

## **natuurkunde**

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 VO.

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

Voor de beoordeling zijn de volgende aspecten van de artikelen 36, 41, 41a en 42 van het Eindexamenbesluit VO 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 examinator. Deze kijkt het werk na en zendt het met zijn beoordeling aan de directeur. De examinator past de beoordelingsnormen en de regels voor het toekennen van scorepunten toe die zijn gegeven door het College voor Toetsen en Examens.
- 2 De directeur doet de van de examinator 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 directeur van de school van de gecommitteerde toekomen. Deze stelt het ter hand aan de gecommitteerde.

- 3 De gecommitteerde 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 Toetsen en Examens.  
De gecommitteerde voegt bij het gecorrigeerde werk een verklaring betreffende de verrichte correctie. Deze verklaring wordt mede ondertekend door het bevoegd gezag van de gecommitteerde.
- 4 De examinator en de gecommitteerde stellen in onderling overleg het behaalde aantal scorepunten voor het centraal examen vast.
- 5 Indien de examinator en de gecommitteerde daarbij niet tot overeenstemming komen, wordt het geschil voorgelegd aan het bevoegd gezag van de gecommitteerde. Dit bevoegd gezag kan hierover in overleg treden met het bevoegd gezag van de examinator. Indien het geschil niet kan worden beslecht, wordt hiervan melding gemaakt aan de inspectie. De inspectie kan een derde onafhankelijke corrector aanwijzen. De beoordeling van deze derde corrector 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 Toetsen en Examens van toepassing:

- 1 De examinator 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 examinator en door de gecommitteerde scorepunten toegekend, in overeenstemming met het bij de toets behorende correctievoorschrift. 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 examinator 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 Toetsen en 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 met inachtneming van het correctievoorschrift 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 Toetsen en 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 Toetsen en 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

Als het werk al naar de tweede corrector is gezonden, past de tweede corrector deze aanvulling op het correctievoorschrift toe.

Een onvolkomenheid kan ook op een tijdstip geconstateerd worden dat een aanvulling op het correctievoorschrift te laat zou komen.

In dat geval houdt het College voor Toetsen en Examens bij de vaststelling van de N-term rekening met de onvolkomenheid.

### 3 Vakspecifieke regels

---

Voor dit examen kunnen maximaal 76 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 grootheid.

## 4 Beoordelingsmodel

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:

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

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

#### 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

#### 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

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

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

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

- 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

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

- 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

## 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:  $F_{\text{mpz}} = F_g$ .

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:  $r^3 = \frac{6,67 \cdot 10^{-11} \cdot 5,972 \cdot 10^{24} \cdot (24 \cdot 3600)^2}{4\pi^2} = 7,532 \cdot 10^{22} \text{ (m}^3)$ .

Dit geeft:  $r = 4,223 \cdot 10^7 \text{ m}$ . Omdat geldt:  $r = R_A + h$ , 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  $T = 24$  uur 1
- inzicht dat  $r = R_A + h$  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.

### 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 maximumscore 3

voorbeeld van een antwoord:

- In die regel wordt de (deel)arbeid berekend om een stukje ( $dx$ ) omhoog te gaan.

- $dm\_brandstof = \frac{dW}{verbrandingswarmte}$ .

- In de modelregels staat geen enkele regel, waarbij de snelheid  $v$  verandert.

- inzicht dat in die regel de (deel)arbeid berekend wordt om een stukje ( $dx$ ) omhoog te gaan

1

- inzicht dat  $dm\_brandstof = \frac{dW}{verbrandingswarmte}$

1

- inzicht dat in geen enkele modelregel de snelheid  $v$  verandert

1

## 8 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.

- 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 maximumscore 4

uitkomst:  $F_{res} = 0,44 \text{ N}$  (met een marge van  $0,05 \text{ N}$ )

voorbeeld van een bepaling:

De versnelling op  $t = 1,0 \text{ dag}$  is gelijk aan de helling van de raaklijn aan het  $(v,t)$ -diagram op dat punt. (Tekenen van de raaklijn levert een snelheidstoename van  $12 \text{ ms}^{-1}$  in  $1,9 \text{ dag}$ .)

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:  $F_{res} = ma = 6,0 \cdot 10^3 \cdot 7,31 \cdot 10^{-5} = 0,44 \text{ N}$ .

- inzicht dat de versnelling overeenkomt met de helling van de raaklijn

1

- gebruik van  $a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$  voor de raaklijn met  $\Delta t$  in seconde

1

- gebruik van  $F_{res} = ma$

1

- completeren van de bepaling

1

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  $\text{ms}^{-1}$  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.*

## 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  $1 \text{ ms}^{-1}$ )

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

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

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

#### 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 slaggrootte 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 slaggrootte berekend wordt in plaats van bepaald: goed rekenen.*

#### 15 maximumscore 5

voorbeeld van een antwoord:

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

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

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

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

- Als de lengte van de vogel 4 maal zo groot wordt, wordt de slagfrequentie  $f$  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

## 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

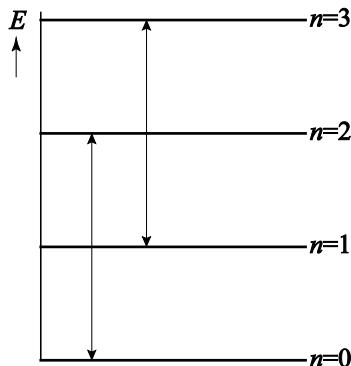
#### *Opmerking*

*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.*

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

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

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

## Onderzoek van bot met calcium-47

### 21 maximumscore 4

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

voorbeeld van een berekening:

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

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

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.

**23 maximumscore 5**

uitkomst: de correctiefactor bedraagt 1,4

voorbeeld van een berekening:

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

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

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  $I = I_0 \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{d}{d_{\frac{1}{2}}}}$  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.*

**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 redeneringen die uitgaan van de ‘halveringstijd’ van figuur 2 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

## 5 Inzenden scores

Verwerk de scores van de alfabetisch eerste vijf kandidaten per examinator in het programma WOLF.

Zend de gegevens uiterlijk op 26 mei naar Cito.

De normering in het tweede tijdvak wordt mede gebaseerd op door kandidaten behaalde scores. Als het tweede tijdvak op uw school wordt afgenoem, zend dan ook van uw tweede-tijdvak-kandidaten de deelscores in met behulp van het programma WOLF.

## **natuurkunde**

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 VO.

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

Voor de beoordeling zijn de volgende aspecten van de artikelen 36, 41, 41a en 42 van het Eindexamenbesluit VO 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 examinator. Deze kijkt het werk na en zendt het met zijn beoordeling aan de directeur. De examinator past de beoordelingsnormen en de regels voor het toekennen van scorepunten toe die zijn gegeven door het College voor Toetsen en Examens.
- 2 De directeur doet de van de examinator 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 directeur van de school van de gecommitteerde toekomen. Deze stelt het ter hand aan de gecommitteerde.

- 3 De gecommitteerde 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 Toetsen en Examens.  
De gecommitteerde voegt bij het gecorrigeerde werk een verklaring betreffende de verrichte correctie. Deze verklaring wordt mede ondertekend door het bevoegd gezag van de gecommitteerde.
- 4 De examinator en de gecommitteerde stellen in onderling overleg het behaalde aantal scorepunten voor het centraal examen vast.
- 5 Indien de examinator en de gecommitteerde daarbij niet tot overeenstemming komen, wordt het geschil voorgelegd aan het bevoegd gezag van de gecommitteerde. Dit bevoegd gezag kan hierover in overleg treden met het bevoegd gezag van de examinator. Indien het geschil niet kan worden beslecht, wordt hiervan melding gemaakt aan de inspectie. De inspectie kan een derde onafhankelijke corrector aanwijzen. De beoordeling van deze derde corrector 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 Toetsen en Examens van toepassing:

- 1 De examinator 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 examinator en door de gecommitteerde scorepunten toegekend, in overeenstemming met het bij de toets behorende correctievoorschrift. 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 examinator 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 Toetsen en 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 met inachtneming van het correctievoorschrift 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 Toetsen en 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 Toetsen en 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

Als het werk al naar de tweede corrector is gezonden, past de tweede corrector deze aanvulling op het correctievoorschrift toe.

Een onvolkomenheid kan ook op een tijdstip geconstateerd worden dat een aanvulling op het correctievoorschrift te laat zou komen.

In dat geval houdt het College voor Toetsen en Examens bij de vaststelling van de N-term rekening met de onvolkomenheid.

### 3 Vakspecifieke regels

---

Voor dit examen kunnen maximaal 75 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

### Onderzoek naar geluid uit een fles

#### 1 maximumscore 2

voorbeeld van een antwoord:

Aflezen uit figuur 1 levert:  $4,5T = 19,2 - 0,4 = 18,8$  ms. Dus:  $T = 4,18$  ms.

$$\text{Dit levert: } f = \frac{1}{T} = \frac{1}{4,18 \cdot 10^{-3}} = 239 \text{ Hz} = 2,4 \cdot 10^2 \text{ Hz.}$$

- gebruik van  $f = \frac{1}{T}$  en aflezen van  $T$  1
- completeren van het antwoord 1

#### 2 maximumscore 3

voorbeeld van een antwoord:

- Voor de geluidssnelheid geldt:  $v = f\lambda = 2,4 \cdot 10^2 \cdot 4 \cdot 0,13 = 125 \text{ m s}^{-1}$ . Volgens BiNaS is de geluidssnelheid  $343 \text{ m s}^{-1}$  bij kamertemperatuur. (Klopt dus niet.)
- Een bovenstaand heeft een kleinere golflengte, dat zou resulteren in een nog kleinere geluidssnelheid.

- gebruik van  $v = f\lambda$  met  $\lambda = 4d$  1
- completeren van de berekening 1
- inzicht dat uit een kleinere golflengte bij gelijke frequentie een kleinere geluidssnelheid volgt 1

#### 3 maximumscore 1

voorbeelden van een antwoord:

- De massa bepalen van de fles zonder water. Hierna de fles vullen met water en het volume van dit water bepalen. Het massaverschil omrekenen naar volume.
- De fles verder vullen met water en deze hoeveelheid bepalen.

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

#### 4 maximumscore 2

voorbeeld van een antwoord:

Voor de eenheid van volume geldt:  $[V] = \text{m}^3$ .

Dus geldt voor de eenheid langs de horizontale as:

$$\left[ \frac{1}{\sqrt{V}} \right] = \left[ V^{-\frac{1}{2}} \right] = (\text{m}^3)^{-\frac{1}{2}} = \text{m}^{-\frac{3}{2}}$$

- inzicht dat  $\frac{1}{\sqrt{V}} = V^{-\frac{1}{2}}$  1
- completeren van het antwoord 1

*Opmerking*

Het antwoord  $\frac{1}{\sqrt{\text{m}^3}}$  goed rekenen.

#### 5 maximumscore 4

voorbeelden van een antwoord:

- Deze coördinaattransformatie wordt gedaan om een rechte lijn te krijgen. Uit de formule blijkt dat  $f \sim \frac{1}{\sqrt{V}} \sim V^{-\frac{1}{2}}$ . Dus is het verband een rechte lijn door de oorsprong. / Met deze coördinaattransformatie wil je de formule  $y = ax + b$  vergelijken met de formule van Helmholtz. Dan geldt:  $b = 0$ .

- De formule van Helmholtz is om te schrijven als:  $f = \frac{v}{2\pi} \sqrt{\frac{A}{\ell}} \sqrt{\frac{1}{V}}$ .

Dus geldt:  $3,22 = \frac{v}{2\pi} \sqrt{\frac{A}{\ell}} = \frac{v}{2\pi} \sqrt{\frac{2,54 \cdot 10^{-4}}{0,070}}$ . Dit levert:  $v = 336 \text{ ms}^{-1}$ .

- De meetpunten liggen ongeveer op een rechte lijn en de helling van de lijn levert een geluidssnelheid die niet veel afwijkt van de literatuurwaarde in BiNaS. Dus ze mogen deze conclusie trekken.

- inzicht in het recht evenredig verband  $f \sim \frac{1}{\sqrt{V}} \sim V^{-\frac{1}{2}}$  1
- inzicht dat  $3,22 = \frac{v}{2\pi} \sqrt{\frac{A}{\ell}}$  1
- completeren van de berekening van  $v$  1
- constateren dat de waarde voor de geluidssnelheid overeenkomt met de literatuurwaarde en conclusie 1

## 6 maximumscore 1

voorbeeld van een antwoord:

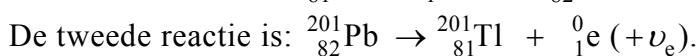
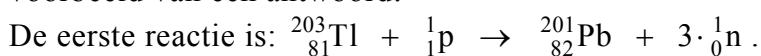
Door de best passende rechte lijn (door de oorsprong) te tekenen, worden de meetfouten uitgemiddeld en is het resultaat nauwkeuriger dan de meetwaarden afzonderlijk.

## Thalliumscintigrafie

---

## 7 maximumscore 4

voorbeeld van een antwoord:



- bij de eerste reactie  ${}_{81}^{203}\text{Tl}$  en  ${}_1^1\text{p}$  links van de pijl 1
- inzicht dat er in de eerste reactie 3 neutronen ontstaan 1
- inzicht dat er in de tweede reactie sprake is van  $\beta^+$ -verval 1
- kloppende atoomnummers en massagetallen in beide reacties 1

*Opmerking*

*In de reactievergelijkingen hoeft niet op de aanwezigheid van een  $\gamma$ -foton gelet te worden.*

## 8 maximumscore 2

voorbeeld van een antwoord:

Als er naast de  $\gamma$ -straling ook  $\alpha$ -straling of  $\beta$ -straling vrijkomt, kan deze (grotendeels) in het lichaam geabsorbeerd worden. Hierdoor is de kans dat er stralingsschade op zal treden groter.

- inzicht dat  $\alpha$ -straling en  $\beta$ -straling in het lichaam geabsorbeerd worden 1
- inzicht in de kans op schade door  $\alpha$ -straling en  $\beta$ -straling 1

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

### 9 maximumscore 3

uitkomst:  $m = 7,1 \cdot 10^{-12}$  kg

voorbeeld van een berekening:

Voor het aantal atoomkernen thallium-201 geldt:

$$N = \frac{At_{\frac{1}{2}}}{\ln 2} = \frac{56 \cdot 10^6 \cdot 3,04 \cdot 24 \cdot 3600}{\ln 2} = 2,12 \cdot 10^{13}.$$

Voor de massa thallium-201 geldt daarmee:

$$m = 2,12 \cdot 10^{13} \cdot 201 \cdot 1,66 \cdot 10^{-27} = 7,1 \cdot 10^{-12}$$
 kg.

- gebruik van  $A = \frac{\ln 2}{t_{\frac{1}{2}}} N$  1
- inzicht dat de massa van thallium-201 gelijk is aan 201 u 1
- completeren van de berekening 1

*Opmerking*

Een antwoord gegeven in u, niet fout rekenen.

### 10 maximumscore 3

voorbeeld van een antwoord:

Als de patiënt een inspanning verricht, stroomt het bloed sneller. Er is bij de met een pijl aangegeven plaats minder hechting van thallium-201 bij inspanning. In rust is er op deze plek geen probleem. Er zal derhalve sprake zijn van een vernauwing van het bloedvat. Er is echter geen sprake van een infarct. Dus diagnose 2 wordt het best ondersteund.

- inzicht dat er minder hechting van thallium-201 is bij inspanning 1
- inzicht dat er sprake zal zijn van een tijdelijke vernauwing 1
- inzicht dat er in rust geen sprake is van een vernauwing en conclusie 1

**11 maximumscore 5**

voorbeeld van een antwoord:

- De  $\gamma$ -straling gaat 50 cm door de lucht. De halveringsdikte voor lucht is  $3,7 \cdot 10^3$  cm.

Voor de intensiteit van  $\gamma$ -fotonen in de lucht geldt:

$$\frac{I}{I_0} = \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{d}{d_{\frac{1}{2}}}} = \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{0,50}{3,7 \cdot 10^3}} = 0,991 = 99\%.$$

Er wordt dus slechts 1% aan  $\gamma$ -straling geabsorbeerd.

- Voor de verhouding in stralingsintensiteiten in de punten A en B geldt:

$$\frac{I_A}{I_B} = \frac{\frac{1}{4\pi r_A^2}}{\frac{1}{4\pi r_B^2}} = \frac{\frac{1}{4\pi(0,10)^2}}{\frac{1}{4\pi(0,60)^2}} = \frac{(0,60)^2}{(0,10)^2} = 36.$$

- gebruik van  $I = I_0 \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{d}{d_{\frac{1}{2}}}}$  en opzoeken van de halveringsdikte 1
- completeren van berekening 1 1
- inzicht dat er weinig  $\gamma$ -straling wordt geabsorbeerd 1
- gebruik van  $I = \frac{P_{\text{bron}}}{4\pi r^2}$  / inzicht in de kwadratenwet 1
- completeren van berekening 2 1

*Opmerkingen*

- Bij berekening 1 hoeft niet op significantie gelet te worden.
- Bij berekening 2 mag de uitkomst  $\frac{1}{36}$  goed gerekend worden.

**Jupiter ‘fly-by’****12 maximumscore 1**

voorbeelden van een antwoord:

- Christy heeft ongelijk omdat er vanwege de wet van behoud van energie geen kinetische energie gewonnen kan worden zonder extra energie van buitenaf.
- Christy heeft ongelijk, want de verkenner krijgt weliswaar richting de planeet extra snelheid, maar zal deze extra snelheid na de passage weer verliezen.

### 13 maximumscore 3

voorbeelden van een berekening:

methode 1

$$v = \frac{2\pi r}{T} = \frac{2\pi \cdot 0,7883 \cdot 10^{12}}{11,86 \cdot 3,16 \cdot 10^7} = 1,32 \cdot 10^4 \text{ ms}^{-1}$$

- gebruik van  $v = \frac{2\pi r}{T}$  1
- opzoeken van  $r$  en  $T$  1
- completeren van de berekening 1

methode 2

Er geldt:

$$F_g = F_{mpz} \rightarrow G \frac{mM}{r^2} = \frac{mv^2}{r} \rightarrow$$

$$v = \sqrt{\frac{GM}{r}} = \sqrt{\frac{6,674 \cdot 10^{-11} \cdot 1,988 \cdot 10^{30}}{0,7883 \cdot 10^{12}}} = 1,30 \cdot 10^4 \text{ ms}^{-1}.$$

- inzicht dat  $F_g = F_{mpz}$  1
- gebruik van  $F_g = G \frac{mM}{r^2}$  en  $F_{mpz} = \frac{mv^2}{r}$  1
- completeren van de berekening 1

### 14 maximumscore 1

voorbeeld van een antwoord

Als de (absolute) waarde van  $2v_j - v_x$  zo groot mogelijk moet zijn, betekent dit dat  $v_x$  en  $v_j$  tegengesteld gericht zijn.

