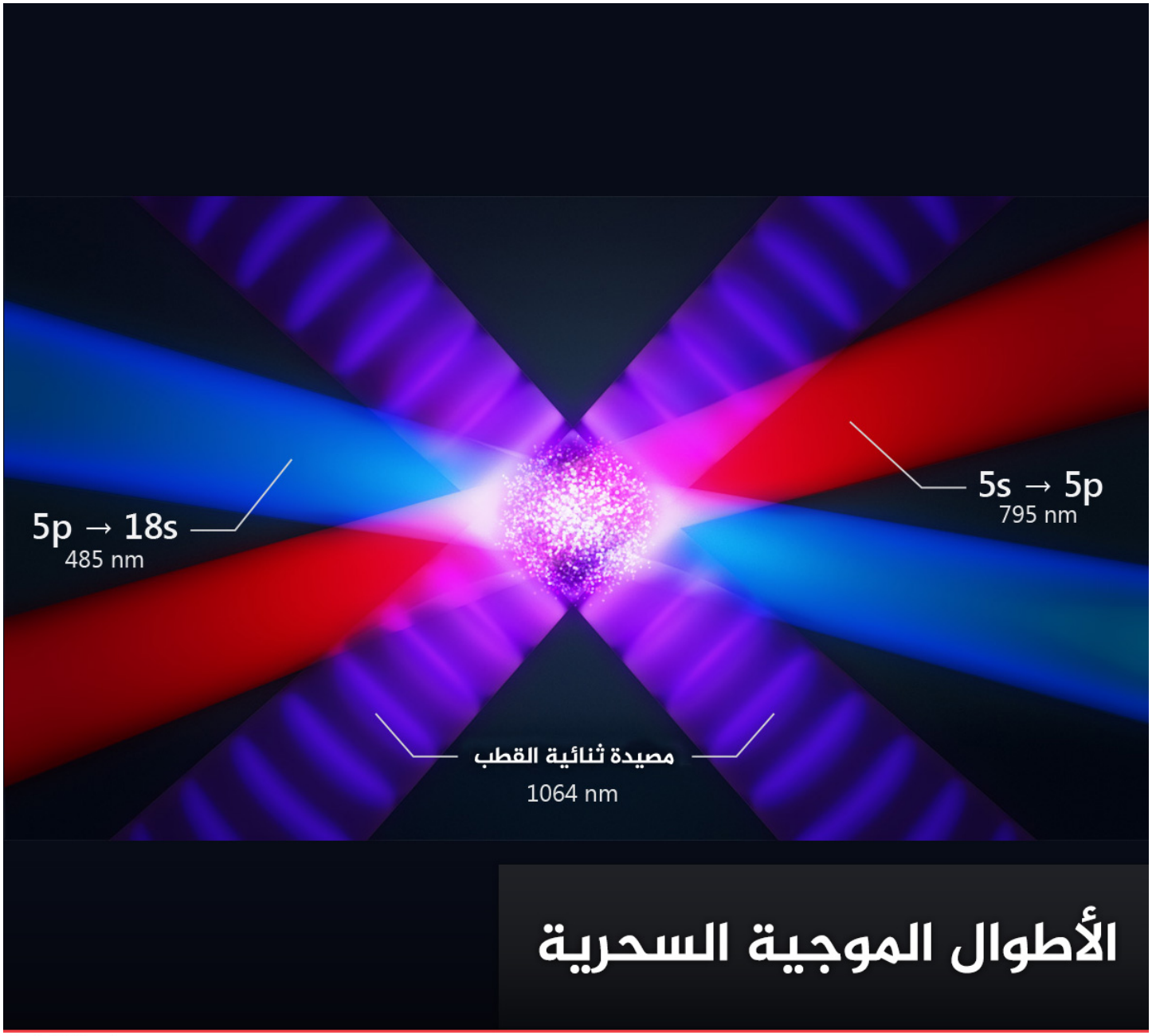
# الأطوال الموجية السحرية




**ضبط ذرّات ريدبيرغ لتُصبح مناسبة لتطبيقات المعلومات الكمومية**

قد تكون ذرات ريدربيرغ (**Rydberg atoms**)، التي تُوجد الكتروناتها الخارجية في حالة مثارة بشكلٍ كبير لكنّها غير مؤينة، الشيء الذي نبحث عنه لمعالجة المعلومات الكمومية (**quantum information**).

