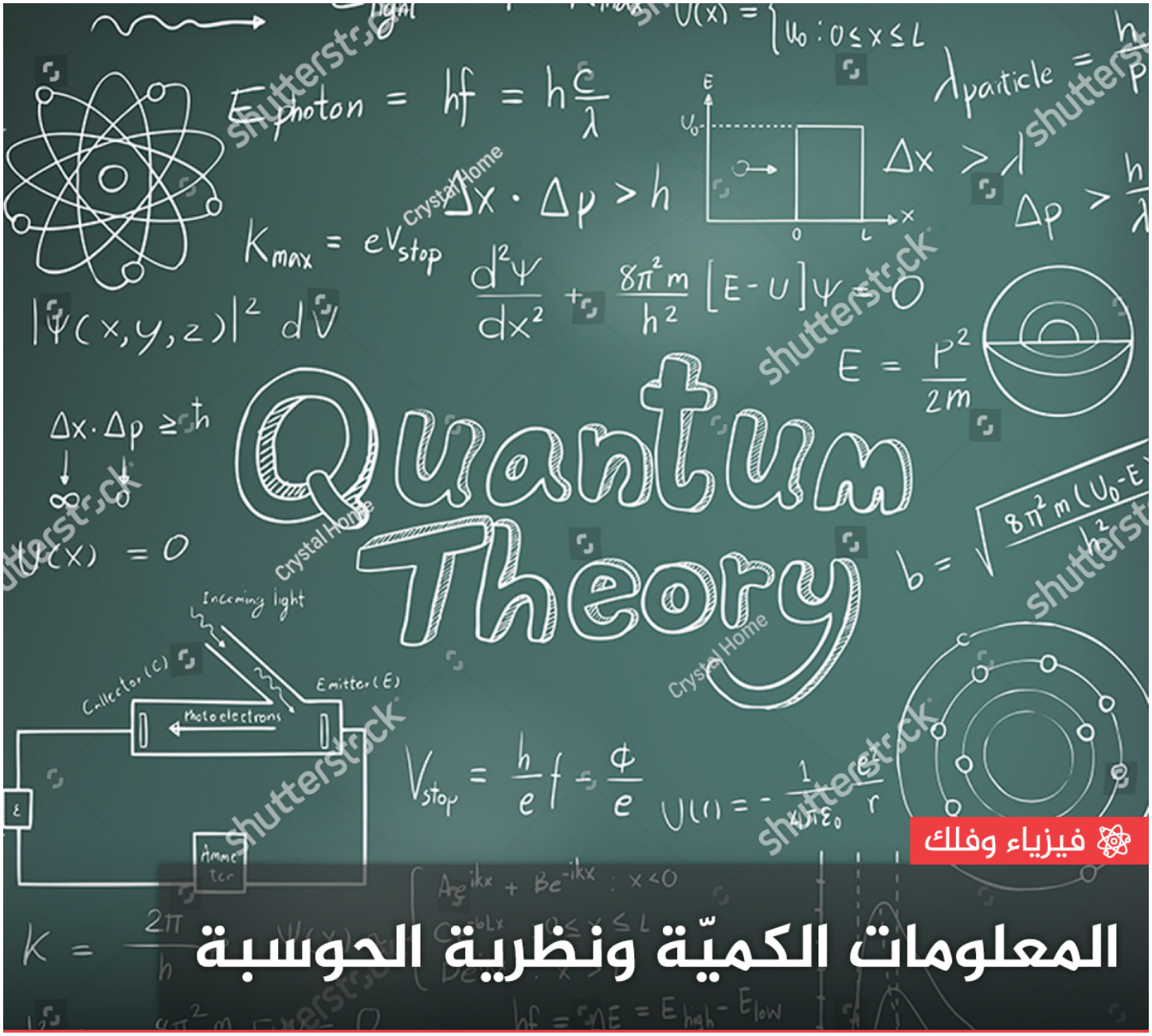
المعلومات الكمية ونظرية الحوسبة



قوةُ الكم

تُعد ميكانيكا الكم (**Quantum Mechanics**) واحدةً من أهم النظريات الأساسية في الفيزياء وأصبحت أساساً للتقدم في العديد من مجالات العلوم، وقد ساهمت بشكل أساسي في تطوير الدوائر المتكاملة لأشباه الموصلات وشبكات الاتصال البصرية الموجودة في كل ركن من أركان عالم تكنولوجيا المعلومات لدينا، ومن ناحية أخرى يُعد علم المعلومات الكميّة مفهوماً جديداً ناشئاً مما يشير إلى استخدامات أكثر تعقيداً لميكانيكا الكم.

علم المعلومات الكميّة

تُستخدم ميكانيكا الكم في فهم وتصميم مبادئ تشغيل الأجهزة الأولية مثل الترانزستورات والليزر في تقنيات المعلومات التقليدية، ومع ذلك فإنها لا تلعب أي دورٍ واضح على مستوى معالجة المعلومات، وعلى النقيض من ذلك تُستغَل الخصائص الغريبة للحالات الكمية في علم المعلومات الكمية، مثل التراكب والتشابك الكميّ (**Quantum entanglement and Superposition**)، بالكامل في تكنولوجيات غير مسبوقة بما في ذلك الحوسبة الكمومية والمحاكاة الكمومية والتشفير الكمي.

