار الموجة، وحيث أن الشدة هي الطاقة في الثانية، إذن **شدة الصوت** هي القدرة المارة خلال وحدة مساحات عمودية على اتجاه انتشار الموجة، ووحدات شدة الصوت هي الواط لكل متر مربع.

يوضح الجدول شدة بعض الأصوات، لاحظ أن مدى شدة الصوت الذي تستطيع الإذن أن تسمعه واسع جداً.

نوع الصوت	شدة الصوت $w\m^2$	مستوى شدة الصوت dB
الصوت المسبب للألم	1	120
ثقابة الصخور التي تعمل بالهواء المضغوط	10^{-2}	100
طريق كثيف بالمرور*	10^{-5}	70
التخاطب العادي*	10^{-6}	60
الهمس المتوسط الارتفاع*	10^{-10}	20
حفيف الشجر*	10^{-11}	10
الصوت المسموع بالكاد	10^{-12}	0

* إذا كان الشخص قريباً من مصدر الصوت

للتعبير عن طريقة استجابة الإذن للأصوات بطريقة أفضل يُستخدم عادةً مقياس شدة الصوت، أو مقياس الديسيبل، المبني على قوى الرقم 10.

ويمكن أن نلاحظ في مقياس الديسيبل أن الحد الأدنى لشدة الصوت المسموع بالكاد للإذن المتوسطة هو الصفر في مقياس الديسيبل، وكلما ازدادت شدة الصوت 10 أضعاف يرتفع مستوى شدة الصوت بالديسيبل بمقدار 10 وحدات، وقد وجد أن الإذن تحكم على الأصوات طبقاً لمقياس الديسيبل.

تصنيف الصوت تبعًا للتردد :

بحسب التردد يصنف الصوت إلى الأنواع:

- **تحت الصوتية**، وهي أقل من 20 هرتز وهي غير مسموعة للأذن البشرية حيث التردد منخفض جدًا،
- **نطاق السمع**، وهو يمتد من 20 هرتز إلى نحو 20.000 هرتز، وهي أصوات مسموعة للبشر،
- **فوق صوتية**، بين 20.000 هرتز إلى 1,6 جيجا هرتز (1.6 مليار ذبذبة في الثانية)، وهي غير مسموعة للبشر، حيث ترددها عالي.
- **صوتية فائقة**، موجات صوتية ترددها أكبر من مليار هرتز (1 مليار ذبذبة/ثانية)، وهذه قد لا تنتشر.

من خصائص الأمواج الصوتية:

تتألف الموجة الصوتية أو الأمواج الصوتية في أي وسط من حركة اهتزازية حركة اهتزازية سريعة للجزيئات التي تألف الوسط. فحركة إحدى جزيئات الوسط تؤدي إلى اضطراب الجزيئات المجاورة، وهذه بدورها تقوم بنفس العمل، وهكذا دواليك، بحيث أن موجة من الاضطراب تعبر الوسط ابتداء من نقطة الحركة الأولى. وعندما تهتز الشوكة الرنانة في الهواء، فإن حركة الشعبة المهتزة إلى الأمام تضغط الهواء المجاور. إلا أنه سرعان ماتعود هذه المنطقة المنضغطة من الهواء إلى حالتها الاعتيادية بفضل الخاصة المطاطية للهواء وعلى حساب انضغاط المناطق المجاورة، بحيث أن موجة من الضغط الزائد تنتشر ابتداء من الشعبة المهتزة من الشوكة الرنانة، وبنفس الطريقة فإن حركة الشعبة المهتزة إلى الخلف تولد موجة من الضغط الناقص أو التخلخل.

تولد الشوكة الرنانة على هذه الشاكلة ما نسميه بالصوت الصافي Pure Tone الذي يعبر عنه كميا بعنصرين هما تواتر الاهتزاز Frequency وسعته Amplitude مطاله أو شدته .Intensity

إن ذروة الشوكة رنانة - وبالتالي أي جزيئة من جزيئات الوسط المجاور لها -تعاني حركة بسيطة منسجمة في الاتجاه الرئيسي لانتشار الموجة بحيث يمكن تمثيل مواضع هذه الجزيئة في حركتها بالنسبة للزمن بموجة جيبية. أما إذا كانت حركة مصدر الاهتزاز حركة غير بسيطة ولا منسجمة نحو الأمام والخلف، فإن شكل الموجة يكون معقدا وهذه هي صفة أكثر المنبهات الصوتية الطبيعية.

هذا ويمكن رياضيا تحليل الموجة المعقدة إلى موجتين أو أكثر من الموجات الجيبية التي يمكن حينئذ تحديدها بالعنصرين السابقين، أي التواتر والشدة.

كيف تنشأ الموجات الصوتية:

تتشكل الموجات الصوتية نتيجةً لاهتزاز أي كائنٍ حيٍّ مما يؤدي لاهتزاز الهواء المحيط به، تقوم الموجات الصوتية بالانتقال عبر الهواء وذلك بنفس طريقة انتقال موجات الماء في الماء.

عند تحول الإشارات إلى امواج صوتية يتغير ضغط الهواء وتبدأ الإشارات بالعلو والهبوط تارةً تلو الأخرى، فالقيم العالية تمثل مناطق زيادة ضغط الهواء والقيم الدنيا تُمثّل مناطق منخفضة الضغط. حيث أنّ المناطق مرتفعة الضغط تمثل نقاطًا ذات كثافةٍ عاليةٍ من الجزيئات، أما المناطق الموجية المنخفضة تُمثل نقاطًا تحتوي كثافةً منخفضةً من الجزيئات.

شدة الموجة الصوتية:

هي كمية الطاقة التي تؤثر في سنتيمتر مربع واحد من الوسط أثناء مرور الموجة الصوتية، حيث أن وحدة الديسيبل هي الواحدة المستعملة للتعبير عن كمية طاقة الموجة. ونظرا للشدات الصوتية المتغيرة بشكل كبير والتي تستقبلها الأذن وتميزها، فإن هذه الشدات يعبر عنها بمصطلحات لوغاريتمية لقيمها الحقيقية.

عندما نقول أن شدة صوت ما هي كذا ديسبلات فهذا يعني أن هذا الرقم هو عشرة أضعاف لوغاريتم نسبة طاقة هذا الصوت إلى طاقة أخرى متفق عليها.

- الطاقة = (الضغط)2
- ديسبل = 10) Xالضغط)2
- ديسبل = 10 X الطاقة

مثال على ذلك: إن الفرق بين أقل شدة وأقوى شدة تتحملها أذن الإنسان هي (120) ديسبل. وهذه الكمية هي نسبة طاقة صوت الرعد القوي إلى طاقة صوت في العتبة الدنيا للسمع، ويمثل الديسبل الواحد زيادة حقيقية في قدرة الصوت تعادل 1، 26 مرة.

ولما كان الديسبل مقياس نسب، فلا بد من اعتماد معيار أو مستند للمقارنة به والنسبة إليه. فيمكن الاعتماد مثلا على العتبة الدنيا للسمع، ولكن هذا المعيار يختلف من شخص لآخر ويختلف كثيرا باختلاف تواترات الصوت.

لذلك وتلافيا لهذه الاعتبارات، اتفق المعنيون بهذا الأمر على اعتماد معيار اتفاقي هو الميكرو واط. ولما كان الواط هو مقياس لمعدل تدفق الطاقة لكل سنتيمتر مربع فالميكرو واط يقارب العتبة الدنيا للسمع السماح بسماع صوت تواتره (1000) ذبذبة في الثانية.

