

Tuyaux
3de Bachelor Fysica

WINAK

Juni
2010

Inhoudsopgave

Inleiding	3
1 Experimentele technieken	4
1.1 Het vak, het examen	4
1.2 Theorie	4
1.2.1 Januari 2009	4
1.2.1.1 Groep A	4
1.2.1.2 Groep A	5
1.2.2 Januari 2010	5
1.2.2.1 Groep A	5
1.2.2.2 Groep B	6
1.2.3 Juni 2010	6
2 Levensbeschouwing	7
2.1 Theorie	7
2.1.1 Juni 2006	7
2.1.1.1 Module A	7
2.1.1.2 Module B1	7
2.1.1.3 Module B4	7
2.1.1.4 Module C3	7
2.1.1.5 Module B2	7
2.1.1.6 Module C4	7
2.1.1.7 Module B3	8
2.1.1.8 Module C4	8
2.1.1.9 Module C1	8
2.1.2 Juni 2007	8
2.1.2.1 Module A	8
2.1.2.2 module B3	8
2.1.2.3 Module C2	8
2.1.3 Juni 2010	8
3 Hydrodynamica	10
3.1 Theorie	10
3.1.1 Juni 2009	10
3.1.2 Juni 2010	10
4 Fysica der materialen	12
4.1 Theorie	12
4.1.1 Juni 2009	12
4.1.2 Juni 2010	12

5	Astrofysica 2	14
5.1	Juni 2009	14
5.1.1	Korte vragen	14
5.1.2	Langere vragen: galaxieën	14
5.1.2.1	Rotatie curves en HII gebieden (20 punten)	14
5.1.2.2	Micro-Lensing (20 punten)	15
5.1.3	Lange vraag: kosmologie (20 punten)	16
5.2	Juni 2010	17
5.2.1	Korte vragen	17
5.2.2	Langere vragen: galaxieën	17
5.2.2.1	De Virgo cluster van galaxieën	17
5.2.3	Lange vraag: kosmologie (20 punten)	18
6	Subatomaire fysica	19
6.1	Theorie	19
6.1.1	Juni 2007	19
6.1.2	Juni 2010	19
6.2	oefeningen	19
6.2.1	Juni 2007	19
6.2.2	Juni 2010	20
	Dankwoordje	21

Inleiding

Jullie weten ondertussen hoe alles verloopt, vandaar deze korte inleiding. Het is de derde keer nog maar dat er een tuyaux voor de derde bachelor is, maar ik hoop toch dat deze verzameling vragen van jullie kan helpen in deze lastige examenperiode! Als jullie daarenboven nog zo vriendelijk willen zijn om de examenvragen van deze reeks bij te houden en mij eens te bezorgen, zijn jullie opvolgers jullie heel dankbaar en kan deze tuyaux uitgebreid en veel vollediger gemaakt worden!

Veel succes!

Deze versie is geprint op 22 april 2011.

Julie

WINAK mentor Fysica 2010-2011

Hoofdstuk 1

Experimentele technieken

1.1 Het vak, het examen

Omdat sinds vorig jaar het vak is opgesplitst in 2 delen (letterlijk, en goed voor ons!), is voor de eerste semester slechts de helft van deze tuyaux van 2009 van toepassing.

1.2 Theorie

1.2.1 Januari 2009

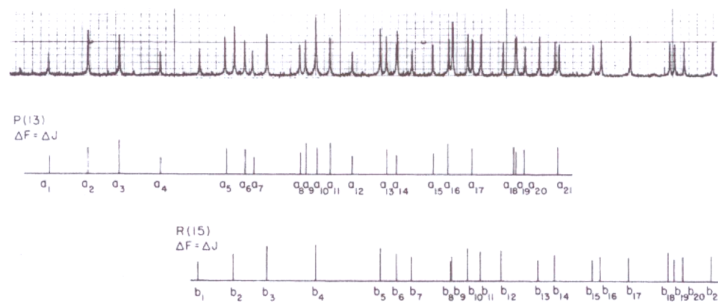
1.2.1.1 Groep A

DEEL I (E. Goovaerts; enkel schriftelijk)

1. Bespreek 2 types van analoog-digitaal convertoren (ADC's) en hun respectievelijke voor- en nadelen.
2. Beschrijf de werking van de diffusiepomp en getterpomp, en wat is hun toepassingsgebied als vacuümpompen.

