

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 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 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.
- NB2 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 79 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 Sprint

#### 1 maximumscore 2

voorbeeld van een antwoord:

De snelheid is constant omdat het  $(s,t)$ -diagram (vanaf 4 seconde) een rechte lijn is.

De snelheid is gelijk aan de helling van de lijn (vanaf 4 seconde):

$$v = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{69}{5,9} = 11,7 \text{ ms}^{-1}.$$

- inzicht dat een rechte lijn in het  $(s,t)$ -diagram betekent dat de snelheid constant is 1
- aantonen dat  $v = 11,7 \text{ ms}^{-1}$  1

#### 2 maximumscore 3

uitkomst:  $F = 2,3 \cdot 10^2 \text{ N}$  (met een marge van  $0,1 \cdot 10^2 \text{ N}$ )

voorbeeld van een bepaling:

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

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

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

- gebruik van  $F = ma$  1
- gebruik van  $a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$  1
- completeren van de bepaling 1

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

**3 maximumscore 3**

voorbeelden van een antwoord:

methode 1

De afgelegde weg in de eerste 4 seconde is gelijk aan de oppervlakte onder het  $(v,t)$ -diagram. Hieruit volgt  $x = \frac{1}{2} \cdot 4,0 \cdot 11,7 = 23 \text{ m}$ .

Aflezen uit figuur 2 levert dat de afgelegde afstand na 4 seconde gelijk is aan 31 m. (Dus de figuren zijn niet met elkaar in overeenstemming.)

- inzicht dat de afgelegde weg gelijk is aan de oppervlakte onder het  $(v,t)$ -diagram 1
- aflezen van de afgelegde afstand na 4 seconde in figuur 2 1
- completeren van het antwoord 1

methode 2

De beweging is in de eerste 4 seconde éénparig versneld. Dus geldt voor de afstand:  $s(t) = \frac{1}{2}at^2$ . Invullen levert:  $s(4) = \frac{1}{2} \cdot 2,9 \cdot 4,0^2 = 23 \text{ m}$ .

Aflezen uit figuur 2 levert dat de afgelegde afstand na 4 seconde gelijk is aan 31 m. (Dus de figuren zijn niet met elkaar in overeenstemming.)

- inzicht dat  $s(t) = \frac{1}{2}at^2$  1
- aflezen van de afgelegde afstand na 4 seconde in figuur 2 1
- completeren van het antwoord 1

*Opmerking*

*Als een leerling de snelheid op een punt bepaalt door een raaklijn te tekenen in de figuur op de uitwerkbijlage en deze snelheid vergelijkt met figuur 3: uiteraard goed rekenen.*

**4 maximumscore 3**

voorbeeld van een antwoord:

Er geldt:  $E_k = Pt = \frac{1}{2}mv^2$ . Omdat  $P$  constant is, volgt hieruit dat  $v^2$  recht evenredig is met  $t$ . Ofwel:  $v = k\sqrt{t}$ .

- inzicht dat  $E = Pt$  1
- inzicht dat  $E_k = \frac{1}{2}mv^2$  1
- inzicht dat  $v^2$  recht evenredig is met  $t$  1

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

**5 maximumscore 5**

voorbeeld van een antwoord:

Invullen van formule (1) levert:  $11,7 = k\sqrt{4,0}$ . Hieruit volgt:  $k = 5,85$ .

In de afgeleide van formule (2) is de factor vóór  $t$  gelijk aan  $1,5 \cdot 3,9 = 5,85$ .

Dat klopt.

De exponent van  $t$  in formule (2) is 1,5. Volgens de gegeven regel moet de snelheidsfunctie dan een  $t$ -exponent hebben van  $1,5 - 1 = 0,5$ .

Dat klopt ook. Dus hypothese 2 wordt bevestigd.

Na 4 seconde geldt:  $E_k = \frac{1}{2}mv^2 = 0,5 \cdot 80 \cdot 11,7^2 = 5,48 \cdot 10^3 \text{ J}$ .