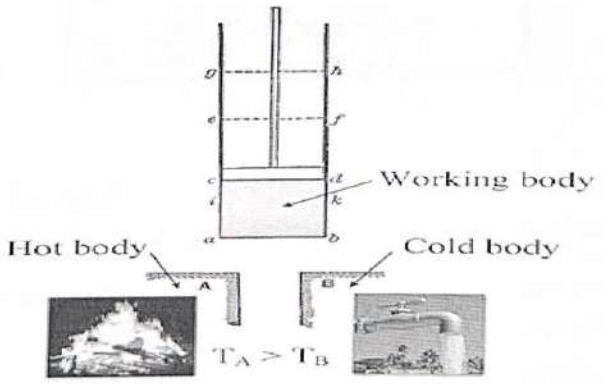
الديناميكا الحرارية أو التحريك الحراري أو الثرموديناميك (باللاتينية: Thermodynamica) :

هو أحد فروع الميكانيكا الإحصائية الذي يدرس خواص انتقال الشكل الحراري للطاقة وتحولاته إلى أوجه أخرى منها، مثل تحول الطاقة الحرارية إلى طاقة ميكانيكية مثلما في محرك احتراق داخلي والآلة البخارية، أو تحول الطاقة الحرارية إلى طاقة كهربائية مثلما في محطات القوى، وتحول الطاقة الحركية إلى طاقة كهربائية كما في توليد الكهرباء من السدود والأنهار.

وقد تطورت أساسيات علم الترموديناميكا بدراسة تغيرات الحجم والضغط ودرجة الحرارة في الآلة البخارية. معظم هذه الدراسات تعتمد على فكرة أن أي نظام معزول في أي مكان من الكون يحتوي على كمية فيزيائية قابلة للقياس تسمى الطاقة الداخلية للنظام ويرمز لها بالرمز (.(Uوتمثل هذه الطاقة الداخلية مجموع الطاقة الكامنة والطاقة الحركية للذرات والجزيئات ضمن النظام، أي جميع الأنماط التي يمكن أن تنتقل مباشرة كالحرارة، كما تنتمي الطاقة الكيميائية (المختزنة في الروابط الكيميائية) والطاقة النووية (الموجودة في نوى الذرات) إلى الطاقة الداخلية لنظام.

بدأت دراسات **الديناميكا الحرارية** مع اختراع الآلة البخارية وترتب عليها قوانين كثيرة تسري أيضا على جميع أنواع الآلات؛ وبصفة خاصة تلك التي تحول الطاقة الحرارية إلى شغل ميكانيكي مثل جميع أنواع المحركات أو عند تحول الطاقة الحركية إلى طاقة كهربائية مثلا أو العكس.

نفرق في الثرموديناميكا بين «نظام مفتوح» و«نظام مغلق» و«نظام معزول». في النظام المفتوح تعبر مواد النظام حدود النظام إلى الوسط المحيط، بعكس النظام المغلق فلا يحدث تبادل للمادة بين النظام والوسط المحيط. وفي النظام المعزول فلا يحدث بالإضافة إلى ذلك تبادل للطاقة بين النظام المعزول والوسط المحيط، وطبقا لقانون بقاء الطاقة يبقى مجموع الطاقات الموجودة فيه (طاقة حرارية، وطاقة كيميائية، وطاقة حركة، وطاقة مغناطيسية...إلخ) تبقى مجموعها ثابتا.

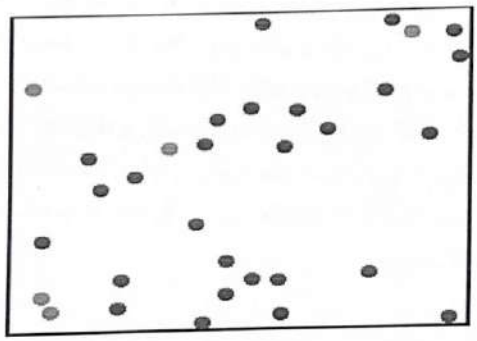


صورة ملونة للصورة الأصلية من عام 1824 لآلة كارنو تبين غلاية ساخنة، ووسط شغال (بخار في أسطوانة ذات مكبس)، ووسط بارد (ماء). والرموز على الاسطوانة تُعلم نقاط توقف مهمة في دورة كارنو.

توضح لنا الديناميكا الحرارية اعتماد الحرارة والشغل الميكانيكي عند حدود النظام على دوال الحالة التي تصف حالة النظام. ومن دوال الحالة التي تصف النظام نجد: درجة الحرارة T، والضغط p، وكثافة الجسيمات n، والجهد الكيميائي μ وهذه تسمى "خواص مكثفة"، وصفات أخرى مثل الطاقة الداخلية U وإنتروبيا S، والحجم V وعدد الجسيمات N، وقد جرى العرف على تسميتها كميات شمولية. الفرق بين الكميات المكثفة والكميات الشمولية ينحصر في كون الدوال المكثفة لا تتغير بتضخيم النظام (إضافة جزء جديد) مثل الكثافة والحرارة النوعية، أما الدوال الشمولية أو الكميات الشمولية فهي تزداد بتضخيم النظام مثل عدد الجسيمات، والطاقة الداخلية (المحتوى الحراري في النظام).

أصل الكلمة:

المصطلح في اللغات الأوروبية (باللاتينية: Thermodynamica) مأخوذ من الأصول اليونانية θέρμη أي حرارة و δύναμις أي طاقة، وتترجم إلى **الديناميكا الحرارية**.



حركة الذرات والجزيئات في الغاز حركة عشوائية مهرجلة ، تتسم **بإنتروبيا** عالية. ملحوظة: خفضت سرعات الذرات في هذا الشكل نحو 1000.000.000.000 مرة عن طبيعتها.

في أواخر القرن الثامن عشر ظهر علم الديناميكا الحرارية كعلم يدرس تحول الطاقة الحرارية إلى عمل ميكانيكي، واستنادا إلى ذلك وضعت الأسس النظرية لعمل الآلات الحرارية. غير أن التطور المستمر في المحركات الحرارية أعطى علم الديناميكا الحرارية أهمية كبيرة تخطت حدود الهندسة الحرارية لتلقى استخداما واسعا في فروع مختلفة من العلوم الأساسية كالفيزياء والكيمياء، وتقنية الطاقة وتقنية المحركات على اختلاف أنواعها وتقنية البطاريات. والديناميكا الحرارية الحديثة هو العلم الذي يتطرق إلى دراسة قوانين

التحولات المتبادلة لمختلف أشكال الطاقة، كما ويعالج العمليات أو الظواهر التي تحدث في الطبيعة من خلال تحول الطاقة من شكل إلى آخر. وتختلف الديناميكا الحرارية عن الفيزياء والكيمياء بأنها لا تستند إلى أي نموذج لبناء المادة، كما لا ترتبط بأي تصور عن البنية الجزيئية لهذه المادة، ولكنه يعتمد على القوانين التي تم التوصل إليها تجريبيا.

