الاشعاع والاتزان الحراري :-

الحرارة هي شكل من اشكال الطاقة تعبر عن مدى حركية الذرات داخل جسم ما وهي غير مرئية لكن يمكن الاحساس بها من حولنا وتنتقل من الجسم ذي درجة الحرارة الاعلى إلى الجسم ذي درجة الحرارة الاقل إلى إن يحصل توازن بينهما ، عندها فقط يتوقف الانتقال الحراري . من الامثلة على ذلك عند وضع قطع ثلج (الحرارة لها تكون صفر مئوية او اقل) داخل وعاء به ماء بدرجة حرارة 30 درجة مئوية يبدأ الثلج بالذوبان إلى إن يصبح للماء داخل الوعاء درجة حرارة واحدة ، ذوبان الثلج ينتج عن اكتساب جزيئات الماء المتجمدة حرارة وتحصل عليها من الماء المحيط . هنا يجب التأكيد على إن الطاقة الحرارية مرتبطة بانتقال الطاقة بين الاجسام وليست مقياسا لدرجة حرارة الاجسام ، لذا يجب التفريق بين الطاقة الحرارية لجسم ما ودرجة حرارته ، ووحدات قياس الطاقة الحرارية هي **الجول** أو **السعرة الحرارية** (calorie) ، بينما وحدات قياس درجة الحرارة هي **الكلفن** (درجة الحرارة المطلقة) أو **السيلزيوس** (°C) أو **الفهرنهايت** .

طرق انتقال الحرارة ثلاثة من حيث الميكانيكية ، لكن في التطبيقات العلمية تشترك العمليات أو اثنتين منها بالتوازي معا في نقل وتوزيع الطاقة

١- التوصيل Conduction:-

التوصيل الحراري هي احدى طرق انتقال الطاقة الحرارية ، يحدث عن طريق تبادل الحرارة بين جزيئات وذرات المواد دون حدوث انتقال مكاني لها ، قد يحدث التوصيل على مستوى المادة الواحدة مثل انتقال الحرارة بين اطراف قضيب معدني او بين جسمين متلامسين ، مثلا انتقال الحرارة في كأس الشاي بين الماء الساخن وجدار الكأس ، واتجاه انتقال الحرارة هو دائماً من النقطة الساخنة إلى النقطة الباردة .

ألية الانتقال الحراري بالتوصيل

التوصيل الحراري يحدث على المستوى الذري للمادة فاكتساب مادة لحرارة يعمل على تحفيز الذرات والجزيئات بداخلها فتنتشر ، وينتج عن الانتشار تحريك الطاقة الداخلية فيها والتي هي مجموع الطاقة الكامنة والطاقة الحركية ، فيحدث الانتقال الحراري الذي له عدة صور هي :

- **التصادم** : اكتساب الذرات للحرارة يعمل على زيادة ذبذبتها وتحررها في مواقعها مما يسبب تصادمها مع الذرات جاراتها ، وهذا يسبب فقدان للطاقة واكتسابها من قبل ذرات اخرى . يظهر اثر التصادم في المواد غير الموصلة بشكل أوضح من الفلزات
- **تحرر الالكترونات** : ايضا الحرارة تعمل على إكساب الالكترونات لطاقة تحررها من مساراتها داخل الذرة ، فتتحرك حاملة معها جزء من الطاقة ، وتقوم بإعطائها لذرة مجاورة. وهذا الشكل من التوصيل الحراري يظهر بشكل واضح في الفلزات
- **تدفق الفونونات** : إن اكتساب الذرات لطاقة يعمل على اهتزاز الذرات محدثة طاقة تسمى (بطاقة الفونون) وتكون اقل من الطاقة المحمولة بالالكترونات للمادة

٢- الحمل Convertion:-

هي احدى طرق انتقال الطاقة الحرارية في المواد ، تحدث بشكل خاص في الموائع وليس في الاجسام الصلبة . آلية الانتقال الحراري بتيارات الحمل نتيجة لارتفاع درجات الحرارة في المائع يحدث له تمدد وبالتالي انخفاض في كثافته ، مما يسبب ارتفاعه للأعلى أو انتشاره ، ويحل محله مائع له كثافة اقل. حركة المائع من الاسفل للأعلى والعكس تعمل على احداث تيار وانتقال حراري ، وهذه العملية تسمى الحمل الحراري

خصائص تيارات الحمل الحراري : يحدث هبوط وصعود لجزيئات المائع ، اي انتقال مكاني للجزيئات محملة بالطاقة التي اكتسبتها . لا تتوقف حركة المائع الا اذا تساوت درجات حرارته . الحركة للمائع اما ان تكون منسقة باتجاه واحد من الاسفل للأعلى ، او تكون عشوائية يعبر عنها بالانتشار . الحركة المنسقة تحمل طاقة أعلى بكثير من الحركة العشوائية .

