

Antwoorden Oefenvragen

VWO



Examenjaar 2026-2027

Inhoudsopgave

Inhoudsopgave	2
1. Golven (domein B)	4
1.1 Informatieoverdracht	4
1. Natuurkunde VWO 2016, tijdvak 1, vraag 16	4
2. Natuurkunde VWO 2025, tijdvak 1, vraag 6	5
3. Natuurkunde VWO 2017, tijdvak 1, vraag 16	6
4. Natuurkunde VWO 2015 (pilot), tijdvak 2, vraag 12	7
1.2 Medische beeldvorming	8
5. Natuurkunde VWO 2026, tijdvak 1, vraag 19	8
6. Natuurkunde VWO 2024, tijdvak 2, vraag 10	9
7. Natuurkunde VWO 2023, tijdvak 2, vraag 8	10
8. Natuurkunde VWO 2022, tijdvak 1, vraag 16 en 17	11
9. Natuurkunde VWO 2026, tijdvak 2, vraag 1 en 2	12
10. Natuurkunde VWO 2025, tijdvak 1, vraag 20	14
11. Natuurkunde VWO 2016, tijdvak 2, vraag 9	15
12. Natuurkunde VWO 2025, tijdvak 2, vraag 18	16
13. Natuurkunde VWO 2025, tijdvak 1, vraag 19	17
14. Natuurkunde VWO 2024, tijdvak 1, vraag 15	18
15. Natuurkunde VWO 2018, tijdvak 1, vraag 17	19
2. Beweging en wisselwerking (domein C)	20
2.1 Kracht en beweging	20
16. Natuurkunde VWO 2025, tijdvak 1, vraag 1	20
17. Natuurkunde VWO 2024, tijdvak 1, vraag 1	21
18. Natuurkunde VWO 2013 (pilot), tijdvak 1, vraag 2	22
2.2 Energie en wisselwerking	23
19. Natuurkunde VWO 2021, tijdvak 2, vraag 1	23
20. Natuurkunde VWO 2015 (pilot), tijdvak 2, vraag 1	25
2.3 Gravitatie	26
21. Natuurkunde VWO 2014 (pilot), tijdvak 2, vraag 6	26
22. Natuurkunde VWO 2015 (pilot), tijdvak 1, vraag 11	27



23.	Natuurkunde VWO 2016, tijdvak 1, vraag 5	28
24.	Natuurkunde VWO 2023, tijdvak 1, vraag 9	29
25.	Natuurkunde VWO 2018, tijdvak 1, vraag 6	31
3.	Lading en veld (domein D)	32
3.1	Elektrische systemen	32
26.	Natuurkunde VWO 2024, tijdvak 2, vraag 1	32
27.	Natuurkunde VWO 2025, tijdvak 2, vraag 1	33
28.	Natuurkunde VWO 2026, tijdvak 1, vraag 8	34
29.	Natuurkunde VWO 2023, tijdvak 2, vraag 21	35
30.	Natuurkunde VWO 2021, tijdvak 2, vraag 18	36
31.	Natuurkunde VWO 2022 tijdvak 1, vraag 11	37
3.2	Elektrische en magnetische velden	39
32.	Natuurkunde VWO 2012 (pilot), tijdvak 1, vraag 20	39
4.	Straling en materie (domein E)	40
4.1	Elektromagnetische straling en materie	40
33.	Natuurkunde VWO 2022, tijdvak 2, vraag 13	40
34.	Natuurkunde VWO 2026, tijdvak 2, vraag 19	42
35.	Natuurkunde VWO 2025, tijdvak 1, vraag 21	43
36.	Natuurkunde VWO 2021, tijdvak 3, vraag 13	44
37.	Natuurkunde VWO 2019, tijdvak 1, vraag 14	45
38.	Natuurkunde VWO 2013 (pilot), tijdvak 1, vraag 18	46
5.	Quantumwereld en relativiteit (domein F)	47
5.1	Quantumwereld	47
39.	Natuurkunde VWO 2024, tijdvak 2, vraag 16	47
40.	Natuurkunde VWO 2026, tijdvak 1, vraag 16	48
6.	Natuurwetten en modellen (domein H)	49
6.1	Natuurwetten en modellen	49



1. Golven

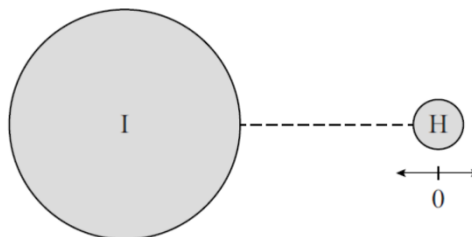
1.1 Informatieoverdracht

1. Natuurkunde VWO 2016, tijdvak 1, vraag 16



Oefenvraag examen 2016 tijdvak 1 – vraag 16

In het molecuul waterstofjodide (HI) is het kleine waterstofatoom gebonden aan het grote jodiumatoom. De evenwichtsafstand tussen de twee atomen is $1,609 \cdot 10^{-10}$ m. Als deze afstand groter of kleiner wordt, zorgt de binding voor een terugnrijvende kracht die in eerste benadering recht evenredig is met de uitwijking van de evenwichtsstand. Een model om het molecuul te beschrijven is een massa-veersysteem, waarbij het waterstofatoom trilt, het jodiumatoom stilstaat en de binding beschouwd wordt als een veer.



In het klassieke model van een harmonisch trillend systeem zijn alle energietoestanden mogelijk. Kijkt men echter naar het spectrum van waterstofjodide, dan blijkt dat geen continu spectrum maar een lijnenspectrum te zijn: om dat te begrijpen is een quantumfysisch model nodig!

De trillingsfrequentie f van dit massa-veersysteem is $6,92 \cdot 10^{13}$ Hz. Hiermee kan met het klassieke model de veerconstante berekend worden. Voer die berekening uit.

Maximumscore 3 punten

Het juiste antwoord is:

- $C = 316 \text{ N m}^{-1}$

Voorbeeld van een berekening:

Er geldt: $T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{C}}$. Met $f = 1/T$ volgt dan: $f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{C}{m}}$.

Invullen levert: $6,92 \cdot 10^{13} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{C}{1,673 \cdot 10^{-27}}}$.

Dit levert: $C = 316 \text{ N m}^{-1}$.



2. Natuurkunde VWO 2025, tijdvak 1, vraag 6



Oefenvraag examen 2025 tijdvak 1 – vraag 6

In deze opgave worden twee experimenten besproken om de geluidssnelheid te bepalen: één voor de geluidssnelheid in lucht en één voor de geluidssnelheid in water.

Geluidssnelheid in lucht

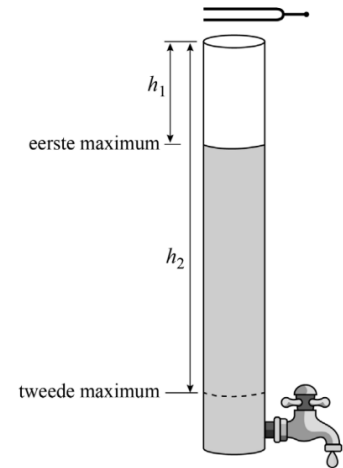
Om de geluidssnelheid in lucht te bepalen wordt een hoge buis gevuld met water. Zie figuur 1.

De bovenkant van de buis is open. Daarboven trilt een stemvork met een frequentie f . Via een kraantje onderaan de buis loopt de buis langzaam leeg. Na enige tijd bereikt de waargenomen geluidssterkte een maximum. Er treedt dan resonantie op. Vervolgens neemt de geluidssterkte weer af, waarna een tijdje later een tweede maximum wordt bereikt.

De gemeten afstanden h_1 en h_2 horen bij de waterniveaus waarbij resonantie optreedt.

Leid een formule af waarmee je de geluidssnelheid v kunt berekenen uit f , h_1 en h_2 .

figuur 1



Maximumscore 3 punten

Het juiste antwoord is:

$$\text{Uitkomst } v = 2(h_2 - h_1)f$$

voorbeeld van een antwoord:

De afstand tussen de resonantieniveaus komt overeen met een halve golflengte: $h_2 - h_1 = \frac{1}{2}\lambda$.

$$\text{Dus } \lambda = 2(h_2 - h_1).$$

$$\text{De geluidssnelheid is dan: } v = \lambda f = 2(h_2 - h_1)f.$$

- inzicht dat de afstand tussen beide resonantieniveaus gelijk is aan $\frac{1}{2}\lambda$
- gebruik van $v = \lambda f$
- completeren van de afleiding



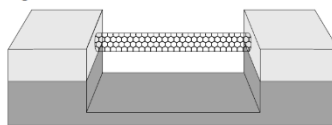
3. Natuurkunde VWO 2017, tijdvak 1, vraag 16



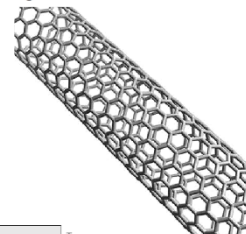
Oefenvraag examen 2017 tijdvak 1 – vraag 16

Onderzoekers beweren dat ze een 'weegschaal' hebben ontwikkeld, die een enkel proton kan wegen. De weegschaal bestaat uit een nanobuisje dat aan twee zijden is vastgeklemd en trilt als een staande golf. Zie figuur 1. Deze figuur is niet op schaal. Als een deeltje aan het buisje vasthecht, verandert de trillingstijd. Hieruit is de massa van dat deeltje te bepalen. Het nanobuisje is opgebouwd uit koolstofatomen die in een honingraatstructuur zijn geordend. Zie figuur 2. De massa van het vastgeklemd nanobuisje bedraagt $6,2 \cdot 10^{-22}$ kg.

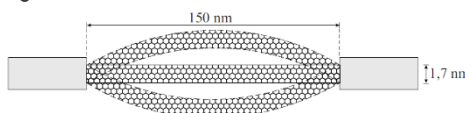
figuur 1



figuur 2



figuur 3



In figuur 3 staat de 'weegschaal' schematisch getekend met de bijbehorende afmetingen in de evenwichtsstand en de uiterste standen van de staande golf. Het buisje trilt met de grondfrequentie van 1,86 GHz.

Bepaal de golfsnelheid in het nanobuisje.

Maximumscore 3 punten

Het juiste antwoord is:

- Uitkomst $v = 558 \text{ ms}^{-1}$

Voorbeeld van een bepaling:

In de grondfrequentie geldt: $\ell = \frac{1}{2} \lambda$.

Hieruit volgt voor de golflengte: $\lambda = 2 \ell = 2 \cdot 150 \cdot 10^{-9} = 300 \cdot 10^{-9} \text{ m}$.

Voor de golfsnelheid geldt dan: $v = \lambda f = 300 \cdot 10^{-9} \cdot 1,86 \cdot 10^9 = 558 \text{ ms}^{-1}$.