DEEL II (W. Wenseleers; schriftelijk + mondeling)

1. Hoe kan men on gepolariseerd licht omzetten in circulair gepolariseerd licht? Bespreek de verschillende praktische realisaties.
2. De figuur (bovenste curve) toont een experimenteel spectrum uit de literatuur van $^{127}\text{I}_2$ - moleculen in de buurt van 514.5 nm, bekomen door middel van laserspectroscopie met een Ar^+ - laser aan een moleculaire bundel. De horizontale (frequentie-)schaal bedraagt 15 MHz per schaalverdeling (kleinste vierkantjes), en de typische lijnbreedte van de afzonderlijke overgangen bedraagt (in deze meting) 650kHz. Wanneer men daarentegen het spectrum zou meten van dezelfde moleculen in de gasfase (dus NIET in een moleculaire bundel) bij kamertemperatuur en zeer lage druk, welke resolutie zou men dan kunnen verwachten, m.a.w. hoe zal het spectrum eruit zien (welke lijnen zijn te onderscheiden)? Bespreek ook het dominante mechanisme zelf dat in het laatste geval de resolutie bepaalt.



Figuur 1.1: figuur 1

1.2.1.2 Groep A

DEEL I (E. Goovaerts; enkel schriftelijk)

1. Wat is een multi-channel averager (MCA) en hoe wordt hiermee de meetnauwkeurigheid verhoogd? Hoe verbetert de signaal/ruis-verhouding typisch bij de accumulatie van digitale signalen (telgebeurtenissen)?
2. Beschrijf de werking van manometers voor vacuümtoepassingen van de types Pirani en Penning, en wat is hun toepassingsgebied.

DEEL II (W. Wenseleers; schriftelijk + mondeling)

1. Leg het begrip "Brewster-hoek" uit (inclusief afleiding). Waarvoor is dit verschijnsel nuttig?
2. (a) Leg kort de werking van een traliespectrometer uit (teken de precieze opstelling).
(b) Je beschikt over een spectrometer voor zichtbaar licht met een 5 cm groot rooster met 150 lijnen/mm, en een brandpuntsafstand van 250 mm. Bepaal de theoretisch optimaal haalbare resolutie van deze spectrometer, en schat hoe breed de ingangsspleet ongeveer mag zijn om deze theoretische limiet te kunnen benaderen. (Veronderstel hierbij dat je de eerste orde diffractie gebruikt.)

1.2.2 Januari 2010

Prof. E. Goovaerts

1.2.2.1 Groep A

1. Nemen we aan dat in een meting van een analoog signaal de thermische ruis dominant is (verwaarloos andere ruis en storingen), hoeveel zal deze dan onderdrukt worden indien we:
 - van een nauwe elektronische band-doorlaatfilter de frequentieband met een factor 3 verkleinen?
 - de temperatuur verlagen van kamertemperatuur tot 50K?
 - de centrale frequentie van de filter verplaatsen van 100kHz naar 500kHz?

Hierbij worden telkens de overige parameters onveranderd gelaten. Wat gebeurt er in deze gevallen indien de $1/f$ ruis dominant is?

2. We houden een preparaat in een badcryostaat in vloeibaar helium ondergedompeld bij 4.2K. Indien er door de meting een dissipatie van 30mW op het preparaat wordt veroorzaakt, hoeveel He-vloeistof zal dan minimaal per uur verdampen? Hoeveel He-gas zal daarbij vrijkomen?

1.2.2.2 Groep B

1. Bij een meting van kernvervalen worden in het spectrum twee scherpe banden gevonden met een totale intensiteit van ongeveer 250 tellen/s in de ene en 1300 tellen/s in de tweede band. Hoelang zal de meting minimaal duren die ons een waarde voor de verhouding van deze intensiteiten in de twee banden oplevert met een relatieve fout kleiner dan 1%? (Enkel met de statistische fout op ongecorreleerde tellen rekening houden.)
2. Combineren we een rotatiepomp met een turbopomp in een pompstel om hoogvacuum te bereiken tot $\sim 2 \times 10^{-5}$ mbar, en stellen we hierbij dat een druk tussen beide pompen ontstaat van $\sim 3 \times 10^{-2}$ mbar. Indien de pompsnelheid van de turbopomp $S_{HV} = 500$ liters/s bedraagt, wat is dan de minimaal benodigde pompsnelheid S_{VV} (in m^3/uur) van de voorvacuümpomp?

1.2.3 Juni 2010

Prof. E. Goovaerts

1. Hoe kan men ongepolariseerd licht omzetten in circulair gepolariseerd licht? Bespreek de verschillende praktische realisaties.
2. (a) Leg kort de werking uit van een traliespectrometer (teken de preciese opstelling). (b) Je beschikt over een spectrometer voor zichtbaar licht met een 5 cm groot rooster met 150 lijnen/mm en een brandpuntsafstand van 250 mm. Bepaal de theoretisch optimaal haalbare resolutie van deze spectrometer en schat hoe breed de ingangsspleet ongeveer mag zijn om deze theoretische limiet te kunnen benaderen. (Veronderstel hierbij dat je eerste orde diffractie gebruikt.)
3. De vorm van een spectraallijn van gasmoleculen is goed te modelleren als een Voigt-profiel:

$$I(\omega) \int \frac{\exp(4\ln(2)(\omega_0 - \omega')^2/\delta\omega^2)}{(\omega - \omega')^2 + (\gamma/2)^2} d\omega' \quad (1.1)$$

Hoe ziet de vorm eruit (schets en leg uit) en welke informatie kan je hieruit halen over de gasdeeltjes? Welke techniek zou je gebruiken om deze lijnvorm op te meten?

