

# Correctievoorschrift voorbeeldexamen VWO

# 2016

**natuurkunde**

Het correctievoorschrift bestaat uit:

- 1 Regels voor de beoordeling
- 2 Algemene regels
- 3 Vakspecifieke regels
- 4 Beoordelingsmodel

## 1 Regels voor de beoordeling

---

Het werk van de kandidaten wordt beoordeeld met inachtneming van de artikelen 41 en 42 van het Eindexamenbesluit v.w.o.-h.a.v.o.-m.a.v.o.-v.b.o.

Voorts heeft het College voor Examens (CvE) op grond van artikel 2 lid 2d van de Wet CvE de Regeling beoordelingsnormen en bijbehorende scores centraal examen vastgesteld.

Voor de beoordeling zijn de volgende passages van de artikelen 36, 41, 41a en 42 van het Eindexamenbesluit van belang:

- 1 De directeur doet het gemaakte werk met een exemplaar van de opgaven, de beoordelingsnormen en het proces-verbaal van het examen toekomen aan de examinerator. Deze kijkt het werk na en zendt het met zijn beoordeling aan de directeur. De examinerator past de beoordelingsnormen en de regels voor het toekennen van scorepunten toe die zijn gegeven door het College voor Examens.
- 2 De directeur doet de van de examinerator ontvangen stukken met een exemplaar van de opgaven, de beoordelingsnormen, het proces-verbaal en de regels voor het bepalen van de score onverwijld aan de gecommiteerde toekomen.
- 3 De gecommiteerde beoordeelt het werk zo spoedig mogelijk en past de beoordelingsnormen en de regels voor het bepalen van de score toe die zijn gegeven door het College voor Examens.

De gecommiteerde voegt bij het gecorrigeerde werk een verklaring betreffende de verrichte correctie. Deze verklaring wordt mede ondertekend door het bevoegd gezag van de gecommiteerde.

- 4 De examinerator en de gecommiteerde stellen in onderling overleg het aantal scorepunten voor het centraal examen vast.
- 5 Indien de examinerator en de gecommiteerde daarbij niet tot overeenstemming komen, wordt het geschil voorgelegd aan het bevoegd gezag van de gecommiteerde. Dit bevoegd gezag kan hierover in overleg treden met het bevoegd gezag van de examinerator. Indien het geschil niet kan worden beslecht, wordt hiervan melding gemaakt aan de inspectie. De inspectie kan een derde onafhankelijke gecommiteerde aanwijzen. De beoordeling van de derde gecommiteerde komt in de plaats van de eerdere beoordelingen.

## 2 Algemene regels

---

Voor de beoordeling van het examenwerk zijn de volgende bepalingen uit de regeling van het College voor Examens van toepassing:

- 1 De examinerator vermeldt op een lijst de namen en/of nummers van de kandidaten, het aan iedere kandidaat voor iedere vraag toegekende aantal scorepunten en het totaal aantal scorepunten van iedere kandidaat.
- 2 Voor het antwoord op een vraag worden door de examinerator en door de gecommiteerde scorepunten toegekend, in overeenstemming met het beoordelingsmodel. Scorepunten zijn de getallen 0, 1, 2, ..., n, waarbij n het maximaal te behalen aantal scorepunten voor een vraag is. Andere scorepunten die geen gehele getallen zijn, of een score minder dan 0 zijn niet geoorloofd.
- 3 Scorepunten worden toegekend met inachtneming van de volgende regels:
  - 3.1 indien een vraag volledig juist is beantwoord, wordt het maximaal te behalen aantal scorepunten toegekend;
  - 3.2 indien een vraag gedeeltelijk juist is beantwoord, wordt een deel van de te behalen scorepunten toegekend, in overeenstemming met het beoordelingsmodel;
  - 3.3 indien een antwoord op een open vraag niet in het beoordelingsmodel voorkomt en dit antwoord op grond van aantoonbare, vakinhoudelijke argumenten als juist of gedeeltelijk juist aangemerkt kan worden, moeten scorepunten worden toegekend naar analogie of in de geest van het beoordelingsmodel;
  - 3.4 indien slechts één voorbeeld, reden, uitwerking, citaat of andersoortig antwoord gevraagd wordt, wordt uitsluitend het eerstgegeven antwoord beoordeeld;
  - 3.5 indien meer dan één voorbeeld, reden, uitwerking, citaat of andersoortig antwoord gevraagd wordt, worden uitsluitend de eerstgegeven antwoorden beoordeeld, tot maximaal het gevraagde aantal;
  - 3.6 indien in een antwoord een gevraagde verklaring of uitleg of afleiding of berekening ontbreekt dan wel foutief is, worden 0 scorepunten toegekend, tenzij in het beoordelingsmodel anders is aangegeven;
  - 3.7 indien in het beoordelingsmodel verschillende mogelijkheden zijn opgenomen, gescheiden door het teken /, gelden deze mogelijkheden als verschillende formuleringen van hetzelfde antwoord of onderdeel van dat antwoord;