القواعد الكمومية البسيطة تخلق سلوكيات معقدة

بدأت في الآونة الأخيرة برامج الكمبيوتر بالتفوق على سادة العالم في ألعاب الطاولة مثل الشطرنج و**Go** و**Shogi**، وبالرغم من أنّ هذه الألعاب تعمل على قواعد بسيطة يمكن لأي شخصٍ فهمها بسهولة، إلّا أنها تُظهر سلوكيات غنية جداً، ومنذ اختراع هذه الألعاب، لطالما حاولنا وما زلنا نحاول أن نتعلم استراتيجيات وحركات أفضل لزيادة فُرص الفوز، وبنفس الطريقة فإننا نعيش في عالمٍ يتّسم بقواعد بسيطة ألا وهي قواعد ميكانيكا الكم، وهذه القوانين الكمومية البسيطة تثري أيضاً سلوك الأنظمة الفيزيائية من المستويات المجهرية إلى العيانية، والهدف الرئيسي من تحصيل علم المعلومات الكميّة هذا هو فهم المبادئ المعقدة في العالم الكمي، من خلال الاستفادة الكاملة من علم المعلومات مثل نظرية المعلومات (**Information Theory**) وعلوم الكمبيوتر. مع وجود هذه المعرفة في متناول اليد، يمكن للمرء أن يجعل خطواته ذكية أكثر في العالم الكمي الذي يُمثل عالمنا بصورة أخرى، ليصبح لاحقاً سيداً في ميكانيكا الكم.

