مقدمة

كانت الظواهر العلمية وحتى نهاية القرن الثامن عشر الميلادي يمكن شرحها شرحا وافيا باستخدام قوانين نيوتن للحركة والقوانين الفيزيائية .هذه المجموعة من القوانين اتفق على تسميتها قوانين الميكانيكا الكلاسيكية وقد نجحت هذه القوانين نجاحا تاما عند تطبيقها على الأجسام الكبيرة نسبيا (كرة - سيارة - طائرة..... الخ) وبنهاية القرن الثامن عشر تكاملت أسس وقوانين الديناميكا الحرارية وأمكن شرح الخواص العامة للمواد بصورة مرضية. وباكتشاف وجود الذرات والجزيئات ومكوناتها من بروتونات وإلكترونات وخلافه أصبح لزاما على العلماء دراسة ديناميكية الظواهر العلمية من مفهوم أخر جديد وهو مفهوم الجسيمات متناهية الصغر وتم تطبيق قوانين الميكانيكا الكلاسيكية لشرح بعض الظواهر العلمية المرتبطة بحركة الذرات والجزيئات وللأسف الشديد تراكمت الدلالات العلمية التي أكدت عجز الميكانيكا الكلاسيكية عن تعليل وشرح سلوك الأجسام المتناهية في الصغر.

وقد استلزم استكمال وضع نظرية جديدة قادرة على تعليل ووصف سلوك الجسيمات المتناهية في الصغر أكثر من ربع قرن من العمل المتواصل من علماء نابهين ابتداء من ماكس بلانك عام ١٩٠٠ م حتى أتم كل من هيزنبرج و شرودنجر كلا على حده من وضع اللمسات الأخيرة لهذه النظرية التي سميت بنظرية ميكانيك الكم . في ذلك الوقت كان السائد أن نظرية الكم تطبق فقط في حالة الأجسام متناهية الصغر مثل الذرات وما تحتها. ولكن هذا يجافي الصواب فإن نظرية ميكانيكا الكم هي الأساس الذي يمكن تطبيقه على الأجسام متناهية الصغر وأيضا على الأجسام الكبيرة وما الميكانيكا الكلاسيكية إلا حالة خاصة من النظرية العامة "ميكانيكا الكم".

كيمياء . تربية بنات . الانبار

ان "كيمياء الكم "هو ذلك الفرع من الكيمياء المهتم أساسا بتطبيق ميكانيكا الكم في شتى مجالات الكيمياء. والهدف الأساسي لكيمياء الكم هو الإجابة على السؤال الأساسي البادئ بعلامة الاستفهام لماذا ؟ لماذا يحدث هذا التغير الكيميائي .وأصبح اعتماد جميع فروع الكيمياء على ميكانيكا الكم أساسيا وضروريا لشرح وفهم نتائج التجارب العملية المختلفة وأيضا لاستشفاف ما إذا كان التغير الكيميائي ممكن حدوثه من عدمه .وباختصار أصبحت الكيمياء تتكلم لغة جديدة تماما تعتمد أساسا على مفردات هذه النظرية الجديدة ميكانيكا الكم.

قوانين نيوتن في الحركة :

1- القانون الأول: الجسم الساكن يبقى ساكن والجسم المتحرك يبقى متحرك بسرعة ثابتة وبأتجاه ثابت مالم تؤثر عليه قوة خارجية تغير حالته الحركية.
2- القانون الثاني: التغير في الحالة الحركية للجسم (التعجيل) يتناسب طرديا مع القوة الخارجية المؤثرة على الجسم ويمتكل اتجاهها (القوة = الكتلة X التعجيل) .
3- القانون الثالث: لكل فعل رد فعل يساويه في المقدار ويعاكسه في الاتجاه ويقعان على خط واحد.