4. Vergelijk Q-switching en mode-locking van lasers. Bespreek de voor- en nadelen van beide technieken.

Hoofdstuk 2

Levensbeschouwing

2.1 Theorie

2.1.1 Juni 2006

2.1.1.1 Module A

1. Vrijzinnig humanisme uitleggen vanuit kentheoretisch standpunt en dan linken aan waarden, normen ...

2.1.1.2 Module B1

1. uitleggen waarom de Islam meer een godsdienst is van het geschreven woord dan het Christendom
2. en ook nog het verschil tussen het Vaticaan en de Kerk.

2.1.1.3 Module B4

1. Wat bedoelt Gauchet met la religion de la sortie de la religion?
2. Waarom een scheiding tussen kerk en staat nodig?

2.1.1.4 Module C3

1. Welke zijn de goede en slechte punten aan cultuurevolutionisme?
2. uitleggen wat de betekenis is van de begrippen 'namus' en 'seref' in de volkse islam

2.1.1.5 Module B2

1. wat wordt bedoeld met de 'reconquista'?
2. wat betekent het asjkenazische jodendom?

2.1.1.6 Module C4

1. het belang van persoonlijk ervaring in godsdienst. de begrippen 'first hand religion' en 'second hand religion' gebruiken in je uitleg
2. toon aan dat etnocentrisme niet samenhangt met geloof of ongeloof.

2.1.1.7 Module B3

1. Wat bedoelen ze met wedergeboorte in het Boeddhisme?
2. Leg uit waarom het Taosme een athesme is.

2.1.1.8 Module C4

1. Geef enkele wetenschappelijke argumenten tegen het Intelligent Design.
2. Wat zijn de belangrijkste verschillen en gelijkenissen tussen de biologische en culturele evolutie?

2.1.1.9 Module C1

1. Geef de historische reden(en) waarom de islam geen of weinig scheiding tussen religie en staat kent.
2. De houding van levensbeschouwingen hangt af van verschillende factoren; bespreek de economische.

2.1.2 Juni 2007**2.1.2.1 Module A**

1. Het Jodendom is vooral een orthopraxie en niet in eerste instantie een orthodoxie. Leg uit.

2.1.2.2 module B3

1. Verduidelijk het athestische aspect van het Taoïsme

2.1.2.3 Module C2

1. Op welke punten verschilt de idee van het intelligent ontwerp van de wetenschappelijke visie op het ontstaan van de mens in deze wereld.

2.1.3 Juni 2010

1. A: Bespreek kritisch het NOMA principe verdedigd door Stephan Jay Gould.
2. B1: Het christelijk geloof in context. God heeft altijd het eerste en laatste woord, leg uit.
3. B2: Geef de eigenschappen van de Koranrecitatie in Medina.
4. B3: Wat wordt bedoeld met de 10 lagen van de geest in het Shingon-boeddhisme van Kukai?
5. B4: Bespreek 2 godheden van het hindoesme.
6. B5: Geef de verschillen en overeenkomsten tussen Pico della Mirandola en Jean-Paul Sartre.
7. C2: Anders dan de 'echte' creationisten, hebben de verdedigers van 'Intelligent Design' (ID) evolutie aanvaard. Bespreek het verschil tussen hun opvatting over evolutie en de evolutietheorie van Darwin.

8. C4: Bespreek aan de hand van de gotische kathedraal hoe het christendom de westerse maatschappij heeft beïnvloed.
9. C6: Geef het verband en het verschil tussen barmhartigheid en gerechtigheid volgens Roger Burggraave.

Hoofdstuk 3

Hydrodynamica

3.1 Theorie

3.1.1 Juni 2009

Men krijgt alle nodige formules en vergelijkingen gegeven die men nodig kan hebben bij dit examen.