### 15 maximumscore 2

voorbeeld van een antwoord:

De energiewinst van de verkenner:  $\Delta E_k = \frac{1}{2} m(v_{na,x}^2 - v_{voor,x}^2)$  is gelijk aan

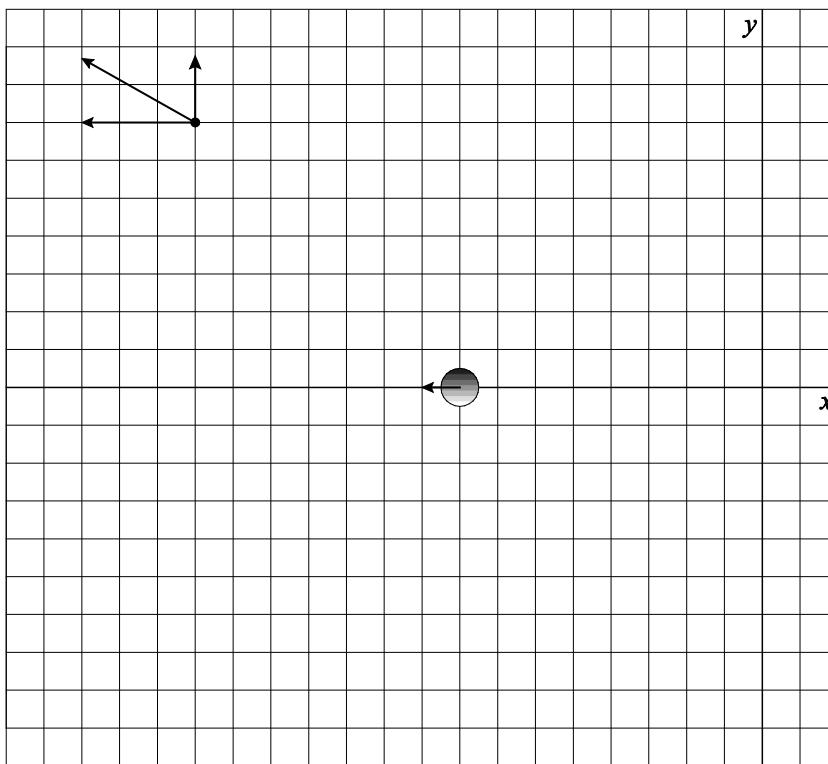
het energieverlies van Jupiter:  $\Delta E_k = \frac{1}{2} M(v_{j,na}^2 - v_{j,voor}^2)$ .

Omdat  $M \ll m$ , is er geen merkbaar verschil tussen  $v_{j,na}$  en  $v_{j,voor}$ .

- inzicht dat de (kinetische) energie behouden is 1
- inzicht dat  $M(\text{Jupiter}) \ll m(\text{verkenner})$  1

**16 maximumscore 3**

voorbeeld van een antwoord:



- inzicht dat  $\vec{v}_y$ , met als aangrijppunt de verkener in figuur 3c, identiek is aan de overeenkomstige vector in figuur 3a
- gebruik van  $v_{na,x} = 2v_j - v_{voor,x}$
- completeren van de constructie

1  
1  
1**17 maximumscore 3**

voorbeeld van een antwoord:

- $M = 1,9 \cdot 10^{27}$
- $x_j = x_j + v_j * dt$
- Op elk tijdstip is  $(x-x_j)$  de horizontale afstand tussen Jupiter en de verkener.

- inzicht dat M de massa van Jupiter is en opzoeken
- aanvullen van de modelregel voor  $x_j$  met gebruik van  $v_j$
- inzicht dat  $(x-x_j)$  de horizontale afstand tussen Jupiter en de verkener is

1  
1  
1

### 18 maximumscore 3

voorbeeld van antwoord:

Vóór de passage:  $t = 0$ :  $v_x = 1,44 \cdot 10^4 \text{ ms}^{-1}$  en  $v_y = 2,49 \cdot 10^4 \text{ ms}^{-1}$ .

Na de passage:  $t = 1,2 \cdot 10^4 \text{ s}$ :  $v_{na,x} = -4,0 \cdot 10^4 \text{ ms}^{-1}$  en  $v_{na,y} = 2,49 \cdot 10^4 \text{ ms}^{-1}$ .

Formule 1:  $v_{na,x} = 2v_j - v_x = 2 \cdot -1,3 \cdot 10^4 - 1,44 \cdot 10^3 = -4,0 \cdot 10^4 \text{ ms}^{-1}$ . Klopt!

Formule 2:  $v_{na,y} = v_{voor,y} = 2,49 \cdot 10^4 \text{ ms}^{-1}$ . Klopt!

- aflezen van snelheden in figuur 5 1
- gebruik van  $v_{na,x} = 2v_j - v_{voor,x}$  met de waarde van  $v_j$  1
- consequente conclusies met betrekking tot formules 1 en 2 1

### 19 maximumscore 3

voorbeeld van een antwoord:

De minimale waarde  $v_{\min}$  is de snelheid waarbij (de afname van) de kinetische energie waarmee het ontsnappen begint gelijk is aan de (toename van de) gravitatie-energie tijdens het ontsnappen.

Dus geldt:  $E_k = E_g$  ofwel:  $\frac{1}{2}mv_{\min}^2 = G\frac{mM}{r}$ .

Dit levert:  $\frac{1}{2}v_{\min}^2 = 2G\frac{M}{r}$ . Met  $M = M_{zon}$  wordt dit:  $v_{\min} = \sqrt{\frac{2GM_{zon}}{r}}$ .

- inzicht dat (de afname van) de kinetische energie waarmee het ontsnappen begint minstens gelijk moet zijn aan de (toename van de) gravitatie-energie 1
- gebruik van  $E_k = \frac{1}{2}mv^2$  en van  $E_g = -G\frac{mM}{r}$  1
- completeren van het antwoord 1

## 20 maximumscore 4

voorbeeld van een antwoord:

- Uit de grafiek van figuur 5 blijkt dat voor de eindsnelheid van de verkener na afloop van de passage geldt:

$$v_{\text{na}} = \sqrt{v_{\text{na},x}^2 + v_{\text{na},y}^2} = \sqrt{(4,0 \cdot 10^4)^2 + (2,49 \cdot 10^4)^2} = 4,7 \cdot 10^4 \text{ ms}^{-1}.$$

- Voor de minimale snelheid geldt:

$$v_{\min} = \sqrt{\frac{2GM_{\text{zon}}}{r}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 6,67 \cdot 10^{-11} \cdot 1,989 \cdot 10^{30}}{0,7883 \cdot 10^{12}}} = 1,83 \cdot 10^4 \text{ ms}^{-1}.$$

De verkener kan nu inderdaad uit het zonnestelsel ontsnappen.

- inzicht dat in figuur 5:  $v_{\text{na}} = \sqrt{v_{\text{na},x}^2 + v_{\text{na},y}^2}$  1
- completeren van de bepaling van  $v_{\text{na}}$  1
- opzoeken van  $r_{\text{zon-Jupiter}}$  1
- completeren van de berekening van  $v_{\min}$  en consequente conclusie 1

*Opmerkingen*

- Als de kandidaat concludeert dat de minimale snelheid kleiner is dan de eindsnelheid in de x-richting: goed rekenen.
- Bij dit antwoord een significantiefout niet aanrekenen.

## Buiging bij een enkelspleet

## 21 maximumscore 3

voorbeeld van een antwoord:

(Volgens de golftheorie is elk punt van de spleet een nieuwe bron die in alle richtingen uitzendt.) In punt A komt licht van de ene kant van de spleet en van de andere kant van de spleet. Er treedt een verschil in weglengte op, waardoor een faseverschil  $\Delta\phi = \frac{1}{2}\lambda$  optreedt. Dit geeft destructieve interferentie.

- inzicht dat er weglengteverschil optreedt 1
- constateren dat  $\Delta x = \frac{1}{2}\lambda$  of dat  $\Delta\phi = \frac{1}{2}$  1
- inzicht dat destructieve interferentie optreedt 1

## 22 maximumscore 3

uitkomst:  $\alpha = 0,728^\circ$

voorbeeld van een berekening:

Uit figuur 3 volgt:  $\sin \alpha = \frac{p_x}{p}$ .

Er geldt:  $\lambda = \frac{h}{p}$ . Dit levert:  $p = \frac{h}{\lambda} = \frac{6,626 \cdot 10^{-34}}{632,8 \cdot 10^{-9}} = 1,047 \cdot 10^{-27} \text{ kg ms}^{-1}$ .

Invullen levert:  $\sin \alpha = \frac{1,33 \cdot 10^{-29}}{1,047 \cdot 10^{-27}} = 0,0127$ . Dit levert:  $\alpha = 0,728^\circ$ .

- inzicht dat  $\sin \alpha = \frac{p_x}{p}$  1
- gebruik van  $\lambda = \frac{h}{p}$  1
- completeren van de berekening 1

## 23 maximumscore 4

voorbeeld van een antwoord:

- Er geldt:  $\Delta x \Delta p \geq \frac{h}{4\pi}$ . Dit levert  $\Delta x \geq \frac{h}{4\pi \Delta p}$ .

Dus geldt voor de minimale waarde van  $\Delta x$ :

$$\Delta x = \frac{6,626 \cdot 10^{-34}}{4\pi \cdot 1,33 \cdot 10^{-29}} = 3,96 \cdot 10^{-6} \text{ m.}$$

- De onbepaaldheid  $\Delta p$  voor de  $x$ -richting van de impuls ontstaat in de spleet. Deze waarde  $\Delta x$  heeft dus betrekking op de breedte van die spleet en niet op de afstand AB.
- Een kleinere spleetbreedte komt overeen met een kleinere  $\Delta x$ . Dit levert een grotere  $\Delta p$ , dus een grotere hoek  $\alpha$ , dus een grotere afstand AB.

- gebruik van  $\Delta x \Delta p \geq \frac{h}{4\pi}$  1
- completeren van de berekening 1
- conclusie dat  $\Delta x$  betrekking heeft op de spleetbreedte 1
- inzicht dat een grotere  $\Delta p$  ontstaat die overeenkomt met een grotere afstand AB 1

## Draadbreuk

### 24 maximumscore 2

voorbeeld van een uitleg:

Fons heeft ongelijk: bij gelijke lengte en kopermassa moet ook de totale doorsnede gelijk zijn:  $nA_{\text{draadje}} = A_{\text{massief}}$ .

Hierdoor blijft ook de weerstand gelijk.

- inzicht dat  $nA_{\text{draadje}} = A_{\text{massief}}$
- conclusie

1  
1

### 25 maximumscore 6

uitkomsten:  $R = 7,2 \cdot 10^{-2} \Omega$  en  $U_{\max} = 61 \text{ mV}$

voorbeeld van de berekeningen:

- Voor de weerstand van één draadje geldt:

$$R = \frac{\rho \ell}{A} = \frac{17 \cdot 10^{-9} \cdot 1,0}{\frac{1}{4}\pi(0,10 \cdot 10^{-3})^2} = 2,16 \Omega.$$

Voor de samengestelde draad bestaande uit 30 parallelle draadjes wordt

$$\text{de weerstand } R = \frac{2,16}{30} = 7,2 \cdot 10^{-2} \Omega.$$

- De maximale stroomdichtheid is:  $3,6 \text{ A mm}^{-2}$ .

Voor de maximale stroomsterkte door de samengestelde draad geldt:

$$I_{\max} = 3,6 \cdot 30 \cdot \frac{1}{4}\pi \cdot 0,10^2 = 0,85 \text{ A.}$$

Uit de wet van Ohm volgt dan:

$$U_{\max} = I_{\max} R = 0,85 \cdot 7,2 \cdot 10^{-2} = 6,1 \cdot 10^{-2} = 61 \text{ mV.}$$

- gebruik van  $R = \frac{\rho \ell}{A}$  en opzoeken van  $\rho$
- inzicht dat  $R_{\text{hele draad}} = \frac{1}{30} R_{\text{draadje}}$
- completeren van de berekening van de weerstand van de samengestelde draad
- inzicht dat  $I_{\max} = A (\text{mm}^2) \cdot 3,6$
- gebruik van  $U = IR$
- completeren van de berekening van de maximale spanning

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

## 26 maximumscore 2

voorbeeld van een uitleg:

Als  $x$  de afstand is waarover de draadjes doorgeknip worden, staan er 30 parallelle draden met lengte  $(\ell - x)$  in serie met  $(30 - n)$  draden met

lengte  $x$ . Omdat  $x$  relatief klein is, blijft de geleiding nagenoeg gelijk tot de laatste draad wordt doorgeknip en de geleiding nul wordt.

Diagram a geeft deze situatie het best weer.

- inzicht dat de geleidbaarheid uiteindelijk naar nul gaat 1
- inzicht dat er een serieschakeling ontstaat van een iets kortere lengte van de oorspronkelijke draad en de overgebleven draadjes en keuze van het diagram 1

*Opmerking*

*Als een keuze zonder uitleg gegeven is: geen scorepunten toekennen.*

## 27 maximumscore 2

De grootte van één atoom ligt in de orde van een nanometer. Dus c is de beste schatting

- inzicht in de orde van grootte van één atoom 1
- consequente conclusie 1

## 5 Inzenden scores

---

Verwerk de scores van alle kandidaten per examinator in het programma WOLF.

Zend de gegevens uiterlijk op 28 juni naar Cito.

## **natuurkunde**

Het correctievoorschrift bestaat uit:

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

## **1 Regels voor de beoordeling**

Het werk van de kandidaten wordt beoordeeld met inachtneming van de artikelen 41 en 42 van het Eindexamenbesluit VO.

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

Voor de beoordeling zijn de volgende aspecten van de artikelen 36, 41, 41a en 42 van het Eindexamenbesluit VO 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 examinator. Deze kijkt het werk na en zendt het met zijn beoordeling aan de directeur. De examinator past de beoordelingsnormen en de regels voor het toekennen van scorepunten toe die zijn gegeven door het College voor Toetsen en Examens.
- 2 De directeur doet de van de examinator 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 directeur van de school van de gecommitteerde toekomen. Deze stelt het ter hand aan de gecommitteerde.

- 3 De gecommitteerde 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 Toetsen en Examens.  
De gecommitteerde voegt bij het gecorrigeerde werk een verklaring betreffende de verrichte correctie. Deze verklaring wordt mede ondertekend door het bevoegd gezag van de gecommitteerde.
- 4 De examinator en de gecommitteerde stellen in onderling overleg het behaalde aantal scorepunten voor het centraal examen vast.
- 5 Indien de examinator en de gecommitteerde daarbij niet tot overeenstemming komen, wordt het geschil voorgelegd aan het bevoegd gezag van de gecommitteerde. Dit bevoegd gezag kan hierover in overleg treden met het bevoegd gezag van de examinator. Indien het geschil niet kan worden beslecht, wordt hiervan melding gemaakt aan de inspectie. De inspectie kan een derde onafhankelijke corrector aanwijzen. De beoordeling van deze derde corrector 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 Toetsen en Examens van toepassing:

- 1 De examinator 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 examinator en door de gecommitteerde scorepunten toegekend, in overeenstemming met het bij de toets behorende correctievoorschrift. 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 examinator 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 Toetsen en 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 met inachtneming van het correctievoorschrift 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 Toetsen en 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 Toetsen en 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

Als het werk al naar de tweede corrector is gezonden, past de tweede corrector deze aanvulling op het correctievoorschrift toe.

Een onvolkomenheid kan ook op een tijdstip geconstateerd worden dat een aanvulling op het correctievoorschrift te laat zou komen.

In dat geval houdt het College voor Toetsen en Examens bij de vaststelling van de N-term rekening met de onvolkomenheid.

### 3 Vakspecifieke regels

---

Voor dit examen kunnen maximaal 73 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 grootheid.

## 4 Beoordelingsmodel

Vraag

Antwoord

Scores

### Zonvolgsysteem

#### 1 maximumscore 2

voorbeeld van een antwoord:

De twee parallelle takken ABD en ACD zijn identiek. Dus staat er geen spanning over de motor en loopt er geen stroom door de motor.

- inzicht dat beide parallelle takken identiek zijn / inzicht in de symmetrie van de schakeling 1
- inzicht dat  $U_{AB} = U_{AC}$  of  $U_{DB} = U_{DC}$  1

#### 2 maximumscore 3

uitkomst: verlichtingssterkte  $E = 39 \cdot 10^3$  lux (met een marge van  $2 \cdot 10^3$  lux)

voorbeelden van een bepaling:

methode 1

Omdat door de hoofdkring een stroom loopt van 100 mA, loopt door elke tak een stroom van 50 mA. Voor elke tak geldt:  $U_T = I_T R_T$ .

Invullen levert:  $7,5 = 50 \cdot 10^{-3} R_T$ .

Dit geeft:  $R_T = 150 \Omega$ .

Er geldt:  $R_T = R_l + R_{LDR}$ .

Dit levert:  $R_{LDR} = 100 \Omega = 0,10 \text{ k}\Omega$ .

Aflezen in figuur 3 geeft: verlichtingssterkte  $E = 39 \cdot 10^3$  lux.

- gebruik van  $U = IR$  met  $I_{LDR} = \frac{1}{2} I_{\text{bron}}$  1
- inzicht dat  $R_T = R_l + R_{LDR}$  1
- completeren van de bepaling 1

of

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

**methode 2**

Omdat door de hoofdkring een stroom loopt van 100 mA, loopt door elke tak een stroom van 50 mA.

$$\text{Voor weerstand } R_1 \text{ geldt: } U_{R_1} = I_{R_1} R_1 = 50 \cdot 10^{-3} \cdot 50 = 2,5 \text{ V.}$$

$$\text{Dan geldt voor LDR}_1: U_{\text{LDR}} = U - U_{R_1} = 7,5 - 2,5 = 5,0 \text{ V.}$$

$$\text{Dan geldt: } R_{\text{LDR}} = \frac{U_{\text{LDR}}}{I} = \frac{5,0}{50 \cdot 10^{-3}} = 100 \Omega = 0,10 \text{ k}\Omega.$$

Aflezen in figuur 3 geeft: verlichtingssterkte  $E = 39 \cdot 10^3$  lux.

- gebruik van  $U = IR$  met  $I_{\text{LDR}} = \frac{1}{2} I_{\text{bron}}$  1
- inzicht dat  $U_T = U_1 + U_{\text{LDR}}$  1
- completeren van de bepaling 1

**3 maximumscore 3**

voorbeelden van een antwoord:

**methode 1**

Als er minder licht op LDR<sub>2</sub> valt, neemt de weerstand van LDR<sub>2</sub> toe (en dus neemt  $U_{AC}$  af). Er geldt dus:  $U_{BD} < U_{CD}$ , (oftewel  $U_{AB} > U_{AC}$ .) (Dus geldt:  $U_{BC} < 0$ .) Dus loopt de stroom van punt C naar punt B.

- inzicht dat bij minder licht de weerstand van LDR<sub>2</sub> groter wordt 1
- inzicht dat  $U_{BD} < U_{CD}$  1
- completeren van de uitleg 1

of

**methode 2**

Als er minder licht op LDR<sub>2</sub> valt, neemt de weerstand van LDR<sub>2</sub> toe en dus ook  $U_{\text{LDR}_2}$ . Voor de kring BCDB geldt:  $U_{BC} + U_{\text{LDR}_1} + U_{\text{LDR}_2} = 0$ .

Aangezien nu geldt:  $|U_{\text{LDR}_1}| < |U_{\text{LDR}_2}|$  en de tekens van die spanningen tegengesteld zijn, geldt  $U_{BC} < 0$ .

Dus loopt de stroom van punt C naar punt B.

- inzicht dat bij minder licht de weerstand van LDR<sub>2</sub> groter wordt 1
- toepassen van de spanningswet van Kirchhof op kring BCDB 1
- completeren van de uitleg 1

*Opmerking*

*Aan een redenering die er (implicit) van uitgaat dat  $I_{AB} = I_{AC}$ , het tweede en derde scorepunt beide niet toekennen.*

## Cessna

### 4 maximumscore 5

uitkomst:  $\alpha = 7,8^\circ$

voorbeeld van een berekening:

In verticale richting geldt:  $F_{\text{lift}} = F_z = mg = 710 \cdot 9,81 = 6,965 \cdot 10^3 \text{ N}$ .