عجز الميكانيك الكلاسيكي

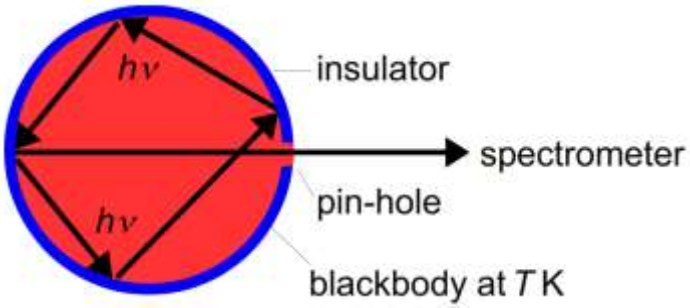
بنهاية القرن الثامن عشر تم إجراء مجموعة من التجارب المعملية التي إن أجمعت على شيء فإنما تجمع على الحقيقة المؤكدة بأن نتائجها في اختلاف تام مع استنتاجات الميكانيكا الكلاسيكية .والطريقة المثلى لشرح هذه النتائج العملية هو في افتراض خطأ القوانين الكلاسيكية .وعند متابعة هذا التفكير برزت إلى الوجود أول معالم نظرية الكم.

إشعاع الجسم الأسود Black - Body Radiation

يمكن تعريف" الجسم الأسود "على أنه ذلك الجسم الذي يمتص ويبعث جميع الإشعاعات الساقطة عليه من جميع الأطوال الموجية. وظاهرة انبعاث الإشعاعات من الأجسام الصلبة هي ظاهرة متداولة ومعروفة من قديم الزمان.

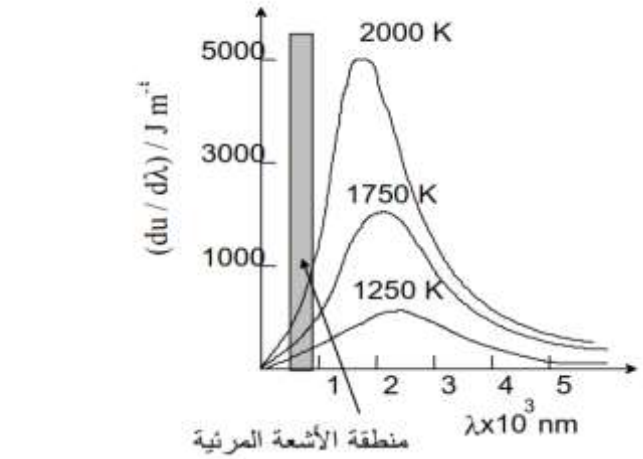
فعند تسخين قضيب من الحديد فإنه يشع ضوءا ربما لا نراه ولكن يمكن الإحساس به لو وضعت يدك بالقرب من هذا القضيب .هذه الإشعاعات الغير مرئية تقع في منطقة الضوء تحت الحمراء ولو استمر تسخين قضيب الحديد أكثر فإنه يبدأ في التوهج باللون الأحمر . وباستمرار التسخين يتوهج باللون الأبيض وهكذا .أي أن الأجسام الصلبة عند إعطائها طاقة حرارية تحول هذه الطاقة إلى ضوء ينبعث من الجسم ذاته ويتغير تردد هذا الضوء بتغير درجة الحرارة. وقد أمكن دراسة هذه الظاهرة بإحداث فجوة صماء في " الجسم الأسود" المراد دراسته وفي مثل هذه الحالة فإن الأشعة الكهرومغناطيسية تكون في حالة اتزان داخل هذه الفجوة وبإحداث ثقب رفيع خلال الفجوة أمكن دراسة توزيع كثافة الأشعة المنبعثة مقابل الطول الموجي لهذه الأشعة وبسبب كون الإشعاع الذي خُرج من الثقب هو ممتص ومنبعث في الداخل عدة مرات فأنه قد وصل إلى حالة التوازن الحراري مع الجدران كما في الشكل التالي.