اشكال الحمل الحراري :-

- **الحمل الحراري الطبيعي او الحر** :- حركة المائع تحدث نتيجة اختلاف درجات الحرارة واختلاف الكثافة بالظروف الطبيعية ، حيث لا توجد مؤثرات خارجية تجبر المائع على الحركة. ولهذا الشكل تطبيقات واسعة حيث يعتبر اساس الحفاظ على الغلاف الجوي ودرجات الحرارة على سطح الارض ، وحتى العوامل الجوية القوية مثل العواصف والاعاصير عائدة إلى الحمل الحراري الطبيعي

الحمل الحراري القسري :- يعبر عن حركة المائع نتيجة لمحفز أو قوة تجبر جزيئاته على الحركة والانتقال ، من الامثلة على المحفزات الرياح او المضخات . من التطبيقات العملية على الحمل القسري هي تبريد الاجهزة والمراوح في الكمبيوترات

٣- الاشعاع radiation :-

هي احدى طرق انتقال الطاقة الحرارية في المواد ، تحدث بجميع انواع المواد . وهذه العملية تصف الطاقة المنبعثة من المادة في الفراغ او في وسط شفاف سواء كان صلبا او مائعا على شكل فوتونات وموجات كهرومغناطيسية

آلية عمل الاشعاع الحراري : عند ارتفاع درجة حرارة المادة ، تتحرر الذرات والجزيئات في المادة فتتحرك وتصطدم ببعضها ولان جزيئات المادة التي هي الالكترونات والبروتونات تحمل شحنات فان حركتها تحدث اشعاعا كهرومغناطيسيا ، يسير بخطوط مستقيمة ويحمل جزء من طاقة الذرة مبتعدا بها عنها ، ترتفع كفاءة الاشعاع مع ارتفاع درجة الحرارة

والاشعاع عملية مستمرة لفقد الطاقة من سطح الجسم ويحدث على جميع الاجسام ، وفي حالة اصطدام الاشعة بجسم فان الجسم يمتص جزء منها وتتحول داخله إلى حرارة . وقدرة الجسم على امتصاص الاشعاع تعرف بـ (عامل الامتصاص)

خصائص الطاقة الحرارية المنقولة بالإشعاع : موجات الاشعاع تنتقل في الفراغ بسرعة الضوء ، بالتالي تعتبر اسرع طريقة في الانتقال الحراري مقارنة مع التوصيل والحمل الحراري . الاشعاع الحراري يسير في خطوط مستقيمة . لا يمكن لجسم إن يمتص كامل الطاقة الاشعاعية اي بكفاءة تصل إلى 100% حيث إن جزء من الحرارة يمتص والاخر ينعكس واذا كان الجسم شفافا فان جزء من الاشعة يخترق الجسم ويخرج . من الممكن استغلال الاشعاع الحراري في انتاج كل من الحرارة والطاقة ، وليس كما في الحرارة الناتجة عن التوصيل او الحمل الحراري ، ويتم ذلك عن طريق تركيز الاشعاع الحراري باستخدام مرايا وتجميعه في نقطة معينة ، تماما كما في الخلايا الشمسية .

الإشعاع الشمسي :-

عبارة عن موجات كهرومغناطيسية تسير بسرعة الضوء $\left(3 \times 10^8 \frac{m}{sec}\right)$ وتعتبر هذه الموجات المصدر الرئيسي للطاقة التي تدخل الغلاف الجوي للارض . وتصل هذه الموجات بصورة رئيسية ضمن مدى الاطوال الموجية $(0.2 - 4)\mu m$ وبدرجة حرارة $6000\ K$. إن الجزء الذي تتحسسه العين البشرية ينحصر ضمن المدى $(0.36 - 0.76)\mu m$ والذي يسمى الجزء المرئي من الطيف الشمسي $(visible\ light)$ اما الاشعاعات التي تكون اطوالها الموجية اقل من $0.36\ \mu m$ فتسمى بالاشعه فوق البنفسجية $(ultra - violet)$ والجزء الذي تكون اطواله الموجية اكبر من $0.76\ \mu m$ يسمى بالاشعه تحت الحمراء $(Infrared)$

