

Correctievoorschrift VWO

2010

tijdvak 2

natuurkunde (pilot)

Het correctievoorschrift bestaat uit:

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

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 de CEVO op grond van artikel 39 van dit Besluit de *Regeling beoordeling centraal examen* vastgesteld (CEVO-09.0313, 31 maart 2009, zie www.examenblad.nl).

Deze regeling blijft ook na het aantreden van het College voor Examens van kracht.

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 beoordeling centraal examen* 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 punten 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.

NB Het aangeven van de onvolkomenheden op het werk en/of het noteren van de behaalde scores bij de vraag is toegestaan, maar niet verplicht.

3 Vakspecifieke regels

Voor dit examen kunnen maximaal 77 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 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.

- 3 Het laatste scorepunt, aangeduid met 'completeren van de berekening', wordt niet toegekend in de volgende gevallen:
 - een fout in de nauwkeurigheid van de uitkomst
 - een of meer rekenfouten
 - het niet of verkeerd vermelden van de eenheid van een uitkomst, tenzij gezien de vraagstelling het weergeven van de eenheid overbodig is. In zo'n geval staat in het antwoordmodel de eenheid tussen haakjes.
- 4 Het laatste scorepunt wordt evenmin toegekend als juiste antwoordelementen foutief met elkaar worden gecombineerd of als een onjuist antwoordelement een substantiële vereenvoudiging van de berekening tot gevolg heeft.
- 5 In het geval van een foutieve oplossingsmethode, waarbij geen of slechts een beperkt aantal deelscorepunten kunnen worden toegekend, mag het laatste scorepunt niet worden toegekend.

4 Beoordelingsmodel

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

Opgave 1 Sopraansaxofoon

- 1 maximumscore 4
uitkomst: $F_d = 7,1 \text{ N}$

voorbeeld van een bepaling:



Er geldt: $F_z r_z = F_d r_d$. Opmeten in de figuur levert:

$r_z = 2,7 \text{ cm}$ en $r_d = 5,4 \text{ cm}$. Invullen levert: $1,44 \cdot 9,81 \cdot 2,7 = F_d \cdot 5,4$.

Dit geeft $F_d = 7,1 \text{ N}$.

- gebruik van de momentenwet 1
- keuze van het draaipunt en tekenen van de krachttarmen 1
- opmeten van de krachttarmen in de figuur (met een marge van 2 mm) 1
- completeren van de bepaling 1

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

2 maximumscore 3

voorbeeld van een antwoord:

In figuur 2 is af te lezen dat 9 trillingen 0,042 s duren.

Eén trilling duurt dus $\frac{0,042}{9} = 4,67 \cdot 10^{-3}$ s.

Dus geldt $f_{\text{gemeten}} = \frac{1}{T} = \frac{1}{4,67 \cdot 10^{-3}} = 2,1 \cdot 10^2$ Hz.

In figuur 3 is af te lezen dat bij een buislengte van 66 cm voor een open-open buis $f = 1,3 \cdot 10^2$ Hz en voor een gesloten-open buis $f = 2,6 \cdot 10^2$ Hz. (Dus beide hypothesen worden tegengesproken.)

- bepalen van de trillingstijd uit figuur 2 1
- aflezen van de frequenties bij een buislengte van 66 cm 1
- completeren van de berekening van f_{gemeten} 1

3 maximumscore 3

voorbeeld van een antwoord:

Uit figuur 4 blijkt dat de frequenties van de boventonen een geheel aantal maal de grondtoon is (1 : 2 : 3 : 4...).

De frequentie van de boventonen van een open-open buis is een geheel aantal maal de grondfrequentie (1 : 2 : 3 : 4...) en de frequentie van de boventonen een gesloten-open buis is een oneven aantal maal de grondfrequentie (1 : 3 : 5 : 7...).

(Dus hypothese a wordt tegengesproken en hypothese b wordt gesteund.)

- constateren dat bij de saxofoon de frequenties van de boventonen een geheel aantal maal de grondtoon is (1 : 2 : 3 : 4...) 1
- inzicht dat de frequenties van de boventonen van een open-open buis een geheel aantal maal de grondfrequentie is (1 : 2 : 3 : 4...) 1
- inzicht dat bij een gesloten-open buis de frequenties van de boventonen een oneven aantal maal de grondfrequentie is (1 : 3 : 5 : 7...) 1

4 maximumscore 3

voorbeeld van een antwoord:

Opmeten in de figuur levert voor de akoestische lengte:

$$L = \frac{13,2}{10,5} \cdot 0,66 = 0,83 \text{ m. Dus } \lambda = 2 \cdot 0,83 = 1,66 \text{ m.}$$

Er geldt $v = \lambda f$. Invullen levert $f = \frac{343}{1,66} = 207 \text{ Hz}$.