- 3.8 indien in het beoordelingsmodel een gedeelte van het antwoord tussen haakjes staat, behoeft dit gedeelte niet in het antwoord van de kandidaat voor te komen;
- 3.9 indien een kandidaat op grond van een algemeen geldende woordbetekenis, zoals bijvoorbeeld vermeld in een woordenboek, een antwoord geeft dat vakinhoudelijk onjuist is, worden aan dat antwoord geen scorepunten toegekend, of tenminste niet de scorepunten die met de vakinhoudelijke onjuistheid gemoeid zijn.
- 4 Het juiste antwoord op een meerkeuzevraag is de hoofdletter die behoort bij de juiste keuzemogelijkheid. Voor een juist antwoord op een meerkeuzevraag wordt het in het beoordelingsmodel vermelde aantal scorepunten toegekend. Voor elk ander antwoord worden geen scorepunten toegekend. Indien meer dan één antwoord gegeven is, worden eveneens geen scorepunten toegekend.
- 5 Een fout mag in de uitwerking van een vraag maar één keer worden aangerekend, tenzij daardoor de vraag aanzienlijk vereenvoudigd wordt en/of tenzij in het beoordelingsmodel anders is vermeld.
- 6 Een zelfde fout in de beantwoording van verschillende vragen moet steeds opnieuw worden aangerekend, tenzij in het beoordelingsmodel anders is vermeld.
- 7 Indien de examinerator of de gecommiteerde meent dat in een examen of in het beoordelingsmodel bij dat examen een fout of onvolkomenheid zit, beoordeelt hij het werk van de kandidaten alsof examen en beoordelingsmodel juist zijn. Hij kan de fout of onvolkomenheid mededelen aan het College voor Examens. Het is niet toegestaan zelfstandig af te wijken van het beoordelingsmodel. Met een eventuele fout wordt bij de definitieve normering van het examen rekening gehouden.
- 8 Scorepunten worden toegekend op grond van het door de kandidaat gegeven antwoord op iedere vraag. Er worden geen scorepunten vooraf gegeven.
- 9 Het cijfer voor het centraal examen wordt als volgt verkregen.  
Eerste en tweede corrector stellen de score voor iedere kandidaat vast. Deze score wordt meegedeeld aan de directeur.  
De directeur stelt het cijfer voor het centraal examen vast op basis van de regels voor omzetting van score naar cijfer.

NB1 Het College voor Examens heeft de correctievoorschriften bij regeling vastgesteld. Het correctievoorschrift is een zogeheten algemeen verbindend voorschrift en valt onder wet- en regelgeving die van overheidswege wordt verstrekt. De corrector mag dus niet afwijken van het correctievoorschrift.

NB2 Het aangeven van de onvolkomenheden op het werk en/of het noteren van de behaalde scores bij de vraag is toegestaan, maar niet verplicht.  
Evenmin is er een standaardformulier voorgeschreven voor de vermelding van de scores van de kandidaten.  
Het vermelden van het schoolexamencijfer is toegestaan, maar niet verplicht.  
Binnen de ruimte die de regelgeving biedt, kunnen scholen afzonderlijk of in gezamenlijk overleg keuzes maken.

NB3 Als het College voor Examens vaststelt dat een centraal examen een onvolkomenheid bevat, kan het besluiten tot een aanvulling op het correctievoorschrift.  
Een aanvulling op het correctievoorschrift wordt zo spoedig mogelijk nadat de onvolkomenheid is vastgesteld via Examenblad.nl verstuurd aan de examensecretarissen.