قد تصمد هذه الذرات ذات الحجم الاستثنائي لفترة من الزمن أطول تحت شروط التراكب الكمومي (**quantum superposition**) وهو أمر جيد لخلق البتّات الكمومية (**qubits**)، وتستطيع تلك الذرات التفاعل بقوة مع ذرات أخرى، مما يجعلها مفيدة في الحصول على نوع من البوابات المنطقية (**logic gates**) اللازمة لمعالجة المعلومات. ويتابع باحثون من **JQI** ومختبرات أخرى دراسة هذا المجال الواعد

للأبحاث.

تكمن إحدى مشاكل ذرات ريدبيرغ في صعوبة التعامل معها. وتنص إحدى الطرق على البحث عن أطوال موجية خاصة ـأطوال موجية سحرية **magic wavelengths**ـ يُمكن عندها احتجاز الذرات وإثارتها لتبلغ حالة ريدبيرغ دون التسبب باضطرابها. وتؤكد تجربة جديدة أُجريت في **JQI** الحسابات عالية الدقة التي تنبأت بوجود أطوال موجية سحرية خاصة.

**ذرات ريدبيرغ**

---

هذه الذرات المنتفخة والمسماة نسبةً إلى العالم السويدي جوهانز ريدبيرغ (**Johannes Rydberg**) مؤلفة من الكترون خارجي مثار داخل عناصر محددة. ومن السهل استخدام الذرّات القلوية للوصول إلى هذا الهدف لأنها شبيهة بالهيدروجين. ويعني ذلك، أن كل الالكترونات الداخلية يُمكنها التجمع معاً وبالتالي يُنظر إليها جنباً إلى جنب مع نوى الذرات على أنها قلبٌ متحد (**unified core**) يوجد حوله الكترون وحيد في الخارج، ويُشبه الأمر إلى حد ما كما لو ان الذرة أصبحت نسخة ثقيلة عن الهيدروحين.

تُصنف السويّات الطاقية الأساسية بالاعتماد على العدد الكمومي الأساسي المعروف بالعدد n. بالنسبة لذرات الروبيديوم ـالنوع المستخدم في هذه التجربةـ فإن الالكترون الخارجي يبدأ عند الحالة n=5. بعد ذلك، يُستخدم ضوء الليزر لنقل الالكترون إلى الحالة n=18. وعلى النقيض من الذرات الموجودة في الحالة الأرضية (**ground state**)، يصل امتداد الذرات المثارة في الحالة 18 إلى مسافات تبلغ 700 نانومتر.

تستطيع ذرات ريدبيرغ، التي تمتلك قيماً مرتفعة لـ n، أن توجد حتى عن مسافات فصل أكبر وتصل إلى بضعة ميكرونات. وللمقارنة، لا يتجاوز حجم ذرة روبيديوم غير مثارة 1 نانومتر.

في الواقع، إن الطاقة اللازمة لنقل الذرة إلى الحالة 18 مباشرة تتطلب وجود ليزر يُنتج ضوء فوق بنفسجي، ولذلك قرر الباحثون أنه من العملي تحفيز الالكترون الخارجي إلى تلك الحالة عبر مرحلتين باستخدام ليزرين تُضاف طاقتهما إلى الفرق الطاقي الإجمالي.

**المصيدة ثنائية القطب ومفعول ستارك**

---

في الدرجة الأولى، تكون ذرات الروبيديوم داخل مصيدة لأنها جُمعت معاً داخل سحابة، وتم تبريدها إلى درجات حرارة صغيرة جداً وتصل إلى أجزاء من المليون فوق الصفر المطلق، وبعد ذلك حافظت التجربة على مكان وجود تلك الذرات باستخدام نظام احتجاز ليزري خاص.

تستغل عملية الاحتجاز مفعول ستارك (**Stark effect**)، وهي ظاهرة يؤثر من خلالها الحقل الكهربائي القوي لأشعة الليزر المُحتجزة للذرات على السويات الطاقية للذرة. وباستخدام نوع خاص من الأشعة المشابهة للساعة الرملية، يُشكل الضوء بئر طاقة كامنة ستُحتجز الذرّات داخله.

