الحرارة وتطبيقاتها

الدكتور نبيل درغام

الحرارة وتطبيقاتها

Heat and applications

1- تعاريف ومبادئ

2- درجة الحرارة

3- كمية الحرارة

4- السعة الحرارية لجسم C

5- الحرارة النوعية (السعة الحرارية النوعية) C_s

6- قياس درجة الحرارة

7- سلالم درجة الحرارة

7-1 السلم المئوي (سلم سلزيوس)

7-2 سلم فهرنهايت

7-3 سلم كلفن (السلم المطلق)

8- طرق انتقال الحرارة

8 -1 التوصيل

8-2 الحمل

8-3 الإشعاع

8-3-1 الأشعة تحت الحمراء

8-3-2 الأشعة فوق البنفسجية : UV

8-3-3 الأشعة المرئية وتطبيقاتها في الطب

مما لا شك فيه أن درجة حرارة الكائن تكون ثابتة في حالة العافية، وبالتالي فإن تغيير درجة حرارة الجسم دليل مباشر على وجود عامل ممرض.

1- تعاريف ومبادئ:

إن الحرارة هي أحد أشكال الطاقة مثلها مثل الطاقات الحركية والكامنة، والكيميائية، والكهربائية، والصوتية، والضوئية...الخ.

يمكن للطاقة أن تتحول من شكل لآخر، مثل تحول الطاقة الكهربائية إلى طاقة حرارية عند إمرار تيار كهربائي في سلك. وكذلك تدفق المياه من فوهات السدود التي تعمل على تحريك المضخات المائية ومن ثم تتحول طاقة الحركة الناتجة إلى طاقة كهربائية في المولدات الكهربائية وهذه الأخيرة تتحول إلى طاقات مختلفة بحسب مجال استخدامها. ومثل تحول الطاقة الكامنة نتيجة التفاعلات الكيميائية في جسم الكائن الحي إلى حرارة،...الخ.

2- درجة الحرارة:

يختلف معنى كمية الحرارة عن معنى درجة الحرارة.

فدرجة الحرارة: هي مقدار فيزيائي يعبر عن حالة الجسم الحرارية من حيث السخونة والبرودة، ويمكن بواسطتها تعيين اتجاه انتقال الطاقة الحرارية المتبادلة بين الجسم وما يحيط به. وقد تعبر هذه الصفة عن أبعاد الجسم، أو ضغط الغاز، أو المقاومة الكهربائية لسلك أو غير ذلك، التي سنطلق عليها اسم المتحولات الحرارية للمادة المتأثرة بالحرارة، ولتحديد درجة الحرارة لجسم ما، يجري قياسها بشكل غير مباشر وذلك اعتماداً على تعيين المتحولات الحرارية لهذا الجسم.

3- كمية الحرارة:

كمية الطاقة هي مقدار الطاقة الحرارية التي يكتسبها الجسم من منبع حراري –أو يخسرها– وتتراكم فيه فيؤدي ذلك إما إلى رفع درجة حرارته أو إلى تغيير حالته (من صلب إلى سائل – إلى غاز)، أو بتعبير آخر هي كمية الطاقة التي تنتقل من الجسم الساخن إلى الجسم الأقل سخونة.

يرمز لكمية الحرارة بالرمز Q وتقدر بالجملة الدولية بالجول (J)، تقدر أيضاً كمية الحرارة بوحدة أخرى هي الحريرة (cal) حيث

$$1cal = 4.18\ J.$$

الحريرة بالتعريف هي: كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة غرام واحد من الماء المقطر درجة مئوية واحدة، من الدرجة 14.5°C إلى الدرجة 15.5°C.

الكيلو حريرة 1Kcal=1000 cal

4- السعة الحرارية لجسم C:

هي كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارته درجة مئوية واحدة، ونرمز لها بالرز C، وتقدر بواحدة $cal.°C^{-1}$ أما في الجملة الدولية فتقدر بواحدة $J.°C^{-1}$.

5- الحرارة النوعية (السعة الحرارية النوعية) C_s:

هي كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة واحدة الكتل من الماء درجة مئوية واحدة، ووحدتها في الجملة الدولية $J.Kg^{-1}.°C^{-1}$ أو $J.Kg^{-1}.K^{-1}$، وتقدر أيضاً بـ $cal.g^{-1}.°C^{-1}$.

