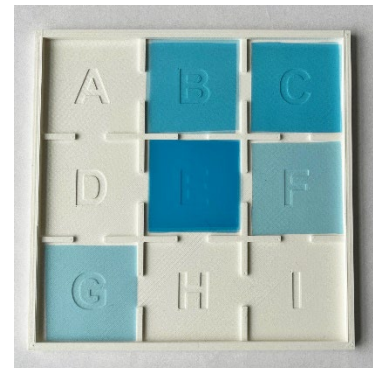


# Kvantové lodě

Kvantové lodě jsou obdobou známé hry na odhalování pozic lodí na plánu druhého hráče. Cílem hry je pomocí kvantového měření odhalit počáteční superponovaný stav fiktivní částice („kvantové jachty“) – tedy rozložení pravděpodobnosti, s jakou lze tuto částici nalézt na různých polích. Na rozdíl od kvantových piškvorek není superponovaný stav omezen pouze na dvě polohy, ale může zahrnovat všech devět polí s různou vahou.



## Příprava hry:

Jeden z hráčů nebo učitel připraví „kvantovou jachtu v neznámém superponovaném stavu“ – do pytlíčku namíchá žetony označené písmeny tak, aby každý žeton odpovídal například 10% pravděpodobnosti výskytu jachty na daném poli. Celková pravděpodobnost musí být 100 %, proto pytlíček obsahuje celkem 10 žetonů. Pro stav, který je pomocí barevných fólií znázorněn na úvodním obrázku (vrstvením fólie na sebe získává pole tmavší odstín modré), by pytlíček obsahoval:

- žeton E ... 4× (40 %)
- žeton B ... 2× (20 %)
- žeton C ... 2× (20 %)
- žeton F ... 4× (10 %)
- žeton G ... 4× (10 %)

Lze ale použít i 20 žetonů, kdy každý představuje pravděpodobnost 5 %.

## Průběh hry (měření polohy částice)

1. Student vylosuje z pytlíčku jeden žeton. Pokud např. vylosuje žeton A, znamená to, že „naměřil jachtu“ na poli A.
2. Svůj výsledek si zapíše, nebo zaznamená položením čtverečku průhledné fólie na příslušné pole. Při pokládání více fólií na sebe se pole jeví tmavší, čímž přirozeně vzniká grafické znázornění rozložení pravděpodobnosti.
3. Po každém měření je nutné vrátit žeton zpět do pytlíčku.

Vrácení žetonu je zásadní – pokud by žeton nebyl vrácen, nové losování by probíhalo nad jiným rozdělením pravděpodobnosti, než měl původní stav. Studenty je proto potřeba upozornit, že po každém měření musíme „zahodit starou jachtu“ a pro další pokus použít „novou jachtu“ připravenou ve st stavu, který zkoumáme.

Můžeme zde také zmínit redukci stavu při měření v kvantové fyzice. Pokud by „jachta“ opravdu podléhala kvantovým pravidlům, pak by v okamžiku měření = vytažení žetonu z pytlíčku ostatní žetony z pytlíčku zcela zmizeli a poloha „jachty“ by už byla nadále tímto jediným žetonem (protože je jediný, tak odpovídá pravděpodobnosti 100 %) a po měření je její poloha tedy dána.

### Kolik měření provést?

Studenti se často ptají, kolik měření je třeba uskutečnit. Je vhodné je vyzvat, aby sami odhadli, kolik pokusů stačí k dostatečně přesnému určení rozložení pravděpodobností. Často sami přijdou na to, že pro absolutní jistotu by bylo potřeba nekonečně mnoho měření, ale pro praktický odhad stavu obvykle postačí několik desítek měření.

Pozn.: Aktivitu je možné realizovat ve dvojicích, kdy jeden žák nachystá rozložení (pytlíček) a druhý potom „měří“. Pokud chceme zapojit všechny žáky po celou dobu, je vhodnější nachystat dopředu pytlíčky pro dvojice. Pokud je jejich obsah stejný, pak lze spojit výsledky měření všech skupin a ukázat tak zpřesnění při jejich vyšším počtu.