4. Natuurkunde VWO 2015 (pilot), tijdvak 2, vraag 12



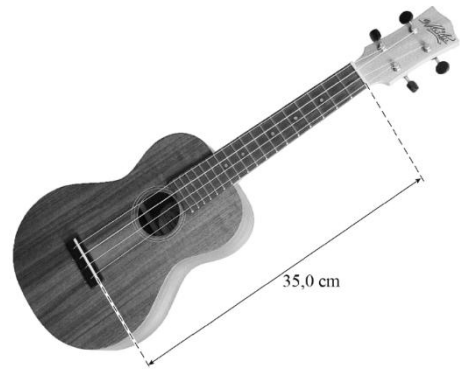
Oefenvraag pilot examen 2015 tijdvak 2 – vraag 12

Een ukelele is een klein formaat gitaar met vier snaren. Zie figuur 1. Daarin is aangegeven tussen welke twee punten de snaren trillen. Een ukelele kan op verschillende manieren gestemd worden. Een van deze stemmingen is zoals weergegeven in tabel 1.

tabel 1

snaar	grondtoon	f (Hz)
1	G	392
2	C	262
3	E	330
4	A	440

figuur 1



Hieruit blijkt dat de golfsnelheid in de snaren van de ukelele niet gelijk is. Leg dat uit.

Maximumscore 2 punten

Voorbeeld van een antwoord:

- De lengte van alle snaren is gelijk. De golflengte in de verschillende snaren is dus ook bij elke snaar gelijk. De frequentie van de tonen zijn echter niet gelijk. Uit $v = \lambda \cdot f$ volgt dat de golfsnelheid in de snaren dan niet gelijk kan zijn.

1.2 Medische beeldvorming

5. Natuurkunde VWO 2026, tijdvak 1, vraag 19



Oefenvraag examen 2026 tijdvak 1 – vraag 19

In ziekenhuizen past men uitwendige bestraling toe om tumoren te behandelen. Het apparaat dat hiervoor wordt gebruikt noemt men een Linac. Het bevat een lineaire deeltjesversneller waarin elektronen worden versneld. Daarna zijn er twee mogelijkheden:

- de tumor wordt direct bestraald met de elektronenbundel;
- met de elektronen worden röntgenfotonen geproduceerd waarmee vervolgens de bestraling wordt gedaan.

De eerste methode is niet voor alle tumoren geschikt.

Leg uit aan welke voorwaarde een tumor moet voldoen om de eerste methode te kunnen toepassen.

Maximumscore 2 punten

Voorbeeld van een antwoord:

Het doordringend vermogen van elektronen is klein. De tumor moet bij het gebruik van een elektronenbundel dicht onder de huid liggen.

- inzicht dat het doordringend vermogen van elektronen klein is
- consequente conclusie over de ligging van de tumor



6. Natuurkunde VWO 2024, tijdvak 2, vraag 10

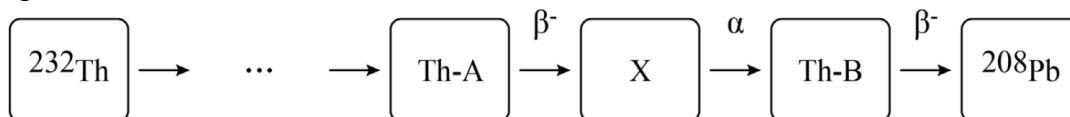


Oefenvraag examen 2024 tijdvak 2 – vraag 10

Lise Meitner (1878-1968) werd in totaal 48 maal genomineerd voor een Nobelprijs, maar kreeg de prijs nooit. Rond 1910 deed Meitner onderzoek naar de eigenschappen van β^- -straling. Ze gebruikte hierbij preparaten met thorium. Het bestaan van isotopen was in die tijd nog niet bekend. Nu weten we dat het preparaat niet alleen het instabiele Thorium-232 bevatte, maar ook alle vervalproducten van Thorium-232 (ook wel de vervalreeks genoemd). Deze vervalreeks eindigt bij het stabiele isotoop Pb-208.

In de vervalreeks van Th-232 zitten meerdere β^- -stralers. Meitner was vooral geïnteresseerd in twee specifieke β^- -stralers. Omdat Meitner nog niet in staat was om de afzonderlijke isotopen in het preparaat te identificeren, noemde ze deze β^- -stralers 'Th-A' en 'Th-B'. Zie figuur 2, de isotoop 'X' is een onbekende α -straler.

figuur 2



Wat Meitner 'Thorium A' noemde blijkt een isotoop van lood te zijn.

Leg dit uit aan de hand van de laatste drie vervalprocessen van de vervalreeks in figuur 2.

Maximumscore 3 punten

Voorbeeld van een antwoord:

α -verval leidt tot een afname van twee van het atoomnummer van de dochterkern. Bij β^- -verval neemt het atoomnummer toe met één. Omdat er twee keer β^- -verval optreedt en een keer α -verval tussen Th-A en ^{208}Pb zal het atoomnummer netto hetzelfde blijven. (Hieruit volgt dat Th-A een isotoop is van het element lood.)

- inzicht dat twee isotopen hetzelfde atoomnummer hebben
- inzicht in het effect van α -verval op het atoomnummer
- inzicht in het effect van β^- -verval op het atoomnummer



7. Natuurkunde VWO 2023, tijdvak 2, vraag 8



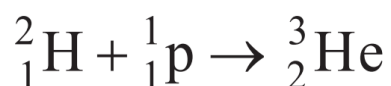
Oefenvraag examen 2023 tijdvak 2 – vraag 8

Een klein deel van alle waterstof in het heelal heeft naast een proton ook nog een neutron in de kern. Dit isotoop ${}^2_1\text{H}$ wordt deuterium genoemd, vaak kortweg aangeduid als D. Sterrenkundigen denken dat al het deuterium in het heelal vlak na de oerknal is gevormd. Sindsdien is de hoeveelheid deuterium in het heelal afgenomen door kernfusie in sterren. Bij deze reactie fuseert een deuteriumkern met een proton tot een nieuw, zwaarder deeltje.

Geef de reactievergelijking van dit proces.

Maximumscore 3 punten

Voorbeeld van een antwoord:



- Deuterium en proton links van de pijl.
- He rechts van de pijl, mits verkregen via kloppende atoomnummers.
- Aantal nucleonen links en rechts gelijk.



8. Natuurkunde VWO 2022, tijdvak 1, vraag 16 en 17



Oefenvraag examen 2022 tijdvak 1 – vraag 16 en 17

Niels voert een practicum uit waarin hij het gedrag van bètadeeltjes in de lucht onderzoekt. Hij gebruikt een radioactief preparaat als bron voor β^- -deeltjes. Neem aan dat deze bron bij de start van het practicum maar één isotoop bevat. Tijdens het vervalproces van deze isotoop ontstaat Yttrium-90 als vervalproduct. Bij dit vervalproces komt geen gammastraling vrij.

Vraag 16: Geef de vervalvergelijking van dat vervalproces.

Toch komt er gammastraling vrij uit de bron.

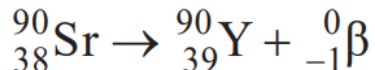
Vraag 17: Geef aan hoe het mogelijk is dat er gammastraling uit de bron vrijkomt.

Maximumscore 3 punten (vraag 16)

Maximumscore 1 punt (vraag 17)

Voorbeeld van een antwoord:

Vraag 16



Vraag 17

- Y-90 (of een eventuele andere dochterkern is zelf instabiel en) vervalt onder uitzending van (onder andere) gammastraling.



9. Natuurkunde VWO 2026, tijdvak 2, vraag 1 en 2

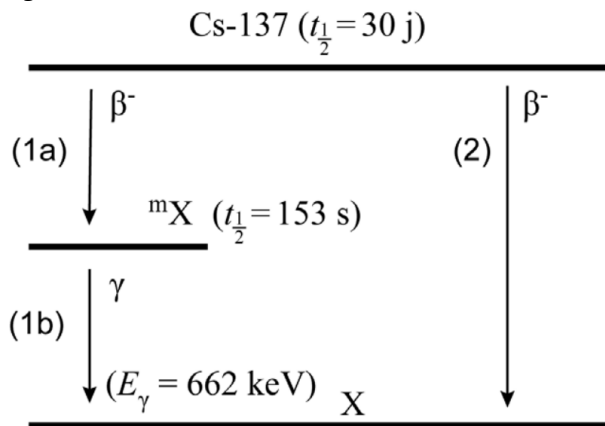


Oefenvraag examen 2026 tijdvak 2 – vraag 1 en 2

Bij een Australisch mijnbouwbedrijf gebruikt men in een sensor voor bodemonderzoek een capsule met radioactief cesium-137.

Cesium-137 kan op verschillende manieren vervallen naar een stabiele dochterkern. In figuur 1 zijn de twee meest voorkomende vervalprocessen weergegeven.

Figuur 1



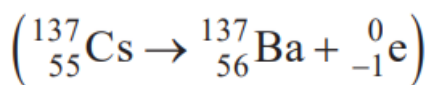
Vraag 1: Leg uit welk element in figuur 1 bedoeld wordt met X.

De capsule moet vervangen worden zodra de activiteit van het cesium met 30% is afgenomen.

Vraag 2: Bepaal na hoeveel jaar de cesiumcapsule vervangen moet worden.

Vraag 1: maximumscore 2 punten

Voorbeeld van een antwoord:



Bij het verval van Cs-137 naar X wordt een bèta-min-deeltje uitgezonden. Het atoomnummer neemt dus met 1 toe van 55 naar 56. Dit is het atoomnummer van het element barium.

- inzicht dat bij bèta-min-verval het atoomnummer met 1 toeneemt
- consequente conclusie



Vraag 2: maximumscore 3 punten

Voorbeeld van een antwoord:

uitkomst: $t = 15$ (j)

Wanneer de capsule vervangen wordt heeft deze nog 100% 30% 70% $\Rightarrow$ van de oorspronkelijke activiteit. Uit figuur 1 / Binas-tabel 25A / ScienceData-tabel 1.11 volgt dat de halveringstijd van Cs-137 gelijk is aan 30 jaar.

Er geldt $A = A_0 \left(\frac{1}{2}\right)^{t/t_{1/2}}$, dus $\frac{A}{A_0} = 0,70 = \left(\frac{1}{2}\right)^{t/30}$.

Hieruit volgt: $\log(0,70) = \frac{t}{30} \cdot \log\left(\frac{1}{2}\right) \rightarrow t = 30 \cdot \frac{\log(0,70)}{\log(\frac{1}{2})} = 15 \text{ (j)}$.

