جامعة الانبار
كلية التربية الأساسية / حديثة
قسم العلوم العامة / فرع الفيزياء

اسم التدريسي: م.م. عبدالرحمن ظافر صباح

المرحلة الدراسية: الثالثة

الفصل الدراسي: الاول

اسم المادة باللغة العربية: ميكانيك الكم

اسم المادة باللغة الإنكليزية: Quantum Mechanics

اسم المحاضرة باللغة العربية: ظهور ميكانيكا الكم ونهاية ذرة بور

اسم المحاضرة باللغة الإنكليزية:

The emergence of quantum mechanics and the end of the Bohr atom

1-8- ظهور ميكانيكا الكم ونهاية ذرة بور:

ان كل ما تكلمنا عنه حتى هذه اللحظة يسمى نظرية الكم القديمة فاذا ما هو شكلها الحديث؟ لقد أدى اكتشاف الموجات المصاحبة للإلكترونات الى امران في غاية الأهمية ، ولذلك كان لابد من وصف رياضي يتيح للإلكترون الانتقال من مدار الى اخر ويشع فائض طاقته على شكل فوتون ضوئي .عندما ادخل اينشتاين فكرة ان الضوء يمتلك جسيمات وضح كيف ان الموجات الضوئية هي من يحدد كيفية انتقال الفوتون من مكان الى اخر . الان وبنفس الطريقة يجب ان تحدد موجات المادة كيفية انتقال الالكترون من مدار الى اخر داخل الذرة. لا يمكن وصف ذلك بالميكانيكا الكلاسيكية للموجات بل لابد من معادلات أخرى تنسجم مع أفكار الكم الجديدة.

تم ذلك في عام 1926 عندما نشر العالم النمساوي ارفن شرودنكر Schrodinger نظريته الخاصة والتي تحدد كيفية انتشار أمواج المادة داخل الذرة ، لقد صاغ نظريته على شكل معادلته الشهيرة جدا عند الفيزيائيين وتسمى معادلة شرودنكر Schrodinger Equation وهذا هو اول الامران الهامين.

كانت الفيزياء الكلاسيكية تفترض ان الجسيم المادي يمكن تمثيله على شكل نقطة وبالتالي يمكن توصيف موقع هذا الجسيم وكمية حركته في أي لحظة بواسطة ثلاث احداثيات مع ثلاث مركبات للسرعة ، ويتم كل ذلك بدقة . لكن هذا الوضع انقلب راساً على عقب بعد اكتشاف الموجات المصاحبة للإلكترون. فإمكانية تمثيل الجسيم المادي على شكل موجات في المستوى الذري يفرض بعض القيود لتحديد بعض خواص

الجسيم في وقت واحد كالموقع وكمية الحركة ، والتي كان العالم هايزنبيرغ (Heisenberg) اول من فطن الى هذه الظاهرة وصاغها في مبدأ مشهور هو مبدأ اللادقة (Uncertainty Principle) وهذا ثان الامران الهامين.

كان لاكتشاف هذان الامران بداية لحقبة جديدة في الفيزياء الكمية وقد سميت تلك الفترة وما بعدها بالاسم المرعب ميكانيكا الكم (Quantum Mechanics).

وقد اكتشفت ميكانيكا الكم مرتان ، الأولى كانت بواسطة هايزنبيرغ في العام 1925 وقد صاغ نظريته على شكل مصفوفات والمرة الثانية كانت بواسطة شرودنكر في عام 1926 وقد صاغ نظريته على شكل موجات ميكانيكية وفيما بعد برهن شرودنكر ان هاتان الصورتان متكافئتان رياضياً وتعطيان نفس النتائج النهائية لكن طريقة الموجات الميكانيكية اسهل رياضياً من المصفوفات.

1-9- مبدأ اللادقة لهايزنبرك (Heisenberg Uncertainty Principle) :

توصل العالم هايزنبرك 1927 الى مبدأ اللادقة لقياس الزخم و الموقع في أن واحد لنتصور أننا أجرينا تجربة لقياس زخم وموقع جسيم ما بصورة أنية ولنتصور أن هذا الجسيم هو الالكترون على سبيل المثال ، لكي تتمكن من قياس الموقع بدقة نحتاج الى مجهر ويتطلب ذلك تسليط ضوء او فوتونات التي تتشتت عند أصطدامها بالجسيم حيث ان مدى المسافة ΔX المتوقع ايجاد الالكترون فيها تتناسب مع الطول الموجي للفوتون المستخدم في تحديد موقع الالكترون، ولكن كلما استعملنا فوتون ذو طول موجي اقصر

لزيادة دقة القياس ازدادت طاقة الفوتون و بالتالي ازداد الزخم المنقول من هذا الفوتون الى الإلكترون المراد تحديد موقعه ΔP وهذا يعني زيادة سرعة الالكترون لذا فأن زخم الجسم سيخضع الى الشك (اللادقة) الذي قدره $\Delta P = h/ \Delta X$.

