

**“to quantum-brainwash
our youth
before they get hooked on
classical mechanics”**

Quantum educatie aanbod voor het voortgezet onderwijs



**Universiteit
Leiden**
The Netherlands

Discover the world at Leiden University

<https://menti.com>, code 52 33 18 6



<https://www.mentimeter.com/app/presentation/alnktf84ski8zgm4gyiki8vwssdergqy/edit?source=share-modal>



**Universiteit
Leiden**
The Netherlands

Discover the world at Leiden University

Wie zei:

**“Ik ben even door het document
Kansen met Quantum gegaan.**

**Dit is mooie en prikkelende stof.
Hier en daar wel wat pittig.”**

Wie zei:

**“Ik ben even door het document
Kansen met Quantum gegaan.**

**Dit is mooie en prikkelende stof.
Hier en daar wel wat pittig.”**

dr.ir. Armand J.C. Stekelenburg

IBM Quantum Ambassador



Michiel Thijssen, MSc.

Teacher & High school liaison Physics

Thijssen@physics.leidenuniv.nl



**Universiteit
Leiden**
The Netherlands

Discover the world at Leiden University

Kansen met Quantum module voor NLT (vwo)

en QuantumKeuzes voor de brede onderbouw...



**Universiteit
Leiden**
The Netherlands

Discover the world at Leiden University

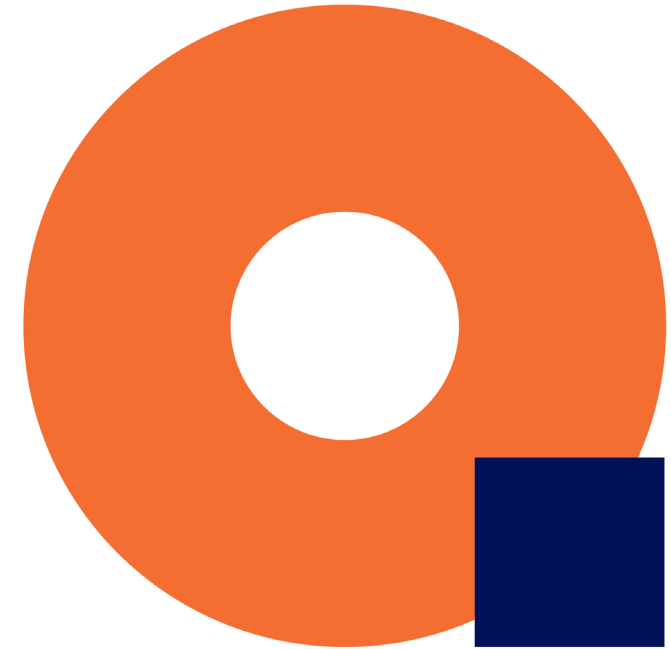
Waarom zijn jullie hier?

Ongehoorde Kansen met Quantum: dé NLT-module over Quantumcomputing¶

Kansen met Quantum is de enige gecertificeerde vwo-module voor het vak NLT (Natuur, Leven en Technologie) over de beloftes van quantumcomputing. Weinigen hebben er al over gehoord, maar al over een jaar of 10 is rekenen met qubits voor iedereen gewoon. Om niet (zoals met AI) overvallen te worden door deze nieuwe technologie, kan je quantumcomputing met deze module begrijpen en krijgen de maatschappelijke en ethische gevolgen van de quantumleap die het rekenen met qubits met zich meebrengt ook aandacht. Tijdens deze workshop ontdek je hoe leerlingen met eenvoudige wiskunde ingewikkeld lijkende dingen als teleportatie kunnen begrijpen. We spelen Alice en Bob om quantum protocollen te bevatten en je leert welke extra uitdaging de module biedt voor gevorderde leerlingen. Neem je eigen device mee en bekijk alvast de leerling-versie van de module, op <https://quantumrules.nl/kansen-met-quantum-2/>.¶

Opzet werkgroep

1. Aanbod Quantum Educatie in NL en Leiden
2. Kansen met Quantum module opzet
3. In groepen werken:
 - QuantumKeuzes module
 - Kansen met Quantum module
4. Delen / uitwisselen
5. Vragen
6. Extra: onderzoek impact Quantum Rules! lab