1. Wat is de totale enthalpie en toon aan dat de totale enthalpie constant is langs een stroomlijn voor niet-visceuse samendrukbare stromingen. Hoe verandert de totale enthalpie over een schokgolf? En hoe verandert de (gewone) enthalpie (en dus de temperatuur) kwalitatief over een schokgolf?
2. Beschouw niet-visceuse, niet-samendrukbare, irrotationele stroming over een cilinder met een vaste straal.
 - (a) Onderstel eerst "non-lifting" stroming over deze cilinder. Als je de beginsnelheid ver van de cilinder verdubbelt, veranderen dan de stroomlijnen?
 - (b) Veranderen de stroomlijnen bij "lifting" stroming over deze cilinder, als de circulatie constant blijft?
3. Wat is de ideale snelheid van een vliegtuig?
4. Hoe creëer je een schokgolf in een convergerende-divergerende buis?
5. Beschouw de (volledig ontwikkelde) niet-samendrukbare visceuze stroming tussen twee coaxiale cilinders met stralen R_1 en R_2 , die roteren rond hun as met angulaire snelheden Ω_1 en Ω_2 . Er is geen externe drukgradiënt aangelegd. Bereken het snelheidsveld.

3.1.2 Juni 2010

Men krijgt alle nodige formules en vergelijkingen gegeven die men nodig kan hebben bij dit examen.

1. Beschouw een niet-samendrukbare, niet-visceuse vortexstroming (dus irrotationele stroming behalve in het oog van de vortex) in positie $(x,y) = (0,d)$. In $y=0$ bevindt zich een wand. Bepaal het snelheidsveld van deze stroming. Achter de wand ($y < 0$) is de druk p_0 de totale druk. Bereken de kracht die op de wand uitgeoefend wordt. Wordt de wand weggeduwd van de vortex of aangetrokken naar de vortex toe? Of is dit verschillend links en rechts van de vortex?

2. Enkele korte vragen met een kort antwoord:

- Kan een irrotationele stroming een angulaire snelheidscomponent hebben?
- De wet van Bernouilli zegt dat $\rho v^2/2 + p$ constant is in de stroming voor niet-samendrukbare, niet-visceuze stroming. Correct?
- De stroomfunctie is enkel gedefinieerd voor 2dim stroming. Correct?
- De wet van Bernouilli is niet geldig voor stroming rond een vliegtuigvleugel. Correct?
- Wat was de paradox van d'Alembert?
- Blijft de totale temperatuur constant over een schokgolf?
- De dichtheid neemt af over een schokgolf. Correct?

3. Wat is de ideale snelheid van een vliegtuig?

4. Beschouw een vloeistoffilm van dikte h die van een plaat afglijdt die een hoek α maakt met de horizontale as. Onderstel niet-samendrukbare viskeuze stroming. Bepaal het snelheidsveld t.g.v. de zwaartekracht. De shear stress aan het vrije oppervlak is nul.

Hoofdstuk 4

Fysica der materialen

4.1 Theorie

4.1.1 Juni 2009

1. Welke structurele kristaldefecten kunnen voorkomen in "reële" materialen? Wat is hun belang voor de (fysische) eigenschappen van die materialen?
2. Beschrijf de chiraliteit in koolstof nanobuisjes:
 - (a) Bespreek de indexering.
 - (b) Welke invloed heeft dit op het fysische gedrag van de nanobuisjes?
 - (c) Hoe kan men de chiraliteit beïnvloeden?
 - (d) Op welke manier kan men dit uitbreiden voor coaxiale nanobuisjes (multiwall nanotubes) en wat betekent dit voor de mechanische eigenschappen? Bespreek een mogelijke toepassing.
3. Kies 1 onderwerp uit de volgende lijst en vat in maximum 1 blad de essentie samen (dit mag niet je eigen onderwerp zijn!).
 - Magnetoweerstand
 - Mössbauer spectroscopie
 - LEED

4.1.2 Juni 2010

1. Gemoduleerde structuren: Hoe definieer je ze, hoe beschrijf je ze mathematisch? Hebben ze enig technologisch nut? Is een quasikristal ook een gemoduleerde structuur of niet?
2. Koolstof gebaseerde materialen: Nanotubes, grafeen: Waarom is er zo'n 'hype' ivm deze materialen? Welke bijzondere eigenschappen hebben ze? Hoe kan je uitmaken of je grafeen hebt of niet?
3. Kies 1 onderwerp uit de volgende lijst en vat in maximum 1 blad de essentie samen (dit mag niet je eigen onderwerp zijn!).
 - Spintronics: Wat is het GMR effect? Waarvoor wordt het gebruikt? Tunnel magnetoresistance? ...

- Supergeleiding en BCS: Wat is het? Welke materialen? Wat is de BCS theorie?
...
- Biomoleculen: Wat? Waarvoor gebruik je ze? Nu? Toekomst? ...

Hoofdstuk 5

Astrofysica 2

Prof. dr. Tom Teuns

5.1 Juni 2009

Los alle korte vragen op (28 punten), 1 vraag over galaxieën en de kosmologievraag (20 punten voor elke vraag)

5.1.1 Korte vragen

Een paar lijnen volstaat, per vraag 4 ptn.