أي أن الحرارة النوعية لجسم ما، هي سعته الحرارية من أجل واحدة الكتل.

$$C_s = \frac{C}{m}$$

تعطى كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة جسم كتلته m من الدرجة t_1 إلى الدرجة t_2 بالعلاقة:

$$Q = mC_s(t_2 - t_1)$$

حيث C_s هي الحرارة النوعية للجسم.

كما يمكن أن تعطى بالعلاقة:

$$Q = C(t_2 - t_1)$$

حيث C هي السعة الحرارية للجسم.

إذا كانت $t_2 - t_1 > 0$ ، فإن $Q > 0$ والجسم يكتسب حرارة.

وفي حال $t_2 - t_1 < 0$ ، فإن $Q < 0$ والجسم يخسر حرارة.

6- قياس درجة الحرارة:

أغلب المقادير الفيزيائية قابلة للجمع والطرح والتساوي (مثل الطول والكتلة و....). إن درجة الحرارة تحقق مفهوم التساوي ولكنها لا تحقق مفهوم الجمع، وذلك لو جمعنا عدة أجسام ذات درجات حرارة مختلفة فإن درجة الحرارة النهائية للمزيج لا تساوي مجموع درجات حرارة الأجسام الأخرى المختلفة، أي أننا لا نستطيع أن نضيف درجات حرارة جسمين أو ثلاثة، ولكن يمكن أن نجمع طولين إلى بعضهما أو إضافة عدة كتل إلى بعضها.

يمكن القول إن درجة الحرارة تمثل بعدد ما، لا نحصل عليه إلا بطريقة الترقيم وذلك بواسطة سلم يصطلح عليه، وكل درجة حرارة يعبر عنها بعدد معين من درجات هذا السلم الاصطلاحي وتحسب اعتباراً من مبدأ يصطلح عليه.

يعتمد مبدأ قياس درجة الحرارة على تغير بعض الخواص الفيزيائية للمادة المستخدمة في المقياس نتيجة لتبادل الطاقة الحرارية (كالحجم، الضغط، المقاومة الكهربائية،...الخ) ويمكن أن تكون تلك المادة غازية (هيدروجين، أوكسجين،...الخ) أو سائلة (كحول، زئبق،...الخ) أو صلبة كالمعادن. وعند اختيار المادة المستخدمة في صناعة ميزان الحرارة يجب أن تحقق ما يلي:

1- أن تكون سريعة التأثر لدى ملامستها الجسم المراد قياس درجة حرارته (حساسة).

2- أن تكون العلاقة بين إحدى خواص المادة ودرجة الحرارة هي علاقة خطية.

7- سلالم درجة الحرارة:

عند صناعة موازين (سلالم أو مقاييس) درجة حرارة يراعى دوماً اختيار نقطتين ثابتتين تقسم المسافة بينهما إلى أقسام متساوية، تسمى كل منها درجة الحرارة. تشير النقطة الثابتة الأولى إلى درجة انصهار الجليد تحت الضغط الجوي النظامي، وفي أغلب الأحيان تؤخذ النقطة الثلاثية للماء (حالة توازن الأطوار الثلاثة للماء). وتشير النقطة الثانية إلى درجة حرارة بخار الماء المقطر عند الغليان تحت الضغط الجوي النظامي ($P_o = 760\ mmHg$). يختلف عدد التقسيمات بين هاتين النقطتين الثابتتين باختلاف السلم (المقياس) ومن أهم سلالم درجة الحرارة نذكر ما يلي:

7-1 السلم المئوي (سلم سلزيوس):

ابتكر هذا السلم العالم السويدي سلزيوس حوالي 1742. تقدر درجة الحرارة وفق هذا السلم بالدرجة المئوية ويرمز لها بـ °C. وفق هذا السلم تقسم المسافة بين النقطتين الثابتتين إلى مئة تدريجة، توافق النقطة الثابتة الأولى درجة تجمد الماء المقطر تحت الضغط الجوي النظامي أي 0°C بينما توافق النقطة الثابتة الثانية درجة غليان الماء المقطر أي 100°C.

7-2 سلم فهرنهايت:

وضع هذا السلم العالم الألماني فهرنهايت عام 1709 ويستعمل في انكلترا والولايات المتحدة الأمريكية.

