نظرية بور المطورة :-

رغم النجاح الذي حققته نظرية بور في حساب تردد الخطوط في طيف ذرة الهيدروجين والذرات شبيهة الهيدروجين إلا ان النظرية لاقت بعض الصعوبات وكان أولها تفسير ظاهرة التراكيب الدقيقة في الطيف الخطي للذرات شبيهة الهيدروجين فقد تبين عند استخدام أجهزة قياس الطيف التي لها مقدرة عالية على تحليل خطوط الطيف إن خطوط الطيف الذري الذي وضعت نظرية بور لتفسيرها ليست خطوطاً مفردة بل يتكون البعض منها من مجموعة من الخطوط المتقاربة كما لوحظ انقسام بعض الخطوط عند وضع الذرات في مجال مغناطيسي وتعرف هذه الظاهرة بأسم تأثير زيمان (Zeeman Effect) ليس هذا فقط بل ان هنالك ظواهر أخرى أدت معالجتها الى تطويرات أخرى في ذرة بور وهي تقع في مجال نظرية بور المطورة مثل :-

(1) التراكيب لدقيقة ونظرية زومرفيلد للمدارات الاهليليجية .

(2) تأثير زيمان .

تأثير برم الالكترون .

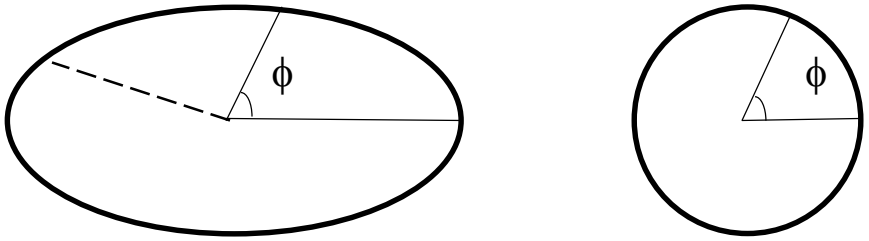
وسوف نتناول شرح كل واحدة من هذه الظواهر بالتفصيل:-

(1) التراكيب الدقيقة ونظرية زومرفلد (Sommerfeld) :-

فسر العالم زومرفلد التراكيب الدقيقة التي تظهر في الطيف باعتبار ان الالكترونات لا تدور فقط في مدارات دائرية كما هو متعارف عليه بل ان الالكترونات تدور أيضاً في مدارات بيضوية (إهليجية) (Elliptical) والفرق بين المدارين هو أن:-

- المدار الدائري:- عند دوران الالكترون في مدار دائري فأن الدائرة تمتاز بان نصف قطرها (r) ثابت لا يتغير و المتغير الوحيد هنا هو زاوية الدوران التي يرمز لها بالرمز فاي (ϕ).

- المدار البيضوي:- في هذه الحالة عند دوران الالكترون في مدار بيضوي فأن الشكل البيضوي يمتاز بأن نصف قطره متغير (r) وزاوية الدوران (ϕ) متغيرة أيضاً .



وبذلك تتحدد طاقة الالكترون أو زخم الالكترون الزاوي بعددي كم هما:-

1- عدد الكم الرئيسي (الأساسي) ويرمز له بالرمز (n) (Principal Quantum Number) .

2- عدد الكم السمتي ويرمز له بالرمز (k) (Azimuthal Quantum Number) .

وقد أثبت زومرفلد أن لكل قيمة من قيم n فأن k تأخذ قيماً صحيحة من واحد الى n . فمثلاً مستوى الطاقة الثالث (المدار الثالث) حيث n=3 فان هنالك ثلاث احتمالات لـk وهي:-

الاول:- الالكترون يدور في مدار دائري حيث n=3 k=3 .

الثاني:- الالكترون يدور في مدار اهليجي حيث n=3 k=2 .

الثالث:- الالكترون يدور في مدار اهليجي حيث n=3 k=1 .

ملاحظة مهمة:- لايمكن أن تأخذ k القيمة صفر لأن في هذه الحالة فأن حركة الالكترون تكون بخط مستقيم يمر بالنواة وهذا غير ممكن حيث ان أن الالكترون لايمكن أن يمر بالنواة.

