



Johdatus kvantti- mekaniikkaan



The project is co-funded by the Erasmus+ Programme of the European Union. Grant Agreement n° 2016-1-IT02-KA201-024373.



It's your time to imagine the futures

**I think I can safely say that
nobody understands
quantum mechanics.**

Richard Feynman



**Young man, in mathematics
you don't understand things.
You just get used to them.**

John von Neumann



Kokeellinen havainto:

Elektronilla on binäärisiä ominaisuuksia.

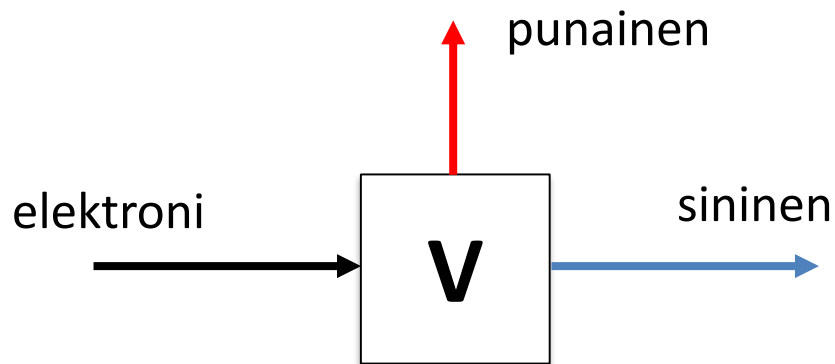
«Väri»: punainen tai sininen.

«Muoto»: kolmio Δ tai neliö \square .



Kokeellinen havainto:

Elektronilla on binäärisiä ominaisuuksia.

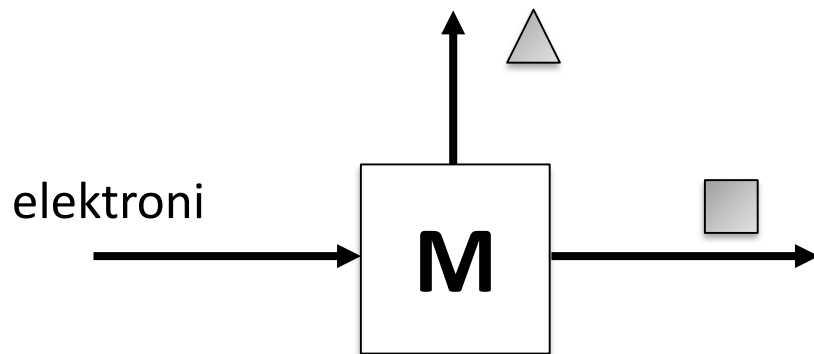


«väri»



Kokeellinen havainto:

Elektronilla on binäärisiä ominaisuuksia.

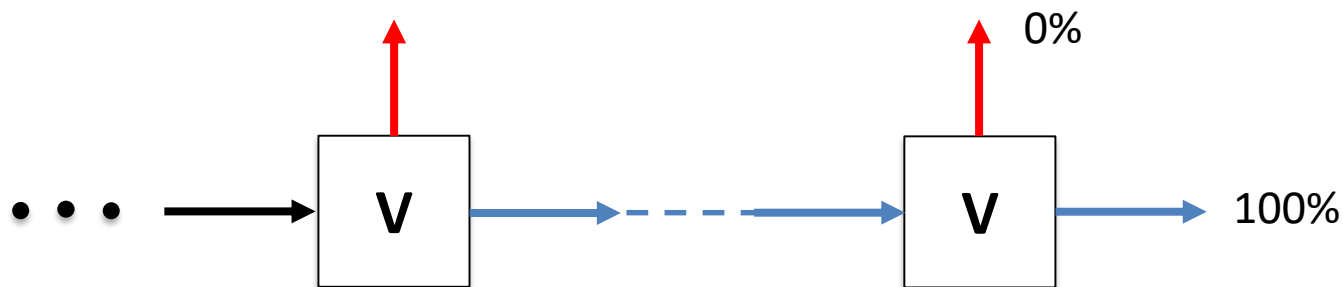


«muoto»