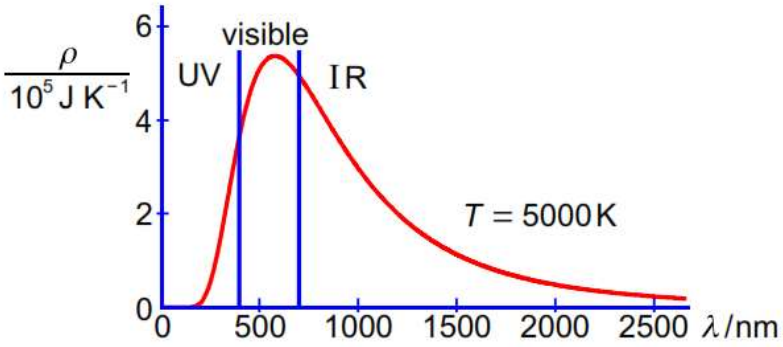
كيمياء تربية ومغناطيسية الإشعاع



شكل يوضح الجسم الأسود والانعكاسات المتعددة للأشعة المنبعثة داخله
مع توضيح الحزمة المنطلقة من فتحة ثقب الدبوس و المتجهة نحو الكاشف

ويوضح الشكل التالي هذه العلاقة عند درجات حرارة مختلفة.





العلاقة بين كثافة الطاقة والطول الموجي للضوء المنبعث من فجوة في الجسم الأسود عند درجات حرارة مختلفة.

كيمياء. تربية بنات. الانبار

توضح النتائج المبينة في الشكل الإزاحة الصغيرة - ولكن المستمرة - في الطول الموجي للقمة بزيادة درجة الحرارة. وهذه الإزاحة في الأطوال الموجية الأقصر يصحبها انتشار أوسع ليغطي المنحنى منطقة الضوء المرئي بالكامل . ويعني هذا تناسبا عكسيا بين الطول الموجي للقمه λ_{max} ودرجة الحرارة المطلقة T كما في المعادلة

$$\lambda_{max} \propto 1/T$$

من المهم معرفة توزيع طاقة الطيف على الأطوال الموجية اوترددات للأشعاع المنبعث من الجسم الساخن وقد وجدت حقيقتين تجريبيتين يمكن وصفهما بالاتي:

1- تصل كثافة الطاقة الاشعاعية الى نقطة نهاية عظمى عند طول موجي معين λ_{max} .

2- يزاح λ_{max} بأتجاه الطول الموجي الأقصر بزيادة درجة الحرارة.

وقد وضع العالم وين هذه العلاقة في صورة قانون للإزاحة يعرف باسمه Wien's displacement law.

$$T\ \lambda_{max} = \text{قيمة ثابتة}$$

وقد تم تعيين قيمة هذا الثابت عمليا، ووجد أنه يساوي 2.9×10^{-3} m. k . أي ان الطول الموجي للقمة λ_{max} عند درجة الحرارة 1000 k يساوي تقريبا 2900 nm . أما الظاهرة الثانية فهي متعلقة بالطاقة الكلية المنبعثة من جميع الأطوال الموجية عند درجة حرارة معينة . ومن الطبيعي فإن الطاقة الكلية للموجات المنبعثة يجب أن تتناسب طرديا مع درجة الحرارة . وعلى ذلك فإن الطاقة الكلية تتبع قانون استيفان في وحدة المساحة كثافة الطاقة كالآتي:

$$w = \sigma T^4$$

حيث أن:

W تمثل كثافة الطاقة الأشعاعية لوحدة المساحة بوحدة watt. m^{-2}

T درجة الحرارة المطلقة بوحدة k

σ ثابت ستيفان بولتزمان Stefan-Boltzmann constant وقيمته 56.7 X 10^{-9} watt. m^{-2}. K^{-1} . حسب الميكانيك الكلاسيكي فان الضوء ينتقل في الفراغ بسرعة 2.9979 X 10^8 m. s^{-1}. حسب الطبيعة الموجية للضوء بتردد **ν** وطول موجي λ فأن : $c = \nu \lambda$ ومن منظور كلاسيكي وضع ريلي وجينز العلاقة بين كثافة الطاقة ρ والطول الموجي λ وثابت بولتزمان k_B Boltzmann's constant والذي قيمته $k_B = 1.3806 \times 10^{-23}$ J K^{-1} في صورة القانون:

$$\rho = \frac{8 \pi k_B T}{\lambda^4}$$

ومن هذه العلاقة يتضح أن كثافة الطاقة تقل باستمرار بزيادة الطول الموجي للاشعة المنبعثة وكما هو موضح بالشكل السابق. ولا ينطبق هذا السلوك مع المشاهدة العملية التي تمر فيها كثافة الطاقة بقمة عند طول موجي معين.

