**الطيف الكهرومغناطيسي Electromagnetic Spectrum**

الطيف الكهرومغناطيسي هو الطيف الذي يشمل جميع الترددات الممكنة للإشعاع الكهرومغناطيسي. أما “الطيف الكهرومغناطيسي” لجسم ما فيحمل معنىً مختلف، فهو توزيع الإشعاع الكهرومغناطيسي المبعوث من أو الممتص من قبل هذا الجسم.

الطيف الكهرومغناطيسي يمتد مما دون الترددات المنخفضة لأمواج الراديو المستخدمة في المذياع الحديث إلى إشعاعات كاما ذات الأطوال الموجية القصيرة (تردد عالٍ)، وبالتالي فإنه يغطي الأطوال الموجية من آلاف الكيلومترات نزولاً إلى جزء من حجم الذرة. الضوء المرئي يقع باتجاه الحد الأقصر، بأطوال موجية تتراوح من 400 إلى 700 نانومتر. الحد الأعلى للأطوال الموجية الطويلة هو حجم الكون نفسه،  حتى منتصف القرن العشرين كان المعتقد لدى معظم الفيزيائيين أن هذا الطيف لانهائي ومتصل.

معظم أنواع الإشعاع الكهرومغناطيسي يمكن استخدامه في التحليل الطيفي لدراسة ووصف المواد. باقي الاستخدامات التكنولوجية موصوفة تحت عنوان الإشعاع الكهرومغناطيسي.

**1- اكتشاف الطيف الكهرومغناطيسي**

كان الضوء المرئي هو الجزء الوحيد المعروف من الطيف الكهرومغناطيسي. لاحظ اليونانيون القدماء أن الضوء يسير في خطوط مستقيمة وقاموا بدراسة بعض خصائصه، كالانعكاس والانكسار. استمرت دراسة الضوء، وقامت النظريات المتعارضة باعتبار الضوء إما موجة أو جسيم خلال القرنين السادس عشر والسابع عشر.

في عام 1800، تم اكتشاف أول إشعاع كهرومغناطيسي غير الضوء المرئي عندما اكتشف ويليام هيرشل الأشعة تحت الحمراء.كان يقوم بدراسة درجات حرارة الألوان المختلفة عن طريق تحريك ميزان الحرارة عبر الضوء المقسم بواسطة الموشور. وقد لاحظ أن درجات الحرارة الأعلى كانت بعد اللون الأحمر. وقد فسر ذلك بأن تغير درجة الحرارة هذا كان بسبب “أشعة حرارية” وأن هذه الأشعة هي نوع من أشعة الضوء التي لا يمكن رؤيتها.

في السنة التالية، عندما كان يوهان ريتر يعمل في النهاية الأخرى للطيف، لاحظ ما سماه “أشعة كيميائية” (أشعة ضوء غير مرئية تولد تفاعلات كيميائية معينة). هذه الأشعة تتصرف بشكل مشابه لأشعة الضوء المرئية البنفسجية، ولكن تتعداها في الطيف. وقد أعيدت تسميتها فيما بعد بالأشعة فوق البنفسجية.

تم ربط الإشعاع الكهرومغناطيسي بعلم الكهرومغناطيسية لأول مرة عام 1845، عندما لاحظ مايكل فارادي أن قطبية الضوء المار عبر مادة شفافة استجابت للمجال المغناطيسي. وفي السيتينات من القرن التاسع عشر، طور جيمس ماكسويل أربع معادلات تفاضلية جزئية للمجال الكهرومغناطيسي. اثنتان منها  تنبأت باحتمالية وسلوك الموجات في المجال. بتحليل سرعة هذه الموجات النظرية، لاحظ ماكسويل أنها يجب أن تسير بسرعة قريبة من سرعة الضوء المعروفة. هذه الصدفة المذهلة في القيمة قادت ماكسويل إلى استخلاص أن الضوء نفسه نوع من الموجات الكهرومغناطيسية.

معادلات ماكسويل تنبأت بعدد لا نهائي من الترددات للموجات الكهرومغناطيسية، جميعها تسير بسرعة الضوء. كان هذا أول مؤشر لوجود الطيف الكهرومغناطيسي بأسره.

