Examen VWO

2016

tijdvak 1
vrijdag 20 mei
13.30 - 16.30 uur

natuurkunde

Bij dit examen hoort een uitwerkbijlage.

Achter het correctievoorschrift is een aanvulling op het correctievoorschrift opgenomen.

Dit examen bestaat uit 25 vragen.
Voor dit examen zijn maximaal 76 punten te behalen.
Voor elk vraagnummer staat hoeveel punten met een goed antwoord behaald kunnen worden.

Als bij een vraag een verklaring, uitleg, berekening of afleiding gevraagd wordt, worden aan het antwoord meestal geen punten toegekend als deze verklaring, uitleg, berekening of afleiding ontbreekt.

Geef niet meer antwoorden (redenen, voorbeelden e.d.) dan er worden gevraagd. Als er bijvoorbeeld twee redenen worden gevraagd en je geeft meer dan twee redenen, dan worden alleen de eerste twee in de beoordeling meegeteld.

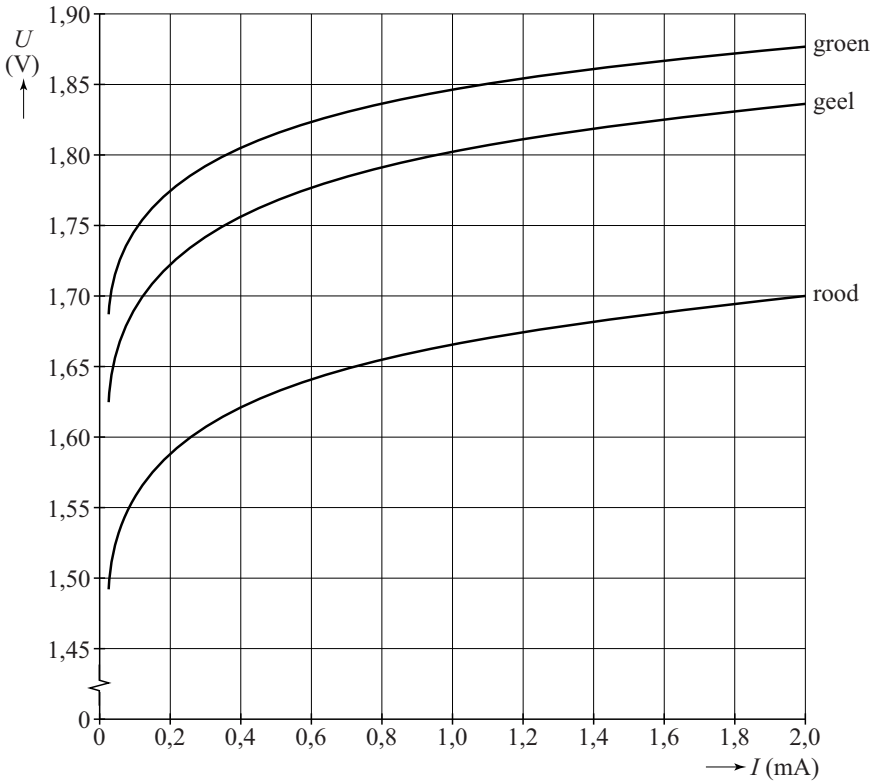
VW-1023-a-16-1-o

natuurkundeuitgelegd.nl

Gekleurde LED's

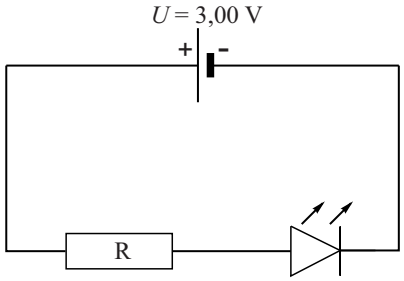
Een LED (Light Emitting Diode) is een diode die licht uitzendt als deze in de doorlaatrichting geschakeld is. In figuur 1 staan de (U,I)-karakteristieken van een aantal LED's met verschillende kleuren.

figuur 1



In figuur 2 is een schakeling getekend waarin een **rode** LED in serie geschakeld is met een weerstand.
De spanning U = 3,00 V.
Door de **rode** LED in figuur 2 loopt een stroomsterkte van 0,60 mA.

figuur 2



3p **1** Bepaal de grootte van de weerstand R.

