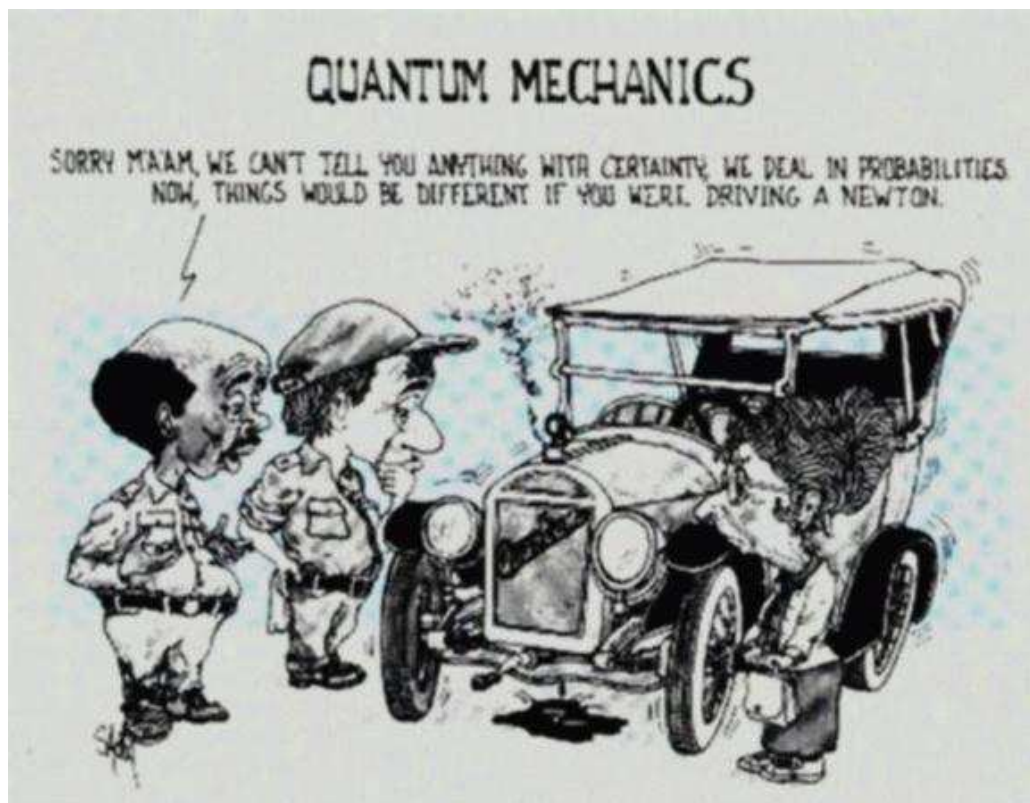


# Lessenserie

# Quantummechanica

5/6 VWO



Docentenhandleiding

## **"Quantumtheorie – WAAR? In ieder geval: RAAR!"**

### **Opzet en doelen**

In deze serie van 3 lessen wordt voor leerlingen in klas 5 of 6 VWO een introductie gegeven op de quantummechanica.

Uitgangspunten zijn:

- Als oude theorieën niet meer voldoende beschrijven wat we waarnemen, dan moet er een nieuwe theorie komen.
- De Qm is zo'n nieuwe theorie.
- Uit nieuwe theorieën komen vaak voorspellingen die raar zijn.

De opbouw van de lessen is:

Les 1

- historisch overzicht natuurkunde – ontstaan nieuwe theorieën
- Voorbeeld gekke voorspellingen : BEC en 2 spletenexperiment.

Les 2

- Zelf uitzoeken waarom een fenomeen ( zie bijlage in leerlingenbundel voor voorbeelden) raar is.

Les 3

- Presenteren van fenomeen en relatie met QM aan elkaar.

### **Algemeen:**

Praat toe naar

- 1)** Nieuwe theorieën zijn "verzinsels" die bevatten wat er al was en daarnaast nieuwe mogelijkheden bevatten.
- 2)** QM is een theorie die veel van ons vraagt; we kunnen er niet goed aan meten, er ontstaan gekke fenomenen! Misschien zijn we over 50 jaar in staat om ze ook te meten!

**TIP:** op <http://www.kennislink.nl/web/show?id=80951> kun je overzichtelijk lezen welke technische ontwikkelingen de QM in gang heeft gezet.