- gebruik van $A = A_0 \left(\frac{1}{2}\right)^{t/t_{1/2}}$ met $t_{1/2} = 30 \text{ y}$
- inzicht dat $\frac{A}{A_0} = 0,70$
- complementeren van de berekening



10. Natuurkunde VWO 2025, tijdvak 1, vraag 20



Oefenvraag examen 2025 tijdvak 1 – vraag 20

Stikstof-13 kan gebruikt worden als tracer voor opnames van het hart tijdens een PET-scan. Doordat stikstof-13 een korte halveringstijd heeft, moet het voor een onderzoek ter plekke gemaakt worden. Dit doet men door zuurstof-16 te beschieten met een proton. Hierbij ontstaan stikstof-13 en een ander deeltje.

Voor het onderzoek wordt een hoeveelheid stikstof-13 geïnjecteerd met een activiteit van 0,74 GBq. Voordat de opname gemaakt kan worden moet het stikstof-13 voldoende opgenomen zijn door het hart. Op het moment dat de opname gemaakt kan worden is de activiteit nog 0,56 GBq.

Bereken hoe lang na het injecteren van de stikstof-13 de opname is gemaakt.

Maximumscore 3 punten

Voorbeeld van een antwoord is:

- uitkomst: 4,0 min

voorbeeld van een antwoord:

Voor de activiteit geldt: $A = A_0 \cdot \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{t_{1/2}}}$

Invullen van de gegevens levert: $5,6 \cdot 10^8 = 7,4 \cdot 10^8 \cdot \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{9,97}}$

Uitwerken levert: $t = 4,0 \text{ min}$.

- gebruik van $A = A_0 \cdot \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{t_{1/2}}}$
- opzoeken van de halveringstijd van stikstof-13
- completeren van de berekening



11. Natuurkunde VWO 2016, tijdvak 2, vraag 9



Oefenvraag examen 2016 tijdvak 2 – vraag 9

Thalliumscintigrafie is een techniek die gebruikt wordt om de doorbloeding van de hartspier te onderzoeken. In het onderzoek wordt thallium-201 gebruikt. De hoeveelheid radioactieve stof die in het onderzoek gebruikt wordt, heeft een activiteit van 56 MBq. Thallium-201 heeft een halveringstijd van 3,04 dag.

Bereken de massa van deze hoeveelheid thallium-201.

Maximumscore 3 punten

Het juiste antwoord is:

- Uitkomst: $m = 7,1 \cdot 10^{-12} \text{ kg}$.

Voorbeeld van een berekening:

Voor het aantal atoomkernen thallium-201 geldt:

$$N = \frac{At \cdot 0,5}{\ln 2} = \frac{56 \cdot 10^6 \cdot 3,04 \cdot 24 \cdot 3600}{\ln 2} = 2,12 \cdot 10^{13}.$$

Voor de massa thallium-201 geldt daarmee:

$$m = 2,12 \cdot 10^{13} \cdot 201 \cdot 1,66 \cdot 10^{-27} = 7,1 \cdot 10^{-12} \text{ kg}.$$



12. Natuurkunde VWO 2025, tijdvak 2, vraag 18

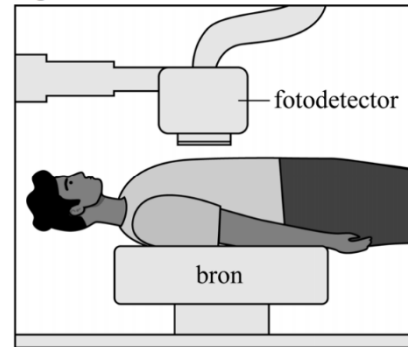


Oefenvraag examen 2025 tijdvak 2 – vraag 18

Voor een bepaald medisch onderzoek is het nodig om de lever van een patiënt in beeld te brengen. Dit kan onder andere met röntgenstralen. De patiënt ligt dan boven een röntgenbron en boven de patiënt bevindt zich een fotodetector die meet hoeveel röntgenstraling er door de patiënt heen gaat. Dit is schematisch weergegeven in figuur 1.

De röntgenfotonen hebben een energie van 100 keV. De romp van de patiënt laat gemiddeld 1,2% van de fotonen door. Neem aan dat de gemiddelde halveringsdikte van lichaamsweefsel gelijk is aan de halveringsdikte van water.

figuur 1



Bereken de gemiddelde dikte van de romp van de patiënt.

Maximumscore 3 punten

Het juiste antwoord is:

- uitkomst: 26 cm

voorbeeld van een antwoord:

Voor de doorgelaten intensiteit geldt:

$$I = I_0 \left(\frac{1}{2} \right)^{\frac{d}{d_{1/2}}}$$

De halveringsdikte van water bij een fotonenergie van 100 keV is 4,1 cm.

Invullen van de gegevens:

$$\frac{I}{I_0} = 0,012 = \left(\frac{1}{2} \right)^{\frac{d}{4,1}}$$

Uitwerken levert $d = 26$ cm .

- Gebruik van
- opzoeken $I = I_0 \left(\frac{1}{2} \right)^{\frac{d}{d_{1/2}}}$ van $d_{1/2}$
- completeren van de berekening



13. Natuurkunde VWO 2025, tijdvak 1, vraag 19



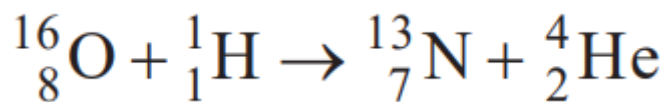
Oefenvraag examen 2025 tijdvak 1 – vraag 19

Stikstof-13 kan gebruikt worden als tracer voor opnames van het hart tijdens een PET-scan. Doordat stikstof-13 een korte halveringstijd heeft, moet het voor een onderzoek ter plekke gemaakt worden. Dit doet men door zuurstof-16 te beschieten met een proton. Hierbij ontstaan stikstof-13 en een ander deeltje.

Geef de kernreactievergelijking voor de productie van stikstof-13.

Maximumscore 3 punten

Voorbeeld van een antwoord:



- alleen zuurstof en proton links van de pijl en stikstof rechts van de pijl
- deeltje rechts van de pijl consequent met de atoomnummers
- aantal nucleonen links en rechts gelijk



14. Natuurkunde VWO 2024, tijdvak 1, vraag 15



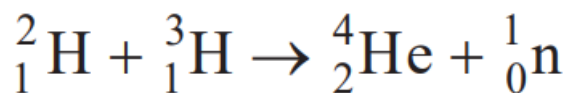
Oefenvraag examen 2024 tijdvak 1 – vraag 15

In een kernfusiereactor is het mogelijk om twee lichte atoomkernen te laten fuseren tot één zwaardere atoomkern. Hierbij komt veel energie vrij. Deuterium (H-2) en een tweede atoomkern kunnen gefuseerd worden tot een He-4 kern en een neutron.

Geef de vergelijking van deze kernreactie.

Maximumscore 3 punten

Voorbeeld van een antwoord



- H-2 links van de pijl, He-4 en een neutron rechts van de pijl
- H links van de pijl (mits verkregen via kloppende atoomnummers)
- aantal nucleonen links en rechts van de pijl gelijk

Opmerkingen

- Als de kandidaat rechts van de pijl een gammafoton noteert, dit niet aanrekenen.
- Als de kandidaat andere extra deeltjes noteert, maximaal twee scorepunten toekennen.



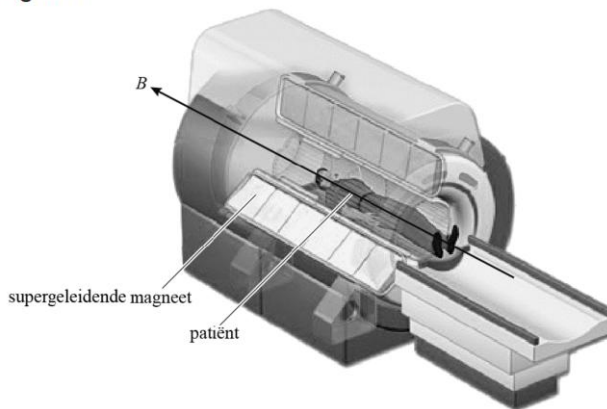
15. Natuurkunde VWO 2018, tijdvak 1, vraag 17



Oefenvraag examen 2018 tijdvak 1 – vraag 17

Een MRI-scanner kan 3D-beelden van het inwendige van een patiënt maken. Daarbij wordt gebruikgemaakt van een sterk magnetisch veld B en van radiogolven. Zie figuur 1 voor een opengewerkte afbeelding van een MRI-scanner.

figuur 1



Leg uit dat een MRI-scan veiliger is voor de patiënt dan een CT-scan.

Maximumscore 2 punten

Voorbeeld van een antwoord:

- Een CT-scan wordt met behulp van ioniserende straling gemaakt. Dit geeft verhoogde gezondheidsrisico's. (Magneetvelden en radiogolven hebben geen ioniserende werking. Dus is een MRI-scan veiliger dan een CT-scan.)

2. Beweging en wisselwerking

2.1 Kracht en beweging

16. Natuurkunde VWO 2025, tijdvak 1, vraag 1



Oefenvraag examen 2025 tijdvak 1 – vraag 1

Tijdens de Olympische Spelen in 2018 won Suzanne Schulting een gouden medaille op de kilometer shorttrack in een tijd van 1 min 29,80 s.

Volgens de reglementen van de Internationale Schaatsunie heeft een shorttrackbaan een lengte van 111,11 m. Bij de kilometer shorttrack schaatst een schaatser negen ronden.

Bereken de gemiddelde snelheid van Schulting tijdens de race. Noteer je antwoord in het juiste aantal significante cijfers.

Maximumscore 3 punten

Het juiste antwoord is:

Uitkomst: $11,14 \text{ m s}^{-1}$

voorbeeld van een antwoord:

De afgelegde afstand is $9 \cdot 111,11 \text{ m}$ en de daarvoor benodigde tijd bedraagt 89,80 s.

De gemiddelde snelheid is dan: $v_{\text{gem}} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{999,99}{89,80} = 11,14 \text{ m s}^{-1}$.

- gebruik van $v_{\text{gem}} = \frac{\Delta x}{\Delta t}$
- completeren van de berekening
- significantie



17. Natuurkunde VWO 2024, tijdvak 1, vraag 1



Oefenvraag examen 2024 tijdvak 1 – vraag 1

In 2018 verbrak Denise Mueller-Korenek het wereldsnelheidsrecord op de fiets, op een hooggelegen zoutvlakte in de Verenigde Staten. Tijdens de recordpoging legde ze een afstand van vijf mijl af en werd haar snelheid tijdens de laatste mijl nauwkeurig bepaald. Deze laatste mijl is heel nauwkeurig gemeten, zodat de meetwaarde te schrijven is als 1,000 000 mijl. Denise haalde hier een gemiddelde snelheid van 183,932 mijl per uur.

Bereken in hoeveel seconden Denise de laatste mijl afgelegd heeft. Noteer je antwoord in het juiste aantal significante cijfers.