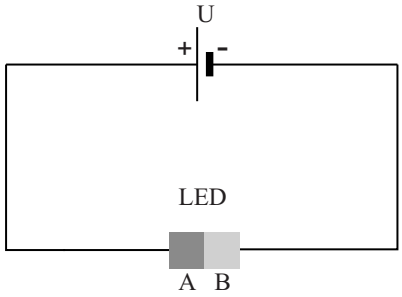
De **rode** LED in de schakeling wordt vervangen door een **groene** LED.
De stroomsterkte door de groene LED is ook 0,60 mA.

2p **2** Beredeneer of de waarde van de weerstand R dan groter of kleiner gekozen moet worden.

natuurkundeuitgelegd.nl

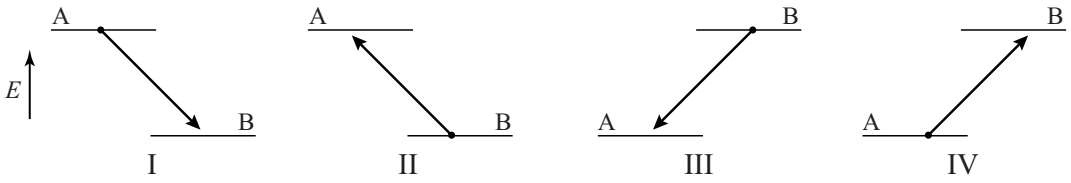
In figuur 3 is de bouw van een LED vereenvoudigd weergegeven.
Een LED is opgebouwd uit twee materialen, A en B.
In de materialen A en B hebben de geleidings-elektronen een verschillend energieniveau. De keuze voor de materialen A en B bepaalt de kleur van het licht dat de LED uitzendt.

figuur 3



In figuur 4 staan vier schema's met energieniveaus van de geleidings-elektronen weergegeven.

figuur 4



In één van de schema's is het proces waarbij in een LED licht ontstaat juist weergegeven.

2p **3** Leg uit in welk schema dat is.

Een bepaalde, blauwe, LED zendt fotonen uit met een golflengte van 470 nm en zendt een vermogen van 0,075 W aan licht uit. De stroomsterkte door de LED bedraagt 50 mA.
Uit deze gegevens volgt dat niet bij alle geleidings-elektronen die door deze LED gaan, een 'blauw' foton vrijkomt. Dit gebeurt slechts bij een bepaald percentage van de geleidings-elektronen.

4p **4** Bereken dat percentage.

natuurkundeuitgelegd.nl

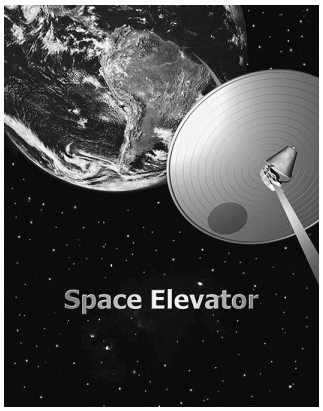
Ga verder op de volgende pagina.

natuurkundeuitgelegd.nl

Ruimtelift?

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.

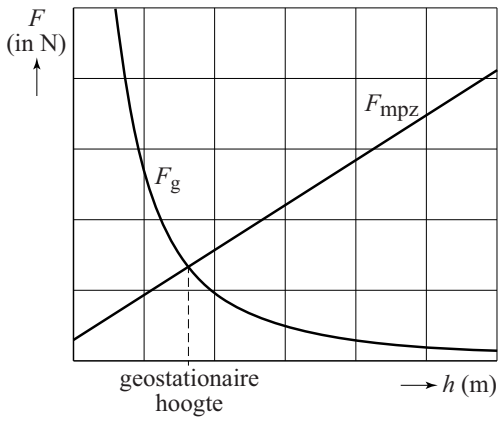


Geostationaire satellieten bevinden zich namelijk op een vaste plaats boven de evenaar vanaf de aarde gezien. Een kabel tussen de aarde en een geostationaire satelliet kan niet, omdat de satelliet dan door de kabel naar beneden getrokken wordt. Maar zou een langere kabel met een contragewicht wel kunnen?
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.

kabel

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.

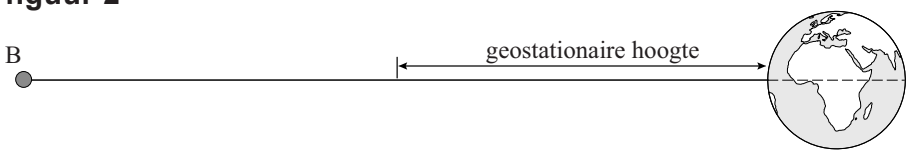
figuur 1



4p **5** Bereken de geostationaire hoogte.

