

Meten aan kwantumverstrengeling, iets voor scholieren?

Werkgroep 40

M. Sas, P. Cats, S. Dijcks, P. Govers, M. Mies & S. Blom

Fontys Hogeschool voor Toegepaste Natuurwetenschappen, Eindhoven

Dit document bevat links over Kwantumverstrengeling, aanvullend op de WND-werkgroep "Meten aan kwantumverstrengeling, iets voor scholieren?".

In de blog <http://vanjoolingen.nl/?p=276> wordt verstrengeling heel toegankelijk, en toch kort en bondig beschreven. Bovendien geeft Wouter van Joolingen hier zijn simulatie die de essentie echt concreet maakt. De correlatie tussen de uitkomsten van de metingen volgens de quantummechanica kunnen met dit model vergeleken worden met die volgens de klassieke mechanica.

Uitleg van meten aan verstrengelde fotonen door Scientific American (met duidelijke beelden van de opstelling): <http://m.youtube.com/watch?v=Z34ugMy1QaA>

Rollenspel dat uitlegt waarom correlaties vergeleken moeten worden om klassiek van kwantumgedrag te scheiden: <http://m.youtube.com/watch?v=xM3GOXaci7w>

Quantum Computers Animated <http://phdcomics.com/tv/#046> (3:30) met uitleg van verstrengeling en correlaties.

Uitwerking (in tabel) van verschillende mogelijkheden, om te laten zien dat Bell-ongelijkheid klassiek geldt: <http://www.youtube.com/watch?v=qd-tKr0LJTM>

Uitleg (animatie) over metingen aan verstrengelde elektronen met uitleg ongelijkheid voor spins: <http://www.youtube.com/watch?v=iVpXrbZ4bnU> 8:30 t/m 20:30. NB: rotatie over 45° voor spindetectie is equivalent met rotatie over 22.5° voor polarisatiedetectie. Bovendien is in deze uitleg bij 19:50 minder duidelijk dat met "dezelfde richting" bedoeld wordt "dezelfde richting ten opzichte van de detector". (De detectoren zijn bij 19:50 gedraaid, als de pijlen allebei blauw zijn wordt dat 'dezelfde richting' genoemd).

Artikel over didactisch gebruik van metingen aan verstrengeling:

<http://www.optics.rochester.edu/workgroups/lukishova/QuantumOpticsLab/homepage/mitche11.pdf>

Website met online kwantumlaboratorium:

<http://www.didaktik.physik.uni-erlangen.de/quantumlab/english/index.html>

NLT-module "Kwantumstructuur van de materie":

http://betavak-nlt.nl/les/modules_v/modules/Kwantumstructuur_van_de_materie/

NiNa VWO-module "Quantumwereld":

http://www.nieuwenatuurkunde.nl/download/id/45/Quantumwereld_sep_2010.pdf

Dubbelspleet-experiment voor Quantumwereld (door Aernout van Rossum):

http://www.dbkna.nl/DBKprijsvraag/2011/2prijs%20-%20Aernout%20van%20Rossum/Dubbelspleetexperiment_voor_quantumwereld.pdf

Vergelijkbare experimenten uitgevoerd om de claim op een kwantumcomputer te testen:

<http://gerardusjanssen.blogspot.nl/>

<http://blogs.scientificamerican.com/guest-blog/2013/08/27/quantum-computing-disentangled-a-look-behind-the-d-wave-buzz/>

Verstrengeling en wormgaten: de grote vraagtekens die nu spelen over lokaliteit en zwarte gaten:

<http://blogs.scientificamerican.com/observations/2013/08/23/wormholes-may-save-physics-from-black-hole-infernos/>

College Quantum Entanglement Leonard Susskind, Stanford University (zeer volledig, universitair niveau):

<http://www.lecture-notes.co.uk/susskind/quantum-entanglements/>

Schending van de Bell-ongelijkheid voor elektronspins (hiervoor is wel achtergrond in de kwantummechanica nodig):

<http://www.lecture-notes.co.uk/susskind/quantum-entanglements/lecture-5/violation-of-bells-theorem/>

<http://www.youtube.com/watch?v=XILsTaJn9AQ#t=2682>

De aangekochte opstelling die wij gebruiken (van het bedrijf Qutools):

<http://www.qutools.com/products/quED/>