الجامعة	**الأنبار**
الكلية	**التربية للعلوم الإنسانية**
القسم	**الجغرافيا**
اسم المادة باللغة العربية	**الاستشعار عن بُعد**
اسم المادة باللغة الانكليزية	**Remote Sensing**
اسم المحاضر	**أ.م.د. علي خليل خلف الجابري**
عنوان المحاضرة باللغة العربية	**مقدمة في الاستشعار عن بُعد**
عنوان المحاضرة باللغة الإنكليزية	**Introduction to Remote Sensing**
رقم المحاضرة	**5**

ثانياً: النظرية الكمية أو الجسيمات Particle Theory:

تعرف الأشعة الكهرومغناطيسية حسب نظرية الكمية أو الجسيمات، هي جسيمات صغيرة مستقلة، تسمى: الفوتونات Photons أو الكوانتات Quanta تفاعل مع المادة. يمكن التعبير عن خصائص الطاقة الكهرومغناطيسية بحسب النظرية الكمية بالمعادلة الآتية:

طاقة الفوتون مقدرة بالجول (Q) = ثابت بلانك (H) × تردد الموجة (F)

حيث أن:

ثابت بلانك = 6,626 × 10 – 34 جول/ الثانية.

يمكن أن توجد علاقة بين طول الموجة والفوتونات الإشعاع الكهرومغناطيسي، بحل المعادلتين أعلاه للحصول على معادلة جديدة هي:

$$\text{طاقة الفوتون مقدرة بالجول (Q)} = \frac{\text{ثابت بلانك (H)} \times \text{سرعة الضوء (C)}}{\text{طول الموجة (}\lambda\text{)}}$$

يتضح من المعادلة الأخيرة، أن طاقة الفوتون تتناسب عكسياً مع طول الموجة، أي أنه كلما أزداد طول الموجة قلت طاقة الفوتونات، وهذا يعني إن الموجات الطويلة أقل طاقة وأصعب في استشعارها من الموجات الأقصر التي تكون أكثر طاقة وأكثر إمكانية على استشعارها.

ولهذا الأمر أهمية خاصة في الاستشعار عن بُعد إذ إن الإشعاعات المنبعثة انبعاثاً طبيعياً والتي أطوال موجاتها كبيرة، مثل: الأشعة الميكروويف الصادرة عن الظواهر الطبيعية الأرضية يكون استشعارها أكثر صعوبة من الاستشعار في حال الظواهر التي تنبعث منها إشعاعات أطوال

موجاتها أقصر. وهذا يعني أن الإشعاعات الطويلة الموجات المنخفضة الطاقة والصادرة أو المنعكسة عن الظواهر الأرضية تتطلب أن تقوم منظومات الاستشعار بعمليات مسح كبيرة، ومتكررة في أوقات مختلفة لتستطيع هذه المنظومات كشف تلك الطاقة المنخفضة. وتُعد الشمس أهم مصدر للإشعاعات الكهرومغناطيسية اللازمة للاستشعار عن بعد. وإن جميع المواد عند درجة حرارة أعلى من الصفر المطلق (Zero K°) أو – 273 درجة مئوية (Cº) تصدر باستمرار إشعاعات كهرومغناطيسية، وعليه فإن الظواهر الأرضية هي مصادر إشعاعات ذات طاقات مختلفة وذات تركيبات طيفية مختلفة عن الشمس.

إن كل مادة درجة حرارتها فوق الصفر المطلق (كلفن = + 273 من درجة الحرارة المئوية) تبعث باستمرار إشعاعاً كهرومغناطيسياً. في حين تعتمد كمية الطاقة التي يشعها أي جسم على درجة حرارة سطح ذلك الجسم. إذ يُعبر عن هذه العلاقة بمعادلة ستيفان – بولتزمان Stephan – Boltzman الآتية:

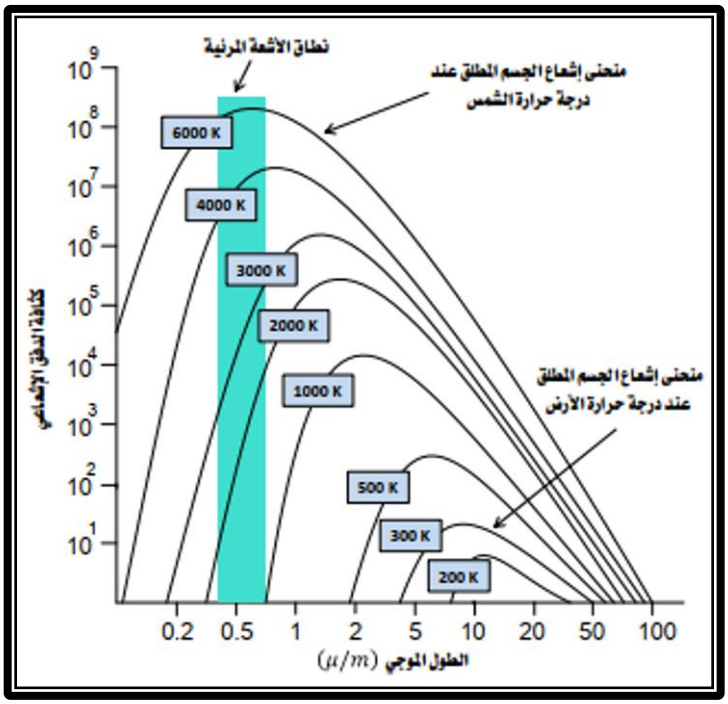
طاقة الإشعاع الكلي من سطح المادة مقدرة واط/ متر المربع = ثابت ستيفان – بولتزمان × درجة الحرارة المطلقة للمادة المشعة كلفن4

حيث أن:

ثابت ستيفان – بولتزمان = 5,6697 × 10 – 8 واط/ متر مربع كلفن Kelvin.

