

Studium Generale presenteert:



# EXPERIMENTEREN IN JE HOOFD

Een natuurkundige kanon  
aan de hand van  
gedachte-experimenten

*Studium Generale*



Universiteit Leiden

maandagavond 8 november 2010

### De gedachte-experimenten van Galileo Galilei

Frans van Lunteren, hoogleraar Geschiedenis van de Natuurwetenschappen, Universiteit Leiden

#### Beweging in gedachten

Tijdens zijn verblijf in Padua ontwikkelde Galileo Galilei een radicaal nieuwe visie op beweging. Daartoe diende hij af te rekenen met de in zijn tijd gangbare denkbeelden die teruggingen op de Griekse wijsgeer Aristoteles. Omdat zijn nieuwe ideeën tevens indruisten tegen de alledaagse intuïtie, bediende hij zich van krachtige middelen om zijn tijdgenoten van de nieuwe leer te overtuigen. Zijn sterkste wapen vond hij in het gebruik van gedachte-experimenten. Galilei's briljante hersenspinsels dienden zijn lezers te overtuigen van de onhoudbaarheid van de opvattingen van Aristoteles, en tevens van de plausibiliteit van zijn eigen visie.

maandagavond 15 november 2010

### De gedachte-experimenten van Isaac Newton

Floris Cohen, bijzonder hoogleraar Vergelijkende Geschiedenis van de Natuurwetenschap, Universiteit Utrecht

#### 'Zekere natuurfilosofische vraagstukken'

Het bekende verhaal over Isaac Newton en de vallende appel klopt. Nog als student kwam hij in de boomgaard van zijn moeder tot het inzicht dat een appel op dezelfde manier op Aarde valt als de maan eromheen draait. Maar wat is nu het onderliggend principe? Twintig jaar later is ook dat tot hem doorgedrongen. En toen was het zaak om het niet bij een vermoeden te laten, maar voor de universele gravitatie en de wiskundige maat ervan een sluitend bewijs te leveren. Intussen hield hij zich al even intensief bezig met alchemie en met ketterse theologie. Wat voor wetenschapper was Newton dan wel, waar bestonden zijn voornaamste prestaties uit, en hoe is hij ertoe gekomen? En welke

functie dacht hij toe aan speculatieve natuurfilosofie, aan wiskunde, en aan het experiment?

In deze lezing wordt bijzondere aandacht besteed aan het soort gedachte-experimenten dat Newton in zijn studenten-notitieboek aanduidde onder de titel 'Zekere natuurfilosofische vraagstukken'.

Literatuur: *Isaac Newton en het ware weten*, Floris Cohen, Bert Bakker (2010)

maandagavond 22 november 2010

### De gedachte-experimenten van Albert Einstein (I): speciale relativiteitstheorie

Sander Bais, hoogleraar Theoretische Fysica, Universiteit van Amsterdam

#### De sublieme eenvoud van relativiteit: via gedachte-experimenten en paradoxen naar diepe inzichten in de structuur van ruimte en tijd

De speciale relativiteitstheorie zet onze naïeve interpretatie van fundamentele concepten als ruimte en tijd radicaal op de helling. Na een korte historische inleiding gaan we in op de theorie zelf. Door het 'doen' van een aantal elementaire gedachte-experimenten lopen we tegen een aantal fundamentele paradoxen op, die we vervolgens op een zeer visuele manier zullen verklaren met behulp van ruimtetijd-diagrammen.

Eerst komen de relativiteit van gelijktijdigheid, het optellen van snelheden en het probleem van de oorzakelijkheid aan bod. Vervolgens bespreken we het ongelijk lopen van relatief bewegende klokken en de daarmee samenhangende 'tweeling paradox'. Tenslotte gaan we in op een aantal andere bijzondere aspecten van deze theorie zoals de betekenis van de formule  $E=mc^2$  en sluiten af met een aantal opmerkingen over de algemene relativiteitstheorie.

