

Vraag	Antwoord	Scores
-------	----------	--------

Gekleurde LED's

1 maximumscore 3

uitkomst: $R = 2,3 \cdot 10^3 \Omega$

voorbeeld van een bepaling:

Bij een stroom door de LED van 0,60 mA is de spanning over de LED 1,64 V.

Voor de spanning over de weerstand R geldt dan:

$$U_R = U - U_{\text{LED}} = 3,00 - 1,64 = 1,36 \text{ V.}$$

Voor de grootte van de weerstand geldt dan:

$$R = \frac{U_R}{I} = \frac{1,36}{0,60 \cdot 10^{-3}} = 2,3 \cdot 10^3 \Omega.$$

- aflezen van de spanning in figuur 1 (met een marge van 0,01 V) 1
- inzicht in de spanningsregel voor een serieschakeling 1
- completeren van de bepaling 1

2 maximumscore 2

voorbeeld van een antwoord:

De spanning over de groene LED is groter (dan de spanning over de rode LED) bij een stroomsterkte van 0,60 mA. De spanning over de weerstand is dus kleiner. De stroomsterkte door de weerstand (en de LED) moet gelijk blijven en dus zal de weerstandswaarde kleiner moeten zijn.

- inzicht dat (bij gelijke stroomsterkte) de spanning over de weerstand kleiner moet zijn 1
- consequente conclusie 1

Opmerking

Als de kandidaat in vraag 1 een fout maakt en in vraag 2 diezelfde fout opnieuw maakt, deze niet opnieuw aanrekenen.

3 maximumscore 2

voorbeeld van een antwoord:

De elektronenstroom loopt van de min- naar de pluspool van de batterij en dus van materiaal B naar materiaal A. Het elektron zal terugvallen naar een lager energieniveau (onder uitzending van een foton). Het juiste schema is dus III.

- inzicht dat de elektronenstroom van materiaal B naar materiaal A loopt 1
- inzicht dat het elektron terugvalt naar een lager energieniveau en consequente conclusie 1

Vraag	Antwoord	Scores
-------	----------	--------

4 maximumscore 4

uitkomst: percentage = 57(%)

voorbeelden van een berekening:

methode 1

Voor het aantal geleidings-elektronen dat per seconde de LED passeert,

$$\text{geldt: } N_{\text{per s}} = \frac{I}{e} = \frac{50 \cdot 10^{-3}}{1,602 \cdot 10^{-19}} = 3,12 \cdot 10^{17} \text{ (s}^{-1}\text{)}.$$

Voor de energie van een foton dat vrijkomt, geldt:

$$E_f = \frac{hc}{\lambda} = \frac{6,63 \cdot 10^{-34} \cdot 3,00 \cdot 10^8}{470 \cdot 10^{-9}} = 4,23 \cdot 10^{-19} \text{ J.}$$

Als bij alle geleidings-elektronen een foton vrijkomt, geldt voor het

lichtvermogen: $P = N_{\text{per s}} E_f = 3,12 \cdot 10^{17} \cdot 4,23 \cdot 10^{-19} = 0,132 \text{ W.}$

Dus geldt voor het percentage p van de geleidings-elektronen waarbij een

foton vrijkomt: $p = \frac{0,075}{0,132} = 0,57 = 57\%.$

- inzicht dat $N_{\text{per s}} = \frac{I}{e}$ 1
- gebruik van $E_f = \frac{hc}{\lambda}$ 1
- inzicht dat $P = N_{\text{per s}} E_f$ 1
- completeren van de berekening 1

methode 2

Voor het elektrisch vermogen geldt: $P_{\text{el}} = UI$. Hierbij is de spanning U gelijk aan de energie per ladingseenheid. Dus geldt:

$$U = \frac{E_f}{e} = \frac{hc}{\lambda e} = \frac{6,63 \cdot 10^{-34} \cdot 3,00 \cdot 10^8}{470 \cdot 10^{-9} \cdot 1,602 \cdot 10^{-19}} = 2,64 \text{ V.}$$

Dit levert: $P_{\text{el}} = UI = 2,64 \cdot 50 \cdot 10^{-3} = 0,132 \text{ W.}$

Als bij alle geleidings-elektronen een foton vrijkomt, is dit vermogen gelijk aan het vermogen aan licht. In werkelijkheid is dit een percentage p .

