افتراض دي برولي De Broglei Hypothesis

عقد دي برولي مقارنة بين الإلكترون والضوء. فكما أوضح إينشتين فأن الضوء له طبيعة مزدوجة Dual Nature وهي طبيعة موجية وطبيعة جسيميه. فالطبيعة الغالبة وهي الطبيعة الموجية Wave nature وتظهر في أغلب تصرفات الضوء من انكسار وانعكاس وتداخل وخلافه. اما الطبيعة الجسيمية Particle Nature وهي حالة خاصة وتظهر فقط في حالة امتصاص وانبعاث الضوء. أي إننا يجب أن نعامل الضوء في كل حالة معاملة مناسبة لطبيعته فنطبق قوانين الموجات عندما نتعامل مع ظواهر ضوئية عادية ونطبق قوانين الجسيمات عندما نتعامل مع امتصاص أو انبعاث الضوء.

ان الإلكترون ما هو إلا جسيم له كتلة وله سرعة يمكن تقييمها وكذلك شحنة سالبة أمكن تقييمها بدقة تامة. وطبيعة الجسيم هذه هي الغالبة للإلكترون الحر غير المقيد في حركته أما عندما يحصر الإلكترون في نطاق صغير مثل نطاق الذرة أو الجزيء ونتيجة للسرعة العالية التي يتحرك بها الإلكترون (تقارب سرعة الضوء) في هذا النطاق المحدد، فإن الإلكترون يتصرف وكأنه موجة. ويجب في هذه الحالة أن نطبق عليه قوانين الموجات وليست الجسيمات.

أي أن دي برولي أفترض طبيعة مزدوجة للإلكترون Dual Nature of the Electron مثلما أفترض أينشتين نفس الشيء للضوء.

ولقد عزز دي برولي افتراضاته باشتقاق معادلة رياضية تجمع بين الطبيعة الموجية والجسيمة للإلكترون. فمن علاقة أينشتين لتحويل الكتلة إلى طاقة فإن

$$E = m\,c^2$$

حيث c هي سرعة الضوء. وبتطبيق علاقة بلانك فأن

$$E = h\,\nu = h\,\frac{c}{\lambda}$$

كيمياء بتربية بنات . الانبار

وبمساواة المعادلتين

$$h\,\frac{c}{\lambda} = m\,c^2$$

$$\lambda = \frac{h}{m\,c} = \frac{h}{P}$$

حيث ان P هو زخم الالكترون , وفي حالة إلكترون يتحرك بسرعة v m/s تتقارب مع سرعة الضوء c فأن علاقة دي برولي تكون

$$\lambda = \frac{h}{m\,v}$$

وتعني هذه العلاقة ان أي جسم له كتلة m وسرعة v فأن الطول الموجي المصاحب لحركته هو λ . ويتضح من هذا المثال أن للأجسام الكبيرة Macroscopic مثل كرة التنس طول موجي مصاحب لحركتها متناه في الصغر. وبالتالي فإن الطبيعة الموجية لهذه الأجسام لا يمكن الإحساس بها أو التعرف عليها بالتجارب المعملية. أما الإلكترون فإن الطول الموجي المصاحب لحركته له مقدار لا يمكن تجاهله وبالتالي يمكن دراسة الخواص الموجية للإلكترون معمليًا. وحيث إن فرضية دي برولي هذه تعتبر تغيرا أساسيا وعميقا في فهم ومعاملة الإلكترون

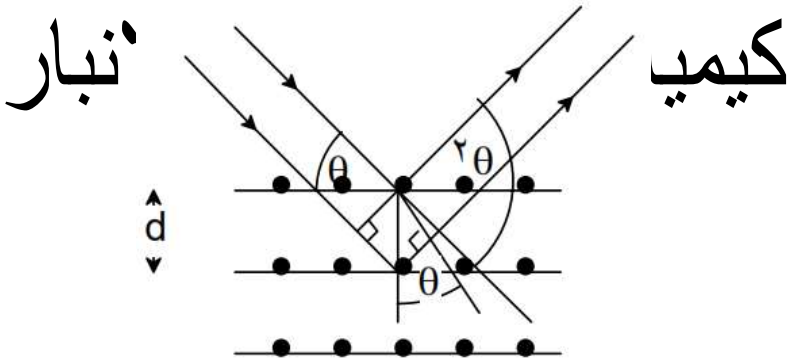
فإن العلماء تقبلوها بحذر شديد و بدءوا في إجراء تجارب معملية لدراسة مدى صحة هذه الفرضية.