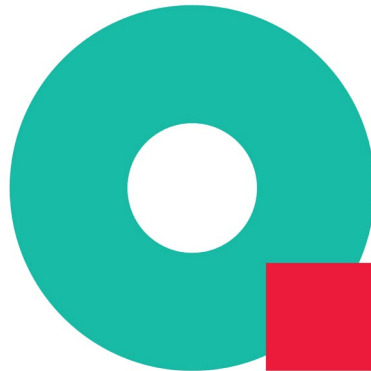
quantum
labs

Quantum Education for the Younger Generation

Quantum Labs in vijf hubs:

Delft, Eindhoven, Leiden, Twente
en Amsterdam

primair
onderwijs



voortgezet
onderwijs



Aanbod



TU Delft

- NLT-module (havo)
Quantum Ready (nlt, havo)
Gastspreker en/of assistentie in de klas
- QuantumLab:
begeleiding pws,
bezoek met een klas (testen v.a. maart, operationeel v.a. september)



Universiteit Leiden

- NLT-module (vwo)
Kansen met Quantum
- QuantumKeuzes
Lesmodule voor de onderbouw
- QuantumLab Quantum Rules!
bezoek met een klas
- Contact.vwo netwerk
PWS, bijscholing, ...

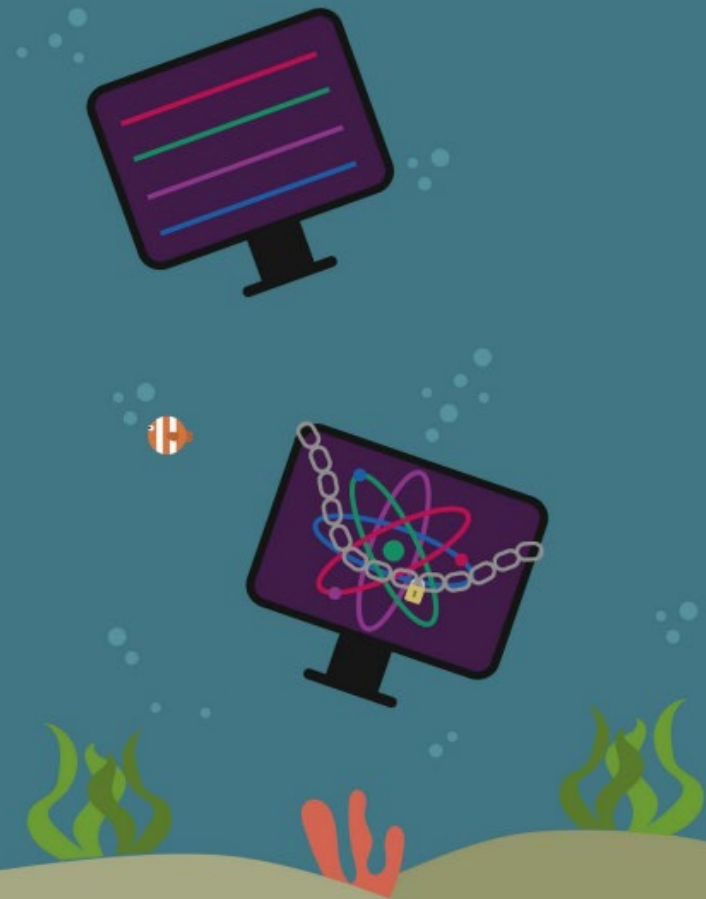


[illegible]



QuantumKeuzes

Deze lessen zijn ontwikkeld in samenwerking tussen het Quantum Rules! Lab en De Denkschool



Deze lesmodule is ontwikkeld in een samenwerking tussen het Quantum Rules! Lab en de filosofen van De Denkschool, met financiering van het Quantum Delta NL groeifonds.

Het doel van de module is om gesprekken over (quantum)technologie te voeren in de onderbouw van het voortgezet onderwijs, om leerlingen kennis te laten maken met quantum, ze voor te bereiden op toekomstige uitdagingen en te oefenen met burgerschapsvaardigheden.

De module is ontwikkeld door:

- Mirjam Poolster (Verhaal en redactie)
- Werner van Rossum (Stencils en redactie)
- Caroline van Twillert (Handleiding en redactie)

Verder werkten mee:

- Tessa (illustraties)
- Michiel Thijssen (redactie)

Voor gebruik
in klas 2 of 3
van het vmbo,
havo of vwo:
meerdere
varianten in 1!



Quantum Rules!