موجات ماكسويل المتنبأ بها تضمنت موجات ذات ترددات منخفضة بالمقارنة مع الأشعة تحت الحمراء، مما قد يُخلق نظرياً بواسطة شحنات متذبذبة في دارة كهربائية عادية من نوع معين. في محاولة لاثبات معادلات ماكسويل والكشف عن هذه الترددات المنخفضة، قام الفيزيائي هاينريش هيرتز ببناء أجهزة لتوليد والكشف عما نسميه الآن بموجات الراديو. قام هيرتز باكتشاف هذه الموجات وكان قادراً على الاستدلال بأنها تسير بسرعة الضوء (عن طريق قياس أطوالها الموجية وضربها بتردداتها). وكذلك برهن هيرتز بأن هذه الإشعاعات الجديدة يمكن انعكاسها وانكسارها بواسطة أوساط عازلة كهربائية متنوعة، بنفس أسلوب الضوء. على سبيل المثال، هيرتز كان قادراً على تركيز الموجات باستخدام عدسات مصنوعة من الراتينج (مادة صمغية نباتية). في تجربة لاحقة، قام هيرتز بتوليد وقياس خصائص الموجات الدقيقة بنفس الطريقة. هذه الأنواع الجديدة للموجات مهدت الطريق للاختراعات كجهاز الفاكس اللاسلكي والمذياع.

في عام 1895 لاحظ فيلهلم رونتغن نوع جديد من الأشعة المبعوثة خلال تجربة لأنبوب مفرغ معرض لجهد كهربائي عالٍ. قام بتسمية هذه الإشعاعات بالأشعة السينية ووجد أنها قادرة علي السير خلال أجزاء من جسم الإنسان ولكنها تنعكس أو يتم إيقافها بواسطة كتل كثيفة كالعظام. وسرعان ما تم استخدامها في مجال الطب.

الجزء الأخير من الطيف الكهرومغناطيسي تم ملؤه باكتشاف أشعة كاما. في عام 1900 قام بول فيلارد بدراسة الانبعاثات المشعة لعنصر الراديوم عندما عرّف نوعاً جديداً من الإشعاعات التي كان يظنها تتألف من جسيمات شبيهة بجسيمات ألفا وبيتا، ولكن مع قدرة على الاختراق أعلى بكثير من كليهما. بينما في عام 1910 برهن ويليام هنري براغ أن أشعة كاما هي أشعة كهرومغناطيسية وليست جسيمات، وفي 1914 قام إرنست رذرفورد (الذي قام بتسميتها أشعة غاما في 1903 عندما لاحظ أنها تختلف أساساً عن جسيمات ألفا وبيتا المشحونة) وإدوارد آندريد بقياس أطوالها الموجية، ووجدا أن أشعة غاما شبيهة بالأشعة السينية ولكن مع أطوال موجية أقصر وترددات أعلى.

**2- نطاق الطيف**

الموجات الكهرومغناطيسية توصف إجمالاً بأحد الكميات الفيزيائية الثلاث التالية: التردد ، الطول الموجي [λ](https://en.wikipedia.org/wiki/Lambda)، أو طاقة الفوتون . الترددات المشاهدة في المدى الفضائي تبدأ من 2.4×1023 هيرتز (1 كيكا إلكترون-فولت من أشعة كاما) نزولاً إلى التردد المحلي للبلازما للوسط البينجمي المتأين (حوالي 1 كيلو هيرتز). الطول الموجي يتناسب عكسياً مع تردد الموجة،[5] لذا الأطوال الموجية لأشعة كاما قصيرة جداً لدرجة أنها أجزاء من حجم الذرة، في حين أن الأطوال الموجية للنهاية المقابلة من الطيف بطول الكون. طاقة الفوتون تتناسب طردياً مع تردد الموجة، لذا فوتونات أشعة كاما تمتلك أعلى طاقة (حوالي 1 مليار إلكترون-فولت)، بينما فوتونات أمواج الراديو تمتلك طاقة قليلة جداً (حوالي 1 فيمتو إلكترون-فولت).

تتناقص أطوال الموجات الكهرومغناطيسية إن وجدت في وسط مملوء بمادة. وعادةً ما يعبر عن الأطوال الموجية للإشعاع الكهرومغناطيسي بدلالة الطول الموجي في الفراغ بغض النظر عن الوسط الذي تسير فيه، بالرغم أن هذا لا يذكر دائماً بشكل صريح.