Dus geldt voor het percentage p van de geleidings-elektronen waarbij een

foton vrijkomt: $p = \frac{0,075}{0,132} = 0,57 = 57\%.$

- inzicht dat $P_{\text{el}} = UI$ 1
- inzicht dat $U = \frac{E_f}{e}$ 1
- gebruik van $E_f = \frac{hc}{\lambda}$ 1
- completeren van de berekening 1

Vraag	Antwoord	Scores
-------	----------	--------

Ruimtelift?

5 maximumscore 4

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

voorbeeld van een berekening:

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

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: $r = R_{\text{A}} + h$, levert dit:

$h = 3,58 \cdot 10^7 \text{ m} = 36 \cdot 10^3 \text{ km}$.

- inzicht dat $m \frac{v^2}{r} = G \frac{mM}{r^2}$ 1
- inzicht dat $v = \frac{2\pi r}{T}$ met $T = 24 \text{ uur}$ 1
- inzicht dat $r = R_{\text{A}} + h$ 1
- completeren van de berekening 1

Opmerkingen

- Als de kandidaat gebruik maakt van de wet van Kepler: goed rekenen.
- In het antwoord een significantie-fout niet aanrekenen.

Opmerking

Als de kandidaat voor T de waarde gebruikt van 365 dag of 365,25 dag, dit niet aanrekenen.

6 maximumscore 3

voorbeeld van een antwoord:

Uit figuur 1 volgt dat de benodigde middelpuntzoekende kracht op grotere hoogte dan de geostationaire hoogte groter is dan de gravitatiekracht. Dus moet de kabel een kracht op massa B uitoefenen (gelijk aan het verschil van die twee). Massa B oefent een (even grote en tegengestelde) kracht op de kabel uit en deze zorgt voor een strakke kabel.

- inzicht dat op grotere hoogte de benodigde middelpuntzoekende kracht groter is dan de gravitatiekracht 1
- inzicht dat de kabel een kracht levert op de massa 1
- inzicht dat de massa een kracht uitoefent op de kabel die de kabel strak spant / inzicht in de derde wet van Newton 1

Vraag	Antwoord	Scores
7	<p>maximumscore 3 voorbeeld van een antwoord: – In die regel wordt de (deel)arbeid berekend om een stukje (dx) omhoog te gaan. – $dm_{\text{brandstof}} = \frac{dW}{\text{verbrandingswarmte}}$. – In de modelregels staat geen enkele regel, waarbij de snelheid v verandert.</p> <ul style="list-style-type: none"> • inzicht dat in die regel de (deel)arbeid berekend wordt om een stukje (dx) omhoog te gaan 1 • inzicht dat $dm_{\text{brandstof}} = \frac{dW}{\text{verbrandingswarmte}}$ 1 • inzicht dat in geen enkele modelregel de snelheid v verandert 1 	
8	<p>maximumscore 3 voorbeeld van een antwoord: Uit de modelregels over F_g, F_{mpz} en F_{motor} blijkt dat de te leveren kracht evenredig is met de totale massa. Dus is de arbeid die verricht moet worden evenredig met de totale massa. Bij minder brandstof aan boord hoeft er minder arbeid geleverd te worden.</p> <ul style="list-style-type: none"> • inzicht dat de motorkracht afneemt als de totale massa afneemt 1 • inzicht dat de arbeid afneemt als de motorkracht afneemt 1 • aangeven van minstens twee modelregels of formules 1 	
9	<p>maximumscore 4 uitkomst: $F_{\text{res}} = 0,44 \text{ N}$ (met een marge van 0,05 N) voorbeeld van een bepaling: De versnelling op $t = 1,0$ dag is gelijk aan de helling van de raaklijn aan het (v,t)-diagram op dat punt. (Tekenen van de raaklijn levert een snelheidstoename van 12 ms^{-1} in 1,9 dag.) Dit levert: $a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{12}{1,9 \cdot 24 \cdot 3600} = 7,3 \cdot 10^{-5} \text{ ms}^{-2}$. Dus geldt: $F_{\text{res}} = ma = 6,0 \cdot 10^3 \cdot 7,31 \cdot 10^{-5} = 0,44 \text{ N}$.</p> <ul style="list-style-type: none"> • inzicht dat de versnelling overeenkomt met de helling van de raaklijn 1 • gebruik van $a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$ voor de raaklijn met Δt in seconde 1 • gebruik van $F_{\text{res}} = ma$ 1 • completeren van de bepaling 1 	