De modelstudie gaat uit van een kabel, die veel langer is dan de geostationaire hoogte, met daaraan een grote massa B die met de aarde meedraait. Zie figuur 2.

figuur 2



In dat geval staat de kabel strak gespannen.

3p **6** Leg dat uit met behulp van figuur 1 en figuur 2.

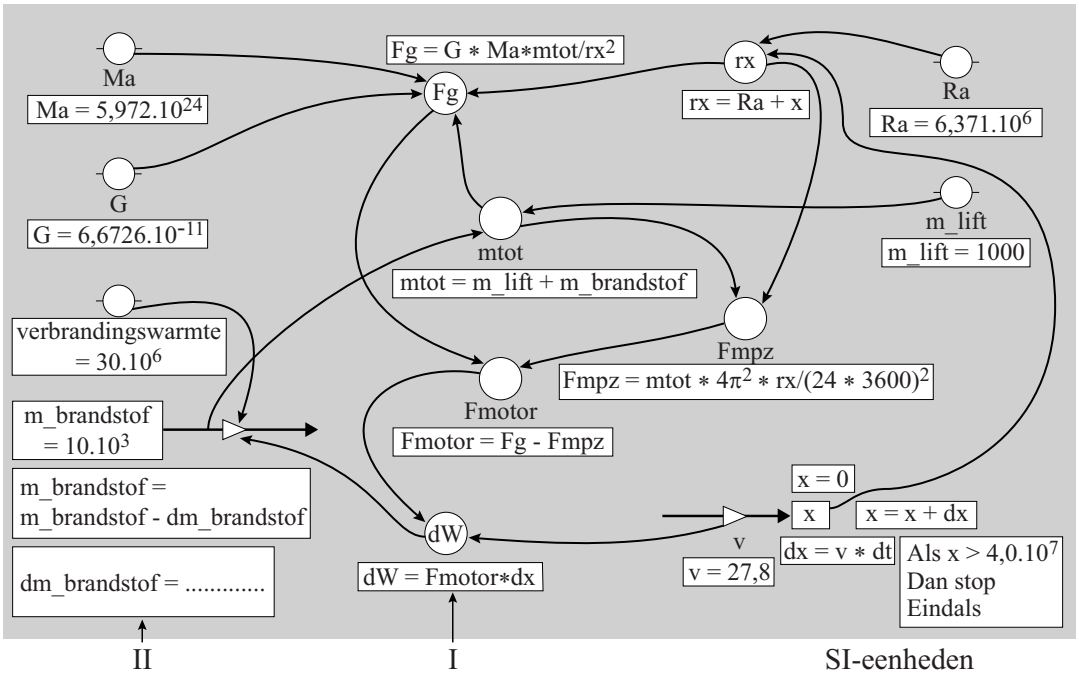
natuurkundeuitgelegd.nl

klimmen

Vervolgens hebben de wetenschappers een modelstudie gedaan naar de lift die langs de kabel naar boven zal gaan.
Hierbij is de lift voorzien van een brandstofmotor.
Het model berekent de massa van de aanwezige brandstof als functie van de hoogte, als de lift met **constante snelheid** omhoog beweegt.
Het model staat als tekstmodel en als grafisch model weergegeven in figuur 3 en op de uitwerkbijlage. Je kunt zelf kiezen welke je gebruikt.

figuur 3

	MODELREGELS	STARTWAARDEN in SI-eenheden
1	rx = Ra + x	t = 0
2	mtot = m_lift + m_brandstof	dt = 10
3	Fg = G * Ma * mtot / rx^2	Ra = 6,371E6
4	Fmpz = mtot * 4π^2 *rx / (24*3600)^2	Ma = 5,972E24
5	Fmotor = Fg - Fmpz	G = 6,6726E-11
6	dx = v * dt	m_lift = 1000
7	x = x + dx	m_brandstof = 10000
8	dW = Fmotor * dx	verbrandingswarmte = 30E6
9	dm_brandstof = ……	x = 0
10	m_brandstof= m_brandstof - dm_brandstof	v = 27,8
11	als x > 4,0E7 Dan stop Eindals	
12	t = t + dt	