1. Bespreek kort vier belangrijke verschillen tussen spiraal en elliptische galaxieën.
2. Beschrijf kort twee waarnemingen met hun interpretatie, die suggereren dat de Melkweg donkere materie bevat.
3. De lichtkracht van de melkweg is $L_{MW} = 3,0 \cdot 10^{10} L_0$ en haar circulaire snelheid $V_{MW} = 220 \text{ km s}^{-1}$. Gebruik de Tully-Fisher relatie, $L \propto V_c^4$, om de afstand te vinden tot een naburige galaxie, met circulaire snelheid $V_c = 100 \text{ km s}^{-1}$. De flux die we detecteren van deze galaxie is $F = 8,0 \cdot 10^{-13} \text{ J s}^{-1} \text{ m}^{-2}$.
4. Gebruik een schets om te verklaren wat gravitatie lenzen zijn. Beschrijf twee eigenschappen van gravitatie lenzen die het mogelijk maken om ver weg gelegen galaxieën in groter detail te bestuderen.
5. Beschrijf kort wat de energie relaxatietijd T_E in een stellair systeem is. Deze is lang in galaxieën, maar kort in bolvormige sterhopen (globular clusters). Hoe helpt dit om te begrijpen waarom bolvormige sterhopen sferisch zijn, maar galaxieën elliptisch kunnen zijn? (verwaarloos rotatie)
6. Wat is de oorsprong van de kosmische achtergrondstraling (CMB)?
7. Definieer de Hubble constante. Hoe kan je deze meten?

5.1.2 Langere vragen: galaxieën

5.1.2.1 Rotatie curves en HII gebieden (20 punten)

- Rotatie curves

1. Toon aan dat de dichtheidsdistributie $\rho(R)$ in een sferisch systeem met een constante circulaire snelheid (flat rotation curve) gegeven is door $\rho(R) \propto R^{-2}$.
2. De radiale snelheid, V_R van een ster op afstand d van de zon, en met galactische longitude l , is $V_R = A d \sin(2l)$, met A de constante van Oort, gegeven door:

$$A = -\frac{1}{2} \left[\frac{dV_c}{dR} \Big|_{R_0} - \frac{V_{c,0}}{R_0} \right]$$

$R_0 = 8.5$ kpc is de afstand van de zon tot het centrum van de Melkweg, $V_{c,0} = 220 \text{ km s}^{-1}$ is de circulaire snelheid van de Melkweg op de positie van de zon. Schets V_R als functie van l voor sterren (in het vlak van de Melkweg) op afstand $d = 1 \text{ kpc}$, als de rotatie curve vlak is.

3. De bulge van de Melkweg heeft massa $M_b = 1,0 \cdot 10^{10} M_\odot$. Toon aan dat als je de contributie van de bulge in rekening brengt, de circulaire snelheid toeneemt als

$$V_R = \sqrt{V_{c,0}^2 + GM_b/R}$$

buiten de bulge.

4. Schat, in percent, hoeveel de bulge de waarde van A beïnvloedt op de positie van de zon.

- HII gebieden

1. Een O-ster vormt in een wolk van puur waterstof gas, met homogene dichtheid in atomair waterstof van $n = 1,0 \cdot 10^{11} \text{ cm}^{-3}$. De ster straalt $0,70 \cdot 10^{48}$ ioniserende fotonen per seconde uit. Bereken de straal R waarbinnen al het gas geïoniseerd wordt gedurende de leeftijd $\tau = 1,0 \cdot 10^6$ jaar. [Hint: verwaarloos recombinaties]
2. Door de ionisatie wordt het gas verhit, van $T = 5,0 \cdot 10^2 \text{ K}$ tot $1,0 \cdot 10^4 \text{ K}$. Gebruik de uitdrukking voor de Jeans Mass, M_J , om de typische massa te schatten van sterren die zich vormen nadat het gas is geïoniseerd. Veronderstel dat die typische massa $M = 0,3 M_\odot$ was voor de ionisatie gebeurde. De Jeans massa

$$M_J = \left(\frac{5k_B T}{\mu m_p G} \right)^{3/2} \left(\frac{3}{4\pi n m_p} \right)^{1/2}$$

met μ het gemiddelde moleculaire gewicht.

5.1.2.2 Micro-Lensing (20 punten)

In deze vraag schatten we de fractie van sterren in de LMC die op een gegeven ogenblik helderder worden doordat een MACHO in de halo van de Melkweg als gravitatie lens optreedt. Veronderstel dat dit helderder worden alleen kan waargenomen worden als de hoek θ_L kleiner is dan de Einstein hoek θ_E (zie figuur, θ_L is de hoek tussen waarnemer-lens en waarnemer-bron, θ_E is de hoek waaronder de waarnemer de Einstein straal ziet). De Einstein hoek wordt gegeven door:

$$\theta_E^2 = \frac{4GM}{c^2} \frac{L-l}{lL}$$

1. Kijk naar de figuur en toon dat $R_E = \theta_E l$ (veronderstel $\theta_E \ll 1$), en dus dat de cross-sectie voor het optreden van oplichten, $\sigma(l)$, gegeven is door:

$$\sigma(l) = \pi R_E^2 = \pi (l \theta_E)^2.$$

2. Substitueer de uitdrukking voor θ_E , en toon dat

$$\sigma(l) = \frac{4\pi GM}{c^2} \frac{(L-l)l}{L}$$

3. Veronderstel dat de halo van de Melkweg uit MACHO's bestaat met allemaal dezelfde massa M en dat $\rho(r) = Mn(r) = \rho_0(r_0/r)^2$ de massadichtheid is in MACHO's. Toon dat het aantal sterren dat oplicht gegeven is door

$$N = \frac{4\pi G \rho_0 r_0^2}{c^2} \left[\frac{r_0}{L} \int_0^{L/r_0} \frac{(L/r_0 - x)x}{(1+x)^2} dx \right]. \text{ met } x \equiv l/r_0$$

4. Veronderstel dat de (constante) circulaire snelheid V_c in de halo van de Melkweg $V_c = 220 \text{ km s}^{-1}$ en bereken N . Gebruik dat voor de LMC, $L/r_0 \approx 5$, zodat de uitdrukking tussen de vierkante haakjes $= 0.5$ in de bovenstaande vergelijking.
5. De LMC heeft ongeveer 10^6 sterren lichtkrachtig genoeg om te gebruiken voor MACHO waarnemingen. Gemiddeld hoeveel van die sterren zijn er op een willekeurig moment gelensd? Wat moet je nog weten om te berekenen hoelang je moet waarnemen voor je een MACHO event verwacht te zien?

5.1.3 Lange vraag: kosmologie (20 punten)

De Friedmann vergelijking is

$$H^2 = \left(\frac{\dot{a}}{a}\right)^2 = \frac{8\pi G}{3} \rho + \frac{k}{a^2} + \frac{\Lambda}{3}$$

en de metriek

$$ds^2 = dt^2 - a^2(t) \left[\frac{dr^2}{1 - k(r/R)^2} + r^2 d\Omega^2 \right]$$

- Beschrijf kort wat de verschillende termen in de Friedmann vergelijking voorstellen.
- Bereken de evolutie van de schaafactor $a(t)$ voor een Einstein-de Sitter heelal ($k = 0$) voor
 - een materie gedomineerd heelal
 - een stralings gedomineerd heelal

Welke van de twee is de beste benadering voor het huidige heelal? Was dat altijd zo?

- Toon aan dat doordat a afhangt van de tijd, de golflengte van licht uitgezonden door een verre galaxie, groter wordt. Gebruik dit om de roodverschuiving te definiëren.
- De uitdrukkingen voor de meebewegende (co-moving) afstand r_e , lichtkracht afstand, d_L , en hoekgrootte afstand, d_A zijn

$$r_e = \int_0^{r_e} \frac{dr}{(1 - kr^2)^{1/2}}$$

$$d_L = a_0 r_e (1 + z) = d_A (1 + z)^2.$$

Definieer d_L en d_A . Beschouw een schijfje (een galaxie) met intensiteit I en straal R op roodverschuiving z . Toon aan dat de oppervlakte lichtkrachtigheid afhangt van van roodverschuivingen $\propto (1 + z)^{-4}$. Waarom maakt dat het waarnemen van verafgelegen galaxieën nog moeilijker dan doordat de waargenomen flux afneemt?

- Bereken de lichtkracht afstand d_L tot een supernova met roodverschuiving $z = 0.8$ in een materie gedomineerd Einstein-de Sitter heelal met Hubble constante $H_0 = 70 \text{ km s}^{-1} \text{ Mpc}^{-1}$. In een vlak heelal met een kosmologische constante ($\Omega_m = 0.3$ en $\Omega_{\Lambda} = 0.7$), is d_L groter of kleiner? Waarom?

5.2 Juni 2010

Los alle korte vragen op (28 punten), 1 vraag over galaxieën en de kosmologievraag (20 punten voor elke vraag)

5.2.1 Korte vragen

Een paar lijnen volstaat, per vraag 4 ptn.

1. Beschrijf kort de drie stellaire componenten van een spiraal stelsel.
2. Wat is een rotatiecurve van een galaxie? Schets de rotatiecurve van een galaxie zoals de Melkweg. Waarom suggereren rotatie curves dat er donkere materie is in spiraal galaxien?
3. Wat beschrijven de constanten van Oort? Hoe worden ze gemeten? Waarom suggereren hun waarden de aanwezigheid van donkere materie in de Melkweg?
4. Hoe kan je gravitatie lenzen gebruiken om de massa van clusters van galaxieën te bepalen? Welk fysisch proces produceert de X-stralen die clusters van galaxieën uitstralen?
5. Wat is de lichtkrachtsfunctie van galaxieën? Maak er een schets van.
6. Wat is de oorsprong van de kosmische achtergrondstraling (CMB)?
7. Definieer de Hubble constante. Hoe kan je deze meten?