حيود الإلكترونات Electron Diffraction

من المعروف أن الضوء إذا سقط على سطح بلورة فإنه ينعكس وتعتمد زاوية إنعاكسه على المسافة بين مستويات ترتيب الذرات في البلورة والطول الموجي للضوء الساقط. وقد تم دراسة انعكاس شعاع أحادي الطول الموجي Monochromatic من الإلكترونات من سطح بلورة النيكل وكما موضح بالشكل التالي ويظهر زاوية السقوط والانعكاس لشعاعين إلكترونين ساقطين على السطح الأول والثاني من أسطح البلورة. وقد تم دراسة طيف الانعكاس وثبت أنه متماثل تمامًا في تفاصيله الدقيقة مع طيف انعكاس أشعة X ولحساب الطول الموجي للإلكترونات المنعكسة استخدمت المعادلة :

$$n\,\lambda = 2\,d\sin\theta \qquad \text{where} \quad n = 1, 2, 3, \ldots.$$

حيث θ هي زاوية الانعكاس و d هي المسافة بين سطحين متتاليين في البلورة. واتضح أن الأطوال الموجية المعينة عمليًا متوافقة تمامًا مع تلك المحسوبة من علاقة دي برولي مما أعطى العلماء ثقة كبيرة في افتراضات دي برولي.

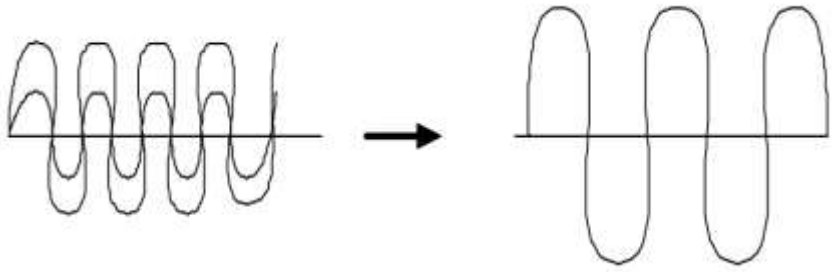


انعكاس شعاع من الإلكترونات من أسطح البلورات المعدنية.

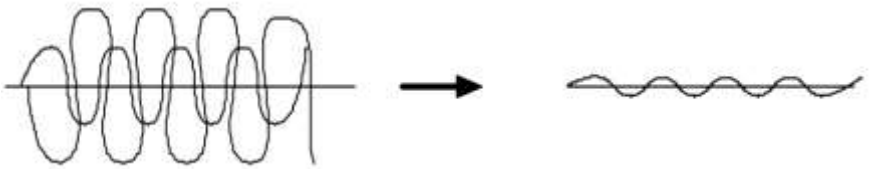
المفهوم التطبيقي لفرض دي برولي Physical Significance of De Broglei Hypothesis

عند تواجد إلكترون في ذرة ما فإنه يتصرف كموجة تنتشر في حيز ما حول نواة هذه الذرة. ويتم الانتشار على أبعاد من النواة (أنصاف أقطار) معينة ومحددة مسبقًا. وهذه الأبعاد تتحدد أساسًا من كون الموجة الإلكترونية تتصرف كموجة موقوفة. ولفهم هذه النقطة بصورة أوضح دعنا نراجع معًا بعض خصائص الموجات وبالذات خاصية التداخل. فمن المعلوم أنه لو وجدت موجتان في نفس الحيز فإنهما تتداخلان. فإذا كانت الموجتان المنتشرتان Propagating Waves المتداخلتان في نفس الطور In-Phase (أي قمة مع قمة وقاع مع

قاع) فإن المحصلة هي المجموع الجبري للموجتين أي عملية تقوية. أما إذا كانت عملية التداخل بين نفس الموجتين في خارج الطور Out–of Phase (أي قمة مع قاع وقاع مع قمة) فإن المحصلة هي الفرق بين الموجتين أي ضعف وهدم لهما. ويسمى النوع الأول من التداخل "التداخل البناء" Constructive Interference أما النوع الثاني فإنه يسمى " التداخل الهدام" Destructive Interference .



