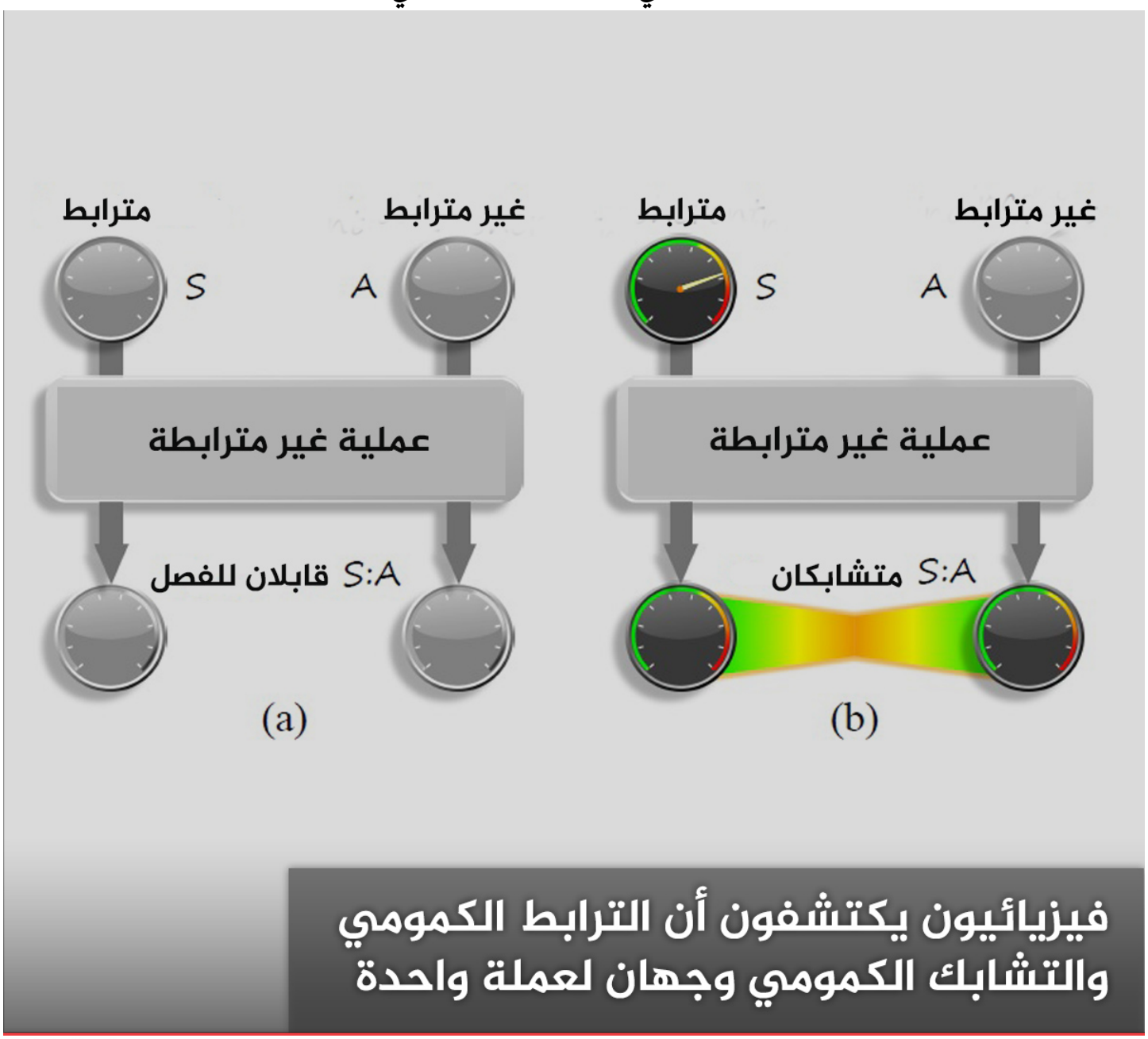
# فيزيائيون يكتشفون أن الترابط الكمومي والتشابك الكمومي وجهان لعملة واحدة




www.nasainarabic.net
@NasaInArabic NasaInArabic NasaInArabic NasaInArabic NasaInArabic