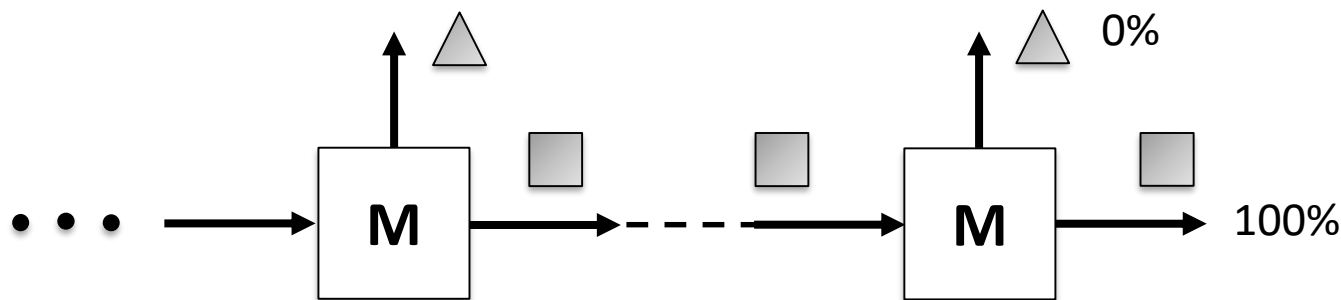
Toinen kokeellinen havainto:

Väri ja muoto säilyvät.

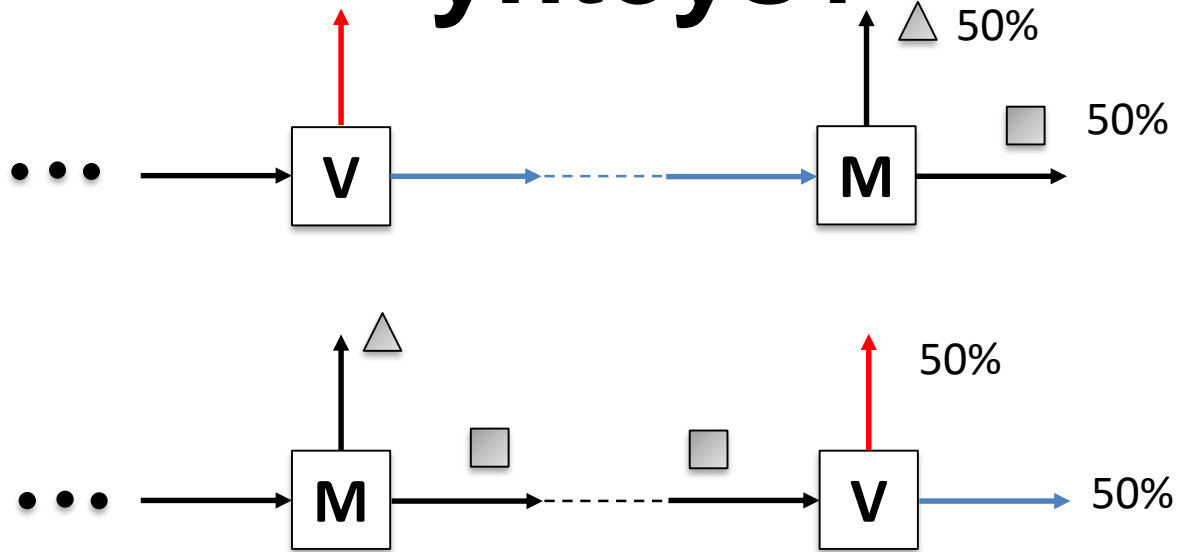


Toinen kokeellinen havainto:

Väri ja muoto säilyvät.



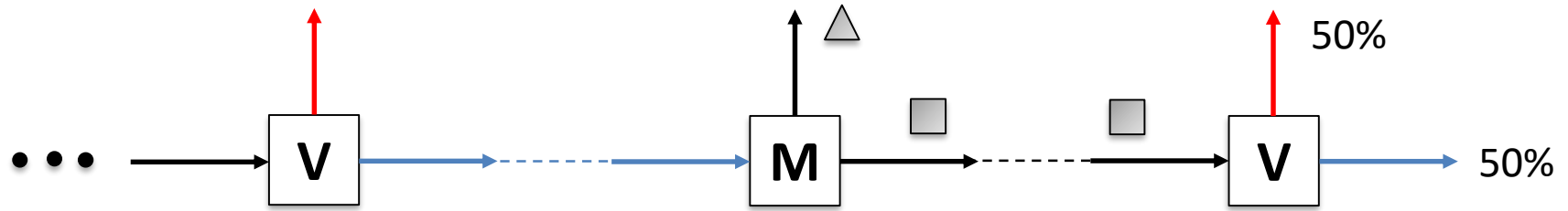
Onko väriä ja muodolla yhteys?



Väri ei kerro mitään muodosta, eikä muoto väristä.