## LES 1

Inleiding:

- Uitleg opbouw komende lessen - 5 min
- Historisch overzicht - 15 min
- Opdracht - 10 min
- Demo 2 spleten - 10 min
- Vragen - 10 min

We gaan terug in de tijd om goed te begrijpen hoe de stand van de natuurkunde rond 1900 was.

Een paar namen:

Copernicus – rond 1500 – ideeën wereldbeeld

Galilei - 1615 - verrekijker, stelt als eerste de waarneming boven de theorie pascal

Huygens - +/- 1650 – licht , ruzie met Newton over licht

Newton - +/- 1675 – bewegingswetten, licht

Leibniz, Torricelli, Kelvin

We zijn nu ongeveer in 1875 aangekomen. Industriële revolutie. Voor bijna alle verschijnselen was een theorie. Natuurkunde was af. Mensen als Max Planck werd afgeraden om natuurkunde te studeren ( 1879)!

Niet verklaard:

“Ether” waar licht zich door verplaatst

Spectra uit een zwart lichaam

Begin 1900 werd er veel onderzoek gedaan naar gasontladingsbuizen en de spectra ervan.

Ook werd Röntgen ontdekt! En daarna uiteindelijk de radioactiviteit.

Dit moment kun je het begin van de overgang noemen. Bohr komt met zijn theorie die de spectra uit de gaslampen verklaard: het Bohrmodel; een model zonder tastbare grootheden zoals massa, en snelheid. **Raar.**

Er wordt aan een verklaring gewerkt. 1910-1930: Bohr's model klopt *net niet helemaal* . Planck komt met een model waarin niet alle *energie-toestanden* mogelijk zijn. **Raar.** Einstein komt met het idee dat licht zowel een golf als een deeltje is. Tegelijkertijd, terwijl wij altijd maar één van de twee zien. **Raar.** Bohr oppert quanta; de natuur is niet continu, maar discreet, in kleine hoeveelheden verdeeld.

**Raar.**

De QM is raar; de wetten die perfect gelden voor onze leefwereld, zijn niet geldig voor deeltjes, het allerkleinste. Daarom kun je je er ook niet veel bij voorstellen. Pas toen er experimentele bevestigingen kwamen van QM-effecten werd de theorie serieus genomen.

De discussie over wat de QM beschrijft is nog steeds niet afgelopen! Het rekenen met de QM voorspelt goed hoe deeltjes zich gaan en kunnen

gedragen, bijvoorbeeld van A naar B. Maar wat er met deeltjes onderweg gebeurt is voor ons niet of nauwelijks voor te stellen!

Een van de ideeën uit de QM komt van Einstein: licht is zowel een deeltje als een golf. Tegelijk. Of nog erger; ook deeltjes, elektronen, zijn golven. Hoezo draaien elektronen om een kern? Waar zijn ze dan? Als golf??? **RAAR?!**

**OPDRACHT1 INSTRUCTIE** – duur 10 minuten

Er zijn argumenten om licht een golf te noemen. Er zijn ook argumenten om licht ene deeltje te noemen.

Verdeel de groep in groepjes van 4 leerlingen.

2 leerlingen zoeken argumenten voor licht als golf en 2 leerlingen verzamelen argumenten om licht als deeltje te beschrijven.

Klaar? Bedenk experimenten die dit bewijzen?

