

**Tentamen Inleiding Astrofysica**  
**19 December 2016, 14.00 - 17.00**

**Let op – lees onderstaande goed door!**

\*) Dit tentamen omvat 4 opdrachten. De eerste opdracht bestaat uit tien individuele kennisvragen. Deze vragen moeten **kort** beantwoord worden. Laat bij de andere opdrachten zien hoe je aan je antwoorden komt.

Opdracht 1: 3.0 punten

Opdracht 2: 2.0 punten

Opdracht 3: 2.5 Punten

Opdracht 4: 2.5 punten

\*) Maak iedere opdracht op een **apart blad**, omdat opgaven ieder apart worden nagekeken.

\*) Schrijf op ieder blad **je naam en studentnummer**. Leg je **studentkaart** op tafel.

\*) Alleen het gebruik van een **reguliere rekenmachine** is toegestaan (geen grafische rekenmachine)

\*) **Alle telefoons moeten uit staan, in je tas/jas zitten**, en mogen tijdens het tentamen niet tevoorschijn worden gehaald.

\*) Bijgevoegd zijn **natuurconstanten** die mogelijk gebruikt moeten worden. Ook is bijgevoegd een **lijst van formules**.

\*) Schrijf duidelijk en werk overzichtelijk. Kladpapier wordt niet nagekeken.

\*) Bij constatering van **fraude** wordt verdere deelname aan het tentamen uitgesloten. Dit zal tevens aan de examencommissie worden doorgegeven, wat kan resulteren in uitsluiting van verdere deelname aan de studie.

**VEEL SUCCES!**

## Natuurkundige constanten

zwaartekrachtsconstante	$G$	$=$	$6.67 \cdot 10^{-11} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-2}$
lichtsnelheid in vacuum	$c$	$=$	$3.00 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1}$
constante van Stefan-Boltzmann	$\sigma$	$=$	$5.67 \cdot 10^{-8} \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-4}$
constante van Planck	$h$	$=$	$6.63 \cdot 10^{-34} \text{ J s}$
constante van Boltzmann	$k$	$=$	$1.38 \cdot 10^{-23} \text{ J K}^{-1}$
atomaire massa-eenheid	$m_0$	$=$	$1.66 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$
massa van het proton	$m_p$	$=$	$1.67 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$
straal van het proton	$R_p$	$=$	$2.3 \cdot 10^{-15} \text{ m}$
massa van het elektron	$m_e$	$=$	$9.31 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$
lading van het elektron	$e$	$=$	$1.60 \cdot 10^{-19} \text{ Coulomb}$
dielektrische constante	$\epsilon_0$	$=$	$8.85 \cdot 10^{-12} \text{ kg}^{-1} \text{ s}^2 \text{ Coulomb}^2$
gaskonstante	$R$	$=$	$8.314 \cdot 10^3 \text{ J K}^{-1} \text{ kmol}^{-1}$
getal van Avogadro	$N_A$	$=$	$6.022 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$

(1 mol =  $6.022 \cdot 10^{23}$  moleculen)

## Sterrenkundige constanten

parsec	pc	$=$	$3.0857 \cdot 10^{16} \text{ m}$
astronomische eenheid	AE	$=$	$1.496 \cdot 10^{11} \text{ m}$
lichtkracht van de zon	$L_{\odot}$	$=$	$3.83 \cdot 10^{26} \text{ W}$
massa van de zon	$M_{\odot}$	$=$	$1.99 \cdot 10^{30} \text{ kg}$
straal van de zon	$R_{\odot}$	$=$	$6.96 \cdot 10^8 \text{ m}$
abs. bolometrische magn. v.d. zon	$M_{bol}$	$=$	4.72
zonneconstante		$=$	$1.36 \cdot 10^3 \text{ J m}^{-2} \text{ s}^{-1}$