Seuraus:



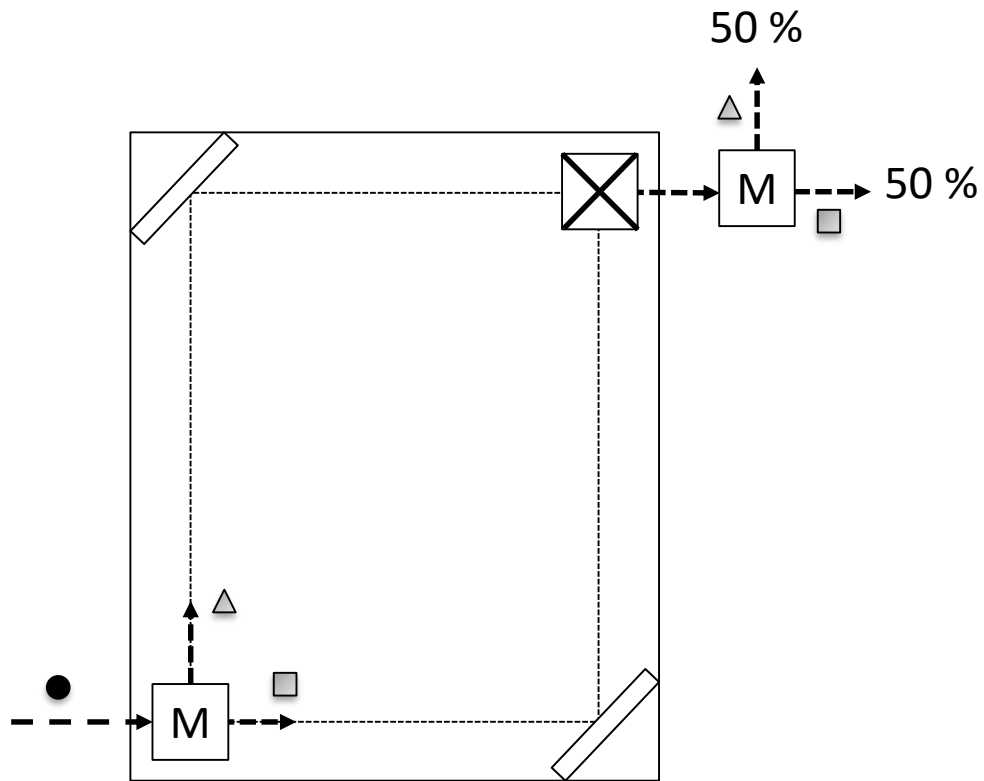
Väri ja muoto eivät säily kuten klassiset suureet!



Kvanttimekaniikka

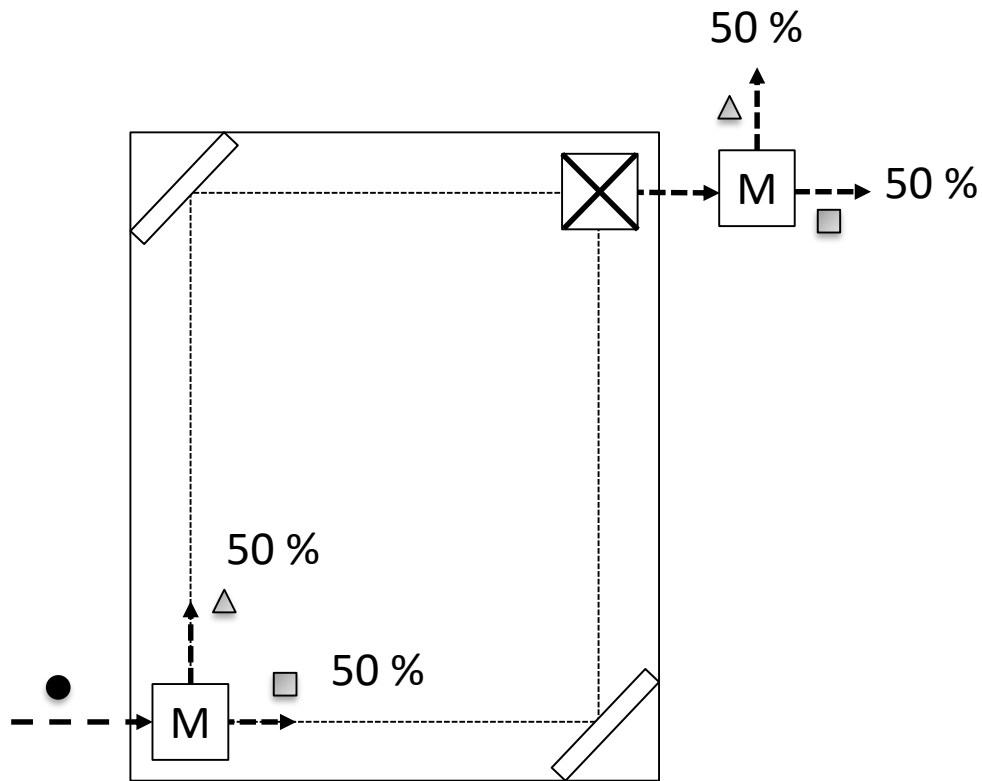
Ominaisuuden «väri» arvoa ei ole olemassa,
kun ominaisuuden «muoto» arvo tunnetaan.