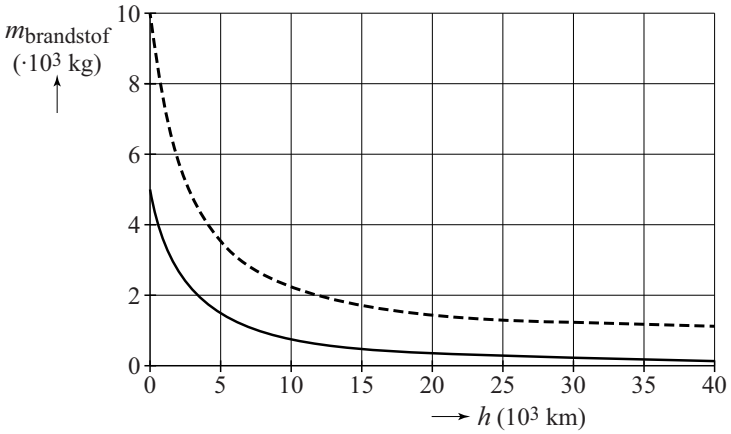


natuurkundeuitgelegd.nl

3p **7** Voer de volgende opdrachten uit:
- Omschrijf wat wordt berekend in modelregel 8 (tekstmodel) / in formule I (grafisch model).
- Vul modelregel 9 / formule II aan op de uitwerkbijlage.
- Geef aan hoe je kunt zien aan de modelregels / formules dat de snelheid v niet verandert.

De resultaten van het model staan weergegeven in figuur 4 als de lift begint met $10 \cdot 10^3$ kg brandstof (gestippelde lijn) en met $5{,}0 \cdot 10^3$ kg brandstof (getrokken lijn). Je ziet dat bij de lift die begint met $10 \cdot 10^3$ kg brandstof op het eind $1{,}2 \cdot 10^3$ kg brandstof over is en dus $8{,}8 \cdot 10^3$ kg verbruikt is.

figuur 4

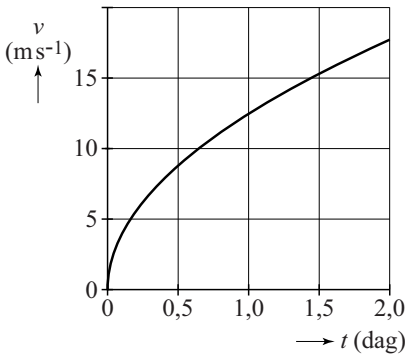


Een lift die start met minder dan $8{,}8 \cdot 10^3$ kg (bijvoorbeeld $5{,}0 \cdot 10^3$ kg) komt ook boven en heeft zelfs brandstof over.

3p **8** Leg uit dat de lift dan boven komt. Gebruik daarbij modelregels (tekstmodel) of formules (grafisch model).

Het model gaat uit van een lift met constante snelheid. In werkelijkheid kan dat niet. Volgens een ander model start de lift met voldoende brandstof vanuit stilstand en neemt de snelheid toe zoals weergegeven in figuur 5. Na $1{,}0$ dag is de massa van de lift met brandstof gelijk aan $6{,}0 \cdot 10^3$ kg. Figuur 5 staat vergroot weergegeven op de uitwerkbijlage.

figuur 5



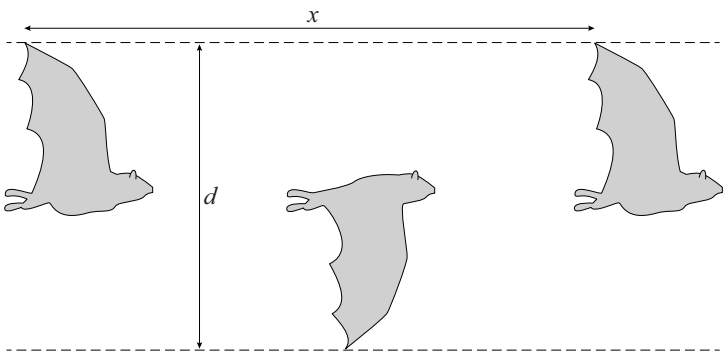
4p **9** Bepaal met behulp van de figuur op de uitwerkbijlage de resulterende kracht op de lift op $t = 1{,}0$ dag.

3p **10** Bepaal met behulp van de figuur op de uitwerkbijlage de hoogte van de lift boven de aarde op $t = 1{,}0$ dag.

natuurkundeuitgelegd.nl

Vogels en vleermuizen, maar ook insecten, bewegen zich voort door hun vleugels op en neer te bewegen. De **verticale** afstand tussen de uiterste standen van de vleugeltippen noemen we de slaggrootte d. De afstand die **horizontaal** bij een volledige op- en neergaande beweging wordt afgelegd, noemen we x. In figuur 1 zijn deze grootheden aangegeven.

figuur 1



De verhouding $\frac{d}{x}$ wordt het getal van Strouhal (St) genoemd.
Uit biomechanisch onderzoek blijkt dat voor zeer uiteenlopende vliegende dieren geldt: $St = 0{,}30$. Het getal van Strouhal is een voorbeeld van een dimensieloze grootheid. Een dimensieloze grootheid heeft geen eenheid.