Voor het vermogen geldt dan:  $P = \frac{E_k}{t} = \frac{5,48 \cdot 10^3}{4,0} = 1,4 \text{ kW}$ .

- uitrekenen van  $k$  met formule (1) 1
- constateren dat de waarde van  $k$  overeenkomt met  $1,5 \cdot 3,9 = 5,85$  1
- inzicht dat de snelheidsfunctie een  $t$ -exponent moet hebben van 0,5 1
- gebruik van  $P = \frac{E_k}{t}$  met  $E_k = \frac{1}{2}mv^2$  1
- completeren van de deelantwoorden 1

*Opmerking*

*Het laatste scorepunt wordt verkregen als de waarde van  $k$  en de grootte van het constante vermogen correct zijn.*

## Opgave 2 GRACE

### 6 maximumscore 4

voorbeeld van een antwoord:

De gravitatiekracht heeft de functie van de middelpuntzoekende kracht:

$$F_G = F_{\text{mpz}}. \text{ Invullen levert: } \frac{GmM}{r^2} = \frac{mv^2}{r} \rightarrow v = \sqrt{\frac{GM}{r}}.$$

$$\text{Er geldt: } r = R + h = 6,378 \cdot 10^6 + 4,85 \cdot 10^5 = 6,86 \cdot 10^6 \text{ m.}$$

$$\text{Invullen levert: } v = \sqrt{\frac{GM}{r}} = \sqrt{\frac{6,67 \cdot 10^{-11} \cdot 5,97 \cdot 10^{24}}{6,86 \cdot 10^6}} = 7,62 \cdot 10^3 \text{ ms}^{-1}.$$

Hieruit volgt voor de omlooptijd:

$$T = \frac{2\pi r}{v} = \frac{2\pi 6,86 \cdot 10^6}{7,62 \cdot 10^3} = 5,66 \cdot 10^3 \text{ s} = 1,57 \text{ h.}$$

$$\text{In één etmaal zijn dit dus } n = \frac{24}{1,57} = 15,3 \approx 15 \text{ rondjes.}$$

- inzicht dat  $F_G = F_{\text{mpz}}$  1
- gebruik van  $F_G = \frac{GmM}{r^2}$  en van  $F_{\text{mpz}} = \frac{mv^2}{r}$  1
- inzicht dat  $r = R + h$  1
- completeren van het antwoord 1

### 7 maximumscore 2

voorbeeld van een uitleg:

Eerst wordt GRACE A (extra) door de bergketen aangetrokken en dus versneld, waardoor de afstand AB toeneemt.

Uiteindelijk hebben GRACE A en GRACE B (na elkaar) dezelfde beweging uitgevoerd, dus hebben ze ook de oorspronkelijke afstand AB.

- inzicht dat eerst GRACE A het sterkst wordt aangetrokken waardoor de afstand AB toeneemt 1
- inzicht dat GRACE A en GRACE B (na elkaar) dezelfde beweging uitvoeren 1

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

**8 maximumscore 4**

uitkomst:  $\Delta x = 1,4 \cdot 10^{-4}$  m

voorbeelden van een berekening:

methode 1

Voor het faseverschil geldt:  $\Delta\varphi = \frac{\Delta t}{T}$ . Met  $f = \frac{1}{T}$  volgt hieruit:  $\Delta\varphi = \Delta t \cdot f$ .

Dus volgt voor het tijdsverschil:  $\Delta t = \frac{\Delta\varphi}{f} = \frac{0,015}{32,7 \cdot 10^9} = 4,59 \cdot 10^{-13}$  s.

Omdat de golven met lichtsnelheid bewegen, geldt:  $\Delta x = c\Delta t$ .

Invullen levert:  $\Delta x = 3,00 \cdot 10^8 \cdot 4,59 \cdot 10^{-13} = 1,4 \cdot 10^{-4}$  m.