بشكل عام، يصنف الإشعاع الكهرومغناطيسي حسب الطول الموجي إلى موجات الراديو، الموجات الدقيقة (الصغرية)، الموجات الراديوية، الأشعة تحت الحمراء، المنطقة المرئية (الضوء)، الأشعة فوق البنفسجية، الأشعة السينية وأشعة كاما. سلوك الإشعاع الكهرومغناطيسي يعتمد على طوله الموجي. عندما يتفاعل هذا الإشعاع مع الذرات المنفردة والجزيئات، يعتمد سلوكه أيضاً على مقدار الطاقة التي يحملها لكل وحدة كمية (فوتون).

تستطيع المطيافية الكشف عن مناطق للطيف الكهرومغناطيسي أوسع بكثير من النطاق المرئي (400 إلى 700 نانومتر). يستطيع مختبر المطياف العادي الكشف عن الأطوال الموجية من 2 إلى 2500 نانومتر. يمكن الحصول على معلومات مفصلة عن الخصائص الفيزيائية للأجسام، الغازات، أو حتى النجوم من هذا النوع من الأجهزة. أجهزة المطياف مستخدمة بشكل كبير في الفيزياء الفلكية. على سبيل المثال، كثير من ذرات الهيدروجين تشع فوتون موجة راديو بطول موجي 21.12 سم. الترددات من 30 هيرتز فما دون يمكن إنتاجها وهي مهمة في دراسة بعض السدم الكوكبية المعينة،والترددات العالية جداً (مثل 2.9×1027 هيرتز) تم الكشف عنها من مصادر الفيزياء الفلكية.

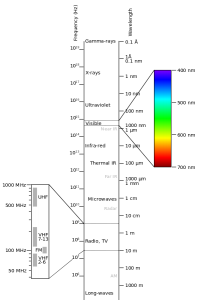
**3- مناطق الطيف**

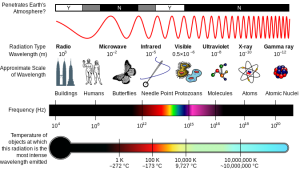
الإشعاع الكهرومغناطيسي يتفاعل مع المادة خلال الطيف بطرق مختلفة. هذه الأنواع من التفاعلات مختلفة لدرجة أن أعطيت المناطق المختلفة من الطيف أسماء مختلفة على مر التاريخ، وكأنها أنواع مختلفة من الإشعاعات. ولكن بالرغم من أن هذه “الأنواع المختلفة” من الإشعاع الكهرومغناطيسي تشكل طيفاً متصلاً بشكل كمي من الترددات والأطوال الموجية، إلا أن الطيف يبقى مقسماً لأسباب عملية تتعلق بهذه الاختلافات النوعية للتفاعلات.

|  |  |
| --- | --- |
| **4- تفاعل الإشعاع الكهرومغناطيسي مع المادة** | |
| **منطقة الطيف** | **التفاعلات الرئيسة مع المادة** |
| **موجات الراديو** | **مجموعة التذبذبات لحاملات الشحنة في معظم المواد (تذبذبات البلازما).**  **مثل الحركات التذبذبية للإلكترونات في الهوائي.** |
| **الموجات الدقيقة حتى تحت**  **الحمراء البعيدة** | **تذبذبات البلازما، الدوران الجزيئي** |
| **الموجات تحت الحمراء القريبة** | **الاهتزازات الجزيئية، تذبذبات البلازما (فقط في المعادن)** |
| [**الضوء**](https://en.wikipedia.org/wiki/Light)**المرئي** | **إثارة الإلكترون الجزيئية (تتضمن جزيئات الصبغ الموجودة في شبكية عين الإنسان)،**  **تذبذبات البلازما (فقط في المعادن)** |
| **الموجات فوق البنفسجية** | **إثارة إلكترونات التكافؤ الجزيئية والذرية، متضمنة إطلاق الإلكترونات (الظاهرة الكهروضوئية)** |
| **الأشعة السينية** | **إثارة وإطلاق للإلكترونات الداخلية (أي جميع الإلكترونات ما عدا إلكترونات التكافؤ (، ظاهرة كومبتون (للأعداد الذرية المنخفضة)** |
| **أشعة كاما** | **إطلاق شديد للإلكترونات الداخلية للعناصر الثقيلة، ظاهرة كومبتون (لجميع الأعداد الذرية)،**  **إثارة للنوى الذرية، متضمنة تفكك النوى** |
| **أشعة كاما عالية الطاقة** | **إنشاء أزواج الأجسام والأجسام المضادة. في مقادير عالية جداً من الطاقة يمكن للإلكترون إنشاء زوج من الأجسام والأجسام المضادة ذات طاقة عالية بعد التفاعل مع المادة.** |