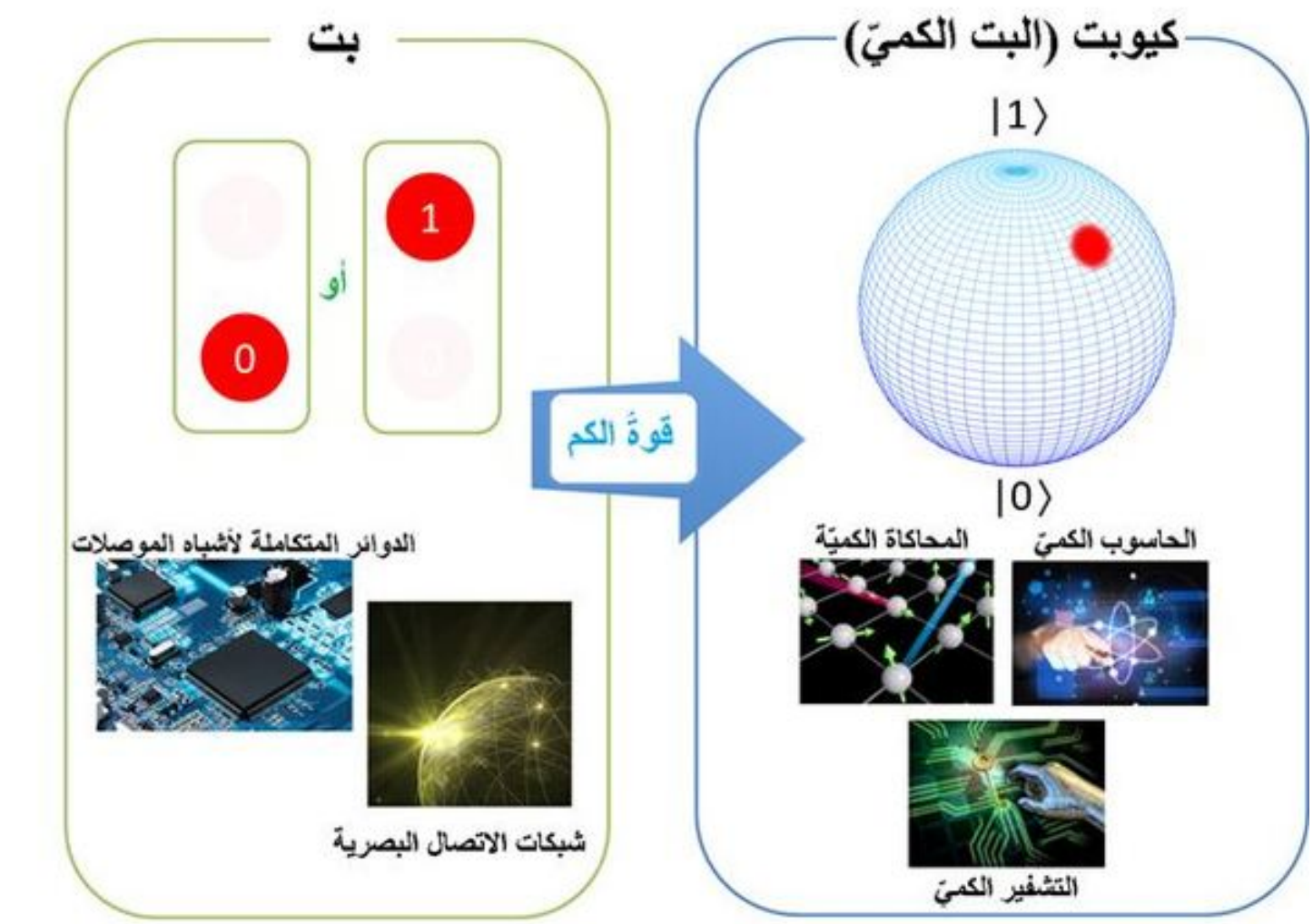
عالمٌ كَميّ مُصغّر "الحاسب الكمي"

تُعتبر المحاكاة من أهم التطبيقات لفهم أي ظاهرة أو تجربة، وبالمثل فإنّ محاكاة الظواهر الكمومية ستكون مفيدة في فهم العالم الكميّ بشكلٍ أفضل، ومع ذلك فإنّ محاكاة العالم الكمي باستخدام أجهزة الحاسوب التقليدية "كلاسيكية" غير فعالة تماماً، خاصةً عندما يكون حجم النظام كبيراً، ولذلك نحتاج إلى حاسوبٍ كَمِيّ يعمل بمبادئ وبقواعد العالم الكمي النظري.