1p **11** Laat zien dat St een dimensieloze grootheid is.

Het getal van Strouhal kan in de praktijk berekend worden met:

$$St = \frac{f \cdot d}{v}. \qquad (1)$$

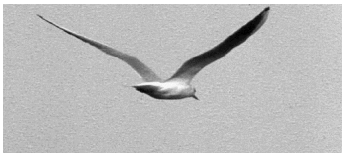
Hierin is:
- St het getal van Strouhal;
- f de slagfrequentie in Hz;
- d de slaggrootte in m;
- v de vliegsnelheid in $\mathrm{m\,s^{-1}}$.

2p **12** Laat zien dat uit formule (1) volgt: $St = \frac{d}{x}$.

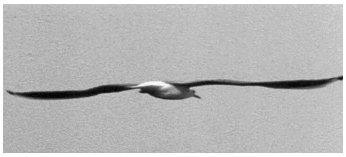
natuurkundeuitgelegd.nl

Het is mogelijk om uit enkele foto's van een vogel in de lucht zijn snelheid te bepalen.
Figuren 2a, b en c zijn opnames van een zilvermeeuw met de vleugels in de hoogste stand, de evenwichtsstand en de laagste stand van één slagbeweging. De opnames hebben dezelfde schaal en zijn met een tussentijd van 40 ms gemaakt. De spanwijdte is $1{,}4$ m.

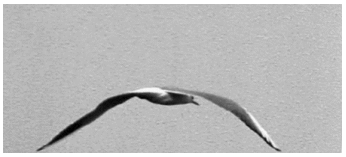
figuur 2a



figuur 2b



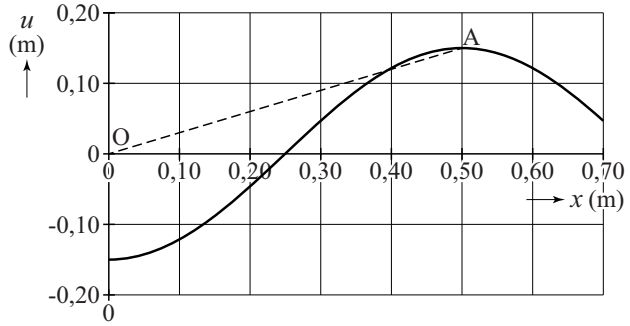
figuur 2c



4p **13** Bepaal uit figuur 2 de vliegsnelheid van deze zilvermeeuw.
Je mag aannemen dat de vogel recht van achteren gefotografeerd is.

De vliegbeweging van twee verschillende vogels wordt vergeleken. Beide vogels hebben bij $x = 0$ m de vleugeltip in de laagste stand.
In figuur 3 is de verticale uitwijking van de vleugeltip van vogel 1 als functie van de horizontale afstand x weergegeven. In de figuur is tussen de oorsprong (O) en de hoogste vleugelstand (A) een rechte stippellijn getrokken.

figuur 3



Vogel 1 bereikt zijn uiterste vleugelstand (A) bij $x = 0{,}50$ m.
Vogel 2 is groter en bereikt zijn uiterste stand (B) bij $x = 0{,}60$ m.
Figuur 3 staat vergroot op de uitwerkbijlage.

3p **14** Voer de volgende opdrachten uit:
- Leg uit dat de steilheid van OA gelijk is aan het getal van Strouhal St.
- Teken in de figuur op de uitwerkbijlage punt B.
- Bepaal de slaggrootte van vogel 2.

natuurkundeuitgelegd.nl

Als je een grote en een kleine vogel vergelijkt, nemen we aan dat van de grote vogel alle afstanden (lengte, breedte, hoogte en dus ook slaggrootte) k keer zo groot zijn als die van de kleine vogel.
We spreken dan van schaalfactor k.
De drie grootheden f, d en v in formule (1) hangen van k af.
Deze afhankelijkheid (schaalwet) geven we aan met:

$\ldots\ldots \propto k^p$.

Hierin is:
- $\propto$ evenredig met;
- k schaalfactor;
- p een getal, afhankelijk van de betreffende grootheid.