قوانين الاشعاع :-

* تعريف التدفق الاشعاعي :- هو الطاقة الاشعاعية المارة خلال سطح ما في ثانية واحدة ولوحدة المساحة

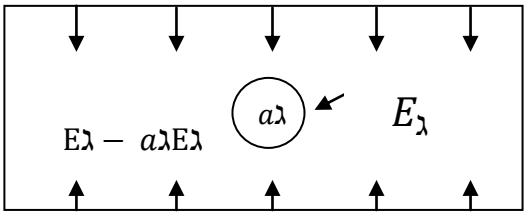
* شدة الاشعاع $(I)\ Intensity$:- هو مركبة التدفق العمودية على السطح

* الشدة النوعية :- وهي شدة الاشعاع لوحدة الاطوال الموجية $\frac{dI}{d\lambda}$ ويرمز لها بالرمز E_λ

١- قانون كيرشوف :-

الجسم الاسود $(Black\ Body)$:- هو الجسم الذي يمتص جميع الاشعاعات التي تصله سواء كانت هذه الاشعاعات منظورة او غير منظورة

إن قانون كيرشوف يعطي العلاقة بين الامتصاص والانبعاث للأجسام المتزنة حراريا اي إن مقدار ما يمتصه الجسم من حرارة يساوي مقدار ما يفقده او يبعثه بشرط إن تكون درجة الحرارة ثابتة ويصدر منه اشعاع حراري بقدر ما يمتصه



سنفرض جسم مادي موجود داخل غرفة مفرغة من الهواء ومعزولة حراريا كما في الشكل السابق ، نفرض إن $E\lambda$ شدة الاشعاع الساقط من الجدار على الجسم الممتص ، $a\lambda$ نسبة ما يمتصه الجسم من الاشعاعات الساقطة عليه

الشدة الكلية الساقطة على الجسم = الكمية النافذة + الكمية الممتصة

$$a\lambda E\lambda + (E\lambda - a\lambda E\lambda) = E_{\lambda}$$
$$a\lambda E\lambda + (1 - a\lambda)E\lambda = E_{\lambda}$$

من المعادلة اعلاه اذا كان الجسم الاسود مثالي فان الطاقة الممتصة يجب إن تساوي الطاقة المنبعثة من الجسم $e\lambda$ اي إن

$e\lambda = a\lambda E\lambda$ ... ... (∗)

من المعادلة (∗) نلاحظ إن النسبة بين شدة الاشعاع المنبعث من وسط مادي ماص للاشعاع إلى شدة الاشعاع الممتص عند نفس الطول الموجي ونفس درجة الحرارة يساوي معامل امتصاص الجسم الاسود $a\lambda$ وهذا مايسمى بقانون كيرشوف اي إن :-

$a\lambda = \frac{e\lambda}{E\lambda}$ قانون كيرشوف للاشعاع

اذا كانت $a\lambda$ تساوي واحد هذا يعني إن الجسم يشع جميع الاشعاعات الساقطة عليه (جسم اسود)

اذا كانت $a\lambda < 1$ يسمى الجسم في هذه الحالة جسما رماديا لانه يشع اقل من الطاقة الممتصة

إن الحالة التي يكون فيها $a\lambda$ تساوي واحد عندها يكون الجسم في حالة اتزان اشعاعي . ولقد اثبتت الدراسات المناخية إن حالة الارض هي نفس حالة الجسم المتزن اشعاعيا حيث إن كمية الاشعاع التي تمتصها الارض تساوي كمية الاشعاع الصادرة عن الارض ، إن الارض تعتبر جسم اسود مثالي