Missä suhteessa
havaitaan
kolmion- ja
neliönmuotoisia
elektroneja?

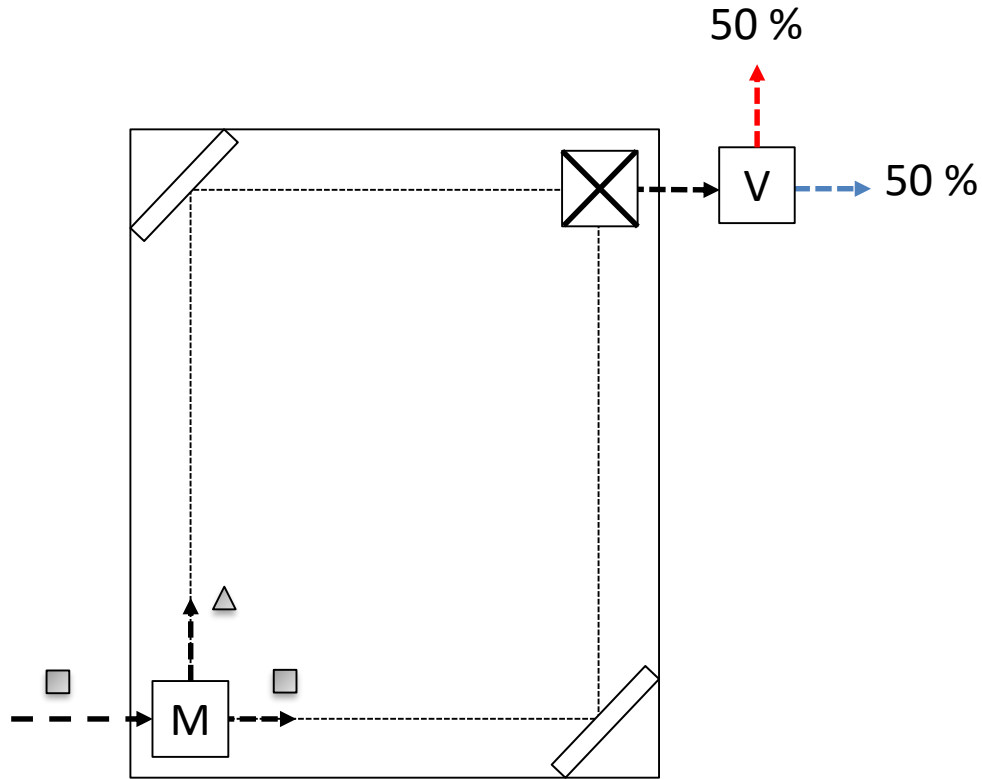




Missä suhteessa
havaitaan
kolmion- ja
neliönmuotoisia
elektroneja?