De vliegsnelheid hangt alleen af van de massa m en de vleugeloppervlakte A van de vogel: $v \propto \sqrt{\frac{m}{A}}$.

De schaalwet voor de slagfrequentie luidt: $f \propto k^p$.

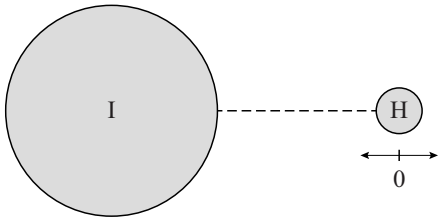
5p **15** Voer de volgende opdrachten uit:
- Laat zien dat $v \propto k^{\frac{1}{2}}$.
- Beredeneer hiermee hoe groot getal p is in $f \propto k^p$.
- Vul de zin op de uitwerkbijlage aan.

natuurkundeuitgelegd.nl

Trillingen binnen een molecuul

Lees onderstaand artikel.

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.



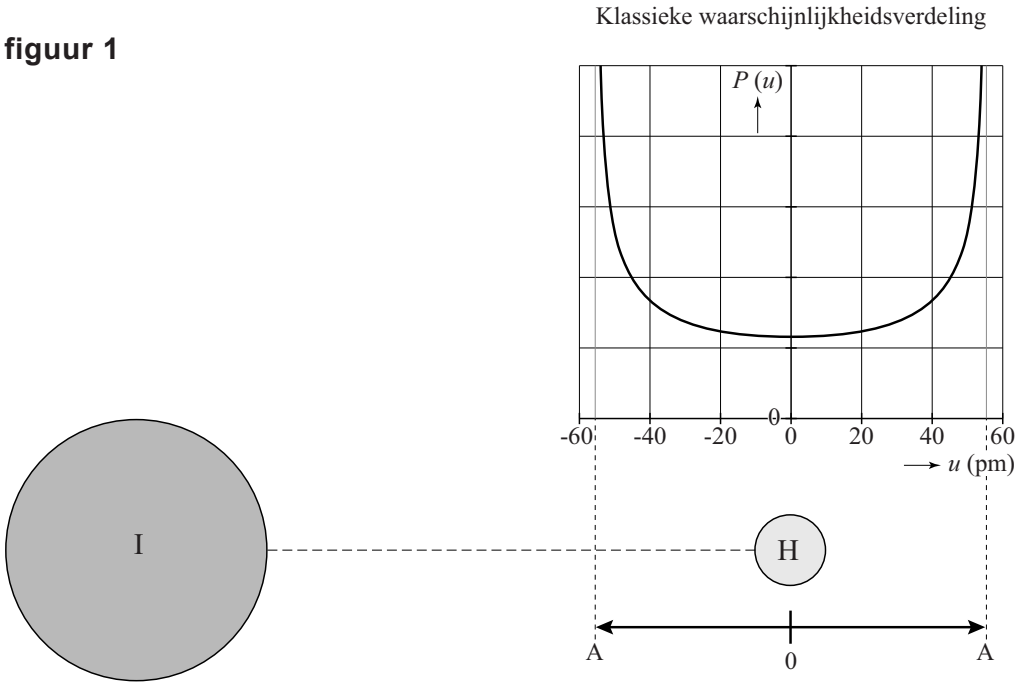
Als deze afstand groter of kleiner wordt, zorgt de binding voor een terugdrijvende kracht die in eerste benadering recht evenredig is met de uitwijking van de evenwichtsstand.
Een model om het molecuul te beschrijven is een massa-veersysteem, waarbij het waterstofatoom trilt, het jodiumatoom stilstaat 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.

3p **16** Voer die berekening uit.

In figuur 1 is de klassieke waarschijnlijkheidsverdeling $P(u)$ van het trillende H-atoom in het massa-veersysteem gegeven met amplitude $A = 5{,}54 \cdot 10^{-11}$ m.

figuur 1



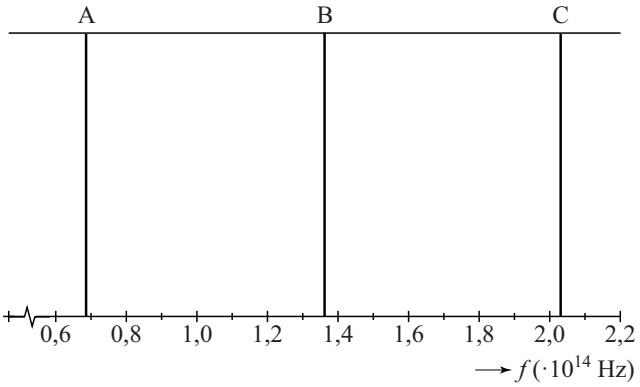
natuurkundeuitgelegd.nl

Uit de oppervlakte tussen twee posities onder de waarschijnlijkheidsverdeling is het percentage van de tijd te berekenen dat een trillende massa zich tussen die twee posities bevindt.

