

## Inleiding tot de Quantumfysica

**Naam :** Jorgen D'Hondt (jdhondt@hep.ihe.ac.be)  
**Instelling :** Vrije Universiteit Brussel - departement Natuurkunde - dienst ELEM  
Inter-University Institute for High Energies (IIHE)  
Pleinlaan 2, B-1050 Brussel

### Inhoud :

1. Inhoud van de 'interim' cursus
2. Inhoud van de cursus in een langdurige optiek

# 1 Inhoud van de 'interim' cursus

In het recent verleden heb ik gedurende 4 academiejaren de oefeningen gegeven bij de cursus van Prof.J.Lemonne betreffende 'Algemene Natuurkunde' voor 2<sup>de</sup> kandidatuur studenten Natuurkunde, Scheikunde en Geologie. Deze cursus omvat een pakket 'Inleiding tot de Quantum Mechanica' van 30/30 uren HOC/WPO. Zowel de fysica studenten als alumni hebben mij er steeds op gewezen dat de inhoud van deze cursus en zijn experimenteel karakter uitermate goed past in hun opleiding als fysicus.

Daar de beperkte voorbereidingstijd een belangrijk feit is bij het definiëren van de inhoud van de nieuwe 'interim' cursus, stel ik voor om de inhoud van bovenvermelde cursus grotendeels over te nemen.

1. **Historische experimentele uitgangspunten:** zwart lichaam straling (t.e.m. de stralingswet van Planck), foto-elektrisch effect, Compton effect, diffractie van elektronen en de golfnatuur van deeltjes, atomaire spectrale lijnen, spectrale lijnen van waterstof en het atoommodel van Bohr, experiment van Franck en Hertz
2. **Deeltjes-golf dualiteit:** dubbel-spleet 'gedanken' experiment, golffunctie van een deeltje, quantummechanische beschrijving van de ééndimensionale beweging van een vrij deeltje (m.i.v. beschrijving van een golfpakket)
3. **Onbepaaldheidsrelaties van Heisenberg:** impuls-plaats onbepaaldheid, energie-tijd onbepaaldheid
4. **Schrödinger vergelijking voor een vrij deeltje:** verwachtingswaarde, impulsoperator
5. **Schrödinger vergelijking voor een deeltje in een tijdsafhankelijke potentiaal (ééndimensionaal):** Hamiltoniaan, complexe aard van de oplossingen van de Schrödinger vergelijking, waarschijnlijkheidsstroomdichtheid, waarneembare grootheden en hun operatoren in de coördinaten- en impulsruimte, stationaire toestanden, eigenfuncties en eigenwaarden van de energie (m.i.v. oneindig diepe potentiaalput, expansietheorema)
6. **Ruimte inversie, pariteit en tijdsinversie**
7. **Eigenfuncties en eigenwaarden van fysische grootheden:** orthogonale eigenfuncties en het expansietheorema, simultane eigenfuncties van twee fysische grootheden en commuterende operatoren, onbepaaldheidsrelaties van Heisenberg
8. **Algemene ééndimensionale potentiaalputten:** stationaire toestanden en continuïteitsvoorwaarden op de golffuncties, normalisatieprobleem, verstrooiing aan een potentiaalsprong, rechthoekige potentiaalput (niet oneindig diep), potentiaalwand en tunneleffect ( $\alpha$ -verval van atoomkernen),  $\delta$ -potentiaalput als grensgeval van een rechthoekige potentiaalput, ééndimensionaal model van het waterstofmolecuul-ion ( $H_2^+$ ) of dubbele potentiaalput, het Kronig-Penny model van een ééndimensionaal kristal (isolatoren, halfgeleiders, geleiders), ééndimensionale harmonische oscillator
9. **Drie-dimensionale beweging van een deeltje in een tijdsafhankelijke potentiaal:** Schrödingervergelijking in cartesische- en poolcoördinaten, centrale tijdsafhankelijke potentiaal, centrale krachten en orbitaal impulsmoment (eigenfuncties en eigenwaarden, rotatiespectra van moleculen als starre rotoren), radiale Schrödingervergelijking voor de beweging van een deeltje in een centrale potentiaal, het waterstofatoom

**10. Optellen van impulsmomenten**

**11. Magnetische effecten in atomen:** spin van het elektron, Zeemaneffect, experiment van Stern-Gerlach, fijnstructuur van waterstof spectra en de spin-baan koppeling, abnormaal Zeemaneffect (semi-klassiek), het Paschen-Bach effect

**12. Identieke deeltjes en het uitsluitingsbeginsel van Pauli**

De laatste drie thema's indien de tijd (26 uur HOC) het toelaat.

De lessen zullen gedoceerd worden met behulp van handgeschreven transparanten (welke ook de cursus vormen), alsook door gebruik van computersimulaties om bepaalde deelaspecten van de leerstof te illustreren. De transparanten zullen dezelfde trend volgen als deze van Prof.J.Lemonne en moeten aangevuld worden met de berekeningen die op het bord gebeuren.

De werkcolleges zullen papieroefeningen zijn en hebben tot doel de leerstof uit het hoorcollege te illustreren met voorbeelden. Als onderdeel van de werkcolleges stel ik voor om de studenten een bepaald (experimenteel) onderwerp mee te geven, waarin ze zich met behulp van de literatuur moeten verdiepen. Hierover moeten ze rapporten via een korte mondelinge presentatie. Bijvoorbeeld: Stern-Gerlach experiment.

Referentiewerken:

- W.Greiner, '*Quantum Mechanics: an introduction*', Springer
- R.Feynman, '*The Feynman lectures in Physics: Volume III*', Addison-Wesley
- Nog uit te breiden...

## 2 Inhoud van de cursus voor een langdurige optiek

Het vlotte verloop van de cursus at interim zal uiteraard sterk afhankelijk zijn van de afstemming op de voorkennis van de studenten. Deze voorkennis is over laatste jaren sterk verandert. Hierdoor zullen verschillende 'formele' concepten eerder geschikt zijn voor de Bachelor-3 cursus i.v.m. quantum mechanica. In samenspraak met de docent van deze vervolgcursus moeten beide inhoudstabellen getuned worden.

Op langere termijn zou ik het experimenteel concept van de cursus behouden. Beginnen met de historische experimenten die aanleiding gaven voor de quantum revolutie en de golf-deeltjes dualiteit. De rode draad in de cursus is steeds de basisvergelijking in de quantumtheorie, namelijk de Schrödinger vergelijking. Deze lossen we op in verschillende systemen en de oplossingen kunnen we met behulp van computersimulaties illustreren. Ook deze rode draad doorheen het verhaal zou ik behouden om te komen tot het oplossen van het systeem van het waterstofatoom.

Wat wel zou veranderen is de syllabus. Voor de interim cursus zal die bestaan uit handgeschreven transparanten, terwijl voor een cursus met een lange termijn visie zou dit een Latex geschreven handboek worden. Ook de computer gesimuleerde illustraties zullen niet van dag één allen beschikbaar zijn. Voor een lange termijn cursus, zal ik streven naar een ruimere verzameling illustraties alsook hun kwaliteit verbeteren.

Voor de werkcollege's moet er gestreefd worden naar een korte syllabus met oefeningen. Deze syllabus moet ook elektronisch in Latex verwerkt worden. Hierin moeten ook de korte oplossing komen van de verschillende oefeningen.