(Dit komt overeen met de metingen van figuur 2.)

- bepalen van de akoestische lengte L in de figuur 1
- gebruik van $v = \lambda f$ met $332 \text{ ms}^{-1} \leq v \leq 354 \text{ ms}^{-1}$ 1
- completeren van de berekening van f 1

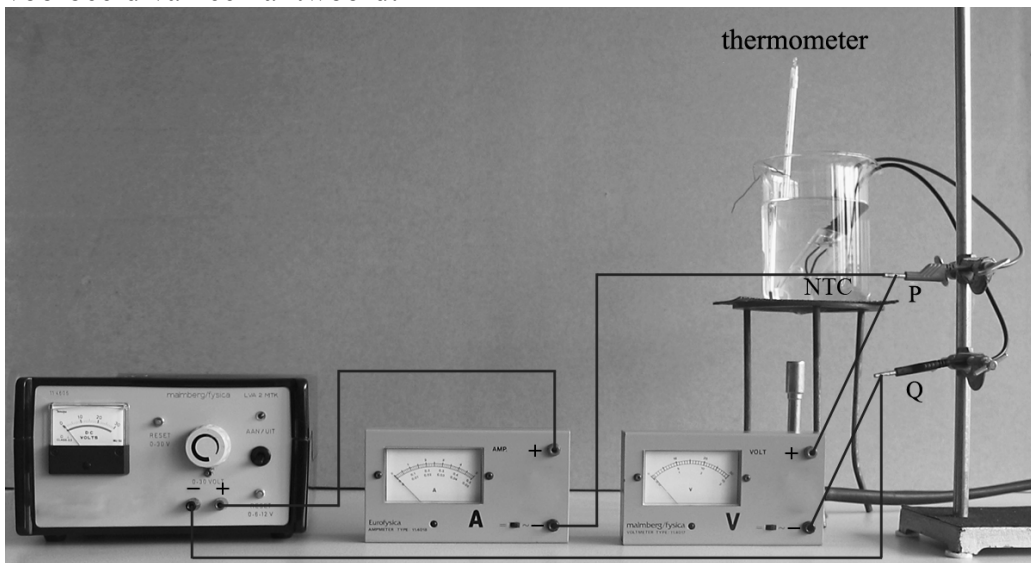
Opmerking

Als bij de beantwoording van vraag 2 een foute waarde voor de grondtoon is verkregen en die waarde hier wordt gebruikt: geen aftrek.

Opgave 2 WaarschuwingsLED

5 maximumscore 3

voorbeeld van een antwoord:



- tekenen van een gesloten kring van de spanningsbron en de NTC 1
- opnemen van ampèremeter in serie in deze kring 1
- opnemen van de voltmeter parallel aan de NTC of aan de spanningsbron 1

Opmerking

Bij deze opgave hoeft geen rekening gehouden te worden met de polariteit van de meters.

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

6 maximumscore 4

voorbeeld van een uitleg:

Bij een lage temperatuur is de weerstand van de NTC groot. Hierdoor is de spanning over de NTC groot en de spanning over de LED dus klein. Als de spanning over de LED kleiner is dan 1,5 V brandt de LED niet.

(Bij een hogere temperatuur brandt de LED dus wel.)

- inzicht dat bij een lage temperatuur R_{NTC} groot is 1
- inzicht dat U_{NTC} groot is als R_{NTC} groot is 1
- inzicht dat U_{LED} klein is als U_{NTC} groot is 1
- completeren van de uitleg 1

7 maximumscore 5

uitkomst: $R = 3,0 \cdot 10^2 \Omega$

voorbeeld van een bepaling:

Aflesen in figuur 2: bij 20°C geldt $R_{\text{NTC}} = 5,9 \cdot 10^2 \Omega$.

Aflesen in figuur 3: bij 1,0 mA geldt $U_{\text{LED}} = 1,5 \text{ V}$.