تقدر درجة الحرارة وفقاً لهذا السلم بالفهرنهايت ويرمز لها بالرمز °F، وتقسم المسافة بين النقطتين الثابتتين إلى 180 قسماً متساوياً وتسمى النقطة الأولى نقطة تجمد الماء 32°F وتوافق النقطة الثانية درجة حرارة بخار الماء تحت الضغط الجوي النظامي 212°F يرتبط هذا السلم بالسلم المئوي بالعلاقة التالية:

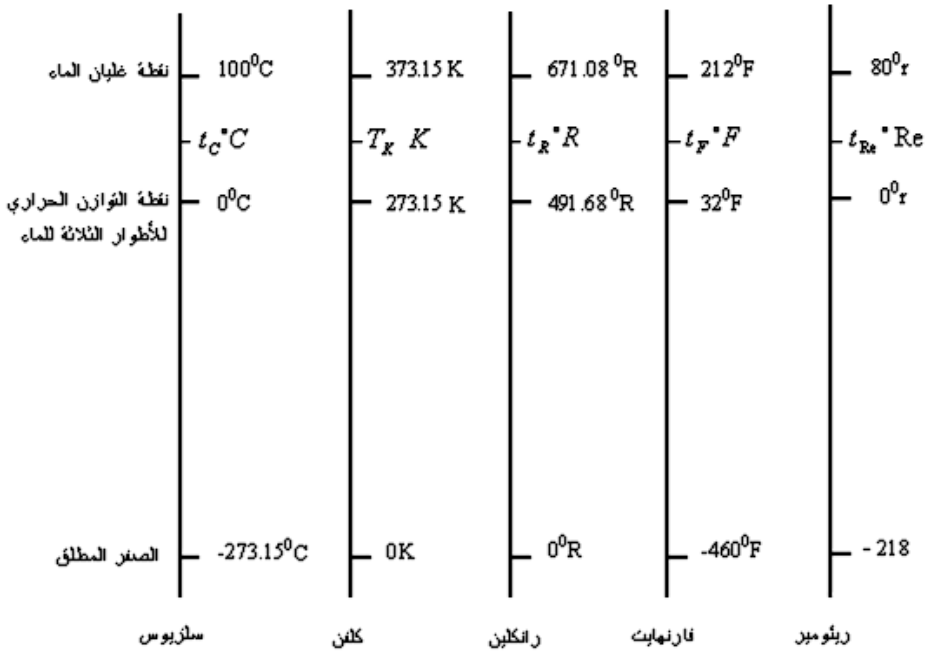
$$t(°\mathrm{F}) = \frac{9}{5}t(°\mathrm{C}) + 32$$

3-7 سلم كلفن (السلم المطلق):

في هذا السلم تقسم المسافة بين النقطتين الثابتتين إلى مئة قسمٍ متساوٍ والنقطة الأولى هي $273.15°K$ درجة مطلقة والثانية هي $373.15°K$ والصفر المطلق $0°K$ يقابل الدرجة $-273.15°\mathrm{C}$.

العلاقة بين السلم المئوي والسلم المطلق:

$$T = (t(°\mathrm{C}) + 273.15)°K$$



الشكل (٠.١): تدريج مقاييس درجات الحرارة الأشهر في العالم.

8- طرق انتقال الحرارة:

تنتقل الحرارة من جسم إلى آخر ساخن إلى جسم بارد وفق الطرق التالية:

8 -1 التوصيل:

بموجب هذه الطريقة تنتقل الحرارة في جسم ما عن طريق اهتزاز جزيئاته حول مواضعها الأصلية، دون حدوث أي انتقالات لهذه الجزئيات من أماكنها. فعند تسخين قطعة معدنية نلاحظ أن الحرارة تنتقل إلى الطرف الآخر خلال فترة زمنية قصيرة. ويعود السبب في ذلك إلى أن جزئيات الطرف المسخن تكتسب طاقة حركية تؤدي إلى زيادة سعة وسرعة الحركة الاهتزازية لتلك الجزئيات وباصطدام هذه الجزئيات بالجزيئات المجاورة لها فإن الجزيئات الثانية تهتز بدورها لكن بسرعة أقل؛ أي جزءاً من طاقتها الحركية

للجزيئات الصادمة قد انتقل إليها، وهكذا تنتقل الطاقة بالتوالي من جزيء إلى آخر مجاور. وهذا يحدث في الأجسام الصلبة والسائلة والغازية.

تتميز السوائل بناقلية حرارية أقل مما هي عليه من المعادن، والغازات تتميز بناقلية حرارية أقل مما هي عليه في السوائل.

