Dekohärenz und Dekohärenzzeit

Warum ist unsere Alltagswelt klassisch?

Aufgabe:
Untersuche mithilfe von Simulation 4 („Dekohärenzzeit“) die Abhängigkeit der Dekohärenzzeit von Objekten von deren Masse und Umgebungseinflüssen.

Vorbereitung:
Informiere dich mithilfe des Informationstextes über das Phänomen der „Dekohärenz“.

Erkläre in deinen eigenen Worten, warum sich makroskopische Objekte (z. B. eine Katze oder ein Ball) im Alltag in der Praxis nicht in einem quantenphysikalischen Superpositionszustand befinden.

→ Makroskopische Körper sind **nicht** von ihrer Umgebung **isoliert**.
→ Sie **wechselwirken**/interagieren praktisch dauerhaft und extrem oft **mit ihrer Umgebung** (z. B. Licht, Gasmoleküle, Wärmestrahlung).
→ Jede dieser Wechselwirkungen stellt einen **Messprozess** dar.
→ Die Superposition wird **extrem schnell** aufgelöst.

Übernimm die Definition der **Dekohärenzzeit:**

Definition:	Die Dekohärenzzeit ist die mittlere Zeitdauer, für die sich ein makroskopisches Objekt in einem echten quantenphysikalischen Superpositionszustand befinden kann.
Formelzeichen:	t_d
Einheit:	s

Durchführung:
Ermittle mithilfe der Simulation für verschiedene Objekte (Quantenobjekte und klassische Objekte) sowie jeweils für verschiedene Umgebungseinflüsse den Einfluss auf die Dekohärenzzeit.

Es stehen vier verschiedene Objekte zur Auswahl, die jeweils vereinfach als Zweizustandssysteme beschrieben werden:

Objekt	Elektron	Staubteilchen	dünne Katze	dicke Katze
mögliche (Basis-)Zustände	Spin up	oben im Schrank	lebendig	lebendig
	Spin down	unten im Schrank	tot	tot
Masse ca.	10^{-30} kg	10^{-8} kg	5 kg	10 kg

Gehe in der Simulation wie folgt vor:
1. Wähle ein Objekt.
2. Präpariere es in einem Superpositionszustand.
3. Stelle die gewünschte Umgebung (Temperatur, Druck, Lichteinfall) ein.
4. Schalte die Umgebung an und beobachte das Auflösen der Superposition.
5. Lies einen Näherungswert für die Dekohärenzzeit ab.
6. Wiederhole das Vorgehen systematisch für verschiedene Objekte und Einteilungen.

by Carsten Albert (2026), lizensiert unter CC BY-NC-SA 4.0

Achtung:
Die Stoppuhr hat eine Besonderheit: die Anzeige ist nicht linear, denn der Abstand zwischen zwei kleinen Teilstrichen unterscheidet sich immer um den Faktor 10. Der negative Exponent bei den Zehnerpotenzen sagt uns, an welcher Stelle hinter dem Komma die 1 steht (z. B. $10^{-4}\ \mathrm{s} = 0{,}0001\ \mathrm{s}$).
Unterschiedliche Zeigerstellungen auf der Stoppuhr bedeuten also extrem große Zeitunterschiede.

Variiere die Objekte und die Umgebungsparameter systematisch, sodass du Vergleiche anstellen kannst.
Notiere deine Beobachtungen in der folgenden Tabelle:

Objekt	Temperatur	Druck	Lichteinfall	Dekohärenzzeit

Auswertung:

Vervollständige folgende Sätze:

- **Masse**
  Je *größer* die Masse des Objektes ist, umso kleiner ist seine Dekohärenzzeit.
- **Temperatur**
  Je *geringer* die Umgebungstemperatur ist, umso größer ist die Dekohärenzzeit.
- **Druck**
  Je *größer* der Umgebungsdruck ist, umso kleiner ist die Dekohärenzzeit.
- **Lichteinfall**
  Je *dunkler* die Umgebung eines Objektes ist, umso größer ist seine Dekohärenzzeit.

Entscheide, ob folgende Aussagen wahr oder falsch sind:

Aussage	Entscheidung
Das Auflösen der Superposition bei einem makroskopischen Objekt ist ein kontinuierlicher, aber unfassbar schneller Prozess.	☒ richtig ☐ falsch
Bei makroskopischen Objekten macht es in der Praxis keinen wirklichen Unterschied, wie schwer sie genau sind. Die Dekohärenzzeiten sind in jedem Fall so kurz, das die Superposition für uns nie eine Rolle spielt.	☒ richtig ☐ falsch
Ein einzelnes Elektron kann man für mehrere Sekunden in Superposition halten.	☒ richtig ☐ falsch
Ein makroskopisches Objekt kann man für mehrere Sekunden in Superposition halten.	☐ richtig ☒ falsch

Fazit:
Die Superposition eines makroskopischen Objektes verschwindet durch seine Umgebung kontinuierlich und so schnell, dass wir sie niemals im Alltag beobachten könnten.