وللتغلب على هذه المفارقة اقترح ماكس بلانك ان الطاقة تمتص ولا تفقد بصفة مستمرة ولكن عملية الامتصاص والانبعاث هي عملية مكماة .وهذا الفرض الذي أطلق عليه " مبدأ الطاقة المكماة " أو مبدأ الكم Principle of Quantization of Energy و يعني إن الطاقة مكونة من وحدات كل وحدة قائمة بذاتها ومستقلة عن الوحدات الأخرى .وأطلق بلانك على الوحدة من الطاقة اسم" الكوانتم " Quantum او كمة وتتناسب هذه الوحدة طرديا مع تردد الضوء الممتص أو المنبعث أي : $E \alpha \nu$

$$E = h \nu$$

كيمياء تربية بنات الانبار

حيث h هو ثابت تناسب يسمى ثابت بلانك , وكمية الطاقة $h \nu$ هي وحدة الامتصاص او الانبعاث وتسمى كوانتم , فالجسم يستطيع ان يمتص وحدة واحدة من هذه الوحدات او اثنتان او ثلاثة (أي واحد كوانتم او اثنان ....) وتكون العلاقة $E = n h \nu$; n = 1, 2, 3, ... كما ان وحدة الطاقة " الكوانتم" لا يمكن تجزئتها. وافترض بلانك ان جزيئات الجسم الأسود تتصرف كأنها مهتزات Oscillators لها حالات محددة للاهتزاز كل حالة لها طاقة ثابتة ومعينة. وعند اثارة هذه المهتزات الى الحالات العليا يرفع درجة الحرارة فأنها تعود الى حالتها المستقرة مرة أخرى وتفقد الفرق في الطاقة في صورة موجات كهرومغناطيسية. وبأستخدام مبدأ بلانك وبعمليات حسابية مطولة امكن الوصول الى المعادلة الرياضية التالية المعبرة عن كثافة الطاقة

$$\rho = \frac{8\pi hc}{\lambda^5}\left(\frac{1}{exp\left(\frac{hc}{\lambda k_B T}\right) - 1}\right)$$

و يعبر الحد الثاني في هذه المعادلة (وهو غير موجود بمعادلة ريلي - جينز) عن اضمحلال الطاقة كلما قل الطول الموجي λ . حيث ان الحد $exp\left(\frac{hc}{\lambda k_B T}\right)$ يساوي الصفر عندما تكون $\frac{hc}{\lambda k_B T}$ كبيرة جدا وحيث ان جميع مكونات هذا الحد ثوابت فأنه يكون كبيرا جدا فقط عندما تكون λ صغيرة جدا . وبهذا تكون معادلة كثافة الطاقة تتطابق مع النتائج العملية بصورة مرضية تماما. حيث ان قيمة ثابت بلانك $6.62 \text{ X } 10^{-34} \text{ m}^2 \text{ kg/s}$.

ونخلص من هذا بأن تجارب إشعاع " الجسم الأسود " لم يكن ممكنا تعليلها في ظل قوانين الميكانيكا الكلاسيكية وقد قدم بلانك مبدآ جديدا في حينه يتعارض مع القواعد الكلاسيكية وهو مبدأ الطاقة المكماة principle of quantization of energy وينص على أن الطاقة تكتسب وتنبعث في صورة وحدات. كل وحدة قائمة بذاتها ومستقلة تماما عن الوحدات الأخرى. الوحدة من الطاقة تسمى Quantum وتساوي $h\nu$.

كيمياء. تربية بنات. الانبار