إذاً ما هو الحاسوب الكمي؟

لتعريفه، يتوجب علينا أن نعلم كيف تتعامل حواسيبنا التقليدية مع البيانات. إذ تتعامل الحواسيب مع البت (**bit**) كأصغر وحدة للتعبير عن البيانات، وهذه الوحدة تعطينا قيمة ثنائية إما صفر أو واحد، وعلى النقيض من ذلك تتعامل الحواسيب الكمومية مع البت الكمي (**qubit**) وهذا النوع قادر على تخزين القيم: صفر أو واحد أو كلاهما في آن واحد، أو حتى تخزين عدد لا متناهٍ من القيم بين الصفر والواحد، وبهذه الميزة تزداد سعة الحسابات بشكل هائل.

ونحن فيزيائياً (مادياً) لا نزال في مقدمة هذا العهد الجديد من الحوسبة، وبالنظر إلى تطبيقات هذه التكنولوجيا، فإنها ستكون متنوعة بشكل كبير ومنها ما لم يُكتشَف بعد! على سبيل المثال، عملية التحليل إلى أعداد أولية (**Prime Factorization**) التي تعد عملية كبيرة ومعقدة جداً، ترتبط هذه العملية بشكل قريب بعلم التشفير أو التعمية (**Cryptography**) وأمن كلمات المرور، وقد نُحرز المزيد من من التقدم فيها مع الحواسيب الكمية في المستقبل القريب.



توضح الصورة قوة الكم والفرق بين البت والكيوبت.

قرصنة العالم الكمي

أحد الأهداف المهمة لعلم المعلومات الكميّة هو الحصول على فهم شامل للحاسوب الكميّ ومحاكاته باستخدام الأجهزة الحالية، وترتكز أهمية هذا الهدف بأنه لا يزودنا بفهم التطبيقات الثورية لميكانيكا الكم لمعالجة المعلومات فحسب، بل يخبرنا أيضاً عن طبيعة العالم الكميّ.

الحفاظ على العالم الكمي من خلال تصحيح الخطأ الكمي

وكما ذكرنا آنفاً بأنّ الحواسيب التقليدية تُخزِّن البيانات على شكل بتات ثنائية على النقيض من الحواسيب الكمية التي تتعامل مع الكيوبت وتخزّن القيم: صفر أو واحد أو كُلاهما في آن واحد، أو حتى تخزين عدد لا متناهٍ من القيم بين الصفر والواحد، في حالة **تراكب كمي**، وبالتالي فإن للكيوبت معلومات أكثر من البت الكلاسيكي.

ولكن لسوء الحظ، فإن هذا التراكب الكمي يمكن أن ينهار بشكلٍ آني ومن ثم يُحول إلى بت اعتيادي في حالة وجود أي تدخل خارجي من البيئة المحيطة، وللحفاظ على هوية الكيوبت استُحدِثت تقنية تُسمى "تصحيح الخطأ الكمي"، ويضمن تصحيح الخطأ هذا (نظرية تحمل الأخطاء) إنشاء حاسب كمي عالمي في بيئة مُشوّشة، إذ تهدف الجهود العالمية في الوقت الحاضر بما في ذلك مشروع الآلات الكمومية العيانية(اختصاراً **ERATO**) الذي يرمي إلى بناء منصة لتكنولوجيات معالجة المعلومات في المستقبل على أساس مبادئ ميكانيكا الكم إلى تحقيق تصحيح الخطأ الكمي والذي يمكن أن يؤدي إلى تطوير حاسوب كمي رقمي عالمي معزول تماماً عن التشويش.

إذ يتعامل فريق النظرية في هذا المشروع مع هذا التحدي الكبير من خلال تصميم نماذج أكثر موثوقية وفعالة لتصحيح الخطأ الكمي، ويتضمن عملهم أيضاً تعاوناً وثيقاً مع الفرق التجريبية لتمييز أجهزة الكم الفعلية وتحسينها.

برمجة واختراق العالم الكميّ

إنّ نظرية تصحيح الخطأ الكمي لا تحمي العالم الكمي من تشويش البيئة المحيطة فحسب، بل توفر لنا أيضاً إطاراً نظرياً ثرياً للتحقيق في الخواص الفيزيائية لأنظمة الكم عديدة الأجسام.

