

Kvantová karta

Kvantová karta je fyzická pomůcka, která znázorňuje existenci nekompatibilních veličin, tj. veličin, které nemohou mít současně přesně danou hodnotu (často nazývané jako současně neměřitelné).

Popis aktivity:

Kvantová karta představuje částici, která má dvě vlastnosti:

barvu rubu (červená/modrá) a **hodnotu líce** (srdcová dáma/listový král). Skládá se ze dvou vrstev papíru, které jsou rozstříženy a slepeny tak, aby díky různému přehnutí „chlopni“ karta mohla být:

Z lícové strany:

- dáma
- král
- napůl dáma, napůl král (superpozice)

Z rubové strany:

- červená
- modrá
- napůl červená, napůl modrá (superpozice)



Měření vlastnosti karty provedeme tak, že kartu vsuneme do obálky, aby označení „rub“ a „líc“ na obálce odpovídalo rubu a líci karty. Zvolíme si, kterou vlastnost chceme změřit – otočíme obálku touto stranou nahoru. O výsledku měření v kvantové fyzice rozhoduje náhoda – v našem případě hod kostkou. Podle výsledku hodu kostkou povytáhneme kartu z obálky odpovídající stranou, která je na obálce označena „sudá“ a „lichá“.

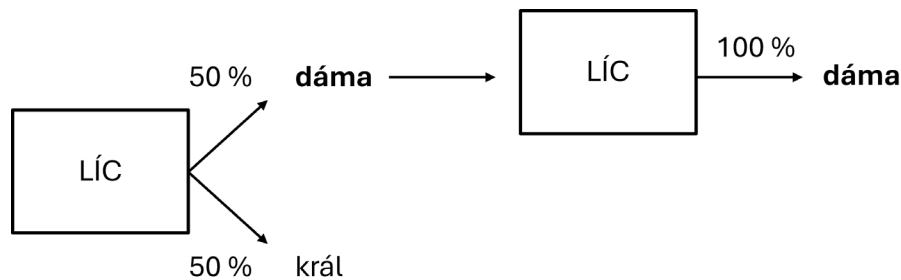
Barva či hodnota, kterou uvidíme, když kartu trochu povytáhneme, je výsledkem měření. Kdyby karta byla opravdu kvantová částice, ve chvíli, kdy jsme povytažením například „naměřili“ červenou barvu na rubu karty, tak by se karta stala celou červenou. Naší papírové pomůcce musíme barvu změnit ručně – pokud je to potřeba, překloupíme chlopeň tak, aby měla karta jednolitou červenou barvu. Když kartu opět vsuneme do obálky, je připravena na další měření.



Karta je vytvořena tak, aby naše manipulace s překloupnými chlopněmi modelovala to, jak se mění stav kvantové částice, pokud měříme dvě její vlastnosti, které jsou nekompatibilní.

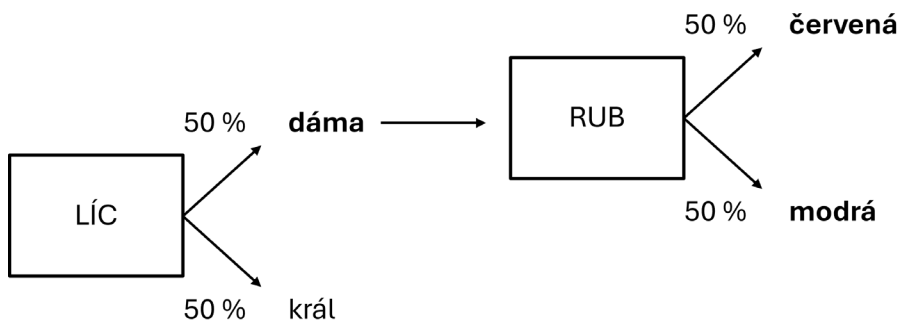
1. Měření stejné vlastnosti dvakrát po sobě

Změříme např. hodnotu líce dvakrát po sobě. Při prvním měření můžeme dostat oba výsledky „dáma“ i „král“ se stejnou pravděpodobností. Předpokládejme, že výsledkem je „dáma“. Pokud by výsledkem měření byl král, tak celý experiment ukončíme. Při druhém (a každém dalším) měření hodnotu líce už pokaždé naměříme „dámu“.



2. Měření dvou nekompatibilních vlastností

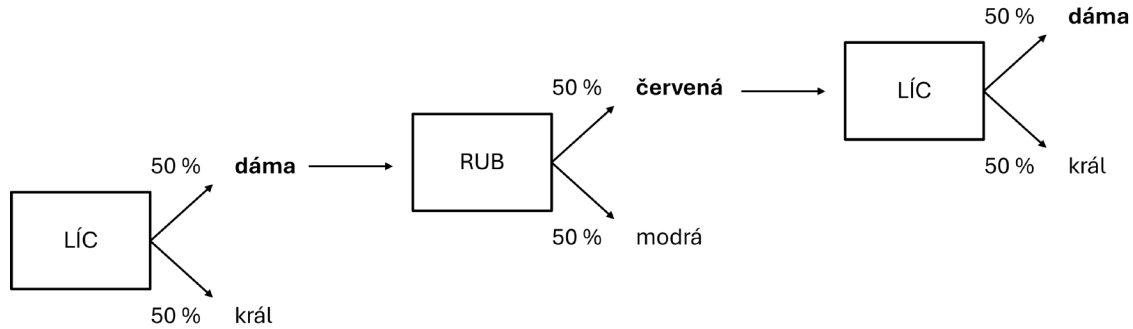
Po měření hodnoty líce nyní změříme barvu rubu. Karta má stejnou pravděpodobnost být z rubu „červená“ i „modrá“.



3. Znova měření první vlastnosti

Když znova změříme barvu líce, mezi možnými výsledky jsou opět „dáma“ i „král“, ačkoli jsme při prvním měření líce naměřili „dámu“ (pokud bylo výsledkem prvního měření král, tak jsme s kartou dál nepracovali). Měření barvy rubu totiž změnilo stav kvantové karty a nastavilo ji opět do kombinovaného stavu „napůl dáma, napůl král“, takže při následném měření barvy líce můžeme naměřit oba výsledky se stejnou pravděpodobností.

Vlastnosti, u nichž platí, že pokud známe přesně hodnotu jedné z nich, pak je druhá vlastnost kombinací obou stejně pravděpodobných možností, nazýváme **nekompatibilní**.



Tento nápad je převzat z Workshopu *Highlights of the “Quantum” exhibition: How to exploit ad-hoc designed demonstrators and staging activities to introduce quantum physics to a general audience* italských autorek Maria Bondani, Valentina DE RENZI z konference GIREP-EPEC 2025 konané v červenci 2025 v Leidenu.