**5- أنواع الإشعاعات**

ان المناطق للطيف الكهرومغناطيسي مذكور في الأسفل. لاحظ أنه ليس هناك حدود محددة بدقة بين هذه الحزم؛ بل إنها تتلاشى بين بعضها البعض كما في قوس المطر (والذي يعد طيفاً فرعياً مكوناً من الضوء المرئي). جميع الأشعة من كل الترددات والأطوال الموجية (أو كل الحزم) تمتلك خصائص من خصائص المنطقتين اللتين تحيطان بها في الطيف. على سبيل المثال، الضوء الأحمر يشبه الأشعة تحت الحمراء بأنه يستطيع إثارة بعض الروابط الكيميائية وإضافة طاقة لها كما يجب أن يفعل ليقوي الآلية الكيميائية المسؤولة عن التركيب الضوئي وعمل الجهاز البصري.





شكل (1) مخطط الطيف المغناسيطي يبين الخصائص المختلفة عبر مدى الترددات و الأطوال الموجيّة.

ان أنواع الإشعاع الكهرومغناطيسي مصنفة بشكل عام إلى :

1. الموجات الراديوية
2. الموجات الدقيقة (الصغرية)
3. أشعة تيراهيرتز
4. الأشعة تحت الحمراء
5. أشعة الضوء المرئي
6. الأشعة فوق البنفسجية
7. الاشعة السينية ( X- Ray)
8. اشعة كاما

هذا التصنيف مبني على زيادة درجة الأطوال الموجية، والتي تميز نوع الإشعاع. بالرغم من أن مخطط التصنيف دقيق، بشكل عام، إلا أن هناك بعض التداخلات بين الأنواع المتجاورة من الطاقة الكهرومغناطيسية. على سبيل المثال، يمكن استقبال الترددات ما تحت المنخفضة (SLF) من أشعة الراديو (60 هيرتز) ودراستها من قبل الفلكيين، أو يمكن توجيهها من خلال أسلاك كما في نقل الطاقة الكهربائية، مع أن هذا الأخير، بشكل دقيق، ليس إشعاعاً كهرومغناطيسياً على الإطلاق (اقرأ المجال القريب والبعيد).

الاختلاف بين الأشعة السينية وأشعة كاما يعتمد جزئياً على المصادر: مولد الفوتونات من الإضمحلال النووي او العمليات في المستوى ما دون النووي / الجسيمات الأولية دائماً أشعة كاما، بينما الأشعة السينية تولد بواسطة انتقالات إلكترونية تتضمن إلكترونات داخلية ذات طاقة عالية. بشكل عام، الانتقالات النووية تحمل طاقة أعلى بكثير من الانتقالات الإلكترونية، لذا أشعة كاما تحمل طاقة أعلى من الأشعة السينية، ولكن الاستثناءات موجودة. عن طريق المقارنة مع الانتقالات الإلكترونية، الذرات الميونية (نسبة للميون) تنتج أشعة سينية أيضاً، مع أن طاقتها قد تتعدى 6 ميجا إلكترون-فولت (0.96 بيكو جول)، بينما هناك الكثير (77 معروفون طاقتهم أقل من 10 كيلو إلكترون-فولت (1.6 فيمتو جول)) من الانتقالات النووية قليلة الطاقة (مثال، الانتقال النووي لذرة الثوريوم-299 بطاقة 7.6 إلكترون-فولت )) ورغم كونها أضعف بمليون مرة من بعض الأشعة السينية الميونية، الفوتونات المبعوثة لا زالت تسمى أشعة كاما بسبب مصدرها النووي.

الاصطلاح على أن الإشعاع الكهرومغناطيسي المعروف بأنه قادم من النواة دائماً ما تسمى بـ “أشعة كاما” هو الاصطلاح الوحيد المعتبر به عالمياً. العديد من مصادر أشعة كاما الفلكية (مثل انفجارات أشعة كاما) معروفة بكونها ذات طاقة عالية جداً (في الشدة والطول الموجي) لتكون من مصدر نووي. غالباً، في فيزياء الجسيمات (فيزياء الطاقة العالية) والعلاج بالأشعة الطبية، الإشعاعات الكهرومغناطيسية ذات الطاقة العالية جداً (أعلى من 10  ميجا إلكترون-فولت) والتي تملك طاقة أعلى من أي أشعة كاما نووية، لا تسمى بالأشعة السينية أو أشعة كاما، بل يطلق عليها اسم “فوتونات الطاقة العالية.”