نستنتج من المعادلة أمرين هما: فالأول هو وجود علاقة طردية بين: طاقة الإشعاع الكلي، ودرجة الحرارة المطلقة، إذ تزداد كمية الطاقة الإشعاع الكلي بازدياد درجة الحرارة المطلقة. وعليه كلما ارتفعت درجة حرارة المادة المشعة ازدادت كمية الإشعاع الكلية التي يبعثها. كما إن ارتفاع درجة الحرارة تؤدي إلى إزاحة قمة إشعاع الجسم الأسود Black Body Radiation نحو الموجات الأقصر، كما يبينه الشكل (7). لذلك تكون العلاقة عكسية بين: طول الموجة، ودرجة الحرارة المطلقة للجسم الأسود. والأمر الثاني هو، إن هذه المعادلة تنطبق على الأجسام التي تسلك سلوك الجسم الأسود Black Body. فالجسم الأسود: هو جسم مثالياً يمتص كل الأشعة الساقطة عليه، ويبعثها مرة أخرى بالكامل. ولا تصل الأجسام الحقيقية إلى هذه الحالة المثالية، وإنما تقترب منها.

الشكل (7): منحنى توزيع الطاقة للجسم الأسود.



يتبين من الشكل (7)، بأن الطاقة المنبعثة من ظاهرة تتغير مع درجة الحرارة T4، أي تزداد الطاقة ازدياداً كبيراً بارتفاع درجة الحرارة. والعلاقة السابقة، هي لمصدر طاقة من سطح جسم أسود إذ إن الجسم الأسود هو مشع افتراضي يمتص كل الإشعاعات الواردة إليه ويعيد بثها كليةً. وإن خصائص الظواهر الحقيقية تقترب من خاصية الجسم الأسود المثالية. ولهذا يقال: إن الإشعاعات المنبعثة تتبع العلاقة $W = \sigma T4$، وكذلك يتغير التوزع الطيفي لهذه الإشعاعات بتغير درجة الحرارة.

كما يتبين من الشكل (7)، بأن منحنيات توزع الطاقة المنبعثة عن الأجسام السوداء عند درجات حرارة تراوح بين: 300 و6000 كلفن، وإن المساحة المحددة بالمنحنى تساوي استطاعة الإشعاع الكلي المنبعث W. وأنه كلما ارتفعت درجة الحرارة ازدادت استطاعة الإشعاع، وكلما ازدادت درجة الحرارة انزاحت ذرا منحنيات إشعاع الجسم الأسود نحو الموجات القصيرة. ويخضع طول الموجة التي يبلغ عندها منحنى إشعاع الجسم الأسود القيمة العظمى لقانون انزياح فين التالي:

طول الموجة عند الإشعاع الطيفي الأعظم λm = ثابت فين A / درجة الحرارة الجسم بالكلفن T

حيث أن:

ثابت فين A = 2898.

ويرى أن طول الموجة التي يكون عندها الإشعاع الطيفي أعظمياً يتغير عكسياً بتغير درجة الحرارة المطلقة للجسم الأسود. وتلاحظ هذه الظاهرة عندما يسخن جسم معدني فعندما تأخذ درجة الحرارة بالازدياد يبدأ بالإشعاع بموجات أطوالها متناقصة ويتغير لونه بالتتابع من: الأحمر الداكن إلى البرتقالي، فالأصفر، فالأبيض. وتماثل أشعة الشمس الإشعاعات المنبعثة عن الجسم الأسود الذي يسخن إلى درجات عالية من الحرارة، ذلك لأن الشمس مشع درجة حرارته 6000 كلفن، كما يبينه الشكل (7).

وإن متوسط درجة حرارة الأرض المحيطة (أي درجة حرارة سطح التربة أو الماء أو النبات) هو في حدود 300 كلفن ويعادل 27 درجة مئوية، وبتطبيق العلاقة: λm = A/ T، يكون طول موجة إشعاع الظواهر الأرضية λ مساوياً 9,7 ميكرومتر. ويرتبط هذا الإشعاع بحرارة الأرض ويسمى طاقة الأشعة تحت الحمراء الحرارية، وهي أشعة غير مرئية، ولا يمكن تصويرها، ولكن يمكن استشعارها بوسائل حرارية كمقاييس: الأشعة Radiometer أو الماسحات Scanners.

وتكون طاقة إشعاع الشمس في ذروتها عند طول الموجة 0,5 ميكرومتر، كما يبينه الشكل (7). وإن العين وأفلام التصوير تتحسس الطاقة ضمن هذا المجال وعند هذا الطول من الموجة، وعليه فوجود أشعة الشمس تمكن ملاحظة الظواهر والأجسام الأرضية بفضل انعكاس الأشعة عنها، في حين لا تلاحظ الطاقة الصادرة عن الظواهر الأرضية التي يزيد طول موجتها λ على 9,7 ميكرومتر، عند درجة الحرارة المحيطية 300 كلفن، إلا بأنظمة تحسس غير تصويرية (غير فوتوغرافية). وإن الحد الفاصل بين: الأشعة تحت الحمراء المنعكسة، والأشعة تحت الحمراء الحرارية، يقع تقريباً عند الموجة 3 ميكرومتر. فأطوال الموجات التي هي أقصر من 3 ميكرومتر تغلب فيها الأشعة تحت الحمراء المنعكسة. وأطوال الموجات التي هي أكبر من 3 ميكرومتر تغلب فيها الأشعة تحت الحمراء الحرارية.