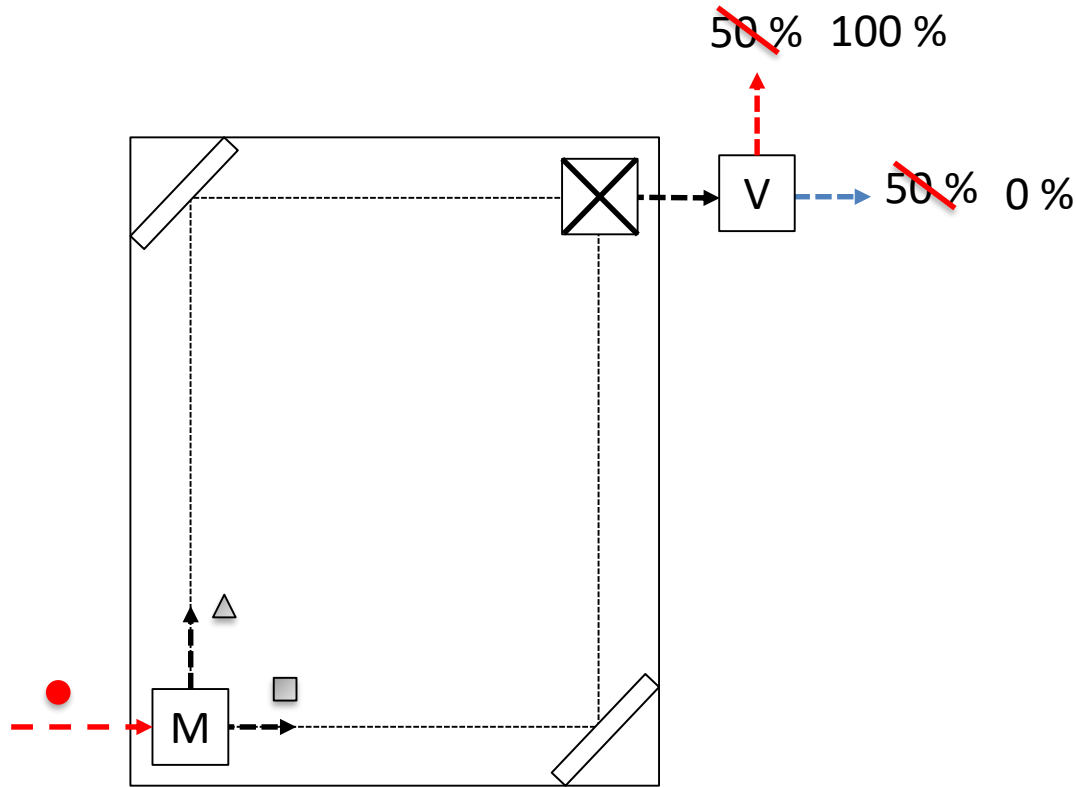
sininen tai punainen





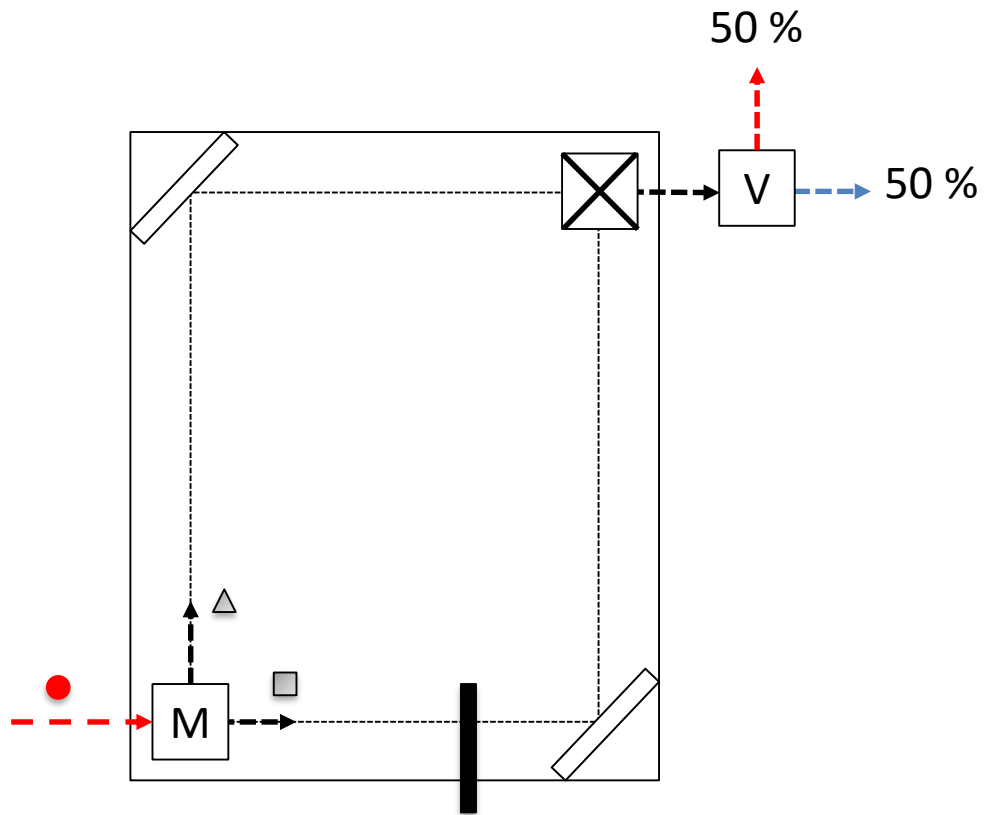
Missä suhteessa
havaitaan
punaisia ja sinisiä
elektroneja?





