تكنولوجيا جديدة للاحتفاظ بالبتات الكمومية لفترة أطول



حقوق الصورة: كريستوف هومان، مبادرة النُظم النانوية في ميونخ.

تمكن علماء من معهد ماكس بلانك للبصريات الكمية **The Max Planck Institute of Quantum Optics (MPQ)** من تحقيق أوقات تخزينٍ طويلة الأمد للبتات الكمومية (الكيوبتات **Qubits**) الفوتونية ما يؤدي إلى كسر الحد الأدنى لنقل البيانات في الشبكات الكمومية العالمية.

فيما يتعلق بتطوير آليات التخزين الكمومية لتحقيق الشبكات الكمومية العالمية فقد تمكن علماء في قسم الديناميكا الكمومية **Quantum Dynamics Division** بقيادة البروفيسور جيرهارد ريمب **Gerhard Rempe** في معهد ماكس بلانك للبصريات الكمية من تحقيق

طفرةٍ كبيرةٍ في هذا المجال فقد أظهروا القدرة على التخزين طويل الأمد للكيوبت الفوتوني على ذرةٍ منفردةٍ محتجزٍ في مرنانٍ ضوئي، وتتجاوز مدة تماسك الكيوبت المخزن مئة ملي ثانية، وبالتالي يتطابق ذلك مع متطلبات إنشاء شبكةٍ كموميةٍ عالميةٍ تُنقَل فيها الكيوبتات مباشرةً بين العقد الطرفية. يقول البروفيسور ريمب في هذا الشأن: "إن مدة التماسك التي حققناها أكبر بمرتبتين مقارنةً مع أطول مدةٍ محققة سابقاً".

يعتبر الضوء ناقلًا مثاليًا للمعلومات الكمومية المشفرة على الفوتونات المفردة، ولكن يبقى الانتقال عبر مسافاتٍ طويةٍ غير فعّالٍ وغير موثوقٍ بسبب الفقدان أثناء الانتقال. بالمقابل يمكن استخدام النقل الآني المباشر **Direct teleportation** بين عقدتين طرفيتين للشبكة لتجنب خسارة الكيوبتات المهمة، إذ يجب أولًا إنشاء تشابكٍ عن بعد بين العقد، ومن ثم تفعّل القياسات المناسبة للطرف المرسل التأثير الشبحي عن بعد **"spooky action at a distance"**، وكمثالٍ على ذلك انتقال الكيوبت آنياً إلى العقدة المستَقبِلة. عند وصول البت الكمومي إلى المستَقبِل يمكن أن يدور ويتلاشى. تُرسل المعلومات الضرورية من المُرسِل إلى المُستقبِل بالطريقة العادية (الطريقة التي تستند إلى الفيزياء الكلاسيكية وليس الكمومية) وهذا ما يتطلب فترةً زمنيةً يجب خلالها الحفاظ على الكيوبت عند المستَقبِل دون أن يتلاشى، وعلى اعتبار أن عقدتي الشبكة تكون عند أبعد مسافةٍ على الأرض فهذا يعني إن الفترة الزمنية ستكون 66 مل ثانية.

أظهرت مجموعة البروفيسور ريمب في عام 2011 تقنيةً ناجحةً لتخزين بتٍّ كمومي فوتوني على ذرةٍ واحد. حيث توضع الذرة داخل فجوةٍ ضوئيّةٍ مُشكّلةٍ بواسطة زوجٍ من المرايا عالية الجودة، وتُثبت الذرة في مكانها باستخدام أمواجٍ ضوئيّة دائمة، إذ يبدأ الفوتون الحامل للبت الكمومي والذي يكون في حالة التراكب المتماسك بالتفاعل مع الذرة المفردة حالما يصل إلى المرنان. تمتص الذرةُ الفوتون في نهاية المطاف وينتقل البت الكمي إلى التراكب المتماسك للحالتين الذريتين. يتمثل التحدي في الحفاظ على هذا التراكب الذري لأطول فترةٍ ممكنةٍ، ففي التجارب السابقة كان وقت التخزين يقتصر على بضع مئاتٍ من الملي ثانية.

يقول ستيفان لانغينفيلد **Stefan Langenfeld** وهو مرشحٌ لنيل درجة الدكتوراه عن هذه التجربة: "تكمن المشكلة الأساسية لعملية تخزين البتات الكمومية في ظاهرة تغير الطور **phenomenon of dephasing**، يمتاز البت الكمومي بالطور النسبي للتابع الموجيّ للحالات الذرية المتراكبة بشكل متماسك. لسوء الحظ تُفقَد هذا ه العلاقة الطورية في تجارب على أرض الواقع مع مرور الزمن بسبب التفاعل مع المجالات المغناطيسية المتغيرة في البيئة المحيطة".

يتخذ العلماء في تجربتهم الحالية تدابير جديدةً للتصدي لتأثير تلك التقلبات، حيث إنه بمجرد انتقال المعلومات من الفوتون إلى الذرة تنتقل حالةٌ ذرية ٌواحدةٌ إلى حالةٍ أخرى بشكلٍ متماسك، ويحدث ذلك باستخدام حزمتين من الليزر للحث على حدوث انتقال رامان **Raman transition** وبالتالي يكون البت الكمومي المخزن أقل حساسيةً بـ 500 مرةٍ لتغيرات المجال المغناطيسي.

قبل استرجاع البتات الكمومية المخزنة على الفوتون يُعكس انتقال رامان، ومن أجل زمن تخزين يصل إلى 10 ملي ثانية سيكون هناك تداخلٌ بين الفوتون المسترجَع والفوتون المخزَّن بنسبة 90 بالمئة، وهذا يعني أن نقل البت الكمومي الذري إلى حالةٍ أقل حساسيةً لتغيرات المجالات المغناطيسية المحيطة سيزيد من زمن التماسك وبالتالي يزداد زمن التخزين 10 مرات، وأيضًا تزداد بمقدار 10 مرات أخرى من خلال إضافة صدى الدُرُور (صدى الغزل) **Spin Echo** إلى تتابع التجربة، وهنا تُستبدل كثافة الحالتين الذريتين المستخدمتين للتخزين في منتصف زمن التخزين. يقول ماتياس كوربر **Matthias Körber** المرشح لنيل درجة الدكتوراه في هذه التجربة أيضًا: "تتيح لنا التقنية الجديدة المحافظة على الطبيعة الكمية للبت المخزن للمدّةٍ تفوق 100 ملي ثانية. وعلى الرغم من إن الشبكة الكمية العالمية التصورية التي ستتيح نقل البيانات الكمومية بشكلٍ موثوقٍ وآمن تتطلب الكثير من الأبحاث، إلا أن التخزين طويل الأمد للبتات الكمومية يُعتبر أحد المفاتيح المهمة للعديد من التقنيات، ونعتقد إن التحسينات الحالية ستقربنا أكثر لتحقيقها".

- التاريخ: 2018-07-10
- التصنيف: تكنولوجيا

#الشبكات الكمومية #الذرة #البت الكمومي #المجالات المغناطيسية #الفوتون

المصطلحات

- **البت الكمومي (الكيوبت) (qubit)**: هو أصغر وحدة معلومات كمية، وهو الذي يقابل البت في الحواسيب العادية، ويستعمل في حقل الحوسبة الكمية.

المصادر

- ScienceDaily

المساهمون

- ترجمة
  - سارة رسوق
- مُراجعة
  - كرار زيني
- تحرير
  - ليلاس قزيز
  - رأفت فياض
- تصميم
  - إحسان نبهان
- صوت
  - زينب العكري
- نشر
  - كرم الحلبي