Opmerking

Als de kandidaat een massa van $1,0 \cdot 10^3 \text{ kg}$ gebruikt, dit niet aanrekenen.

Vraag	Antwoord	Scores
-------	----------	--------

10 maximumscore 3

uitkomst: $h = 6,9 \cdot 10^5$ m (met een marge van $0,5 \cdot 10^5$ m)

voorbeelden van een bepaling:

methode 1

De hoogte is gelijk aan de oppervlakte onder de grafiek.

(We benaderen de oppervlakte met een driehoek.)

Dit levert voor de hoogte: $h = \frac{1}{2} \cdot 16 \cdot 1,0 \cdot 24 \cdot 3600 = 6,9 \cdot 10^5$ m.

- inzicht dat de hoogte gelijk is aan de oppervlakte onder de grafiek 1
- bepalen van de oppervlakte met t in seconde 1
- completeren van de bepaling 1

methode 2

Voor de hoogte geldt: $h = v_{\text{gem}} t$.

De gemiddelde snelheid tot 1,0 dag is te schatten op $8,0 \text{ ms}^{-1}$.

Dit levert voor de hoogte $h = 8,0 \cdot 1,0 \cdot 24 \cdot 3600 = 6,9 \cdot 10^5$ m.

- inzicht dat $h = v_{\text{gem}} t$ 1
- bepalen van de gemiddelde snelheid in ms^{-1} 1
- completeren van de bepaling 1

Opmerking

Als de kandidaat in deze vraag dezelfde fout maakt in het omrekenen van de tijd als in de vorige vraag: niet aanrekenen.

Vraag	Antwoord	Scores
-------	----------	--------

Vliegen

11 maximumscore 1

voorbeeld van een antwoord:

$$[St] = \left[\frac{d}{x} \right] = \frac{\text{m}}{\text{m}} = 1$$

12 maximumscore 2

voorbeeld van een antwoord:

$$St = \frac{f \cdot d}{v} = \frac{d}{v \cdot T} = \frac{d}{x}$$

- inzicht dat $x = \frac{v}{f}$ 1
- completeren van het antwoord 1

Opmerking

Een afleiding met behulp van eenheden levert geen scorepunten op.

13 maximumscore 4

uitkomst: $v = 12 \text{ ms}^{-1}$ (met een marge van $2,5 \text{ ms}^{-1}$)

voorbeeld van een bepaling:

Figuur 2b heeft een breedte van 4,8 cm bij een hoogte van 2,1 cm.

Uit figuur 2b blijkt dat de schaalfactor $140 : 4,8$ is. Uit vergelijking van figuren 2a en 2c volgt (op schaal) een slaggrootte 2,0 cm.

Dit levert: $d = \frac{2,0 \cdot 140}{4,8} = 58,3 \text{ cm} = 0,583 \text{ m}$.