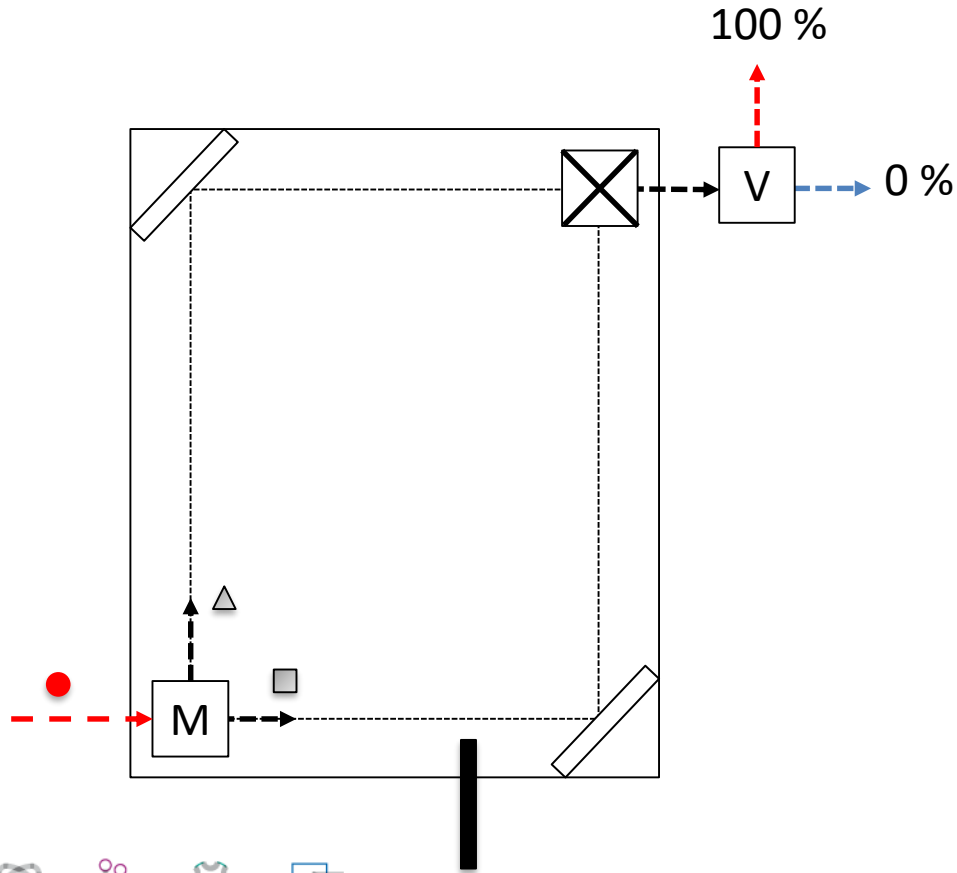
Missä suhteessa
havaitaan
punaisia ja sinisiä
elektroneja?





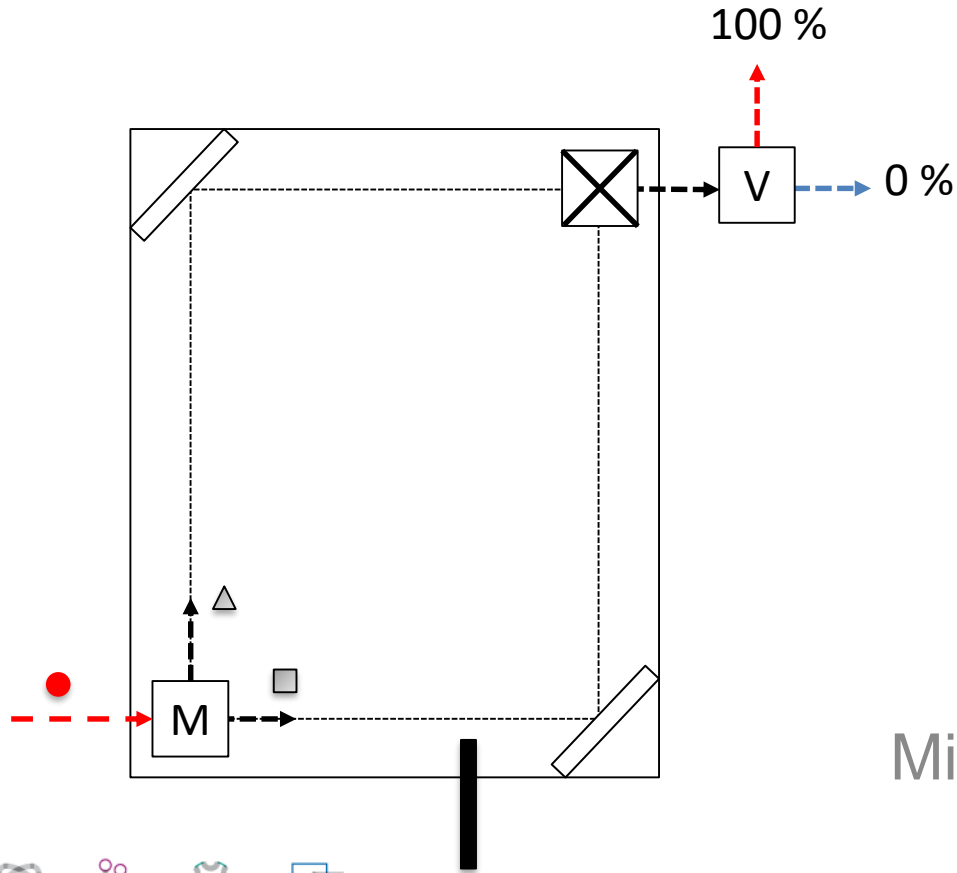
Missä suhteessa
havaitaan
punaisia ja sinisiä
elektroneja?