وعلم الديناميكا الحرارية يرتكز على ثلاث قوانين تجريبية ومعادلة الحالة:[1]

- القانون الأول للديناميكا الحرارية، أو قانون حفظ الطاقة.
- القانون الثاني للديناميكا الحرارية وهو يبين اتجاه سير ظواهر طبيعية تحدث في الطبيعة، مثل انتقال الحرارة من الجسم الساخن إلى البارد.
- القانون الثالث للديناميكا الحرارية وهو يؤكد عدم بلوغ الصفر المطلق لدرجة الحرارة.

وتعطى الديناميكا الحرارية وصفا شاملا للعمليات والظواهر التى تحدث فى الطبيعة بصفة عامة، وتفسر لنا التفاعلات الكيميائية وهى هامة جدا في مجالات الصناعات الكيماوية وتكرير البترول ومحطات الطاقة وإنتاج البطاريات وكفاءة المحركات وإنتاج البخار وتعيين خواص الغازات.[1]

يهتم علم الديناميكا الحرارية -كما يدل الاسم- بالحرارة أو الطاقة الحرارية بالدرجة الأولى وبكل الظواهر التي تظهر أو تتعلق بهذه الطاقة مثل عمليات انتقال الحرارة من جسم لآخر أو كيفية تخزين هذه الطاقة أو توليدها. يقوم علم الديناميكا الحرارية على أربعة قوانين كبرى وهي القانون صفر (أو القانون الرابع) والقانون الأول والقانون الثاني والقانون الثالث. إلى جانب ذلك وهو الأهم تدرس الديناميكا الحرارية علاقة الحرارة بالتحريك الميكانيكي، مثلما ساعدنا في ذلك على اختراع الآلة البخارية ومحرك البنزين وطرق رفع كفاءتهم، كما تدرس الديناميكا الحرارية العلاقة بين الحرارة وتفاعل كيميائي وتطبيقاتها تجمع بين اختراع البطاريات والمركمات، وأخيرا علاقة الحرارة بالكهرباء حيث تساعدنا على توليد الطاقة الكهربائية من عدة وسائل مثل محطات تعمل بالفحم أو بالقوى المائية أو بالطاقة النووية. كل تلك التقنيات تعتمد على تطويرها بغرض رفع كفاءتها على علم الديناميكا الحرارية.

التاريخ :

قام العالم الفيزيائي الفرنسي سادي كارنو عام 1824 بدراسة كمية الحرارة التي تعمل بها آلة بخارية. وتبين له أن البخار الساخن يمكن أن يسخن ماء بارد وأن يقوم بإنتاج عمل ميكانيكي في نفس الوقت. واعتقد كارنو أنه خلال تلك العملية لا يحدث فقدا في الطاقة. كما وصف «كارنو» العمليات الجارية في الآلة البخارية بأنها عملية دورية، أي أنها دورة تتكرر مرارا. واستطاع العالم كلابيرون بعد ذلك بصياغة تلك الدورة في صياغة رياضية وسميت تلك الطريقة دورة كارنو.[2]

ثم جاء الطبيب الألماني «يوليوس ماير» عام 1841 وقدم الافتراض أن الطاقة في نظام مغلق تكون ثابتة المقدار. فلا يمكن أن تفنى الطاقة، وإنما تتحول من صورة إلى أخرى. هذا الافتراض أصبح معروفا قانون بقاء الطاقة. وقام «ماير» بحسابات في تحويل الحرارة إلى طاقة حركة ميكانيكية. وقام بحساب كمية الطاقة

اللازمة لرفع درجة حرارة 1 جرام من الماء 1 درجة مئوية، وكم تبلغ تلك الطاقة عندما تتحول إلى طاقة ميكانيكية. وأتم ماير الحساب واتضح له أن تلك الكمية من الحرارة تكفي لرفع 1 جرام 367 متر إلى أعلى (في الحقيقة ترفعه 426 متر). وشكلت تلك الحسابات أساسا للقانون الأول للديناميكا الحرارية عن الحركة الحرارية (الترموديناميكا).[3] ثم عين جيمس جول عام 1844 المكافئ الميكانيكي الحراري بدقة كبيرة.

وفي عام 1840 قام العالم الكيميائي الألماني السويسري هيرمان هاينريش هس مقالة علمية تحت عنوان: «فحوصات حرارية كيميائية» تتعلق بظاهرة حفظ الطاقة في الجزيئات بمشاهداته الحرارة الناتجة من تفاعلات كيميائية.

وبينما كان تصور «كارنو» أن كمية الطاقة تبقى كاملة لا تتغير أثناء عمل آلة بخارية، أخذ «ماير» في الحسبان إمكانية تحول الطاقة من صورة إلى أخرى مثل تحولها إلى طاقة حركة عند تشغيل آلة. ثم جاء العالم الفيزيائي الألماني رودولف كلاوسيوس عام 1854 وربط بين الفكرتين: فكرة كارنو وفكرة ماير، وبيّن أن الآلة البخارية تعمل عندما تسري حرارة من وسط ساخن إلى وسط بارد داخل الآلة، وأيد بذلك فكرة كارنو في أن الطاقة لا تفنى وإنما يمكن أن يتحول جزء منها إلى شغل، أي طاقة ميكانيكية (طاقة حركة). أي أن الطاقة الحرارية لا تبقى بأكملها على صورتها الحرارية - كما كان كارنو يعتقد مقدما - وإنما يتحول جزء منها إلى شغل ميكانيكي ويتسرب الباقي إلى الجو المحيط مع العادم.

واتضح ل «كلاوسيوس» أن الطاقة الحرارية في آلة (ألة بخارية) تتحول جزئيا إلى شغل ميكانيكي، والباقي يتسرب في الجو. وتحدد الكفاءة لآلة النسبة بين الشغل الميكانيكي الناتج إلى كمية الحرارة المزودة بها الآلة.

تلك المعلومة التي توصل إليها كلاوسيوس شكلت صيغة القانون الثاني للديناميكا الحرارية:«لا توجد آلة تعمل دوريا وينقصر عملها فقط في تحويل الحرارة (كلها) إلى شغل ميكانيكي.» [4] وكمية الحرارة التي لم تنتج شغلا ميكانيكيا أثناء الدورة فهي تُعطى إلى الوسط المحيط. تلك الكمية من الحرارة (طاقة) الغير مستفاد منها ربطها كلاوسيوس بدرجة الحرارة وصاغ منها دالة جديدة أسماها إنتروبيا.

جميع العمليات التي تسير طبيعيا تحتوي على جزء من الإنتروبيا الغير عكوسية، وظيفتها تصريف الحرارة الغير مستفاد منها إلى الوسط المحيط.

بعد ذلك صاغ بولتزمان الإنتروبيا بطريقة يسهل تصورها بأنها مقياس لعدم الانتظام (مقياس للهرجلة في نظام). . وأنه في نظام مغلق (منعزل عن الوسط المحيط) ويحدث فيه تغير عكوسي للحالة فإن فرق الإنتروبيا - بين الحالة الابتدائية والحالة النهاية - يكون مساويا للصفر.

ثم جاء العالم الكيميائي الفرنسي «مارسلين برتلوت» في عام 1862 وبين أن القوة الدافعة وراء تفاعل كيميائي تكمن في الحرارة التي تنتج من التفاعل.

وربط هرمان فون هلمهولتز الألماني الطاقة الكهربائية لبطارية بالطاقة الكيميائية والطاقة الحرارية، وتوصل في رسالته العلمية المسماة: «عن حفظ القوة» إلى قانون حفظ الطاقة، بدون علمه عن أعمال «ماير».