- gebruik van  $\Delta\varphi = \frac{\Delta t}{T}$  1
- gebruik van  $f = \frac{1}{T}$  1
- inzicht dat  $s = c\Delta t$  1
- completeren van de berekening 1

methode 2

Voor het faseverschil geldt:  $\Delta\varphi = \frac{\Delta x}{\lambda}$ .

Voor de golflengte geldt:  $\lambda = \frac{c}{f}$ .

Invullen levert:  $\lambda = \frac{3,00 \cdot 10^8}{32,7 \cdot 10^9} = 9,17 \cdot 10^{-3}$  m.

Dit levert voor het verschil in afstand:

$\Delta x = \Delta\varphi \cdot \lambda = 0,015 \cdot 9,17 \cdot 10^{-3} = 1,4 \cdot 10^{-4}$  m.

- gebruik van  $\Delta\varphi = \frac{\Delta x}{\lambda}$  1
- gebruik van  $f = \frac{1}{T}$  1
- inzicht dat  $\lambda = \frac{c}{f}$  1
- completeren van de berekening 1

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

**9 maximumscore 2**

voorbeeld van een uitleg:

Het faseverschil tussen twee signalen heeft alleen betekenis als de frequentie gelijk is. Bij frequentiemodulatie is de frequentie niet constant.

- inzicht dat het begrip faseverschil alleen bij gelijke frequenties zinvol is 1
- inzicht dat bij frequentiemodulatie de frequentie varieert 1

**10 maximumscore 2**

voorbeeld van een antwoord:

Bij deze lagere frequentie is de golflengte veel groter. (Bij een grotere golflengte hoort bij dezelfde afstand een kleiner faseverschil.) Dus komt een bepaald extra faseverschil overeen met een veel groter verschil in afstand.

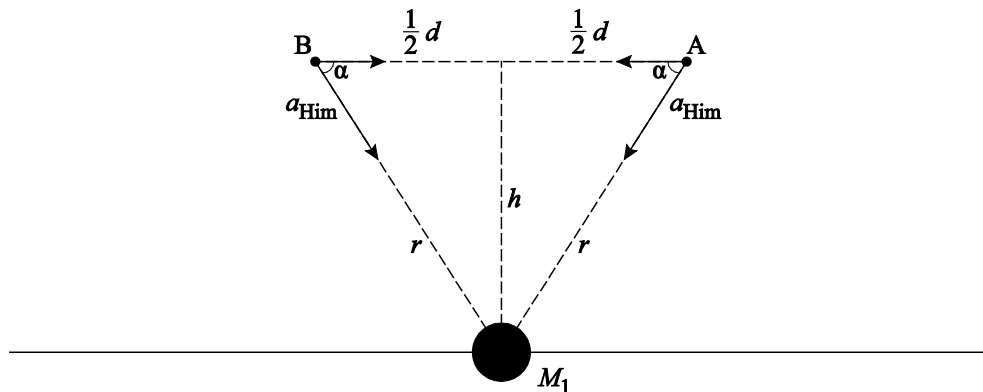
- inzicht dat een lagere frequentie een grotere golflengte tot gevolg heeft 1
- inzicht dat een grotere golflengte een groter verschil in afstand tot gevolg heeft 1

## 11 maximumscore 5

voorbeeld van een antwoord:

- De onderlinge versnelling is horizontaal gericht, dus de verticale componenten van  $a_{\text{Him}}$  dragen niet bij.
- De vectorcomponent  $a_{\text{Him},x}(A)$  wijst naar links en de vectorcomponent  $a_{\text{Him},x}(B)$  wijst naar rechts: A en B worden naar elkaar toe versneld.