Missä suhteessa
havaitaan
punaisia ja sinisiä
elektroneja?

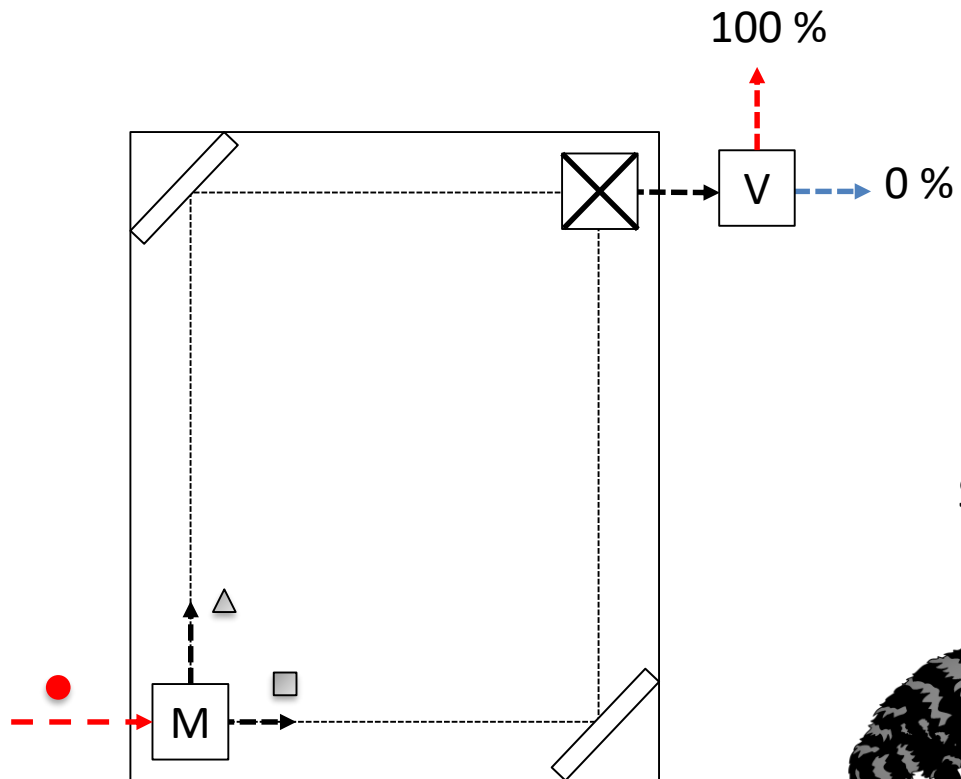




- Kulkiko elektroni ylempää reittiä?
- Kulkiko elektroni alempaa reittiä?
- Kulkiko elektroni molempia reittejä?
- Kulkiko elektroni kumpaakaan reittiä?

Mitä elektronin reitti tarkoittaa?





Kolmion- ja nelionmuotoisten elektronien *superpositio*:

$$\bullet = \triangle + \square$$

Schörringerin kissa:



pictures from pixabay (modified)

Kvanttimekaniikassa

- ... systeemiä kuvataan tilavektorilla.

$$|\bullet\rangle = a|\triangle\rangle + b|\square\rangle$$

- ... tilavektori sisältää kaiken informaation systeemistä.
- ... kokeellinen havainto:
Elektronilla on binäärisiä ominaisuuksia.



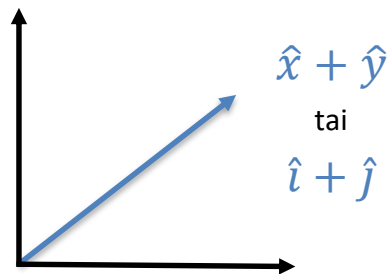


$$|\bullet\rangle = a|\triangle\rangle + b|\square\rangle$$

Vertaa: tason vektorit

$$\vec{v} = a\hat{x} + b\hat{y}$$

Pituus: $|\vec{v}| = \sqrt{a^2 + b^2}$



Normitettu vektori:
(yksikkövektori)