Maximumscore 3 punten

Het juiste antwoord is:

Uitkomst: 19,5725 (s)

Voorbeeld van een antwoord:

$$t = \frac{s}{v} = \frac{1,000\,000 \text{ mijl}}{183,932 \text{ mijl h}^{-1}} = 5,43679 \cdot 10^{-3} \text{ h} = 19,5725 \text{ s}$$

- gebruik van $s = vt$
- completeren van de berekening
- significantie



18. Natuurkunde VWO 2013 (pilot), tijdvak 1, vraag 2



Oefenvraag pilot examen 2013 tijdvak 1 – vraag 2

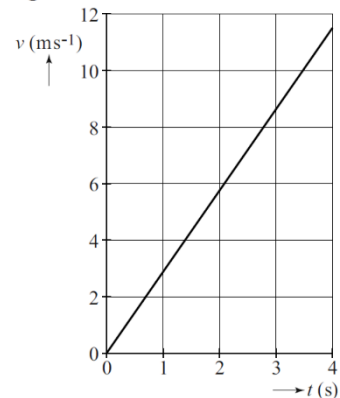
Kimberley en Jenneke maken met behulp van een video-opname een (s,t)-diagram van een sprint van Carl Lewis over 100 meter. [...] Kimberley en Jenneke onderzoeken nu het begin van de race. Ze hebben elk een hypothese over de eerste 4 seconde.

Kimberley	Hypothese 1	"Lewis leverde in de eerste 4 s een constante kracht."
Jenneke	Hypothese 2	"Lewis leverde in de eerste 4 s een constant vermogen."

In het (v,t)-diagram van figuur 3 staat gegeven hoe de snelheid zou verlopen als hypothese 1 van Kimberley klopt, uitgaande van de snelheid op $t = 4,0$ s. De massa van Carl Lewis bedraagt 80 kg.

Bepaal de grootte van de kracht die Kimberley in haar model heeft gebruikt. Neem aan dat de wrijvingskrachten verwaarloosd mogen worden.

figuur 3



Maximumscore 3 punten

Het juiste antwoord is:

- Uitkomst: $F = 2,3 \cdot 10^2$ N (met een marge van $0,1 \cdot 10^2$ N).

Voorbeeld van een bepaling:

De versnelling a is te bepalen uit de helling van het (v,t)-diagram.

$$\text{Dit geeft: } a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{11,7}{4,0} = 2,93 \text{ ms}^{-2}.$$

$$\text{Er geldt: } F = m \cdot a. \text{ Invullen levert: } F = m \cdot a = 80 \cdot 2,93 = 2,3 \cdot 10^2 \text{ N.}$$



2.2 Energie en wisselwerking

19. Natuurkunde VWO 2021, tijdvak 2, vraag 1



Oefenvraag examen 2021 tijdvak 2 – vraag 1

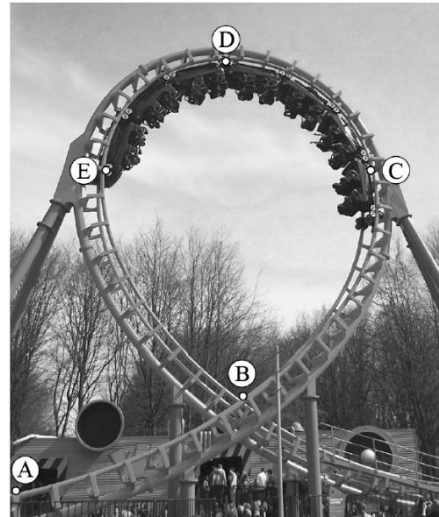
Een spectaculair onderdeel van veel achtbanen is de looping. Als het treintje van de achtbaan vanaf punt A door de looping beweegt, gaat de passagier 'over de kop'. Zie figuur 1.

Voordat het treintje bij punt A komt, rijdt het vanuit stilstand vanaf een bepaalde hoogte h boven punt A langs een helling naar beneden. (Dit is niet te zien in figuur 1.)

Het treintje heeft in punt A een snelheid van $27,8 \text{ m s}^{-1}$.

Bereken hoe groot deze hoogte h boven punt A minimaal moet zijn.

figuur 1



Maximumscore 3 punten

Het juiste antwoord is:

- Uitkomst: $h = 39,4 \text{ m}$.

Voorbeeld van een berekening:

Methode 1

Voor het berekenen van de minimale hoogte geldt dat de wrijvingskracht te verwaarlozen is. Voor de wet van behoud van energie geldt dan:

$$mgh = \frac{1}{2}mv^2 \leftrightarrow h = \frac{v^2}{2g} = \frac{27,8^2}{2 \cdot 9,81} = 39,4 \text{ m}.$$



Of:

Methode 2

De eindsnelheid van het treintje is gelijk aan de snelheid die een voorwerp krijgt dat van dezelfde hoogte valt. Dat voorwerp wordt versneld met $9,81 \text{ m s}^{-2}$ tot een snelheid van $27,8 \text{ m s}^{-1}$. Er geldt:

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t}. \text{ Dit geeft } \Delta t = 2,834 \text{ s.}$$

Met een gemiddelde snelheid van $\frac{27,8}{2} = 13,9 \text{ m s}^{-1}$ geldt voor de hoogte: $h = 13,9 \cdot 2,834 = 39,4 \text{ m}$.



20. Natuurkunde VWO 2015 (pilot), tijdvak 2, vraag 1



Oefenvraag pilot examen 2015 tijdvak 2 – vraag 1

Lees onderstaand artikel.

Iedereen kan vliegen!

Bij Roosendaal bevindt zich 'Indoor Skydive'. In deze attractie ervaar je het gevoel van een 'vrije val', zonder uit een vliegtuig te springen. Je zweeft in een windtunnel in een verticale luchtstroom die een snelheid van maximaal 240 km h^{-1} kan hebben. Door je armen en benen in een iets andere positie te brengen, kun je je in de tunnel omhoog of omlaag bewegen.

De snelheid van 240 km h^{-1} komt overeen met de snelheid die je bereikt als je vanaf een bepaalde hoogte valt, met verwaarlozing van de luchtweerstand.

Bereken die hoogte.

Maximumscore 3 punten

Het juiste antwoord is:

- Uitkomst: $h = 2,27 \cdot 10^2 \text{ m}$.

Voorbeelden van een berekening:

Methode 1

Omdat de luchtweerstand verwaarloosd wordt, geldt: $v(t) = gt$.

Invullen levert: $240 / 3,6 = 9,81 \cdot t \rightarrow t = 6,796 \text{ s}$.

Voor de hoogte geldt: $h = s(t) = 0,5gt^2 = 0,5 \cdot 9,81 \cdot (6,796)^2 = 2,27 \cdot 10^2 \text{ m}$.

Methode 2

Omdat de luchtweerstand verwaarloosd wordt, geldt: $mgh = 0,5 mv^2$.

Wegdelen van m en invullen levert: $9,81 \cdot h = 0,5 \cdot (240 / 3,6)^2$.

Dit levert $h = 2,27 \cdot 10^2 \text{ m}$.



2.3 Gravitatie

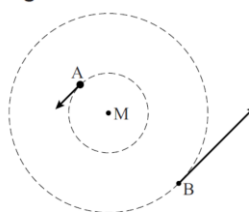
21. Natuurkunde VWO 2014 (pilot), tijdvak 2, vraag 6



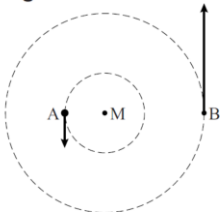
Oefenvraag pilot examen 2014 tijdvak 2 – vraag 6

Er zijn sterren die lijken te bestaan uit één object, maar bij nadere beschouwing deel uit maken van een zogenaamd 'dubbelstersysteem'. Bij een dubbelstersysteem bewegen twee sterren A en B in concentrische cirkels met middelpunt M zoals in figuur 1a, 1b en 1c is aangegeven. Figuur 1 is niet op schaal. Waarnemer W staat in werkelijkheid heel ver weg.

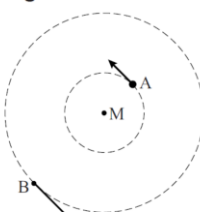
figuur 1a



figuur 1b



figuur 1c



A en B liggen op een lijn die steeds door M gaat.
Geef de reden dat A en B dezelfde omlooptijd hebben.

Maximumscore 1 punt

Voorbeeld van een juist antwoord:

- Als de ene ster een hele cirkel aflegt, moet de andere ster dat ook doen.

22. Natuurkunde VWO 2015 (pilot), tijdvak 1, vraag 11



Oefenvraag pilot examen 2015 tijdvak 1 – vraag 11

Lees onderstaand artikel.

Een bemande ruimtecapsule moet na terugkeer uit de ruimte in minder dan een half uur een zachte landing op aarde maken. Hierbij heeft men te maken met de gravitatiekracht en de wrijvingskracht van de atmosfeer. Om de wrijvingswarmte op te kunnen vangen, heeft men een hitteschild ontwikkeld met een grote luchtweerstandscoefficiënt (de platte kant wijst naar voren), dat afbladdert bij hoge temperaturen. Door de hoge temperaturen worden de luchtmoleculen rond de capsule geïoniseerd. Hierbij ontstaat een plasma van elektronen en positieve ionen dat EM-straling absorbeert. Tijdens de daling ondervindt de capsule daardoor een radio-black-out: het radiocontact met het grondstation valt een paar minuten weg.

De weg terug

De terugkerende ruimtecapsule met een massa $m = 5,8 \cdot 10^3$ kg, bevindt zich op $t = 0$ s op 500 km hoogte met baansnelheid van $7,5 \cdot 10^3$ m s⁻¹.

Laat met een berekening zien dat deze snelheid op die hoogte te klein is voor een stabiele omloopbaan om de aarde.

Maximumscore 4 punten

Voorbeeld van een juist antwoord:

$$\text{Er geldt: } F_g = F_{\text{mpz}} \rightarrow \frac{GmM}{r^2} = \frac{mv^2}{r}.$$

Dit levert voor de omloopsnelheid:

$$v_{\text{omloop}} = \sqrt{\frac{GM}{r}} = \sqrt{\frac{6,674 \cdot 10^{-11} \cdot 5,972 \cdot 10^{24}}{(6,371 \cdot 10^6 + 500 \cdot 10^3)}} = 7,62 \cdot 10^3 \text{ m s}^{-1}.$$

(Deze snelheid is groter dan de gegeven baansnelheid).



23. Natuurkunde VWO 2016, tijdvak 1, vraag 5



Oefenvraag examen 2016 tijdvak 1 – vraag 5

Lees onderstaand artikel.