De motorkracht kan berekend worden met behulp van het vermogen:

$$P_m = 0,70 \cdot 100 \text{ pk} = 0,70 \cdot 100 \cdot 7,457 \cdot 10^2 = 5,220 \cdot 10^4 \text{ W}$$

$$\text{Er geldt: } P_m = F_m v. \text{ Dus geldt: } F_m = \frac{P_m}{v} = \frac{5,220 \cdot 10^4}{55} = 9,49 \cdot 10^2 \text{ N.}$$

$$\text{In de horizontale richting geldt: } F_{w,\text{lucht}} = F_m = 9,49 \cdot 10^2 \text{ N.}$$

$$\text{Voor hoek } \alpha \text{ geldt: } \tan \alpha = \frac{F_{w,\text{lucht}}}{F_{\text{lift}}} = \frac{9,49 \cdot 10^2}{6,965 \cdot 10^3} = 0,136.$$

Hieruit volgt:  $\alpha = 7,8^\circ$ .

- inzicht dat  $F_{\text{lift}} = F_z = mg$  1
- omrekenen van pk naar W en toepassen van de factor 0,70 1
- inzicht dat  $P = F_m v$  met  $F_m = F_{w,\text{lucht}}$  1
- inzicht dat  $\tan \alpha = \frac{F_{w,\text{lucht}}}{F_{\text{lift}}}$  1
- completeren van de berekening 1

#### *Opmerking*

*Als het vermogen in pk als kracht gebruikt wordt, het derde en vijfde scorepunt niet toekennen.*

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

### 5 maximumscore 3

voorbeeld van een antwoord:

$$F_{\text{lift}} = \frac{1}{2} \rho A_{\text{vleugel}} C_{\text{lift}} v^2 \text{ geeft: } C_{\text{lift}} = \frac{2F_{\text{lift}}}{\rho A_{\text{vleugel}} v^2}$$

$$\text{Dus geldt: } [C_{\text{lift}}] = \frac{[F_{\text{lift}}]}{[\rho] \cdot [A_{\text{vleugel}}] \cdot [v]^2}.$$

$$\text{Ofwel: } [C_{\text{lift}}] = \frac{\text{N}}{\text{kg m}^{-3} \cdot \text{m}^2 \cdot (\text{m s}^{-1})^2} = \frac{\text{N}}{\text{kg m s}^{-2}} = \frac{\text{kg m s}^{-2}}{\text{kg m s}^{-2}} = 1.$$

Dus  $C_{\text{lift}}$  heeft geen eenheid / heeft de eenheid 1.

- invullen van de eenheden van de grootheden in de formule 1
- inzicht dat geldt  $\text{N} = \text{kg m s}^{-2}$  1
- completeren van het antwoord en consequente conclusie 1

*Opmerking*

*Als een kandidaat het tweede scorepunt niet behaalt, mag het derde scorepunt niet toegekend worden.*

## 6 maximumscore 4

uitkomst:  $C_{\text{lift}} = 0,26$

voorbeeld van een bepaling:

De vleugeloppervlakte in  $\text{cm}^2$  van de Cessna kan geschat worden aan de hand van de figuur op de uitwerkbijlage:  $A_{\text{vleugel}} \approx 2 \cdot 5,5 \cdot 2,1 = 23 \text{ cm}^2$ .

De spanwijdte van 10,7 m komt overeen met een lengte in de figuur van 13,9 cm.

1,0 m in werkelijkheid komt dus overeen met  $\frac{13,9}{10,7} = 1,30 \text{ cm}$  in de figuur.

Dus 1  $\text{m}^2$  in werkelijkheid komt overeen met  $1 \cdot 1,3^2 = 1,69 \text{ cm}^2$ .

Dus geldt voor de vleugeloppervlakte:  $A_{\text{vleugel}} = \frac{23}{1,69} = 13,6 \text{ m}^2$ .

In verticale richting geldt:  $F_{\text{lift}} = F_z = mg = 710 \cdot 9,81 = 6,97 \cdot 10^3 \text{ N}$ .

Voor de liftcoëfficiënt geldt dan:

$$C_{\text{lift}} = \frac{2F_{\text{lift}}}{\rho A_{\text{vleugel}} v^2} = \frac{2 \cdot 6,97 \cdot 10^3}{1,293 \cdot 13,6 \cdot 55,0^2} = 0,26.$$

- gebruik van  $F_{\text{lift}} = \frac{1}{2} \rho A_{\text{vleugel}} C_{\text{lift}} v^2$  met  $1,2 \text{ kg m}^{-3} < \rho < 1,4 \text{ kg m}^{-3}$  1
- schatten van de vleugeloppervlakte op de uitwerkbijlage tussen 20  $\text{cm}^2$  en 26  $\text{cm}^2$  1
- gebruik van de schaalfactor 1
- completeren van de bepaling 1

### Opmerkingen

- Het gebruik van de schaalfactor mag impliciet gebeuren.
- Als een fout gemaakt wordt in de eenheid van  $C_{\text{lift}}$ : niet aanrekenen.
- Als de vleugeloppervlakte in drie significante cijfers is bepaald en de uitkomst in vier significante cijfers is gegeven: goed rekenen.
- Als de lengte van het zijaanzicht met het staartstuk is bepaald en dit leidt tot een andere uitkomst: niet aanrekenen.

**7 maximumscore 3**

voorbeeld van een antwoord:

De twee gegeven krachten geven een resulterende kracht (die schuin naar beneden gericht is).

De horizontale component van de resulterende kracht treedt op als middelpuntzoekende kracht (waardoor het vliegtuig een bocht maakt / in een cirkelbeweging komt).

De verticale component van de resulterende kracht zorgt ervoor dat het vliegtuig daalt.

- inzicht dat er een resulterende kracht is 1
- inzicht dat de horizontale component hiervan optreedt als middelpuntzoekende kracht / zorgt dat het vliegtuig een bocht maakt 1
- inzicht dat de verticale component zorgt dat het vliegtuig hoogte verliest 1

*Opmerking*

*De term ‘middelpuntzoekende kracht’ hoeft niet per se genoemd te worden.*

**8 maximumscore 2**

voorbeeld van een antwoord:

$$Ek = Ek + Pnetto \cdot dt$$

- inzicht dat Ek verandert met  $Pnetto \cdot dt$  1
- inzicht dat Ek toeneemt 1

**9 maximumscore 3**

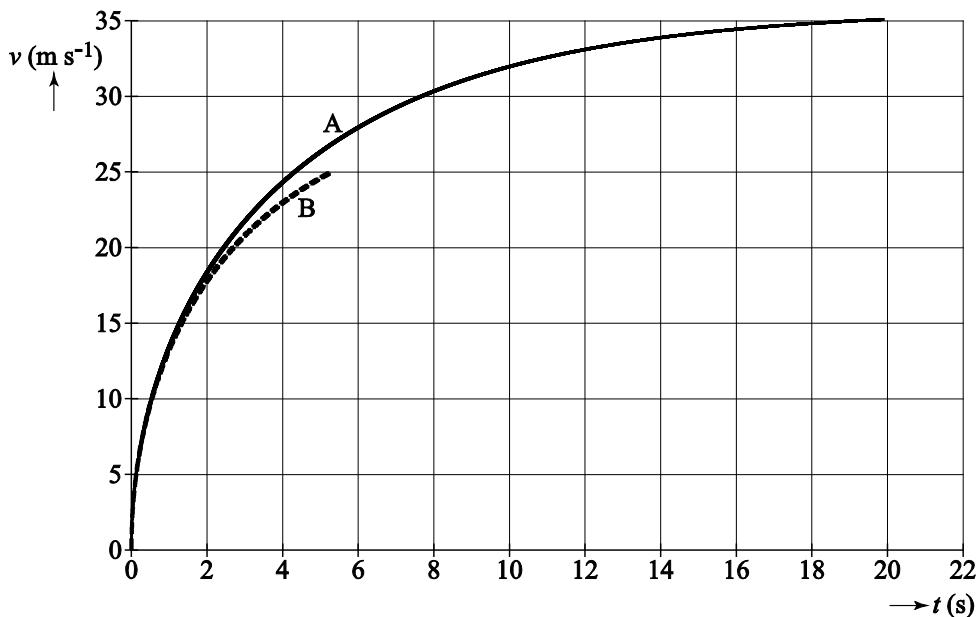
voorbeeld van een antwoord:

- Er moet gerekend worden met de snelheid van het vliegtuig ten opzichte van lucht.
- De windsnelheid  $v_{wind}$  in het model is positief gekozen. De factor  $(v - v_{wind})$  zal dientengevolge kleiner zijn (dan zonder wind). (Dus is de snelheid van het vliegtuig ten opzichte van de wind kleiner / de grootte van de (lucht)wrijvingskracht en/of de liftkracht kleiner.)  
Dus is er sprake van meewind.

- inzicht dat er sprake is van de snelheid van het vliegtuig ten opzichte van lucht 1
- inzicht dat de factor  $(v - v_{wind})$  kleiner wordt 1
- consequente conclusie 1

**10 maximumscore 3**

voorbeeld van een antwoord:



- de grafiek begint bij  $v = 0 \text{ ms}^{-1}$  en eindigt bij  $v = 25 \text{ ms}^{-1}$  (met een marge van  $1 \text{ ms}^{-1}$ ) 1
- de grafiek begint bij  $t = 0 \text{ s}$  en eindigt bij  $t = 5,4 \text{ s}$  (met een marge van  $0,2 \text{ s}$ ) 1
- de grafiek loopt onder grafiek A met dezelfde vorm 1

**Sirius B als Quantumssysteem****11 maximumscore 2**uitkomst:  $T = 2,52 \cdot 10^4 \text{ K}$ 

voorbeeld van een berekening:

$$\lambda_{\max} T = k_W \rightarrow 115 \cdot 10^{-9} T = 2,898 \cdot 10^{-3} \rightarrow T = 2,52 \cdot 10^4 \text{ K.}$$

- gebruik van  $\lambda_{\max} T = k_W$  1
- completeren van de berekening 1

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

## 12 maximumscore 3

voorbeeld van een antwoord:

- Er zijn bij alle genoemde kernen evenveel protonen als neutronen (en bij elk proton hoort één elektron.)
- (De massa van een elektron is te verwaarlozen ten opzichte van de massa van een kerndeeltje.)

$$\text{Er geldt dan: } N_e = \frac{M_{\text{zon}}}{m_p + m_n} = \frac{2 \cdot 10^{30}}{2 \cdot 1,67 \cdot 10^{-27}} \approx 6 \cdot 10^{56}.$$

- inzicht dat alle betrokken kernen evenveel protonen als neutronen hebben 1
- inzicht dat  $N_e = \frac{M_{\text{zon}}}{m_p + m_n}$  en opzoeken van de massa van de zon 1
- completeren van de berekening 1

*Opmerking*

*Als de berekening is geëindigd met de uitkomst  $10^{57}$ : goed rekenen.*

## 13 maximumscore 2

voorbeeld van een antwoord:

$$\text{Er geldt: } V = N_e d^3 \rightarrow 8,1 \cdot 10^{20} = 6 \cdot 10^{56} \cdot d^3 \rightarrow d = 1 \cdot 10^{-12} \text{ m.}$$

- inzicht dat  $V = N_e d^3$  1
- completeren van de berekening 1

#### 14 maximumscore 4

voorbeeld van een antwoord:

- In de lengte  $L$  van de energieput past een geheel aantal halve golflengtes. Dus geldt:  $L = n \frac{1}{2} \lambda$ . Omschrijven levert de gegeven formule.
- Invullen levert:  $\lambda_{B,\min} = \frac{2L}{n_{\max}} = \frac{2 \cdot 5,8 \cdot 10^6}{8,4 \cdot 10^{18}} = 1,4 \cdot 10^{-12}$  m.
- Deze minimale debroglie-golflengte is in de orde van grootte van de onderlinge afstand  $d = 1 \cdot 10^{-12}$  m. (Dus zijn er quantumeffecten door overlap van golven.)
- inzicht dat in de lengte  $L$  van de energieput een geheel aantal halve golflengtes past 1
- gebruik van  $\lambda_B = \frac{2L}{n}$  met  $n = n_{\max}$  1
- completeren van de berekening 1
- constatering dat de minimale debroglie-golflengte in de orde van grootte van de onderlinge afstand is 1

*Opmerking*

*In deze vraag hoeft uiteraard geen rekening gehouden te worden met significantie.*

#### 15 maximumscore 3

voorbeeld van antwoord:

- (Er geldt:  $E_n = n^2 \frac{\hbar^2}{8mL^2}$ .) De energie van elk niveau en daarmee de som van alle energieën neemt toe als  $L$  afneemt.
- Als de ster door de gravitatie-energie  $E_g$  zou krimpen, wordt  $L$  kleiner en daarmee neemt  $E_{k,Q}$  toe. Hierdoor zal de ster zich (steeds meer) verzetten tegen ineenstorting.
- De meest stabiele (evenwichts)situatie zal optreden bij het minimum van de totale energie  $E_{\text{tot}}$ .

Dit is bij een straal van  $6 \cdot 10^6$  m (met een marge van  $1 \cdot 10^6$  m).

- inzicht dat de energieën in een energieput toenemen als de afmetingen van de energieput kleiner worden 1
- inzicht dat de ster zich verzet tegen ineenstorting door toenemende  $E_{k,Q}$  1
- aflezen van de straal bij het minimum van  $E_{\text{tot}}$  1

## Protonenweegschaal?

### 16 maximumscore 3

uitkomst:  $v = 558 \text{ m s}^{-1}$

voorbeeld van een bepaling:

In de grondfrequentie geldt:  $\ell = \frac{1}{2}\lambda$ .

Hieruit volgt voor de golflengte:  $\lambda = 2\ell = 2 \cdot 150 \cdot 10^{-9} = 300 \cdot 10^{-9} \text{ m}$ .

Voor de golfsnelheid geldt dan:  $v = \lambda f = 300 \cdot 10^{-9} \cdot 1,86 \cdot 10^9 = 558 \text{ m s}^{-1}$ .

- inzicht dat in de grondfrequentie geldt:  $\ell = \frac{1}{2}\lambda$  1
- gebruik van  $v = \lambda f$  1
- completeren van de bepaling 1

### 17 maximumscore 3

voorbeeld van een antwoord:

- De afname in resonantiefrequentie blijkt uit het minteken in de formule.
- De resonantiefrequentie neemt af. De golflengte in het nanobuisje verandert niet (de lengte van het nanobuisje blijft immers gelijk). Dus zal de golfsnelheid afnemen.
- inzicht dat de afname blijkt uit het minteken in de formule 1
- inzicht dat de golflengte constant blijft 1
- completeren van het antwoord 1

### 18 maximumscore 4

voorbeeld van een antwoord:

Voor de massa van een naftaleenmolecuul geldt:

$$m_{C_{10}H_8} = 128 \cdot 1,66 \cdot 10^{-27} = 2,12 \cdot 10^{-25} \text{ kg.}$$

Invullen in de formule levert:

$$\Delta f = \frac{-\Delta m}{2m_{\text{nano}}} \cdot f_0 = \frac{-5 \cdot 2,12 \cdot 10^{-25}}{2 \cdot 6,2 \cdot 10^{-22}} \cdot 1,86 \cdot 10^9 = -1,6 \cdot 10^6 \text{ Hz.}$$

Dit komt overeen met de waarde in de grafiek op  $t = 8,8 \text{ s}$ .

- gebruik van  $\Delta f = \frac{-\Delta m}{2m_{\text{nano}}} \cdot f_0$  1
- omrekenen van de massa van het molecuul van u naar kg 1
- completeren van de berekening 1
- aflezen van de grafiek en consequente conclusie 1

*Opmerking*

*In deze vraag hoeft uiteraard geen rekening gehouden te worden met significantie.*

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

### 19 maximumscore 2

voorbeeld van een antwoord:

In figuur 5 is te zien dat de frequentieverandering afhankelijk is van de plaats waar het naftaleenmolecuul vasthecht op het nanobuisje. Als dit meer bij de uiteinden van het buisje plaatsvindt, zal  $\Delta f$  kleiner zijn.

- inzicht in de betekenis van figuur 5 1
- inzicht dat de moleculen op verschillende plaatsen op het buisje vasthechten 1

### 20 maximumscore 3

voorbeeld van een antwoord:

De massa van een proton is een factor 128 kleiner dan de massa van een naftaleenmolecuul. Dus is  $\Delta f$  ook dezelfde factor kleiner.

Dit geeft voor  $\Delta f$  van één proton:  $\Delta f = \frac{-3,2 \cdot 10^5}{128} = -2,5 \cdot 10^3$  Hz.

Deze  $\Delta f$  is (veel) kleiner dan de ruis (variatie) in de frequentieverandering. De massa van één enkel proton is dus niet meetbaar.

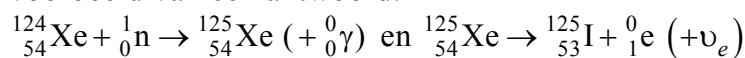
- inzicht dat in de formule voor  $\Delta m$  de protonmassa gebruikt moet worden 1
- inzicht dat  $\Delta f$  een factor 128 kleiner wordt / berekenen van  $\Delta f$  voor één proton 1
- vergelijken van deze frequentieverandering met de ruis en conclusie 1

## Inwendige bestraling

---

### 21 maximumscore 3

voorbeeld van een antwoord:



- inzicht dat bij de eerste reactie het neutron links van de pijl staat en dat Xe-125 (met een gammafoton) gevormd wordt 1
- de tweede reactie met I-125 als eindproduct 1
- kloppende reactievergelijkingen 1

*Opmerking*

*Als de tweede reactievergelijking met K-vangst opgesteld is: goed rekenen.*

**22 maximumscore 5**

uitkomst:  $m = 2,9 \cdot 10^{-11}$  (kg)

voorbeelden van een berekening:

methode 1

Er geldt:  $A = \frac{\ln 2}{t_{\frac{1}{2}}} N$ . Voor I-125 geldt:  $t_{\frac{1}{2}} = 59$  dag.

Invullen levert:  $17 \cdot 10^6 = \frac{\ln 2}{59 \cdot 24 \cdot 3600} N \rightarrow N = 1,25 \cdot 10^{14}$ .

Er geldt:  $N = N_0 \cdot \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{t_{\frac{1}{2}}}} \rightarrow 1,25 \cdot 10^{14} = N_0 \cdot \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{10}{59}} \rightarrow N_0 = 1,41 \cdot 10^{14}$ .

Dan geldt:  $m = N_0 \cdot M = 1,41 \cdot 10^{14} \cdot 124,9 \cdot 1,66 \cdot 10^{-27} = 2,9 \cdot 10^{-11}$  kg.

of

methode 2

Er geldt:  $A = A_0 \cdot \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{t_{\frac{1}{2}}}}$ . Voor I-125 geldt:  $t_{\frac{1}{2}} = 59$  dag.

Invullen levert:  $A = A_0 \cdot \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{t_{\frac{1}{2}}}} \rightarrow 17 \cdot 10^6 = A_0 \cdot \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{10}{59}} \rightarrow A_0 = 19,1 \cdot 10^6$ .

Er geldt:  $A = \frac{\ln 2}{t_{\frac{1}{2}}} N$ .

Invullen levert:  $19,1 \cdot 10^6 = \frac{\ln 2}{59 \cdot 24 \cdot 3600} N_0 \rightarrow N_0 = 1,41 \cdot 10^{14}$ .

Dan geldt:  $m = N_0 \cdot M = 1,41 \cdot 10^{14} \cdot 124,9 \cdot 1,66 \cdot 10^{-27} = 2,9 \cdot 10^{-11}$  kg.

