

THE BASIC PRINCIPLES OF QUANTUM COMPUTING

Τι είναι η Κβαντική Υπολογιστική;

- ⦿ Η κλασική υπολογιστική βασίζεται στη δυαδική λογική, όπου οι πληροφορίες επεξεργάζονται με bits που μπορούν να είναι είτε 0 είτε 1.
- ⦿ Η κβαντική υπολογιστική, από την άλλη πλευρά, χρησιμοποιεί qubits, τα οποία μπορούν να βρίσκονται σε υπερθέσεις τόσο του 0 όσο και του 1 ταυτόχρονα.
- ⦿ Αυτό επιτρέπει στους υπολογισμούς να εξερευνούν πολλαπλές πιθανές καταστάσεις ταυτόχρονα. Η κβαντική παραλληλία προσφέρει πλεονέκτημα στην επίλυση προβλημάτων που απαιτούν αξιολόγηση μεγάλου αριθμού δυνατοτήτων ταυτόχρονα, όπως η κρυπτογραφική ανάλυση και η μοντελοποίηση πολύπλοκων συστημάτων.

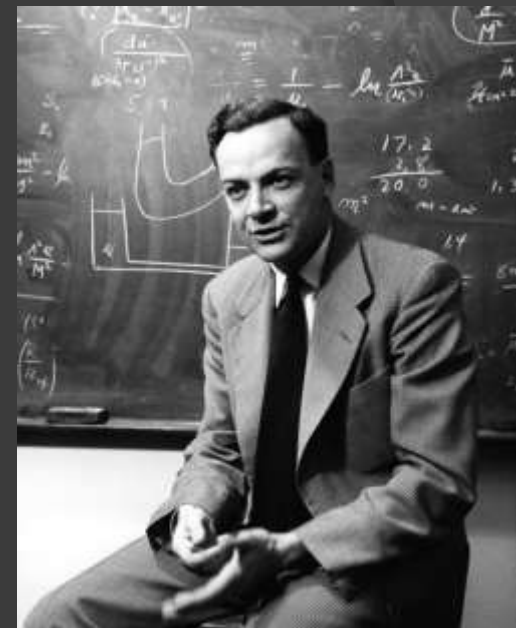


Καταβολές και Θεωρητικά Θεμέλια

- Η κβαντική υπολογιστική έχει τις ρίζες της στις αρχές του 20ού αιώνα, όταν οι φυσικοί άρχισαν να διερευνούν τις παράξενες και αντιδισαισθητικές ιδιότητες της κβαντομηχανικής.
- Οι θεμελιώδεις αρχές, όπως η υπέρθεση και η διεμπλοκή, διατυπώθηκαν από πρωτοπόρους όπως:
- **Max Planck** – Εισήγαγε την κβαντική θεωρία μέσω των κβαντισμένων ενεργειακών επιπέδων.
- **Niels Bohr** – Ανέπτυξε την ερμηνεία της Κοπεγχάγης, τονίζοντας τη πιθανοκρατική φύση των κβαντικών καταστάσεων.
- **Erwin Schrödinger** – Διατύπωσε τη θεωρία κυμάτων και την περίφημη εξίσωση Schrödinger.
- **John Bell** – Διατύπωσε το Θεώρημα του Bell, αποδεικνύοντας ότι η διεμπλοκή δεν εξηγείται με την κλασική φυσική.

Η Ιδέα της Κβαντικής Υπολογιστικής

- Το 1982, ο **Richard Feynman** πρότεινε ότι μόνο οι κβαντικοί υπολογιστές μπορούν να προσομοιώσουν αποδοτικά κβαντικά συστήματα, λόγω της εκθετικής πολυπλοκότητας τους. Έθεσε έτσι τα θεμέλια για την κβαντική προσομοίωση.
- Το 1985, ο **David Deutsch** εισήγαγε την έννοια του καθολικού κβαντικού υπολογιστή, προτείνοντας κβαντικές πύλες και αλγόριθμους που ξεπερνούν την απόδοση των κλασικών.
- Διατύπωσε την **Αρχή Church-Turing-Deutsch**, η οποία υποστηρίζει ότι κάθε φυσικά πραγματοποιήσιμη διαδικασία μπορεί να προσομοιωθεί αποδοτικά από έναν κβαντικό υπολογιστή.