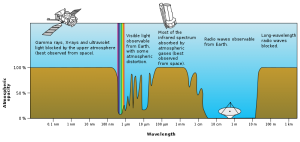
منطقة الطيف التي يقع فيها رصد معين للإشعاع الكهرومغناطيسي تعتمد على الإطار المرجعي (نتيجة لتأثير دوبلر)، لذا الإشعاع الكهرومغناطيسي الذي يرصده شخص في منطقة معينة من الطيف قد يبدو لراصد آخر يتحرك بجزء كبير من سرعة الضوء بالنسبة للراصد الأول  في منطقة أخرى من الطيف. على سبيل المثال، تأمل إشعاع الخلفية الكونية الميكروي. لقد تم إنتاجها، عندما فصلت المادة عن الإشعاع، عن طريق انحلال الإثارة لذرات الهيدروجين إلى الحالة القاعية. هذه الفوتونات كانت من انتقالات سلسلة لايمان التي تضعهم في جزء الأشعة فوق البنفسجية من الطيف الكهرومغناطيسي. هذا الإشعاع الآن قد تعرض للانزياح نحو الأحمر الكوني الكافي لوضعه في منطقة الموجات الدقيقة من الطيف لراصد يتحرك ببطء (بالمقارنة مع سرعة الضوء) بالنسبة للكون.

**الموجات الراديوية**

موجات الراديو مستخدمة بشكل عام في الهوائيات بحجم مناسب (حسب مبدأ الرنين) بأطوال موجية تمتد من مئات الأمتار إلى حوالي ميللي متر واحد. تستخدم هذه الموجات لبث البيانات عن طريق التضمين. التلفاز، الهواتف المحمولة، الشبكات اللاسلكية، وهواية الراديو جميعها تستخدم موجات الراديو. استخدام طيف الراديو منظم بواسطة الكثير من الحكومات عن طريق تخصيص الترددات.

موجات الراديو يمكن جعلها تحمل المعلومات عن طريق تركيب من الاتساع، التردد والطور للموجة ضمن نطاق ترددات. عندما يرتطم الإشعاع الكهرومغناطيسي بموصل كهربائي يرتبط به ويسير من خلاله، ويؤدي إلى تكوين تيار كهربائي على سطحه عن طريق إثارة إلكترونات المادة الموصلة. هذا التأثير (التأثير الجلدي أو السطحي) مستخدم في الهوائيات.

**الموجات الدقيقة (الموجات المايكروية)**



شكل (2) خريطة تبين الانتقالية (أو العتامة) في الغلاف الجوي الأرضي لأطوال موجية مختلفة للإشعاع الكهرومغناطيسي.

التردد ما فوق العالي (SHF) والتردد فائق العلو (EHF) من الموجات الدقيقة موجودة على الجانب القصير من موجات الراديو. الموجات الدقيقة إجمالاً قصيرة كفاية (تقاس بالميللي مترات) لتستعمل في موجهات الموجات المعدنية بقطر معقول. يتم إنتاج طاقة الموجات الدقيقة بواسطة أنابيب كليسترون ومغناترون (صمام مغناطيسي إلكتروني)، . يتم امتصاص الموجات الدقيقة بواسطة الجزيئات التي تمتلك عزم ثنائي القطب في السوائل. في فرن المايكروويف، يستخدم هذا التأثير في تسخين الطعام. إشعاع الموجات الدقيقة منخفض الشدة يستخدم في تقنية الواي فاي، مع أنه في مستويات شدة لا تستطيع التسبب في التسخين الحراري.

التسخين الحجمي، كما هو مستخدم في أفران المايكروويف، ينقل الطاقة عبر المادة كهرومغناطيسياً، وليس عن طريق تدفق السخونة الحراري. الفائدة من هذا هو تنظيم أكثر للتسخين وانخفاض زمن التسخين؛ إذ أن الموجات الدقيقة تستطيع تسخين المادة بزمن اقل من 1% من الزمن المستغرق في طرق التسخين التقليدية.

فرن المايكروويف العادي عندما يعمل يكون قوي كفاية ليسبب تداخل على مدى قريب مع المجالات الكهرومغناطيسية المحمية بشكل رديء مثل الموجودة في الأجهزة الطبية المتنقلة والإلكترونيات المستهلكة المصنوعة بشكل رديء.

