

Examen Nucleaire Astrofysica

Master Fysica en Sterrenkunde

4 juni 2021

Voor het schriftelijk examen kreeg je 3 uur de tijd, de opgave vind je op de volgende pagina. De theorievraag was gesloten boek, de twee oefeningenvragen waren open boek (slides + boek, geen opgeloste oefeningen). Op de achterkant van de opgave staat de tabel met constanten die je nodig kan hebben.¹

Voor het mondeling gedeelte kreeg je een half uur, zonder voorbereiding. De vraag was zeer algemeen: "Wat weet je over nucleosynthese?".² Zowel Big Bang Nucleosynthese als Stellaire Nucleosynthese kwamen aan bod, de prof gaf aan waar meer details nodig waren.

¹Hint: kijk op het examen zeker eens naar de achterkant van je blad.

²Hint 2: de mondelinge vraag gaat altijd over nucleosynthese.

Examen Nucleaire Astrofysica

Master Fysica en Sterrenkunde

4 juni 2021

Naam :

Stamnummer :

Vraag 1 (/4 - theorie)

Bespreek polytopenmodellen voor sterstructuur en leid de Lane-Emden vergelijking af.

Vraag 2 (/2 - oefening)

Stel de nucleair-netwerkvergelijkingen op voor de pp (I+II) keten.

- Hoe kan je dit stelsel vereenvoudigen wanneer je weet dat de deuteriumabundantie heel snel een evenwichtswaarde bereikt ?
- Toon aan dat wanneer ook de ${}^7\text{Li}$ - en ${}^9\text{Be}$ -abundanties (samen) een evenwichtswaarde bereiken, de vergelijking voor het heliumproductietempo reduceert tot

$$\frac{d[{}^4\text{He}]}{dt} = \langle \sigma v \rangle_{33} \frac{[{}^3\text{He}]^2}{2} + \langle \sigma v \rangle_{34} [{}^3\text{He}][{}^4\text{He}]. \quad (1)$$

Vraag 3 (/3 - oefening)

Bepaal de elektrondichtheden waarbij resonante MSW oscillaties optreden voor een typische zonneneutrino-energieën. Neem aan dat het neutrino geproduceerd wordt in het centrum van de zon en op aarde gedetecteerd. Welke flavor(s) zal/zullen worden waargenomen ? Verklaar. Waar treden de meeste oscillaties op (uitgedrukt in $R_\odot$) ? Voor welke neutrino-energieën treedt geen resonantie in de materie-oscillaties op ? Verklaar.

Gegevens en constanten		
G	$6,67 \cdot 10^{-11} \text{ Jmkg}^{-2}$	
$G_F/(\hbar c)$	$1,166 \cdot 10^{-5} \text{ GeV}^{-2}$	
e	$1,602 \cdot 10^{-19} \text{ C}$	
ϵ_0	$8,85 \cdot 10^{-12} \text{ C}^2\text{N}^{-1}\text{m}^{-2}$	permittiviteit van het vacuüm
k	$1,38 \cdot 10^{-23} \text{ JK}^{-1}$; $8,617 \cdot 10^{-5} \text{ eV}$	Boltzmann constante
h	$6,626 \cdot 10^{-34} \text{ Js}$; $6,582 \cdot 10^{-16} \text{ eV}$	
N_A	$6,02 \cdot 10^{23}$	getal van Avogadro
1 eV	$1,602 \cdot 10^{-19} \text{ J}$	
M_n	$1,6749 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$; $939,56 \text{ MeV}/c^2$	neutronmassa
M_p	$1,6726 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$; $938,27 \text{ MeV}/c^2$	protonmassa
m_e	$0,511 \text{ MeV}/c^2$	elektronmassa
$M_\odot$	$1,99 \cdot 10^{30} \text{ kg}$	
$R_\odot$	$6,955 \cdot 10^8 \text{ m}$	
$L_\odot$	$3,939 \cdot 10^{26} \text{ W}$	(totaal)
1 AE	$149,6 \cdot 10^9 \text{ m}$	
$\sin^2 2\theta_{12}$	0.846	
$\sin^2 2\theta_{13}$	0.093	
Δm_{12}^2	$7,53 \cdot 10^{-5} \text{ eV}^2$	
Δm_{13}^2	$2,44 \cdot 10^{-3} \text{ eV}^2$	(normal hierarchy)