Soms komt een onvolkomenheid pas geruime tijd na de afname aan het licht. In die gevallen vermeldt de aanvulling:

NB

- a. Als het werk al naar de tweede corrector is gezonden, past de tweede corrector deze aanvulling op het correctievoorschrift toe.
  - b. Als de aanvulling niet is verwerkt in de naar Cito gezonden WOLF-scores, voert Cito dezelfde wijziging door die de correctoren op de verzamelstaat doorvoeren.
- Een onvolkomenheid kan ook op een tijdstip geconstateerd worden dat een aanvulling op het correctievoorschrift ook voor de tweede corrector te laat komt. In dat geval houdt het College voor Examens bij de vaststelling van de N-term rekening met de onvolkomenheid.

### 3 Vakspecifieke regels

---

Voor dit examen kunnen maximaal 80 scorepunten worden behaald.

Voor dit examen zijn de volgende vakspecifieke regels vastgesteld:

- 1 Een afwijking in de uitkomst van een berekening door acceptabel tussentijds afronden wordt de kandidaat niet aangerekend.
- 2 Het laatste scorepunt, aangeduid met 'completeren van de berekening/bepaling', wordt niet toegekend als:
  - een fout in de nauwkeurigheid van de uitkomst gemaakt is (zie punt 3),
  - een of meer rekenfouten gemaakt zijn,
  - de eenheid van een uitkomst niet of verkeerd vermeld is, tenzij gezien de vraagstelling het weergeven van de eenheid overbodig is, (In zo'n geval staat in het beoordelingsmodel de eenheid tussen haakjes.)
  - antwoordelementen foutief met elkaar gecombineerd zijn,
  - een onjuist antwoordelement een substantiële vereenvoudiging van de berekening/bepaling tot gevolg heeft.
- 3 De uitkomst van een berekening mag één significant cijfer meer of minder bevatten dan op grond van de nauwkeurigheid van de vermelde gegevens verantwoord is, tenzij in de vraag is vermeld hoeveel significante cijfers de uitkomst dient te bevatten.
- 4 Het scorepunt voor het gebruik van een formule wordt toegekend als de kandidaat laat zien kennis te hebben van de betekenis van de symbolen uit de formule. Dit blijkt als:
  - de juiste formule is geselecteerd, én
  - voor minstens één symbool een waarde is ingevuld die past bij de betreffende grootte.

## 4 Beoordelingsmodel

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

### Opgave 1 Rekstrookje

**1 maximumscore 3**

uitkomst:  $\ell = 0,98$  m

voorbeeld van een berekening:

Voor de weerstand geldt:  $R = \rho \frac{\ell}{A}$  met  $A = \pi r^2$ .

Invullen levert:  $350 = 0,45 \cdot 10^{-6} \frac{\ell}{\pi(\frac{1}{2} \cdot 40 \cdot 10^{-6})^2}$ .

Dit levert:  $\ell = 0,98$  m.

- gebruik van  $R = \rho \frac{\ell}{A}$  en opzoeken van  $\rho$  1
- gebruik van  $A = \pi r^2$  met  $r = \frac{1}{2}d$  1
- completeren van de berekening 1

**2 maximumscore 2**

voorbeeld van een antwoord:

Als het rekstrookje uitrekt, wordt  $\ell$  groter en  $A$  kleiner. (Hierdoor wordt  $R$  groter.)

- inzicht dat  $\ell$  groter wordt 1
- inzicht dat  $A$  kleiner wordt 1

**3 maximumscore 3**

voorbeeld van een antwoord:

Als de beide weerstanden gelijk zijn aan  $350 \Omega$ , is de spanning die de voltmeter aangeeft gelijk aan  $2,50$  V.

Als de weerstand van het rekstrookje toeneemt met  $1,0 \Omega$ , geldt voor de spanning die de spanningsmeter aangeeft:  $U_{\text{nieuw}} = \frac{350}{701} \cdot 5,00 = 2,4964$  V.

De spanningsafname bedraagt:  $0,0036$  V.

Dit is een afname van  $\frac{0,0036}{2,50} = 0,0014 = 0,14\%$ .

(Dit is minder dan een half procent.)