–



$$a_{\text{Him}}(A) = a_{\text{Him}}(B) = \frac{GM_1}{r^2} \rightarrow a_{\text{rel}} = a_{\text{Him},x}(A) - a_{\text{Him},x}(B) =$$

$$= \left( \frac{GM_1}{r^2} \cos \alpha \right) - \left( -\frac{GM_1}{r^2} \cos \alpha \right) = \frac{GM_1}{r^2} \left( \frac{\frac{1}{2}d}{r} + \frac{\frac{1}{2}d}{r} \right) = GM_1 \frac{d}{r^3}.$$

- inzicht dat de onderlinge versnelling horizontaal gericht is 1
- inzicht dat de horizontale vectorcomponenten van A en B naar elkaar toe gericht zijn, waardoor A en B naar elkaar toe versneld worden 1
- inzicht dat  $a_{\text{Him}} = \frac{GM_1}{r^2}$  1
- inzicht dat  $a_{\text{Him},x}(= a_{\text{Him}} \cos \alpha) = a_{\text{Him}} \frac{\frac{1}{2}d}{r}$  1
- completeren van het antwoord 1

*Opmerking*

*Als in plaats van met  $\cos \alpha$  gewerkt wordt met verhoudingen: uiteraard goed rekenen.*

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

**12 maximumscore 3**

uitkomst:  $M_1 = 3,8 \cdot 10^{15}$  kg

voorbeeld van een bepaling:

Voor de grootte van de onderlinge versnelling geldt:  $a_{\text{rel}} = GM_1 \frac{d}{r^3}$ .

Hieruit volgt:  $M_1 = \frac{a_{\text{rel}} r^3}{dG}$ .

De onderlinge versnelling is maximaal in de situatie van figuur 3.

Daar geldt:  $r = \sqrt{\left(\frac{1}{2}d\right)^2 + h^2} = \sqrt{\left(1,10 \cdot 10^5\right)^2 + \left(4,85 \cdot 10^5\right)^2} = 4,97 \cdot 10^5$  m.

Invullen levert:  $M_1 = \frac{4,6 \cdot 10^{-7} \cdot \left(4,97 \cdot 10^5\right)^3}{2,20 \cdot 10^5 \cdot 6,67 \cdot 10^{-11}} = 3,8 \cdot 10^{15}$  kg.

- aflezen van  $a_{\text{max}}$  1
- inzicht dat  $r = \sqrt{\left(\frac{1}{2}d\right)^2 + h^2}$  1
- completeren van de bepaling 1

### Opgave 3 Op zoek naar Higgs

**13 maximumscore 3**

voorbeeld van een antwoord:

Het magneetveld is van de lezer af gericht. De lorentzkracht is in het vlak van tekening naar beneden gericht. Uit een richtingsregel volgt dat de stroom van rechts naar links gaat in het vlak van tekening. Omdat het deeltje van links naar rechts beweegt, is de lading van de deeltjes negatief. Het deeltje is dus een muon.

- tekenen van de richting van de lorentzkracht 1
- inzicht dat de bewegingsrichting tegengesteld is aan de stroomrichting 1
- consequente conclusie 1

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

**14 maximumscore 2**

voorbeeld van een antwoord:

Een deeltje en zijn antideeltje hebben tegengestelde ladingen. Dus werkt de lorentzkracht op het antideeltje in de andere richting, vergeleken met zijn bewegingsrichting. Dus is b het goede antwoord.

- inzicht dat een deeltje en antideeltje tegengestelde ladingen hebben 1
- consequente conclusie 1

*Opmerkingen*

- *Als bij de uitleg alleen staat: “spiegeling” of “symmetrie”, dit niet goed rekenen.*
- *Een antwoord zonder uitleg: geen punten toekennen.*

**15 maximumscore 2**

voorbeeld van een antwoord:

Invullen van de eenheden in de formule levert:  $N\ m = T\ C\ m\ s^{-1}\ m$ .

De formule voor de lorentzkracht luidt:  $F_L = Bqv$ . Invullen van deze formule levert:  $N = T\ C\ m\ s^{-1}$ .

Combineren van beide levert:  $N\ m = N\ m$ .

