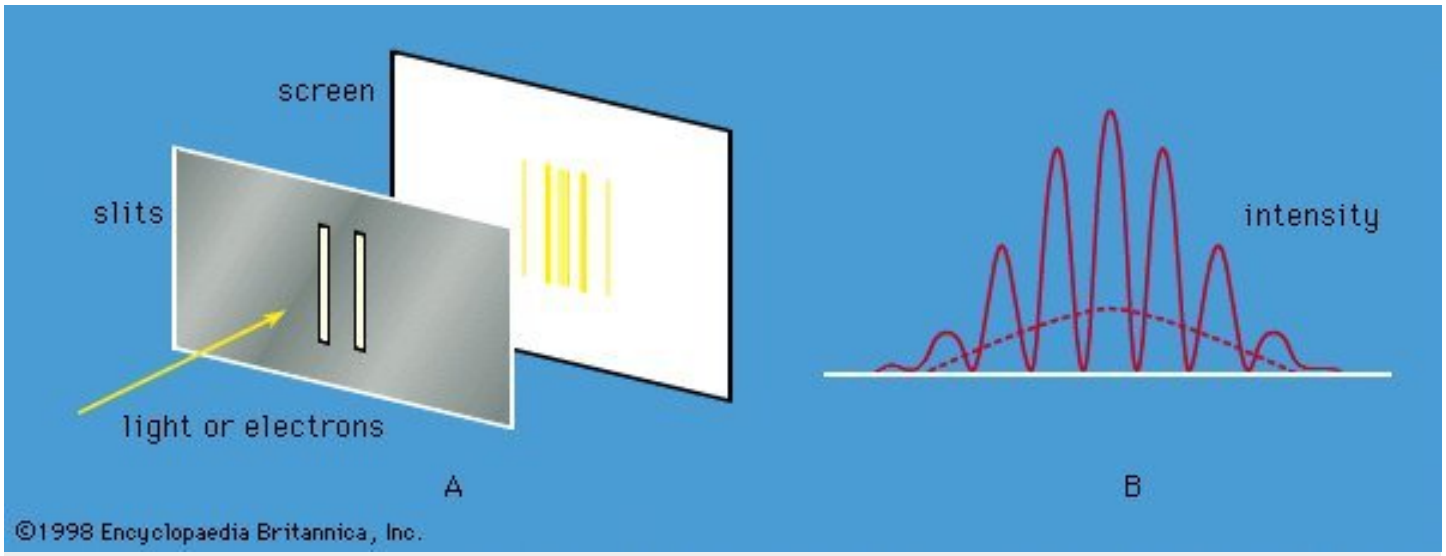
هل الإلكترون موجة أم جسيم؟

حقوق الصورة: Johannes Kalliauer/Wikimedia, CC-BY-SA 3.0

تمتلك تجربة يونغ young ، والتي تُمرر فيها حزمة متوازية من الضوء أحادي طول الموجة من خلال زوج متوازٍ وضيق من الشقوق، نظيراً إلكترونياً لها.

في تجربة يونغ الاصلية، تختلف شدة الضوء بالاتجاه بعد عبورها من الشقين. تتذبذب الشدة بسبب تداخل موجات الضوء الخارجة من الشقين ونتيجة اعتماد معدل التذبذب على الطول الموجي للضوء وتباعد الشقين.
ينتج التذبذب نمطاً من الأهداب المكونة من خطوط مضيئة ومظلمة متناوبة تتغير تبعاً لنمط حيود الضوء المار من كل شق. إذا حُجب أحد الشقين، ستتلاشى أهداب التداخل وسيُرصد فقط نمط الحيود الموضح كخط منكسر في الشكل التالي.



الشكل A: يُنتِج الضوء أحادي طول الموجة الساقط على زوج من الشقوق أهداب تداخل (خطوط مضيئة ومظلمة متناوبة) على لوحة عرض مقابلة. الشكل B: يظهر الاختلاف في شدة الضوء على الشاشة عندما يُفتح كلا الشقين. لا ينتج نمط تداخل باستخدام شق واحد ويظهر اختلاف الشدة كما هو موضح في الخط المنكسر. وكما في الشكل B، يعطي الخط البياني نفسه الاختلاف في شدة الإلكترونات في تجربة الإلكترونات النظيرة لترجمة الضوء. حقوق الصورة: Encyclopædia Britannica, Inc.