- gebruik van  $A = \frac{\ln 2}{t_{\frac{1}{2}}} N$  1
- gebruik van  $N = N_0 \cdot \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{t_{\frac{1}{2}}}}$  of  $A = A_0 \cdot \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{t_{\frac{1}{2}}}}$  1
- de halveringstijd van I-125 in s 1
- inzicht dat  $m = N_0 \cdot M$  1
- completeren van de berekening 1

*Opmerkingen*

- Voor de massa van I-125 mag ook 125 u gebruikt worden.
- Als een kandidaat het aantal deeltjes en de activiteit aan elkaar gelijkstelt, vervallen de eerste en de laatste deelscore.

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

### 23 maximumscore 2

voorbeelden van een antwoord:

methode 1

De activiteit is evenredig met de dosistename per eenheid van tijd, en dus met de afgeleide van de gegeven grafiek. Na één jaar is deze afgeleide, en dus ook de activiteit, vrijwel nul. Theo heeft gelijk.

- inzicht dat de activiteit evenredig is met de afgeleide van de grafiek 1
- consequente conclusie 1

of

methode 2

Na ongeveer een jaar is kennelijk alle energie door de tumor geabsorbeerd. Dit houdt in dat de bron de activiteit verloren heeft. Theo heeft gelijk.

- inzicht dat na ongeveer een jaar vrijwel alle energie geabsorbeerd is 1
- consequente conclusie 1

### 24 maximumscore 1

voorbeelden van een antwoord:

- Op korte afstand bepaalt de plaatsing van de losse naaldjes de vorm van de isodoselijnen.
- Op grote afstand bepaalt het totaal van de naaldjes de vorm van de isodoselijnen.

inzicht dat op korte afstand de exacte plaatsing van de staafjes het patroon bepaalt / dat op grote afstand het totaal van de naaldjes het patroon bepaalt 1

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

## 25 maximumscore 2

antwoord:

naam	uitspraak	gelijk	ongelijk
Erik	zegt dat de stralingsintensiteit van binnen naar buiten afneemt zowel vanwege de kwadratenwet als door absorptie in het weefsel.	X	
Myrthe	stelt dat de niet-geabsorbeerde fotonen geen schade aan de tumor toebrengen.	X	
Frank	zegt dat de tumor nog steeds radioactief is ten gevolge van I-125, ook als dat helemaal vervallen is.		X

indien drie rijen juist	2
indien twee rijen juist	1
indien minder dan twee rijen juist	0

## 5 Aanleveren scores

Verwerk de scores van de alfabetisch eerste vijf kandidaten per examinator in de applicatie Wolf. Accordeer deze gegevens voor Cito uiterlijk op 23 mei.

Ook na 23 mei kunt u nog tot 14 juni gegevens voor Cito accorderen. Alle gegevens die vóór 14 juni zijn geaccordeerd, worden meegenomen bij het genereren van de groepsrapportage.

Na accordering voor Cito kunt u in de webbased versie van Wolf de gegevens nog wijzigen om ze vervolgens vrij te geven voor het overleg met de externe corrector. Deze optie is relevant als u Wolf ook gebruikt voor uitwisseling van de gegevens met de externe corrector.

### tweede tijdvak

Ook in het tweede tijdvak wordt de normering mede gebaseerd op door kandidaten behaalde scores. Wissel te zijner tijd ook voor al uw tweede-tijdvak-kandidaten de scores uit met Cito via Wolf.

## **natuurkunde**

Het correctievoorschrift bestaat uit:

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

## **1 Regels voor de beoordeling**

Het werk van de kandidaten wordt beoordeeld met inachtneming van de artikelen 41 en 42 van het Eindexamenbesluit VO.

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

Voor de beoordeling zijn de volgende aspecten van de artikelen 36, 41, 41a en 42 van het Eindexamenbesluit VO 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 examinator. Deze kijkt het werk na en zendt het met zijn beoordeling aan de directeur. De examinator past de beoordelingsnormen en de regels voor het toekennen van scorepunten toe die zijn gegeven door het College voor Toetsen en Examens.
- 2 De directeur doet de van de examinator 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 directeur van de school van de gecommitteerde toekomen. Deze stelt het ter hand aan de gecommitteerde.

- 3 De gecommitteerde 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 Toetsen en Examens.  
De gecommitteerde voegt bij het gecorrigeerde werk een verklaring betreffende de verrichte correctie. Deze verklaring wordt mede ondertekend door het bevoegd gezag van de gecommitteerde.
- 4 De examinator en de gecommitteerde stellen in onderling overleg het behaalde aantal scorepunten voor het centraal examen vast.
- 5 Indien de examinator en de gecommitteerde daarbij niet tot overeenstemming komen, wordt het geschil voorgelegd aan het bevoegd gezag van de gecommitteerde. Dit bevoegd gezag kan hierover in overleg treden met het bevoegd gezag van de examinator. Indien het geschil niet kan worden beslecht, wordt hiervan melding gemaakt aan de inspectie. De inspectie kan een derde onafhankelijke corrector aanwijzen. De beoordeling van deze derde corrector 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 Toetsen en Examens van toepassing:

- 1 De examinator 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 examinator en door de gecommitteerde scorepunten toegekend, in overeenstemming met het bij de toets behorende correctievoorschrift. 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 examinator 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 Toetsen en 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 met inachtneming van het correctievoorschrift 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 Toetsen en 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 Toetsen en 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

Als het werk al naar de tweede corrector is gezonden, past de tweede corrector deze aanvulling op het correctievoorschrift toe.

Een onvolkomenheid kan ook op een tijdstip geconstateerd worden dat een aanvulling op het correctievoorschrift te laat zou komen.

In dat geval houdt het College voor Toetsen en Examens bij de vaststelling van de N-term rekening met de onvolkomenheid.

### 3 Vakspecifieke regels

---

Voor dit examen kunnen maximaal 75 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 grootheid.

## 4 Beoordelingsmodel

Vraag

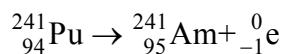
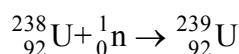
Antwoord

Scores

### Rookmelder

#### 1 maximumscore 3

voorbeeld van een antwoord:



- inzicht dat in de eerste reactie een neutron links van de pijl staat 1
- inzicht dat in de tweede reactie een elektron rechts van de pijl staat 1
- elementsymbolen juist en massagetallen en nucleonen links en rechts gelijk in beide vergelijkingen 1

#### 2 maximumscore 4

uitkomst:  $m = 2,9 \cdot 10^{-10}$  kg

voorbeeld van een berekening:

$$\text{Er geldt: } A = \frac{\ln 2}{t_{\frac{1}{2}}} N.$$

$$\text{Invullen levert: } 37 \cdot 10^3 = \frac{\ln 2}{432 \cdot 365 \cdot 24 \cdot 3600} N.$$

Dit levert:  $N = 7,27 \cdot 10^{14}$  deeltjes.

$$\text{Dan volgt: } m = N \cdot 241 \cdot u = 7,27 \cdot 10^{14} \cdot 241 \cdot 1,66 \cdot 10^{-27} = 2,9 \cdot 10^{-10} \text{ kg.}$$

- gebruik van  $A = \frac{\ln 2}{t_{\frac{1}{2}}} N$  1
- opzoeken van de halveringstijd 1
- inzicht dat  $m = N \cdot 241 \cdot u$  1
- completeren van de berekening 1

### 3 maximumscore 3

uitkomst:  $I = 9,8 \cdot 10^{-10} \text{ A}$

voorbeeld van een berekening:

Per seconde ontstaan  $37 \cdot 10^3$  deeltjes. Elk deeltje heeft een energie van  $5,6 \cdot 10^6 \text{ eV}$ . Dus geldt voor het aantal ionisaties per seconde:

$$n = 37 \cdot 10^3 \cdot \frac{5,6 \cdot 10^6}{34} = 6,1 \cdot 10^9 \text{ (s}^{-1}\text{).}$$

Dus geldt voor de stroomsterkte:  $I = 6,1 \cdot 10^9 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} = 9,8 \cdot 10^{-10} \text{ A.}$

- inzicht dat per deeltje  $\frac{E_a}{E_{\text{ion}}}$  ionisaties plaatsvinden 1
- inzicht dat  $I = nq$  1
- completeren van de berekening 1

### 4 maximumscore 4

voorbeeld van een antwoord:

- Bij **Marieke** hoort figuur II. Het signaal gaat naar beneden omdat de detector minder licht detecteert. Er zit ruis op het hoge en lage signaal. Bij **Hugo** hoort figuur III. Eerst is er geen straling en is er geen signaal en later is er wel een signaal. Als er geen straling is, zit er nauwelijks ruis op het signaal.
- **Hugo** heeft gelijk omdat het niveauverschil tussen geen straling en een beetje straling (met ruis) goed te zien is. Bij figuur II heeft het signaal overlap tussen het lage en hoge signaal en gaat het alarm niet af of is er vaak vals alarm.
  
- inzicht dat de mening van Marieke bij figuur II hoort 1
- toelichting dat het signaalverschil bij Marieke gering is 1
- inzicht dat de mening van Hugo bij figuur III hoort 1
- consequente conclusie 1

#### *Opmerking*

*Als uit de uitleg van de kandidaat blijkt dat hij uitgaat van een detector die bij meer ontvangen straling een lager signaal afgeeft: goed rekenen.*

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

**5 maximumscore 3**

uitkomst:  $R = 1 \cdot 10^3 \Omega$

voorbeeld van een berekening:

Bij 20 mA is de spanning over de IR-LED gelijk aan 1,3 V.

Dan geldt voor de grootte van de weerstand in serie:

$$R = \frac{U}{I} = \frac{1,5 - 1,3}{0,20 \cdot 10^{-3}} = 1 \cdot 10^3 \Omega$$

- aflezen van de spanning over de IR-LED (met een marge van 0,03 V) 1
- gebruik van  $U = IR$  1
- completeren van de berekening 1

## X-stream

### 6 maximumscore 4

voorbeeld van een antwoord:

- In buisdeel AB is geen sprake van een beweging loodrecht naar beneden, maar van een beweging langs een hellend vlak met een hellingshoek (van  $77^\circ$ ).  
Er is geen sprake van een vrije val / er is sprake van wrijving.
- De versnelling is:  $a = g \sin \alpha = 9,81 \sin(77^\circ) = 9,6 \text{ m s}^{-2}$ .

- inzicht dat er geen sprake is van een beweging loodrecht naar beneden / dat er wrijving optreedt 1
- opmeten van de hellingshoek (met een marge van  $3^\circ$ ) 1
- inzicht in  $a = g \sin \alpha$  1
- completeren van de bepaling 1

*Opmerking:*

*Als een kandidaat het derde scorepunt niet behaalt, mag het vierde scorepunt niet toegekend worden.*

### 7 maximumscore 2

uitkomst:  $F = 1,4 \cdot 10^2 \text{ N}$

voorbeeld van een berekening:

Er geldt:  $P = Fv$ .

Invullen geeft:  $1,5 \cdot 10^3 = F \cdot 11$ .

Dit levert:  $F = 1,4 \cdot 10^2 \text{ N}$ .

- gebruik van  $P = Fv$  1
- completeren van de berekening 1

### 8 maximumscore 4

voorbeeld van een antwoord:

- Een grotere  $k$  betekent meer wrijving, dus ‘minder water’.
- De constante  $k$  heeft geen eenheid / heeft de eenheid 1.  
Dit volgt uit regel  $F_w = k \cdot m \cdot g \cdot \cos(\text{hoek})$ : het product  $m \cdot g$  heeft al de eenheid N net als  $F_w$  en de cosinus is dimensieloos.

- gebruik van  $F_w = k \cdot m \cdot g \cdot \cos(\text{hoek})$  1
- consequente conclusie 1
- eenheden links en rechts gelijkstellen in de vergelijking 1
- completeren van het antwoord 1

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

### 9 maximumscore 3

uitkomst:  $s_{AB} = 3,8 \text{ m}$  (met een marge van 0,3 m)

voorbeeld van een bepaling:

$s_{AB}$  is gelijk aan de oppervlakte onder de grafiek van nul tot de eerste knik.

Dit geeft:  $s_{AB} = \frac{1}{2} \cdot 0,92 \cdot 8,3 = 3,8 \text{ m}$ .

- inzicht dat de afstand overeenkomt met de oppervlakte onder de grafiek 1
- inzicht dat de eerste knik ligt als  $s = s_{AB}$  1
- completeren van de bepaling 1

### 10 maximumscore 3

voorbeelden van een antwoord:

methode 1

- Modelregel:  
als  $s > s_{AC}$  dan  $F_w = (F_w +) k_2 \cdot v^2$  eindals
- Startwaarde:  $k_2 = 17$
- Stopvoorwaarde:  $v < 0$

of

methode 2

- Modelregels:  
 $F_{rem} = 17v^2$   
als  $s > s_{AC}$  :  $F_{res} = (F_{voort})(-F_w) - F_{rem}$
- Stopvoorwaarde:  $v < 0$
- inzicht dat als  $s > s_{AC}$  in het model de remkracht moet worden toegevoegd 1
- inzicht dat  $F_{rem} = 17v^2$  1
- inzicht dat het model stopt als  $v < 0$  1

*Opmerkingen*

- De uitbreiding van het model moet beoordeeld worden op de natuurkundige juistheid, niet op de juistheid van een modeltaal.
- Het tweede scorepunt kan behaald worden via een modelregel met als nodig een startwaarde.
- De plaats van nieuwe modelregels in het model wordt niet beoordeeld.

### 11 maximumscore 1

voorbeelden van een antwoord:

- Bij het passeren van punt B en/of C is de kracht op de persoon anders veel te groot.
- De beweging verloopt veel soepeler.
- De persoon krijgt minder schokken te verduren.

## De kracht van het viriaal-theorema

### 12 maximumscore 4

uitkomst:  $v = 7,67 \cdot 10^3 \text{ ms}^{-1}$

voorbeeld van een berekening:

Er geldt:  $E_g = -G \frac{mM}{r}$  en  $E_k = \frac{1}{2}mv^2$ .

Invullen in  $E_g = -2E_k$  met  $r = R + h$  levert:

$$-6,674 \cdot 10^{-11} \frac{m \cdot 5,972 \cdot 10^{24}}{(6,371 + 0,409) \cdot 10^6} = -2 \cdot \frac{1}{2}mv^2.$$

Dit levert:  $v = 7,67 \cdot 10^3 \text{ ms}^{-1}$ .

- gebruik van  $E_k = \frac{1}{2}mv^2$  1
- gebruik van  $E_g = -G \frac{mM}{r}$  1
- inzicht dat  $r = R + h$  1
- completeren van de berekening 1

### 13 maximumscore 3

voorbeeld van een antwoord:

Er geldt:  $F_g = F_{mpz}$ . Invullen levert:  $G \frac{mM}{r^2} = \frac{mv^2}{r}$ .

Beide kanten vermenigvuldigen met  $-r$  levert:  $-G \frac{mM}{r} = -mv^2$ .

Dit is gelijk aan  $E_g = -2E_k$ .

- inzicht dat  $F_g = F_{mpz}$  1
- gebruik van  $F_g = G \frac{mM}{r^2}$  en van  $F_{mpz} = \frac{mv^2}{r}$  1
- inzicht dat vermenigvuldigen met  $-r$  het gevraagde verband oplevert 1

*Opmerking*

*Een rekenvoorbeeld levert geen scorepunten op.*

**14 maximumscore 3**

uitkomst: 95 (%)

voorbeeld van een berekening:

$$\text{Invullen van } E_g = -2E_k \text{ levert: } -\frac{3}{5} \frac{GM^2}{R} = -2 \cdot \frac{1}{2} Mv^2.$$

$$\text{Dit levert: } M = \frac{5 v^2 R}{3 G} = \frac{5 (1,7 \cdot 10^6)^2 8,4 \cdot 10^{22}}{3 \cdot 6,67 \cdot 10^{-11}} = 6,1 \cdot 10^{45} \text{ kg.}$$

$$\text{Van deze massa is dus } \frac{6,1 \cdot 10^{45} - 3,2 \cdot 10^{44}}{6,1 \cdot 10^{45}} = 0,95 = 95\% \text{ donkere materie.}$$

- invullen van de formules voor de grootheden in het viriaal-theorema 1
- uitrekenen van de massa die uit het viriaal-theorema volgt 1
- completeren van de berekening 1

**15 maximumscore 4**

voorbeeld van een antwoord:

- Voor de totale potentiële energie geldt:  $E_p = -185,9 + 27,9 = -158,0$ .

Dit is gelijk aan  $-2 \cdot 79,0 = -2E_k$ .

- Uit tabel 21C blijkt dat de energie die nodig is om de elektronen van de kern te verwijderen gelijk is aan  $(24,59 + 54,4) = 79,0$  (eV).  
Dit is gelijk aan de totale energie van het He-atoom.

- inzicht dat de twee termen van potentiële energie opgeteld moeten worden 1
- toepassen van het viraal-theorema 1
- inzicht dat de twee waarden voor He in tabel 21C samen de totale energie vormen 1
- completeren van de berekening en consequente conclusie 1

**16 maximumscore 3**

Energie	eV
$E_k$	13,6
$E_{p,\text{kern}}$	-27,2
$E_{p,e-e}$	0
$E_{\text{tot}}$	-13,6

- $E_k$  en  $E_{\text{tot}}$  juist 1
- $E_{p,e-e}$  juist 1
- $E_{p,\text{kern}}$  juist 1

## Speeldoosje

### 17 maximumscore 2

voorbeeld van een antwoord:

De tijd voor 4 trillingen bedraagt:  $t = 0,0091 - 0,0023 = 0,0068$  s.

De frequentie wordt daarmee:  $f = \frac{4}{0,0068} = 588$  Hz = 0,59 kHz.

- bepalen van de trillingstijd 1
- completeren van de bepaling 1

### 18 maximumscore 3

voorbeeld van een antwoord:

Als we ervan uitgaan dat de golfsnelheid in beide strips gelijk is, geldt de

volgende verhouding:  $\lambda_1 f_1 = \lambda_7 f_7 \Leftrightarrow \frac{\lambda_1}{\lambda_7} = \frac{f_1}{f_7} = \frac{0,83}{0,59} = 1,4$ .

Uit deze verhouding volgt dat strip 1 1,4 keer zo lang zou moeten zijn als strip 7. Uit de foto is op te maken dat dit niet het geval is (en dus kan de golfsnelheid in beide strips onmogelijk gelijk zijn).

- gebruik van  $v = \lambda f$  1
- inzicht dat geldt  $\frac{\lambda_1}{\lambda_7} = \frac{f_1}{f_7}$  1
- completeren van de berekening 1

### 19 maximumscore 2

voorbeeld van een antwoord.

(Een strip wordt opgetild en valt terug en trilt dan in zijn eigenfrequentie.)

De toonhoogte is niet afhankelijk van het tempo waarmee de strips worden aangeslagen. Dus de toonhoogte van de melodie verandert niet.

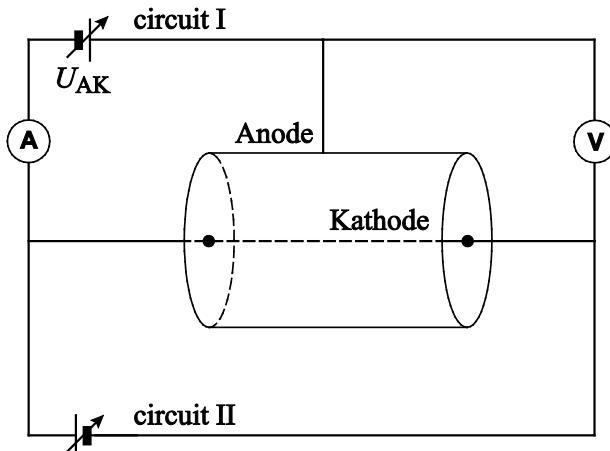
- inzicht dat de toonhoogte niet afhankelijk is van het tempo waarmee de strips worden aangeslagen 1
- consequente conclusie 1

## Elektronen uit metaal ‘stoken’

### 20 maximumscore 3

voorbeeld van een antwoord:

–



- Door de spanning in circuit II te verhogen, loopt er een grotere stroom door de gloeidraad en zal de temperatuur stijgen.