- inzicht dat  $N = T\ C\ m\ s^{-1}$  1
- completeren van het antwoord 1

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

**16 maximumscore 4**

voorbeelden van een antwoord:

methode 1

Als deeltjes afremmen wordt  $E$  kleiner. Daardoor wordt  $r$  kleiner. Dus kan oorzaak I de grotere straal niet verklaren.

Als  $B$  kleiner is, dan is  $r$  groter. De straal buiten de cirkel is groter. Dus kan oorzaak II de grotere straal wel verklaren.

- inzicht dat bij afremmen  $E$  en dus  $r$  kleiner wordt 1
- completeren van de uitleg over oorzaak I 1
- inzicht dat een kleinere  $B$  een grotere  $r$  tot gevolg heeft 1
- completeren van de uitleg over oorzaak II 1

methode 2

Voor deze cirkelbeweging geldt:  $F_{\text{mpz}} = F_L$ . Invullen levert:  $m \frac{v^2}{r} = Bqv$ .

Dit levert:  $r = \frac{mv}{Bq}$ .

Als deeltjes afremmen wordt  $v$  kleiner. Daardoor wordt  $r$  kleiner. Dus kan oorzaak I de grotere straal niet verklaren.

Als  $B$  kleiner is, dan is  $r$  groter. De straal buiten de cirkel is groter. Dus kan oorzaak II de grotere straal wel verklaren.

- inzicht dat  $r = \frac{mv}{Bq}$  2
- completeren van de uitleg over oorzaak I 1
- completeren van de uitleg over oorzaak II 1

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

**17 maximumscore 4**

uitkomst:  $m = 4 \cdot 10^{-26}$  kg

voorbeeld van een bepaling:

Voor de straal van de baan binnen de cirkel is de schatting:  $r = 5$  m.

Invullen in de formule levert:

$$E = Bqrc = 4,2 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 5 \cdot 3 \cdot 10^8 = 1,0 \cdot 10^{-9} \text{ J.}$$

Deze energie komt overeen met een massa volgens  $E = mc^2$ .

Invullen levert:  $1,0 \cdot 10^{-9} = m \cdot (3 \cdot 10^8)^2$ . Dit levert:  $m = 1,1 \cdot 10^{-26}$  kg.

Er ontstaan 4 deeltjes. Dus volgt voor de massa van het Higgs-deeltje:

$$m = 4 \cdot 1,1 \cdot 10^{-26} = 4 \cdot 10^{-26} \text{ kg.}$$

- schatten van de straal van de baan (met een marge van 2 m) 1
- invullen van de formule met  $q = 1,6 \cdot 10^{-19}$  C en  $c = 3,0 \cdot 10^8$  ms<sup>-1</sup> 1
- gebruik van  $E = mc^2$  1
- completeren van de bepaling 1

## Opgave 4 Sirius A

---

**18 maximumscore 2**

voorbeeld van een antwoord:

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

Dus de conclusie is niet juist.

- inzicht dat de helderheid ook nog afhangt van de afstand tot de ster 1
- consequente conclusie 1

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

**19 maximumscore 4**

uitkomst:  $T = 9,84 \cdot 10^3 \text{ K}$

voorbeeld van een berekening:

Het ontvangen vermogen per  $\text{m}^2$  bij de aarde bedraagt  $1,141 \cdot 10^{-7} \text{ W m}^{-2}$ .

Hieruit is het totaal uitgestraalde vermogen van Sirius A te berekenen met:

$$1,141 \cdot 10^{-7} = \frac{P}{4\pi(8,141 \cdot 10^{16})^2}. \text{ Dit levert: } P = 9,5028 \cdot 10^{27} \text{ W.}$$

Voor Sirius geldt:  $P = L = 4\pi R^2 \sigma T^4$ .

Invullen levert:  $9,5028 \cdot 10^{27} = 4\pi(1,713 \cdot 0,696 \cdot 10^9)^2 \cdot 5,6705 \cdot 10^{-8} \cdot T^4$ .

Dit levert:  $T = 9,84 \cdot 10^3 \text{ K}$ .