**أشعة تيراهيرتز**

أشعة تيراهيرتز هي منطقة في الطيف تقع بين الأشعة تحت الحمراء البعيدة والموجات الدقيقة. حتى الفترة الأخيرة، نادراً ما تم دراسة هذا المدى ومصادر قليلة وجدت لطاقة الموجات الدقيقة في النهاية العليا للنطاق (موجات الميللي متر الفرعي أو المسماة بموجات تيراهيرتز)، ولكن التطبيقات مثل التصوير والاتصالات أصبحت تظهر الآن. العلماء يتطلعون الآن إلى تطبيق تكنولوجيا التيراهيرتز في المجال العسكري أيضاً، حيث الموجات ذات التردد العالي يمكن أن يتم توجيهها نحو جيش العدو وتعطيل معداتهم الإلكترونية.

**الأشعة تحت الحمراء**

جزء الأشعة تحت الحمراء من الطيف الكهرومغناطيسي يغطي المدى من حوالي 300 جيجا هيرتز إلى 400 تيرا هيرتز (1 ميللي متر إلى 750 نانو متر). ويمكن تقسيمه إلى 3 أقسام:[5]

* **الأشعة تحت الحمراء البعيدة**، من 300 جيجا هيرتز إلى 30 تيرا هيرتز (1 ميللي متر إلى 10 ميكرو متر). الجزء الأسفل من من هذا المدى يسمى أيضاً بالموجات الدقيقة أو موجات التيراهيرتز. هذا الإشعاع إجمالاً يتم امتصاصه عن طريق ما يسمى الأنماط الدورانية في الجزيئات غازية الطور، الجزيئات المتحركة في السوائل، والفوتونات في الأجسام الصلبة. الماء في الغلاف الجوي للأرض يمتص بشكل قوي جداً في هذا المدى لدرجة أنه يطلي الغلاف الجوي بشكل معتم وفعال. ولكن، هناك نطاقات محددة للطول الموجي (“نوافذ”) في المدى المعتم تسمح بالبث الجزئي، ويمكن استخدامها في علم الفلك. يمتد الطول الموجي من تقريبا 200 ميكرو متر صعوداً إلى ميللي مترات قليلة وعادة يطلق عليها “ميللي متر فرعي” في علم الفلك، حاجزةً بذلك الأشعة تحت الحمراء البعيدة للأطوال الموجية تحت 200 ميكرو متر.
* **الأشعة تحت الحمراء المتوسطة**، من 30 إلى 120 تيرا هيرتز (10 إلى 2.5 ميكرو متر). الأجسام الساخنة (مشعات الجسم الأسود) تشع بشكل قوي في هذا المدى، يتم امتصاص هذا الإشعاع عن طريق اهتزازات جزيئية، حيث تقوم الذرات المختلفة في الجزيء بالاهتزاز حول أماكن اتزانها. هذا المدى يسمى أحياناً بـ*منطقة البصمة*، إذ أن طيف امتصاص الأشعة تحت الحمراء المتوسطة لمركب ما محدد بشدة لذلك المركب.
* **الأشعة تحت الحمراء القريبة**، من 120 إلى 400 تيرا هيرتز (2500 إلى 750 نانو متر). العمليات الفيزيائية المتعلقة بهذا المدى شبيهة بالمتعلقة بالضوء المرئي. يمكن الكشف عن الترددات العليا في هذه المنطقة بشكل مباشر عن طريق بعض أنواع التصوير الفوتوغرافي، والعديد من أنواع مجسات الصور في الحالة الصلبة للتصوير الفوتوغرافي بالأشعة تحت الحمراء والتصوير بالفيديو.

**الأشعة المرئية (الضوء)**

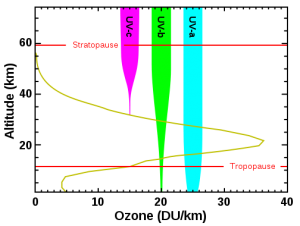
أعلى الأشعة تحت الحمراء في التردد يأتي الضوء المرئي. تبعث الشمس أعلى طاقتها في المنطقة المرئية، ولكن تكامل طيف القدرة للانبعاث كاملاً عبر كل الأطوال الموجية يظهر أن الشمس تبعث الأشعة تحت الحمراء بشكل أعلى قليلاً من الضوء المرئي. من خلال التعريف، الضوء المرئي هو الجزء من الطيف الكهرومغناطيسي الذي تكون العين البشرية أكثر حساسية له. يتم امتصاص وانبعاث الضوء المرئي (والأشعة تحت الحمراء القريبة) بواسطة الإلكترونات في الجزيئات والذرات المنتقلة من مستوى طاقة معين إلى مستوى آخر. هذا الفعل يسمح بالآلية الكيميائية التي تكمن في رؤية الإنسان والتركيب الضوئي في النبات. الضوء الذي يثير نظام الرؤية البشري هو جزء قليل من الطيف الكهرومغناطيسي. يظهر طيف المطر الجزء البصري (المرئي) من الطيف الكهرومغناطيسي؛ الأشعة تحت الحمراء ستقع تحت الجزء الأحمر من قوس المطر والأشعة فوق البنفسجية ستظهر مباشرة بعد النهاية البنفسجية.