5.2.2 Langere vragen: galaxieën

5.2.2.1 De Virgo cluster van galaxieën

De Virgo cluster staat op afstand $d = 20$ Mpc en bevat honderden galaxieën, en is bolvormig met straal $R = 1$ Mpc. De gemiddelde radiële snelheid van de galaxieën ten opzichte van de zon is $\langle v \rangle = 1440 \text{ km s}^{-1}$ met radiële dispersie $\sigma = \langle (v - \langle v \rangle)^2 \rangle^{1/2} = 600 \text{ km s}^{-1}$.

1. De golflengte van de waterstof $\text{gH}\alpha$ transitie $\lambda_\alpha = 6563$ Angstrom. Schat de minimale spectrale resolutie $\lambda/\delta\lambda$, die een telescoop moet halen om σ te meten. Hint: $\delta\lambda$ is de verandering in waargenomen golflengte ten gevolge van Dopplerverschuiving.
2. Het viriaal theorema stelt dat $K = U/2$ voor een systeem in evenwicht, met K de totale kinetische energie en U de potentiële energie. Gebruik dit om de massa M van de cluster te schatten. Hint: Gebruik $M = 2.5 \times 10^{14} M_{\text{zon}}$ voor de rest van deze vraag.
3. Veronderstel dat het gas in Virgo een fractie $M_{\text{gas}}/M_{\text{donkerematerie}} = 1/6$ van de donkere materie. Bereken de gasmassa en de gemiddelde dichtheid van elektronen, n_e . Hint: Gebruik $n_e = 3.5 \times 10^{-4} \text{ cm}^{-3}$.
4. De X-stralen emissiviteit is $\epsilon_x = 1.42 \times 10^{-27} n_e^2 T^{1/2} \text{ erg s}^{-1} \text{ cm}^{-3}$. Bereken de lichtkracht van Virgo in X-stralen. Hint: $1 \text{ erg} = 10^{-7} \text{ J}$, de emissiviteit is de uitgestraalde energie per eenheid van volume, veronderstel dat $T = 10^7 \text{ K}$.
5. De Europese XMM X-stralen telescoop heeft een collectie oppervlakte van $S = 800 \text{ cm}^2$. Veronderstel dat alle X-stralen energie $E = 10 \text{ keV}$ hebben. Hoeveel X-stralen detecteert XMM per seconden in Virgo?

5.2.3 Lange vraag: kosmologie (20 punten)

De Friedmann vergelijking is

$$H^2 = \left(\frac{\dot{a}}{a}\right)^2 = \frac{8\pi G}{3}\rho + \frac{k}{a^2} + \frac{\Lambda}{3}$$

en de metriek

$$ds^2 = dt^2 - a^2(t) \left[\frac{dr^2}{1 - k(r/R)^2} + r^2 d\Omega^2 \right]$$

1. Beschrijf kort wat de verschillende termen in de Friedmann vergelijking voorstellen.
2. Bereken de evolutie van de schaafactor $a(t)$ voor een Einstein-de Sitter heelal ($k = \Lambda = 0$) voor
 - een materie gedomineerd heelal
 - een stralings gedomineerd heelal

Welke van de twee is de beste benadering voor het huidige heelal? Was dat altijd zo?

3. Toon aan dat doordat a afhangt van de tijd, de golflengte van licht uitgezonden door een verre galaxie, groter wordt. Gebruik dit om de roodverschuiving te definiëren.
4. De lichtkracht afstand tot galaxiën op $z > 2$ is zo groot dat alleen lichtkrachtige objecten nog kunnen waargenomen worden in emissie. Daarom is het soms handig ze waar te nemen in absorptie, door gebruik te maken van een erg lichtkrachtige quasar. Als het licht van een quasar toevallig door een galaxie passeert kan een deel van het licht geabsorbeerd worden en op deze manier kan je de galaxie bestuderen.
 - (a) Veronderstel dat alle galaxiën bolvormig zijn met straal r en dat het aantal galaxiën per eenheid volume gelijk is aan n . Toon aan dat het aantal galaxiën dat je verwacht te zien in absorptie over een afstand dl gegeven is door $dN = n\pi r^2 dl$, in een vlakke ruimte.
 - (b) Vind de relevante uitdrukking voor het aantal galaxiën dat je verwacht te zien per eenheid roodverschuiving, dN/dz in veronderstelling dat het aantal galaxiën behouden is. Hint: Schrijf het aantal galaxiën per eenheid volume op roodverschuiving z , $n(z)$, in termen van de dichtheid nu, $n(z=0)$ en gebruik $dl = c dt$. Gebruik de definitie van de Hubble constante en verander variabelen van dt in dz .