ومن المهم أيضاً أن نعلم بأن النسبة $\frac{n}{k}$ تحدد نوع المدار أو بشكل عام نوع الشكل الهندسي حيث ان:- $\frac{n}{k} = \frac{\text{طول القطر الاعظم للشكل الاهليجي}}{\text{طول القطر الاصغر للشكل الاهليجي}}$ والدائرة هي حالة خاصة من حالات الشكل البيضوي (الاهليجي) عندما يتساوى فيه طول القطرين (n=k) .

استناداً الى ما تقدم يمكننا إذاً أن نتصور مستوى الطاقة الرئيسي في نظرية بور وقد انقسم الى مستويات فرعية متقاربة جداً في طاقتها مما يفسر ظاهرة التركيب الدقيق في الطيف الخطي لبعض الذرات. وفي النظريات الحديثة تم الاستعاضة عن عدد الكم السمتي k بعدد كم آخر أعطي الرمز *(l)* ويسمى بعدد الكم الثانوي ولكل قيمة من n فأن عدد الكم الثانوي سوف يأخذ القيم من صفر ، واحد ، اثنين ، ..... الى (n-1) .

(2) تأثير زيمان (Zeeman effect):-

واجهت نظرة بور صعوبة ثانية وهي حدوث انقسام آخر لخطوط الطيف الذر خاصةً عند وضع الذرة الغازية في مجال مغناطيسي وهذا هو ما يعرف بتأثير زيمان. ولتوضيح هذه الظاهرة لابد من استخدام عدد كم جديد ثالث هو عدد الكم المغناطيسي (Magnetic Quantum Number) يحدد مستوى المدار الذي يدور فيه الالكترون بالنسبة الى اتجاه المجال المغناطيسي الخارجي ويرمز له بالرمز m. وقد وجد إن لكل قيمة من (l) فان m تأخذ القيم العددية الصحيحة من $n=+l$ الى $n=-l$ بالاضافة الى الصفر أي ان مجموع عدد القيم سوف يكون مساوي الى $(2l+1)$.

(3) تأثير برم الالكترون :-

فسّر كل من شميدت واهلنبك في عام (1925) وجود خطوط مزدوجة في طيف الانبعاث لذرات العناصر القلوية (المدار الاخير حتوي الكترون منفرد فقط) بأن الالكترون إضافة الى حركته المدارية حول النواة فانه يتحرك حركة حول نفسه أي يبرم حول محوره وطبيعي فانه ينتج عن كل من هاتين الحركتين مجال مغناطيسي حيث يوجد احتمالين فقط فأما أن يعزز المجال المغناطيسي الناتج عن برم الالكترون المجال المغناطيسي الناتج عن حركته المدارية أو أن يضعفه تبعاً لبرم الالكترون ، ومن ثم فان مستوى طاقة الكترون يتحرك حركة مدارية فقط ينقسم الى مستويين عندما يبرم هذا الالكترون أثناء دورانه. وبذلك أمكن تفسير ظهور الخطوط المزدوجة في أطياف العناصر. ويمكن التعبير عن الزخم الزاوي الذي يصاحب برم الالكترون بالمقدار $\left(m_s \times \frac{h}{2\pi}\right)$ حيث ان (m_s) هو عدد كم البرم (Spin Quantum Number) ويمكن أن يأخذ إحدى القيمتين $\left(+\frac{1}{2}\right)$ أو $\left(-\frac{1}{2}\right)$.

رغم كل هذا فقد ظهر قصور نظرية بور عند تفسير أطياف الذرات الاعلى من الهيدروجين ابتداءاً من الهيليوم ، أي الذرات التي تحوي أكثر من ألكترون واحد مما حدى بالعلماء الى البحث عن نهج آخر يمكن بواسطته فهم وتفسير بنية الذرة.