يمكن تكرار تجربة يونغ باستخدام إلكترونات لها نفس الزخم. تُستبدل الشاشة في التجربة الضوئية بشبكة متراصة من كواشف الإلكترونات. هناك عدة أجهزة لكشف الإلكترونات، لكن أكثرها شيوعاً هي أجهزة الكشف الومضية. عندما يمر الإلكترون عبر مادة وماضة، مثل يوديد الصوديوم، فإن المادة تُنتج ومضة ضوئية مما يعطي نبضة من فرق الجهد الكهربائي يمكن تضخيمها وتسجيلها.

يماثل نمط الإلكترونات المسجل من قبل كل كاشفٍ النمطَ المتوقعَ للأمواج ذات الطول الموجي المعطى بمعادلة دي بروي de Broglie. وبالتالي تقدم هذه التجربة دليلاً قاطعاً على السلوك الموجي للإلكترونات.

إذا كُررت التجربة باستخدام منبع إلكترونات ضعيف بحيث يعبر إلكترون واحد فقط من الشقين، سيقوم كاشف واحد بتسجيل وصول

الإلكترون إليه. يُعبر هذا عن خاصية التموضع الجيد للجسيمات.

في كل مرة تُكرر فيها التجربة، يمر إلكترون واحد عبر الشقين ليتم كشفه. يظهر الرسم البياني، الذي يظهر فيه موقع الكاشف على طول أحد المحاور وعدد الإلكترونات على المحور الآخر، تماماً كنمط التداخل المتذبذب الموضح في الشكل B. وبذلك تتناسب دالة الشدة في الشكل مع احتمال تحرك الإلكترون وفق اتجاه معين بعد عبوره للشقين. وبصرف النظر عن وحداتها، تُطابق الدالة تماماً ψ^2، حيث ψ هي حل معادلة شرودنجر التي لا تعتمد على الزمن الخاصة بهذه التجربة.

إذا حُجب أحد الشقين، سيتلاشى نمط الأهداب وسيحل محله نمط الحيود الخاص بالشق المنفرد. وبالتالي، يلزم وجود كلا الشقين لإظهار نمط أهداب التداخل. مع ذلك، إذا كان الإلكترون جسيماً، فمن المنطقي الافتراض بأنه مر عبر أحد الشقين فقط. يمكن تعديل معدات التجربة للتأكد من الشق الذي عبره الإلكترون عن طريق تثبيت حلقة من الأسلاك الرفيعة حول كل شق.

عندما يعبر الإلكترون من خلال إحدى الحلقتين، فإنه يولد إشارة كهربائية صغيرة تحدد الشق الذي مر عبره الإلكترون. مع ذلك، سيختفي نمط أهداب التداخل وسيعود نمط الحيود الخاص بالشق المنفرد للظهور مجدداً. بما أن كلا الشقين ضروري لظهور نمط التداخل وبما أنه من المستحيل معرفة أي شق سيعبر منه الإلكترون من دون تخريب ذلك النمط، فعلى المرء أن يستنتج مجبراً أن الإلكترون قد مر من كلا الشقين في نفس الوقت.

للتلخيص، توضح التجربة الخصائص الموجية والجسيمية للإلكترون. تتنبأ الخاصية الموجية باحتمالية جهة مرور الإلكترون قبل أن يُكشف. وبالمقابل، يُوضح الكشف عن الإلكترون في مكان محدد الخاصية الجسيمية التي يتصف بها. وبالتالي، فإن جواب سؤال ما إذا كان الإلكترون موجةً أم جسيماً هو أنه ليس أياً منهما. إنه جسم يبدي خصائص جسيمية وموجية تبعاً لنوع القياس المُجرى عليه. بعبارة أخرى، لايمكن للمرء أن يتحدث عن الخصائص الجوهرية للإلكترون، بل يجب أن يأخذ بالحسبان خصائص الإلكترون وخصائص أجهزة القياس سوياً.

- التاريخ: 2020-04-11
- التصنيف: فيزياء

#ميكانيك الكم #تجربة الشق المزدوج #ازدواجية الموجة جسيم #الإلكترونات

المصطلحات

- **معهد أبحاث الفضاء في روسيا، و هو تابع لأكاديمية العلوم الروسية. (IKI)**: معهد أبحاث الفضاء في روسيا، و هو تابع لأكاديمية العلوم الروسية.

المصادر

- britannica.com

المساهمون

- ترجمة

- أريج دياب
- مُراجعة
  - Azmi Salem
- تصميم
  - Azmi Salem
- صوت
  - إسراء مصطفى
- نشر
  - Azmi Salem