**نشاهد في القسم الأول جسيمين غير مترابطين ولا يُمكن تحويلهما إلى حالة تشابك باستخدام عمليات غير مترابطة، وفي القسم الثاني نشاهد إمكانية حصول ذلك عندما تمتلك حالة S ترابطًا لا يساوي الصفر، وحينها يُمكن تحويل الترابط إلى تشابك بين S وA.**

**المصدر: Streltsov, et al**

---

يُعتبر الترابط الكمومي (**Quantum coherence**) والتشابك الكمومي (**quantum entanglement**) ميزتين أساسيتين في الفيزياء الكمومية. وقد برهن علماء الفيزياء مؤخرًا أن الظاهرتين "متكافئتان عمليًا"، أي أنهما متكافئتان بالنسبة لكل الأهداف العملية، على الرغم من بقائهما متمايزتين من حيث المفهوم.

تسمح هذه الاكتشافات للفيزيائيين بتطبيق عمل عقود من الأبحاث في مجال التشابك الكمومي على مفهوم الترابط الأكثر جوهرية (والذي تمت دراسته بشكلٍ أقل)، مما يفتح الباب أمام احتمالية تطوير مجال واسع من التقنيات الكمومية.

### أقرباء وثيقون يتشاركون بنفس الجذور

---

على الرغم من أن علماء الفيزياء يعرفون مسبقًا أن الترابط والتشابك خاصيتان قريبتان من بعضهما البعض، إلا أن العلاقة التامة بينهما لاتزال غير واضحة. من المعروف جيدًا أن الترابط الكمومي والتشابك الكمومي يعودان إلى نفس الجذر وهو مبدأ التراكب (**superposition principle**) ـ وهو ظاهرة تتكون فيها حالة كمومية واحدة من عدد من الحالات في نفس الوقتـ ولكن ارتباطهما بهذا الجذر يكون بطريقة مختلفة لكل منهما.

يتعامل الترابط الكمومي مع فكرة أن كل الأجسام تمتلك خواص مشابهة للموجة. وإذا ما تم شطر الطبيعة الموجية لجسم ما إلى قسمين، فقد تتداخل الموجتان مع بعضهما البعض بشكل ترابطي، بطريقة تُشكلان فيها حالة وحيدة تمثل تراكبًا من الحالتين.

وقد تم توضيح هذا المفهوم للتراكب عبر التجربة الشهيرة "**قطة شرودينجر**"، والتي تكون حية وميتة في الوقت نفسه عندما تكون (في حالتها المترابطة) موجودة في صندوق مغلق. يُوجد مفهوم الترابط أيضًا في عمق الحساب الكمومي (**quantum computing**)، والذي يكون فيه البت الكمومي (**qubit**) موجودًا في حالة تراكب مكونة من حالتين "0" و"1"، مما يؤدي إلى الحصول على سرعة كبيرة مقارنةً بالخوارزميات الكلاسيكية. على أية حال، عندما تُعاني حالة ما من تفكك الترابط، فإن كمومية الحالة ستزول بشكل طبيعي، وستختفي معها كل الفوائد.

تشتمل الظاهرةُ الثانية "**التشابكُ الكمومي**" على التراكب أيضًا. لكن الحالات الموجودة في تراكب في هذه الحالة هي حالات تشاركية بين جسيمين متشابكين بدلًا من كونها مكوّنة من تلك الخاصة بموجتين منشطرتين عن جسيم مفرد.

