

Module kwantummechanica

*Lerarenopleiding fysica
UC Leuven-Limburg*





Module kwantummechanica



- Quantum SpinOff traject
- Leerlijn leerstations
- Hands-on: aan de slag!
- Traject 2017-2018
- Link met onderzoekend leren: Quantum SpinOff en Ark of Inquiry



Quantum SpinOff

2011-2016: *Vlaams project* van Agentschap Innoveren en Ondernemen (*Vlaamse overheid*)

2013-2015: *EU LLP-Comenius project* in BE, EE, GR, CH

2016-2017: gesubsidieerd door UCLL zelf (5 klassen nemen deel)

Een brug tussen school, moderne wetenschappen en technologie en hun toepassingen in hoogtechnologisch ondernemen

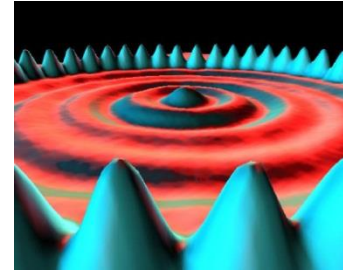
Voor wie?

Derde graad ASO en TSO

1. De moderne fysica leren kennen:
leerstations & hands-on
2. In contact met 'science in the making':
onderzoekers en ondernemers ontmoeten
3. Creatieve fase:
 - Technologie en Ondernemerschap -> product/dienst (virtuele spin-off)
 - Fysica -> een experiment
 - Fascinatie voor wetenschap -> een kunstwerk of demo of (3D)-model



1. De moderne fysica leren kennen:
leerstations & hands-on

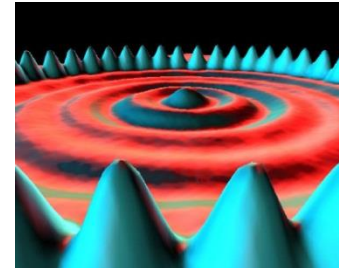


- Leerstations deel 1, I-V: basis begrippen kwantummechanica
- Leerstations deel 2, VI-XII: technologische toepassingen
- Hands-on experimenten
- Business model canvas (ondernemerschap)
- Richtlijnen voor leerkrachten

Beschikbaar materiaal

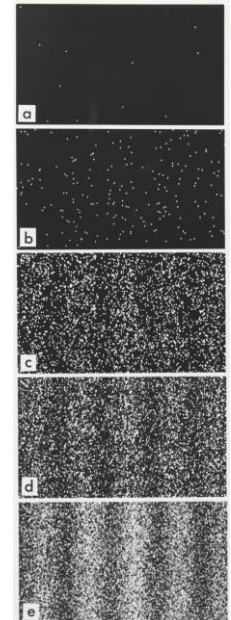


Via *Ark of Inquiry*:
<http://arkofinquiry.eu>



Leerstation I – Voor klassieke fysica onbegrijpelijke fenomenen?

Klassieke fysica: Gegeven de beginpositie en beginsnelheid van een massa en de netto-kracht die erop werkt, is het mogelijk om de baan van een voorwerp voor te spellen.



Kwantummechanica: baan van *deeltjes* niet gedefinieerd

Golf-deeltje dualiteit: alle “deeltjes” hebben eigenschappen zowel van een *golf* als van een *deeltje*.

Het **interferentie patroon** wordt **deeltje per deeltje** gevormd!

Emissie & absorptiespectra van elementen

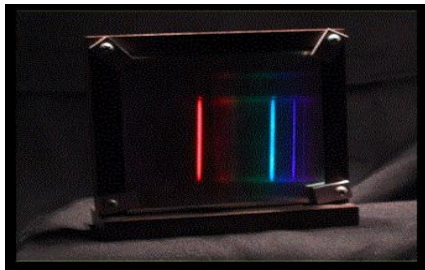
Klassieke fysica: versnellende elektronen in het **Rutherford atoommodel** doen elektromagnetische golven (licht) ontstaan!



Klassieke fysica kan het uitzenden van elektromagnetische golven (licht) uit atomen verklaren

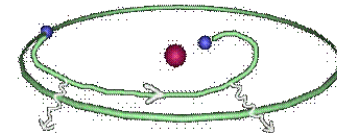
MAAR 2 problemen

Discrete emissielijnen!



+

Rutherford elektronen verliezen energie en vallen op de kern



Kwantummechanica:

De kwantum **atoommodellen** van **Bohr** en **De Broglie** (en later Schrödinger) kunnen de **discrete kleurenlijnen van elementen** verklaren (LS V).