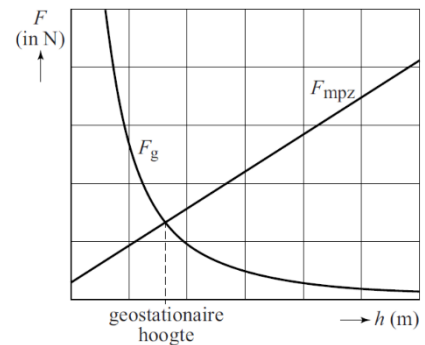
Ruimtelift?

Wetenschappers van de TU-Delft en ESA (European Space Agency) in Noordwijk hebben modelstudies uitgevoerd naar de haalbaarheid van een zogenaamde Ruimtelift naar geostationaire satellieten. Geostationaire satellieten bevinden zich namelijk op een vaste plaats boven de evenaar vanaf de aarde gezien. Een kabel tussen de aarde en een geostationaire satelliet kan niet, omdat de satelliet dan door de kabel naar beneden getrokken wordt. Maar zou een langere kabel met een contragewicht wel kunnen? Hierover gaat de haalbaarheidsstudie naar de 'ruimtelift': langs een lange kabel duizenden kilometers omhoog klimmen. Wat je nodig hebt is een strakke kabel en een slimme manier van klimmen.

In figuur 1 is de gravitatiekracht op een voorwerp als functie van de hoogte boven het aardoppervlak weergegeven. Ook is de middelpuntzoekende kracht weergegeven die nodig is voor dat voorwerp als het beweegt met dezelfde omlooptijd als de aarde.

Bereken de geostationaire hoogte.

figuur 1



Maximumscore 4 punten

Het juiste antwoord is:

- Uitkomst: $h = 3,6 \cdot 10^7 \text{ m} = 36 \cdot 10^3 \text{ km}$.

Voorbeeld van een berekening:

Op de geostationaire hoogte geldt: $F_{\text{mpz}} = F_g$.

Invullen levert: $m \frac{v^2}{r} = G \frac{mM}{r^2}$. Met $v = \frac{2\pi r}{T}$ geeft dit: $r^3 = \frac{GMT^2}{4\pi^2}$.

Invullen levert: $r^3 = \frac{6,67 \cdot 10^{-11} \cdot 5,972 \cdot 10^{24} \cdot (24 \cdot 3600)^2}{4\pi^2} = 7,532 \cdot 10^{22} \text{ (m}^3\text{)}$.

Dit geeft $r = 4,223 \cdot 10^7 \text{ m}$.

Omdat geldt: $r = R_A + h$, levert dit: $h = 3,58 \cdot 10^7 \text{ m} = 36 \cdot 10^3 \text{ km}$.



24. Natuurkunde VWO 2023, tijdvak 1, vraag 9



Oefenvraag examen 2023 tijdvak 1 – vraag 9

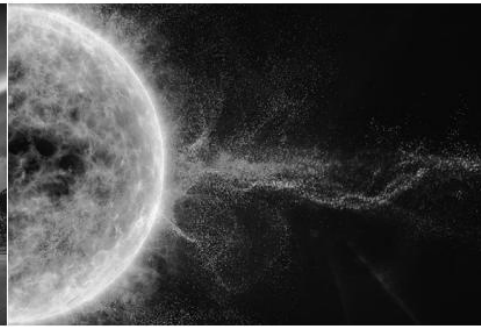
Lees de onderstaande tekst.

In de gebieden bij de Noordpool en de Zuidpool kun je vaak 's nachts gekleurd licht zien. Dit poollicht wordt respectievelijk noorderlicht of zuiderlicht genoemd (zie figuur 1).

figuur 1



figuur 2



Het poollicht wordt veroorzaakt door een zogenaamd plasma van positief geladen en negatief geladen deeltjes. Dit plasma verlaat de zon bij een zonne-uitbarsting (zie figuur 2) en bereikt 17 uur later onze dampkring.

Als de deeltjes botsen met moleculen in de lucht geeft dit de spectaculaire lichtverschijnselen van het poollicht.

Het plasma moet een bepaalde minimale snelheid hebben om aan het gravitatieveld van de zon te kunnen ontsnappen.

Bereken deze snelheid. Noteer je antwoord in vier significante cijfers.

Maximumscore 4 punten

Het juiste antwoord is:

- Uitkomst: $v = 6,173 \cdot 10^5 \text{ m s}^{-1}$

Voorbeeld van een antwoord:

Uit de wet van behoud van energie volgt:

$$(E_k + E_g)_{\text{zon}} = (E_k + E_g)_{\infty} \Rightarrow \frac{1}{2} m v^2 - G \frac{mM}{r} = 0$$

$$\text{Dus } \frac{1}{2} m v^2 = G \frac{mM}{r}$$

$$\text{Omschrijven geeft: } v = \sqrt{2 \frac{GM}{r}} \text{ met } r = R_{\text{zon}}$$



Invullen geeft: $v = \sqrt{\frac{2 \cdot 6,674 \cdot 10^{-11} \cdot 1,988 \cdot 10^{30}}{6,963 \cdot 10^8}} = 6,173 \cdot 10^5 \text{ m s}^{-1}$.

- Inzicht dat $E_k + E_g = 0$.
- Gebruik van $E_k = \frac{1}{2} m v^2$ en $E_g = -G \frac{mM}{r}$.
- Opzoeken van M_{zon} en R_{zon} .
- Completeren van de berekening en significantie.

Opmerking

Als de kandidaat gebruikmaakt van ScienceData met $R_{\text{zon}} = 6,955 \cdot 10^8 \text{ m}$, wordt de uitkomst $v = 6,177 \cdot 10^5 \text{ m s}^{-1}$.



25. Natuurkunde VWO 2018, tijdvak 1, vraag 6



Oefenvraag examen 2018 tijdvak 1 – vraag 6

Water is een noodzakelijke voorwaarde voor leven op onze planeet. Volgens veel wetenschappers is water niet op aarde ontstaan, maar is het op aarde 'aangeleverd' door een groot aantal inslagen van kometen, planetoiden en meteorieten. Deze bevatten ijs dat oorspronkelijk in koude interstellaire gaswolken met een temperatuur van 10 K is gevormd.

Een komeet met een massa van $12 \cdot 10^3$ kg beweegt op een hoogte van 100 km boven het aardoppervlak met een snelheid van 50 km s^{-1} richting de aarde.

Bij aankomst op de aarde is de massa van de komeet afgenomen tot $6,0 \cdot 10^3$ kg. Het totaal van de kinetische energie en de gravitatie-energie is dan nog slechts 0,20% van de oorspronkelijke totale energie. (Het verschil in gravitatie-energie ten opzichte van de zon is bij deze overgang verwaarloosbaar.)

Bereken met welke snelheid de komeet op de aarde aankomt.

Maximumscore 5 punten

Het juiste antwoord is:

- Uitkomst: $v = 1,2 \cdot 10^4 \text{ m s}^{-1}$.

Voorbeeld van een berekening:

Voor de totale energie geldt: $E_{\text{tot}} = E_k + E_g$.

$$\text{Dus geldt: } E_{\text{tot ver weg}} = \frac{1}{2}mv^2 - G \frac{mM}{r} = \frac{1}{2} \cdot 1,2 \cdot 10^4 \cdot (5,0 \cdot 10^4)^2 - \frac{6,67 \cdot 10^{-11} \cdot 12,0 \cdot 10^3 \cdot 5,972 \cdot 10^{24}}{6,371 \cdot 10^6 + 0,100 \cdot 10^6} = 1,5 \cdot 10^{13} - 7,39 \cdot 10^{11} = 1,43 \cdot 10^{13} \text{ J.}$$

$$\text{Op aarde geldt dan: } E_{\text{tot aarde}} = 0,0020 \cdot 1,43 \cdot 10^{13} = 2,85 \cdot 10^{10} \text{ J.}$$

Voor de totale energie geldt: $E_{\text{tot aarde}} = E_k + E_g$.

$$\text{Dus geldt: } 2,85 \cdot 10^{10} = \frac{1}{2}mv^2 - G \frac{mM}{R_{\text{aarde}}}.$$

$$\text{Invullen levert: } 2,85 \cdot 10^{10} = \frac{1}{2} \cdot 6,0 \cdot 10^3 \cdot v^2 - \frac{6,67 \cdot 10^{-11} \cdot 6,0 \cdot 10^3 \cdot 5,972 \cdot 10^{24}}{6,371 \cdot 10^6}.$$

$$\text{Dit levert: } v = 1,2 \cdot 10^4 \text{ m s}^{-1}.$$



3. Lading en veld

3.1 Elektrische systemen

26. Natuurkunde VWO 2024, tijdvak 2, vraag 1



Oefenvraag examen 2024 tijdvak 2 – vraag 1

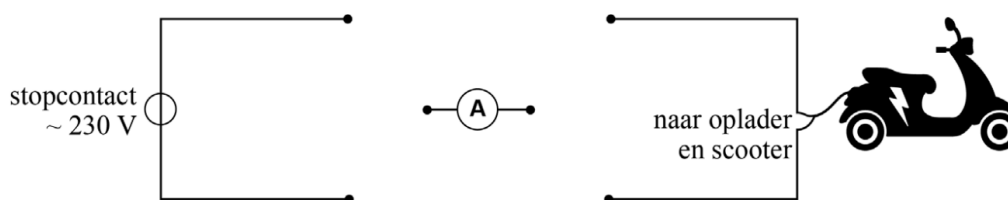
Mees heeft een elektrische scooter aangeschaft om daarmee naar school te reizen. Zie figuur 1. In het accupakket van de scooter kan volgens de fabrikant een energie van 1,74 kWh opgeslagen worden.

Het opladen van de accu gebeurt met een oplader die via een elektriciteitskabel aangesloten wordt op de netspanning van 230 V. De oplader zet de netspanning om naar de laadspanning. Mees plaatst een stroommeter tussen het stopcontact en de oplader en meet de stroomsterkte tijdens het opladen.

figuur 1



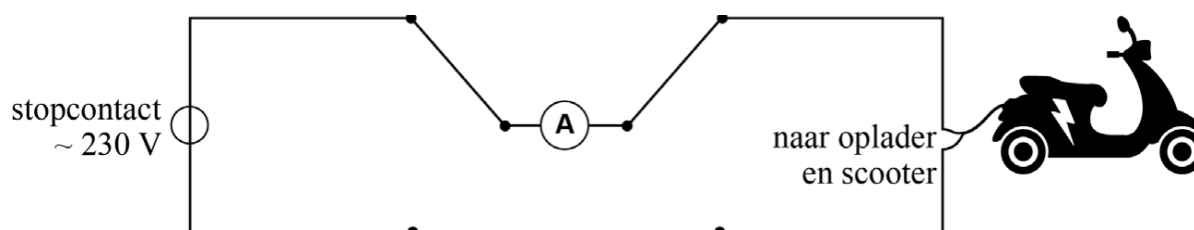
Hieronder staat een schematische tekening van het stopcontact, de stroommeter en de kabels naar de oplader en scooter.



