جامعة تكريت
كلية التربية للبنات
قسم الكيمياء

كيمياء الكم

المرحلة الرابعة

محاضرة

الإخفاقات في الفيزياء الكلاسيكية

م .د.اسيا اكبر توفيق
asya.akbar@tu.edu.iq

الإخفاقات في الفيزياء الكلاسيكية

مقدمة

كان الاعتقاد السائد عند بعض الفيزيائيين فى القرن التاسع عشر بأن التركيب النظري للفيزياء الكلاسيكية هي العلم الذي نما قبل 1900 ويتضمن ميكانيكا نيوتن الكلاسيكية ونظرية ماكسويل فى الكهربائية والمغناطيسية والأشعة الكهرومغناطيسية والديناميكا الحرارية ونظرية الحركية للغازات.

ثم بعد ذلك أصبح العلم متكاملاً وبمقدوره إعطاء التفسير عن الظواهر الملحوظة ولكن فى الربع الأخير من القرن السابق، ظهرت نتائج عملية لم تتمكن نظريات الفيزياء الكلاسيكية من تفسيرها.

وهذه النتائج العملية كانت تتعلق بظواهر ذرية وجزيئية وقد حدا هذا الأمر آنذاك الباحثين إلى صياغة نظرية جديدة بإمكانها إعطاء تفسير مقبول منسجم مع النتائج العملية. هذه النظرية تسمي بنظرية الكم Quantum theory

خفاقات الفيزياء الكلاسيكية

أخفقت الفيزياء الكلاسيكية فى تفسير المسائل المتعلقة بالظواهر الذرية والجزيئية وهي تتضمن :