$\mathcal{E} = 0.95$ للارض

$\mathcal{E} = 100\%$ للجسم الاسود $\mathcal{E}$هي الانبعاثية

٢- قانون بلانك للاشعاع :-

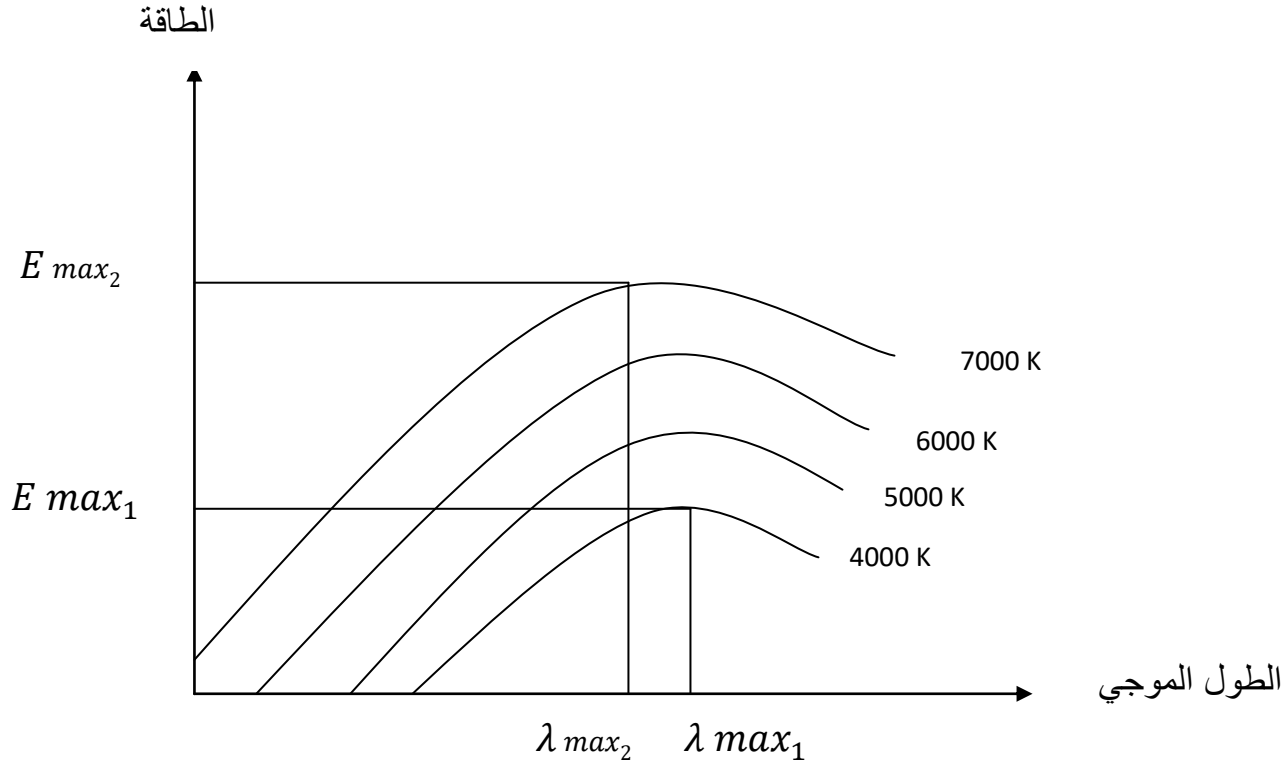
يصف هذا القانون طاقة الاطوال الموجية وتوزيعها للاشعاع الكهرومغناطيسي من سطوح الاجسام ذات درجات الحرارة المختلفة

إن الصيغة الرياضية لهذا القانون هي :

$$E\lambda = \frac{2\pi\, h\, c^2}{\lambda^5} \cdot \frac{1}{e^{hc/\lambda K T} - 1}$$

حيث h هي ثابت بلانك ، K ثابت بولتزمان ، T درجة الحرارة المطلقة للجسم

لقد حسب بلانك التوزيع الصحيح لطاقة الاشعاعات القادمة من مشع مثالي ، والشكل التالي يبين منحنيات الطاقة لمادة مشعة كدالة للطول الموجي ودرجة الحرارة ، ولدرجات حرارة مختلفة



يتضح من الشكل السابق :-

١- إن الزيادة في درجة حرارة المشع تزيد عن الكمية الكلية للاشعاع المنبعث اي إن الجسم الاسود الساخن يبعث طاقة اكثر من الجسم الاسود البارد

٢- كلما يقصر الطول الموجي سوف يصدر الجسم اشعاعا بأعظم طاقة . لذلك فان قمة او ذروة الاشعاع يتحرك من اللون الاحمر ثم البرتقالي إلى الاصفر ثم الاخضر ثم الازرق ثم البنفسجي

٣- قانون فين للاشعاع :-

اكتشف فين انه اذا تغيرت درجة حرارة الجسم الاسود يبقى المنحني محتفظا بشكله العام الا إن موضع قمة المنحني تتغير بتغير درجة الحرارة .. بحيث يتناسب الطول الموجي ذو اشد الاشعاعات كثافة عكسيا مع درجة الحرارة المطلقة للجسم اي انه كما في المعادلة التالية حيث (a_o) ثابت قيمته ($0.289\ cm.k$)

$$\lambda \max = \frac{a_o}{T}$$

λmax هو الطول الموجي بوحدات cm ، والذي عنده يبعث المشع المثالي اعظم كمية من الطاقة بالنسبة للاشعاع الشمسي

$$\lambda \max = 4700\ \text{A}^\circ \quad = 4.7 \times 10^{-5}\ cm$$

ملاحظة :-

باستخدام قيمة λmax الاخيرة وبالاعتماد على قانون فين يمكن حساب درجة الحرارة اللونية $T_c = 6166\ K$

