

Konsistentit historiat – järkevä  
Kööpenhaminalaistulkinta

Claus Montonen

LFS 18.05.2017

Mitä ”käytännön fyysikko” kvanttimekaniikan tulkinnasta toivoo? (Robert B. Griffiths: *A Consistent History Approach to the Logic of Quantum Mechanics*, kirjassa *Symposium on the Foundation of Modern Physics 1994. 70 Years of Matter Waves*. Toim. Laurikainen, Montonen, Sunnarborg.)

1. Matemaattisesti tarkka, ristiriidaton.
2. Tuottaa tutut kv. mekaniikan tulokset.
3. Ei piilomuuttujia.
4. Realistinen.
5. Lokaalinen.
6. Voidaan käyttää käsitellessä sekä yksittäisiä systeemejä että joukkoja.
7. Mittaukset eivät erikoisasemassa.
8. Kertoo systeemistä jotain myös mittausten välisinä aikoina.
9. Selittää mitä mittauksessa tapahtuu.

10. Ei lakaise makroskooppisia superpositiotiloja maton alle.
11. Ajan kääntö.
12. Sopusoinnussa (erikoisen) suhteellisuusteorian kanssa.
13. Osoittaa miksi kvanttimekaniikka ei ole klassinen mekaniikka.

Einstein olisi lisännyt: 14. Determinismi

Konsistentit historiat:

Robert B. Griffiths 1984 →

+ Gell-Mann, Hartle, Omnès, Hohenberg,  
Wilczek,...

Oppikirja: R. B. Griffiths: *Consistent Quantum Theory*,  
Cambridge University Press 2002 (saatavissa netistä).

Artikkelit *Stanford Encyclopedia of Philosophy*, arXiv, ...

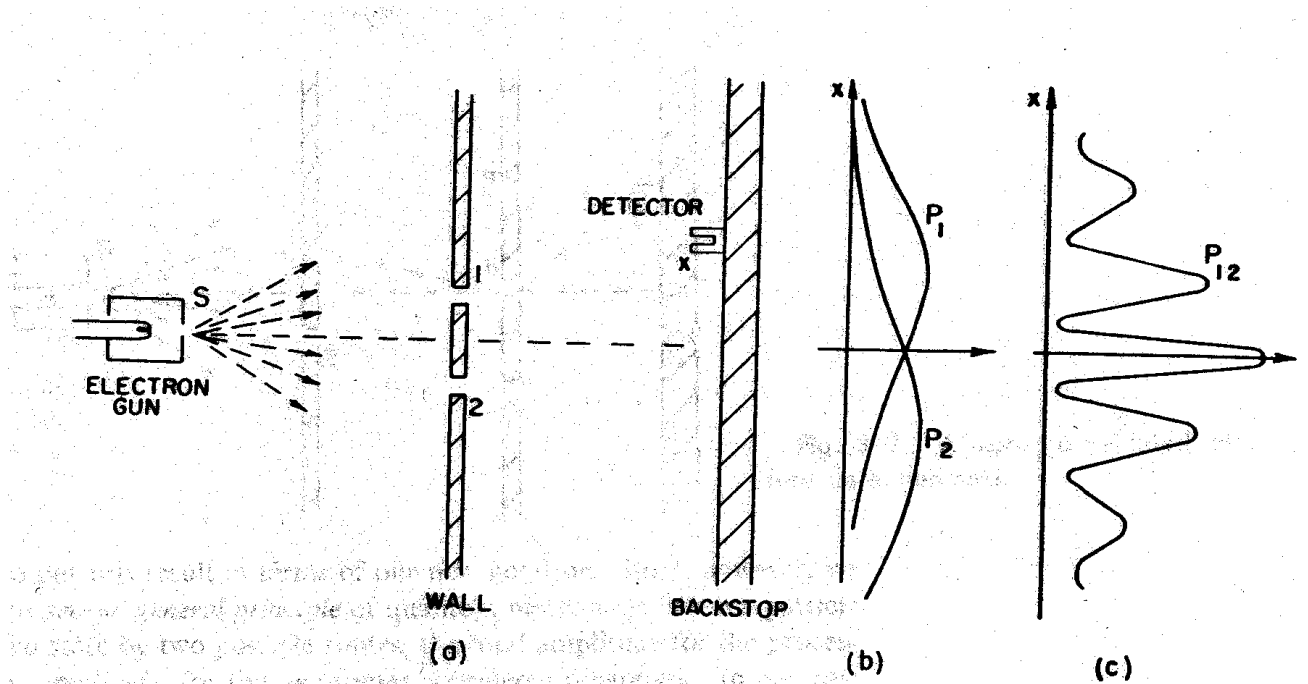
Systemin ominaisuus  $\leftrightarrow$  Hilbertavaruuden aliavaruus

Historia: Systemillä ominaisuus  $a_1$  hetkellä  $t_1$ ,  $a_2$  hetkellä  $t_2$ , ...

Maailma ei-deterministinen (stokastinen), voimme vain laskea eri historioiden todennäköisyyksiä.

Tietty ehto valitsee keskenään konsistentit historiajoukot. Kaikki päättely on tapahduttava yhtä konsistenttia historiajoukkoa käyttäen. Minkä joukon valitsemme riippuu siitä, mihin kysymyksiin haluamme vastauksen. "Mitä todella tapahtui" ?

## Kaksoisrakokoe



(kuvittele monta detektoria  $D_i$  jotka peittävät "backstopin")

Tapaus 1. Konsistentti historiajoukko:

$t_0$  elektroni lähtee kohti rakoseinää

$t_f$  detektori  $i$  havaitsee elektronin

Historioitten todennäköisyysjakauma (c):n mukainen.

Voimme lisätä historioihin ominaisuuden: hetkellä  $t_j$  juuri ennen  $t_f$  hiukkanen lähellä detektoria  $D_i$ : jakauma edelleen sama. Elektroni siis todella osui detektoriin.

Pätevät kokeilijat tietävät mitä tekevät.

Tapaus 2. Lisätään ilmaisimia  $I_{1,2}$  (eivät tuhoa elektroneja) rakojen 1,2 kohdalla.

Konsistentti historiajoukko:

$t_0$  elektroni lähtee kohti rakoseinää,

$t_1$  ilmaisimien  $I_1$  tai  $I_2$  laukeaa (jompikumpi, ei molemmat)

$t_f$  detektorit  $D_i$  havaitsee elektronin.

Historioitten todennäköisyysjakauma (b):n summan  $P_1+P_2$  :n mukainen.

Elektroni siis läpäisi joko raon 1 tai raon 2.

Yhteenveto:

Stokastisuus on kvanttimekaniikan perusolemus.

Mittaukset ovat fysikaalisia prosesseja kuten muutkin.

Samat kvanttimekaniikan lait ohjaavat kaikkia prosesseja.

Ei ole olemassa erillistä klassista maailmaa, erillisiä klassisia mittauslaitteita.

Joskus klassinen mekaniikka on hyvä approksimaatio; kvanttimekaniikan lait määräävät milloin.