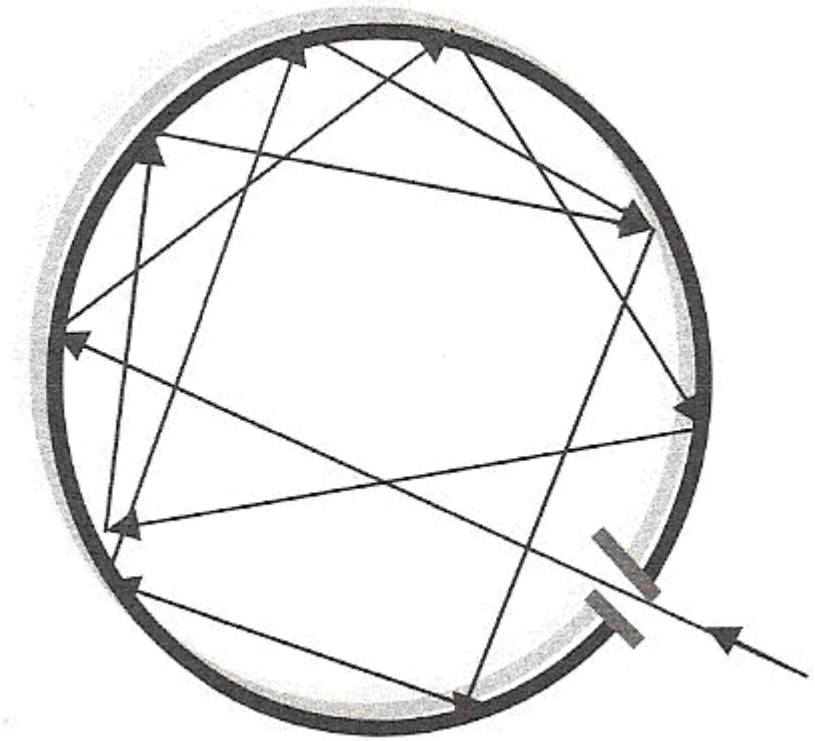
1- إشعاع الجسم الأسود

2- التأثير الكهروضوئي

3- الخطوط الطيفية الذرية

شعاع الجسم الأسود

إن الجسم الأسود هو الجسم أو المادة التى تمتص جميع الأشعة الكهرومغناطيسية الساقطة علية. ومن المعروف إن الجسم عندما يمتص كمية من الحرارة يبعث الجسم هذه الحرارة بعد إن يصل إلى حالة الاستقرار الحراري وهي الحالة عندما تكون درجة حرارة السطح ثابتة .وقد كانت دهشة العلماء عندما لاحظوا أن الجسم السود يمتص كل الألوان الساقطة عليه وبعد فترة يبعث هذا الإشعاع مرة أخرى .ويمكن تصور الجسم الأسود على انه تجويف به فتحة صغيرة يدخل منها الإشعاع ويبدأ الإشعاع بالانعكاسات المستمرة بداخله إلى أن يفقد كل طاقته بالداخل انظر الشكل



ي مطلع القرن العشرين نتيجة لظهور المصباح الكهربائي ظهرت حاجة لوضوع قانون يصف الطريقة التي بواسطتها يمكن أن نحصل على اكبر شدة ضوئية للمصباح مقابل اقل قدرة مستهلكة وفي البدء كانت المحاولات الأساسية لحل هذه المسألة مستندة على العلوم الاساسية التي كانت معروفة في ذلك الوقت وهي الميكانيك الكلاسيكي لنيوتن و الميكانيك الأحصائي والنظرية الكهرومغناطسية لماكسويل أضافة الى الثروديناميك وكانت بداية القوانين التجريبية هو قانون ستيفان بولتزمان الذي يربط بين درجة حرارة خويط المصباح مع شدة الطاقة الأشعاعية المنبعثة لوحدة المساحة وينص هذا القانون

حيث أن :

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

T درجة الحرارة المطلقة بوحدة k

σ ثابت ستيفان بولتزمان وقيمته $56.7 * 10^{-9}\ watt.m^{-2}.k^{-4}$

من الواضح ان هذا القانون يصف الطاقة الأشعاعية المنبعثة بصورة عامة بغض النظر التوزيع الطيفي لها (تبرز اهمية هذا الجانب من معرفة أن الكثير من الأطوال الموجية تعطي تأثير حراري فقط ولا تعطي طاقة ضوئية) لذلك من المهم معرفة توزيع طاقة الطيف على الأطوال الموجية اوترددات للأشعاع المنبعث من الجسم الساخن وقد وجدت حقيقتين تجريبتين

1 تصل كثافة الطاقة الاشعاعية الى نقطة نهاية عظمى عند طول موجي معين (λmax)

2-يزاح (λmax)بأتجاه الطول الموجي الأقصر بزيادة درجة الحرارة

كان Wienاول من حاول ان يضع قانون يتناول هذه الظاهرة ويسمى قانون Wien للازاحة

λ

$max\ .\ T = constant$ = 2.898 * 10-3 $m.k$

كان Wienاول من حاول ان يضع قانون يتناول هذه الظاهرة ويسمى قانون Wienللازاحة

قانون فين للازاحة يقول أن طول موجة العظمي لإشعاع الجسم الاسود تتناسب تناسبا عكسيا مع درجة حرارته

والقيمة التجريبية للثابت هي 2.9 x 10 mK اي انها ستساوي عند درجة 1000K:

$\lambda_{max} = 2900nm$

$$\lambda max \, . \, T = constant = 2.898 * 10\text{-}3 \; m. \, k$$

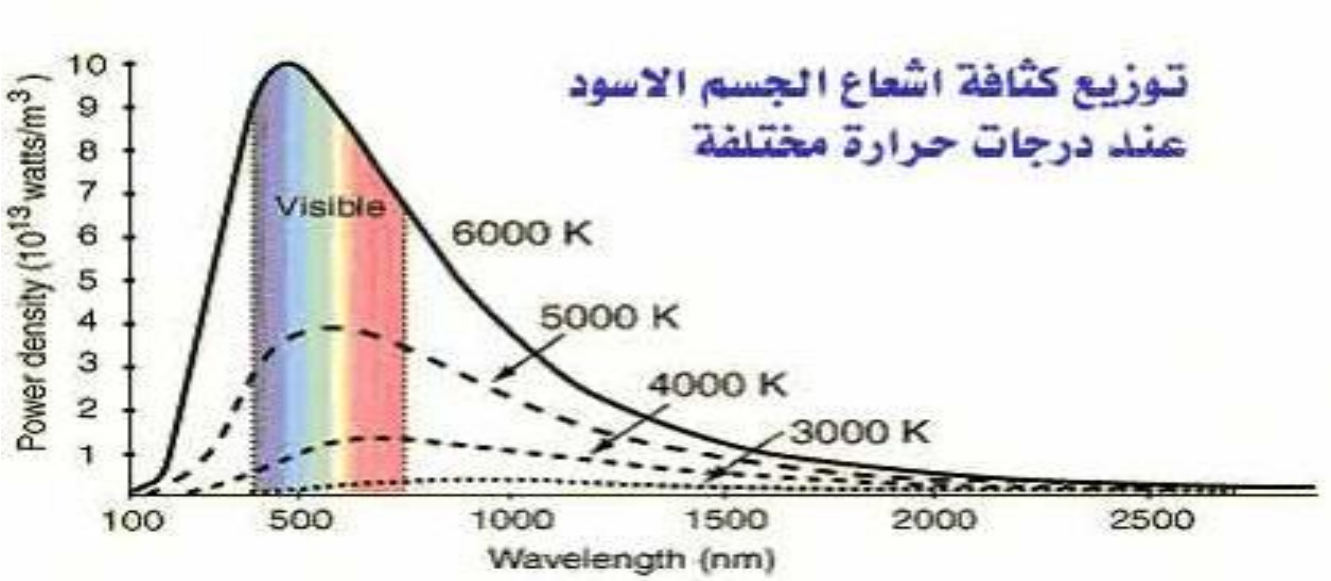
بعدها قام رايلي و جينز بوضع معادلة تدمج قانوني ستيفان بولتزمان مع قانون وين للازاحة أستنادا على مبدأ التوزيع المتساوي للطاقة و الذي ينص

$$P(\lambda) \, d\lambda = \frac{8\pi kT}{\lambda^4} \, d\lambda$$

اذ $P(\lambda)$ هي كثافة الطاقة الاشعاعية عند الطول الموجي λ, kثابت بولتزمان $(1.38 * 10^{-23} \; J.k^{-1})$

أن قانون التوزيع الطيفي السابق ينطبق مع النتيجة العملية لأشعاع الجسم الأسود ضمن الأطوال الموجية الطويلة لاكنه لايفسر حقيقة وجود نقطة نهاية عظمى في الطيف كذلك فانه لا يتطابق اطلاقا في منطقة الاطوال الموجية القصيرة

ويوضح الشكل التالي النتائج التجريبية لمنحنيات توزيع شدة الإشعاع في طيف الجسم الأسود عند درجات حرارة مختلفة من دون وجود تفسير لها



من و جهة نظرالفيزياء التقليدية ان شدة الإشعاع الجسم الاسود تزداد بنقصان الطول الموجي (أي بزيادة التردد) و هذا مخالف لواقع التجارب العملية لبلانك الذي وجد ان الجسم الاسود يمتص كل الإشعاعات ذات الأطوال الموجية المختلفة الساقطة عليه و يعيد إشعاعها بصورة مثاليه ، و رسم العلاقة بين شدة الإشعاع و الطول الموجي لكل إشعاع حيث توصل الى مايلي

- تزاد شدة الإشعاع بزيادة الطول الموجي الي حد معين.
*- بعد ذلك تقل شدة الإشعاع. أي أن شدة الإشعاع تقترب من الصفر عند الاطوال الموجية الكبيرة جدا والصغيرة جدا.
*- شدة الإشعاع مرتبطة بعدد الفوتونات و ليس تردد الإشعاع.