ثم تفرغ «هلمهولتز» خلال السنوات التالية لدراسة التفاعلات الكيميائية، وأيد أعمال «برتولت» من حيث نشأة حرارة من تفاعلات كيميائية كثيرة، مع أنه وجد أيضا أن بعضها يبرد أثناء التفاعل. وقام هلمهولتز في رسالته العلمية تحت عنوان:«ترموديناميكية العمليات الكيميائية» [6] بأن الطاقة تتحول خلال تفاعل كيميائي إلى طاقة حرة وطاقة داخلية، تبقى مرتبطة بالنظام.[7] وربط «هلمهولتز» الطاقة الداخلية والطاقة الحرة بحاصل ضرب الإنتروبيا ودرجة الحرارة.

وطبقا لهلمهولتز يكون التفاعل الكيميائي ممكنا فقط عندما تنخفض الطاقة الحرارة. كذلك توصل العالم الفيزيائي الكيميائي الأمريكي ويلارد غيبس بين الأعوام 1875 - 1878 إلى نفس النتائج التي توصل إليها هلمهولتز.

وسميت العلاقة معادلة جيبس-هلمهولتز تكريما لهذاين العالمين. وبواسطتها يمكن للكيميائي معرفة إمكانية سير تفاعل وتكوين جزيئات جديدة. كما يمكنه معرفة درجة الحرارة وتركيز المواد الداخلة في التفاعل والخارجة منه.

بالإضافة إلى الترموديناميكا الكلاسيكية ابتكرت نظرية الحركة الحرارية. وطبقا لهذه النظرية يتكون الغاز من جسيمات - ذرات وجزيئات - تتحرك حرة وعشوائيا وتتصادم ببعضها البعض في فراغ بينها. وعند ارتفاع درجة الحرارة تزداد سرعة حركة الجسيمات وتكثر اصطداماتها وطذلك اصداماتها بجدار الوعاء وتمارس عليه ضغطا.

بجانب الترموديناميكا الكلاسيكية فقد تطورت نظرية الحركة الحرارية للغازات. ويتكون الغاز من جسيمات مثل الذرات أو الجزيئات تتحرك عشوائيا في فراغ وتحدث بينها اصطدامات. وعندما نرفع درجة حرارة الغاز تتحرك الجسيمات بسرعات أكبر ويزيد معدل اصطدامها بعضها البعض، كما تمارس ضغطا على جدار الوعاء الموجودة فيه. من العلماء الذين ساهموا في صياغة تلك النظرية رودولف كلاوسيوس، وجيمس ماكسويل، ولودفيغ بولتزمان.[8] واستخدم كل من بولتزمان وماكسويل طرق حساب الاحتمالات (الطرق الإحصائية) بغرض تفسير الكميات الترموديناميكية التي نراها ونقيسها معمليا واعتمادها على خصائص الجزيئات.

قام الفيزيائي «إليوت ليب» عام 1999 بتقديم منظومة للترموديناميكا محاولا تفسير الإنتروبيا بطريقة جديدة، ولكن محاولته هذه لا تغير من نتائج الترموديناميكا الكلاسيكية.

ونظرا للتاريخ الطويل والمراحل العديدة التي تتطورت فيها الترموديناميكا واتساع تطبيقاتها في وصف «الحركة الحرارية التقنية»، (مثل وصف عمل محرك الاحتراق الداخلي أو عمل الثلاجة)، والترموديناميكا الكيميائية (مثل وصف سرعة التفاعلات الكيميائية)، و «الترموديناميكا الإحصائية» (التي تصف مستويات الطاقة الكمومية في الجوامد) نظرا لهذا التاريخ الطويل فكل من تلك الفروع له طريقته في صياغة المعادلات.

تطور الديناميكا الحرارية وفروعها:

ثمانية من العلماء ساهموا في الكشف عن الحركة الحرارية (ترموديناميك) ولهم مدارس فيها. من أهم تلك المدارس مدرسة برلين وعالمها رودولف كلاوسيوس 1865، ومدرسة فيينا وعالمها في الكيمياء الإحصائية لودفيغ بولتزمان، ومدرسة جامعة ييل ومؤسسها ويلارد غيبس 1876 في الترموديناميكا الكيميائية.[9]

ساهم في تطور هذا العلم رودولف كلوسيوس وويليام طمسون وهرمان فون هلمهولتز، جوزيه غيبس، وسادي كارنو، وويليم رانكين وغيرهم. وقد تفرع من دراسة الأنظمة الترموديناميكية في عدة فروع، يستخدم كل فرع منها نموذجا خاصا للمعاملة، مثل الاعتماد على تحليل نتائج التجارب أو التحليل الرياضي، أو تطبيق مبادئ خاصة على نظمها المختلفة. من أهم تلك الفروع نذكر:

ترموديناميكا كلاسيكية:

في الترموديناميكا الكلاسيكية نقوم بوصف حالة نظام (وعلى الأخص في حالة توازنه) وعمليات الأنظمة الحركية الحرارية «أنظمة ترموديناميكية». ويقوم الوصف على استخدام الخواص العينية الكبيرة للنظام التي يسهل قياسها كالحرارة والضغط والحجم، وكذلك وصفها بصياغة معادلات مناسبة للنتائج التجريبية. وفي

هذا الإطار تقوم الترموديناميكا الكلاسيكية (أي التقليدية) بدراسة تغيرات الطاقة والشغل والحرارة وتغير المادة على أساس قوانين الديناميكا الحرارية. ويعبر التعبير «الكلاسيكية» عن أن الوصف الذي تقوم به لنظام يعتمد على متغيرات معملية يمكن قياسها بالمختبرات، فكانت هي أول سبل تفهمنا خلال القرن التاسع عشر. ثم تبع ذلك محاولات وصف النظام الصغري (أي دراسة كياناته الصغرى) وتمثل ذلك في تطور «الترموديناميكا الإحصائية».

ترموديناميكا إحصائية:

تسمى الترموديناميكا الإحصائية أيضا «ميكانيكا إحصائية»، وقد نشأت هذه بتقدم معرفتنا عن النظرية الذرية وتكوين الجزيئات من الذرات خلال النصف الثاني من القرن التاسع عشر ومطلع القرن العشرين. زودت تلك المعرفة الترموديناميكا بتفسيرات مبنية على التآثر بين الذرات والجزيئات ومبنية على حالات كمومية في نظام ذرات أو جزيئات وتوزيعها (إحصائيا). ويهتم هذا الفرع بالربط بين الخواص الصغرية لنظام أي في حيز الذرات والجزيئات، وخواصه الشمولية العينية (التي يمكن مشاهدتها معمليا). وتفسير الحركية الحرارية كنتيجة طبيعية لإحصاءات الميكانيكا التقليدية ونظرية الكم في النطاق الصغري. يعود الفضل الأكبر في تفسيرها إلى عالم الفيزياء النمساوي لودفيغ بولتزمان.

ترموديناميكا كيميائية:

ترموديناميكا كيميائية

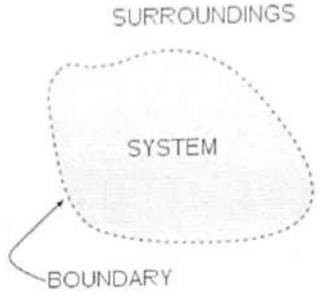
تهتم الترموديناميكا الكيميائية (أو الحركية الحرارية الكيميائية) بدراسة العلاقة بين الطاقة والتفاعلات الكيميائية والتحول الكيميائي وكذلك بالتغيرات الفيزيائية المتعلقة بحالة نظام ترموديناميكي من وجهة قوانين الترموديناميكا. يعود الفضل الكبير في تطور فهمنا للترموديناميكا الحرارية إلى اكتشافات ويلارد غيبس 1876.