- inzicht in de spanningsdeling / inzicht dat  $I_{\text{nieuw}} = \frac{5,00}{701}$  1
- inzicht dat  $U_{\text{nieuw}} = \frac{350}{701} \cdot 5,00$  / gebruik van  $U_{\text{nieuw}} = I_{\text{nieuw}} R$  1
- completeren van de berekening 1

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

**4 maximumscore 5**

voorbeeld van een antwoord:

Als het rekstrookje niet uitrekt, is  $R_1$  gelijk aan  $R_2$  en  $R_3$  is gelijk aan  $R_4$ .

Dus geldt:  $U_{AC} = U_{AD} = U_{CB} = U_{BD} = 2,50 \text{ V}$ .

Als de weerstand van het rekstrookje groter wordt, wordt de spanning over het rekstrookje,  $U_{AC}$ , groter.

De **spanningswet van Kirchhoff** zegt voor kring ACB dat de som van de spanningen gelijk is aan nul. Oftewel:  $U_{CA} = U_{CB} + U_{BA}$ .

Omdat  $U_{BA} = 0$  volgt:  $U_{CA} = U_{CB}$ .

Omdat  $U_{AC}$  groter wordt, moet  $U_{CB}$  groter worden. Dit kan alleen als de stroomsterkte door  $R_4$  kleiner wordt dan de stroomsterkte door  $R_3$ :

$$I_{BD} < I_{CB}$$

De **stroomwet van Kirchhoff** zegt voor punt B dat de ingaande stroom gelijk is aan de uitgaande stroom. Oftewel:  $I_{CB} = I_{BA} + I_{BD}$ .

Doordat  $I_{BD} < I_{CB}$  geldt  $I_{BA} > 0$ . Dus de stroom gaat van B naar A.

- inzicht dat  $U_{AC}$  groter wordt 1
- inzicht dat er geen spanning over de microampèremeter staat 1
- toepassen van de spanningswet van Kirchhoff op kring ACB 1
- toepassen van de stroomwet van Kirchhoff op punt B 1
- completeren van de uitleg 1

## Opgave 2 Schudlamp

### 5 maximumscore 2

voorbeeld van een antwoord:

Bij het naderen van de magneet neemt de magnetische flux in de spoel toe.

(Hierdoor ontstaat er een spanningspuls.)

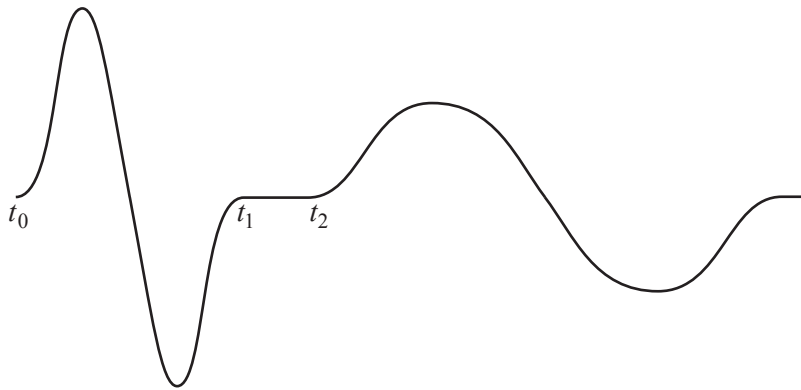
Als de magneet de spoel verlaat, neemt de flux weer af.

Hierdoor ontstaat een tegenovergestelde spanningspuls.

- noemen van respectievelijk fluxtoename en fluxafname 1
- completeren van de uitleg 1

### 6 maximumscore 3

voorbeeld van een schets:



- inzicht dat het tijdsinterval groter wordt 1
- inzicht dat de maximale waarde van de spanning kleiner is 1
- inzicht dat de spanning begint met een positieve puls 1

### 7 maximumscore 2

voorbeeld van een antwoord:

Omdat de inductiespanning evenredig met  $N$  is, zal bij meer windingen de puls hoger zijn.