- plaatsing van de stroommeter in circuit I 1
- plaatsing van de spanningsmeter over de bron ( $U_{AK}$ ) of over AK 1
- inzicht in het verband tussen de variabele spanning in circuit II en de temperatuur 1

### 21 maximumscore 2

voorbeeld van een antwoord:

Boven een bepaalde spanning zullen alle elektronen die per seconde uit de gloeidraad (kathode) vrijkomen, ook bij de anode aankomen. Verder verhogen van de spanning heeft dan geen effect meer, de stroomsterkte is verzadigd.

- inzicht dat boven een bepaalde spanning alle elektronen die uit de kathode vrijkomen de anode bereiken 1
- inzicht dat de stroomsterkte in dat geval niet verder kan stijgen 1

## 22 maximumscore 4

voorbeeld van een antwoord:

- Omdat de verzwakking onafhankelijk is van de golflengte, zal de kromme van de gloeidraad alleen een lagere intensiteit hebben en heeft  $\lambda_{\max}$  dezelfde waarde als de planck-kromme. De krommes van de gloeidraad en de planck-kromme verschillen dus alleen in verticale richting. Alleen figuur 3b voldoet hieraan.
- Aflezen levert:  $\lambda_{\max} \approx 1150$  nm. Omschrijven en invullen levert:

$$T = \frac{k_W}{\lambda_{\max}} = \frac{2,898 \cdot 10^{-3}}{1150 \cdot 10^{-9}} = 2,5 \cdot 10^3 \text{ K} \text{ (met een marge van } 0,2 \cdot 10^3 \text{ K).}$$

- inzicht dat een golflengte-onafhankelijke verzwakking alleen een verticale verschuiving in de kromme oplevert 1
- consequente conclusie 1
- gebruik van de wet van Wien 1
- completeren van de bepaling 1

*Opmerking*

*Bij deze vraag significantiefouten niet aanrekenen.*

## 23 maximumscore 3

uitkomst:  $r = 0,40$  (met een marge van 0,10)

voorbeeld van een bepaling:

Bijvoorbeeld bij  $T = 3000$  K valt in figuur 4 af te lezen dat  $J = 1,5 \cdot 10^5 \text{ A m}^{-2}$ .

$$\text{Invullen levert: } J = (1-r)C_0 \cdot T^2 \cdot e^{\left(\frac{-W_u}{k_B T}\right)}$$

$$\text{Dit levert: } 15 \cdot 10^4 = (1-r) \cdot 1,20 \cdot 10^6 \cdot (3000)^2 e^{\left(\frac{-7,29 \cdot 10^{-19}}{1,38 \cdot 10^{-23} \cdot 3000}\right)}.$$

Dit levert:  $r = 0,40$ .

- aflezen van  $(T, J)$  waarden in figuur 4 1
- opzoeken van  $k_B$  1
- completeren van de bepaling 1

*Opmerking*

*In deze vraag significantiefouten niet aanrekenen.*

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

#### 24 maximumscore 3

voorbeeld van een antwoord:

- Bij  $T = 2000$  K geldt:  $\lambda_B = \frac{7,45 \cdot 10^{-8}}{\sqrt{2000}} = 1,7 \cdot 10^{-9}$  m.

Dit is in de orde van grootte van de dikte van moleculen, het effect van de coating kan dus zeer goed een quantumverschijnsel zijn.

- Bij lagere temperaturen neemt  $\lambda_B$  toe, waardoor het quantumeffect sterker wordt.

- berekening van  $\lambda_B$  met  $T = 2000$  K 1
- conclusie door vergelijking met de dikte van de coating 1
- inzicht dat het quantumeffect bij lagere temperaturen sterker is 1

#### 25 maximumscore 2

voorbeeld van een antwoord:

Men brengt op het metaal een coating aan met een zo klein mogelijke dikte (voor een grotere tunnelkans), waarvan de uittree-energie  $W_{u,coating}$  kleiner is dan die van het metaal.

- inzicht dat een kleine dikte een grote tunnelkans oplevert 1
- inzicht dat een lagere uittree-energie het tunnelen bevordert 1

## 5 Aanleveren scores

---

Verwerk de scores van alle kandidaten per examinator in de applicatie Wolf. Accordeer deze gegevens voor Cito uiterlijk op 26 juni.

## **natuurkunde**

Het correctievoorschrift bestaat uit:

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

## **1 Regels voor de beoordeling**

Het werk van de kandidaten wordt beoordeeld met inachtneming van de artikelen 41 en 42 van het Eindexamenbesluit VO.

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

Voor de beoordeling zijn de volgende aspecten van de artikelen 36, 41, 41a en 42 van het Eindexamenbesluit VO 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 examinator. Deze kijkt het werk na en zendt het met zijn beoordeling aan de directeur. De examinator past de beoordelingsnormen en de regels voor het toekennen van scorepunten toe die zijn gegeven door het College voor Toetsen en Examens.
- 2 De directeur doet de van de examinator 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 directeur van de school van de gecommitteerde toekomen. Deze stelt het ter hand aan de gecommitteerde.

- 3 De gecommitteerde 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 Toetsen en Examens.  
De gecommitteerde voegt bij het gecorrigeerde werk een verklaring betreffende de verrichte correctie. Deze verklaring wordt mede ondertekend door het bevoegd gezag van de gecommitteerde.
- 4 De examinator en de gecommitteerde stellen in onderling overleg het behaalde aantal scorepunten voor het centraal examen vast.
- 5 Indien de examinator en de gecommitteerde daarbij niet tot overeenstemming komen, wordt het geschil voorgelegd aan het bevoegd gezag van de gecommitteerde. Dit bevoegd gezag kan hierover in overleg treden met het bevoegd gezag van de examinator. Indien het geschil niet kan worden beslecht, wordt hiervan melding gemaakt aan de inspectie. De inspectie kan een derde onafhankelijke corrector aanwijzen. De beoordeling van deze derde corrector 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 Toetsen en Examens van toepassing:

- 1 De examinator 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 examinator en door de gecommitteerde scorepunten toegekend, in overeenstemming met correctievoorschrift. 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 examinator of de gecommitteerde 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 Toetsen en 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 *T.a.v. de status van het correctievoorschrift:***

Het College voor Toetsen en 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 *T.a.v. het verkeer tussen examinator en gecommitteerde (eerste en tweede corrector):***

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 *T.a.v. aanvullingen op het correctievoorschrift:*

Er zijn twee redenen voor een aanvulling op het correctievoorschrift: verduidelijking en een fout.

*Verduidelijking*

Het correctievoorschrift is vóór de afname opgesteld. Na de afname blijkt pas welke antwoorden kandidaten geven. Vragen en reacties die via het Examenloket bij de Toets- en Examenlijn binnenkomen, kunnen duidelijk maken dat het correctievoorschrift niet voldoende recht doet aan door kandidaten gegeven antwoorden. Een aanvulling op het correctievoorschrift kan dan alsnog duidelijkheid bieden.

*Een fout*

Als het College voor Toetsen en Examens vaststelt dat een centraal examen een fout bevat, kan het besluiten tot een aanvulling op het correctievoorschrift.

Een aanvulling op het correctievoorschrift wordt door middel van een mailing vanuit Examenblad.nl bekendgemaakt. Een aanvulling op het correctievoorschrift wordt zo spoedig mogelijk verstuurd aan de examensecretarissen.

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

- Als het werk al naar de tweede corrector is gezonden, past de tweede corrector deze aanvulling op het correctievoorschrift toe.  
en/of
- 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.

Dit laatste gebeurt alleen als de aanvulling luidt dat voor een vraag alle scorepunten moeten worden toegekend.

Als een onvolkomenheid op een dusdanig laat tijdstip geconstateerd wordt dat een aanvulling op het correctievoorschrift ook voor de tweede corrector te laat komt, houdt het College voor Toetsen en Examens bij de vaststelling van de N-term rekening met de onvolkomenheid.

### 3 Vakspecifieke regels

---

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 grootheid.

## 4 Beoordelingsmodel

Vraag

Antwoord

Scores

### Uitrijden van een auto

#### 1 maximumscore 3

uitkomst:  $s = 1,8 \text{ km}$  (met een marge van  $0,2 \text{ km}$ )

voorbeelden van een bepaling:

methode 1

De uitrij-afstand komt overeen met de oppervlakte onder de grafiek vanaf  $t = 0 \text{ s}$ . Dit levert 18 hokjes.

Elk hokje komt overeen met  $5 \cdot 20 = 100 \text{ m}$ . Dus de uitrij-afstand is  $1,8 \text{ km}$ .

- inzicht dat de uitrij-afstand overeenkomt met de oppervlakte onder de grafiek 1
- bepalen van de oppervlakte van  $t = 0 \text{ s}$  tot  $t = 150 \text{ s}$  1
- completeren van de bepaling 1

of

methode 2

Voor de uitrij-afstand geldt:  $s = v_{\text{gem}} t$ . De gemiddelde snelheid is te bepalen uit de grafiek. Dit levert  $v_{\text{gem}} = 12 \text{ ms}^{-1}$ .

Dus voor de uitrij-afstand geldt:  $s = v_{\text{gem}} t = 12 \cdot 150 = 1800 \text{ m} = 1,8 \text{ km}$ .

- inzicht dat  $s = v_{\text{gem}} t$  1
- bepalen van de gemiddelde snelheid tussen  $10,7 \text{ ms}^{-1}$  en  $13,3 \text{ ms}^{-1}$  1
- completeren van de bepaling 1

*Opmerking*

*Aan een antwoord uitgaande van  $s = v_{\text{begin}} t$ : geen scorepunten toekennen.*

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

## 2 maximumscore 2

voorbeeld van een antwoord:

Uitgaande van de formule  $F = k \cdot v^2$ , geeft dat voor de eenheid van  $k$ :

$$[k] = \frac{[F]}{[v^2]} = \frac{N}{(ms^{-1})^2} = \frac{kg\,m\,s^{-2}}{(ms^{-1})^2} = kg\,m^{-1}.$$

- inzicht dat  $N = kg\,m\,s^{-2}$  1
- completeren van het antwoord 1

*Opmerkingen*

- Als de kandidaat de formule  $Flucht = k \cdot v^2$  gelijkstelt aan de formule  $F_{w,l} = \frac{1}{2} \rho C_w A v^2$ : niet aanrekenen.
- De kandidaat hoeft de notatie met de vierkante haken niet te gebruiken.

## 3 maximumscore 4

voorbeelden van een antwoord:

methode 1

- Bij hoge snelheid is de invloed van (Flucht en dus van)  $k$  het grootst. We zien in de uitkomst van het model dat de  $(v,t)$ -grafiek in het begin te snel daalt in vergelijking met de meetwaarden. Dat betekent dat de weerstandskracht in het model bij hoge snelheid te groot is. De startwaarde van  $k$  moet dus kleiner gekozen worden.
- Bij lage snelheid is de invloed van Frol het grootst. De helling van de  $(v,t)$ -grafiek volgens het model is niet groot genoeg. De startwaarde van Frol moet dus groter gekozen worden.
  
- inzicht dat bij hoge snelheid het effect van  $k$  het grootst is 1
- consequente conclusie voor  $k$  1
- inzicht dat bij lage snelheid het effect van Frol het grootst is 1
- consequente conclusie voor Frol 1

of

methode 2

- De invloed van (Flucht en dus van) k is het grootst bij hoge snelheid. We zien in de uitkomst van het model dat de  $(v,t)$ -grafiek in het begin te snel daalt in vergelijking met de meetwaarden. Dat betekent dat de weerstandskracht in het model bij hoge snelheid te groot is. De startwaarde van k moet dus kleiner gekozen worden.
- Frol bepaalt het verloop van het laatste deel van de grafiek als de snelheid klein is. De helling van de  $(v,t)$ -grafiek volgens het model is niet groot genoeg. De startwaarde van Frol moet dus groter gekozen worden.
  
- constatering dat de helling bij hoge snelheid te groot is en bij lage snelheid niet groot genoeg is 1
- inzicht dat het effect van k bij hoge snelheid het grootst is en dat het effect van Frol bij lage snelheid het grootst is 1
- consequente conclusie voor k 1
- consequente conclusie voor Frol 1

**4 maximumscore 2**

voorbeeld van een antwoord:

- Beschrijven van toe te voegen modelregels voor x (en dx)  
bijvoorbeeld:  $x = x + dx$  en  $dx = v \cdot dt$
- Beschrijven van de stopvoorwaarde  
bijvoorbeeld: als  $v \leq 0$  dan stop eindals
  
- toevoegen van modelregel(s) voor x (en dx) 1
- inzicht dat het model moet stoppen bij  $v \leq 0$  1

*Opmerkingen*

- *De formulering van de antwoorden hoeft niet volgens de afspraken van een computermodel te zijn.*
- *De beschrijving hoeft geen modelregel te zijn.*
- *De beschrijving mag ook een aanvulling van het grafisch model zijn.*
- *Bij het laatste scorepunt  $v < 0$  goed rekenen.*
- *Bij het laatste scorepunt  $v = 0$  niet goed rekenen.*

**5 maximumscore 5**

uitkomst:  $P_{\text{motor}} = 1,8 \cdot 10^4 \text{ W} = 18 \text{ kW}$  (met een marge van 2 kW)

voorbeeld van een bepaling:

Een constante snelheid betekent:  $F_{\text{motor}} = F_{\text{weerstand}}$ .

De waarde van  $F_{\text{weerstand}}$  is te bepalen uit figuur 4.

In de situatie van figuur 4 geldt:  $F_{\text{res}} = F_{\text{weerstand}}$ .

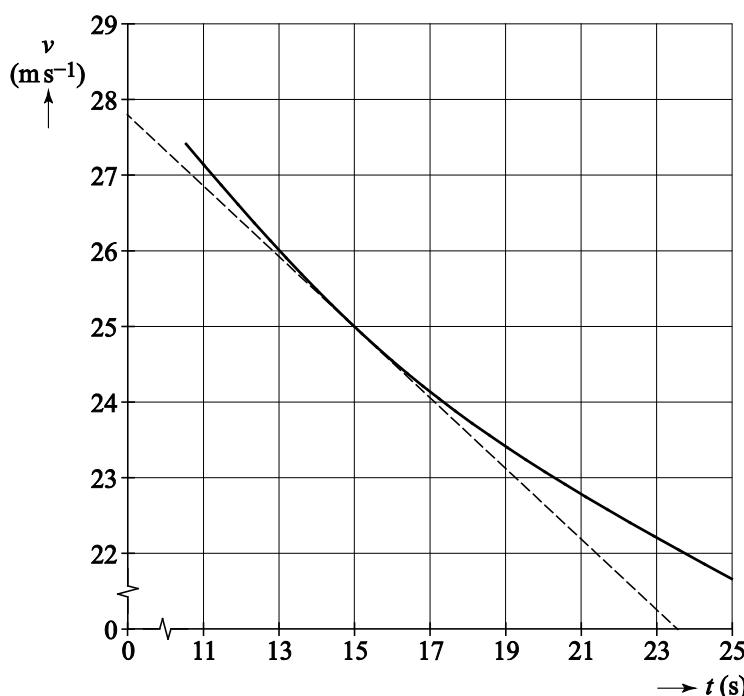
Er geldt:  $F_{\text{res}} = ma$ , met  $a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$  in de grafiek bij een snelheid van  $25 \text{ ms}^{-1}$ .

Dit levert:  $a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{26,8 - 22,0}{21,4 - 11,0} = 0,462 \text{ ms}^{-2}$ .

Dus geldt:  $F_{\text{motor}} = F_{\text{weerstand}} = 1520 \cdot 0,462 = 702 \text{ N}$ .

Dus geldt voor het vermogen:

$P_{\text{motor}} = F_{\text{motor}}v = 702 \cdot 25 = 1,8 \cdot 10^4 \text{ W} = 18 \text{ kW}$ .



- inzicht dat bij constante snelheid geldt:  $F_{\text{motor}} = F_{\text{weerstand}}$  1
- gebruik van  $F_{\text{res}} = ma$  1
- tekenen van de raaklijn en gebruik van  $a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$  1
- gebruik van  $P = Fv$  1
- completeren van de bepaling 1

#### Opmerkingen

- Het eerste inzicht mag impliciet getoond worden.
- Aflezen over de scheurlijn: niet aanrekenen.

## Water uit de ruimte

### 6 maximumscore 5

uitkomst:  $v = 1,2 \cdot 10^4 \text{ m s}^{-1}$

voorbeeld van een berekening:

Voor de totale energie geldt:  $E_{\text{tot}} = E_k + E_g$ .

$$\begin{aligned} \text{Dus geldt: } E_{\text{tot verweg}} &= \frac{1}{2}mv^2 - G\frac{mM}{r} = \\ &\frac{\frac{1}{2} \cdot 1,2 \cdot 10^4 \cdot (5,0 \cdot 10^4)^2 - \frac{6,67 \cdot 10^{-11} \cdot 12,0 \cdot 10^3 \cdot 5,972 \cdot 10^{24}}{6,371 \cdot 10^6 + 0,100 \cdot 10^6}}{=} \\ &1,5 \cdot 10^{13} - 7,39 \cdot 10^{11} = 1,43 \cdot 10^{13} \text{ J.} \end{aligned}$$

Op aarde geldt dan:  $E_{\text{tot Aarde}} = 0,0020 \cdot 1,43 \cdot 10^{13} = 2,85 \cdot 10^{10} \text{ J.}$

Voor de totale energie geldt:  $E_{\text{tot Aarde}} = E_k + E_g$ .

$$\text{Dus geldt: } 2,85 \cdot 10^{10} = \frac{1}{2}mv^2 - G\frac{mM}{R_{\text{aarde}}}.$$

Invullen levert:  $2,85 \cdot 10^{10} =$

$$\frac{\frac{1}{2} \cdot 6,0 \cdot 10^3 \cdot v^2 - \frac{6,67 \cdot 10^{-11} \cdot 6,0 \cdot 10^3 \cdot 5,972 \cdot 10^{24}}{6,371 \cdot 10^6}}{}$$

Dit levert:  $v = 1,2 \cdot 10^4 \text{ m s}^{-1}$ .

- inzicht dat  $E_{\text{tot}} = E_k + E_g$  1
- gebruik van  $E_k = \frac{1}{2}mv^2$  en van  $E_g = -G\frac{mM}{r}$  1
- opzoeken van  $M$  en  $R_{\text{aarde}}$  1
- gebruik van de factor 0,0020 1
- completeren van de berekening 1

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

**7 maximumscore 2**

antwoord:

deel van het spectrum	chemische samenstelling van de komeet	temperatuur van de komeet	geen van beide
lijnen	X		
continu		X	

per juiste rij

1

**8 maximumscore 4**

voorbeeld van een antwoord:

- Bij 10 K is  $T^{-1}$  gelijk aan 0,1: de waarschijnlijkheid  $W$  is dus  $10^{-90}$ .  
Bij 2100 K is  $T^{-1}$  gelijk aan 0,0005: de waarschijnlijkheid  $W$  is dan te schatten als 1.  
De verhouding tussen de twee waarden van  $W$  is dus  $10^{90}$  (of  $10^{-90}$ ).
- Dus de kans is (in verhouding) zo klein dat theorie 1 geen goede verklaring geeft voor het ontstaan van water bij 10 K.
  