3p **17** Voer de volgende opdrachten uit:
- Geef aan waarom $P(u)$ een minimum heeft voor $u = 0$ en maximaal is voor $u \to \pm A$.
- Leg uit hoe de waarschijnlijkheidsverdeling $P(u)$ in breedte en hoogte verandert als de totale energie van het systeem groter wordt.

Het spectrum van waterstofjodidegas is een lijnenspectrum. In dit spectrum zijn onder andere drie lijnen te zien. Zie figuur 2.

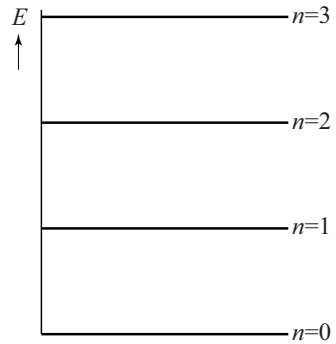
figuur 2



Dit lijnenspectrum is niet te verklaren met het klassieke model van het massa-veersysteem.
Blijkbaar heeft het HI-molecuul discrete energieniveaus.

Uit het spectrum van figuur 2 kan men het energie-niveau-schema van HI afleiden.
Dit is in figuur 3 weergegeven.
De energieniveaus worden aangegeven met de quantumgetallen $n = 0, 1, 2, \ldots$.
Figuur 3 staat ook op de uitwerkbijlage.

figuur 3



4p **18** Voer de volgende opdrachten uit:
- Leg uit hoe uit figuur 2 volgt dat de afstand tussen de energieniveaus in figuur 3 constant is.
- Bepaal de waarde $\Delta E = E_1 - E_0$ in eV.
- Teken in de figuur op de uitwerkbijlage een overgang die hoort bij lijn B van figuur 2.

natuurkundeuitgelegd.nl

Het is mogelijk om een quantumfysisch model van HI op te stellen, waarbij het trillende H-atoom beschreven wordt als een deeltje in een één-dimensionale energieput. De afstanden tussen de energieniveaus hangen af van de eigenschappen van de energieput.
We vergelijken de afstanden van de energieniveaus bij HI met de afstanden in twee andere quantumfysische modellen.

3p **19** Voer de volgende opdrachten uit:
- Geef aan hoe in het quantummodel van een energieput met oneindig hoge wanden de energieniveaus ten opzichte van elkaar liggen.
- Geef aan hoe in het quantummodel van een (elektron in een) vrij waterstofatoom de energieniveaus ten opzichte van elkaar liggen.
- Geef aan waarom beide modellen niet kunnen gelden voor HI.

In de quantumfysica is het uitgesloten dat het waterstofatoom in het molecuul HI helemaal stilstaat.

2p **20** Leg dit uit met behulp van de onbepaaldheidsrelatie van Heisenberg.

natuurkundeuitgelegd.nl

Onderzoek van bot met calcium-47

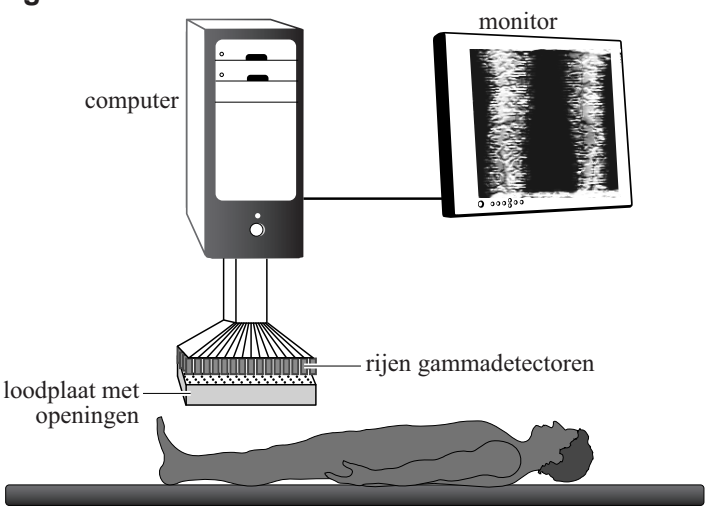
In deze opgave bekijken we een patiënt waarbij de botten in de benen worden onderzocht. Hierbij gebruikt men calcium omdat dit gemakkelijk door het lichaam opgenomen en getransporteerd wordt naar de botten.
De patiënt krijgt een hoeveelheid van de instabiele isotoop calcium-47 toegediend, die bij verval een bèta-min-deeltje en gammastraling uitzendt:
$^{47}\mathrm{Ca} \rightarrow {}^{47}\mathrm{Sc} + \beta^- + \gamma$.
De gammastraling kan buiten het lichaam gedetecteerd worden. De arts kan zo zien of er met de botten iets bijzonders aan de hand is.