- inzicht dat de inductiespanning recht evenredig is met het aantal windingen 1
- completeren van de uitleg 1

## Opgave 3 Buckeye Bullet

### 8 maximumscore 4

voorbeeld van een antwoord:

Uit de figuur volgt dat de maximale versnelling gelijk is aan de helling van de grafiek op tijdstip nul. Aflezen uit de grafiek geeft:

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{160}{51} = 3,14 \text{ ms}^{-2}.$$

(Op tijdstip  $t = 0 \text{ s}$  geldt:  $F_{\text{motor}} = F_{\text{res}}$ . Dus geldt:)

$$\frac{F_{\text{motor}}}{F_z} = \frac{ma}{mg} = \frac{a}{g} = \frac{3,14}{9,81} = 0,32.$$

Dit is gelijk aan één derde / net iets kleiner dan één derde.

Dus de vuistregel geldt.

- inzicht dat de maximale versnelling gelijk is aan de helling van de raaklijn op  $t = 0 \text{ s}$  1
- bepalen van  $a$  (met een marge van  $0,1 \text{ ms}^{-2}$ ) 1
- gebruik van  $F = ma$  / inzicht dat  $\frac{F_{\text{motor}}}{F_z} = \frac{a}{g}$  1
- completeren van de berekening en consequente conclusie 1

*Opmerking*

*Als de grafiek tot  $t = 20 \text{ s}$  opgevat is als een rechte lijn: goed rekenen.*

### 9 maximumscore 3

voorbeeld van een antwoord:

Er geldt:  $v_{\text{grens}} = \frac{P_{\text{max}}}{F_{\text{max}}}$ . Invullen levert:  $v_{\text{grens}} = \frac{3,75 \cdot 10^5}{\frac{1}{3} \cdot 1740 \cdot 9,81} = 65,9 \text{ ms}^{-1}$ .

De grenssnelheid is de snelheid waarbij het maximaal vermogen overeenkomt met de maximale kracht.

Beneden de grenssnelheid is het vermogen niet maximaal / is de motorkracht gelijk aan  $\frac{1}{3}$  van de zwaartekracht.

Boven de grenssnelheid is het vermogen maximaal / is de motorkracht kleiner dan de maximale kracht.

- berekenen van de grenssnelheid 1
- inzicht dat onder de grenssnelheid het vermogen niet maximaal is / de motorkracht gelijk is aan  $\frac{1}{3}$  van het gewicht 1
- inzicht dat boven de grenssnelheid het vermogen maximaal is / de motorkracht niet maximaal is 1



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

**10 maximumscore 3**

voorbeeld van een antwoord:

- $F_{\text{motor}} = 0$
- $c = c_2 = 1,2$
- $F_{\text{rem}} (= F_{\text{rem}2}) = 2500$

per goede regel

1

**11 maximumscore 1**

voorbeeld van een antwoord:

$$F_{\text{res}} = F_{\text{motor}} - F_{\text{weerstand}}$$

**12 maximumscore 4**

uitkomst: 56(%)

voorbeeld van een bepaling:

Het motorvermogen wordt gebruikt om de luchtweerstand te overwinnen en de kinetische energie te laten toenemen. Dus  $P_{\text{motor}} = P_{\text{lucht}} + P_{\text{kinetische-energie}}$ .

Op tijdstip  $t = 50$  s geldt:  $F_{\text{motor}} = 3,2$  kN en  $F_{\text{lucht}} = 1,4$  kN.

Op dat tijdstip geldt:  $\frac{P_{\text{lucht}}}{P_{\text{motor}}} = \frac{F_{\text{lucht}}}{F_{\text{motor}}}$ .

Dus wordt van het motorvermogen  $\frac{1,4}{3,2} = 0,44 = 44\%$  gebruikt voor het

opheffen van de luchtwrijvingskracht. Dus wordt  $100\% - 44\% = 56\%$  gebruikt om de kinetische energie te laten toenemen.

- inzicht dat  $P_{\text{motor}} = P_{\text{lucht}} + P_{\text{kinetische-energie}}$  1
- inzicht dat op een tijdstip geldt  $\frac{P_{\text{lucht}}}{P_{\text{motor}}} = \frac{F_{\text{lucht}}}{F_{\text{motor}}}$  1
- aflezen van de krachten op  $t = 50$  s (met een marge van 0,1 kN) 1
- completeren van de bepaling 1

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

**13 maximumscore 3**

uitkomst: De remweg bedraagt 1,9 km (met een marge van 0,2 km).

voorbeeld van een bepaling:

De remweg is gelijk aan de oppervlakte onder de grafiek vanaf  $t = 90$  s.