المفاهيم الأساسية:

المفاهيم الأساسية في الديناميكا الحرارية هي كمية الحرارة ودرجة الحرارة والحرارة النوعية والسعة الحرارية. وتعد مختلف أشكال الجمل الديناميكة الحرارية موضوع الدراسة الذي تتعرض له الديناميكا الحرارية.

النظام الديناميكى الحراري:

: نظام حركة حرارية



تعريف النظام والوسط المحيط والحدود بينهما.

هى جسم أو مجموعة من الأجسام المادية التى تتبادل الطاقة والمادة فيما بينها، أو مع الوسط المحيط بها (الأجسام الواقعة خارج حدود النظام الديناميِ الحراري، والمسماة بالوسط المحيط أو الوسط الخارجي).

مثال: الغاز المحصور في أسطوانة والمكبس يشكل نظاما ديناميكيا حراريا، حيث يمثل الهواء الجوي المحيط بالاسطوانة من الخارج «الوسط المحيط»، وتشكل جدران الاسطوانة مع سطح المكبس حدود النظام ويشكل الغاز المحصور «الجسم العامل».

وتصنف الأنظمة الدينامية الحرارية (بعض البلاد العربية تستخدم تعبير «جملة» بدلا عن «نظام») حسب شروط التبادل للطاقة والمادة مع الوسط الخارجي إلى ما يلي:[1]

1. الجملة الدينامية الحرارية المعزولة: وهي النظام الذي لا يتم تبادل لا للطاقة ولا للمادة مع الوسط المحيط.
2. الجملة الدينامية الحرارية المغلقة: وهى النظام الذي لا يحدث تبادل للمادة بينه وبين الوسط المحيط ولكن يحدث بينهما تبادل للطاقة.
3. الجملة الدينامية الحرارية المفتوحة: وهى النظام التى يحدث بينه وبين الوسط المحيط تبادل للمادة.

ويطلق على مجموعة الخواص الفيزيائية للجملة عند ظروف العمل بالحالة الدينامية الحرارية للجملة، فهناك الحالة المتوازنة (المستقرة)، والحالة غير المتوازنة (غير المستقرة) للجملة الدينامية الحرارية. فالحالة المتوازنة (المستقرة) للجملة الدينامية الحرارية تتميز بأن عناصر الحالة للجملة لا تتغير مع مرور الزمن تحت تأثير الظروف الخارجية الثابتة للوسط المحيط، كما يطلق على حالة الجملة الدينامية الحرارية بأنها متوازنة حراريا عندما تحافظ جميع نقاط الجملة على درجة حرارة ثابتة. وتدعى حالة الجملة الدينامية الحرارية

بالمستقرة إذا حافظت عناصر الحالة للجملة في جميع نقاطها على قيم ثابتة تحت تأثير القوى الخارجية ومع مرور الزمن. أما إذا تغيرت قيمة أحد عناصر الحالة تحت تأثير الشروط الخارجية ومع مرور الزمن فتدعى حينئذ الجملة الدينامية الحرارية بغير المستقرة.

كمية الحرارة :

طاقة حرارية

الحرارة هي إحدى صور الطاقة وتنتقل من نقطة لأخرى أو من جسم لآخر نتيجة للاختلاف في درجة حرارة الجسمين، وتقاس كمية الحرارة بوحدة الطاقة وهي الجول.

إذا قمنا بتسخين 1 كيلوجرام من الماء من درجة حرارة 15 درجة مئوية إلى 20 درجة مئوية، يكتسب الماء كمية من الحرارة تساوي:

كمية الحرارة المكتسبة = الحرارة النوعية للماء. 5 درجات حرارة =

= 4810 جول/درجة مئوية. 5 درجة مئوية

= 24050 جول

هذه هي كمية الحرارة التي يكتسبها 1 كيلوجرام ماء عند تسخينه ورفع درجة حرارته 5 درجات. وهذا المثال يوضح أيضا الفرق بين الحرارة التي هي طاقة حرارية وتقاس بالجول، وبين درجة الحرارة التي قد نقيسها «بدرجة سيلزيوس» أو كلفن.

يمكن تحويل الحرارة (الطاقة الحرارية) إلى أنواع أخرى من الطاقة مثل طاقة كهربائية ويتم ذلك في محطات القوى، أو تحويل الحرارة إلى طاقة حركية مثل عمل آلة بخارية أو محرك احتراق داخلي وغيرها.

درجة الحرارة:

: درجة حرارة

درجة الحرارة هي مقياس الاتزان الحراري ونعني بهذا الحالة التي عندها لا تنتقل الحرارة من نقطة لأخرى وذلك لعدم وجود فارق في درجات الحرارة. وتقاس الحرارة بوحدات مئوية أو فهرنهتية أو مطلقة. وتقاس درجات الحرارة بأنواع مختلفة من مقاييس الحرارة أهمها مقياس الحرارة السائلي، ومقياس الحرارة الغازي، ومقياس الحرارة البلاتيني، ومقياس الحرارة ذو المزدوجة الحرارية، وأخيراً مقياس الحرارة المسمى بالبيومتر الضوئي.

الحرارة النوعية:

: حرارة نوعية

هي كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة 1 كيلوجرام من المادة درجة مئوية واحدة (أو مطلقة) وبذلك تكون وحدتها هي جول لكل كيلوجرام لكل درجة.

وحدة قياسها هي: جول / (كجم. م) أو جول / (كجم. كلفن) (ملحوظة: طبقا للتعريف القديم كانت الحرارة النوعية لمادة هى كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة 1 جرام من المادة درجة مئوية واحدة. فكانت وحدتها سعرة/جرام/درجة).

والجدول أدناه يبين الحرارة النوعية لبعض المواد:

المادة	جول /(كجم. درجة مئوية واحدة)
الماء	4180
زيت الزيتون	1971
ألمنيوم	895
زجاج عادي	832
نحاس	389
فضة	234
الزئبق	139
الذهب	125

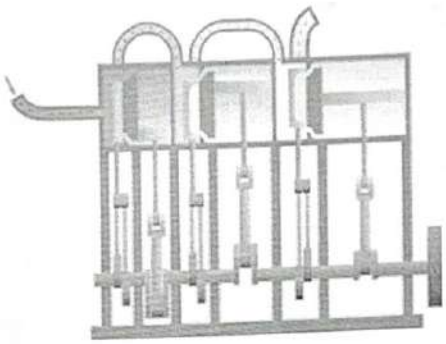
وسبب اختلاف **الحرارة النوعية** من مادة إلى أخرى يعود إلى مدى تراص وترابط ذرات المادة ومن ثم قدرتها على احتواء للحرارة.

السعة الحرارية :

سعة حرارية

هي كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة كمية معينة من مادة ما درجة مئوية واحدة.

القانون الأساسي في الديناميكا الحرارية



نظام دينامي حراري: يدخل الوسط الفعال ساخنا (يسار) ويخرج (يمينا) باردا. يستخلص العمل باستخدام سلسلة من الأسطوانات.