تختلف الناقلية الحرارية بالنسبة للكائن الحي (الإنسان مثلاً) باختلاف أنسجة جسمه ، فهي قريبة من ناقلية الماء في الأجزاء السائلة من الجسم وتقل عن ذلك كثيراً في الأنسجة الدهنية والطبقات الخارجية للجلد، لذلك تلعب هذه الأنسجة دوراً عازلاً للحرارة إلى حد ما، ولهذا تكون درجة حرارة جوف الإنسان أعلى من درجة حرارة سطح جلده. وكلما كانت الطبقة الدهنية أسمك كان العزل أفضل.

8-2 الحمل :

يحدث انتقال الحرارة بالحمل وفق هذه الطريقة بفضل حركة جزئيات المادة الحاملة للطاقة الحرارية وهنا يمكن أن نميز حالتين:

أ- الحمل الطبيعي: ويتم عندما تنتقل جزيئات المادة نتيجة اختلاف الكثافة، كحركة بخار الماء.

ب- الحمل القسري : ويتم عندما تتحرك جزيئات المادة المسخنة تحت تأثير عامل خارجي كالرياح.

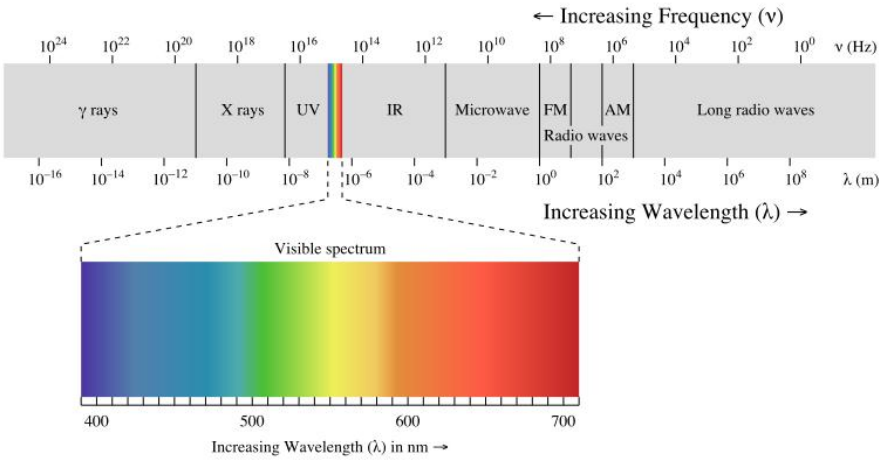
عندما تسخن طبقة من مائع (سائل أو غاز) فإن المسافة بين جزيئاته تزداد، وبالتالي تقل كثافته فيصعد إلى أعلى ليحل محلها جزيئات المائع الباردة (الأكثر كثافة) مكونة بذالك تيارات صاعدة وأخرى هابطة. لا يحدث انتقال الحرارة بالحمل إلا في الموائع لأن الجزيئات تكون حرة الحركة.

8-3 الإشعاع :

تصدر بعض الأجسام الساخنة من سطحها نوعاً من الطاقة على شكل أشعة مرئية أو غير مرئية، كما أن بعض الأجسام تمتص الأشعة الواردة إليها وتحولها إلى حرارة، فالطاقة الإشعاعية (المشعة) من جسم ما تتعلق بدرجة الحرارة وبطبيعته وبشكل سطحه الخارجي للجسم ويعتبر انتقال الحرارة في الفراغ أفضل من انتقاله في وسط ماص، كما ويمكن تسمية الطاقة التي يصدرها الجسم الساخن بالإشعاع الحراري .

ومن الجدير بالذكر أن انتقال الحرارة بالتوصيل أو الحمل بطيء بالنسبة لانتقال الحرارة بالإشعاع لأن سرعة الإشعاع الحراري هي سرعة الضوء، وبصورة عامة قد تؤثر هذه الطرق الثلاث في انتقال الحرارة، وحسب الحالات تكون إحداهما مهمة والأخريان ثانويتين، فالأجسام الموجودة في الهواء تؤثر في نقل الحرارة حادثة الحمل بينما في الدرجات المرتفعة للحرارة يأخذ الإشعاع الدور الأساسي. وفي داخل الأجسام الصلبة تنتقل الحرارة بالتوصيل بشكل أساسي والإشعاع بشكل ثانوي.