Hoofdstuk 6

Subatomaire fysica

6.1 Theorie

6.1.1 Juni 2007

Door Pierre Van Mechelen

1. Bespreek α , β en γ -verval. Welke reacties zijn dit? Onder welke omstandigheden hebben ze plaats? Wat zijn de belangrijkste karakteristieken?
2. Geef een mondelinge synthese van het artikel A triangle that matters.

6.1.2 Juni 2010

Op het theorie examen werd een artikel getoond over een nieuw experiment in CERN, dat men even kon lezen en waarover men daarna enkele vragen kreeg.

6.2 oefeningen

6.2.1 Juni 2007

Door Pierre Van Mechelen

1. Beschouw de volgende kernen in hun grondtoestand:

$${}^1_5B \quad {}^{13}_6C \quad {}^{13}_7N \quad (6.1)$$

- (a) Orden deze kernen volgens stijgende massa
 - (b) Bepaal hun magnetisch dipoolmoment
2. Een folie van 7Li met een massa van 0.05g wordt bestraald met thermische neutronen waarbij 8Li gevormd wordt (de werkzame doorsnede voor het invangen van de neutronen bedraagt 37 mb). 8Li ondergaan β^- verval en heeft een halfwaardetijd van 0.85s. Bepaal de activiteit (i.e. het aantal β -vervallen per seconde) bij evenwicht indien de folie met constante flux van $3 \cdot 10^{12}$ neutronen per seconde, per cm^2 bestraald wordt.
 3. Stel dat je een analyse wil doen van de productie van zwakke bosonen bij HERA ¹: $ep \rightarrow eW^\pm X$ en $ep \rightarrow eZ^0 X$. Een belangrijk deel van de werkzame doorsnede zal

¹HERA laat 27.6 GeV elektronen botsen met 920GeV protonen

te maken hebben met interacties waarbij een zgn. “resolved” foton interageert met het proton. Hierbij fluctueert een quasi-reëel foton, afkomstig van het elektron, in een quark-antiquark paar en ontwikkelt het een hadronische structuur, lang voor de interactie met het proton.

- (a) De HERA detectors bestaan uit vertex-detectoren, sporenkamers, elektromagnetische en hadronische calorimeters en muon-detectoren. Welke signatuur zou je gebruiken om de eindtoestand van dergelijke interacties te herkennen?
- (b) Bepaal de minimale $x_{Bjorken}$ die bij dit soort reactie bereikt wordt.
- (c) Maak een ruwe schatting van de verhouding van de werkzame doorsnedes voor Z^0, W^+ en W^- productie. Argumenteer welke benaderingen je hierbij maakt.

6.2.2 Juni 2010

1. Voorspel de spin-pariteit van de eerst-geëxciteerde toestand van $^{31}_{14}\text{Si}$, $^{41}_{19}\text{K}$ en $^{49}_{21}\text{Sc}$. Verklaar hoe de geobserveerde waarden van resp. $\frac{1}{2}^+$, $\frac{1}{2}^+$ en $\frac{3}{2}^+$ tot stand komen.
2. Bepaal de reactiesnelheid te wijten aan α verval voor ^{80}Kr en ^{176}Hf . Gebruik hiervoor de volgende atoommassa's: ^{80}Kr 79.9164; ^{76}Se 75.9192; ^{176}Hf 175.9414; ^{172}Y 171.9364; ^4He 4.0026.
3. Een π^- bundel valt in op een doelwit en produceert neutrale K mesonen en Λ hyperonen. Stel dat de K mesonen een impuls p hebben van 10 GeV. Wat is de verhouding van K_S tot K_L mesonen bij het interactiepunt? Wat is dezelfde verhouding op 10m van het interactiepunt? Hoeveel vervallen naar 2π verwacht je op 10m afstand van het interactiepunt indien CP behouden zou zijn?
4. De massa's van de b en c quark bedragen resp. 4.3 en 1.3 GeV. Welke verhouding voor hun levensduur verwacht je door enkel rekening te houden met de faseruimte factor? Het blijkt dat de levensduren van b en c quarks in de realiteit ongeveer gelijk zijn. Welke andere factoren kunnen dit verklaren? Staaf je antwoord met een numerieke berekening.

Dankwoordje

Met dank aan:

- Alle vorige WINAK mentoren die aan deze tuyaux hun steentje hebben bijgedragen.
- Mijn medementoren Elke en Christophe voor leuke samenwerking.
- Al de mensen die mij hun examenvragen hebben bezorgd en zo deze nieuwe Tuyaux mee hebben mogelijk gemaakt.
- De mensen die me mijn schrijffouten en typfouten vergeven en doormailen naar julie@winak.be.