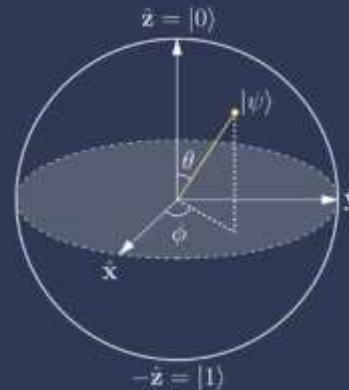


Qubits (Quantum Bits)

Τα qubits είναι οι θεμελιώδεις μονάδες πληροφορίας στους κβαντικούς υπολογιστές.

Σε αντίθεση με τα κλασικά bits, τα qubits μπορούν να βρίσκονται σε γραμμική υπέρθεση καταστάσεων.

- Πιο συχνές φυσικές υλοποιήσεις:
- Παγιδευμένα ιόντα με λέιζερ
- Υπεραγώγιμα κυκλώματα
- Φωτόνια



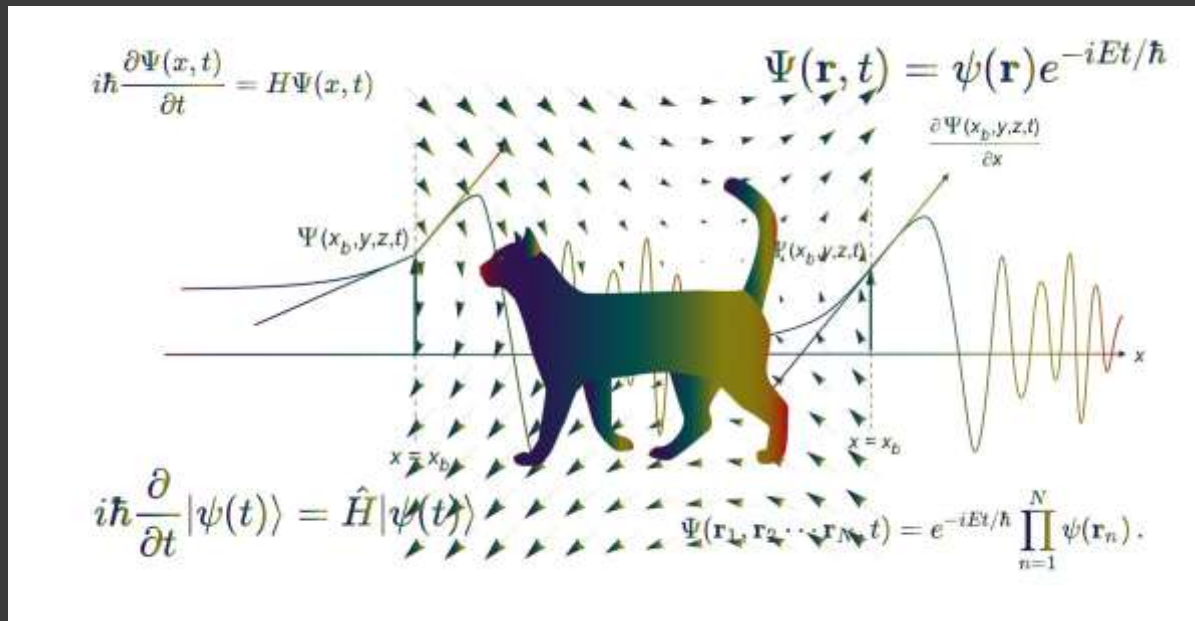
Qubit

/'kju:bit/

Basic unit of
quantum information

Υπέρθωση

- Η υπέρθεση επιτρέπει σε ένα qubit να βρίσκεται ταυτόχρονα και στις δύο καταστάσεις (0 και 1).
- Έτσι, οι κβαντικοί υπολογιστές μπορούν να εκτελούν πολλούς υπολογισμούς ταυτόχρονα.



Qubits (Quantum Bits)

- ⦿ Ένα bit είναι σαν νόμισμα που έχει ήδη πέσει – δείχνει ή 0 ή 1.
- ⦿ Ένα qubit είναι σαν ένα περιστρεφόμενο νόμισμα – βρίσκεται σε συνδυασμό 0 και 1.
- ⦿ Με τη μέτρηση, το qubit καταρρέει σε μία από τις δύο καταστάσεις.

Qubits (Quantum Bits)

- Κάθε qubit περιγράφεται από μια συνάρτηση με αριθμούς α και β , που εκφράζουν πιθανότητες.

$$|\psi\rangle = \alpha|0\rangle + \beta|1\rangle$$

- Οι πιθανότητες μέτρησης είναι

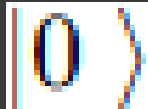
$$P(0) = |\alpha|^2, \quad P(1) = |\beta|^2$$

Η κατάρρευση της υπέρθεσης κατά τη μέτρηση είναι γενικά μη αναστρέψιμη.

