الاتزان الحراري (إشعاع الجسم الأسود)

ينبعث إشعاع كهرومغناطيسي من كل الأجسام عند أية درجة حرارة يتواجد عندها ويسمى بالإشعاع الحراري. كمية هذا الإشعاع الحراري المنبعث من الجسم يزداد بزيادة درجة حرارة ويقل بنقصانها. كما أن الأجسام تتبادل الحرارة بينها وبين الوسط المحيط بها إذا اختلفت درجات الحرارة بينهما, فإذا كانت درجات الحرارة متساوية ففي هذه الحالة يكون الجسم في حالة اتزان حراري Thermal Equilibrium أي إن ما يمتصه الجسم من أشعة حرارية من الوسط المحيط به لكل وحدة زمن تساوي ما ينبعث منه.
إن توزيع الأشعة المنبعثة من الجسم عند درجة حرارة معينة كدالة في الطول الموجي كانت مسألة محيرة للعلماء حيث إنهم لم يجدوا تفسيراً علمياً للنماذج العملية التي توضح علاقة توزيع الأشعة مع الطول الموجي ولم تكن النظرية الكلاسيكية قادرة على إيجاد تفسير لها وذلك حتى مطلع القرن العشرين.
المنحني الموضح في الشكل التالي يوضح العلاقة لتوزيع شدة الأشعة المنبعثة من الجسم الأسود كدالة في الطول الموجي بوحدة النانومتر.. والمنطقة المحددة بالون الأزرق إلى اللون الأحمر توضح الجزء المرئي من الطيف الكهرومغناطيسي.

 **ما هو الجسم الأسود**
تعتمد الأشعة المنبعثة من الجسم بالإضافة إلى درجة حرارته على عدة عوامل مثل نوع مادة الجسم ولذلك تم تعريف جسم مثالي عبارة عن جسم اسود قادر على امتصاص كافة الأشعة الساقطة عليه وهذا الجسم عبارة عن صندوق مجوف له ثقب صغير فإذا سقط شعاع إلى داخل الصندوق من خلال الثقب فإن الشعاع ينعكس على جدران الصندوق الداخلي حتى يتم امتصاصه بالكامل.

 **توزيع الانبعاث الحراري الصادر عن الجسم الأسود**
بدراسة الانبعاث الحراري المنبعث من الجسم الأسود عند درجات حرارة مختلفة وجد عملياً أن هناك نتيجتان هما:
\* النتيجة الأولى: أن هناك توزيعاً معيناً لشدة الإشعاع المنبعث من الصندوق الأسود كدالة في الطول الموجي () أو طاقة الأشعة لأن الطاقة E ترتبط مع الطول الموجي من خلال العلاقة
E = hc /
كما إن الطاقة ترتبط مع التردد من خلال العلاقة التالية:
E = = h
حيث المتردد.

\* النتيجة الثانية: كلما زادت درجة الحرارة للجسم الأسود تكون الطاقة المنبعثة منه تحدث عن أطوال موجية اقل ويزداد مقدار الإشعاع بزيادة درجة الحرارة.
الشكل التالي يوضح رسم بياني للنتائج العملية لإشعاع الجسم الأسود عند درجات حرارة مختلفة

لا شك إن ظاهرة إشعاع الجسم الأسود نلاحظها في حياتنا اليومية فعند تسخين جسم ما مثل الحديد نلاحظ إن الجسم عندما ترتفع حرارته يبدأ في إشعاع لون قريب من اللون الأحمر وعندها تكون درجة حرارة الجسم تقارب 700 درجة مئوية ثم بزيادة الحرارة يتحول إلى اللون البرتقالي وهكذا حتى يصل إلى اللون الأبيض والذي يدل على أن الجسم وصل إلى درجة جرارة 1200 درجة مئوية. فمثلاً فتيلة المصباح الكهربي التي تعطي الضوء الأبيض فإن حرارتها ترتفع بمرور التيار الكهربي فيها إلى إن تصل درجة الحرارة إلى 1200 درجة مئوية.