Experimenten voor de quantumwereld

Iedereen interesseren quantumtechnologie

Beste docent en geïnteresseerde,

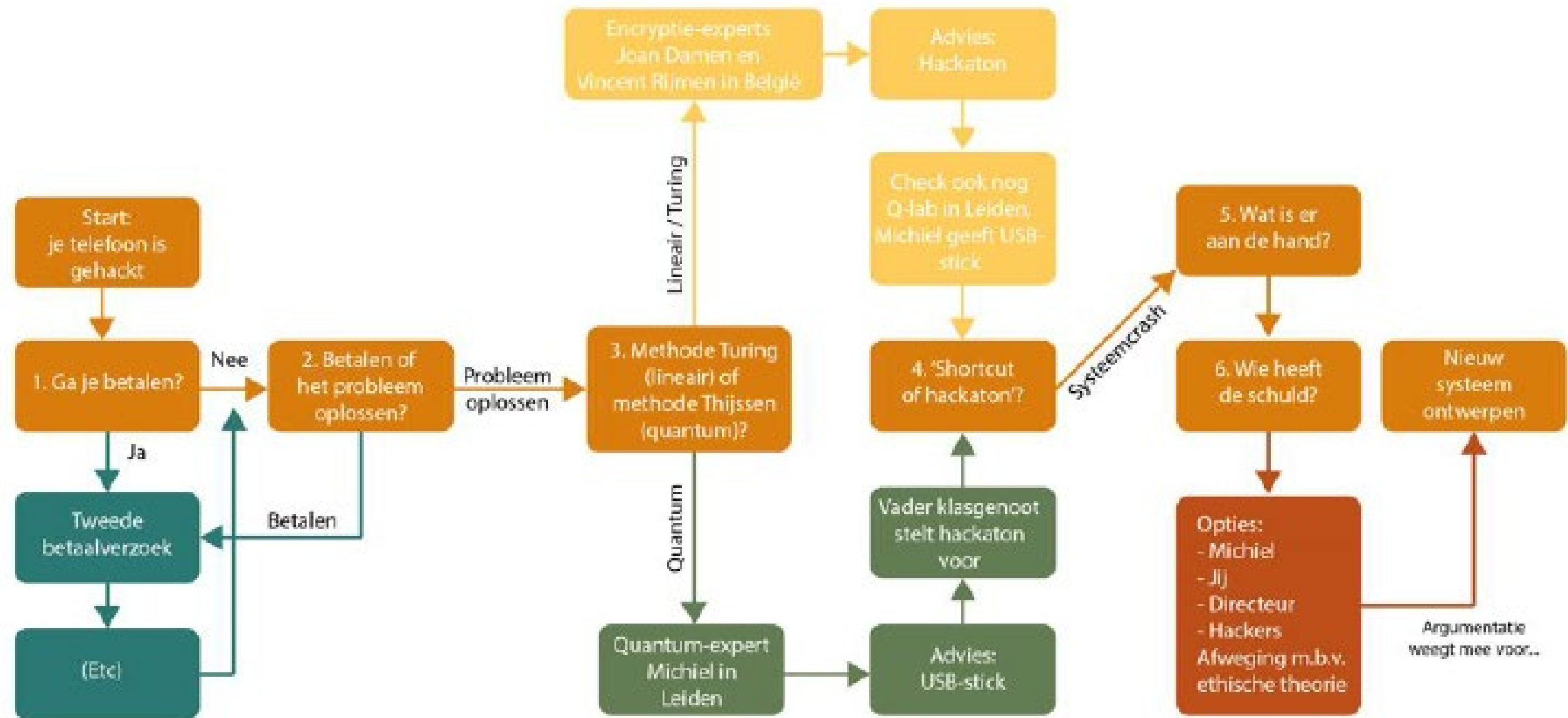
Voor je ligt een lessenreeks van 5 lessen die je een handvat geeft om in het kader van mediawijsheid en burgerschap quantumcomputers te bespreken. Op een interactieve en speelse manier maken leerlingen in het voortgezet onderwijs kennis met het kraken van codes door encryptie, leren ze hoe een quantumcomputer verschilt van een klassieke computer en oefenen ze met morele vraagstukken waarbij ze nadenken over hun eigen verantwoordelijkheid.

Wat we vooral hopen te bereiken is dat je de leerlingen ruimte geeft om zelf te denken, zelf op onderzoek te gaan en af en toe een stap terug te zetten. Hoewel de lessenreeks genoeg inhoudelijke leerstof omvat, is het belangrijker dat de leerlingen vooral zelf de codes (en hun hersenen) kraken. Het moet geen reeks zijn die je even aftikt, neem er de tijd voor en handel als docent zoals Socrates zou doen: *neem aan dat het enige dat je zeker weet is dat je niets weet.*

Technologie, filosofie, vóór profielkeuze

Hoe is de lessenreeks opgebouwd?