وقد استُخدمت رموز تصحيح الخطأ الكمي كنماذج تجريبية للظواهر الكمومية الغريبة، مثل النظام الطوبولوجي، والثقوب السوداء، والجاذبية الكمية التي تمتد عبر نطاق واسع من التطبيقات من المادة المكثفة إلى فيزياء الطاقة العالية، كما يسعى الفريق أيضاً إلى استخدام جديد لتطوير أجهزة كمومية لاستكشاف هذه الأنظمة الكمومية الغريبة.

مصطلحات

فيزياء الكم (**Quantum Physics**): فرع من الفيزياء متعلق بدراسة سلوك الأجسام مُتناهية الصِّغر.

التراكب الكميّ (**Quantum Superposition**): عبارة عن تطبيق لمبدأ تراكب الأمواج (التداخل البنّاء) ضمن ميكانيكا الكم حيث يشكل مبدأ التراكب أحد المبادئ الأساسية لها. مثال: من المفترض نظرياً، طبقاً لميكانيكا الكم، أن يتواجد الإلكترون في النظام في عدة حالات كمومية في نفس الوقت ولكن عند قياسه ينهار إلى حالة معينة بذاتها. ونظراً لأنّ الإلكترون يعامل كمعاملة الموجة فهو يُمَثّل بتراكب لعدة أمواج أو بعدة حالات كمومية.

التشابك الكميّ (**Quantum Entanglement**): هي ظاهرة كَمّية ترتبط فيها الجسيمات الكميّة، مثل الفوتونات والإلكترونات والجزيئات، ببعضها رغم وجود مسافات كبيرة تفصل بينها مما يؤدي إلى ارتباطات في الخواص الفيزيائية المقاسة لهذه الجسيمات الكمّية.

نظرية المعلومات (Information Theory): هي أحد تخصصات الرياضيات وفرع من الرياضيات التطبيقية التي تتضمن تكمية **Quantification** (التحويل إلى كميات) البيانات بهدف تمكين نقلها أو تخزينها ضمن وسط ما أو عبر قناة اتصال ما بأكبر قدر ممكن.

عملية التحليل إلى أعداد أولية Factorization (Prime): هي عملية ايجاد جميع الأعداد الأولية لأي عدد. والعدد الأولي هو عدد طبيعي أكبر من الواحد، لا يقبل القسمة إلا على نفسه وعلى الواحد فقط.

علم التشفير (Cryptography): هو علم حماية المعلومات من خلال تحويلها إلى صور آمنة لا يمكن للمستخدمين غير المصرح لهم التعرف عليها.

المحاكيات الكمومية (Quantum Simulations): هي برمجيات تسمح بدراسة الأنظمة الكمومية التي يصعب دراستها في المختبر ويستحيل.

- التاريخ: 2019-01-28
- التصنيف: اسأل فلكي أو عالم فيزياء

#ميكانيك الكم #نظرية المعلومات الكمومية #تصحيح الخطأ الكمي #مشروع الآلات الكمومية العيانية #التشابك الكمي

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.
- **الأيونات أو الشوارد (Ions)**: الأيون أو الشاردة هو عبارة عن ذرة تم تجريدها من الكترون أو أكثر، مما يُعطيها شحنة موجبة.وتسمى أيوناً موجباً، وقد تكون ذرة اكتسبت الكتروناً أو أكثر فتصبح ذات شحنة سالبة وتسمى أيوناً سالباً

المصادر

- ERATO
- الصورة

المساهمون

- ترجمة
  - سلمان عبود
- مُراجعة
  - مي منصور بورسلي
- تحرير
  - رأفت فياض
  - أحمد كنينة
- تصميم
  - رنيم ديب
- نشر
  - بيان فيصل