Hokjes tellen levert:  $s = 1,9$  km.

- inzicht dat de remweg gelijk is aan de oppervlakte onder de grafiek vanaf  $t = 90$  s 1
- bepalen van de oppervlakte onder de grafiek (door hokjes tellen of afschatten) 1
- completeren van de bepaling 1

## Opgave 4 Maanrobotjes

---

**14 maximumscore 3**

voorbeeld van een antwoord:

$$\text{Er geldt } \Delta t = \frac{s}{v} = \frac{2 \cdot 384,4 \cdot 10^6}{2,998 \cdot 10^8} = 2,564 \text{ s.}$$

Als je niet ver genoeg vooruit kijkt, kun je een aanrijding krijgen.

- gebruik van  $\Delta t = \frac{s}{v}$  met  $v = c$  1
- completeren van de berekening 1
- noemen van een relevante moeilijkheid 1

*Opmerking*

*Een antwoord in 2 significante cijfers: goed rekenen.*

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

**15 maximumscore 3**

voorbeeld van een antwoord:

De downlink draaggolf heeft een frequentie van

$$\left(\frac{240}{221}\right) 2,11 \text{ GHz} = 2,29 \text{ GHz}.$$

Voor de grootste frequentie van de uplink geldt:

$$f = 2,11 \cdot 10^9 + 20 \cdot 10^6 = 2,13 \cdot 10^9 \text{ Hz}.$$

Voor de kleinste frequentie van de downlink geldt:

$$f = 2,29 \cdot 10^9 - 20 \cdot 10^6 = 2,27 \cdot 10^9 \text{ Hz}.$$

(De grootste frequentie in de uplink is dus kleiner dan de kleinste frequentie in de downlink.)

- inzicht dat voor de downlink-frequentie geldt:  $f = \left(\frac{240}{221}\right) 2,11 \text{ GHz}$  1
- in rekening brengen van de bandbreedte 1
- completeren van de berekening 1

*Opmerking*

*Als 40 MHz in plaats van 20 MHz gebruikt wordt: geen aftrek.*

**16 maximumscore 2**

voorbeeld van een antwoord:

Twee signalen in hetzelfde kanaal zullen elkaar door de gelijke frequentie ten gevolge van interferentie hinderlijk storen.

- inzicht dat de storing het gevolg is van interferentie / sommeren van golven 1
- inzicht dat bij een gelijke frequentie de signalen elkaar hinderlijk storen / uitdoving kan optreden 1

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

**17 maximumscore 4**

uitkomst:  $E_k = 2,35 \cdot 10^{11} \text{ J}$

voorbeeld van een berekening:

De benodigde kinetische energie komt overeen met het verschil tussen de gravitatie-energie op het maanoppervlak en de gravitatie-energie op 300 km boven de aarde.

$$\begin{aligned}
 E_k = \Delta E_{\text{grav}} &= -GmM \left( \frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) = \\
 &= -6,673 \cdot 10^{-11} \cdot 4,0 \cdot 10^3 \cdot 5,976 \cdot 10^{24} \left( \frac{1}{384,4 \cdot 10^6 - 1,74 \cdot 10^6} - \frac{1}{6,38 \cdot 10^6 + 3,00 \cdot 10^5} \right) \\
 &= 2,35 \cdot 10^{11} \text{ J.}
 \end{aligned}$$

- inzicht dat de benodigde kinetische energie overeenkomt met het verschil tussen de gravitatie-energie op het maanoppervlak en de gravitatie-energie op 300 km boven de aarde 1
- gebruik van  $E_{\text{grav}} = -\frac{GmM}{r}$  1
- in rekening brengen van de straal van de aarde, de hoogte boven het aardoppervlak en de afstand van de aarde tot het maanoppervlak 1
- completeren van de berekening 1

**18 maximumscore 1**

voorbeeld van een antwoord:

Het juiste punt moet verder van de aarde dan van de maan afliggen, omdat de massa van de aarde groter is dan de massa van de maan.

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

**19 maximumscore 3**

voorbeeld van een antwoord:

Op de juiste plaats geldt:  $F_{\text{grav aarde}} = F_{\text{grav maan}}$ .