الإشعاع الكهرومغناطيسي ذو الأطوال الموجية بين 380 نانو متر و 760 نانو متر (400 إلى 790 تيرا هيرتز) يمكن الكشف عنه بواسطة العين البشرية وإدراكها كضوء مرئي. الأطوال الموجية الأخرى، خاصة تحت الحمراء القريبة (أطول من 760 نانو متر) وفوق البنفسجية (أقصر من 380 نانو متر) أحياناً ما يتم تسميتها أيضاً بالضوء، خاصة عندما تكون غير متعلقة بإمكانية الرؤية للبشر. الضوء الأبيض عبارة عن مجموعة من الأضواء بأطوال موجية مختلفة في الطيف المرئي. تمرير الضوء الأبيض من خلال موشور يقسمه إلى عدة ألوان من الضوء المرصود في الطيف المرئي بين 400 نانو متر و 780 نانو متر.

إذا انعكس إشعاع عن جسم، مثلاً طبق من الفواكه، يحتوي على تردد في المنطقة المرئية من الطيف الكهرومغناطيسي ثم ارتطم بالأعين، سينتج عن ذلك إبصار للمشهد. النظام البصري للدماغ يعالج أغلبية الترددات المنعكسة إلى أشكال وظلال مختلفة، وعن طريق هذه الظاهرة النفسية الفيزيائية غير المفهومة بشكل كافٍ، يدرك معظم البشر طبق الفواكه.

ولكن في معظم الأطوال الموجية، لا يتم الكشف عن المعلومات المحمولة في الإشعاع الكهرومغناطيسي بشكل مباشر عن طريق حواس الإنسان. المصادر الطبيعية تنتج إشعاع كهرومغناطيسي خلال الطيف، والتكنولوجيا يمكنها أيضاً معالجة مدى عام من الأطوال الموجية. تبعث الألياف البصرية الضوء، بالرغم من أنه ليس من الضرورة أن يكون الجزء المرئي من الطيف (غالباً ما يكون أشعة تحت حمراء)، الذي يمكنه حمل المعلومات.عملية التضمين شبيهة بتلك المستخدمة في موجات الراديو.

**الأشعة فوق البنفسجية**



شكل (3): مقدار الاختراق للأشعة فوق البنفسجية بالنسبة للارتفاع في أوزون الأرض

تأتي الأشعة فوق البنفسجية (UV) التالية في التردد. الطول الموجي للأشعة فوق البنفسجية أقصر من النهاية البنفسجية للطيف المرئي ولكنها أطول من الأشعة السينية.

الأشعة فوق البنفسجية في مدى الطول الموجي الأقصر (المجاور للأشعة السينية) يمكنها تأيين الذرات مغيرةً سلوكها الفيزيائي بشدة.

في المدى المتوسط من الأشعة فوق البنفسجية، الأشعة لا يمكنها القيام بالتأيين ولكنها تكسر الروابط الكيميائية، وبذلك تجعل الجزيئات تتفاعل بشكل غير اعتيادي. حرق الشمس، على سبيل المثال، يسببه الآثار المدمرة للمدى المتوسط للأشعة فوق البنفسجية على خلايا الجلد، والتي تعد السبب الرئيس لسرطان الجلد. الأشعة فوق البنفسجية في المدى المتوسط يمكنها تدمير جزيئات الـ DNA المعقدة في الخلايا بشكل يعجز إصلاحه، منتجةً [ثنائية](https://en.wikipedia.org/wiki/Thymine_dimers) الثايمين وتجعله مطفر شديد جداً.