يمكن حساب كمية الحرارة Q التي يكتسبها جسم كتلته M وارتفعت درجة حرارته مقدار dT من العلاقة:

$$Q = M. C. dT$$

أي أن «كمية الحرارة» اللازمة لرفع درجة حرارة كتلة معينة M من المادة إلى فرق في درجة الحرارة dT، هو حاصل ضرب الكتلة M في الحرارة النوعية C للمادة في فرق درجات الحرارة. تقاس كمية الحرارة بوحدة الجول.

مع ملاحظة أن:

كل معادلة في الفيزياء والكيمياء لا بد وأن تكون متجانسة الوحدات، بمعنى:

كمية الحرارة Q = M كيلوجرام. C جول/(كيلوجرام.كلفن). dT كلفن = جول

قوانين الديناميكا الحرارية الأربعة:

قوانين الديناميكا الحرارية

القانون الصفري للديناميكا الحرارية

: القانون الصفري للديناميكا الحرارية

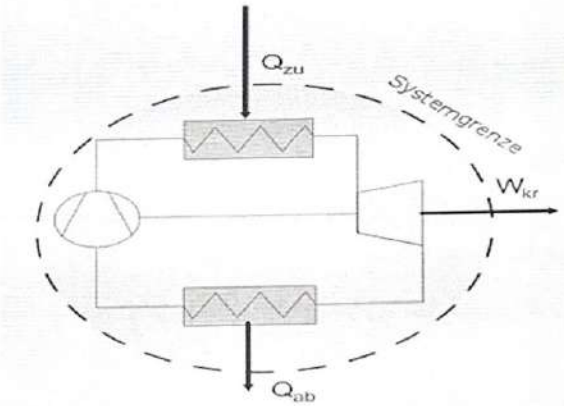
إذا كانت حرارة الجسم أ تساوي حرارة الجسم ب وحرارة ب تساوي حرارة ج فإن حرارة أ تساوي حرارة ج.

القانون الأول للديناميكا الحرارية:

القانون الأول للديناميكا الحرارية

ينص على أن الطاقة في النظام تساوي العمل المبذول (المضاف أو المنتزع) يضاف إليها الطاقة الداخلية (المضافة أو المنتزعة).

توازن الطاقة في الدورات الحرارية:



القانون الأول للدورة الحرارية. تمثل الدورة بنظام مغلق تدخل فيه حرارة من الخارج ، ويخرج منه شغل وحرارة غير نستفاد منها (عادم). المثال هنا يمثل عمل توربين بخاري بالحرارة الداخلة إليه (أحمر) والحرارة الخارجة منه (أزرق).

نفترض آلة مكونة من توربين غازي يدخلها البخار ساخنا ويخرج منها باردا مع اكتسابنا لشعل ميكانيكي منه. ثم نقوم بتسخين البخار من جديد لأداء دورة ثانية. يعود الوسط الفعال (البخار) إلى نقطة البداية بعد أداء

دورة كاملة في الدورة الحرارية. هذا يسهل حساب الطاقة ولا نحتاج إلى حساب التغيرات في دوال الحالة للنظام، ويبقى فقط حساب الحرارة والشغل المؤدى من النظام خلال الدورة. وسوف نري عندما نتعرض إلى القانون الثاني للديناميكا الحرارية أنه لا يمكن تحويل الطاقة الحرارية بالكامل إلى شغل (طاقة حركية أو طاقة كهربائية)، حيث لا بد من خروج جزء من الحرارة من النظام في صورة عادم ينتشر في الوسط المحيط (الهواء مثلا).

تجمع تلك المعادلة التكامل الدائري لجميع التيارات الحرارية في الدائرة. ويكون هذا المجموع ذو إشارة موجبة إذا دخلت الحرارة من خارج النظام إليه، وتكون أشارة المجموع سلبة الإشارة إذا خرجت الحرارة من النظام إلى الوسط المحيط. وتكون هى الشغل الذي أداه النظام (محرك مثلا أو كما هو مثالنا هنا في حالة توربين غازي) خلال دورة واحدة. ونعطى للشغل إشار سالبة عندما نكتسب من النظام شغلا (هذا ما اصطلح عليه العلماء، أن تكون الحرارة أو الشغل الخارج من النظام ذو إشارة سالبة، ويكون ذو إشارة موجبة إذا أدينا نحن شغلا على النظام أو أمددنا النظام بحرارة من الخارج).

وتعطينا الكفاءة الحرارية لآلة ما الشغل الناتج من دورتها الحرارية ونسبتها إلى مقدار الحرارة الذي أمددنا الآلة به (وهى تكون عادة في صورة الوقود الذي تحرقة الآلة ولا بد لنا أن ندفع له ثمنا بالدولار أو الجنيهات). وأما جزء الحرارة الذي لم يتحول غلى شغل يستفاد منه فهو يخرج من النظام كعادم وينتشر في الوسط المحيط.

القانون الثاني للديناميكا الحرارية:

القانون الثاني للديناميكا الحرارية

يتعلق القانون الثاني بالاعتلاج أو الأنتروبية وينص على مبدأ أساسي يقول بأن تغيرًا تلقائيًا في نظام فيزيائي لا بد وأن يترافق بازدياد في مقدار اعتلاج هذا النظام.

صاغ العالم الألماني رودولف كلاوسيوس القانون الثاني أثناء محاضرته امام الجمعية الفلسفية في زيوريخ في 24 أبريل 1865 قائلا:

«تميل الانتروبية في الكون إلى نهاية عظمى.»

ويعتبر هذا النص أشهر نص للقانون الثاني. ونظرا للتعريف الواسع الذي يتضمنه هذا القانون، حيث يشمل الكون كله من دون أي تحديد لحالته، سواء كان كونا مفتوحا أو مغلقا أو معزولا لكى تنطبق عليه صيغة القانون، يتصور كثير من الناس أن الصيغة الجديدة تعنى أن القانون الثاني للحرارة ينطبق على كل شيء يمكن تصوره.ولكن هذا ليس صحيحا فالصيغة الجديدة ماهي إلا تبسيط لحقيقة أعقد من ذلك.

وبمرور السنين اتخذت الصيغة الرياضية للقانون الثاني للديناميكا الحرارية في حالة نظام معزول تجري فيه تحولات معينة الشكل التالي:

والإنتروبية : هي مقياس لعدم النظام في نظام، أي زيادة الهرجلة. والقانون يقول أن الهرجلة تسير تلقائيا وطبيعيا في اتجاه زيادة الهرجلة أو بقائها ثابتة. فمثلا إذا أذبنا قليل من ملح الطعام في كوب من الماء انتشرت جزيئات الملح وتوزعت توزيعا متساويا في الماء. هذه عملية طبيعية تسير من ذاتها، ونقول أن انتروبية النظام قد ازدادت. إذ أن مجموع إنتروبية ملح الطعام «النقي» + إنتروبية الماء النقي يكون أصغر من إنتروبية المخلوط. أي تزداد إنتروبية النظام بأكمله (الماء النقي + الملح) بمرور الزمن بعد الخلط.

القانون الثالث للديناميكا الحرارية:

القانون الثالث للديناميكا الحرارية

«من المستحيل تبريد نظام إلى درجة الصفر المطلق».