Bij het begin van het onderzoek krijgt de patiënt een hoeveelheid calcium-47 toegediend met een activiteit van 2,5 MBq.

4p **21** Bereken de massa in kg van het calcium-47.

De benen van de patiënt worden onder een apparaat gelegd dat gammastraling meet. Zie figuur 1.

figuur 1



In het apparaat zijn honderden gammadetectoren in rijen naast elkaar geplaatst. Onder de gammadetectoren bevindt zich een dikke loden plaat. Onder elke gammadetector zit in de plaat een smal gat.

Elke gammadetector registreert alleen de straling die uit het deel van het been **recht onder** de detector komt.

1p **22** Waarom is het gewenst dat die alleen van recht onder komt?

natuurkundeuitgelegd.nl

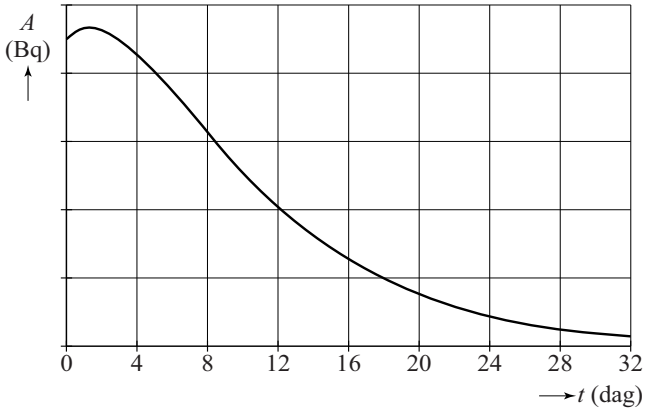
Voor het maken van het beeld van het bot worden de gegevens door de computer verwerkt.
Voor verschillende delen van de benen verschilt de absorptie van gammastraling in het spierweefsel en in de lucht tussen de detector en het been.
Om de metingen van het been te kunnen vergelijken, moet voor die absorptie gecorrigeerd worden. Daarvoor vermenigvuldigt de computer de meetwaarde van elke detector met een correctiefactor.
Als er geen absorptie optreedt, levert dat een correctiefactor 1.
Neem aan dat zich tussen een gammadetector en het bot 10 cm lucht en 4,5 cm spierweefsel bevindt. De absorptie in spierweefsel is gelijk aan die in water. Ga uit van een gamma-foton met een energie van 1,0 MeV.

5p **23** Bereken de grootte van de correctiefactor voor die detector.

Een nadeel van deze onderzoeksmethode is de stralingsbelasting van het bot. Deze ontstaat voornamelijk door absorptie van bèta-min-deeltjes. Deze zijn niet alleen afkomstig van calcium-47 maar ook van scandium-47 (dat ontstaat bij het verval van calcium-47).

Figuur 2 toont het verloop van de gezamenlijke activiteit van beide isotopen in het bot van het bovenbeen.

figuur 2



3p **24** Beredeneer aan de hand van het verloop van figuur 2 of de halveringstijd van scandium-47 groter of kleiner is dan de halveringstijd van calcium-47.

De nucleaire diagnostiek zoals die hierboven beschreven is, laat plaatsen van het bot zien waar iets bijzonders aan de hand is. Die informatie kan **niet** worden verkregen met behulp van **echoscopie** of een **MRI-scan**.

2p **25** Beargumenteer dit voor deze beide technieken.

Foton De nieuwe natuurkundemethode voor de bovenbouw
Theorie, oefenopgaven, antwoorden in één overzichtelijk boek inclusief SE-keuzeonderwerpen
Betaalbaar: € 35,- voor de complete stof. Meer info: natuurkundeuitgelegd.nl