Tussen elke figuur zit een kwart periode, dus $T = 4\Delta t = 4 \cdot 0,040 = 0,16 \text{ s}$.

methode 1

$$d = 0,583 \text{ m} \rightarrow x = \frac{d}{St} = \frac{0,583}{0,30} = 1,94 \text{ m. Dit geeft: } v = \frac{x}{T} = \frac{1,94}{0,16} = 12 \text{ ms}^{-1}.$$

methode 2

$$f = \frac{1}{4 \cdot 0,040} = 6,25 \text{ Hz.}$$

$$\text{Invullen levert: } St = \frac{f \cdot d}{v} \rightarrow 0,30 = \frac{6,25 \cdot 0,583}{v} \rightarrow v = 12 \text{ ms}^{-1}.$$

- in rekening brengen van de schaalfactor 1
- bepaling van de slaggrootte 1
- inzicht dat $T = 4\Delta t$ 1
- completeren van de bepaling 1

Vraag	Antwoord	Scores
-------	----------	--------

14 maximumscore 3

voorbeeld van een antwoord:

- De helling van de stippellijn is gelijk aan: $\frac{\frac{1}{2}d}{\frac{1}{2}x} = \frac{d}{x} = St$.
- Omdat beide vogels dezelfde waarde van St hebben, ligt punt B op het verlengde van OA. Punt B heeft dus de coördinaten (0,6 , 0,18).
- Voor de slag grootte geldt dan: $d_2 = 2 \cdot 0,18 = 0,36$ m (met een marge van 0,02 m).

- inzicht dat St bepaald kan worden met de componenten van A 1
- tekenen van punt B op het verlengde van OA bij $x = 0,60$ 1
- completeren van de bepaling 1

Opmerking

Als bij het laatste streepje de slag grootte berekend wordt in plaats van bepaald: goed rekenen.

15 maximumscore 5

voorbeeld van een antwoord:

- Er geldt: $m \propto k^3$ en $A \propto k^2$.

Invullen in de formule voor v levert: $v \propto \sqrt{\frac{m}{A}} \propto \left(\frac{k^3}{k^2}\right)^{\frac{1}{2}} \propto k^{\frac{1}{2}}$.

- De slag grootte d is evenredig met de schaal factor k : $d \propto k$.
 St is een constante, dus onafhankelijk van de schaal: $St \propto k^0$.

Hieruit volgt: $St = \frac{fd}{v} \propto \frac{k^p k}{k^{\frac{1}{2}}} \propto k^0 \rightarrow p = -\frac{1}{2}$.

- Als de lengte van de vogel 4 maal zo groot wordt, wordt de slag frequentie f **2** maal zo **klein**

- inzicht dat $m \propto k^3$ 1
- inzicht dat $A \propto k^2$ 1
- inzicht dat $St \propto k^0$ / toepassen van de dimensieloosheid van het St 1
- completeren van het tweede antwoord 1
- consequent aanvullen van de aangegeven regel 1

Vraag	Antwoord	Scores
-------	----------	--------

Trillingen binnen een molecuul

16 maximumscore 3

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

voorbeeld van een berekening:

Er geldt: $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{C}}$. Met $f = \frac{1}{T}$ 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: $C = 316 \text{ N m}^{-1}$.

- inzicht dat $f = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{C}{m}}$ 1
- inzicht dat voor m de massa van het H-atoom gebruikt moet worden 1
- completeren van de berekening 1

17 maximumscore 3

voorbeeld van een antwoord:

- De snelheid is maximaal voor $u = 0$ en minimaal voor $u = +A$ en $u = -A$, want daar bevindt het deeltje zich de kortste respectievelijk de langste tijd. Dus daar is de kans om het deeltje aan te treffen het kleinst respectievelijk het grootst.
- Als de energie $E_t = \frac{1}{2}CA^2$ toeneemt, wordt A en dus de breedte van de grafiek groter. Omdat de oppervlakte onder de grafiek gelijk moet blijven (totale oppervlakte is 1), zal de kromme $P(u)$ dalen.

- inzicht dat de massa de kortste tijd verblijft waar zijn snelheid maximaal is en omgekeerd 1
- inzicht dat bij grotere energie A groter en de grafiek breder is 1
- inzicht dat $P(u)$ dan daalt omdat de totale oppervlakte gelijk moet blijven 1

Opmerking

Alternatief voor het laatste scorepunt is het inzicht dat bij grotere energie de snelheid in $u = 0$ hoger is, dus de verblijftijd respectievelijk $P(u)$ kleiner.