Klassieke fysica: **Newton** verklaart de eigenschappen van licht met de *deeltjestheorie*

MAAR

Breking kan echter niet verklaard worden met *deeltjestheorie*
(*Foucaults experiment*)



Principe van Huygens:

Plane wavefront



Spherical wavefront



Klassieke fysica:

De eigenschappen van licht kunnen verklaard worden met *golftheorie*

Elk golffront kan beschouwd worden als een reeks puntvormige bronnen...

Leerstation III – Wat golft er bij licht?

Klassieke fysica: *mechanische golven*



Trillingen die zich voortplanten in een
middenstof

Heeft licht een medium nodig?

Wat trilt er bij licht?



Klassieke fysica: begrip “**veld**”. Elektrisch, magnetisch, zwaarteveld.

Velden hebben **geen middenstof** nodig!



Klassieke fysica:

*Informatie over de verandering van een veld, kan getransporteerd worden van de ene plaats naar de andere via een **golf in dat veld**.*

Licht is een zich voortplantende golf in het elektromagnetisch veld.

Dubbelspleetexperiment met licht van lage intensiteit (LS II)

Het **interferentiepatroon (typisch van golven)** wordt **deeltje per deeltje** opgebouwd!



Kwantummechanica:

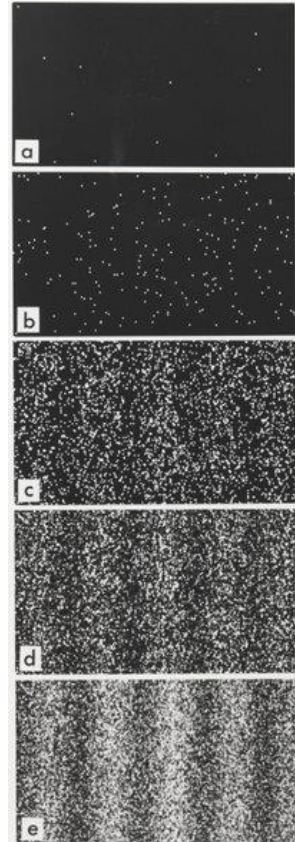
Deeltje-golfdualiteit: zowel **licht** als **materie** hebben **deeltje** en **golf** eigenschappen

Precies verband?

Planck: verband tussen **energie foton E (deeltjeeigenschap)** en **frequentie lichtgolf f (golfeigenschap)**

Planck-Einstein relatie: $E=h \cdot f$ *discrete pakketjes!*

Constante van Planck = $h = 6.63 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$



Leerstation IV – Deeltje-golf dualiteit – kwanta van velden

Hypothese van De Broglie

Golflengte = λ
Golfeigenschap in
Klassieke fysica



$$\lambda = \frac{h}{mv}$$



Hoeveelheid van beweging
 $p = mv$
Deeltjeseigenschap in
Klassieke fysica

Waarneming λ van **elektronen** in dubbelspleetexperiment



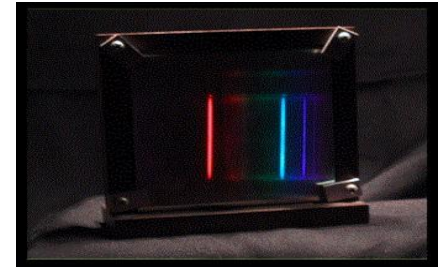
Deeltjes zijn kwanta van een materiegolf / materieveld

LS 1: Discrete emissie & absorptie spectra van elementen



Johann Jakob Balmer, Basel 1885

$$f_{2 \rightarrow 1} = cR \left(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2} \right)$$



The formula of Balmer gives the frequencies of the hydrogen spectral lines in a game of integer numbers!

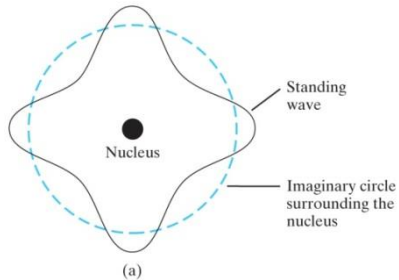
Maar waarom?

De Broglie hypothese

Golflengte electron: $\lambda = h/mv$

De golf van het elektronmaterieveld in een atoom is een “opgesloten golf”

Analogie met staande golven op een snaar!



De elektrongolf kan enkel bestaan in een welbepaalde discrete rij van golven.

