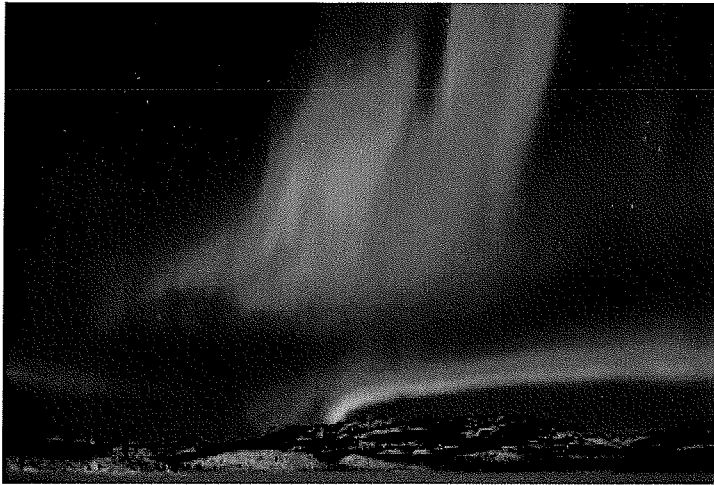


## Tentamen Inleiding NExT: Nanofysica

Maandag 2 april 2012. Vermeld op elk vel papier je naam en studentnummer!

- 1) Beschrijf de elektronische structuur van het stikstofatoom – wat zijn de orbitalen en hoe worden ze ingevuld?
- 2) Als op de zon een magnetisch onweer plaatsvindt, komen elektrisch geladen deeltjes van de zon terecht in de atmosfeer van de aarde en hebben ze interactie met de gassen in de atmosfeer: de gasmoleculen zenden na deze wisselwerking licht uit dat aurora borealis of noorderlicht genoemd wordt. Zuurstof zendt groen licht uit; stikstof blauw licht.



Wat gebeurt er in het molecuul tijdens de interactie met het geladen deeltje en waarom is de kleur van zuurstof ( $O_2$ ) en stikstof ( $N_2$ ) verschillend?

- 3) Beschrijf de gedachte achter het ontwerp van supramoleculen en waarom de zelf-assemblage van eiwitten en DNA inspirerend was voor deze soort synthese.
- 4) Waarom is een gouden munt goudgeel maar een goudnanodeeltje rood?
- 5) Geef een voorbeeld van een fysisch fenomeen dat u met een transmissieelektronenmicroscop (TEM) kan bestuderen.
- 6) Waarom wordt het oppervlak van nanodeeltjes vaak gestabiliseerd met polymeren of covalent gebonden moleculen?

# Tentamen Inleiding NExT: Deeltjesfysica

Maandag 2 april 2012. Vermeld op elk vel papier je naam en studentnummer!

Op de zon ontstaat van 4 protonen (p) een heliumkern ( ${}^4\text{He}$ ). Erbij komt energie vrij. We willen dit gebeuren in enkele details bekijken:

- a) Wat is de reactie vergelijking, die het gehele proces kan samenvatten?
- b) Een heliumkern heeft 2 neutronen en 2 protonen. Waar komen de neutronen (n) op de zon in de fusie proces vandaan? (Aanleiding: Hoe kan van een proton een neutron ontstaan? Wat ontstaat er dan ook nog? Hoe heet zo'n proces? Welke van de fundamentele krachten spelen erbij een rol?)
- c) Waarom kan een vrij neutron in een proton, een elektron en een elektron-antineutrino vervallen, maar een vrij proton kan niet in een neutron, een positron en een elektron-neutrino vervallen? (anders: voor een 'vrij' neutron kan  $n \rightarrow p + e^- + \bar{\nu}_e$ ; de proces  $p \rightarrow n + e^+ + \nu_e$  kan niet. Waarom?) Op de zon of in sommige kernen kan dat blijkbaar wel. Waarom?
- d) Hoeveel energie wordt vrij als van 4 p een  ${}^4\text{He}$  kern ontstaat?
- e) Wat is de rol van elke van de 4 fundamentele krachten in de reactie waar van 4 p een  ${}^4\text{He}$  ontstaat? Geef aan, waar ze optreden.
- f) De zon is zo 5 miljard jaar oud en zal ook nog wat jaren draaien. Waarom ontploft ze niet zo als een waterstofbom? Wat is daarom in een waterstofbom significant anders dan op de zon?
- g) Hoeveel waterstof (massa) is nodig per jaar voor een 1 GW energie centrale?

(massa proton  $m_p = 938.272\,046 \text{ MeV}/c^2 = 1.672\,621\,777 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$ , massa neutron  $m_n = 939.565\,379 \text{ MeV}/c^2$ ,  $m_{{}^4\text{He}} = 3727.379\,240 \text{ MeV}/c^2$ , massa elektron of positron  $m_e = 0.510\,998\,928 \text{ MeV}/c^2$ , massa neutrino  $m_\nu = 0$  kan zonder meer en zonder problemen hier worden aangenomen,  $1 \text{ J} = 1.60217653 \cdot 10^{-19} \text{ eV}$  1 jaar  $\cong \pi \cdot 10^7 \text{ s}$ .)

# Tentamen Inleiding NExT: Zwarte gaten

Maandag 2 april 2012. Vermeld op elk vel papier je naam en studentnummer!

In de aanwezigheid van een zwart gat wordt de ruimte-tijd beschreven door de Schwarzschild metriek:

$$d\tau^2 = \left(1 - \frac{2M}{r}\right) dt^2 - \frac{1}{\left(1 - \frac{2M}{r}\right)} dr^2, \quad (1)$$

waarvan we alleen de tijds- en straalcomponenten hebben gegeven. Neem een zwart gat van massa  $M = 1$  km. Een ruimtestation komt van een verre planeet op  $r = 1005$  km en nadert het zwarte gat tot een afstand van  $r = 5$  km. Aan boord van dit ruimtestation bevindt zich Alice, terwijl haar tweelingbroer Bob op de verre planeet is gebleven.

- 1) Stel dat Bob een lichtsignaal met een golflengte van 400 nm naar Alice stuurt. Wat is de golflengte van het licht wanneer Alice dit ontvangt? Je mag veronderstellen dat de planeet oneindig ver van het zwarte gat is.
- 2) Stel dat het ruimtestation, na een jaar in de buurt van het zwarte gat te hebben doorgebracht, weer terugkeert naar de verre planeet. Hoeveel verschillen Alice en Bob dan in leeftijd? Bereken alleen het leeftijdsverschil dat is ontstaan tijdens dit jaar, je mag de reis verwaarlozen. Je mag wederom veronderstellen dat de planeet oneindig ver van het zwarte gat is.
- 3) Staat er na terugkomst op de verre planeet meer of minder dan, of precies 2000 km op de teller van het ruimtestation? Licht je antwoord toe.