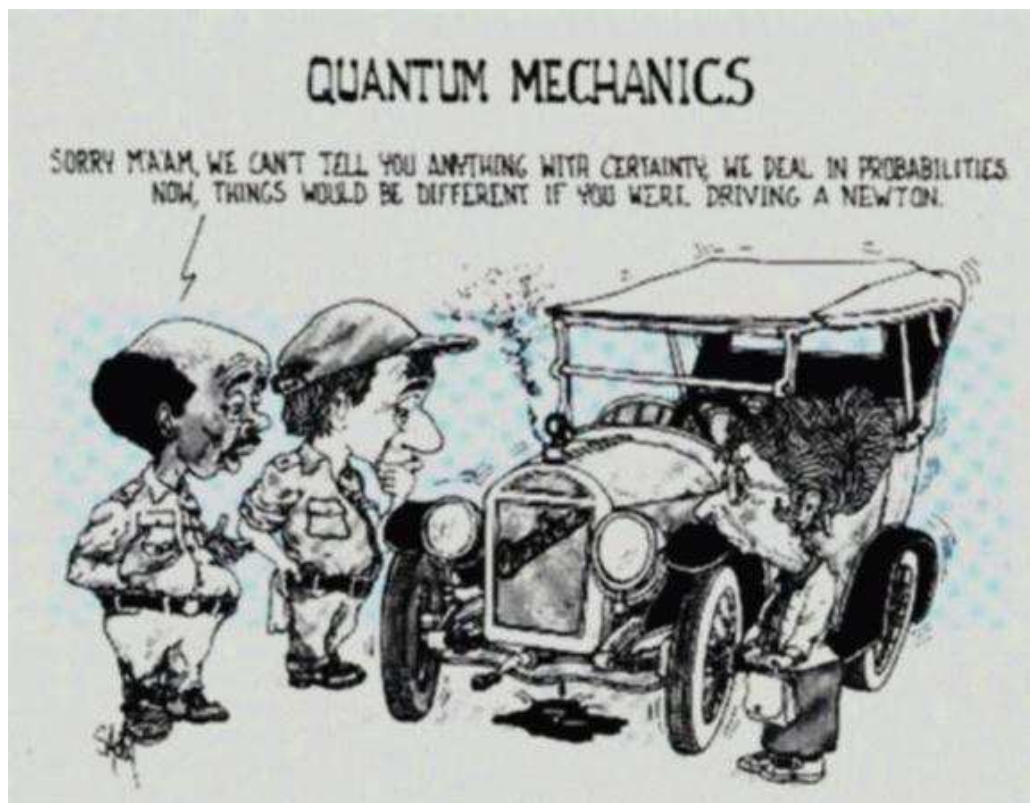
**DEMO** – duur 10 min:

- 1) (stelling) Licht is een deeltje want anders kan het niet door het heelal naar de aarde komen. In het heelal is namelijk geen golfdrager.
- 2) (demo) Licht is een golf, want als ik een laser op een tralie richt, ontstaat er breking en een interferentiepatroon, net als bij watergolven.

Eventueel zelfstandige verwerking 2 spleten: filmpje

<http://video.google.com/videoplay?docid=4237751840526284618&q=quantum>

# Lessenserie Quantummechanica 5/6 VWO



Leerlingenbundel

## **Les 1**

### **"Quantumtheorie – WAAR? In ieder geval: RAAR!"**

*Quantumtheorie, een moderne natuurkundetheorie met rare gevolgen. Maar wat is nou deze theorie? Wat is er dan raar aan? Doel van deze lessen is om jullie een idee te geven hoe de quantummechanica ontstaan is en welke rare voorspellingen er uit de theorie volgen.*

*In de eerste les gaan we terug in de tijd, naar het ontstaan van de quantummechanica. Daarna gaan we op zoek naar de rare voorspellingen in les 2 en in les 3 zullen we de gevonden rare fenomenen presenteren en bespreken.*

#### **Opdracht 1.**

Vorm een groepje van vier leerlingen.

Twee leerlingen zijn voor de stelling: licht is een deeltje.

Twee leerlingen zijn voor de stelling: licht is een golf.

Zoek stellingen/bewijzen uit bekende theorie om jullie stelling te bewijzen. Bedenk ook experimenten om dit te bewijzen! Probeer elkaar te overtuigen van je eigen gelijk.

Schrijf de argumenten hieronder kort op.

## **Huiswerk na les 1**

Voor de volgende les moeten jullie een raar fenomeen uit de quantummechanica gaan bestuderen. Je kiest per drietal een onderwerp uit en dat bestudeer je individueel. Natuurlijk hoef je niet alles helemaal te doorgronden, maar het is in ieder geval de bedoeling dat je er iets over leest en er wat meer van te weten komt. Neem de belangrijkste informatie over jouw onderwerp de volgende les mee naar school.

In de volgende les (les 2) ga je dan in drietallen het gekozen onderwerp verder uitdiepen. Je zorgt er dan voor dat je er zoveel mogelijk van te weten komt en dat je het zo goed mogelijk begrijpt.

In de derde les moeten jullie namelijk een korte presentatie geven over het onderwerp dat jullie hebben gekozen.

Om jullie een beetje aan ideeën te helpen zijn er in de bijlage een aantal mogelijke onderwerpen omschreven met daarbij verwijzingen naar websites met informatie over dat onderwerp.

Je kunt één van deze onderwerpen kiezen, maar je mag natuurlijk ook zelf een onderwerp opzoeken, waarvan je denkt dat het raar is en dat het met de quantummechanica te maken heeft.