**محاولات وتفسيرات العلماء للطيف المنبعث من الجسم الأسود**
**قانون ستيفان بولتزمان**
ينص قانون ستيفان بولتزمان على أن الطاقة المنبعثة من الجسم الأسود لكل وحدة مساحة تتناسب مع القوة الرابعة لدرجة جرارة الجسم.
E(T) T4
E(T) = T4
E(T) is the energy of the blackbody radiation per unit area
 is called Stefan constant = 5.67×108 Watt/m2K4
T is the temperature in Kelvin

وثابت ستيفان لا يعتمد على المادة أو طبيعتها أو شكلها وهو ثابت عام.
وهذا القانون أثبته العالم بولتزمان باستخدام قوانين الديناميكا الحرارية وسمي باسميهما..

**قانون وينز**
يتعلق قانون وينز بتردد الأشعة التي يكون عندها الإشعاع الحراري اكبر ما يمكن وقد وجد علمياً أن التردد يزداد بزيادة درجة الحرارة كما هو موضح في المنحنيات التالية:

ووضع العام وينز القانون التالي:
max = constant × T (Winz Displacement Law)

حيث إن قيمة الثابت تساوي 5.88×1010Hz/K
قام العالم وينز بوضع معادلة لتفسير توزيع كثافة الطاقة على الأطوال الموجية في حدود المدى من +d وهي على النحو التالي:

حيث أن c1, c2 ثوابت اختيارية لمطابقة المعادلة مع النتائج العملية ووجد أن هذه المعادلة تنطبق على إشعاع الجسم الأسود عن الترددات العالية فقط (الأصول الموجية القصيرة).

**نظرية رايلي جينز**
اعتبر العالمان رايلي وجينز أن الجسم الأسود مكون من عدد كبير من المتذبذبات المشحونة التي تتحرك حركة توافقية بسيطة simple harmonic motionوهذه المتذبذبات المشحونة تطلق أشعة كهرومغناطيسية أثناء حركتها بحيث تكون كثافة توزيع الطاقة المنبعثة من الجسم الأسود مساوية لكثافة الطاقة للمتذبذبات عند الاتزان الحراري. وقد وضع العالمان بناء على هذه الفرضية المعادلة التي تعطي عدد المتذبذبات لكل وحدة حجوم المسئولة عن كثافة الإشعاع عند طول موجي معين حيث أن:

وتكون طاقة هذا العدد من المتذبذبات هي المسئولة عن طول موجي في المنطقة من +d عند درجة حرارة T

حيث KT تعطي قيمة متوسط طاقة المتذبذبات وK هو ثابت بولتزمان والطرف الأيسر من المعادلة يعبر عن الطاقة لكل وحدة حجوم.
ولكن هذه الفرضية لرايلي وجينز فشلت في تفسير طيف الجسم الأسود.

نظرية بلانك لإشعاع الجسم الأسود
وضع بلانك نظريته لتفسير ظاهر إشعاع الجسم الأسود وقد كانت نظريته ناجحة وذلك لاعتماده على استخدام مبدأ تكميم الإشعاع. وقد وضع بلانك بعض الافتراضات على أساس النظرية الكمية للإشعاع وهي على النحو التالي:
(1) كمية الطاقة المنبعثة أو الممتصة من المتذبذب في الجسم الأسود تتناسب مع تردده أي أن
E
E = h
where h is the blank constant = 6.6×10-34J.s

**(2) تأخذ طاقة المتذبذب قيم محددة (مكممة) أي أن**
En = nh\*
Where n is the principle quantum number (n = 0, 1, 2, 3, …….)

فإذا كانت n=0 يكون المتذبذب في أدنى قيمة له في الطاقة ويسمى Ground Level أما إذا كانت n=1 فإن المتذبذب يكون في مستوى طاقة رقم (1) وهكذا ....
من هنا نلاحظ أن بلانك ادخل مبدأ التكميم على المتذبذبات في الجسم الأسود وأنها لها طاقات محددة وبقيم محددة بالعدد الكمي n ولا وجود لقيم متصلة للطاقة كما افترض العالمان رايلي جينز.
وعند امتصاص أشعة أو انبعاثها من الجسم الأسود فإن طاقتها تساوي فرق الطاقة بين مستويات الطاقة للمتذبذبات بحيث إن
E = h
ويحمل هذا الكم من الطاقة جسيم يسمى الفوتون Photon وتكون كمية حركته
P = h/
وعلى أساس هذه الفرضيات تمكن العالم بلانك من اشتقاق قانون بلانك لإشعاع الجسم الأسود الذي فسر النتائج العلمية