يكمن تعقيد التشابك الكمومي في حقيقة أن الجسمين المتشابكين مترابطان بشكلٍ وثيق جدًا، بحيث أن أي قياس لأحدهما سيؤثر وبشكلٍ لحظي على الجسيم الآخر حتى ولو كانت المسافة الفاصلة بينهما كبيرة جدًا.

وكما هو الحال مع الترابط، فإن التشابك الكمومي يلعب دورًا جوهريًا في التقنيات الكمومية، بما في ذلك النقل الكمومي (**quantum teleportation**)، والتشفير الكمومي (**quantum cryptography**)، والتشفير فائق الكثافة.

### تحويل أحدهما إلى الآخر

---

في ورقة علمية ستُنشر في دورية "**Physical Review Letters**" قدّم علماء فيزياء بقيادة جيراردو أديسو **Gerardo Adesso**، وهو الأستاذُ المساعد في جامعة نوتينغهام في المملكة المتحدة، ومؤلفون مشاركون من إسبانيا والهند، إجابة بسيطة، إلا أنها قوية، على السؤال المتعلق بالرابط بين هاتين الظاهرتين. فقد بيّن العلماء أن الترابط والتشابك متكافئان كميًا، أو عمليًا، ويعتمد ذلك الأمر على السلوك الذي تُنتجه النظريات المتعلقة بهاتين الظاهرتين.

وصل الباحثون إلى هذه النتيجة عبر البرهان بشكلٍ عام على أن أي كمية غير معدومة من الترابط في نظام ما يُمكن تحويلها إلى كمية مساوية من التشابك الكمومي بين ذلك النظام ونظامٍ آخر غير مترابط (**incoherent**) ابتدائيًا.

يمتلك هذا الاكتشاف، والمتعلق بإمكانية التحويل بين الترابط والتشابك، بضعة تضمينات مهمة. فعلى سبيل المثال يعني ذلك أن الترابط الكمومي يُمكن قياسه عبر التشابك. وبالتالي، فإن كل المعرفة الشاملة التي حصل عليها العلماء حول التشابك يُمكن الآن تطبيقها مباشرة على الترابط، وهو المجال الذي لم يتم بحثه بنفس الجودة التي بُحِث بها التشابك (**خارج إطار البصريات الكمومية**).

وقد سمحت هذه المعرفة الجديدة لعلماء الفيزياء على سبيل المثال بتسوية مسألة مفتوحة ومهمة متعلقة بالقياس الهندسي للترابط: فطالما أن القياس الهندسي للتشابك عبارة عن "**نغمة محدبة بالكامل**"، فيُمكن قول الشيء نفسه عن قياس الترابط المرافق. ويعتبر ذلك ممكنًا وفقًا للعلماء، وذلك لأن النتائج الجديدة سمحت لهم بتحديد وقياس أحد المصدرين بدلالة الآخر.

يقول أليكس ستريلتسوف **Alex Streltsov** من معهد علوم الضوئيات في برشلونه لموقع **Phys.org**: "تكمن أهمية عملنا في حقيقة أننا نُثبت وجود علاقة قريبة بين التشابك والترابط، ولم يكن ذلك نوعيًا فقط وإنما كميًا أيضًا".

ويتابع: "بدقة أكبر، فقد بيّنا أن أي محدد كمي للتشابك سيقودنا إلى محدد كمي للترابط أيضًا. سمح هذا المفهوم لنا بإثبات أن القياس الهندسي للترابط هو أيضًا محدد كمي صحيح له، وبالتالي يُجيب ذلك على السؤال الذي بقي مطروحًا في الدراسات السابقة".

وفي الوقت الذي تُوضح فيه النتائج أن التشابك والترابط متكافئان، يشرح الفيزيائيون أن ذلك لا يعني أنهما يشكلان الأمر نفسه، وسيبقيان مختلفين من حيث المفهوم.