Daaruit volgt: $U_{\text{NTC}} = 5,0 - 1,5 = 3,5 \text{ V}$.

$$\text{Er geldt } I_{\text{NTC}} = \frac{U_{\text{NTC}}}{R_{\text{NTC}}} = \frac{3,5}{5,9 \cdot 10^2} = 5,93 \cdot 10^{-3} \text{ A.}$$

$$I_{\text{LED}} = 1,0 \text{ mA zodat } I_{\text{R}} = 5,93 \cdot 10^{-3} - 1,0 \cdot 10^{-3} = 4,93 \cdot 10^{-3} \text{ A.}$$

Voor R van de variabele weerstand geldt nu:

$$R = \frac{U_{\text{R}}}{I_{\text{R}}} = \frac{1,5}{4,93 \cdot 10^{-3}} = 3,0 \cdot 10^2 \Omega.$$

- bepalen van R_{NTC} (met een marge van 20Ω) en bepalen van U_{LED} 1
- inzicht dat $U_{\text{NTC}} = U_{\text{bron}} - U_{\text{LED}}$ 1
- inzicht dat $I_{\text{NTC}} = \frac{U_{\text{NTC}}}{R_{\text{NTC}}}$ 1
- inzicht dat $I_{\text{R}} = I_{\text{NTC}} - I_{\text{LED}}$ 1
- completeren van de bepaling 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 $t = 0$ 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 $t = 0$ 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 $t = 20$ s opgevat is als een rechte lijn: goed rekenen.

9 maximumscore 2

voorbeeld van een uitleg:

Er geldt $P = F_{\text{motor}}v = \text{constant}$.

De snelheid v neemt toe. (Het vermogen P is constant.)

Dus neemt F_{motor} af.

- inzicht dat $P = Fv = \text{constant}$ 1
- inzicht dat de snelheid v toeneemt 1

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

10 maximumscore 4

uitkomst: $v = 1,5 \cdot 10^2 \text{ ms}^{-1}$

voorbeeld van een berekening:

Er geldt: $F_{\text{lucht}} = kv^2$. De waarde van constante k kan bepaald worden door aflezen in het (F, t) - en het (v, t) -diagram op hetzelfde tijdstip.

Dit levert op $t = 70 \text{ s}$: $F_{\text{lucht}} = 1,8 \text{ kN}$ en $v = 133 \text{ ms}^{-1}$.

Hieruit volgt dat de waarde van $k = \frac{1,8 \cdot 10^3}{133^2} = 0,102$.

Extrapoleren levert dat op topsnelheid geldt: $F_{\text{motor}} = F_{\text{lucht}} = 2,3 \text{ kN}$.

Voor de topsnelheid geldt: $2,3 \cdot 10^3 = 0,102v^2$. Dit levert $v = 1,5 \cdot 10^2 \text{ ms}^{-1}$.

- aflezen van motorkracht en snelheid op hetzelfde tijdstip 1
- bepalen van de waarde van k 1
- inzicht dat op topsnelheid geldt $F_{\text{motor}} = F_{\text{lucht}}$ en schatten van de kracht op topsnelheid (met een marge van 0,1 kN) 1
- completeren van de berekening 1

11 maximumscore 3

uitkomst: $F = 5,53 \text{ kN}$

voorbeeld van een bepaling:

Voor het afremmen geldt $W = \Delta E_k$, in dit geval: $-Fs = 0 - \frac{1}{2}mv_0^2$.

Invullen levert: $-F \cdot 2 \cdot 1609 = -\frac{1}{2} \cdot 1740 \cdot 143^2$. Dit levert $F = 5,53 \text{ kN}$.

- gebruik van $W = Fs$ met $s = 2 \cdot 1609,344 \text{ m}$ met 1
- gebruik van $E_k = \frac{1}{2}mv^2$ met $v = 143 \text{ ms}^{-1}$ (met een marge van 1 ms^{-1}) 1
- completeren van de bepaling 1

Opgave 4 Maanrobotjes

12 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.

13 maximumscore 2

voorbeeld van een antwoord:

De gravitatie-energie neemt toe omdat de gravitatiekracht meer arbeid kan verrichten / omdat de gravitatiekracht tijdens de vlucht tegenwerkt.

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

14 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.

$$E_k = \Delta E_{\text{grav}} = -GmM \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) =$$

$$-6,673 \cdot 10^{-11} \cdot 4,0 \cdot 10^3 \cdot 5,976 \cdot 10^{24} \left(\frac{1}{384,4 \cdot 10^6 - 1,74 \cdot 10^6} - \frac{1}{6,38 \cdot 10^6 + 3,00 \cdot 10^5} \right)$$

$$= 2,35 \cdot 10^{11} \text{ J.}$$

- 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

Opmerking

Als de kandidaat vergeet de straal van de maan in rekening te brengen: goed rekenen.

15 maximumscore 2

voorbeeld van een uitleg:

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.

- inzicht dat de massa van de aarde groter is dan de massa van de maan 1
- completeren van de uitleg 1

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

16 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

17 maximumscore 2

uitkomst: $\lambda = 4,996 \cdot 10^{-7}$ m

voorbeeld van een berekening:

Er geldt $\lambda_{\text{max}} = \frac{k_w}{T}$. De effectieve temperatuur van de zon is 5800 K.