بعد ذلك، ستتجمع الذرات على شكل رزم مرتبة في منتصف هذه المصيدة البصرية ثنائية القطب (**optical dipole trap**). لكن هناك مشكلة وهي أن مفعول ستارك، بالإضافة إلى تأثير الاحتجاز الناتج عن أشعة الليزر، يعتمد على قيمة n. بكلماتٍ أخرى، فإن أشعة الليزر التي قد تكون جيدة عند قيمة معينة n قد لا تصلح عند قيم أخرى.

لحسن الحظ، وبشكلٍ مشابه للأطوال الموجية الحقيقية، فإن الأطوال الموجية السحرية ستقوم باحتواء الذرات عند كلٍ من القيمة المنخفضة لـ n والمساوية لـ 5 وأيضاً عند الحالة المثارة والتي تأخذ فيها n القيمة 18. تتنبأ الحسابات النظرية بمكان وجود هذه الأطوال الموجية (مع وجود طول مفيد جداً عند القيمة 1064 نانومتر)، وأكّدت الاكتشافات التجريبية التنبؤات ونُشرت مؤخراً في المجلة العلمية **Physical Review A**.

تقول اليزابيث غولدشميدت **Elizabeth Goldschmidt**، المؤلف الرئيسي للورقة العلمية وطالبة أبحاث ما بعد الدكتوراه في **NRC**: "وضعنا حلاً وسطاً عبر استخدام الذرات عند حالة ريدبيرغ بقيمة منخفضة لـ n، وأخرى عند قيمة مرتفعة هي 18. نعمل على هذا النظام لأننا مهتمون بتناسب أطوال التفاعل التي نجدها مع الشبكة البلورية ولأن الطول الموجي السحري موجود في مكانٍ مناسب لليزر الذي نملكه: 1064 nm".

قالت غولدشميدت ذلك خلال الجولة التالية من التجارب التي أجراها تيري بورتو **Trey Porto** وستيف رولستون **Steve Rolston** والتي تهدف إلى الوصول إلى سويّات ريدبيرغ أعلى من 50.

ساعدت البروفسورة مارتينا سافرونوفا **Marianna Safronova** من جامعة ديلاوير والحاصلة على زمالة **JQI** في إنتاج تنبؤات الطول الموجي السحري. وتقول: "لتضع تنبؤاً، أنت بحاجة إلى معرفة الاستقطابية (**polarizability**) ـوهي الكمية التي سيُزيح وفقاً لها مفعول ستارك السوية الطاقيةـ الخاصة بالسوية عالية الإثارة n=18. إن إيجاد الأطوال الموجية السحرية الواقعة خلف السوية 18 بالاعتماد على نهجنا عالي الدقة سيكون أمراً صعباً. لكن قدّم التوافق الحاصل بين التنبؤ النظري والقياس التجريبي مؤشراً على قدرتنا على الوصول إلى نظرية عالية الدقة".

ويتابع عالم الفيزياء تيري بورتو **Trey Porto** من **JQI**: "الميزة الأكثر أهمية في ورقتنا العلمية هي قيام العلماء النظريين في دفع الحدود النظرية لحسابات الأطوال الموجية السحرية باتجاه ذرات ريدبيرغ المثارة، وبعد ذلك تأكيد تلك الحسابات تجريبياً".

- التاريخ: 2015-08-30
- التصنيف: فيزياء

#الفيزياء الكمومية #الأطوال الموجية #الالكترونات

---

المصطلحات

- **مفعول ستارك (Stark effect)**: ظاهرة يؤثر من خلالها الحقل الكهربائي القوي لأشعة الليزر المُحتجزة للذرات على السويات الطاقية للذرة. المصدر: JQI
- **البت الكمومي (الكيوبت) (qubit)**: هو أصغر وحدة معلومات كمية، وهو الذي يقابل البت في الحواسيب العادية، ويستعمل في حقل الحوسبة الكمية.

## المصادر

- jqi
- الورقة العلمية

## المساهمون

- ترجمة
  - همام بيطار
- تصميم
  - علي كاظم
- نشر
  - ريم المير أبو عجيب