$$I(\nu,T)d\nu = \frac{2h\nu^3}{c^2}\frac{1}{e^{\frac{h\nu}{kT}}-1}d\nu$$

حيث

$I(\nu,T)d\nu$ الطاقة الصادرة من 1سم مربع من سطح الجسم الأسود في الثانية في وحدة الزاوية الصلبة بين التردد v و v+dv عند درجة حرارة T

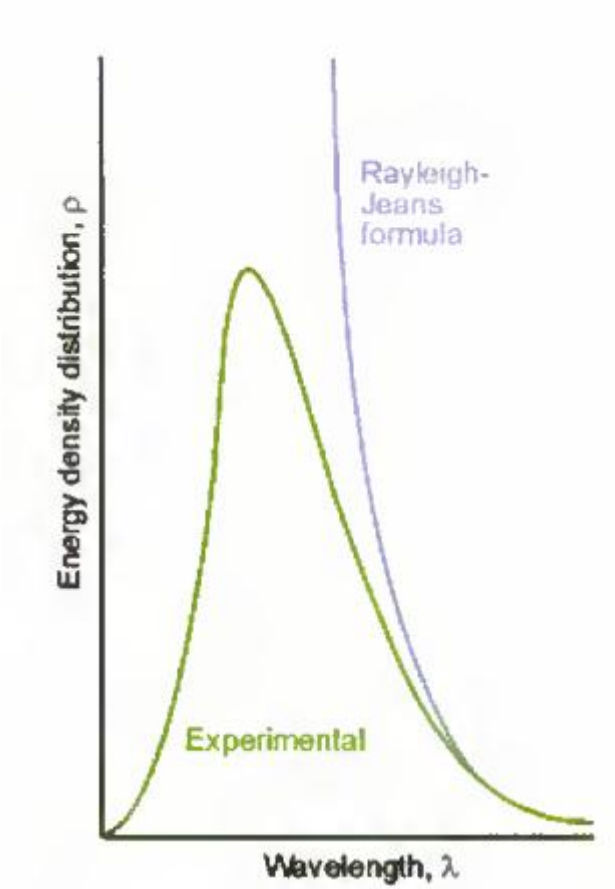
-

ثابت بولتزمان k

الضوء سرعة c

ثابت بلانك h

نلاحظ أن كل فقرة تردد بين v و v+dv لها قيمة لمقدار الطاقة الصادرة وتمثل نقطة على منحني بلانك.



يتوقع قانون Rayleigh-Jeans

كثافة طاقة لا نهائية عند أطوال موجـــة قـــصيرة.

يسمى هذا التوقع بظاهرة كارثة فوق البنفسجي.

** أن المحاولات النظرية لاستنباط هذا السلوك ثانية كانت من قبل ألفين عام 1896 ورايلي عام 1900 ولم يحالفهما النجاح. حيث تمكن قين من اشتقاق معادلة ملائمة للنتائج عند الأطوال الموجبة القصيرة فى حين تمكن رايلي من الحصول على معادلة مناسبة عند الأطوال الموجية الكبيرة.

** وإن عدم وجود علاقة رياضية تلائم جميع الأطوال دفعت ماكس بلانك وذلك عام 1900 إلى اقتراح فرضية جديدة مفادها أن ذرات أو جزئيات الجسم الأسود يمكنها بعث أو امتصاص طاقة كهرومغناطيسية ذات تردد υ بمقادير معينة أو كميات والمقدار هنا هو uh سمي بثابت بلانك فقط.
** فى حين وفقاً للفيزياء الكلاسيكية يفقد أو يكتسب النظام أية مقدار من الطاقة دون تحديد.