Vraag	Antwoord	Scores
-------	----------	--------

18 maximumscore 4

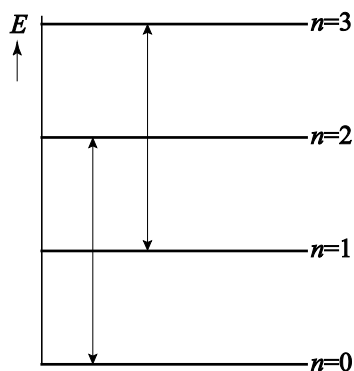
voorbeeld van een antwoord:

- De afstand tussen de lijnen is gelijk. Voor de frequenties geldt:
 $f = f_v, 2f_v, 3f_v \dots$. Omdat $\Delta E = hf$ geldt dat ook voor de afstand tussen de energieniveaus: $\Delta E = e, 2e, 3e \dots$.

Voor de laagste energiesprong geldt:

$$\Delta E = hf_A = 6,63 \cdot 10^{-34} \cdot 0,68 \cdot 10^{14} = 4,51 \cdot 10^{-20} \text{ J} = 0,28 \text{ eV} \text{ (met een marge van } 0,02 \text{ eV).}$$

- De frequentie van piek B is tweemaal de frequentie van piek A. De energie is ook gelijk aan twee stappen in het schema.
 In dit schema kan dat op twee manieren:
 van $n = 2$ naar $n = 0$ of andersom. En van $n = 3$ naar $n = 1$ of andersom.



- inzicht dat de drie frequenties zich verhouden als 1:2:3 1
- inzicht dat $\Delta E = hf_A$ 1
- completeren van de bepaling 1
- aangeven van een mogelijke overgang in figuur 3 die hoort bij lijn B 1

Vraag	Antwoord	Scores
-------	----------	--------

19 maximumscore 3

voorbeeld van een antwoord:

- Bij het quantummodel van een energieput met oneindig hoge wanden liggen de energieniveaus voor grotere n steeds verder uit elkaar ($\propto n^2$).
- Bij het quantummodel van een vrij waterstofatoom liggen de energieniveaus voor grotere n steeds dichterbij elkaar ($\propto \frac{1}{n^2}$).
- De energieniveaus in figuur 3 liggen op gelijke afstanden. Dus kunnen de modellen niet gelden voor HI.

- inzicht dat de energieniveaus van een energieput met oneindig hoge wanden bij grotere energie of grotere waarde van n steeds verder uit elkaar liggen 1
- inzicht dat de energieniveaus van een vrij waterstofatoom bij grotere energie of grotere waarde van n steeds dichterbij elkaar liggen 1
- inzicht dat de energieniveaus in figuur 3 op gelijke afstanden liggen en conclusie 1

20 maximumscore 2

voorbeeld van een antwoord:

Als het H-atoom stil zou staan, zou dat betekenen: $\Delta p = 0$ en/of $\Delta x = 0$.

In dat geval zou $\Delta x \Delta p = 0$, wat in strijd is met de onbepaaldheidsrelatie van Heisenberg.

- inzicht dat ‘stilstaan’ betekent dat $\Delta p = 0$ en/of $\Delta x = 0$ 1
- gebruik van de onbepaaldheidsrelatie van Heisenberg en conclusie 1

Vraag	Antwoord	Scores
-------	----------	--------

Onderzoek van bot met calcium-47

21 maximumscore 4

uitkomst: $m = 1,1 \cdot 10^{-13}$ (kg)

voorbeeld van een berekening:

Voor de activiteit geldt: $A = \frac{\ln 2}{t_{\frac{1}{2}}} N$.

Invullen levert: $2,5 \cdot 10^6 = \frac{\ln 2}{4,54 \cdot 24 \cdot 3600} N$.

Dit levert: $N = 1,415 \cdot 10^{12}$. Voor de massa geldt: $m = Nm_{\text{atoom}}$.