هذا القانون يحدد درجة الصفر المطلق كحد طبيعي لا يمكن تعديها إلى أقل منها. حقيقة أنه يمكن بأداء عمل كبير الاقتراب من درجة الصفر المطلقة، مثلما يحدث عند دراسة الميوعة الفائقة للهيليوم-3 حيث تصل درجته الحرجة للميوعة الفائقة عند 0.0026 كلفن، إلا أنه من المستحيل التبريد حتى درجة الصفر.

الكمونات الدينامية الحرارية:

المقالة الرئيسة: كمون دينامي حراري

الطاقة الداخلية لنظام (وهي دالة للإنتروبيا S والحجم V وكمية المادة (Nوجميع مشتقاتها بواسطة تحويل ليجاندر تعتبر كمونات دينامية حرارية للنظام. وتحول معادلات ليجاندر كمون الانتروبيا بالنسبة إلى تغير درجة الحرارة ، وكمون الحجم بالنسبة إلى تغير الضغط، وتغير كمية المادة بالنسبة إلى تغير الكمون الكيميائي .

-
-

العمليات الديناميكية الحرارية:

عملية ترموديناميكية

العملية الترموديناميكية هي تغير نظام من حالة إلى حالة أخرى، مثل رفع درجة حرارة النظام (غلاية مثلا). وفي حالة تواجد النظام في حالة توازن ترموديناميكي فيمكن تغير تلك الحالة عن طريق تغيير أحد دوال الحالة أو عدة منها، مثل تغيير درجة الحرارة أو تغيير الضغط والحجم وغيرها.

بدأت دراسة «عمليات التحريك الحراري» مع اختراع الآلة البخارية، ثم امتدت بعد ذلك وصاغت قوانينا تنطبق أيضا على جميع المحركات. وكذلك تنطبق قوانين الحرارة على تحول الطاقة من صورة إلى أخرى مثل تحويل طاقة الحركة إلى طاقة كهربائية (كما هو في إنتاج الكهرباء من سدود الأنهار) أو تحويل طاقة كيميائية إلى طاقة حركة كما هو مسلك محرك الاحتراق الداخلي مثلا أو تحويل طاقة كيميائية إلى طاقة كهربائية مثلما يجري في البطارية وفي خلية الوقود.

أنواع عمليات الحركة الحرارية:

يتغير حالة نظام حركة حرارية بتغير العديد من المتغيرات مثل درجة الحرارة، والضغط والحجم والإنتروبيا وغيرها. ولدراسة العمليات نسهل على أنفسنا فهمها بجعل أحد تلك المتغيرات ثابتا وملاحظة تغير العوامل الأخرى. من هنا نشأت بعض العمليات التي تهمنا بصفة خاصة نظرا لتطبيقاتها العملية، وخصوصا في دراسة عمل المحركات وتحويل الطاقة إلى صور مختلفة.

وتنقسم العمليات الترموديناميكية إلى عدة أنواع:

1. عملية متساوية الضغط (:(isobaricوهي العمليات التي تتم تحت ضغط ثابت. مثال على ذلك التفاعلات الكيميائية التي نجريها في المختبرات، فهي تتم تحت الضغط الجوي.
2. عملية متساوية الحجم (:(isochoricوهي العمليات التي تتم تحت حجم ثابت.
3. عملية متساوية الحرارة (:(isothermalوهي العمليات التي تتم تحت درجة حرارة ثابتة، أي نحافظ خلالها على ثبات درجة الحرارة.
4. عملية كظومة (:(adiabaticوهي العمليات التي تتم في النظام المعزول حراريا عن الوسط المحيط به. أي نمنع خلال تلك العملية أي تبادل للحرارة بين النظام والوسط المحيط.
5. عملية متساوية الاعتلاج (:(isentropicوهي العمليات التي تتم عند اعتلاج ثابت.
6. عملية متساوية الإنثالبي (:(isenthalpicوهي العمليات التي تتم عند محتوى حراري ثابت.

الخصائص الحرارية:

قائمة الخواص الترموديناميكية

من أهم الخصائص الحرارية للمواد:

- الحرارة T
- الضغط P
- الحجم V
- طاقة داخلية U
- الاعتلاج (إنتروبيا) S
- السخانة) Hالتغير في الإنثالبي يساوي التغير في الطاقة عند ثبوت الضغط لأن (H=pv+U
- السرعة
- العلو

ويمكن تقسيم هذه الخصائص بطريقتين:

- **حالية حرارية** (كدرجة الحرارة والضغط والحجم) أو **حالية كالورية** ، أي معبرة عن الطاقة (كالطاقة الداخلية والاعتلاج والسخانة) لجسم أو نظام ما.
- **حالية** (أي أنها تعبر عن حالة للمادة أو حالة نظام وهي كل الخصائص المذكورة أعلاه، وتسمى دوال الحالة)، أو **عملياتية** (دوال عملية، أي أنها لا توجد إلا بوجود عملية كعملية انتقال الحرارة من جسم لآخر، وعلى ذلك فهي تمثل «تغير» حالة المادة. ومن هذه الخصائص التي تعتمد على الدوال العملية الشغل المكتسب من نظام: فقد يكون شغلا ميكانيكيا، مثل محرك احتراق داخلي أو محرك أوتو أو آلة بخارية...وغيرها، أو شغل كهربائي مثل البطارية وخلية الوقود وبطارية ليثيوم أيون الشائع استخدامها في هاتف المحمول.)

المعادلة الحرارية

من أهم القوانين التي تصف العلاقة بين الضغط P ودرجة الحرارة T والحجم V وعدد المولات n في غاز مثالي:

$$PV = n.R.T$$

حيث R هو ثابت الغازات العام ولكن هذه العلاقة ليست الوحيدة وهي كذلك ليست صحيحة صحة مطلقة حيث أنه اعتمد في اشتقاقها على بعض الافتراضات المبسطة. افتراض غاز مثالي أن ذرات أو جزيئات الغاز ليس لها حجم ولا توجد قوى بين الجزيئات. كذلك افتراض أن تصادم الجزيئات يكون تصادما مرنا، أي أن الجزيئات لا تغير شكلها عند الاصتدام.

معادلة فان دير فالس:

معادلة فان دير فالس هي أيضا معادلة حرارية وهي تصف حالة غاز حقيقي حيث تأخذ حجم جسيمات الغاز (الذرات أو الجزيئات) والتآثر بينهم (من قوى جذب أو تنافر) في الحسبان :

حيث a تأخذ قوي التجاذب أو التنافر بين جسيمات الغاز في الحسبان و b تأخذ حجم وشكل الجسيمات في الحسبان.

حساب الطاقة في الترموديناميكا:

تعيين توازن الطاقة من المبادئ الرئيسية في الثرموديناميكا

يحتاج تغير طور المادة - مادة صلبة إلى حالة سائلة إلى حالة غازية - وكذلك عمليات الخلط (مثل خلط الملح مع الماء، أو خلط مواد مختلفة) يحتاج إلى «طاقة تحول» مثل حرارة انصهار، وحرارة تبخر، وانثالبي التسامي، أو ما يسمى «إنثالبي التحول»، وبالتالي فإن تلك الطاقة تتحرر خلال سير العملية في الاتجاه العكسي.

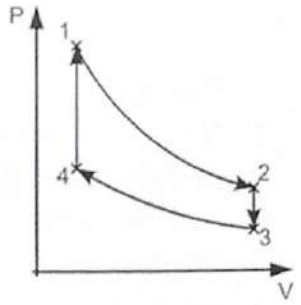
وفي حالة تغير كيميائي للمادة يمكن أن تصدر عنها «حرارة تفاعل» أو ما يسمى إنثالبي التفاعل، أو بالعكس يمكن أن يحتاج التفاعل الكيميائي لحرارة من الخارج لكي يسير ويتم.