Schijnbare magnitude v.d. zon  $m = -26.75$

## Formules

$$\lambda_{obs} = \lambda_{emit} \left(1 + \frac{v}{c}\right)$$

$$E = hv$$

$$h = 6.626 \times 10^{-34} \text{ Js}$$

$$I_{tot} = \sigma T^4$$

$$\lambda_{max} = 0.002898 / T_{eff}$$

$$B_{\lambda}(T) = \frac{2ckT}{\lambda^4}$$

$$T_{eq} = T_z (1 - A)^{1/4} \left[\frac{R_z}{2d}\right]^{1/2}$$

$$E = mc^2$$

$$R_s = \frac{2GM}{c^2}$$

$$z = \frac{\lambda_{obs} - \lambda_0}{\lambda_0} \approx \frac{v}{c}$$

$$H = 90 - |b - \delta|$$

$$\alpha = 24N/365$$

$$P^2 = \frac{4\pi^2}{G(M+m)} a^3$$

$$v_c = \sqrt{\frac{GM}{r}}$$

$$L = F \times 4\pi d^2$$

$$m_a - m_b = -2.5 \log_{10}(F_a / F_b)$$

$$M = m + 5 - 5 \log_{10}(d)$$

$$d = 1/\pi$$

$$\theta = \lambda / D$$

$$\frac{v_p}{v_s} = \frac{M_s}{M_p}$$

$$\frac{v_s}{M_p}$$

$$v_{esc} = \sqrt{\frac{2GM}{R}}$$

$$H_0 = \frac{v}{d}$$

$$\text{GST} = (\text{UT} - 12) + 24N / 365$$

## Opdracht 1 (maak deze op een apart blad)

- 1a. Leg de eerste en tweede wet van Kepler uit [score 0.3]
- 1b. Wat is de Balmerreeks? [score 0.3]
- 1c. Noem twee redenen waarom astronomen steeds grotere telescopen willen bouwen. [score 0.3]
- 1d. Waar bevinden zich de planetoidengordel, de Kuiper gordel en de Oortwolk [score 0.3]
- 1e. Waarom worden er met direct imaging vooral jonge exoplaneten gevonden? [score 0.3]
- 1f. Noem de drie natuurkundige principes die belangrijk zijn om de opbouw van onze zon te begrijpen. [score 0.3]
- 1g. Teken een Hertzsprung-Russel diagram, laat zien wat er op de assen staat, en schets de hoofdreeks, de positie van rode reuzen en witte dwergen. [score 0.3]
- 1h. Wat is de Chandrasehkar limiet? [score 0.3]
- 1i. Noem drie verschillen tussen spiraalstelsels en elliptische stelsels [score 0.3]
- 1j. Waarom duurt de siderische dag op Aarde vier minuten korter dan de synodische dag? [score 0.3]

## Opdracht 2 (maak deze op een apart blad)

Vanuit New York ( $40^{\circ} 44' \text{ NB}$ ,  $73^{\circ} 51' \text{ WL}$ ) willen we de ster Tau Boötis ( $\alpha=13^{\text{h}}47^{\text{m}}$ ,  $\delta=17^{\circ} 27'$ ) waarnemen.

- 2a. Wat is de maximale hoogte van Tau Boötis aan de hemel? [score 0.3]
- 2b. In welke maand is Tau Boötis optimaal zichtbaar? [score 0.7]
- 2c. Hoe laat (in UT) gaat Tau Boötis op 1 maart door het zuiden? [score 1.0]

### Opdracht 3 (maak deze op een apart blad)

De evenwichtstemperatuur van een planeet is gelijk aan

$$T_{eq} = T_z (1 - A)^{1/4} \left[ \frac{R_z}{2d} \right]^{1/2}$$

3a. Leid de bovenstaande formule af [score 1.0]

De planeet Mars draait op een afstand van 1.52 AE van de zon en reflecteert 25% van het licht wat ze van de zon ontvangt. De effectieve temperatuur van de zon is 5800 K.

3b. Wat is de evenwichtstemperatuur van Mars? [score 0.7]

Stel dat *aliens* ons zonnestelsel vanuit hun thuisplaneet rond Tau Boötis (afstand = 16.5 pc) zouden waarnemen.

3c. Wat is de maximale hoekafstand tussen de zon en Mars? [score 0.4]

3d. Wat moet de minimale diameter van hun telescoop zijn om Mars en de zon in zichtbaar licht te kunnen onderscheiden? [score 0.4]

### Opdracht 4 (maak deze op een apart blad)

Onze zon draait met een snelheid van  $220 \text{ km sec}^{-1}$  om het centrum van de melkweg, welke op een afstand van 8,0 kpc staat.

a) Hoe lang duurt een omloop van de zon om het centrum van de Melkweg (in bruikbare eenheden)? [score 0.3]

b) Hoeveel massa bevindt zich in onze melkweg (in zonsmassa's) binnen de baan van de zon? [score 0.4]

Een superzwaar zwart gat bevindt zich in het centrum van onze Melkweg. Astronomen zien een ster in een cirkelbaan om het zwarte gat draaien op een afstand van 0.1 boogseconden in een omlooptijd van 10 jaar. [score 0.4]

c) Hoe ver staat de ster van het zwarte gat? [score 0.3]

d) Hoeveel zonsmassa's is het zwarte gat? [score 0.4]

e) Op wat voor afstand van het centrum van de Melkweg is de zwaartekrachtinvloed van het zwarte gat even groot als van de rest van de Melkweg? Neem aan dat al de massa in de Melkweg zich in een homogene platte schijf bevindt. [score 0.7]