Maak het schakelschema compleet zodat de stroommeter de juiste stroomsterkte meet.

Maximumscore 1 punt

Voorbeeld van een antwoord:



Stroommeter in serie met de oplader geplaatst en schakeling gecompleteerd

Opmerking

Als bijvoorbeeld door het tekenen van extra verbindingen een niet-werkende schakeling is ontstaan: geen punten toekennen.



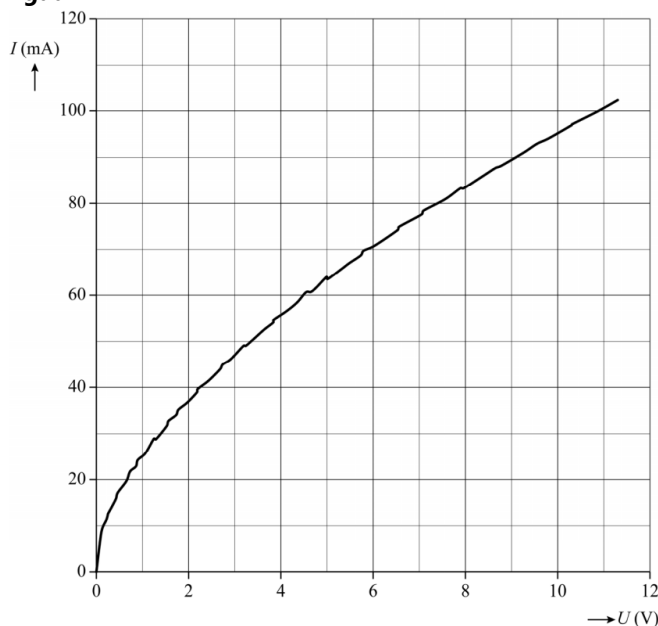
27. Natuurkunde VWO 2025, tijdvak 2, vraag 1



Oefenvraag examen 2025 tijdvak 2 – vraag 1

In een practicum worden de eigenschappen van een gloeilampje onderzocht. In figuur 1 is hiervan het (I,U)-diagram weergegeven.

Figuur 1



Leg met behulp van figuur 1 uit of het lampje beschouwd kan worden als een PTC of als een NTC.

Maximumscore 3 punten

Het juiste antwoord is:

- Uitkomst: $0,4 \Omega$

In figuur 1 is te zien dat $\frac{U}{I}$, dus de weerstand, groter wordt als I groter wordt. Bij een grotere stroomsterkte zal ook de temperatuur van het gloeilampje toenemen. De weerstand neemt dus toe als de temperatuur toeneemt. Het lampje kan dus beschouwd worden als een PTC.

- inzicht dat uit figuur 1 volgt dat de weerstand toeneemt met toenemende stroomsterkte
- inzicht in het verband tussen de stroomsterkte en de temperatuur
- consequente conclusie



28. Natuurkunde VWO 2026, tijdvak 1, vraag 8



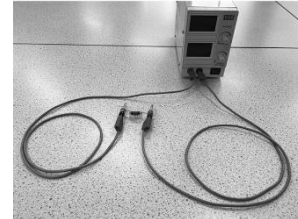
Oefenvraag examen 2026 tijdvak 1 – vraag 8

Een ohmse weerstand van $60\ \Omega$ wordt met twee meetsnoeren aangesloten op een voedingskastje. Zie figuur 1. Beide snoeren hebben een cilindervormige koperen kern met een diameter van $0,80\text{ mm}$ en een lengte van 140 cm .

De weerstand van de twee meetsnoeren is kleiner dan de onnauwkeurigheid in de waarde van de ohmse weerstand.

Toon dit aan.

figuur 1



Maximumscore 4 punten

Voorbeeld van een antwoord:

De waarde van de ohmse weerstand is tot op $(\pm) 0,5\ \Omega$ bekend.

Voor de weerstand R van een draad geldt $\rho = \frac{RA}{l} \rightarrow R = \frac{\rho l}{A}$. De soortelijke weerstand van koper is $\rho = 17 \cdot 10^{-9}\ \Omega\text{m}$ en de doorsnede van de meetsnoeren is $A = \frac{1}{4}\pi d^2 = \frac{1}{4}\pi \cdot (0,80 \cdot 10^{-3})^2 = 5,03 \cdot 10^{-7}\text{ m}^2$.

De weerstand van de twee meetsnoeren is $R = 2 \cdot \frac{17 \cdot 10^{-9} \cdot 1,40}{5,03 \cdot 10^{-7}} = 0,095\ \Omega$.

(De weerstand van de twee meetsnoeren is dus kleiner dan de onnauwkeurigheid in de waarde van de ohmse weerstand.)

- inzicht in de grootte van de onnauwkeurigheid in de opgegeven waarde van de ohmse weerstand
- gebruik van $\rho = \frac{RA}{l}$ met opzoeken van ρ
- gebruik van $A = \frac{1}{4}\pi d^2$ of $A = \pi r^2$ met $r = \frac{1}{2}d$
- completeren van de berekening

Opmerking

Als de kandidaat de weerstand van één draad heeft berekend kan het scorepunt voor completeren van de berekening nog behaald worden.



29. Natuurkunde VWO 2023, tijdvak 2, vraag 21



Oefenvraag examen 2023 tijdvak 2 – vraag 21

Op internet zijn instructies te vinden om geleidende 'klei' te maken. Dit is een deeg waaraan keukenzout is toegevoegd. Ameera en Noa onderzoeken diverse eigenschappen van deze geleidende klei. Daarvoor maken ze een kleirol zoals te zien is in figuur 1.

figuur 1



Om de soortelijke weerstand te bepalen bouwen Ameera en Noa een schakeling met de kleirol, een gelijkspanningsbron van 12,0 V, een stroommeter en een spanningsmeter.

Ameera en Noa doen de volgende metingen:

- lengte van de kleirol: 21 cm
- diameter van de kleirol: 4 cm
- spanning over de kleirol: 12,0 V
- stroomsterkte door de kleirol: 0,186 A

Bereken de soortelijke weerstand van de klei. Noteer je antwoord in het juiste aantal significante cijfers.

Maximumscore 5 punten

Het juiste antwoord is:

- Uitkomst: 0,4 Ωm

Voorbeeld van een berekening:

Voor de soortelijke weerstand geldt $\rho = \frac{RA}{\ell}$, met $R = \frac{U}{I}$ en $A = \frac{1}{4}\pi d^2$.

Invullen van de gegevens geeft:

$$A = \frac{1}{4}\pi \cdot 0,04^2 = 1,3 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2 \text{ en } R = \frac{12,0}{0,186} = 64,5\Omega.$$

$$\text{Dus } \rho = \frac{RA}{\ell} = \frac{64,5 \cdot 1,3 \cdot 10^{-3}}{0,21} = 0,4\Omega\text{m}$$

- Gebruik van $U = IR$
- Gebruik van $A = \frac{1}{4}\pi d^2$ / $A = \pi r^2$ met $r = \frac{d}{2}$.
- Gebruik van $\rho = \frac{RA}{\ell}$
- Completeren van de berekening.
- Significantie.



30. Natuurkunde VWO 2021, tijdvak 2, vraag 18



Oefenvraag examen 2021 tijdvak 2 – vraag 18

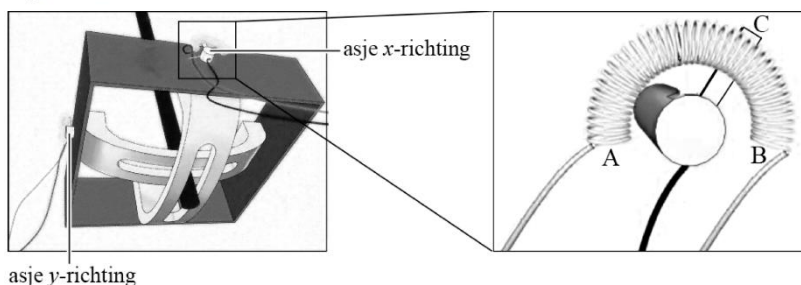
Een joystick kan worden gebruikt bij het gamen. Zie figuur 1. De onderkant van de joystick bevat twee beugels die draaibaar zijn: een voor de beweging in de x -richting (naar links en rechts) en een voor de beweging in de y -richting (naar voren en achteren). Zie figuur 2.

Als de joystick wordt bewogen, draaien de asjes waaraan de beugels bevestigd zijn. Op deze asjes zit een metalen lipje dat contact maakt met een weerstandsdraad in punt C. Zie figuur 2.

figuur 1



figuur 2



De weerstandsdraad heeft een weerstand van $100 \text{ k}\Omega$, een lengte van 14 cm en een soortelijke weerstand van $0,54 \text{ }\Omega \text{ m}$.

Bereken de diameter van de weerstandsdraad.

Maximumscore 3 punten

Het juiste antwoord is:

- Uitkomst: $d = 9,8 \cdot 10^{-4} \text{ m}$.

Voorbeeld van een berekening:

$$\text{Er geldt: } \rho = \frac{R \cdot A}{\ell}$$

$$\text{Omschrijven geeft: } A = \frac{\ell \rho}{R} = \frac{14 \cdot 10^{-2} \cdot 0,54}{100 \cdot 10^3} = 7,56 \cdot 10^{-7} \text{ m}^2.$$

$$\text{Bovendien geldt: } A = \frac{1}{4} \pi d^2. \text{ Dit geeft: } d = \sqrt{\frac{4 \cdot 7,56 \cdot 10^{-7}}{\pi}} = 9,8 \cdot 10^{-4} \text{ m}.$$



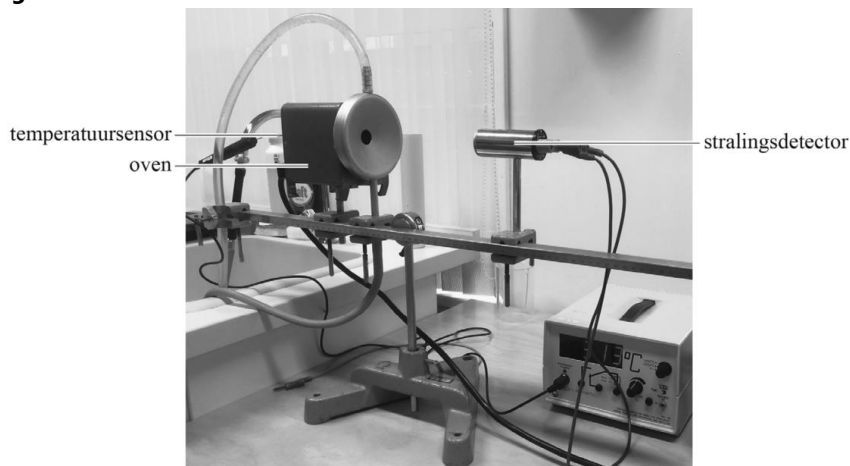
31. Natuurkunde VWO 2022 tijdvak 1, vraag 11



Oefenvraag examen 2022 tijdvak 1 – vraag 11

Tess en Fem voeren een practicum uit over warmtestraling waarmee ze de constante van Stefan-Boltzmann gaan bepalen. Ze gebruiken de opstelling zoals weergegeven in figuur 1.

figuur 1

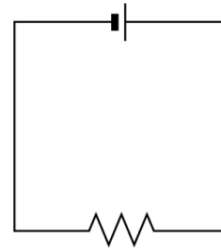


In de opstelling zie je een oven. In de oven is figuur 2 een verwarmingselement aangesloten op gelijkspanning. Zie figuur 2.