موقع الإشعاع تحت الأحمر في الطيف الكهرطيسي



يمتد مجال الـ IRمن نحو 300 GHz إلى (1 mm - 750 nm) 400 THz. ويمكن تقسيمه إلى ثلاثة أجزاء:

نوع الأشعة	طول الموجة
موجات الراديو	$30Km - 3m$
موجات هرتزية	$3m - 0.3mm$
موجات تحت حمراء	$0.3mm - 0.8\mu m$
موجات مرئية	$0.8\mu m - 0.4\mu m$
موجات فوق بنفسجية	$0.4\mu m - 100°A$
أشعة X	$100°A - 0.1°A$
أشعة γ	$0.1°A - 0.01°A$
أمواج كونية (أشعة كونية)	$0.01°A - 0.001°A$

تتميز الإشعاعات الحرارية بالخواص التالية :

1- تنتقل موجات الإشعاع الحراري في الفراغ بنفس السرعة التي ينتقل بها الضوء.

2- إذا سقطت الإشعاعات الحرارية على جسم تحولت إلى طاقة حرارية يمتصها الجسم.

3- تنحرف الإشعاعات الحرارية وتنعكس بنفس قوانين الضوء.

8-3-1 الأشعة تحت الحمراء :

هي عبارة عن أمواج كهرطيسية غير مرئية تقع ضمن المجال 0.8-300 µm تتميز هذه الأشعة بتأثيرها الحراري الكبير على جسم الإنسان والكائنات الحية إذ تولد بعد امتصاصها حرارة تنتقل من السطح إلى العمق وإلى محيط النسيج المتعرض لها، ويتسبب هذا الانتشار بتسريع عمليات التبادل الخلوي. أما طريقة تأثيرها متوسط في الجلد فتكون على شكل طفح جلدي، وإذا كانت الجرعة صغيرة فإن أثرها يكون احمرار لا يلبث أن يزول، وإذا كانت الجرعة كبيرة فإنها تسبب الحروق. كما تسبب تلف لشبكية العين إذا ما تعرضت لها بشكل مباشر ولفترة طويلة.

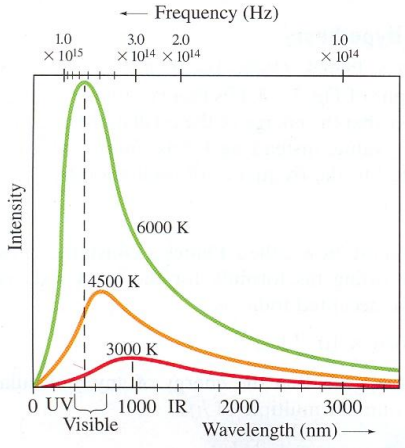
يستفاد من الأشعة التحت الحمراء I R في تحديد درجة حرارة الجسم وتغيراته. إذ يعد ارتفاع درجة الحرارة موضعياً كان أم عاماً بمقدار 1.5-2 °C عاملاً تشخيصياً هاماً، ويعود السبب في ذلك إما إلى نشاط الأوعية الخلايا أو إلى الالتهابات.

طيف المجال تحت الأحمر

- تحت الأحمر البعيد Far-infrared من 300 GHz إلى 30 THz (1mm - 10µm)
- تحت الأحمر المتوسط Mid-infrared من 30 إلى 120THz (10 – 2.5 µm)
- تحت الأحمر القريب Near-infrared من 120THz إلى 400 THz (2,500 - 750 nm).

4

تابع إشعاع الجسم الأسود



تابع إشعاع الجسم الأسود عند ثلاث درجات حرارة مختلفة.

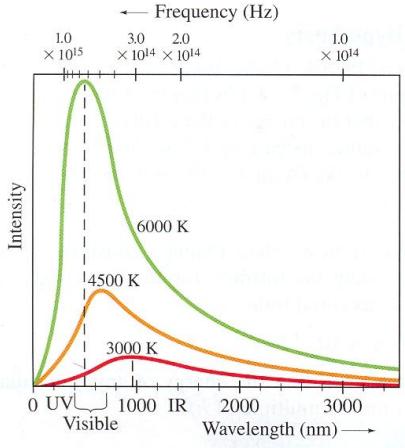
قانون استفان وبولتزمان:

$$W(Watt/m^2) = \sigma T^4$$

ثابت استفان وبولتزمان

$$\sigma = 5.67 \times 10^{-8}\ Watt\, m^{-2} K^{-4}$$

تابع إشعاع الجسم الأسود



تابع إشعاع الجسم الأسود عند ثلاث درجات حرارة مختلفة.