- aflezen van  $W$  bij  $T = 10$  K (tussen  $10^{-88}$  en  $10^{-92}$ ) 1
- aflezen van  $W$  bij  $T = 2100$  K (tussen  $10^{-2}$  en  $10^{+2}$ ) 1
- completeren van de bepaling 1
- consequente conclusie 1

*Opmerking*

*Bij deze vraag hoeft geen rekening gehouden te worden met significantie.*

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

### 9 maximumscore 3

voorbeeld van een antwoord:

Voor de debroglie-golflengte geldt:

$$\lambda = \frac{h}{\sqrt{2\pi m k_B T}} = \frac{6,63 \cdot 10^{-34}}{\sqrt{2\pi \cdot 1,67 \cdot 10^{-27} \cdot 1,38 \cdot 10^{-23} \cdot 10}} = 5,5 \cdot 10^{-10} \text{ m.}$$

Deze is in de orde van grootte van / groter dan de breedte  $a$ , dus er is een behoorlijke kans op het quantum-tunneleffect.

- gebruik van de formule voor  $\lambda$  en opzoeken van  $h$  en  $k_B$  1
- completeren van de berekening 1
- vergelijken van  $\lambda$  met  $a$  en consequente conclusie 1

*Opmerkingen*

- Bij deze vraag hoeft geen rekening gehouden te worden met significantie.
- Als de eenheid m niet genoteerd is: niet aanrekenen.

### 10 maximumscore 2

voorbeeld van een uitleg:

Bij vervanging van H door D neemt de massa van het tunnelende deeltje toe. Hieruit volgt (bijvoorbeeld door gebruik te maken van de formule) dat de kans op het quantum-tunneleffect kleiner wordt.

- inzicht dat de massa van het tunnelende deeltje groter wordt 1
- consequente conclusie 1

### 11 maximumscore 2

voorbeeld van een antwoord:

Tim heeft geen gelijk. Vanaf de rechterkant is de energiebarrière hoger. De kans op de omgekeerde reactie (van rechts naar links) is dus kleiner.

- constateren dat vanaf de andere kant de energiebarrière hoger is 1
- consequente conclusie 1

*Opmerking*

Aan een redenering die stelt dat bij tunneling energie verloren gaat, geen scorepunten toekennen.

**12 maximumscore 2**

voorbeeld van een antwoord:

Voor watervorming volgens theorie 2 moet de temperatuur laag (genoeg) zijn en moet het heelal dus koud zijn. Uit de tabel blijkt dat het lange tijd duurde voor de temperatuur van het heelal laag genoeg was.

(Dus Ewine heeft gelijk.)

- inzicht dat voor het quantum-tunneleffect de temperatuur laag genoeg moet zijn 1
- inzicht in het verband tussen de temperatuur en de leeftijd van het heelal 1

## Elektrische tandenborstel

---

**13 maximumscore 3**

voorbeeld van een antwoord:

- Voor de eerste meting geldt:  $L = \frac{9}{2} \lambda$ .

$$\text{Dus geldt: } \lambda = \frac{2}{9} L = \frac{2}{9} \cdot 1,26 = 0,28 \text{ m.}$$

Voor een spankracht geldt:  $F = F_z = mg = 0,100 \cdot 9,81 = 0,981 \text{ N.}$

(Deze waarden zijn juist in de grafiek gezet.)

- Een recht evenredig verband wordt in een grafiek weergegeven als een rechte lijn door de oorsprong. In dit geval is hiervan geen sprake.

- inzicht dat voor de eerste meting geldt:  $L = \frac{9}{2} \lambda$  1
- completeren van de berekeningen 1
- inzicht dat de grafiek geen rechte lijn is / niet door de oorsprong gaat 1

*Opmerkingen*

- *Bij deze vraag hoeft geen rekening gehouden te worden met significantie.*
- *Bij deze vraag hoeven de eenheden niet genoemd te worden.*

**14 maximumscore 1**

voorbeeld van een antwoord:

Door een rechte lijn door de punten te trekken, worden de fouten in de meetpunten uitgemiddeld.

*Opmerking*

*Het antwoord ‘Minder kans op meetfouten’, niet goed rekenen.*

### 15 maximumscore 4

uitkomst:  $f = 2,8 \cdot 10^2$  Hz (met een marge van  $0,1 \cdot 10^2$  Hz)

voorbeeld van een bepaling:

- Er geldt:  $v = \lambda f$  met  $v = \sqrt{\frac{F}{\rho_\ell}}$ .

Invullen levert:  $\lambda f = \sqrt{\frac{F}{\rho_\ell}}$ , dus  $\lambda^2 f^2 = \frac{F}{\rho_\ell}$ .

Omschrijven levert:  $\lambda^2 = \frac{F}{\rho_\ell f^2}$  of  $\lambda^2 = \frac{1}{\rho_\ell f^2} F$ .

De steilheid van de lijn komt dus overeen met  $\frac{1}{\rho_\ell f^2}$ .

- De steilheid bedraagt:  $\frac{0,53}{5,0} = 0,106$  ( $\text{m}^2 \text{N}^{-1}$ ).

Dus geldt:  $f = \sqrt{\frac{1}{0,106 \cdot \rho_\ell}} = \sqrt{\frac{1}{0,106 \cdot 1,24 \cdot 10^{-4}}} = 2,8 \cdot 10^2$  Hz.

- inzicht dat  $v = \lambda f = \sqrt{\frac{F}{\rho_\ell}}$  1
- completeren van de afleiding 1
- bepalen van de steilheid van de lijn in de grafiek 1
- completeren van de bepaling 1

*Opmerkingen*

- Als de kandidaat een getekend punt neemt om de steilheid te bepalen, anders dan het punt bij 4 N, maximaal 3 scorepunten toekennen.
- Als de kandidaat de steilheid bepaalt met één punt op de lijn: uiteraard goed rekenen.

### 16 maximumscore 2

voorbeeld van een antwoord:

- $m$  groter maken;
- $L$  kleiner maken.

per aanpassing 1

*Opmerking*

Als de kandidaat  $F$  noemt in plaats van  $m$ : niet aanrekenen.

## MRI (Magnetic Resonance Imaging)

### 17 maximumscore 2

voorbeeld van een antwoord:

Een CT-scan wordt met behulp van ioniserende straling gemaakt. Dit geeft verhoogde gezondheidsrisico's. (Magneetvelden en radiogolven hebben geen ioniserende werking. Dus is een MRI-scan veiliger dan een CT-scan.)

- inzicht dat een CT-scan gebruikmaakt van ioniserende straling en een MRI-scan niet 1
- inzicht dat ioniserende straling gevaar kan opleveren voor de patiënt 1

### 18 maximumscore 2

uitkomst:  $f = 2,1 \cdot 10^8$  Hz

voorbeeld van een berekening:

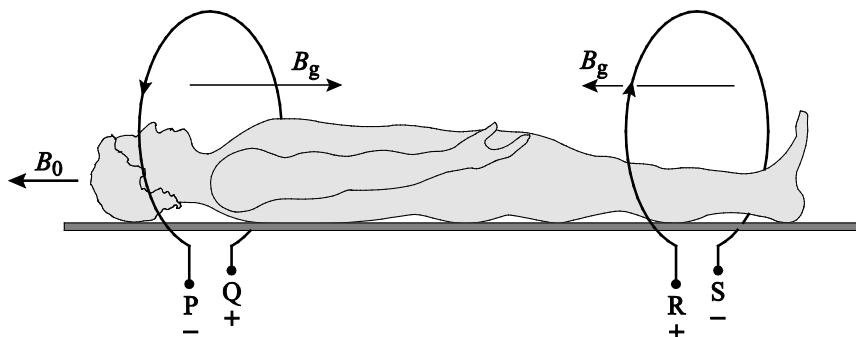
Er geldt:  $\Delta E = hf$ . Invullen geeft:  $hf = \gamma h B_{\text{MRI}}$ .

Dit levert:  $f = \gamma B_{\text{MRI}} = 42,57 \cdot 10^6 \cdot 5,0 = 212,9$  MHz =  $2,1 \cdot 10^8$  Hz.

- inzicht dat  $\Delta E = hf$  1
- completeren van de berekening 1

### 19 maximumscore 3

voorbeeld van een antwoord:



- inzicht dat het magneetveld bij het hoofd tegengesteld is aan  $B_0$  / dat het magneetveld bij de voeten gelijk gericht is aan  $B_0$  1
- consequent de stroomrichting in de spoelen aangegeven (volgend uit de richtingsregel) 1
- consequente tekens bij de polen P, Q, R en S 1

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

## 20 maximumscore 2

Het magnetisch veld moet steiler lopen en de waarde van het magnetisch veld moet bij het hoofd groter zijn.

- inzicht dat het magnetisch veld steiler moet lopen 1
- inzicht dat de waarde van het magnetisch veld bij het hoofd groter moet zijn 1

## 21 maximumscore 2

voorbeeld van een antwoord:

Het gebied bij de pijl is wit en geeft dus een signaal met hoge intensiteit. Daar zitten dus relatief veel waterstofkernen. Hersenweefsel bevat meer waterstofkernen dan ander weefsel. Dus bevat het aangegeven gebied hersenweefsel.

- constateren dat het aangegeven gebied het witst is en dat het signaal een hoge intensiteit heeft 1
- constateren dat in dat gebied veel waterstofkernen zitten en dat het dus hersenweefsel is 1

## Energievoorziening voor een weerstation

## 22 maximumscore 3

uitkomst:  $n = 23$

voorbeelden van een berekening:

methode 1

$$\text{Er geldt: } P = UI. \text{ Dit levert: } I = \frac{P}{U} = \frac{2,3}{12} = 0,192 \text{ A.}$$

Ook geldt:  $C = It$ . Invullen levert:  $n75 = 0,192 \cdot 365 \cdot 24 = 22,4$ .  
(Er zijn dus 23 accu's nodig.)

- gebruik van  $P = UI$  1
- inzicht dat  $nC = It$  1
- completeren van de berekening 1

of

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

### methode 2

Voor de energie geldt:  $E = UIt = UC$ .

Een capaciteit van 75 Ah bij een spanning van 12 V komt dus overeen met een energie van:  $E = 75 \cdot 3600 \cdot 12 = 3,24 \cdot 10^6$  J.

Voor de energie die nodig is in één jaar geldt:

$$E = 2,3 \cdot 3600 \cdot 24 \cdot 365 = 7,25 \cdot 10^7$$
 J.

Dus geldt voor het aantal accu's:  $n = \frac{7,25 \cdot 10^7}{3,24 \cdot 10^6} = 22,4$ .

(Er zijn dus 23 accu's nodig.)

- inzicht dat  $E = UIt = UC$  1
- inzicht dat  $E = Pt$  1
- completeren van de berekening 1

of

### methode 3

Voor de nodige capaciteit in één jaar geldt:

$$C = \frac{E}{U} = \frac{2,3}{12} \cdot 24 \cdot 365 = 1679$$
 Ah.

Dus geldt voor het aantal accu's:  $n = \frac{1679}{75} = 22,4$ .

(Er zijn dus 23 accu's nodig.)

- inzicht dat  $C = \frac{E}{U}$  1
- inzicht dat  $E = Pt$  1
- completeren van de berekening 1

### Opmerkingen

- Voor het begrip capaciteit mag een ander symbool gebruikt worden.
- De antwoorden 22 en 22,4 goed rekenen.

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

**23 maximumscore 4**

uitkomst:  $P_{R3} = 11 \text{ W}$

voorbeeld van een berekening:

Er geldt:  $I_{R3} = I_{R1} + I_{R2}$ . Dit levert:  $I_{R3} = 0,71 + 0,25 = 0,96 \text{ A}$ .

Verder geldt:  $U_{R3} = 12,0 - 0,25 \cdot 1,8$ . Hieruit volgt:  $U_{R3} = 11,55 \text{ V}$ .

Dit levert:  $P_{R3} = U_{R3}I_{R3} = 11,55 \cdot 0,96 = 11 \text{ W}$ .

- inzicht dat  $I_{R3} = I_{R1} + I_{R2}$  1
- inzicht dat  $U_{R3} = 12,0 - 0,25 \cdot 1,8$  1
- gebruik van  $P = UI$  1
- completeren van de berekening 1

*Opmerking*

*Als een kandidaat het tweede scorepunt niet behaalt, mag het vierde scorepunt niet toegekend worden.*

**24 maximumscore 3**

uitkomst:  $U_{zp} = 13,4 \text{ V}$

voorbeeld van een berekening:

Toepassen van de spanningswet van Kirchhoff op kring ABF levert:

$U_{zp} - 0,71 \cdot 2,6 - 12,0 + 0,25 \cdot 1,8 = 0$ . Hieruit volgt:  $U_{zp} = 13,4 \text{ V}$ .

- inzicht dat de spanningswet van Kirchhoff toegepast moet worden op kring ABF 1
- gebruik van de juiste tekens 1
- completeren van de berekening 1

*Opmerkingen*

- *Het eerste inzicht mag ook impliciet gegeven worden.*
- *De spanningswet van Kirchhoff mag ook op de kring ACDF toegepast worden.*
- *Als in de vorige vraag een fout is gemaakt met de richtingen en/of de tekens, dezelfde fout in deze vraag niet opnieuw aanrekenen.*

**25 maximumscore 3**

voorbeeld van een antwoord:

- (De accu wordt opgeladen als de stroomrichting door de accu negatief is.)

Uit de grafiek blijkt dat geldt:  $U_{zp} > 14,6 \text{ V}$  (met een marge van 0,2 V).

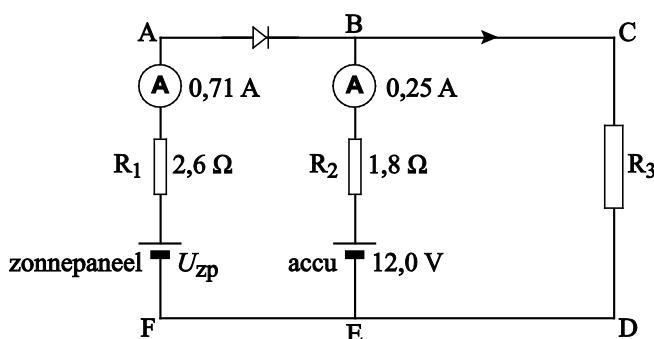
- (Als de accu stroom levert aan het zonnepaneel, is de stroomrichting door het zonnepaneel negatief.)

Uit de grafiek blijkt dat geldt:  $U_{zp} < 10,4 \text{ V}$  (met een marge van 0,2 V).

- aflezen van de waarde 14,6 V 1
- aflezen van de waarde 10,4 V 1
- inzicht dat accu oplaat als de spanning groter is dan de grootste afgelezen waarde en dat de accu stroom levert aan het zonnepaneel als de spanning kleiner is dan de laagste afgelezen waarde 1

*Opmerking**Bij het beantwoorden van deze vraag hoeft de eenheid V niet vermeld te zijn.***26 maximumscore 2**

voorbeeld van een antwoord:



- plaatsen van de diode in de tak van het zonnepaneel 1
- richting van de diode 1

*Opmerking**Als niet het juiste symbool voor de diode gebruikt is, maar de richting wel juist aangegeven wordt: niet aanrekenen.*

## 5 Aanleveren scores

---

Verwerk de scores van de alfabetisch eerste vijf kandidaten per examinator in de applicatie Wolf. Accordeer deze gegevens voor Cito uiterlijk op 1 juni. Meteen aansluitend op deze datum start Cito met de analyse van de examens.

Ook na 1 juni kunt u nog tot en met 12 juni gegevens voor Cito accorderen. Deze gegevens worden niet meer meegenomen in hierboven genoemde analyses, maar worden wel meegenomen bij het genereren van de groepsrapportage.

Na accordering voor Cito kunt u in de webbased versie van Wolf de gegevens nog wijzigen om ze vervolgens vrij te geven voor het overleg met de externe corrector. Deze optie is relevant als u Wolf ook gebruikt voor uitwisseling van de gegevens met de externe corrector.

### **tweede tijdvak**

Ook in het tweede tijdvak wordt de normering mede gebaseerd op door kandidaten behaalde scores. Wissel te zijner tijd ook voor al uw tweede-tijdvak-kandidaten de scores uit met Cito via Wolf. Dit geldt **niet** voor de aangewezen vakken.

## **natuurkunde**

Het correctievoorschrift bestaat uit:

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

## **1 Regels voor de beoordeling**

Het werk van de kandidaten wordt beoordeeld met inachtneming van de artikelen 41 en 42 van het Eindexamenbesluit VO.

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

Voor de beoordeling zijn de volgende aspecten van de artikelen 36, 41, 41a en 42 van het Eindexamenbesluit VO 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 examinator. Deze kijkt het werk na en zendt het met zijn beoordeling aan de directeur. De examinator past de beoordelingsnormen en de regels voor het toekennen van scorepunten toe die zijn gegeven door het College voor Toetsen en Examens.
- 2 De directeur doet de van de examinator 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 directeur van de school van de gecommitteerde toekomen. Deze stelt het ter hand aan de gecommitteerde.

- 3 De gecommitteerde 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 Toetsen en Examens.  
De gecommitteerde voegt bij het gecorrigeerde werk een verklaring betreffende de verrichte correctie. Deze verklaring wordt mede ondertekend door het bevoegd gezag van de gecommitteerde.
- 4 De examinator en de gecommitteerde stellen in onderling overleg het behaalde aantal scorepunten voor het centraal examen vast.
- 5 Indien de examinator en de gecommitteerde daarbij niet tot overeenstemming komen, wordt het geschil voorgelegd aan het bevoegd gezag van de gecommitteerde. Dit bevoegd gezag kan hierover in overleg treden met het bevoegd gezag van de examinator. Indien het geschil niet kan worden beslecht, wordt hiervan melding gemaakt aan de inspectie. De inspectie kan een derde onafhankelijke corrector aanwijzen. De beoordeling van deze derde corrector 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 Toetsen en Examens van toepassing:

- 1 De examinator 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 examinator en door de gecommitteerde scorepunten toegekend, in overeenstemming met correctievoorschrift. 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 examinator of de gecommitteerde 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 Toetsen en 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 *T.a.v. de status van het correctievoorschrift:***

Het College voor Toetsen en 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 *T.a.v. het verkeer tussen examinator en gecommitteerde (eerste en tweede corrector):***

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 *T.a.v. aanvullingen op het correctievoorschrift:*

Er zijn twee redenen voor een aanvulling op het correctievoorschrift: verduidelijking en een fout.

*Verduidelijking*

Het correctievoorschrift is vóór de afname opgesteld. Na de afname blijkt pas welke antwoorden kandidaten geven. Vragen en reacties die via het Examenloket bij de Toets- en Examenlijn binnenkomen, kunnen duidelijk maken dat het correctievoorschrift niet voldoende recht doet aan door kandidaten gegeven antwoorden. Een aanvulling op het correctievoorschrift kan dan alsnog duidelijkheid bieden.

*Een fout*

Als het College voor Toetsen en Examens vaststelt dat een centraal examen een fout bevat, kan het besluiten tot een aanvulling op het correctievoorschrift.

Een aanvulling op het correctievoorschrift wordt door middel van een mailing vanuit Examenblad.nl bekendgemaakt. Een aanvulling op het correctievoorschrift wordt zo spoedig mogelijk verstuurd aan de examensecretarissen.

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

- Als het werk al naar de tweede corrector is gezonden, past de tweede corrector deze aanvulling op het correctievoorschrift toe.  
en/of
- 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.