Het verwarmingselement bestaat uit een draad van constantaan met een diameter van $4,0 \cdot 10^{-5}$ en een lengte van 0,35 m. De spanning wordt ingesteld op 120 V.

Bereken het vermogen dat het verwarmingselement direct na inschakelen opneemt.

figuur 2



Maximumscore 4 punten

Het juiste antwoord is:

- Uitkomst: $P = 1,1 \cdot 10^2 \text{ W}$

Voorbeeld van een antwoord:

Voor de doorsnede van de draad geldt:

$$A = \frac{1}{4} \pi d^2 = \frac{1}{4} \pi \cdot (4,0 \cdot 10^{-5})^2 = 1,26 \cdot 10^{-9} \text{ m}^2.$$



Voor de weerstand van de draad geldt dan:

$$R = \rho \frac{\ell}{A} = 0,45 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{0,35}{1,26 \cdot 10^{-9}} = 1,25 \cdot 10^2 \Omega.$$

Voor het opgenomen elektrische vermogen geldt dan:

$$P = \frac{U^2}{R} = \frac{120^2}{1,25 \cdot 10^2} = 1,1 \cdot 10^2 \text{ W}.$$



3.2 Elektrische en magnetische velden

32. Natuurkunde VWO 2012 (pilot), tijdvak 1, vraag 20



Oefenvraag pilot examen 2012 tijdvak 1 – vraag 20

Wetenschappers zijn al jaren op zoek naar het zogenaamde Higgs-deeltje. Om dit te vinden, is in de buurt van Genève in het voorjaar van 2010 de Large Hadron Collider (LHC) in gebruik genomen. Deze ondergrondse deeltjesversneller is met een diameter van maar liefst 8,4858 km de grootste ter wereld. In de LHC worden protonen versneld tot bijna de lichtsnelheid. De LHC bestaat uit een ondergrondse ring met daarin twee dicht naast elkaar gelegen cirkelvormige buizen. In de twee buizen gaan twee bundels protonen rond in tegengestelde richting. Als ze door het versnellen een energie van 7,0 TeV (tera-elektronvolt) hebben gekregen, laten de wetenschappers de protonen in een detector tegen elkaar botsen. Tijdens de botsing ontstaan allerlei elementaire deeltjes. Hierbij hopen de wetenschappers het Higgs-deeltje te vinden.

Voordat de protonen in de ring van de LHC binnenkomen, worden ze eerst in een lineaire versneller versneld. Daarbij doorlopen de protonen een groot aantal malen een elektrische spanning van 5,0 kV. Bereken hoe vaak de protonen deze spanning moeten doorlopen om een snelheid van $1,2 \cdot 10^7 \text{ m s}^{-1}$ te krijgen als ze vanuit stilstand versneld worden.

Maximumscore 3 punten

Het juiste antwoord is:

- Uitkomst: $1,5 \cdot 10^2$ keer

Voorbeeld van een berekening:

- Er geldt: $qU = \Delta (1/2 mv^2)$
- Invullen levert: $1,602 \cdot 10^{-19} \cdot x \cdot 5,0 \cdot 10^3 = \frac{1}{2} \cdot 1,673 \cdot 10^{-27} (1,2 \cdot 10^7)^2$.
- Dit geeft: $x = 1,5 \cdot 10^2$.



4. Straling en materie

4.1 Elektromagnetische straling en materie

33. Natuurkunde VWO 2022, tijdvak 2, vraag 13



Oefenvraag examen 2022 tijdvak 2 – vraag 13

Een interstellaire wolk is een groot gebied in het heelal, van vele tientallen lichtjaren in omvang, dat zeer ijl gas bevat. Dit gas bestaat voor het grootste deel uit atomair waterstof.

Onder bepaalde omstandigheden kan een interstellaire wolk zelf licht uitzenden. De wolk wordt dan een emissienevel genoemd. Figuur 1 is een foto van zo'n nevel, de Adelaarsnevel. In een emissienevel wordt voortdurend waterstof geïoniseerd, waarna de protonen en elektronen weer recombineren tot atomen. Hierbij wordt zichtbaar licht uitgezonden. De lijnen van het waterstofspectrum zijn altijd terug te vinden in het spectrum van een emissienevel. Eén van de waterstoflijnen overheerst in het zichtbare spectrum, namelijk de lijn met een golflengte van 656,28 nm. Emissienevels hebben daardoor vaak een karakteristieke rode kleur.

figuur 1



Voer de volgende opdrachten uit:

- Bereken, uitgaande van de gegeven golflengte, de fotonenergie in eV van de overheersende waterstoflijn in het spectrum van een emissienevel. Noteer je antwoord in het juiste aantal significante cijfers.
- Toon met behulp van de formule voor de energie van het waterstofatoom aan dat deze lijn hoort bij de overgang tussen de eerste en de tweede aangeslagen toestand van waterstof.
- Geef aan of het een overgang is van eerste naar tweede aangeslagen toestand of andersom.

Maximumscore 5 punten

Het juiste antwoord is:

- Uitkomst: $E_f = 1,8892$ (eV).

Voorbeeld van een antwoord:

- Er geldt: $E_f = \frac{hc}{\lambda}$

$$\text{Invullen levert } E_f = \frac{6,62607 \cdot 10^{-34} \cdot 2,99792 \cdot 10^8}{656,28 \cdot 10^{-9}} = 3,02682 \cdot 10^{-19} \text{ J.}$$

Omrekenen naar eV geeft:

$$E_f = \frac{3,02682 \cdot 10^{-19}}{1,60218 \cdot 10^{-19}} = 1,8892 \text{ (eV).}$$



- Voor de energieniveaus van het waterstofatoom geldt $E_n = -\frac{13,6 \text{ eV}}{n^2}$

Het eerste aangeslagen niveau is $n = 2$ en het tweede is $n = 3$, dus voor de energie van de overgang geldt:

$$|E_{2 \rightarrow 3}| = \left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{3^2} \right) \cdot 13,6 \text{ eV} = 1,89 \text{ eV}.$$

(Deze energie is gelijk aan de fotonenergie van de 656,28 nm-lijn.)

- (Het gaat om een emissielijn, dus) de overgang is van de tweede aangeslagen toestand naar de eerste.



34. Natuurkunde VWO 2026, tijdvak 2, vraag 19

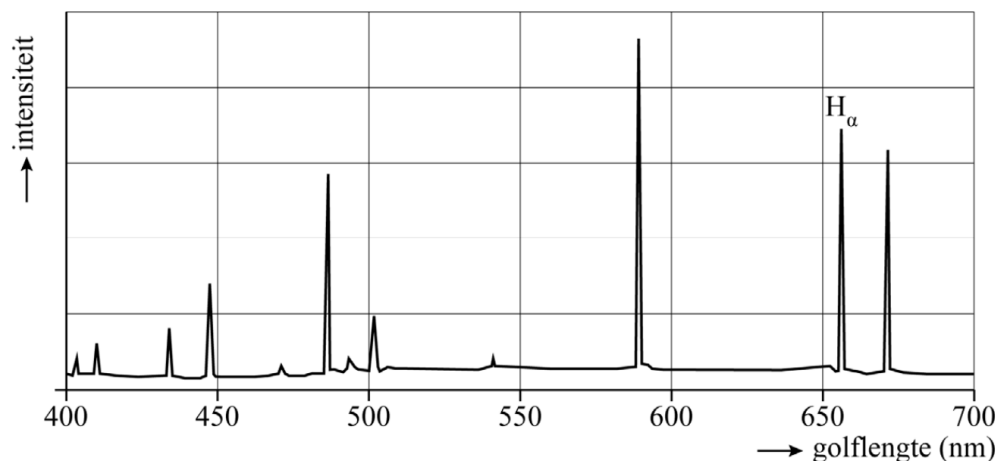


Oefenvraag examen 2026 tijdvak 2 – vraag 19

In een gasontladingslamp bevindt zich een gas in een afgesloten buis. Als de lamp wordt aangezet, komen de gasatomen in een aangeslagen toestand en zenden vervolgens licht uit.

In figuur 1 staat het spectrum van een gasontladingslamp die gevuld is met een mengsel van waterstofgas en een ander gas.

figuur 1



Geef aan welk ander gas aanwezig is in de lamp. Gebruik tabel 20 uit Binas of tabel 5.1e uit ScienceData.

Maximumscore 1 punt

Het juiste antwoord is:

Helium



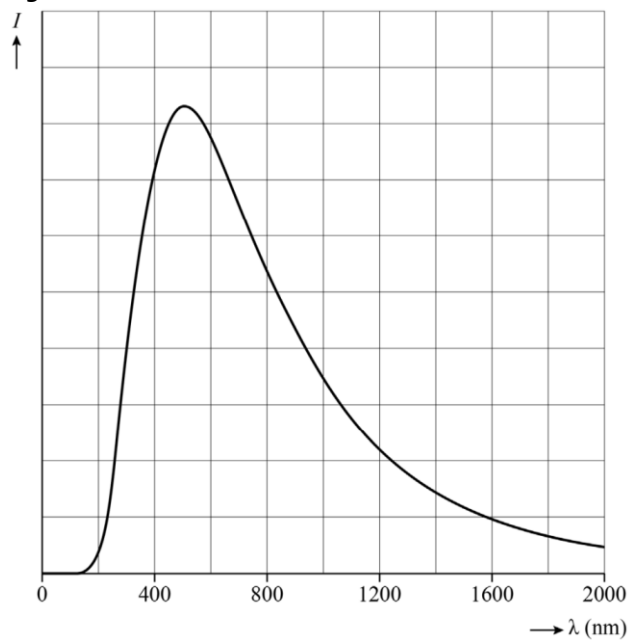
35. Natuurkunde VWO 2025, tijdvak 1, vraag 21



Oefenvraag examen 2025 tijdvak 1 – vraag 21

Verreweg het meeste licht dat we waarnemen van de zon wordt uitgezonden vanuit de laag van de zon die fotosfeer heet. De planckkromme hiervan is weergegeven in figuur 1.