- gebruik van  $I = \frac{P}{4\pi r^2}$  1
- inzicht dat  $P = 4\pi R^2 \sigma T^4$  1
- opzoeken van de straal van de zon 1
- completeren van de berekening 1

**20 maximumscore 4**

voorbeeld van een antwoord:

De grafiek bevat ongeveer:

$$40 \cdot 10000 = 4 \cdot 10^5 \text{ fotonen per cm}^2 = 4 \cdot 10^9 \text{ fotonen per m}^2.$$

De energie van één foton bedraagt ongeveer:

$$E_f = \frac{hc}{\lambda} = \frac{6,6 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{140 \cdot 10^{-9}} = 1,4 \cdot 10^{-18} \text{ J.}$$

Dus geldt voor het gebied van figuur 2:

$$I = 4 \cdot 10^9 \cdot 1,4 \cdot 10^{-18} = 5,7 \cdot 10^{-9} \text{ W m}^{-2}.$$

Dit is  $\frac{5,7 \cdot 10^{-9}}{1,141 \cdot 10^{-7}} = 0,05 = 5\%$ . Dus antwoord c is correct.

- schatten van het aantal fotonen in figuur 2 1
- gebruik van  $E_f = \frac{hc}{\lambda}$  1
- omrekenen naar vermogen per  $\text{m}^2$  1
- consequente conclusie 1

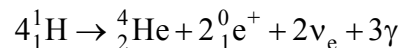
*Opmerking*

*Een antwoord zonder toelichting: geen scorepunten toekennen.*

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

**21 maximumscore 2**

voorbeeld van een antwoord:



- inzicht dat er positronen met neutrino's ontstaan 1
- inzicht dat er van beide deeltjes 2 ontstaan 1

*Opmerking*

*Als de kandidaat 2 positronen en 2 anti-neutrino's laat ontstaan:*

*1 scorepunt toekennen.*

## Opgave 5 Stad van de zon

---

**22 maximumscore 3**

uitkomst:  $A = 2,9 \cdot 10^4 \text{ m}^2$

voorbeeld van een berekening:

Er geldt:  $\eta = \frac{P_{\text{nuttig}}}{P_{\text{in}}} \cdot 100\%$ .

Invullen levert:  $P_{\text{str}} = \frac{P_{\text{elektr}}}{\eta} = \frac{3,75 \cdot 10^6}{0,13} = 2,88 \cdot 10^7 \text{ W}$ .

Bij volle zon geldt:  $I = 1000 \text{ W m}^{-2}$ .

Hieruit volgt:  $A = \frac{2,88 \cdot 10^7}{1000} = 2,9 \cdot 10^4 \text{ m}^2$ .

- gebruik van  $\eta = \frac{P_{\text{nuttig}}}{P_{\text{in}}} \cdot 100\%$  met  $P_{\text{nuttig}} = 3,75 \cdot 10^6 \text{ W}$  1
- inzicht dat  $A = \frac{P_{\text{str}}}{I}$  1
- completeren van de berekening 1

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

**23 maximumscore 4**

voorbeelden van een antwoord:

methode 1

Er geldt:  $P_{\text{gem}} = 0,10P_{\text{max}}$ .

Voor de energie die de zonnepanelen leveren geldt dan:

$$E = Pt = 0,10 \cdot 3,75 \cdot 10^6 \cdot 365 \cdot 24 \cdot 3600 = 1,18 \cdot 10^{13} \text{ J} = 3,29 \cdot 10^6 \text{ kWh.}$$

Dit is genoeg voor het aantal huishoudens:  $n = \frac{3,29 \cdot 10^6}{3656} = 899$ .

Dit is kleiner dan de geplande 1600. Dus de zonnepanelen leveren niet voldoende energie.