Dit laatste gebeurt alleen als de aanvulling luidt dat voor een vraag alle scorepunten moeten worden toegekend.

Als een onvolkomenheid op een dusdanig laat tijdstip geconstateerd wordt dat een aanvulling op het correctievoorschrift ook voor de tweede corrector te laat komt, houdt het College voor Toetsen en Examens bij de vaststelling van de N-term rekening met de onvolkomenheid.

### 3 Vakspecifieke regels

---

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 grootheid.

## 4 Beoordelingsmodel

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

### Mechanische doping

#### 1 maximumscore 5

uitkomst:  $V = 2,7 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$

voorbeeld van een berekening:

Er geldt:  $E_{\text{nuttig}} = Pt = 250 \cdot 0,5 = 125 \text{ Wh}$ .

Dus geldt:  $E_{\text{in}} = \frac{E_{\text{nuttig}}}{\eta} = \frac{125}{0,80} = 156 \text{ Wh}$ .

De batterij heeft een energiedichtheid van  $190 \text{ Wh kg}^{-1}$ .

Dus geldt voor de massa van de batterij:  $m = \frac{156}{190} = 0,822 \text{ kg}$ .

Dus geldt voor het volume:  $V = \frac{m}{\rho} = \frac{0,822}{3,0 \cdot 10^3} = 2,7 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3 = 0,27 \text{ dm}^3$ .

- inzicht dat  $E = Pt$  1
- in rekening brengen van het rendement 1
- inzicht dat  $m = \frac{\text{Energie}}{\text{Energiedichtheid}}$  1
- gebruik van  $\rho = \frac{m}{V}$  1
- completeren van de berekening 1

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

## 2 maximumscore 3

voorbeeld van een antwoord:

Er geldt:  $\lambda_{\max} T = k_W$ . De temperatuur van de kuit zal ongeveer 300 K zijn.

Dus geldt voor de maximale golflengte:

$$\lambda_{\max} = \frac{k_W}{T} \rightarrow \lambda_{\max} = \frac{2,90 \cdot 10^{-3}}{3,0 \cdot 10^2} = 9,7 \cdot 10^{-6} \text{ m.}$$

Dit is infrarood. (Hiervoor is de camera gevoelig.)

- schatten van de temperatuur tussen 293 K en 315 K 1
- gebruik van de wet van Wien 1
- completeren van de berekening en het antwoord 1

*Opmerkingen*

- In deze vraag significantie uiteraard niet aanrekenen.
- Bij het derde scorepunt ‘warmtestraling’ goed rekenen.

## 3 maximumscore 5

uitkomst:  $t = 9,4 \text{ h}$

voorbeeld van een berekening:

Voor de weerstand van één elektromagneet geldt:

$$R = \rho \frac{\ell}{A} = 16,8 \cdot 10^{-9} \frac{3,0}{\pi(0,25 \cdot 10^{-3})^2} = 0,257 \Omega.$$

Dus geldt voor de totale weerstand:  $R_{\text{totaal}} = 24 \cdot 0,257 = 6,16 \Omega$ .

$$\text{Voor de stroomsterkte geldt: } I = \frac{U}{R} = \frac{1,5}{6,16} = 0,243 \text{ A.}$$

$$\text{Dus geldt voor de gebruikstijd: } t = \frac{C}{I} = \frac{2,3}{0,243} = 9,4 \text{ h.}$$

- gebruik van  $R = \rho \frac{\ell}{A}$  met  $\rho = 16,8 \cdot 10^{-9} \Omega \text{ m}$  1
- gebruik van  $A = \frac{1}{4}\pi d^2$  of van  $A = \pi r^2$  met  $r = \frac{1}{2}d$  1
- gebruik van  $I = \frac{U}{R}$  1
- inzicht dat  $t = \frac{C}{I}$  1
- completeren van de berekening 1

*Opmerking*

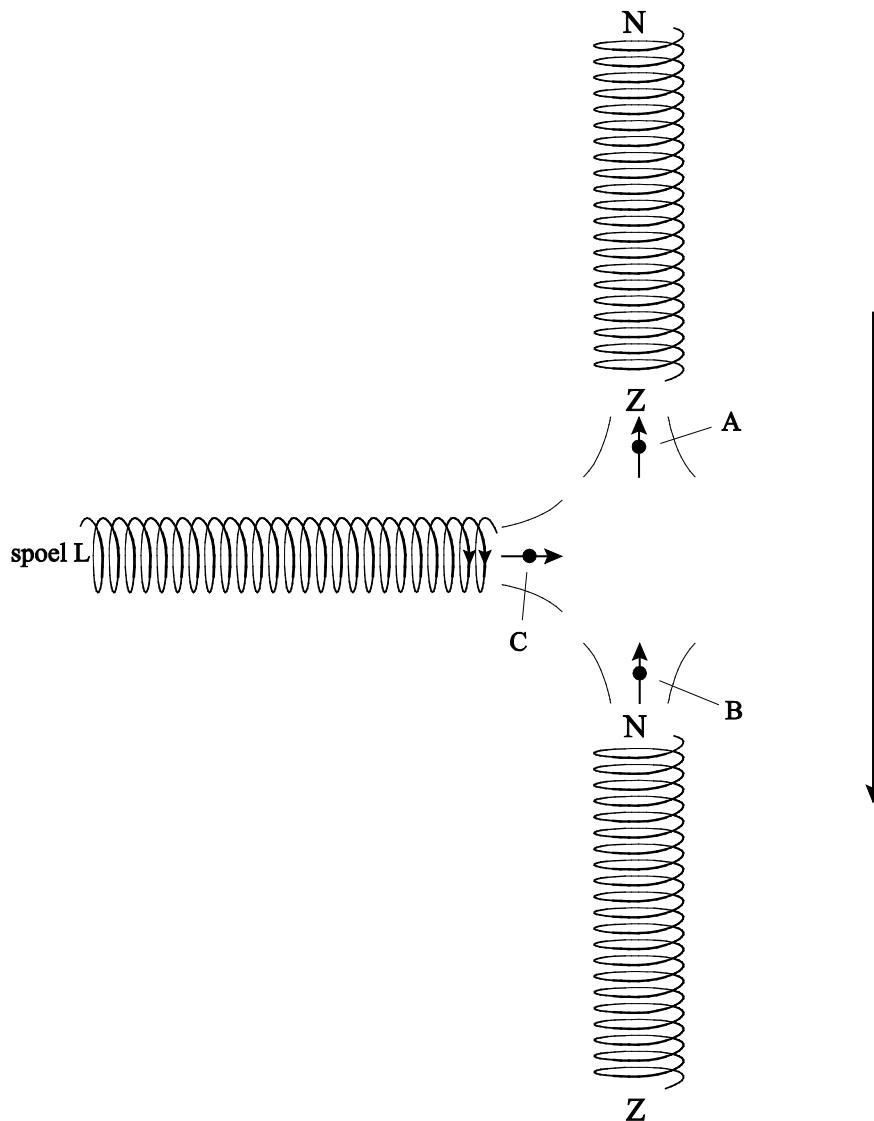
De waarde  $16,8 \cdot 10^{-9} \Omega \text{ m}$  zoals gebruikt voor de soortelijke weerstand staat in ScienceData. Als de kandidaat in plaats daarvan  $17 \cdot 10^{-9} \Omega \text{ m}$  heeft gebruikt zoals gegeven in Binas, dit uiteraard goed rekenen.

## 4 maximumscore 1

antwoord: (elektromagnetische) inductie

**5 maximumscore 4**

voorbeeld van een antwoord:



- juiste richting van de pijl in punt A 1
- juiste richting van de pijl in punt B 1
- juiste richting van de pijl in punt C 1
- stroomrichting in spoel L consequent aan de richting in C 1

**6 maximumscore 2**

voorbeeld van een antwoord:

Spoel L moet een magneetveld geven op het moment dat de tussenruimte ter hoogte van de spoel is, op andere momenten moet er geen magneetveld zijn. Dus bij een grotere / kleinere snelheid moet de stroom sneller / langzamer aan- en uitgaan (en moet de frequentie dus aangepast worden).

- inzicht dat de spoel alleen een magneetveld moet geven bij een bepaalde stand van de elektromagneten
- inzicht dat bij een grotere / kleinere snelheid de stroom in spoel L sneller / langzamer aan en uit moet gaan

1

1

**Gravitron****7 maximumscore 4**

$$\text{uitkomst: } s = 1,3 \cdot 10^3 \text{ m}$$

voorbeeld van een bepaling:

(Het toerental van  $22 (\text{min}^{-1})$  komt overeen met een  $\frac{22}{60}$  omwentelingen per seconde.)

Uit de oppervlakte onder het diagram van figuur 3 volgt het aantal omwentelingen tijdens een rit. Hiervoor geldt:

$$n = \frac{1}{2} \cdot \frac{22}{60} \cdot 40 + \frac{22}{60} \cdot 140 + \frac{1}{2} \cdot \frac{22}{60} \cdot 30 = 64 \text{ omwentelingen.}$$

Voor de afstand die de passagier dan aflegt, geldt:

$$s = n(\pi d) = 64 \cdot \pi \cdot 6,4 = 1,3 \cdot 10^3 \text{ m.}$$

- omrekenen van toerental naar omloopfrequentie ( $\text{in } \text{s}^{-1}$ ) of omlooptijd (in s) / van tijd naar minuten
- vaststellen van het aantal omwentelingen (met een marge van 5 omwentelingen)
- gebruik van  $\text{omtrek} = \pi d$  of van  $\text{omtrek} = 2\pi r$  met  $r = \frac{1}{2}d$
- completeren van de bepaling

1

1

1

1

1

**8 maximumscore 4**

voorbeeld van een antwoord:

Voor de zwaartekracht op de passagier geldt:  $F_z = mg = 71 \cdot 9,81 = 697 \text{ N}$ .

Dit is aangegeven in de figuur met een pijl van 7,0 cm lengte.

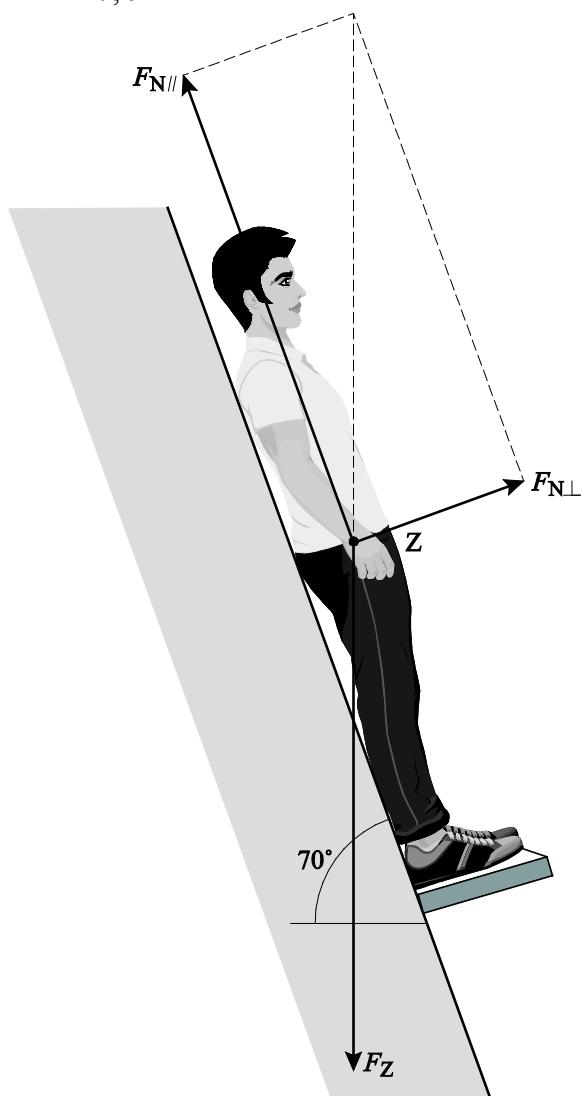
De vectorpijl van de kracht van de vloer op de passagier is 6,6 cm lang.

Dus geldt voor de grootte van deze kracht:

$$F_{z//} = \frac{6,6}{7,0} \cdot 697 = 6,6 \cdot 10^2 \text{ N} \text{ (met een marge van } 0,4 \cdot 10^2 \text{ N).}$$

Analoog geldt voor de kracht loodrecht op de wand:

$$F_{z\perp} = \frac{2,4}{7,0} \cdot 697 = 2,4 \cdot 10^2 \text{ N} \text{ (met een marge van } 0,4 \cdot 10^2 \text{ N).}$$



- gebruik van  $F_z = mg$  1
- tekenen van de twee andere krachten 1
- toepassen van de schaalfactor 1
- completeren van het antwoord 1

### 9 maximumscore 2

voorbeeld van een antwoord:

Als de Gravitron draait, is er een middelpuntzoekende kracht nodig om de passagier in de cirkelbeweging te houden. Deze kracht wordt geleverd door (de horizontale component van) de normaalkracht. (In een draaiende Gravitron zal de normaalkracht dus groter moeten worden.)

- inzicht dat er een middelpuntzoekende kracht nodig is bij draaiing 1
- inzicht dat de middelpuntzoekende kracht geleverd wordt door (de horizontale component van) de normaalkracht 1

### 10 maximumscore 4

voorbeeld van een antwoord:

- Voor de middelpuntzoekende kracht geldt:  $F_{mpz} = \frac{mv^2}{r}$  met  $v = \frac{2\pi r}{T}$ .

$$\text{Dit levert: } F_{mpz} = \frac{4\pi^2 mr}{T^2}.$$

- Als de straal van de baan groter is, is de benodigde middelpuntzoekende kracht ook groter. Als het hoofd boven is (situatie A), is de straal van de baan groter en zal het voor de passagier dus meer moeite kosten het hoofd op te lichten.

- inzicht dat  $F_{mpz} = \frac{mv^2}{r}$  en  $v = \frac{2\pi r}{T}$  1
- completeren van het antwoord 1
- inzicht dat de straal van de baan groter is in de stand met het hoofd boven (situatie A) 1
- consequente conclusie 1

## Kleurstoflaser

### 11 maximumscore 2

voorbeeld van een antwoord:

(Alle fotonen in de laserruimte zijn identiek en de individuele golven hebben dus (gereduceerd) faseverschil nul.) Door constructieve interferentie worden de amplitudes bij elkaar opgeteld en wordt de totale amplitude en dus de laserintensiteit groot. Dit is niet zo bij een gewone lichtbron, omdat er zonder een vast faseverschil geen constructieve interferentie optreedt.

- inzicht dat de lichtgolven in figuur 2b in fase zijn 1
- inzicht dat bij een laser wel en bij een gewone lichtbron geen constructieve interferentie optreedt 1

*Opmerkingen*

- *Als de kandidaat (gedeeltelijke) destructieve interferentie bij een gewone lichtbron noemt: goed rekenen.*
- *Het begrip constructieve interferentie hoeft niet genoemd te worden.*

### 12 maximumscore 2

voorbeeld van een antwoord:

Er geldt:  $\Delta E = \frac{hc}{\lambda}$ . Bij emissie is  $\Delta E$  door het (stralingsloze) energieverlies kleiner geworden ten opzichte van  $\Delta E$  bij absorptie.

Dat betekent dat  $\lambda$  groter is geworden.

(Dat wil zeggen dat de piek meer naar het rechts verschoven is.)

- inzicht dat  $\Delta E$  bij emissie kleiner is dan bij absorptie 1
- inzicht dat  $\Delta E$  omgekeerd evenredig is met  $\lambda$  1

### 13 maximumscore 4

voorbeeld van een antwoord:

De grondtoestand heeft 22 elektronen. De hoogste  $n$ -waarde is dus:

$$n = \frac{22}{2} = 11. \text{ De laagste onbezette toestand wordt daarmee } n = 12.$$

Dus geldt:  $\Delta E = E_{12} - E_{11}$ .

Voor de energie van een toestand geldt:  $E_n = \frac{n^2 h^2}{8mL^2}$ .

$$\text{Invullen levert: } \Delta E = E_{12} - E_{11} = \frac{(12^2 - 11^2)h^2}{8mL^2}.$$

$$\text{Er geldt: } \Delta E = \frac{hc}{\lambda}.$$

$$\text{Omschrijven levert: } L = \sqrt{\frac{\lambda \cdot (12^2 - 11^2) \cdot h}{8mc}}.$$

- inzicht dat de absorptie de overgang  $n = 11 \rightarrow n = 12$  betreft 1
- gebruik van  $E_n = \frac{n^2 h^2}{8mL^2}$  1
- inzicht dat  $\Delta E = \frac{hc}{\lambda}$  1
- completeren van de afleiding 1

### 14 maximumscore 3

voorbeeld van een antwoord:

Aflezen voor de linkerpiek in figuur 3b levert:  $\lambda = 5,6 \cdot 10^{-7}$  m (met een marge van  $0,2 \cdot 10^{-7}$  m).

$$\text{Invullen levert: } L = \sqrt{\frac{5,6 \cdot 10^{-7} \cdot 23 \cdot 6,63 \cdot 10^{-34}}{8 \cdot 9,11 \cdot 10^{-31} \cdot 3,00 \cdot 10^8}} = 2,0 \cdot 10^{-9} \text{ m} = 2,0 \text{ nm.}$$

(Dit komt bij benadering overeen met de waarde in figuur 4.)

- inzicht dat  $\lambda = 5,6 \cdot 10^{-7}$  m (met een marge van  $0,2 \cdot 10^{-7}$  m) 1
- gebruik van de formule en opzoeken van  $m$ ,  $c$  en  $h$  1
- completeren van de berekening 1

#### Opmerkingen

- *De kandidaat mag de rechterpiek, de linkerpiek of het gemiddelde aflezen.*
- *In deze vraag significantie uiteraard niet aanrekenen.*

## Ontspannen lopen

### 15 maximumscore 2

voorbeeld van een antwoord:

Het genormaliseerde vermogen  $\tilde{P}$  is onafhankelijk van de massa.

Omdat  $P = m\tilde{P}$ , geldt de aanname dat het geleverde vermogen  $P$  recht evenredig is met de massa  $m$ .

- inzicht dat  $\tilde{P}$  onafhankelijk is van de massa
- conclusie dat  $P$  recht evenredig is met de massa

1  
1

### 16 maximumscore 3

voorbeeld van een antwoord:

Het vermogen om recht overeind te staan is onafhankelijk van de snelheid en dus gelijk aan de constante  $q$ :  $P_{\text{stil}} = q$ .

Voor de voortbeweging geldt dat de netto spierkracht evenredig is met de snelheid:  $F = pv$ , zodat  $P_{\text{bew}} = Fv = pv^2$ .

Opgeteld:  $\tilde{P} = P_{\text{bew}} + P_{\text{stil}} = pv^2 + q$ .

- inzicht dat  $\tilde{P} = P_{\text{bew}} + P_{\text{stil}}$
- gebruik van  $P = Fv$
- completeren van het antwoord

1  
1  
1

### 17 maximumscore 5

uitkomst:  $E_{\text{in}} = 5,6 \cdot 10^6 \text{ J}$

voorbeeld van een bepaling:

$$\text{Er geldt: } v^2 = \left( \frac{7,0}{3,6} \right)^2 = 3,78 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-2}.$$

Aflezen in figuur 3 geeft:  $\tilde{P} = 3,90 \text{ W kg}^{-1}$ .

Er geldt:  $P = m\tilde{P} = 80 \cdot 3,90 = 312 \text{ W}$ .