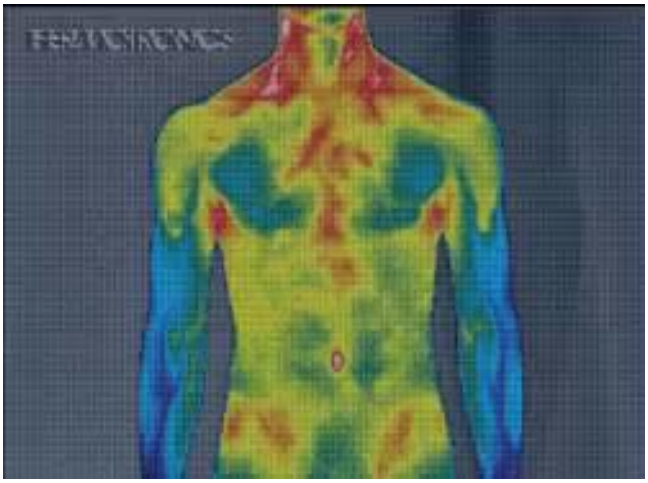
علاقة فين:

$$\lambda_{max} \cdot T = 2.9 \times 10^{-3}\, m^{o}K$$

$$T = \frac{2.9 \times 10^{-3}\, m^{o}K}{\lambda_{max}}$$

الإشعاع الحراري الذي يصدر من الجسم نتيجة للعمليات الاستقلابية التي تجري في كل خلية من خلايا الجسم – اللون الأحمر يدل على درجات الحرارة الأعلى

الإشعاع الحراري الذي يصدر من الجسم – اللون الأزرق يدل على درجة الحرارة الأبرد



8-3-2 الأشعة فوق البنفسجية : UV

هي عبارة عن أمواج كهرطيسية غير مرئية يمكن تقسيمها تبعاً لتأثيراتها البيولوجية إلى ثلاث أنواع.

1- UVA يقع ضمن nm (350-400): يتميز هذا النوع بفعل مُمص ومُقوّي للكائنات الحية إذ يساعد في تركيب الفيتامينات (D_2, D_3)، وكذلك في عملية استقلاب الكالسيوم والفوسفور والكبريت، مما يمنحها دوراً علاجياً ضد الكساح وهشاشة العظام.

2- UVB nm (270-350): إن هذا النوع هو الأكثر خطورة على الإنسان، فهو يسبب الطفح الجلدي، وضربة الشمس. ومن الممكن أن تكون آثاره غير فورية مما يزيد من خطورة الحالة. يستخدم أثناء إجراء العمليات الجراحية من أجل زيادة التخثر وخاصة عند مرضى السكري.

3- UVC nm (200-270) يتميز الطول الموجي 265nm بفعالية شديدة ضد البكتيريا والجراثيم حيث يستعل لتعقيم الهواء في غرف العمليات الجراحية.

4- يؤدي التعرض للأشعة فوق البنفسجية إلى ارتفاع نسبة الميلامين الموجودة في الجلد لهذا يصطبغ الجلد باللون الداكن. حيث يعتبر الميلامين مادة واقية من هذه الأشعة.

يسبب تعرض العين لهذه الأشعة لتلف الشبكية، وإذا كان الضوء ساطعاً يمكن أن تلتهب القرنية أو تحترق.

للأشعة فوق البنفسجية تطبيقات كثيرة في الطب منها التشخيصية (الكشف عن اللويحات السنية، تشخيص أمراض اللثة، فحص اللعاب باستخدام ضوء ود، تألق الأسنان باستخدام ضوء ود) ومنها علاجية (العلاج بأشعة الشمس، علاج بعض الأمراض الجلدية، علاج الأنسجة الداعمة للسن، تبيض الأسنان)

لا يلاحظ أي تأثير بيولوجي مباشر للأشعة فوق البنفسجية، وذلك لأن الماء لا يمتص الأطوال الموجية الأكبر من 185n.m إلا أن أهمية هذه الأشعة تكمن في الأثر الذي تتركه هذه الأشعة على الحموض الأمينية، والأسس البيرميدنية والبورينية (الحموض النووية).

8-3-3 الأشعة المرئية وتطبيقاتها في الطب :

إشعاع كهرطيسي تتراوح أطوال أمواجه ضمن nm (400- 800)

تؤثر في العين وتتيح لنا عملية الإبصار (الرؤية) ونذكر من تطبيقاتها:

1- تتيح لنا الرؤية المباشرة وهذا يمكننا من التفريق بين المظهر العادي والمريض.

2- الشفافية السنية: السن الحي يكون شفافاً جزئياً بينما السن المستأصل لبه يكون كامداً.

3- شفافية الجيب الفكي: الجيب الفكي الطبيعي يكون نيراً أما المتقيح فيكون كامداً.