

Kvantové testování bomby a bezinterakční měření

P. Bažant

Lambda meetup 20. 3. 2019

Překročení mezí platnosti klasické fyziky

- 19. století – první pozorování za hranicí platnosti tehdejší fyziky
- Sálání: naivní výpočet intenzity dává ∞ .
- Fotoefekt: elektrony vyražené světlem mají chybnou energii

Překročení mezí platnosti klasické fyziky

- 19. století – první pozorování za hranicí platnosti tehdejší fyziky
- Sálání: naivní výpočet intenzity dává ∞ .
- Fotoefekt: elektrony vyražené světlem mají chybnou energii

Překročení mezí platnosti klasické fyziky

- 19. století – první pozorování za hranicí platnosti tehdejší fyziky
- Sálání: naivní výpočet intenzity dává ∞ .
- Fotoefekt: elektrony vyražené světlem mají chybnou energii

Počátky kvantové mechaniky...

- 1900 Planck: sálání odvádí energii v “kvantech”

$$\varepsilon = h\nu$$

- Tím “vysvětluje”, proč sálání není nekonečné
- 1905 Einstein: samo světlo je kvantované
- Tím “vysvětluje” energie elektronů při fotoefektu
- Bohr cca. 1911: že moment hybnosti je kvantovaný
- Tím “vysvětluje”, proč elektron nespadne na jádro

Počátky kvantové mechaniky...

- 1900 Planck: sálání odvádí energii v “kvantech”

$$\varepsilon = h\nu$$

- Tím “vysvětluje”, proč sálání není nekonečné
- 1905 Einstein: samo světlo je kvantované
- Tím “vysvětluje” energie elektronů při fotoefektu
- Bohr cca. 1911: že moment hybnosti je kvantovaný
- Tím “vysvětluje”, proč elektron nespadne na jádro

Počátky kvantové mechaniky...

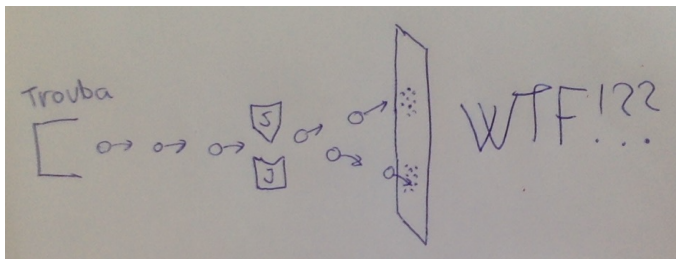
- 1900 Planck: sálání odvádí energii v “kvantech”

$$\varepsilon = h\nu$$

- Tím “vysvětluje”, proč sálání není nekonečné
- 1905 Einstein: samo světlo je kvantované
- Tím “vysvětluje” energie elektronů při fotoefektu
- Bohr cca. 1911: že moment hybnosti je kvantovaný
- Tím “vysvětluje”, proč elektron nespadne na jádro

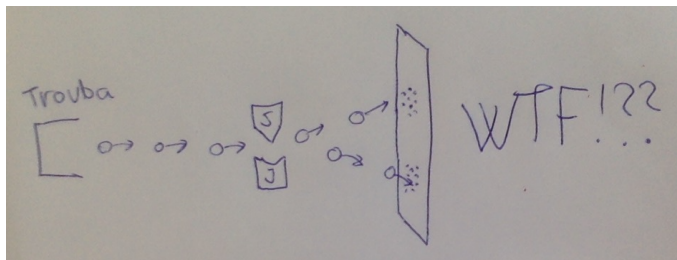
...Počátky kvantové mechaniky...

- 1922 Stern + Gerlach experimentálně potvrzují kvantování momentu hybnosti
- V rozporu s tehdy běžnou zkušeností, nová běžná zkušenost



...Počátky kvantové mechaniky...

- 1922 Stern + Gerlach experimentálně potvrzují kvantování momentu hybnosti
- V rozporu s tehdy běžnou zkušeností, nová běžná zkušenost



...Počátky kvantové mechaniky

- Kde jsou hranice platnosti staré fyziky a co je za nimi?
- 1925 - 27 Heisenberg, Bohr, Schroedinger etc. na to kápli
- Fyzika potřebuje fundamentálně nový rámec – tzv. “kvantovou” mechaniku
- Stará (“klasická”) fyzika platí jako limita té kvantové

...Počátky kvantové mechaniky

- Kde jsou hranice platnosti staré fyziky a co je za nimi?
- 1925 - 27 Heisenberg, Bohr, Schroedinger etc. na to kápli
- Fyzika potřebuje fundamentálně nový rámec – tzv. “kvantovou” mechaniku
- Stará (“klasická”) fyzika platí jako limita té kvantové

...Počátky kvantové mechaniky

- Kde jsou hranice platnosti staré fyziky a co je za nimi?
- 1925 - 27 Heisenberg, Bohr, Schroedinger etc. na to kápli
- Fyzika potřebuje fundamentálně nový rámec – tzv. “kvantovou” mechaniku
- Stará (“klasická”) fyzika platí jako limita té kvantové

...Počátky kvantové mechaniky

- Kde jsou hranice platnosti staré fyziky a co je za nimi?
- 1925 - 27 Heisenberg, Bohr, Schroedinger etc. na to kápli
- Fyzika potřebuje fundamentálně nový rámec – tzv. “kvantovou” mechaniku
- Stará (“klasická”) fyzika platí jako limita té kvantové

Postuláty kvantové mechaniky...

- QM je *rámec* pro organizaci výsledků měření!
 - 1) Každému izolovanému systému odpovídá komplexní vektorový prostor se skalárním součinem ("stavový prostor")
 - 2) Stav systému je popsán vektorem délky 1 ve stavovém prostoru

$$|a\rangle, \quad |||a\rangle|| = 1$$

Postuláty kvantové mechaniky...

- QM je *rámec* pro organizaci výsledků měření!
 - 1) Každému izolovanému systému odpovídá komplexní vektorový prostor se skalárním součinem (“stavový prostor”)
 - 2) Stav systému je popsán vektorem délky 1 ve stavovém prostoru

$$|a\rangle, \quad |||a\rangle|| = 1$$

...Postuláty kvantové mechaniky...

- 3) Každá ano-ne veličina je popsána jako podprostor stavového prostoru. Pravděpodobnost, že výsledkem měření bude “ano” je

$$\|P|a\rangle\|^2,$$

kde $P|a\rangle$ je průmět $|a\rangle$ do toho podprostoru. Pokud vyšlo ano, výsledný stav systému je jednotkový vektor ve směru

$$P|a\rangle,$$

pokud vyšlo “ne”, výsledný stav je jednotkový vektor ve směru

$$|a\rangle - P|a\rangle.$$

...Postuláty kvantové mechaniky

- 4) Složený systém má jako stavový prostor tenzorový součin stavových prostorů podsystémů a pokud jsou jednotlivé systémy ve stavech

$$|a_0\rangle, |a_1\rangle, \dots,$$

složený systém je ve stavu

$$|a_0\rangle \otimes |a_1\rangle \otimes \dots$$

Stav systému je nejstručnější úplné shrnutí znalosti získané předešlými měřeními za účelem předpovídání budoucího vývoje systému a výpočtu pravděpodobností výsledků (principiálně) jakéhokoli měření.

Kvantová mechanika je jednotné podobě aplikována napříč fyzikou, ať už je to kvantová chemie, kvantová teorie pole nebo teorie strun.