Invullen levert: $\lambda_{\text{max}} = \frac{2,8978 \cdot 10^{-3}}{5800} = 4,996 \cdot 10^{-7}$ m.

- gebruik van $\lambda_{\text{max}} = \frac{k_w}{T}$ met $T = 5800$ K 1
- completeren van de berekening 1

Opmerking

Een antwoord in 2 significante cijfers: goed rekenen.

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

18 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 21 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

Voor twee andere lijnen geldt: $\lambda = 397 \text{ nm}$ en $\lambda = 486 \text{ nm}$.

De bijbehorende energiewaarden zijn $5,00 \cdot 10^{-19} \text{ J}$ en $4,09 \cdot 10^{-19} \text{ J}$.

Opgave 5 Protonentherapie

19 maximumscore 3

uitkomst: tot een indringdiepte van 22,5 cm (met een marge van 1,5 cm)

voorbeeld van een bepaling:

De stopping power is gelijk aan de helling van de grafiek.

Voor een indringdiepte van 22,5 cm is de helling gelijk aan 10 MeV cm^{-1} .

Voor waarden kleiner dan 22,5 cm is de stopping power kleiner dan 10 MeV cm^{-1} .

- inzicht dat de stopping power gelijk is aan de helling van de grafiek 1
- bepalen van het punt waar de helling gelijk is aan 10 MeV cm^{-1} 1
- completeren van de bepaling 1

20 maximumscore 3

voorbeeld van een antwoord:

Waar de helling van de figuur het grootst is, is ook de stralingsdosis het grootst. Dus ontvangt het water een kleine stralingsdosis, de tumor een grote stralingsdosis en ontvangt de plaat helemaal geen straling.

- inzicht dat de stralingsdosis groot is als de helling van figuur 1 groot is 1
- inzicht dat na 26 cm geen straling geabsorbeerd wordt 1
- completeren van de uitleg 1

21 maximumscore 2

uitkomst: $E = 150 \text{ MeV}$

Opmerking

Alle antwoorden van 150 MeV tot en met 155 MeV: goed rekenen.

22 maximumscore 2

voorbeeld van een antwoord:

Bij een stopping power van 800 MeV cm^{-1} en een energieverlies per botsing van 72 eV is de afstand tussen twee botsingen gelijk aan

$$\frac{72}{800 \cdot 10^6} = 9 \cdot 10^{-8} \text{ cm} = 9 \cdot 10^{-10} \text{ m} = 0,9 \text{ nm. Dus een DNA-keten met een}$$

breedte van 3 nm wordt op ongeveer drie plaatsen geraakt.

- berekenen van de afstand tussen twee botsingen 1
- completeren van het antwoord 1

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

23 maximumscore 1

voorbeelden van een antwoord:

- Bij fotonen wordt de meeste energie opgenomen in het gebied voor de tumor en bij protonen niet.
- Bij fotonen wordt ook energie opgenomen in het gebied achter de tumor en bij protonen niet.
- Bij protonen wordt de meeste energie opgenomen in de tumor.

24 maximumscore 4

uitkomst: $U = 4,2 \cdot 10^5$ V

voorbeeld van een berekening:

Voor de kinetische energie van een proton geldt:

$$E_k = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2} \cdot 1,67 \cdot 10^{-27} (9,0 \cdot 10^6)^2 = 6,76 \cdot 10^{-14} \text{ J.}$$

$$\text{Dus voor de spanning geldt: } U = \frac{\Delta E_k}{q} = \frac{6,76 \cdot 10^{-14}}{1,60 \cdot 10^{-19}} = 4,2 \cdot 10^5 \text{ V.}$$

- gebruik van $E_k = \frac{1}{2}mv^2$ 1
- gebruik van $\Delta E_k = qU$ 1
- opzoeken van de massa en de lading van een proton 1
- completeren van de berekening 1

25 maximumscore 1

uitkomst: $E = 0,42$ (MeV)

Opmerking

Als bij de beantwoording van vraag 24 een foute waarde voor de spanning is verkregen en die waarde hier wordt gebruikt: geen aftrek.

26 maximumscore 3

voorbeeld van een antwoord:

De stroomrichting is gelijk aan de bewegingsrichting van de protonen.

De lorentzkracht is naar links gericht. Hieruit volgt dat het magnetisch veld gericht is loodrecht op het vlak van tekening, van de lezer af (het papier in).

- aangeven van de stroomrichting 1
- aangeven van de richting van de lorentzkracht 1
- completeren van de bepaling 1

5 Inzenden scores

Verwerk de scores van alle kandidaten per school in het programma WOLF.
Zend de gegevens uiterlijk op 25 juni naar Cito.