القواعد الأساسية للميكانيك الموجية:-

وجد كل من دافيسون وجرمر في عام (1927) وتومسون في عام (1928) أنه عند سقوط حزمة من الالكترونات على محزز (Grating) مصنوع من النيكل أو الذهب فأن حزمة الالكترونات هذه تعاني حيوداً كما لو كانت حزمة ضوئية ، وهذا دليل على أن الالكترونات تمتلك إحدى الخواص الموجية وهي الحيود (Diffraction) . وبما ان الاشعة الكهرومغناطيسية تتكون من فوتونات (أي ان لها خواص جسيمية) فبذلك تكون كل من الالكترونات والاشعة الكهرومغناطيسية تمتلك صفات مزدوجة أي ان لها خواص موجة وجسيمية.

كان لويس دي برولي (1924) قد أشار الى ان للمادة خواص موجية معتمداً على العلاقة بن طاقة الفوتون وتردد الشعاع الضوئي:-

$$E = h \times \nu$$

ولما كان التردد هو متغير تتصف به الحركة الموجية في حين أنه يمكن التعبير عن طاقة نظام على أساس خواصه الجسيمية مثل الكتلة والسرعة ولما كانت:-

$$E = m \times C^2$$

فأن:-

$$h.\nu = m.C^2$$

$$\frac{h.\nu}{C} = m.C = p$$

حيث أن p زخم الالكترون ، ولما كان الطول الموجي يساوي $\lambda = \frac{C}{v}$ فأن الطول الموجي للفوتون:-

$$\lambda = \frac{h}{m.C} = \frac{h}{p}$$

من المعادلة الاخيرة فأن C هي سرعة الضوء وهي السرعة التي يتحرك بها الفوتون ، وقد أقترح دي برولي أن هذه العلاقة تنطبق أيضاً على جسم كتلته m يتحرك بسرعة v ، أي أن:-

$$\lambda = \frac{h}{m.\mathrm{v}} = \frac{h}{p}$$

وبذلك يمكن حساب طول موجة جسيمية متحركة بمعرفة كتلة الجسيم وسرعته ، وفيما يلي بعض الاطوال الموجية لبعض الاجسام المحتركة:-

- الأرض = $3.6\times10^{-61} cm$
- كرة التنس = $6.6\times10^{-3} cm$
- الالكترون = $1\times10^{-7} cm$

ويفسر تقارب طول الموجة الجسيمية للالكترون والمسافات التي تفصل بين الذرات في البلورات الفلزية نتائج الحيود التي حصل عليها جرمر ودافيسون وتومسون عند اسقاط حزمة من الالكترونات على بلورات النيكل والذهب.

بتطبيق المعادلة $\lambda = \frac{h}{m.\mathrm{v}}$ على الكترون في أي من المدارات الثابتة المنصوص عليها في نظرية بور يتبين امكانية وصفه بموجة واقفة وفي هذه الحالة لابد ان يكون محيط المدار يساوي مضاعف صحيح لطول الموجة أي أن:-

$$n.\lambda = 2\pi.r$$

بالتعويض عن طول الموجة بالمقدار $\frac{h}{m.\mathrm{v}}$ ، فتصبح المعادلة الاخيرة:-

$$\frac{n.h}{m.\mathrm{v}} = 2\pi.r$$

$$n.\mathrm{v}.r = \frac{n.h}{2\pi}$$

وبذلك نرى أن الفرضية الرابعة في نظرية بور تنبثق مباشرة من الطبيعة الموجية للالكترون وبذلك تنتفي جميع التراكيب الذرية المرتكزة على ايجاد وجه شبه بين الذرة والنظام الشمسي.

قاعدة هايزنبرغ في اللاتحديد (اللادقة) (Heisenberg's Uncertainty Principle) :-

تنص قاعدة هايزنبرغ (1927) على أنه ((ليس بالامكان تحديد مكان وزخم جسم بدقة فكلما أمكن قياس أحدهما بدقة زاد الشك في دقة الآخر)) فاذا رمزنا لمقدار الشك في قياس مكان الجسم بـ Δx والى مقدار الشك في قيمة الزخم بـ $\Delta m.\mathrm{v}$ فأن:-

$$\Delta x.\Delta m.\mathrm{v} \geq \frac{h}{4\pi}$$