تبعث الشمس أشعة فوق بنفسجية مؤثرة (حوالي 10% من قدرتها الكلية)، متضمنة الأطوال الموجية للأشعة فوق البنفسجية القصيرة للغاية التي يمكنها ربما تدمير الحياة على اليابسة (مياه المحيطات ستوفر بعض الحماية للحياة هناك). ولكن معظم الأطوال الموجية للأشعة فوق البنفسجية الشمسية المدمرة يتم امتصاصها عن طريق الغلاف الجوي وطبقة الأوزون قبل وصولها إلى السطح. النطاقات من الأشعة فوق البنفسجية التي تحمل طاقة أعلى وطول موجي أقصر (تسمى “تسمى الأشعة الفوق بنفسجية في الفراغ “) يتم امتصاصها بواسطة النيتروجين، والأطوال الموجية الأطول بواسطة الأكسجين البسيط ثنائي الذرة في الهواء. معظم الأشعة فوق البنفسجية في المدى المتوسط من الطاقة يتم إيقافها بواسطة طبقة الأوزون، التي تمتص بقوة المدى المهم من 200 إلى 315 نانو متر، الجزء ذو الطاقة الأقل الذي هو طويل جداً ليمتصه ثنائي الأكسجين العادي في الهواء. الأشعة فوق البنفسجية في المدى الأكثر انخفاضاً بين 315 نانو متر والضوء المرئي (تسمى UV-A) لا يتم إيقافها بشكل جيد بواسطة الغلاف الجوي، ولكنها لا تسبب حروق شمسية وتسبب تدمير حيوي أقل. ولكنها ليست عديمة الأذى وتنتج جذور الأكسجين الفردية، طفرات وأضرار للجلد. اقرأ الأشعة فوق البنفسجية للمزيد من المعلومات.

**الأشعة السينية ( X- Ray )**

بعد الأشعة فوق البنفسجية تأتي الأشعة السينية والتي تقوم بعمليات التأيين كما في النطاقات العليا للأشعة فوق البنفسجية. ولكن، بسبب طاقتها العالية، الأشعة السينية تتفاعل أيضاً مع المادة عن طريق تأثير كومبتون. الأشعة السينية لها أطوال موجية قصيرة ويمكنها المرور عبر الكثير من المواد مع القليل من الامتصاص، ويمكن استخدامها “للرؤية من خلال” الأجسام التي لها “سماكات” أقل من السماكات المكافئة لأمتار قليلة من الماء. أحد الاستخدامات المهمة هي التشخيص عبر التصوير بالأشعة السينية في الطب (تسمى العملية بالتصوير الشعاعي). الأشعة السينية مفيدة في فيزياء الطاقة العالية. في علم الفلك، الأقراص المتزايدة حول النجوم النيوترونية والثقوب السوداء تبعث أشعة سينية، والتي تمكننا من دراسة هذه الظواهر. الأشعة السينية تبعث أيضاً من هالات النجوم وتبعث بقوة من بعض أنواع السدم. ولكن مناظير الأشعة السينية يجب وضعها خارج الغلاف الجوي للأرض لرؤية الأشعة السينية الفلكية، لأن العمق الكبير للغلاف الجوي للأرض معتم للأشعة السينية (مع كثافة مساحية 1000 غرام لكل سم مربع)، مكافئة لسماكة 10 أمتار من الماء. هذا المقدار كافٍ لإيقاف تقريباً جميع الأشعة السينية الفلكية (وأيضاً أشعة غاما الفلكية – انطر في الأسفل).

**أشعة كاما**

بعد الأشعة السينية تأتي أشعة كاما، والتي تم اكتشافها بواسطة بول فيلارد عام 1900. هذا النوع من الفوتونات هو الذي يمتلك أعلى طاقة من بينها، حيث لا تمتلك حد أدنى لطولها الموجي. وهي ذات قيمة عالية في علم الفلك في دراسة الأجسام أو المناطق ذات الطاقة العالية، ولكن  كما في الأشعة السينية هذا يمكن أن يتم فقط بوجود المناظير خارج الغلاف الجوي للأرض. أشعة كاما تستخدم بشكل تجريبي بواسطة الفيزيائيين لقدرتها على الاختراق ويتم إنتاجها بواسطة عدد من النظائر المشعة. تستخدم هذه الأشعة في تشعع (التعرض للإشعاع) الطعام والبذور للتعقيم، وفي الطب أحياناً لعلاج السرطان بالأشعة. وبشكل أكثر شيوعاً، تستخدم أشعة كاما في التصوير التشخيصي في الطب النووي، على سبيل المثال التصوير المقطعي بالإصدار البوزيتروني (PET). يمكن قياس الطول الموجي لأشعة كاما بدقة عالية عن طريق تأثير ظاهرة كومبتون.