** وإذا رمزنا ΔE لتغير الطاقي فى ذرة الجسم الأسود نتيجة لانبعاث أشعة كهرومغناطيسية ذات التردد υ
عندئذ يكون ΔE = uh
Or
$E = h.\ C/\lambda$

وتسمى ΔE أيضا بطاقة الكم energy of quantum
اما ثابت بلانك h فيساوي 6.626 $x10^{-34}$ جول.ثانية،
حيث أن Eطاقة الأشعاع, hثابت بلانك (6.63*10-34 J.sec), Cسرعة الضوء),(3*1108-m.sec
vتردد الاشعاع, λالطول الموجي
وباستخدام هذه الفرضية – فرضية بلانك – استطاع وضع تعبير رياضي للتوزيع الطاقي فى الجسم الأسود

وهذا ًدل ضمنا إن المذبذبات ذات الأطوال الموجًية القصًيرة جدا (المتطرفة) أي ذات الترددات ا لعالًية ستعود للضوء الفوق البنفسجًي والـى X-rayوحتى γ-rayوهذه تكون مثارة بشكل متطرف حتى و إن كانت بدرجة حرارة الغرفة.
وطبقا للفًيزًياء التقلًيدًية فأن الأجسام ًيجب أن تتوهج فًي الظلام، وفً الحقًيقية لا ًويجد ظلام. إن هذه النتًيجة المهمة تدعى الفاجعة الفوق البنفسجًة، ولكن حسابها لا ًيمكن تجنبه إذا ما استخدمنا المًكيانيًك التقلًيدي

*** درس ماكس بلانك هذه المشكلة من وجهة نظر ثرموديناميكية وهو كان ضليع في هذا المجال وقد وجد انه بالإمكان حساب مشاهداته التجريبية عند فرض تلك الطاقة على إنها طاقة مكممة (quantized). وهذا ما احتاجه ليفرض إن طاقة الإشعاع للمذبذب للتردد المعطى تكون محددة بقيم معينة ولا يمكن أن تتغير بشكل عشوائي. وعلى وجه الحدود افترض في حالة المهتز بتردد (ν) تكون قيم طاقاته المسموحة جميعها مضاعفات متكاملة لـ ($h\nu$) حيث ان (h) هو ثابت ويدعى ألان بثابت بلانك والقيمة الحديثة لثابت بلانك هي (6.626×10^{-34} Js)**

وبما ان تردد المتذبذب (ν) بأمكانها اخذ القيم ($0, h\nu, 2h\nu, \ldots$)

وهذا ٌدل ضمنا إن المذبذبات ذات الأطوال الموجُية القصٌيرة جدا (المتطرفة) أي ذات الترددات ا لعالٌية ستعود للضوء الفوق البنفسجًي والـى X-rayوحتى γ-ray وهذه تكون مثارة بشكل متطرف حتى و إن كانت بدرجة حرارة الغرفة.
وطبقا للفُيزٌياء التقلٌيدٌية فأن الأجسام ٌيجب أن تتوهج فًي الظلام، وفً الحقٌُيقية لا ٌويجد ظلام. إن هذه النتٌُيجة المهمة تدعى الفاجعة الفوق البنفسجٌُة، ولكن حسابها لا ٌيمكن تجنبه إذا ما استخدمنا المٌُكيانيٌُك التقلٌُيدي

*** درس ماكس بلانك هذه المشكلة من وجهة نظر ثرموديناميكية وهو كان ضليع في هذا المجال وقد وجد انه بالإمكان حساب مشاهداته التجريبية عند فرض تلك الطاقة على إنها طاقة مكممة (quantized). وهذا ما احتاجه ليفرض إن طاقة الإشعاع للمذبذب للتردد المعطى تكون محددة بقيم معينة ولا يمكن أن تتغير بشكل عشوائي. وعلى وجه الحدود افترض في حالة المهتز بتردد (ν) تكون قيم طاقاته المسموحة جميعها مضاعفات متكاملة لـ ($h\nu$) حيث ان (h) هو ثابت ويدعى ألان بثابت بلانك والقيمة الحديثة لثابت بلانك هي (6.626×10^{-34} Js)**

وبما ان تردد المتذبذب (ν) بأمكانها اخذ القيم (0, $h\nu$, 2 $h\nu$,.....)