Les 1	Je geld of je leven	De leerlingen komen erachter dat hun telefoon gehackt is.
Les 2	Codekrakers	De leerlingen moeten een oplossing maken en leren over codes kraken.
Les 3	Sticken of tikken	De leerlingen moeten bepalen welke oplossing het beste is.
Les 4	Wie, wat, waar?	De leerlingen denken na over wie er verantwoordelijk is voor het platleggen van het systeem op school.
Les 5	Red het systeem	De leerlingen worden op een creatieve manier uitgedaagd om een voorstel te doen voor een nieuw systeem op school, eentje die niet gehackt kan worden.



Kansen met Quantum

Vwo module voor Natuur, Leven en Technologie of daarbuiten



**Universiteit
Leiden**
The Netherlands

Discover the world at Leiden University



Kansen met Quantum

Een NLT-module over Quantumcomputing

Guido Linssen
Anne-Marije Zwerver
Martin Mollema
Henk Buisman

Docentenhandleiding
Versie: 1.1
2023-10-13

De lesmodule *Kansen met Quantum* is geschreven in opdracht van Vereniging NLT en is bestemd voor de lessen NLT (Natuur, Leven en Technologie). De module is op 15 oktober 2022 gecertificeerd door de Vereniging NLT, onder nummer 6140-099-E1-2F1 en is geldig tot 16 oktober 2027. De module is relevant voor de domeinen:

- VWO E1: Methoden en technieken van technologische ontwikkeling
F1: Fundamentele theorieën

versie 1.0: oktober 2022 gecertificeerd

versie 1.1: oktober 2023 update

De module is ontwikkeld door:

- **Guido Linssen** (v/h Gymnasium Feliseum, Velsen)
- **Annemarije Zwerver** (QuTech, Delft)
- **Martin Mollema** (Scala College, Alphen aan de Rijn)
- **Henk Buisman** (eindredactie, Universiteit Leiden)

Verder werkten mee:

- **Hans van Bemmelen**(didactisch advies)
- **Ronald de Wolf** (wetenschappelijk advies)
- **Lianne van der Meer** (redactie)
- **Dennis Wijmer** illustraties

Kansen met Quantum

- Leerdoel: een quantumcomputer is echt anders dan een klassieke
- Voor een brede populatie van leerlingen eind 5 VWO of 6VWO
 - Binnen context vak NLT, leerlingen met Natuurkunde & Wiskunde B
 - Voor leerlingen zonder natuurkunde en alleen wiskunde-A in hun pakket: inzicht te verschaffen in magische onderwerp quantumfysica
- Benodigde voorkennis:
 - Wiskunde: werken met haakjes (lineaire algebra); goniometrie (projectie van vectoren)
 - Natuurkunde: trilling & golven / interferentie; logische poorten

Kansen met Quantum

- De enige gecertificeerde NLT-module voor het vwo over quantum computing
- Leerlingmateriaal:
 - PDF, 110 pp.
 - Te vinden op <https://quantumrules.nl> onder Downloads
- Docentenmateriaal:
 - PDF met uitwerkingen en suggesties
 - Te verkrijgen via website Vereniging NLT (log-in)
 - Materiaal voor proeven, quantumkoffer
 - Geogebra simulatie (proef van Young)

Structuur KmQ module:

- Uitgangspunt: 3 contact-uren per week, 6 lesweken
- Week 1: H1
- Week 2: H2
- Week 3: H3
- Week 4: Toets, praktische opdrachten
- Week 5: praktische opdrachten
- Week 6: praktische opdrachten, presentaties

Hulpmiddelen:

- Geogebra simulatie (Young) **geogebra** Geogebra instellingen uit de tabel komen aardig overeen met de experimentele resultaten.



Figuur 6.1: intensiteitspatronen van enkel- (l) en dubbelspleet (r).
leg ze op elkaar, benoem de verschillen en de overeenkomsten

- Drie polarisatiefilters (Malus)
- Quantumkoffer met dubbelspleet experiment (in Groningen, Twente, Delft)

Toets Quantum computing NLT module

Duur 45 minuten.

Deze toets bestaat uit 14 vragen waarmee 32 punten te behalen zijn.