Invullen levert:  $\frac{GmM_{\text{aarde}}}{r_{\text{aarde}}^2} = \frac{GmM_{\text{maan}}}{r_{\text{maan}}^2}$ . Dit geeft:  $\frac{M_{\text{aarde}}}{r_{\text{aarde}}^2} = \frac{M_{\text{maan}}}{r_{\text{maan}}^2}$ .

Hieruit volgt:  $\frac{r_{\text{maan}}}{r_{\text{aarde}}} = \sqrt{\frac{M_{\text{maan}}}{M_{\text{aarde}}}} = \sqrt{\frac{0,0735 \cdot 10^{24}}{5,976 \cdot 10^{24}}} = 0,111$ .

Dus G is de juiste plaats.

- gebruik van  $F_{\text{grav}} = \frac{GmM}{r^2}$  1
- opzoeken massa van de maan en de massa van de aarde 1
- completeren van de berekening en conclusie 1

**20 maximumscore 2**

uitkomst:  $\lambda = 5,01 \cdot 10^{-7}$  m

voorbeeld van een berekening:

Er geldt  $\lambda_{\text{max}} = \frac{k_{\text{W}}}{T}$ . De effectieve temperatuur van de zon is  $5,78 \cdot 10^3$  K.

Invullen levert:  $\lambda_{\text{max}} = \frac{2,898 \cdot 10^{-3}}{5,78 \cdot 10^3} = 5,01 \cdot 10^{-7}$  m.

- gebruik van  $\lambda_{\text{max}} = \frac{k_{\text{W}}}{T}$  1
- completeren van de berekening 1

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

**21 maximumscore 4**

voorbeelden van een antwoord:

methode 1

De lijnen die een gevolg zijn van absorptie door waterstof moeten ook in het emissiespectrum van waterstof zitten.

Voor een lijn in het zichtbare gebied geldt:  $\lambda = 656 \text{ nm}$ .

Er geldt  $E_f = \frac{hc}{\lambda}$ . Invullen levert:

$$E_f = \frac{6,626 \cdot 10^{-34} \cdot 2,998 \cdot 10^8}{6,56 \cdot 10^{-7}} = 3,03 \cdot 10^{-19} \text{ J.}$$

- inzicht dat de gekozen lijn zowel in het zonnenspectrum als in het emissiespectrum van waterstof moet voorkomen 1
- noemen van een juiste golflengte 1
- gebruik van  $E_f = \frac{hc}{\lambda}$  1
- completeren van de berekening 1

methode 2

De lijnen die een gevolg zijn van absorptie door waterstof moeten ook in het emissiespectrum van waterstof zitten.

Voor een lijn in het zichtbare gebied geldt:  $\lambda = 656 \text{ nm}$ .

Aflezen in tabel 21A levert

$$E_f = 12,0888 - 10,2002 = 1,8886 \text{ eV} = 3,03 \cdot 10^{-19} \text{ J.}$$

- inzicht dat de gekozen lijn zowel in het zonnenspectrum als in het emissiespectrum van waterstof moet voorkomen 1
- noemen van een juiste golflengte 1
- gebruik van de juiste waarden uit tabel 21 van BINAS 1
- completeren van de berekening 1

*Opmerking*

*Elke lijn uit de Balmer-reeks mag gekozen worden.*

## Opgave 5 Inktwisser

### 22 maximumscore 4

uitkomst:  $L = 7,07 \cdot 10^{-10}$  m

voorbeeld van een berekening:

Voor de energie van het foton geldt:  $E_f = E_2 - E_1$ .

Invullen levert:  $\frac{hc}{\lambda} = 2^2 \frac{h^2}{8mL^2} - 1^2 \frac{h^2}{8mL^2}$ .

Omschrijven levert:  $L^2 = \frac{\lambda}{c} \cdot \frac{h}{8m} (2^2 - 1^2)$ .

Dit levert:  $L = \sqrt{\frac{\lambda}{c} \cdot \frac{h}{8m} (3)} = \sqrt{\frac{550 \cdot 10^{-9} \cdot 6,6261 \cdot 10^{-34} \cdot 3}{2,998 \cdot 10^8 \cdot 8 \cdot 9,109 \cdot 10^{-31}}} = 7,07 \cdot 10^{-10}$  m.