Kwantisatievoorwaarde:

$$n \lambda = L(r)$$

Het electron is ook een deeltje

Coulomb kracht kern-elektron

Gekwantiseerde afstanden tussen het elektron en de kern

$$E_{tot} = E_p + E_k = -\frac{1}{n^2} \frac{me^4}{8\epsilon_0^2 h^2}$$

$$f_{n_2 \rightarrow n_1} = \frac{me^4}{8 \cdot \epsilon_0^2 \cdot h^3} \cdot \left(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2} \right)$$

Deel 2: Kwantumeenschappen en technologie

Leerstation VI: Van foto-elektrisch effect tot digitale beeldvorming

Leerstation VII: Halfgeleiders

Leerstation VIII: Tunneling & STM

Leerstation IX: Spin en zijn toepassingen

Leerstation X: Atomic Force Microscopy

Leerstation XI: Nanodeeltjes en hun toepassingen

Leerstation XII: Biobrandstofcel



Bendable Organic Solar Cells

Source:
plasticphotovoltaics.org



MRI-scan based on spin relaxation of nuclei

(Source: Prof. dr. Jan Sijbers
Visielab, Universiteit Antwerpen)

Hands-on:

- *Emissielijnen van He meten*
- *De constante van Planck meten met LED's*
- *De dikte van een haar bepalen met diffractie van licht*
- *De golflengte van elektronen bepalen*



2. In contact met 'science in the making'

Wetenschappelijk artikel lezen

Onderzoeker ontmoeten

Bedrijfsbezoek

*Onderzoek van het onderzoek - **tijdslijn**: hoe is het onderzoek en de valorisatie verlopen rond een bepaald onderwerp in de tijd?*

Tijdslijn:

- **Wetenschappelijke ontdekkingen:** *founding fathers* en *grounding insights*
- Verbonden **technologie**: welke technologie werd/wordt gebruikt en welke '*spins off*'
- Ontwikkeling van technologie, **maatschappelijke relevantie** -*RR* en **ondernemerschap**

SpinOff traject

3. Creatieve fase: kunstwerk of demo of (3D)-model of experiment of een product/dienst (spin-off)
 - a) Spin-Off Ambassadeurschap
→ deelnemende klassen stellen het traject voor aan andere klassen (ter **inspiratie** en als **voorbereiding**)
 - b) Spin-off-dag – presentaties en **wedstrijd** met een jury van experts



SpinOff traject 2017-2018

Max **5-tal** klassen in traject



Spin-off-dag – presentaties en
wedstrijd met een jury van
experten



Deelnemen zonder in het
traject te stappen



- Leerstations & Hands-on via Ark of Inquiry platform + login aan ons aanvragen
- Bedrijven: [DSP-Valley](#)
- Eindresultaat/ingevulde LS bij ons indienen (zie later)
- Ons feedback geven

**Een brug tussen school, moderne
wetenschappen en technologie en hun
toepassingen in
hoogtechnologisch ondernemen**



Authentieke onderzoekende aanpak

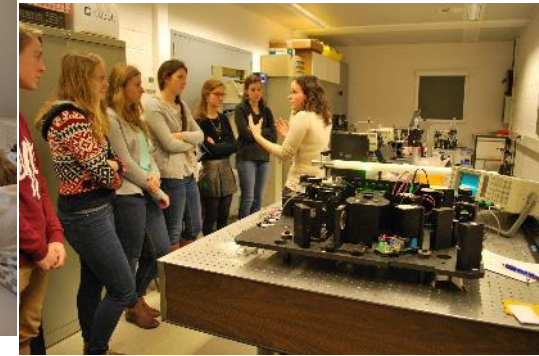
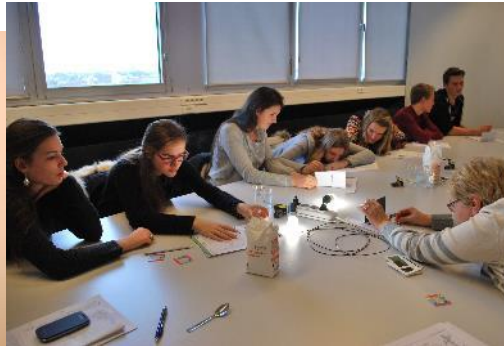


Quantum SpinOff, RRI en onderzoekend leren

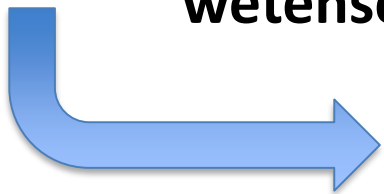


Traject:

- Uitdagende, ***authentieke*** leerervaringen voorzien



- Gelegenheid voorzien voor leerlingen om deel te nemen aan **wetenschappelijke praktijken**



'Authentiek' onderzoekend leren