$$\hat{v} = \frac{1}{|\vec{v}|} \vec{v}$$

$$= \frac{a}{\sqrt{a^2 + b^2}} \hat{x} + \frac{b}{\sqrt{a^2 + b^2}} \hat{y}$$



Todennäköisyydet

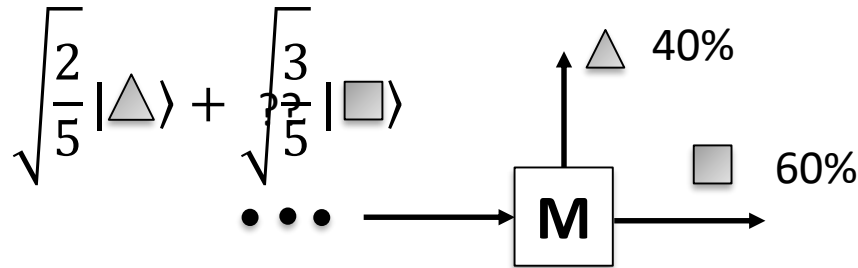
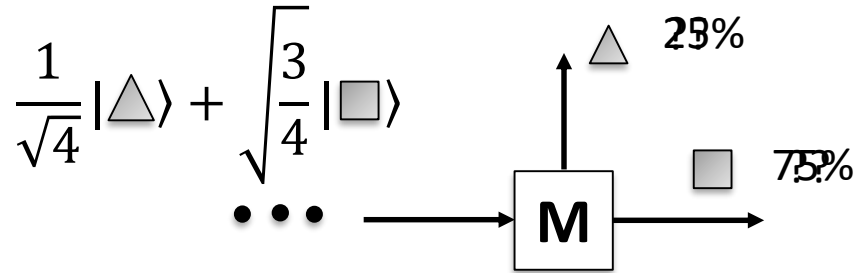
$$|\bullet\rangle = a|\triangle\rangle + b|\square\rangle$$

$$\left(\frac{a}{\sqrt{a^2 + b^2}}\right)^2 = \text{Todennäköisyys havaita kolmionmuotoinen elektroni.}$$

$$\left(\frac{b}{\sqrt{a^2 + b^2}}\right)^2 = \text{Todennäköisyys havaita neliönmuotoinen elektroni.}$$



Todennäköisyydet

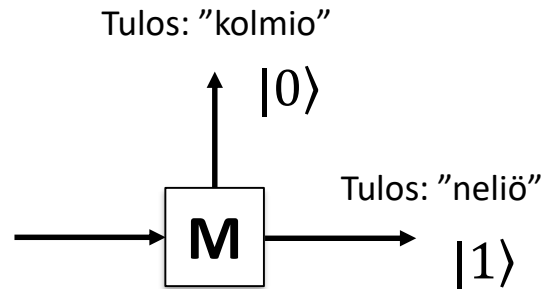


Yhteenvedo

Elektronin tilat: $|\triangle\rangle$ $|\square\rangle$

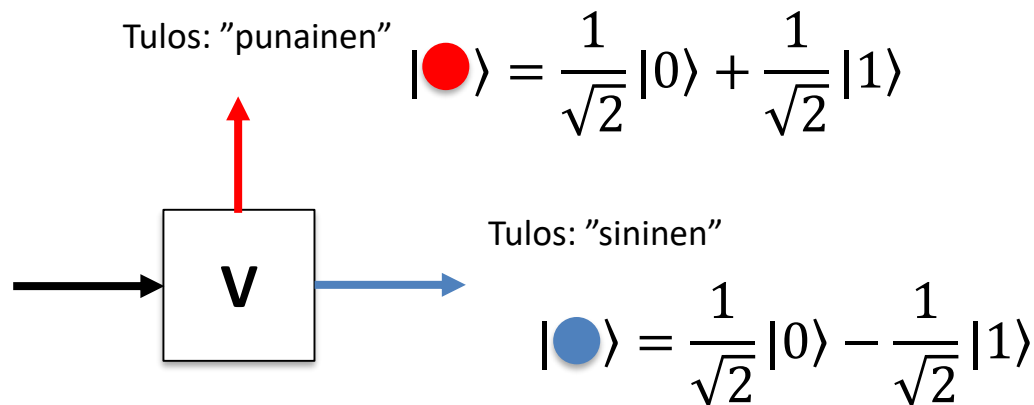
Merkitään: $|\triangle\rangle \equiv |0\rangle$ $|\square\rangle \equiv |1\rangle$

Tilojen valmistaminen:



Yhteenveto

Voidaan valmistaa myös superpositiotiloja:



Yhteistyökumppanit





It's your time to imagine the futures

www.iseeproject.eu
iseeproject.eu@gmail.com



The project is co-funded by the Erasmus+ Programme of the European Union.
Grant Agreement n° 2016-1-IT02-KA201-024373.