In de eerste les is er gesproken over het twee-spletenexperiment.

Een filmpje dat dat duidelijk uitlegd, op een rare manier, kun je vinden op:

<http://video.google.com/videoplay?docid=4237751840526284618&q=quantum>

## Les 2

### Namen drietal

.....  
.....  
.....

**Onderwerp:**.....

In deze les ga je het onderwerp dat jullie hebben gekozen verder uitdiepen. Als het goed is hebben jullie er alledrie wat van gelezen en hebben jullie de belangrijkste gegevens meegenomen.

### Vragen die je kunnen helpen bij het bestuderen van het onderwerp.

- Wat is er raar aan het fenomeen?
- Waarom heeft dit onderwerp iets met quantummechanica te maken?
- Waarom heb je quantummechanica nodig om dit verschijnsel of deze theorie te verklaren.
- Wat heb je, als mens, aan dit verschijnsel of deze theorie?
- Kom je in het dagelijks leven met dit verschijnsel of deze theorie in aanraking, zo ja, hoe dan?

Als er dingen zijn die je niet begrijpt van het onderwerp probeer je er natuurlijk eerst zelf een antwoord op te vinden. Dit kun je doen door in boeken te kijken of op het internet te zoeken. Als dat niet lukt kun je natuurlijk ook de docent om hulp vragen.

### Presentatie

De volgende les moeten jullie in drietallen een presentatie geven over jullie rare onderwerp. In deze presentatie moeten de antwoorden op de bovenstaande vragen min of meer naar voren komen. Het is in ieder geval belangrijk dat je aan de rest van de klas uit kan leggen waar jouw onderwerp over gaat, wat er zo speciaal aan is en waarom je quantummechanica nodig hebt om het te verklaren.

### Huiswerk voor de volgende bijeenkomst

Voor de volgende bijeenkomst bereid je dus met je drietal een korte presentatie voor. Deze presentatie moet minimaal 5 en maximaal 10 minuten duren. Houdt de vragen aan als richtlijn voor je presentatie.



## **Bijlage bij les 2**

### **De quantumcomputer kan meer!**

Stel je eens voor dat je een computer hebt die vele malen sneller kan rekenen dan de huidige allersnelste computer (de IBM System Blue Gene solution). En met vele malen bedoelen we ook **vele** malen. Nou dat kan, althans in theorie. Helaas is er nog geen werkend model gemaakt. De quantumcomputer werkt met zogenaamde qubits die in tegenstelling tot een klassieke bit niet alleen de waarde 0 of 1 aan kunnen nemen, maar tegelijkertijd de waarde 0 én 1!

Lees meer:

<http://www.natuurkunde.nl/artikelen/view.do?supportId=692020>

<http://www.qubit.org/>

<http://nl.wikipedia.org/wiki/Kwantumcomputer>

### **Een supermicroscop!**

Met behulp van het quantum verschijnsel 'tunneling' kunnen we een supermicroscop maken, de scanning tunneling microscoop. Hiermee kunnen we op atomair niveau monsters bestuderen.

Lees meer:

[http://nl.wikipedia.org/wiki/Scanning\\_tunneling\\_microscopie](http://nl.wikipedia.org/wiki/Scanning_tunneling_microscopie)

<http://www.natuurkunde.nl/artikelen/view.do?supportId=669444>

[http://nobelprize.org/educational\\_games/physics/microscopes/scanning](http://nobelprize.org/educational_games/physics/microscopes/scanning)

### **Einstein en zijn Nobelprijs**

Einstein ontdekte een vreemd verschijnsel dat met de in die tijd bekende theorie niet te verklaren was. Het foto elektrisch effect is het verschijnsel waarbij elektronen vrijkomen door middel van opvallend licht met de juiste intensiteit en frequentie. Met de klassieke theorie uit de elektrodynamica is dit verschijnsel niet te verklaren. Daarom bedacht Einstein een nieuwe theorie waar hij een Nobelprijs voor kreeg.

Lees meer:

[http://nl.wikipedia.org/wiki/Foto-elektrisch\\_effect](http://nl.wikipedia.org/wiki/Foto-elektrisch_effect)

<http://www.natuurkunde.nl/artikelen/view.do?supportId=642360>

### **De snaartheorie is de oplossing!**

Sommige natuurkundigen beweren dat de snaartheorie op dit moment onze beste hoop is om antwoord te krijgen op een aantal grote vragen over de natuur. Als wat er rond de oerknal gebeurde, wat de ultieme beschrijving is van ruimte en tijd, materie, zwarte gaten en de krachten van elementaire deeltjes bij hoge energie.