يرتبط عدم التعيين (اللاتحديد) في موقع الجسيم ΔX وكمية حركته (زخمه) (ΔP_x) بالقيم المتوقعة مباشرة ، ف وفقا لقياسات الخطأ المطلق في التجارب فأن الخطأ المرتكب في قياس ما يعطى وفقا للعلاقات التالية :

أن الشك في قياس A و B يحدد كما يلي :

$$\Delta A^2 = \langle A^2 \rangle - \langle A \rangle^2 \Rightarrow \Delta A = \sqrt{\langle A^2 \rangle - \langle A \rangle^2}$$
$$\Delta B^2 = \langle B^2 \rangle - \langle B \rangle^2 \Rightarrow \Delta B = \sqrt{\langle B^2 \rangle - \langle B \rangle^2}$$

عندئذ الشك في قياس المقدارين يحدد بالعلاقة التالية :

$$(\Delta A)(\Delta B) \geq \frac{1}{2}\left|\langle C \rangle\right|$$

ان الصيغة العامة لعلاقات اللاتحديد مثال ذلك علاقة اللادقة بين الموقع والزخم الخطي :

$$\Delta P . \Delta X \geq \frac{\hbar}{2} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (1)$$

حيث ان P الزخم X الموقع .

أي ان المبدأ ينص على انه لا يمكن تحديد موقع وزخم الجسم في الوقت نفسه . أي لايمكن تحديد موقع جسيم وزخمه بدقة متناهية بصورة أنية ففي حالة تحديد أحدهما وليكن الزخم $\Delta P_x = 0$ فأن التغير بالموقع يساوي $\Delta X=\infty$ كذلك يمكن أيجاد اللادقة لقياس الطاقة والزمن بنفس الطريقة :

$$\Delta E.\Delta t \geq \frac{\hbar}{2} \quad \ldots\ldots\ldots(2)$$

حيث $$\hbar = \frac{h}{2\pi} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(3)$$

وفي حالة كون $\Delta E =0$ فان $\Delta t = \infty$ أي انه عند تهيج النواة في ما لانهاية من الزمن فأن الطاقة تملك أقل قيمة والتي تعرف بالحالة المستقرة (stationary state) .

مثال / جسم كتلته $1\mu g$ وموقعه معروف بدقة $1\mu m$ احسب عدم الدقة في كمية الحركة او الزخم Δp ومن ثم احسب عدم الدقة في سرعته Δv ؟

الحل /

$$1\mu g = 1 \times 10^{-9} kg$$

$$1\mu m = 1 \times 10^{-6}\, m$$

$$\Delta p\, \Delta x \geq \frac{h}{4\pi} \Longrightarrow \Delta p \geq \frac{h}{4\pi\Delta x}$$

$$\Longrightarrow \Delta p \geq \frac{6.63 \times 10^{-34}\left(kg.\frac{m}{s}\right)}{4 \times 3.14 \times (1 \times 10^{-6} m)} = 5.3 \times 10^{-29} kg.\frac{m}{s}$$

$$\Delta p = m\Delta v \Longrightarrow \Delta v = \frac{\Delta p}{m} = \frac{5.3 \times 10^{-29}\left(kg.\frac{m}{s}\right)}{1 \times 10^{-9}(kg)}$$

$$= 5.3 \times 10^{-20}\, m/s$$

مثال /اذا كان زمن عمر الحالة المثارة لذرة الهيدروجين 10^{-8} sec احسب قيمة اللادقة في طاقته ؟

الحل /

$$\Delta E.\Delta t \geq \frac{h}{4\pi} \Longrightarrow \Delta E \geq \frac{6.63 \times 10^{-34}\left(kg.\frac{m}{sec}\right)}{4 \times 3.14 \times 10^{-8} sec} = 5 \times 10^{-27} J$$

$$= 3.125 \times 10^{-8} eV$$

H.W / بافتراض ان اللادقة في تعيين موقع جزيء الهيدروجين الذي كتلته 2×10^{-25}kg يقدر بحوالي (2×10^{-10} m) احسب عدم اللادقة في كمية الحركة (ΔP) وعدم اللادقة في سرعته (ΔV) ؟

10-1- مبدأ التقابل (Correspondence Principle)

ينص هذا المبدأ والذي أفترض من قبل بور Bohr ان نتائج فيزياء الكم تصبح متفقة مع نتائج الفيزياء الكلاسيكية في الغاية التي يمكن فيها اهمال ثابت بلانك.

اذا كانت المنظومة كبيره بما فيه الكفاية ولم تكن حاجتنا لدقة القياس كبيره فان الميكانيك الكلاسيكي يزودنا بتقريب جيد لحركة المنظومة هذا المبدأ يسمى ايضا بالغاية الكلاسيكية (classical limit) للميكانيك الكمي. وان حركة المتذبذب البسيط او الجسيم الحر في صندوق الجهد امثله للتحقق من صحة هذا المبدأ.