Figuur 1



Bepaal de temperatuur van de fotosfeer volgens figuur 1.

Maximumscore 3 punten

Het juiste antwoord is:

uitkomst: $5,7 \cdot 10^3 \text{ K}$

voorbeeld van een antwoord:

Het maximum van de stralingskromme ligt bij $5,1 \cdot 10^{-7} \text{ m}$. Invullen in de wet van Wien levert:

$$T = \frac{K_w}{\lambda_{\max}} = \frac{2,90 \cdot 10^{-3}}{5,1 \cdot 10^{-7}} =: 5,7 \cdot 10^3 \text{ K.}$$

- Bepalen van $\lambda_{\max}$ tussen $4,8 \cdot 10^{-7} \text{ m}$ en $5,3 \cdot 10^{-7} \text{ m}$
- Gebruik van $\lambda_{\max} T = K_w$
- completeren van de bepaling



36. Natuurkunde VWO 2021, tijdvak 3, vraag 13



Oefenvraag examen 2021 tijdvak 3 – vraag 13

Het Amerikaanse 'Global Positioning System' (GPS) is een radionavigatiesysteem bestaande uit 24 satellieten die in zes verschillende cirkelbanen op een constante hoogte boven het aardoppervlak draaien. In figuur 1 is een van die satellieten met 6 zonnepanelen weergegeven. Elke satelliet zendt continu een unieke code van signalen uit.

Drie zonnepanelen hebben samen een lengte van 6,5 m. De zonnestraling die op de zonnepanelen valt heeft een intensiteit van $1,4 \cdot 10^3 \text{ Wm}^{-2}$. De gebruikte zonnepanelen hebben een rendement van 12%.

figuur 1



De gegeven intensiteit van de zonnestraling kan berekend worden met behulp van gegevens uit een tabellenboek. Voer de volgende opdrachten uit:

- Geef aan welke formule daarvoor gebruikt moet worden.
- Geef aan welke gegevens daarbij ingevuld moeten worden.

Maximumscore 3 punten

Voorbeeld van een antwoord:

Gebruikt moet worden de formule: $I = \frac{P_{\text{bron}}}{4\pi \cdot r^2}$

Hierbij moet voor P_{bron} het uitgestraald vermogen van de zon ingevuld worden en voor r de afstand van de satelliet tot de zon.



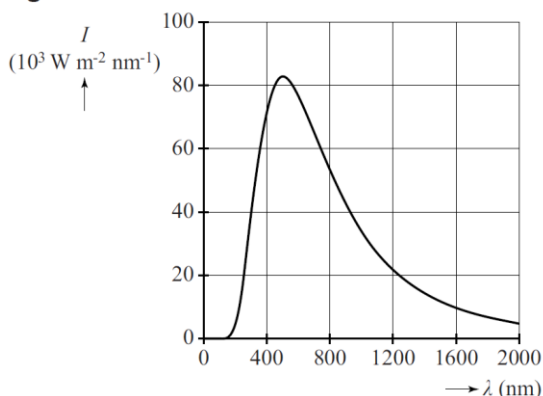
37. Natuurkunde VWO 2019, tijdvak 1, vraag 14



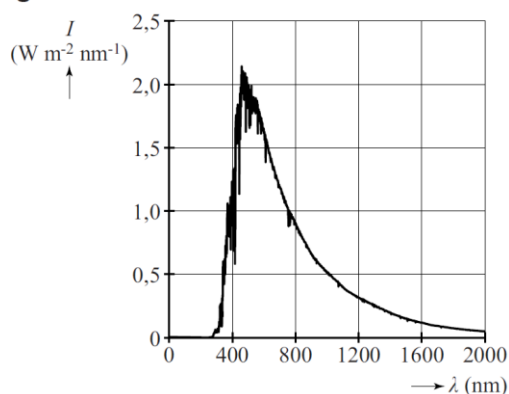
Oefenvraag examen 2019 tijdvak 1 – vraag 14

De buitenste gebieden van de zon hebben een temperatuur van $5,78 \cdot 10^3$ K. Bij deze temperatuur hoort de planck-kromme van het oppervlak van de zon die is weergegeven in figuur 1. In figuur 2 staat het spectrum van het zonlicht weergegeven, gemeten net buiten de aardatmosfeer.

figuur 1



figuur 2



Het grote verschil in de maximale intensiteit van de twee spectra kan ongeveer verklaard worden met behulp van de kwadratenwet. Laat dit zien met een bepaling.

Maximumscore 4 punten

Voorbeeld van een antwoord:

Uit figuur 1 en 2 lezen we een intensiteitsverhouding af van $\frac{83 \cdot 10^3}{2,1} = 40 \cdot 10^3$ (met een marge van $4 \cdot 10^3$).

Dit zou overeen moeten komen (volgens de kwadratenwet) met het kwadraat van de verhouding $\frac{\text{afstand zon aarde}}{\text{straal van de zon}}$.

$$\text{Er geldt: } \left(\frac{\text{afstand zon aarde}}{\text{straal van de zon}} \right)^2 = \left(\frac{1,5 \cdot 10^{11}}{7,0 \cdot 10^8} \right)^2 = 46 \cdot 10^3.$$

(Het klopt dus heel aardig.)



38. Natuurkunde VWO 2013 (pilot), tijdvak 1, vraag 18



Oefenvraag pilot examen 2013 tijdvak 1 – vraag 18

Sirius A is de helderste ster aan de nachtelijke hemel. Hij bevindt zich in het sterrenbeeld Canis Major (Grote Hond). Zowel op het noordelijk als op het zuidelijk halfrond is hij te zien. Daarom is Sirius A interessant als referentieobject. Voortdurend zijn sterrenkundigen bezig om allerlei gegevens van Sirius A nog nauwkeuriger vast te stellen.

Sirius A is de helderste ster aan de nachtelijke hemel.

Iemand concludeert daaruit dat Sirius A de ster is met de grootste lichtkracht.

Leg uit of die conclusie juist is.

Maximumscore 2 punten

Het juiste antwoord is:

De waargenomen helderheid hangt ook af van de afstand tot de ster.

Dus de conclusie is niet juist.



5. Quantumwereld en relativiteit

5.1 Quantumwereld

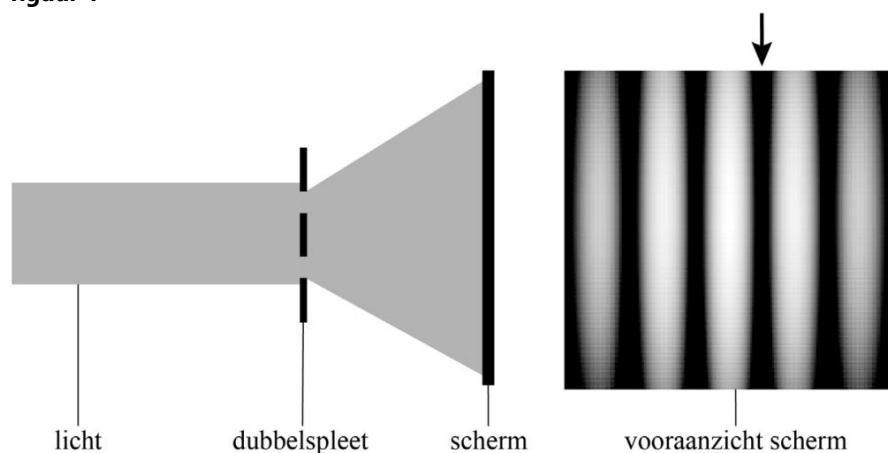
39. Natuurkunde VWO 2024, tijdvak 2, vraag 16



Oefenvraag examen 2024 tijdvak 2 – vraag 16

Een belangrijk principe in de quantumfysica is de golf-deeltjedualiteit. In deze opgave passen we dit dualiteitsprincipe toe op het dubbelspleetexperiment met licht. In dit experiment valt zichtbaar licht met één golflengte op twee smalle spleten en ontstaat op een scherm achter de spleten een interferentiepatroon van maxima en minima. Zie figuur 1.

figuur 1



Geef de naam van het soort interferentie dat optreedt bij de pijl op het scherm in figuur 1.

Maximumscore 1 punt

Voorbeeld van een juist antwoord:

(Bij de pijl is een minimum zichtbaar.) Hier treedt destructieve interferentie op.

40. Natuurkunde VWO 2026, tijdvak 1, vraag 16



Oefenvraag examen 2026 tijdvak 1 – vraag 16

De Morpho didius is een vlinder waarvan de vleugels felblauw zijn. Onderzoekers hebben verschillende hypothesen opgesteld over de oorzaak van deze kleur. Een van de hypothesen is dat de vleugels een pigment bevatten. Een pigment is een chemische stof waarvan de moleculen licht met bepaalde golflengtes absorberen. Een pigment dat fotonen met een energie van 2,1 eV absorbeert, heeft een felblauwe tint.

Een bepaald natuurlijk pigment bestaat uit moleculen met een lengte van 1,27 nm. Acht elektronen bewegen vrij over de gehele lengte van het molecuul. De energieniveaus van die elektronen kunnen berekend worden met het model van een oneindig diepe eendimensionale energieput. De verdeling van de elektronen over de energieniveaus waarbij de totale energie minimaal is, noemen we de grondtoestand van het molecuul.

Toon met een berekening aan dat de kleinst mogelijke energieopname vanuit de grondtoestand van dit molecuul overeenkomt met de absorptie-energie van een blauw pigment.

Maximumscore 4 punten

Voorbeeld van een antwoord:

(Elk energieniveau kan volgens het uitsluitingsprincipe van Pauli maximaal twee elektronen bevatten.) In de grondtoestand zijn de eerste vier energieniveaus gevuld. De kleinst mogelijke energieopname komt overeen met de overgang van een elektron van $n = 4$ naar $n = 5$. Bij deze overgang absorbeert het molecuul een foton met een energie $E_f = E_5 - E_4$.

Met $E_n = \frac{n^2 h^2}{8mL^2}$ volgt hieruit:

$$E_f = (5^2 - 4^2) \frac{h^2}{8mL^2} = 9 \cdot \frac{(6,626 \cdot 10^{-34})^2}{8 \cdot 9,109 \cdot 10^{-31} \cdot (1,27 \cdot 10^{-9})^2} = 3,36 \cdot 10^{-19} \text{ J} = 2,1 \text{ eV}.$$

(Dit komt overeen met de absorptie-energie van een blauw pigment.)

- gebruik van $E_f = E_m - E_n$ met $m = n + 1$
- inzicht dat $n = 4$
- gebruik van $E_n = \frac{n^2 h^2}{8mL^2}$ met opzoeken van h en de elektronmassa
- completeren van de berekening



6. Natuurwetten en modellen

6.1 Natuurwetten en modellen

-