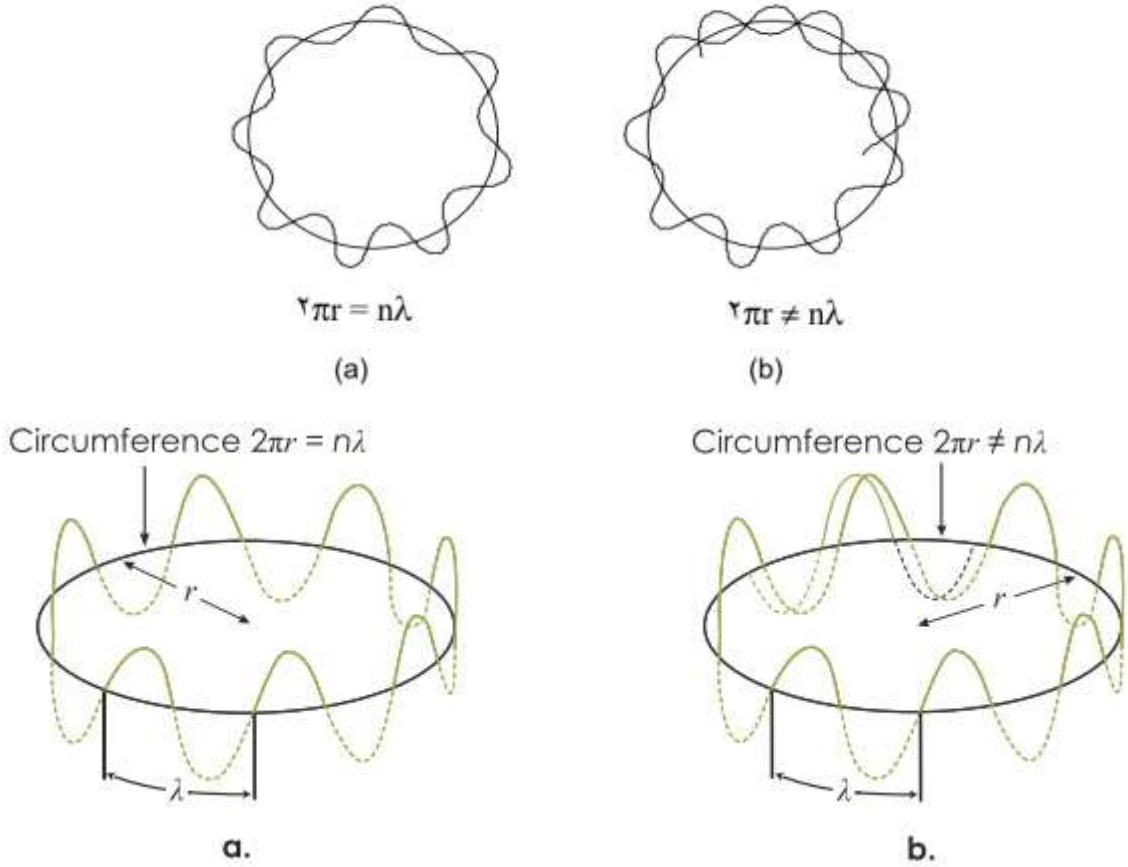
تداخل بناء بين موجتين.



تداخل هدام بين موجتين.