وبغرض حساب الحرارة الناشئة عن تفاعل كيميائي نقوم أولا بكتابة معادلة التفاعل مزودة بنسب المواد المختلفة الداخلة والخارجة من التفاعل. انثالبي قياسي للتكوين لكل مادة نقية مشتركة في التفاعل سواء الداخلة في التفاعل والناتجة من التفاعل نجدها في جداول خاصة عند 25 درجة مئوية كدرجة حرارة قياسية. ونقوم بجمع إنثالبي المواد الناتجة من التفاعل بنسبها ونطرح منها مجموع إنثالبي المواد الداخلة في التفاعل (قانون هس).

حرارة التفاعل أو «إنثالبي التحول» التي تنتج من تفاعل كيميائي أو من تحول لطور المادة وتنتشر (الحرارة الناتجة) في الوسط المحيط نعطيها إشارة سالبة. وفي حالة تزويدنا للنظام طاقة (حرارة) من الخارج لإتمام التفاعل الكيميائي أو إتمام تحول الطور (مثل تسخين الماء (طور سائل) ليتحول إلى بخار [طور غازي])، فنعطي تلك الحرارة إشارة موجبة.

أنواع تغير الحالة:

دورة حركة حرارية



شكل الضغط والحجم للدورة الترموديناميكية

تحول عكوس: تحول يتم ببطء شديد، يمكن للنظام الحراري في أي نقطة منه العودة في الاتجاه المعاكس معيداً وبدقة تامة جميع الشروط التي قد مرت به في التحول الأصلي المباشر، ويسمى هذا التحول بالتحول الفيزيائي.

تحول لاعكوس: تحول سريع غير قابل للعكس. وتتصف جميع التحولات الطبيعية بأنها لاعكوسية؛ ويسمى هذا التحول بالتحول الكيميائي والسبب تكون ماده جديده.

الدورة المغلقة: تحول يعود فيه النظام إلى نقطة البدء بعد أن يكون قد مر بعدة مراحل مختلفة.

متغيرات مترافقة:

الفكرة الأساسية في الترموديناميكا هي الطاقة. يقول القانون الأول للديناميكا الحرارية أن الطاقة الكلية في نظام والوسط المحيط بالنظام تكون ثابتة لا تتغير. فيمكن للطاقة الانتقال إلى النظام عن طريق التسخين أو زيادة الضغط، أو زيادة كمية المادة فيه، كذلك يمكن استخراج طاقة من النظام بالتبريد أو بالتمدد في حجم النظام أو استخراج جزء من مادته.

وفي الميكانيكا نحسب التغير في طاقة جسم كحاصل ضرب القوة المؤثرة (ق) على الجسم في المسافة (س) التي انزاحها الجسم.

والمتغيرات المترافقة في الترموديناميكا هي أزواج من المتغيرات ينتمي أحدهما إلى قوة تؤثر على نظام (ترموديناميكي)، والمتغير المرافق يكون بمثابة «الإزاحة» الناتجة، وجداء الإثنين يعطينا كمية الطاقة التي انتقلت إلى الجسم.

من المتغيرات المترافقة التي تهمنا في الأنظمة الترموديناميكية الثلاثة حالات الاتية:

- الضغط-حجم الغاز (إحداثيات ميكانيكية);
- درجة الحرارة-إنتروبية النظام (إحداثيات حرارية);
- كمون كيميائي-عدد الجسيمات في النظام (إحداثيات مادية).

مختصرات

- طاقة حرة ثرموديناميكية
- إشعاع حراري
- توازن ترموديناميكي
- الحرارة
- فضاء الطور
- طاقة شمسية فضائية
- عمل (ترموديناميك)
- قائمة الخواص الترموديناميكية
- معادلة جيبس-هلمهولتز
- قانون بويل
- قوانين الديناميكا الحرارية
- معادلات دينامية حرارية
- مقاومة التلامس الحراري
- كفاءة حرارية
- حمل (فيزياء)
- دورة كارنو
- دورة رانكن
- تصوير حراري
- مبادل حراري
- نظام حركة حرارية
- مخطط درجة الحرارة والإنتروبي
- مخطط الضغط والحجم
- كمون دينامي حراري
- معادلة كلاوزيوس-كلابيرون
- قواعد بيانات ترموديناميكية للمواد النقية
- معادلات دينامية حرارية
- ترموديناميكا كيميائية
- معادلة فانت هوف
- الحالة الثرموديناميكية

استخدامات العلاج الحراري بالموجات القصيرة

لعلاج الحراري بالموجات القصيرة (بالإنجليزية: (Short wave therapy:

يستخدم تيار كهرومغناطيسى عالى لإنتاج الحرارة لعلاج الآلام المصاحبة لحصوات الكلى أو مرض الحوض الالتهابي وآلام العضلات.

أنواع العلاج الحراري

الميكروويف (بالإنجليزية: (Microwave

الموجات فوق الصوتية (بالإنجليزية: (Ultrasound

العلاج بالموجات قصيرة المدى

استخدامات العلاج بالموجات القصيرة

استخدامات الموجات قصيرة المدى المستمرة والنابضة

مخاطر استخدام العلاج بالموجات قصيرة المدى

أنواع العلاج الحراري

الميكروويف (بالإنجليزية: (Microwave

يَستخدِم العلاج الحراري بالميكروويف الموجات الدقيقة لتوليد الحرارة فى الجسم، حيث يتم استعماله لتدفئة الأنسجة العميقة دون تسخين الجلد بشكل متساوٍ.

ونظراً لأنه لا يمكن اختراق العضلات العميقة، فإنه يناسب المناطق الأقرب إلى الجلد مثل الكتفين.

الموجات فوق الصوتية (بالإنجليزية: (Ultrasound

يَستخدِم العلاج الحراري بالموجات الصوتية موجات صوتية لعلاج الأنسجة العميقة. يتم توليد الحرارة عن طريق اهتزاز الأنسجة، وهذا يعزز تدفق الدم في المنطقة.

يُستخدم العلاج الحراري بالموجات فوق الصوتية في الحالات التالية:

التواء العضلات الهيكلية.

التشنجات العضلية.

التقلصات أو التصاقات مشتركة.

العلاج بالموجات قصيرة المدى

يتم في العلاج بالموجات قصيرة المدى استخدام الطاقة الكهرومغناطيسية عالية التردد لتوليد الحرارة.

استخدامات العلاج بالموجات القصيرة

العلاج بالموجات قصيرة المدى تعتمد على الحالة الفردية لكل مريض وأهداف العلاج المطلوبة، لذلك تستخدم في الحالات التالية:

الألم العضلي الهيكلي الموضعي.

التهاب (المفصل أو النسيج).

ألم/تشنج.

الالتواء.

التهاب الأوتار.

التهاب غمد الوتر.

التهاب الكيس الزلالي أو التهاب الجراب (بالإنجليزية: .(Bursitis

التهاب المفاصل الروماتويدي (بالإنجليزية: .(Rheumatoid arthritis

الألم من حصوات الكلى وأمراض التهاب الحوض.

التهاب السمحاق (بالإنجليزية: .(Periostitis