Qubits (Quantum Bits)

$$|\psi\rangle = \frac{\sqrt{3}}{2}|0\rangle + \frac{1}{2}|1\rangle$$

The probability of measuring



is

$$P(0) = \left(\frac{\sqrt{3}}{2}\right)^2 = \frac{3}{4} = 75\%$$

The probability of measuring



is

$$P(1) = \left(\frac{1}{2}\right)^2 = \frac{1}{4} = 25\%$$

Διευμπλοκή (Quantum Entanglement)

- ◉ Δύο ή περισσότερα σωματίδια γίνονται αλληλένδετα με τέτοιον τρόπο ώστε η κατάσταση του ενός να καθορίζει την κατάσταση του άλλου, ανεξαρτήτως απόστασης.
- ◉ Ο **Einstein** χαρακτήρισε τη διευμπλοκή ως "στοιχειώδη δράση από απόσταση".
- ◉ Πειράματα απέδειξαν ότι είναι πραγματικό φαινόμενο, μη εξηγήσιμο από την κλασική φυσική.

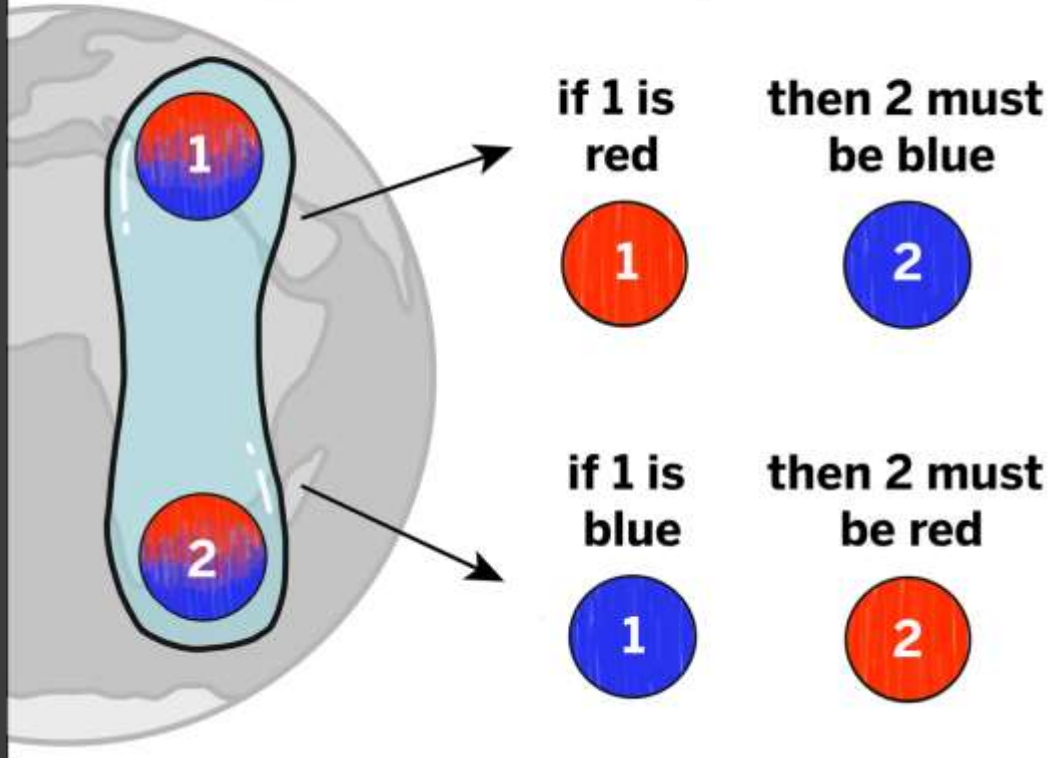
EINSTEIN ATTACKS QUANTUM THEORY

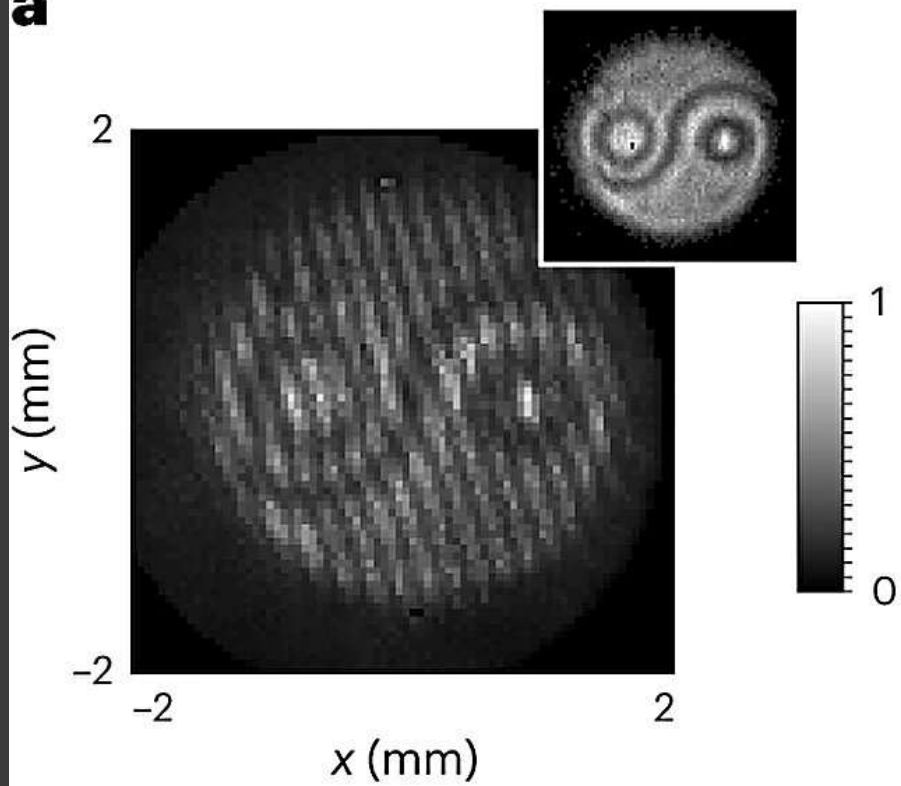
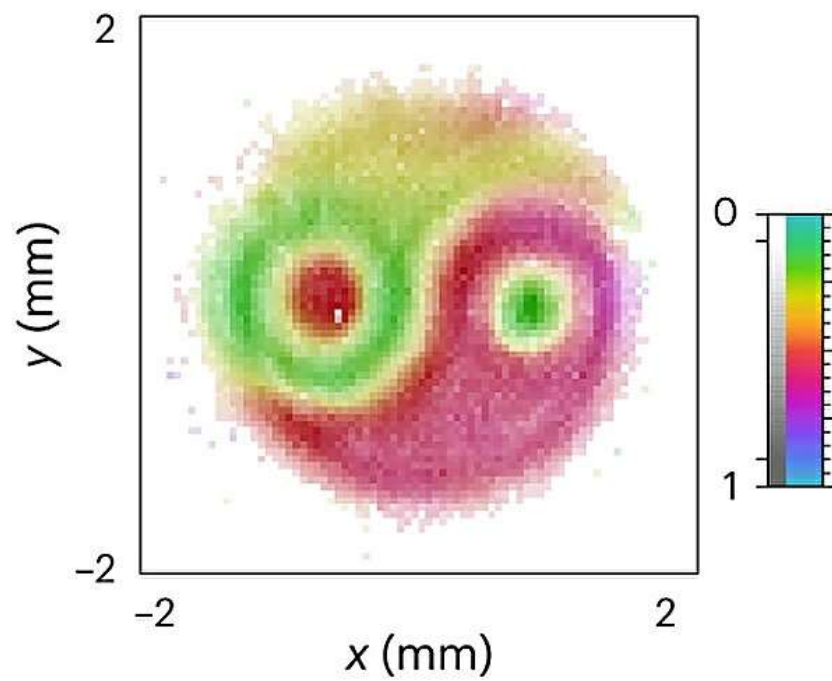
Scientist and Two Colleagues
Find It Is Not 'Complete'
Even Though 'Correct.'

SEE FULLER ONE POSSIBLE

Believe a Whole Description of
'the Physical Reality' Can Be
Provided Eventually.

Measuring a Pair of *Entangled* Photons



a**b**

Σ υ μ π ε ρ ά σ μ α τ α

- ◉ Η κβαντική υπολογιστική βασίζεται στις αρχές της υπέρθεσης και της διεμπλοκής.
- ◉ Μπορεί να επιλύσει προβλήματα που είναι αδύνατον να λυθούν με κλασικούς υπολογιστές, προσφέροντας προοπτικές σε τομείς όπως η κρυπτογραφία, η βιολογία και η τεχνητή νοημοσύνη.