Literatuur: *De sublieme eenvoud van relativiteit: een visuele inleiding*, Sander Bais, Amsterdam University Press (2007)

# EXPERIMENTE

maandagavond 29 november 2010

### De gedachte-experimenten van Albert Einstein (II): algemene relativiteitstheorie

Dennis Dieks, hoogleraar Geschiedenis en  
Grondslagen van de Natuurwetenschappen,  
Universiteit Utrecht

#### Een theorie door zuiver denken

Einstein vertelt hoe hij op een middag, werkend in het patentbureau in Bern, de 'gelukkigste gedachte' van zijn leven kreeg: voor iemand in vrije val gebeurt alles alsof er helemaal geen zwaartekracht bestaat. Naast het door deze ingeving geïnspireerde lift-experiment zijn er nog een aantal andere gedachte-experimenten (Newtons emmer, Ehrenfests paradox) die centraal hebben gestaan in de ontwikkeling van de algemene relativiteitstheorie. Van alle moderne fysische theorieën steunt de algemene relativiteitstheorie misschien wel het meest op gedachte-experimenten: het lijkt bijna dat de theorie door zuiver denken, zonder contact met experimenten, kan worden gevonden.

maandagavond 6 december 2010

### Gedachte-experimenten rond de kwantum- mechanica

Arnout Jaspers, eindredacteur van  
*Natuurwetenschap & Techniek*, hoofdredacteur van  
*Pythagoras*. *Wiskundetijdschrift voor Jongeren*  
Einsteins spookhuis

Niels Bohr en Albert Einstein waren beiden grondleggers van de kwantummechanica, maar konden het levenslang niet eens worden over wat die theorie voorstelde. Voor Bohr was het de ultieme werkelijkheid, voor Einstein een theorie 'bij gebrek aan beter'.

Het Einstein-Podolski-Rosen gedachte-experiment (EPR) heeft als consequentie, dat deeltjes die ooit bij elkaar geweest zijn, 'telepathisch' contact houden, ook als ze later in verschillende sterrenstelsels terecht komen. Dat was zo spookachtig en onaanvaardbaar, vond Einstein, dat de kwantumtheorie niet de ultieme waarheid kon zijn. Einstein heeft waarschijnlijk zelfs nooit gedroomd dat zijn gedachte-experiment werkelijk uitgevoerd kon worden.

Maar vanaf 1982 zijn EPR-experimenten wel degelijk gedaan, en het 'telepathische' contact tussen deeltjes bestaat echt. Het verschijnsel heeft zelfs een praktische toepassing, in de kwantumcryptografie. Einsteins spookhuis is toch werkelijkheid.

maandagavond 13 december 2010

### Het gedachte-experiment: een nauwkeurig omschreven verbeelding

Bas Haring, bijzonder hoogleraar Publiek Begrip van Wetenschap, Universiteit Leiden

Gedachte-experimenten komen niet slechts voor in de natuurkunde. Naast de klassieke natuurwetenschappen kennen ook nieuwere exacte disciplines zoals de informatica gedachte-experimenten: de gesimuleerde werkelijkheid van het computermodel is een nauwkeurig omschreven verbeelding zonder welke de wetenschap niet meer kan. En ook buiten de exacte wetenschappen speelt dit soort verbeelding een rol: veel literatuur valt op te vatten als een gedachte-experiment: 'als zus het geval is, dan moet zo toch ook gebeuren, niet waar?' Sommige literaire gedachte-experimenten blijken zelfs wetenschappelijk relevant of inspirerend. Een slotlezing over het gedachte-experiment in al zijn breedte.

# INTEREN IN JE HOOFD

**Tijd:**

19.30 uur tot 21.00 uur

**Plaats:**

zaal 011

Lipsiusgebouw (1175)

Cleveringplaats 1

Leiden

**Toegang gratis. Geen aanmelding nodig.  
Iedereen is welkom!**

**Informatie/organisatie:**

Studium Generale Universiteit Leiden

Postbus 9500

2300 RA Leiden

t.a.grunewald@sea.leidenuniv.nl

071 527 7283 / 7295 / 7296

[www.studiumgenerale.leidenuniv.nl](http://www.studiumgenerale.leidenuniv.nl)