Stellingen (waar of niet waar)

- 1 Een zuivere toestand $|0\rangle$ is nooit te schrijven als een superpositie van 2 basisvectoren. (1p)

Niet waar

- 2 Een deeltje in een toestand $\alpha|\phi\rangle + \beta|\psi\rangle$ heeft een kans α^2 om gemeten te worden. (1p)

Niet waar

- 3 Een gewone computer heeft geen poorten. (1p)

Niet waar

- 4 Verstrengeling is een eigenschap van één qubit. (1p)

Niet waar

- 5 Door verstrengeling kun je informatie sneller dan de lichtsnelheid versturen. (1p)

Niet waar

Poorten

- 6 Een klassieke **EN** poort geeft voor invoer van twee toestanden a en b die beide 0 of 1 kunnen zijn de waarde 0 als minstens een van de toestanden a of b gelijk aan 0 is.

Laat zien dat je $a \text{ EN } b$ kunt schrijven als:

(de waarde van a) + (de waarde van b) – 1 $\geq$ 1. (2p)

Bijvoorbeeld

a	b	$a \text{ EN } b$	$(a)+(b)-1$	$(a)+(b)-1 \geq 1$
0	0	0	-1	Onwaar
0	1	0	0	Onwaar
1	0	0	0	Onwaar
1	1	1	1	Waar

Begrip

- 7 Leg uit of een quantum computer elk probleem kan oplossen. (2p)
Niet waar plus argument
- 8 De klassieke **EN** poort is omkeerbaar. (2p)
Niet waar $a=0$ en $b=0$ is niet te onderscheiden van $a=0$ en $b=1$

Stern-Gerlach

Bij het Stern-Gerlach experiment wordt een stroom van deeltjes met spin door een magneet veld gesplitst in twee bundels. Elke bundel heeft alleen deeltjes van een spin soort, up $|0\rangle$ of down $|1\rangle$. Dit is een vorm van ontbinden in basisvectoren.

Als we nu de deeltjes met spin up door een magneet veld laten gaan dat een hoek van 45° maakt met het eerste magneet veld worden de deeltjes opnieuw gesplitst. Leg dit uit met behulp van superpositie. (4p)

Noem up $(0,1)$ **(1p)**

en de nieuwe assen $a = (\frac{1}{2}\sqrt{2}, \frac{1}{2}\sqrt{2})$ en $b = (-\frac{1}{2}\sqrt{2}, \frac{1}{2}\sqrt{2})$ **(1p)**

$a+b = (0, \sqrt{2})$ **(1p)**

$(0,1) = \frac{1}{2}\sqrt{2} (a+b)$ **(1p)**

Twee delen:

- Opbouw begrippenapparaat

- Inleiding: van Young's dubbelspleet, polarisatie incl. zelf experimenteren
- Klassieke computer vs. Quantum computer: bits vs. Qubits, criteria
- Bouwblokken quantum computer: quantum poorten, protocollen, wat kan alleen op een quantumcomputer
- werkbladen

N.B. te begrijpen met wiskunde van vwo niveau

- Praktische opdrachten

- Quantumencryptie: BB84
- Quantumcodering
- Algoritme voor teleportatie
- Werken op een quantum computer
- Impact op de samenleving
- Verdere verdieping (Wiskunde D): Hilbert ruimtes, Taylor reeksen

Aan de slag in groepen:

- Kansen met Quantum module

- www.quantumrules.nl onder Downloads: leerlingversie PDF
- H1 tekst + opgaven + werkbladen
- H2 tekst + opgaven + werkbladen
- H3 tekst + opgaven + werkbladen
- Praktische opdrachten
- Docentenhandleiding bekijken:
antwoorden opgaven
suggesties opbouw, extra materialen

- QuantumKeuzes module

- www.quantumrules.nl onder Downloads: webversie PDF
- 5 lessen
 - opbouw doornemen
 - verhaal module doornemen
 - varianten vmbo / havo / vwo
- 5 Stencils met opdrachten maken

Toekomst KmQ module:

- Bijwerken (tekstueel)
- Toevoegen toepassingsgebieden, bijv. quantumchemie (VU)
- Toevoegen materiaal om quantum awareness te vergroten
- Samenwerking met IBM Quantum: workshop, excursie
- Aanbieden support bij implementatie op school
- ...

Interesse?

Voor modules Kansen met Quantum en QuantumKeuzes is ondersteuning mogelijk:

- Gastlezing door onderzoeker
- Student-assistent op school
- Uitwisseling tussen docenten (PLG)

Heeft u interesse om een van de modules te gebruiken? Mail of bel mij!

Michiel Thijssen, Teacher & High school liaison Physics

Thijssen@physics.leidenuniv.nl

06-39788593