- inzicht dat  $E_f = E_2 - E_1$  1
- gebruik van  $E_f = \frac{hc}{\lambda}$  met opzoeken van  $c$  1
- gebruik van  $E_n = n^2 \frac{h^2}{8mL^2}$  met opzoeken van  $h$  en  $m$  1
- completeren van de berekening 1

### 23 maximumscore 2

voorbeeld van een antwoord:

De afstand  $L$  is de helft geworden. Omdat de energie omgekeerd evenredig is met het kwadraat van lengte  $L$ , levert dit een factor 4 in de energiewaarden.

- inzicht dat de energie omgekeerd evenredig is met het kwadraat van de lengte 1
- completeren van de uitleg 1

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

**24 maximumscore 3**

voorbeeld van een antwoord:

Aangezien de golflengte omgekeerd evenredig is met energie, geeft een 4 maal zo grote energie een 4 maal zo kleine golflengte. Dit levert een

golflengte van  $\frac{550}{4} = 138 \text{ nm}$ .

Volgens Binas tabel 19 is dit het **ultraviolette** deel van het spectrum.

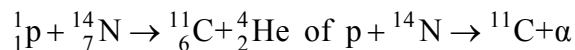
Er wordt geen zichtbaar licht meer geabsorbeerd, maar UV-licht. Al het zichtbare licht wordt dan weerkaatst, dus zie je het als 'wit'.

- inzicht dat de golflengte van een foton omgekeerd evenredig is met de energie 1
- uitrekenen van de golflengte 1
- inzicht dat absorptie buiten het zichtbare deel van het spectrum geen kleur geeft 1

## Opgave 6 PET-scan

**25 maximumscore 2**

voorbeeld van een antwoord:



- proton en N-14 voor de pijl 1
- C-11 en  $\alpha$ -deeltje na de pijl 1

**26 maximumscore 3**

uitkomst: De orde van grootte van  $\Delta t$  is  $1,0 \cdot 10^{-9} \text{ s}$ .

voorbeeld van een berekening:

De diameter van het hoofd wordt geschat op 20 cm.

Er geldt dan:  $\Delta t = \frac{\Delta x}{c} = \frac{0,2}{3,0 \cdot 10^8} = 0,7 \cdot 10^{-9} \text{ s}$ .

Dus de orde van grootte van  $\Delta t$  is  $1,0 \cdot 10^{-9} \text{ s}$ .

- inzicht dat  $\Delta t = \frac{\Delta x}{c}$  1
- schatten van de diameter van een hoofd (tussen 15 cm en 30 cm) 1
- completeren van de berekening 1



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

**27 maximumscore 4**

uitkomst:  $D = 2 \cdot 10^{-2}$  Gy

voorbeeld van een bepaling:

Voor de stralingsdosis geldt:  $D = \frac{E}{m}$ .

Voor de totaal geabsorbeerde energie geldt:  $E = NE_p$ . Hierbij is  $N$  gelijk aan het totaal aantal positronen en  $E_p$  de geabsorbeerde energie per positron.

$N$  is uit de grafiek te bepalen door de oppervlakte onder de grafiek te schatten. (In de tijd gelijk aan de halveringstijd, vervallen evenveel deeltjes als in de rest van de tijd.)

Dit levert:  $N = 2 \cdot 300 \cdot 10^6 \cdot 15 \cdot 60 = 5,4 \cdot 10^{11}$ .

Invullen levert:  $D = \frac{5,4 \cdot 10^{11} \cdot 0,4 \cdot 10^6 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}}{1,5} = 2 \cdot 10^{-2}$  Gy.

- gebruik van  $D = \frac{E}{m}$  1
- inzicht dat  $E = NE_p$  1
- bepalen van het aantal deeltjes uit de oppervlakte onder de grafiek (met een marge van  $1 \cdot 10^{11}$ ) 1
- completeren van de bepaling 1

**28 maximumscore 2**

voorbeeld van een antwoord:

Een röntgenfoto geeft een beeld van de dichtheid (halveringsdikte) van een deel van de patiënt en kan geen specifieke weefsels herkennen.

Een echografie geeft een beeld van zacht weefsel van de patiënt en kan zeker niet binnen de schedel van de patiënt waarnemen.

- inzicht dat een röntgenfoto verschillende soorten weefsel kan onderscheiden 1
- inzicht dat een echografie niet binnen de schedel van een patiënt kan waarnemen 1