إن T_c تسمى درجة الحرارة اللونية وهي اعلى من درجة الحرارة الفعالة للشمس T_e والتي تاخذ القيمة مابين K($5750 - 5800$) والسبب هو عدم تاثرها بالامتصاص داخل جو الشمس

٤- قانون ستيفان – بولتزمان :-

ينص قانون ستيفان – بولتزمان على إن كمية الطاقة الاشعاعية (E) المنبعثة خلال وحدة الزمن من وحدة مساحة سطحية لجسم مشع تتناسب طرديا مع الاس او القوة الرابعة لدرجة الحرارة المطلقة للسطح

$$E\ \alpha\ {T_e}^4$$

$$E = \sigma \varepsilon\ {T_e}^4$$

حيث$\varepsilon = 1$ الانبعاثية الارضية ، σ ثابت ستيفان بولتزمان

$$\sigma = 5.67 \times 10^{-5}\ \ erg\ /cm^2 . \sec . K^4$$

$E = \sigma\ {T_e}^4$ قانون ستيفان – بولتزمان

حساب درجة حرارة الشمس الفعالة باستخدام قانون ستيفان

يتم حساب الطاقة المنبعثة من الشمس بالقانون $(4\ \pi\ R^2 I_o)$ حيث (I_o) يمثل الثابت الشمسي (solar constant) والذي يعرف على انه المعدل الذي يصل به الاشعاع الشمسي خارج الغلاف

الجوي للارض وعلى سطح عمودي على اتجاه الاشعة ، لقد وجد إن هذا الثابت يساوي $1.39 \times 10^3 \frac{watt}{m^2}$

R تمثل متوسط المسافة بين الارض والشمس وتساوي $150 \times 10^6 Km$

$\therefore \ 4\pi R^2 I_o = 3.9 \times 10^{33} \ erg/sec$

إن المساحة السطحية للشمس = $4\pi r^2$ حيث r تمثل نصف قطر الشمس

$r = 690 \times 10^3 Km$

$4\pi r^2 = 5.98 \times 10^{22} cm^2$

$$E = \frac{4\pi R^2 I_o}{4\pi r^2} = \frac{3.9 \times 10^{33}}{5.98 \times 10^{22}} = 6.5 \times 10^{10} \ erg/cm^2.sec$$

$$T_e{}^4 = \frac{E}{\sigma} \Longrightarrow T_e = \left[\frac{E}{\sigma}\right]^{1/4} = 5818 \ K$$

إن المصدر الحقيقي للطاقة الشمسية المنبعثة من الشمس هو الطاقة النووية المتحررة من تفاعلات الاندماج النووي حيث تتحد كل اربعة بروتونات من الهيدروجين لتكوين نواة ذرة الهليوم

$\alpha - particle$ وبما إن كتلة نواة ذرة الهليوم اقل من مجموع كتل البروتونات الاربعة للهيدروجين لذا فان فرق الكتلة هذا يتحول إلى طاقة تحسب استنادا إلى قانون اينشتاين $[E = mc^2]$ ، إن الطاقة الشمسية هذه تنتقل إلى الفضاء على صورة اشعاع كهرومغناطيسي

التشميس (Insolation)

هي الكمية الكلية للطاقة الشمسية المستقبلة في وحدة الزمن بواسطة وحدة المساحات الافقية على سطح الارض ، والقيمة المتوسطة لهذه الكمية تساوي $0.3 \ cal/\text{cm}^2.\text{min}$ وان كمية التشميس تتغير مع تغير خطوط العرض ومع الفصول والطبيعة الجغرافية والظروف الجوية للمنطقة

الاتزان الاشعاعي

إن كمية الطاقة الشمسية القادمة للارض تساوي بالمتوسط $0.3 \ cal/\text{cm}^2.\text{min}$ وبما إن جو الارض محافظ على متوسط درجات الحرارة لذلك فان الاشعاع الصادر من كل من الارض وغلافها الجوي يجب إن يساوي بالمعدل $0.3 \ cal/\text{cm}^2.\text{min}$ لكي تحدث عملية الاتزان الاشعاعي

الاتزان الاشعاعي :- كمية الاشعاع القادم من الشمس إلى الارض يساوي كمية الاشعاع الصادر من سطح الارض والغلاف الجوي