Invullen levert: $m = 1,415 \cdot 10^{12} \cdot 46,95 \cdot 1,66 \cdot 10^{-27} = 1,1 \cdot 10^{-13}$ kg.

- gebruik van $A = \frac{\ln 2}{t_{\frac{1}{2}}} N$ 1
- inzicht dat $m = Nm_{\text{atoom}}$ en opzoeken van de atoommassa 1
- opzoeken van de halveringstijd van calcium-47 1
- completeren van de berekening 1

Opmerking

Als de kandidaat 47 neemt voor de atoommassa van calcium-47: niet aanrekenen.

22 maximumscore 1

voorbeeld van een antwoord:

Hierdoor is vast te stellen van welke plaats in het bot de gammastraling afkomstig is.

Vraag	Antwoord	Scores
-------	----------	--------

23 maximumscore 5

uitkomst: de correctiefactor bedraagt 1,4

voorbeeld van een berekening:

Er geldt: $I = I_0 \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{d}{d_1}}$. Voor het gedeelte van de intensiteit dat wordt

doorgelaten geldt dus: $\frac{I}{I_0} = \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{d}{d_1}}$.

De halveringsdikte voor water (spierweefsel) is 9,8 cm en voor lucht $9,1 \cdot 10^3$ cm.

Voor spierweefsel levert dit: $\frac{I}{I_0} = \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{4,5}{9,8}} = 0,727$.

Voor lucht levert dit: $\frac{I}{I_0} = \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{10}{9,1 \cdot 10^3}} = 0,999$.

Samen laten ze door: $0,727 \cdot 0,999 = 0,726$.

Dus de correctiefactor bedraagt: $\frac{1}{0,726} = 1,4$.

- gebruik van $I = I_0 \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{d}{d_1}}$ 1
- opzoeken van halveringsdikte van water en van lucht 1
- inzicht dat beide factoren met elkaar vermenigvuldigd moeten worden / inzicht dat de invloed van lucht verwaarloosbaar is 1
- inzicht dat correctiefactor = $\frac{1}{\text{doorlaatfactor}}$ 1
- completeren van de berekening 1

Opmerking

Als de kandidaat geen rekening houdt met de absorptie in lucht, kan het derde scorepunt alleen toegekend worden, als de leerling expliciet vermeldt dat die verwaarloosbaar is.

Vraag	Antwoord	Scores
-------	----------	--------

24 maximumscore 3

voorbeeld van een antwoord:

Scandium-47 kan pas vervallen nadat het ontstaan is uit calcium-47. De activiteit neemt toe (de ‘bobbel’ in de grafiek). Dit betekent dat (na het verval van calcium-47) de ontstane scandium-47-deeltjes sneller vervallen. De halveringstijd van scandium-47 is dus kleiner dan die van calcium-47.

- inzicht dat scandium-47 pas vervalt nadat het ontstaan is uit calcium-47 1
- inzicht dat de stijging van de activiteit betekent dat scandium-47 sneller vervalt dan calcium-47 1
- completeren van het antwoord 1

Opmerking

Aan een fysisch juiste redenering uitgaande van het minstens tweemaal bepalen van een ‘halveringstijd’ in figuur 2, kunnen scorepunten worden toegekend.

Indien minder dan twee halveringstijden zijn bepaald, geen scorepunten toekennen.

25 maximumscore 2

voorbeeld van een antwoord:

- Bij een echoscopie wordt gemeten hoe geluid zich gedraagt in zachte weefsels. Hiermee kan geen informatie uit de binnenkant van botten verkregen worden.
- Een MRI-scan geeft een beeld van de omgeving van waterstofatomen in de zachte weefsels in de patiënt en geen informatie over botten.

- inzicht dat bij een echoscopie wordt gemeten hoe geluid zich gedraagt in zachte weefsels en geen informatie uit de binnenkant van botten oplevert 1
- inzicht dat een MRI-scan een beeld geeft van de (omgeving van) de waterstofatomen in zachte weefsels (en niet van botten) 1