Lees meer:

<http://nl.wikipedia.org/wiki/Snarentheorie>

<http://www.uva.nl/zoeken/object.cfm?objectid=3ECF81F9-967B-458D-9D7409CB837205A0>

<http://www.xs4all.nl/~adcs/Deeltjes/string.html>

<http://staff.science.uva.nl/~rhd/physica.html>

### **Een dode kat of niet?**

Volgens de quantummechanica kun je pas spreken van een bestaande situatie als er ook echt iets gemeten wordt. Deze uitspraak leidt tot rare gedachte-experimenten. Één van de bekendste gedachte-experimenten is die van de kat van Schrödinger.

Lees meer:

<http://www.bip.wur.nl/NL/Quantumpagina/Experimenten/De+kat+van+Schrodinger/>

<http://www.weetnet.nl/descart/descart.htm>

<http://www.verhalensite.com/index.php?s=st&ss=r&id=25979&PHPSESSID=346ed6bcd4f35928ae2ea6c82fe1e212>

### **Is dit alles?**

Wanneer je de theorieën van de quantummechanica ver gaat doordenken kun je weleens een heel andere blik op de wereld en het universum krijgen. 1 van de interpretaties van de quantummechanica is de veel-werelden-interpretatie (MWI; many world interpretation).

Lees meer:

<http://www.bip.wur.nl/NL/Quantumpagina/Interpretaties+van+de+quantum+theorie/Veel+werelden+interpretatie+en+afgeleiden/>

[http://en.wikipedia.org/wiki/Everett\\_many-worlds\\_interpretation](http://en.wikipedia.org/wiki/Everett_many-worlds_interpretation)

<http://plato.stanford.edu/entries/qm-manyworlds/>

### **Kouder dan koud.**

Met de theorieën van de quantummechanica kun je een voorspelling doen wat er met deeltjes gebeurt als je ze heel koud maakt. En met heel koud, bedoelen we ook echt heeeeeeeeeel koud. Wanneer de temperatuur van deeltjes vlakbij het absolute nulpunt (0K) komt te liggen gaan de deeltjes zich vreemd gedragen. Er ontstaat dan een soort klodder materie, een condensaat. Einstein en Bose hebben deze klodder al voorspeld voordat de technieken er waren om de materie zo koud te maken. Tegenwoordig hebben we de technieken wel in huis en kunnen we een Bose-Einstein condensaat maken.

Lees meer:

<http://www.colorado.edu/physics/2000/bec/> **Aanrader!!!!**

<http://www.natuurkunde.nl/artikelen/view.do?supportId=583639> **Laserkoeling**

<http://nl.wikipedia.org/wiki/Bose-Einsteincondensatie>

### **Onklonbare lichtinformatie**

In de quantumfysica is het niet mogelijk om de quantumtoestand van een deeltje te klonen of te reproduceren. Als je lichtdeeltjes dus informatie geeft is het niet mogelijk om de informatie die op zo'n deeltje zit te achterhalen en dus kun je de quantumfysica gebruiken voor het vertrouwelijk overbrengen van berichten. Dit wordt quantumcryptografie genoemd.

Lees meer:

<http://gva.noekeon.org/papers/2002-Technopol-4-NV-nl.html>

<http://www.leidenuniv.nl/mare/2003/08/13.html>

### **Onzeker... Volgens de QM ben je dat zeker!**

In de quantumfysica is het niet mogelijk om van een deeltje *exact* zijn snelheid (impuls) en *exact* zijn plaats te weten. Dat is best gek, want je kunt toch van een auto de snelheid en plaats allebei tegelijk heel goed meten? Op het allerkleinste niveau dus niet meer.

Lees meer:

<http://www.natuurkunde.nl/artikelen/view.do?supportId=682990> sla de formules eventueel over!

[http://nl.wikipedia.org/wiki/Onzekerheidsrelatie\\_van\\_Heisenberg](http://nl.wikipedia.org/wiki/Onzekerheidsrelatie_van_Heisenberg)

<http://natu.yellowmind.nl/forumDiscussieDetail.lasso?ID=10441&cn=&-session=NTses:8D4688613C2809439375F0A6C4336BD8>