كيمياء تربية بنات الانبار

وننتقل الآن إلى نوع آخر من الموجات وهي الموجات الموقوفة Standing Waves وهي الموجات المحصورة داخل حيز محدد ولا يسمح لها بالانتشار الحر. وكما يظهر بالشكل موجة موقوفة بين النقطتين أ، ب . في مثل هذه الحالة فإن الموجة إذا ابتدأ انتشارها من النقطة أ فإنها تتحرك حتى تصل إلى النقطة ب عندها تنعكس على نفسها وبالتالي يتغير اتجاه عزم الحركة مع احتفاظ الموجة بجميع خصائصها. وعند انعكاسها على نفسها فإنها إما أن تنعكس في نفس الطور In Phase وفي هذه الحالة يتم تداخل بناء بين الموجة ونفسها Constructive Interference أو أن تنعكس في خارج الطور Out of Phase وفي هذه الحالة يتم تداخل هدام وتضعف الموجة أو تتلاشى Destructive Interference وتتوقف نوعية التداخل على طول المسافة بين النقطتين، وعلى الطول الموجي لهذه الموجة. فالشرط اللازم لحدوث التداخل البناء هو أن تكون المسافة بين النقطتين أ ، ب يساوي طول موجي أو مضاعفاته. أي أن المسافة بين أ ، ب لابد وأن تساوي $n\ \lambda$ حيث ان n هو عدد صحيح موجب .... $n = 1, 2, 3,$. اما إذا كانت المسافة بين أ ، ب تختلف عن هذه القيم، فإن الموجة تتداخل مع نفسها تداخلا هداما يصل إلى أقصى مداه عندما تكون المسافة بين أ ، ب تساوي $\frac{1}{2}\ \lambda$ أو مضاعفاتها وفي هذه الحالة تتلاشى الموجة تمامًا.



انتقام المدارات الموجة دي برولي لإلكترون ذرة الهيدروجين.

والآن إذا راجعنا مقولة دي برولي بأن الإلكترونات تتصرف كموجة موقوفة داخل الذرة فإن هذا يعني أن المدار المسموح بانتشار الإلكترون فيه يبدأ من نقطة أ وينتهي عند نفس هذه النقطة ويجب أن تكون المسافة (طول محيط المدار) تساوي انحدار صحيح من الطول الموجي أي ان $2\pi r = n\lambda$ ويضمن هذا الشرط إنه على بعد r من النواة فأن الموجة الإلكترونية ستشغل مدارا يسمح لها بالتداخل البناء. وبمعني آخر فإن هذا الشرط هو شرط انتقاء لأنصاف أقطار المدارات التي يسمح بتواجد الإلكترونات فيها. أما جميع الأبعاد الأخرى فإنها تمثل مدارات إذا حدث وتواجد الإلكترون فيها فإنه يتلاشى نتيجة لتداخله الهدام مع نفسه. وبالتعويض بقيمة λ من معادلة دي برولي فإن

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

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

وهو نفس شرط الكم لبوهر الذي سبق تقديمه أثناء استعراض نظرية بوهر. ونخلص من هذا الباب بركيزتين أساسيتين:

1- أن مبدأ الكم لبلانك هو مبدأ أساسي Fundamental في سلوك الطاقة والضوء والمادة وأنه لا يمكن فهم أو تفسير الظواهر الميكروسكوبية Microscopic إلا بتطبيق هذا المبدأ تطبيقًا كاملا.

2- الطبيعة المزدوجة للإلكترونات. فالإلكترون ما هو إلا جسيم له كتلة وسرعة وشحنة وتنطبق عليه جميع قوانين الجسيمات (الميكانيكا الكلاسيكية) أثناء حركته الحرة. أما إذا قيد في نطاق محدد مثل النطاق الذري أو الجزيئي فإنه يتصرف وكأنه موجة. ويجب في مثل هذه الحالات تطبيق قوانين الموجات على هذا الإلكترون. وأصبح واضحًا تمامًا أن أي نظرية تقدم شرح التركيب الذري أو الجزيئي لابد وأن ترتكز ارتكازًا أساسيًا وكاملا على هاتين الركيزتين وتتجنب تمامًا الأفكار الكلاسيكية.

كيمياء. تربية بنات. الانبار