يقول المؤلفون المشاركون أوتام سينغ **Uttam Singh**، وهيمادري دهار **Himadri Dhar**، وماناباندرا بيرا **Manabendra Bera** من معهد هاريش-تشاندرا للأبحاث في الهند: "بصرف النظر عن امتلاك التراكب الكمومي والترابط الكمومي والتشابك الكمومي للجذور نفسها، إلا أنها تبقى مفاهيم مختلفة. يُمكن على سبيل المثال أن يُوجد الترابط في أنظمة كمومية مفردة، حيث لا يكون التشابك معرفًا بشكل واضح. يُعرّف الترابط أيضًا بالنسبة لأسس محددة، في حين يكون التشابك غير متغير إذا ما تغيرت الأسس المحلية. ونعتقد عمومًا أن الترابط والتشابك متكافئان عمليًا، لكنهما مختلفان من حيث المفهوم".

**الاتصالات الكمومية المستقبلية**

---

من المرجح أن يقود التكافؤ العملي بين التشابك والترابط إلى أثر بعيد المدى على مجالات مختلفة تتراوح ما بين نظرية المعلومات الكمومية، وصولًا إلى حقول بحث ناشئة كالبيولوجيا الكمومية والديناميكا الحرارية النانوية.

ويُخطط الفيزيائيون في المستقبل لدراسة فيما إذا كان من الممكن التحويل ما بين الترابط والتشابك ومصدرٍ آخر ثالث، مصدرٍ لا يزال محل جدل كمي، لكنه، كالتشابك، يشكل نوعًا آخر من العلاقات الكمومية الموجودة بين نظامين.

يقول أديسو: "خُططنا المستقبلية متنوعة. ففي الجانب النظري، نعمل على إنشاء إطار موحد لتفسير وتصنيف وتحديد كل الأشكال المختلفة للمصادر الكمومية، بما في ذلك التشابك والترابط وما يتلوهما، ونعمل على تسليط الضوء على الروابط البينية الموجودة بين تلك المصادر من وجهة النظر العملية. سيسمح ذلك لنا بالإبحار عبر السلسلة الهرمية للمؤشرات الكمية في الأنظمة المركبة، وبتقدير العناصر الخاصة اللازمة لإجراء مهمات معلوماتية متنوعة".

ويتابع: "أما في الجانب العملي فنحن ندرس تجريبيًا المخططات اللازمة لاكتشاف وتحديد وحفظ الترابط والتشابك والعلاقات الكمومية الأُخرى في البيئات الضوضائية. ونأمل أن تُلهمنا هذه النتائج بشكل جوهري لابتكار طرق فعالة للتحويل بين المصادر الكمومية المختلفة

للاستفادة من الأمر في التطبيقات التقنية، وبالتالي الاقتراب أكثر من فهم مقدار امتداد العالم الكمومي في السيناريوهات الواقعية".

- التاريخ: 2015-08-15
- التصنيف: فيزياء

#التشابك الكمومي #الترابطات الكمومية #قطة شرودينجر #التقنيات الكمومية #التشفير الكمومي

---

المصطلحات

- **التشابك الكمومي (quantum entanglement)**: التشابك الكمومي: ظاهرة كَمّية ترتبط فيها الجسيمات الكميّة ببعضها، رغم وجود مسافات كبيرة تفصل بينها. مما يقود إلى ارتباطات في الخواص الفيزيائية المقيسة لهذه الجسيمات الكمّية. المصدر: العلوم الأمريكية.
- **البت الكمومي (الكيوبت) (qubit)**: هو أصغر وحدة معلومات كمية، وهو الذي يقابل البت في الحواسيب العادية، ويستعمل في حقل الحوسبة الكمية.

## المصادر

- phys.org
- الورقة العلمية

## المساهمون

- ترجمة
  - همام بيطار
- مُراجعة
  - عبد الرحمن سوالمه
- تحرير
  - سارية سنجقدار
  - فراس الصفدي
- تصميم
  - أمير علي
- نشر
  - مي الشاهد