- omrekenen van piekvermogen naar gemiddeld vermogen 1
- gebruik van  $E = Pt$  1
- delen van de totale energie door het gemeenschappelijk verbruik per huishouden of delen van de totale energie door het aantal huishoudens 1
- consequente conclusie 1

methode 2

Er is nodig voor de hele wijk aan energie:  $E = 1600 \cdot 3656 = 5,850 \cdot 10^6 \text{ kWh.}$

Er geldt:  $P_{\text{gem}} = 0,10P_{\text{max}}$ .

Voor de energie die de zonnepanelen leveren geldt dan:

$$E = Pt = 0,10 \cdot 3,75 \cdot 10^6 \cdot 365 \cdot 24 \cdot 3600 = 1,18 \cdot 10^{13} \text{ J} = 3,29 \cdot 10^6 \text{ kWh.}$$

Dus de zonnepanelen leveren niet voldoende energie.

- uitrekenen van de totale benodigde energie 1
- omrekenen van piekvermogen naar gemiddeld vermogen 1
- gebruik van  $E = Pt$  1
- consequente conclusie 1

**24 maximumscore 3**

voorbeeld van een antwoord:

0 hoort bij 0 V en  $\infty$  hoort bij 18 V

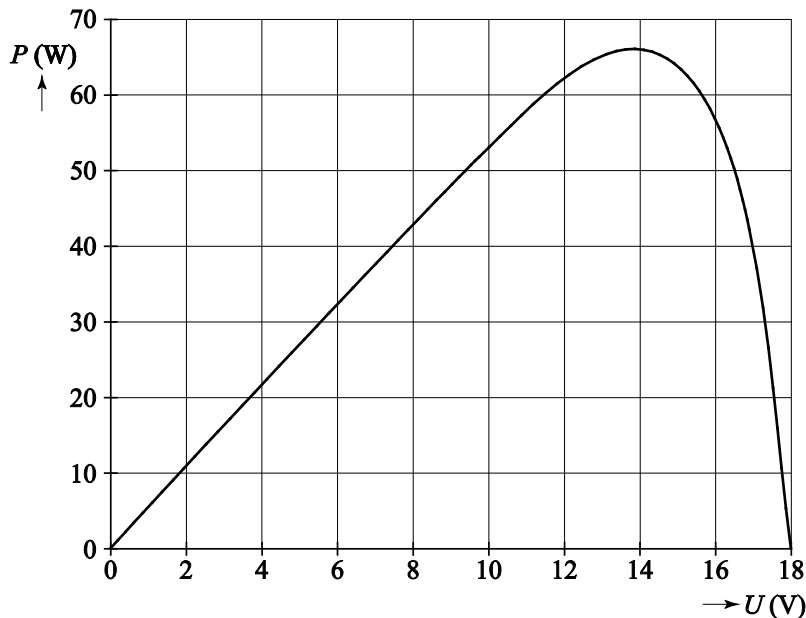
Bij een weerstand van 2,5  $\Omega$  geldt:  $\frac{U}{I} = 2,5$ .

Trekken van een rechte lijn in de grafiek door de punten (0,0) en (10 V , 4 A) of uitproberen, levert het punt (12,5 V , 5,0 A) (met marges van 0,5 V en 0,2 A).

- inzicht dat 0 hoort bij  $U = 0$  V en dat  $\infty$  hoort bij  $I = 0$  A 1
- inzicht dat bij een weerstand van 2,5  $\Omega$  geldt:  $\frac{U}{I} = 2,5$  1
- completeren van het antwoord 1

**25 maximumscore 4**

voorbeeld van een antwoord:



Het maximale vermogen wordt geleverd bij:  $U = 14$  V.

$$\text{Dus: } R = \frac{U}{I} = \frac{14}{4,6} = 3,0 \Omega.$$

- gebruik van  $P = UI$  1
- tekenen van de juiste grafiek 1
- gebruik van  $R = \frac{U}{I}$  bij  $P_{\max}$  1
- completeren van het antwoord 1

## 5 Inzenden scores

---

Verwerk de scores van alle kandidaten per school in het programma WOLF.  
Zend de gegevens uiterlijk op 28 mei naar Cito.