Er geldt:  $E_{\text{nuttig}} = Pt = 312 \cdot 3600 = 1,12 \cdot 10^6 \text{ J}$ .

$$\text{Dus geldt: } E_{\text{in}} = \frac{1,12 \cdot 10^6}{0,20} = 5,6 \cdot 10^6 \text{ J}.$$

- uitrekenen van  $v^2$  in de eenheid  $\text{m}^2 \text{s}^{-2}$
- aflezen van  $\tilde{P}$  in figuur 3 met een marge van  $0,2 \text{ W kg}^{-1}$
- inzicht dat  $P = m\tilde{P}$
- gebruik van  $E_{\text{nuttig}} = PT$
- completeren van de bepaling

1  
1  
1  
1  
1

**18 maximumscore 3**

uitkomst:  $S = 0,76 \text{ m}$  (met een marge van  $0,08 \text{ m}$ )

voorbeeld van een bepaling:

De optimale stapgrootte komt overeen bij het minimum in  $R$ .

Dit minimum ligt in figuur 4b bij  $v = 1,25 \text{ m s}^{-1}$ . Aflezen bij deze snelheid in figuur 4a levert:  $f = 1,65 \text{ Hz}$ .

$$\text{Hieruit volgt: } S = \frac{v}{f} = \frac{1,25}{1,65} = 0,76 \text{ m.}$$

- aflezen van  $v$  bij het minimum van  $R$  en bepalen van de overeenkomstige waarde van  $f$  1
- inzicht dat  $S = \frac{v}{f}$  1
- completeren van de bepaling 1

## Wijnfraude opsporen

---

**19 maximumscore 3**

voorbeeld van een antwoord:

$t_{\frac{1}{2}}$  van C-14 is 5730 jaar. Dit is te lang, dan is er na 5 jaar nog geen meetbare verandering in activiteit.

$t_{\frac{1}{2}}$  van O-15 is 122 seconde. Dit is te kort, na 5 jaar is er geen activiteit meer.

$t_{\frac{1}{2}}$  van H-3 is 12,3 jaar. Dit is goed, na 5 jaar is er meetbaar verschil.

- opzoeken van de halveringstijden van de drie isotopen 1
- aangeven dat de halveringstijd van C-14 te groot is en die van O-15 te klein is 1
- conclusie dat de halveringstijd van H-3 meetbare veranderingen in de activiteit geeft 1

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

## 20 maximumscore 4

voorbeeld van een antwoord:

De energie van de  $\beta$ -straling van H-3 bedraagt 0,018 MeV.

Aflezen in de grafiek van figuur 1 geeft  $\rho R = 4 \cdot 10^{-4} \text{ g cm}^{-2}$ .

Er geldt:  $\rho_{\text{glas}} = 2,5 \text{ g cm}^{-3}$  of hoger.

Dus geldt voor de maximale waarde van de dracht:

$$R = \frac{4 \cdot 10^{-4}}{2,5} = 1,6 \cdot 10^{-4} \text{ cm.}$$

(Dit is veel minder dan de dikte van het glas. Dus komt er geen  $\beta$ -straling door het glas.)

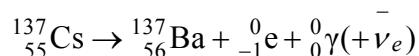
- opzoeken van de energie van de  $\beta$ -straling van H-3 1
- aflezen van de bijbehorende waarde van  $\rho R$  (met een marge van  $1 \cdot 10^4 \text{ g cm}^{-2}$ ) 1
- opzoeken van de minimale waarde voor de dichtheid van glas 1
- completeren van de berekening 1

*Opmerking*

In deze vraag significantie uiteraard niet aanrekenen.

## 21 maximumscore 3

voorbeeld van een antwoord:



- elektron en  $\gamma$ -foton rechts van de pijl 1
- Ba-137 als eindproduct 1
- aantal nucleonen links en rechts gelijk 1

*Opmerking*

De vervalvergelijking mag ook in twee stappen gegeven worden.

**22 maximumscore 3**

uitkomst:  $\lambda = 1,9 \cdot 10^{-12} \text{ m}$

voorbeeld van een berekening:

Voor de energie van het  $\gamma$ -foton geldt:

$$E_f = 1,17 - 0,51 = 0,66 \text{ MeV} = 0,66 \cdot 1,602 \cdot 10^{-13} = 1,06 \cdot 10^{-13} \text{ J.}$$

$$\text{Dan geldt voor de golflengte: } \lambda = \frac{hc}{E_f} = \frac{6,63 \cdot 10^{-34} \cdot 3,00 \cdot 10^8}{1,06 \cdot 10^{-13}} = 1,9 \cdot 10^{-12} \text{ m.}$$

- inzicht dat  $E_f$  gelijk is aan  $1,17 - 0,51 \text{ MeV}$  1
- gebruik van  $E_f = \frac{hc}{\lambda}$  1
- completeren van de berekening 1

*Opmerking*

*Als het eerste scorepunt niet behaald is, kan het derde scorepunt wel behaald worden.*

**23 maximumscore 4**

uitkomst:  $A = 2,0 \cdot 10^2 \text{ mBq} = 0,20 \text{ Bq}$

voorbeeld van een bepaling:

Uit figuur 3 volgt dat een fles wijn uit 1960 in 2000 een activiteit had van  $400 \text{ mBq L}^{-1}$ . Halverwege 2018 is dus 18,5 jaar later.

$t_{\frac{1}{2}}$  van Cs-137 bedraagt 30 jaar.

Dus geldt voor de activiteit van de wijn halverwege 2018:

$$A = A_0 \left( \frac{1}{2} \right)^{\frac{t}{t_{\frac{1}{2}}}} = 400 \left( \frac{1}{2} \right)^{\frac{18,5}{30}} = 2,6 \cdot 10^2 \text{ mBq L}^{-1}.$$

Dus geldt voor een fles van 75 cL:  $A = 2,0 \cdot 10^2 \text{ mBq} = 0,20 \text{ Bq}$ .

- gebruik van  $A = A_0 \left( \frac{1}{2} \right)^{\frac{t}{t_{\frac{1}{2}}}}$  1
- opzoeken van de halveringstijd van Cs-137 1
- inzicht dat 18,5 jaar geleden de activiteit gelijk was aan  $400 \text{ mBq L}^{-1}$  (met een marge van  $10 \text{ mBq L}^{-1}$ ) 1
- completeren van de bepaling 1

*Opmerking*

*Als de kandidaat voor het tijdsverschil 18 jaar neemt: niet aanrekenen.*

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

**24 maximumscore 1**

voorbeeld van een antwoord:

De omgerekende activiteit per liter was in meerdere jaren gelijk aan  
 $50 \text{ mBq L}^{-1}$ .

## 5 Aanleveren scores

---

Verwerk de scores van alle kandidaten per examinator in de applicatie Wolf.  
Accordeer deze gegevens voor Cito uiterlijk op 25 juni.

## natuurkunde

Het correctievoorschrift bestaat uit:

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

## 1 Regels voor de beoordeling

Het werk van de kandidaten wordt beoordeeld met inachtneming van de artikelen 41 en 42 van het Eindexamenbesluit VO.

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

Voor de beoordeling zijn de volgende aspecten van de artikelen 36, 41, 41a en 42 van het Eindexamenbesluit VO 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 examinator. Deze kijkt het werk na en zendt het met zijn beoordeling aan de directeur. De examinator past de beoordelingsnormen en de regels voor het toekennen van scorepunten toe die zijn gegeven door het College voor Toetsen en Examens.
- 2 De directeur doet de van de examinator 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 directeur van de school van de gecommitteerde toekomen. Deze stelt het ter hand aan de gecommitteerde.

- 3 De gecommitteerde 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 Toetsen en Examens.  
De gecommitteerde voegt bij het gecorrigeerde werk een verklaring betreffende de verrichte correctie. Deze verklaring wordt mede ondertekend door het bevoegd gezag van de gecommitteerde.
- 4 De examinator en de gecommitteerde stellen in onderling overleg het behaalde aantal scorepunten voor het centraal examen vast.
- 5 Indien de examinator en de gecommitteerde daarbij niet tot overeenstemming komen, wordt het geschil voorgelegd aan het bevoegd gezag van de gecommitteerde. Dit bevoegd gezag kan hierover in overleg treden met het bevoegd gezag van de examinator. Indien het geschil niet kan worden beslecht, wordt hiervan melding gemaakt aan de inspectie. De inspectie kan een derde onafhankelijke corrector aanwijzen. De beoordeling van deze derde corrector 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 Toetsen en Examens van toepassing:

- 1 De examinator 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 examinator en door de gecommitteerde scorepunten toegekend, in overeenstemming met correctievoorschrift. 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 examinator of de gecommitteerde 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 Toetsen en 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 *T.a.v. de status van het correctievoorschrift:***

Het College voor Toetsen en 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 *T.a.v. het verkeer tussen examinator en gecommitteerde (eerste en tweede corrector):***

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 *T.a.v. aanvullingen op het correctievoorschrift:*

Er zijn twee redenen voor een aanvulling op het correctievoorschrift: verduidelijking en een fout.

*Verduidelijking*

Het correctievoorschrift is vóór de afname opgesteld. Na de afname blijkt pas welke antwoorden kandidaten geven. Vragen en reacties die via het Examenloket bij de Toets- en Examenlijn binnenkomen, kunnen duidelijk maken dat het correctievoorschrift niet voldoende recht doet aan door kandidaten gegeven antwoorden. Een aanvulling op het correctievoorschrift kan dan alsnog duidelijkheid bieden.

*Een fout*

Als het College voor Toetsen en Examens vaststelt dat een centraal examen een fout bevat, kan het besluiten tot een aanvulling op het correctievoorschrift.

Een aanvulling op het correctievoorschrift wordt door middel van een mailing vanuit Examenblad.nl bekendgemaakt. Een aanvulling op het correctievoorschrift wordt zo spoedig mogelijk verstuurd aan de examensecretarissen.

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

- Als het werk al naar de tweede corrector is gezonden, past de tweede corrector deze aanvulling op het correctievoorschrift toe.  
en/of
- 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.

Dit laatste gebeurt alleen als de aanvulling luidt dat voor een vraag alle scorepunten moeten worden toegekend.

Als een onvolkomenheid op een dusdanig laat tijdstip geconstateerd wordt dat een aanvulling op het correctievoorschrift ook voor de tweede corrector te laat komt, houdt het College voor Toetsen en Examens bij de vaststelling van de N-term rekening met de onvolkomenheid.

### 3 Vakspecifieke regels

---

Voor dit examen zijn de volgende vakspecifieke regels vastgesteld:

- 1 Een afwijking in de uitkomst van een berekening/bepaling 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/bepaling 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 grootheid.

## 4 Beoordelingsmodel

---

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

### Dafne Schippers tegen Ireen Wüst

---

#### 1 maximumscore 2

uitkomst:  $\Delta v_{\text{gem}} = 0,05 \text{ ms}^{-1}$

voorbeeld van een berekening:

$$\Delta v_{\text{gem}} = \frac{100}{10,81} - \frac{100}{10,87} = 9,25 - 9,20 = 0,05 \text{ ms}^{-1}.$$

- gebruik van  $v_{\text{gem}} = \frac{\Delta x}{\Delta t}$  1
- completeren van de berekening 1

*Opmerking*

*Bij de beoordeling van deze vraag hoeft geen rekening gehouden te worden met significantie.*

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

## 2 maximumscore 3

uitkomst:  $a = 10 \text{ m s}^{-2}$  ( $8,0 \text{ m s}^{-2} \leq a \leq 15 \text{ m s}^{-2}$ )

voorbeeld van een bepaling:

De versnelling bij de start is gelijk aan de helling van de raaklijn aan de grafiek bij de start.

Tekenen van de raaklijn en aflezen levert:  $a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{12}{1,2} = 10 \text{ m s}^{-2}$ .

- inzicht dat de versnelling overeenkomt met de helling van de raaklijn 1
- gebruik van  $a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$  voor de raaklijn 1
- completeren van de bepaling 1

## 3 maximumscore 3

voorbeeld van een antwoord:

- Op  $t = 6,0 \text{ s}$  (met een marge van  $0,2 \text{ s}$ ) is de onderlinge afstand maximaal.
- Totdat Wüst en Schippers dezelfde snelheid hebben, is de snelheid van Schippers hoger en bouwt zij een voorsprong op. Na dat tijdstip wordt de voorsprong kleiner.
- Het gaat hier om de oppervlakte tussen de twee grafieken van  $t = 0$  tot het snijpunt / om het verschil in de oppervlakten onder de beide grafieken tot het snijpunt.
- aflezen van het tijdstip  $t = 6,0 \text{ s}$  (met een marge van  $0,2 \text{ s}$ ) 1
- inzicht dat tot  $t = 6,0 \text{ s}$  de snelheid van Schippers groter is dan die van Wüst en Schippers dus een voorsprong opbouwt 1
- inzicht dat deze onderlinge afstand gelijk is aan het verschil in de oppervlakten onder de beide grafieken van  $t = 0 \text{ s}$  tot het snijpunt 1

*Opmerking*

*Voor het laatste scorepunt is het niet voldoende om alleen te noemen: de oppervlakte onder de grafiek bepalen.*

## 4 maximumscore 2

voorbeeld van een antwoord:

Na  $t = 6,0 \text{ s}$  neemt de snelheid van Schippers af, het resulterend vermogen levert dan een negatieve bijdrage aan de kinetische energie. (Dit komt overeen met figuur 3.)

- inzicht dat de snelheid van Schippers na  $t = 6,0 \text{ s}$  afneemt 1
- inzicht dat afname van snelheid overeenkomt met een negatief resulterend vermogen 1

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

## 5 maximumscore 2

voorbeeld van een antwoord:

Het resulterend vermogen is het verschil tussen het vermogen dat de atlete levert en het vermogen (op  $t = 6,0$  s) dat nodig is om de wrijvingskrachten te overwinnen. Het resulterend vermogen is bij hardlopen kleiner, dus is het vermogen (op  $t = 6,0$  s) dat nodig is om de wrijvingskrachten te overwinnen groter en dus zijn de wrijvingskrachten groter bij hardlopen.

- inzicht dat  $P_{\text{res}} = P_{\text{voortstuwend}} - P_{\text{wrijving}}$  1
- consequente conclusie 1

## 6 maximumscore 3

voorbeeld van een antwoord:

- De resulterende arbeid komt overeen met de oppervlakte onder de grafiek. Deze is voor Wüst groter dan voor Schippers.
- Volgens de relatie tussen arbeid en kinetische energie geldt:  $\Sigma W = \Delta E_k$ . Omdat Wüst aan het eind van de race de grootste snelheid en dus de grootste  $E_k$  heeft, is de resulterende arbeid het grootst voor Wüst.

- inzicht dat de oppervlakte onder de grafiek overeenkomt met de resulterende arbeid 1
- inzicht in de relatie tussen arbeid en kinetische energie 1
- consequente conclusies 1

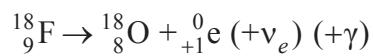
### Opmerking

*Als de kandidaat in het ene geval concludeert dat voor Schippers de resulterende arbeid het grootst is en voor Wüst in het andere geval, maximaal twee scorepunten toekennen.*

## PET samen met CLI

## 7 maximumscore 2

voorbeeld van een antwoord:



- positron rechts van de pijl 1
- consequent kloppende reactievergelijking 1

## 8 maximumscore 1

voorbeeld van een antwoord:

Het geladen deeltje is positief (een positron) want de watermoleculen richten hun negatieve kant naar de bewegende lading.

**9 maximumscore 3**

voorbeeld van een antwoord:

- In figuur 2a zijn de gerichte watermoleculen symmetrisch verdeeld (zodat het netto elektrisch veld nul is).
- In figuur 2b zijn de gerichte watermoleculen asymmetrisch verdeeld (en is er een netto elektrisch veld ongelijk aan nul).
- Het deeltje dat het netto elektrisch veld veroorzaakt beweegt. Het elektrisch veld beweegt met het bewegende deeltje mee.
  
- inzicht dat in figuur 2a de gerichte watermoleculen symmetrisch verdeeld zijn 1
- inzicht dat in figuur 2b de gerichte watermoleculen asymmetrisch verdeeld zijn 1
- inzicht dat het (netto) elektrisch veld met het bewegende deeltje meebeweegt 1

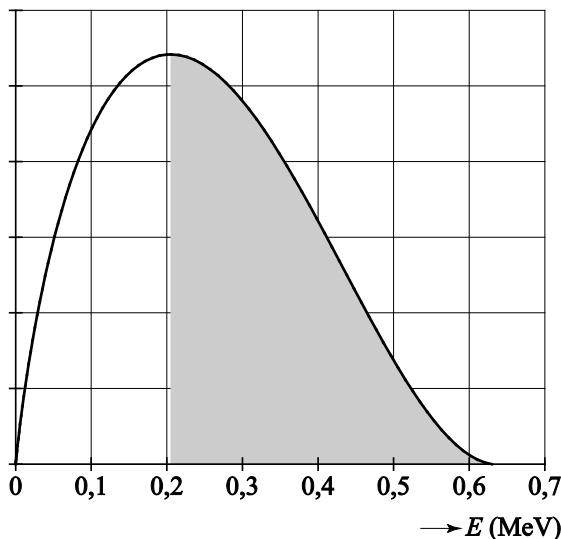
**10 maximumscore 2**

voorbeeld van een antwoord:

(De oppervlakte onder de grafiek is een maat voor het aantal positronen.)

Alleen positronen met een energie hoger dan 0,205 MeV (hebben een hogere snelheid dan  $0,70c$  en) geven Cerenkov-straling.

Dit komt overeen met de aangegeven oppervlakte. Dit is (zeker meer dan) 60%, dus antwoord c is de beste schatting.



- inzicht dat alleen positronen met een energie groter dan 0,205 MeV Cerenkov-straling geven 1
- consequente keuze 1

### 11 maximumscore 2

voorbeeld van een antwoord:

**Voorwaarde a** is noodzakelijk omdat bij de waarneming al het zichtbare licht dat niet van Cerenkov-straling afkomstig is vermeden moet worden.

**Voorwaarde b** is noodzakelijk omdat door verstrooiing en/of absorptie Cerenkov-straling van dieper gelegen organen of tumoren anders niet meer waarneembaar zal zijn.

- inzicht dat bij de waarneming al het zichtbare licht dat niet van Cerenkov-straling afkomstig is vermeden moet worden 1
- inzicht dat (door verstrooiing en/of absorptie) door tussenliggend weefsel Cerenkov-straling van dieper gelegen organen of tumoren anders niet meer waarneembaar zal zijn 1

*Opmerking*

*Als de kandidaat bij het tweede scorepunt stelt dat het dichtbij moet zijn, omdat anders door de kwadratenwet de intensiteit minder wordt, dit scorepunt toekennen.*

### 12 maximumscore 3

voorbeeld van een antwoord:

- Het positron wordt in het weefsel steeds meer afferemd, tot het langzamer gaat dan de plaatselijke snelheid van het licht en dus geen Cerenkov-straling meer produceert. Later en verderop, als het positron vrijwel alle energie heeft afgegeven, annihileert het met een elektron.
- Schatten levert:  $d_{PET} = 1,3 \text{ mm}$  (met een marge van 0,3 mm).

- inzicht dat het positron steeds langzamer gaat en dan geen Cerenkov-straling meer produceert 1
- inzicht dat het positron later annihileert 1
- schatten dat  $d_{PET} = 1,3 \text{ mm}$  (met een marge van 0,2 mm) 1

### 13 maximumscore 2

voorbeeld van een antwoord:

Het feit dat  $d_{\text{CLI}}$  kleiner is dan  $d_{\text{PET}}$  betekent dat de plaats waar de stof vervalt dichter bij de plaats ligt waar de straling vandaan komt. (Dus is de plaats waar de stof vervalt nauwkeuriger te bepalen.)

- inzicht dat de plaats waar de stof vervalt, bepaald wordt uit de plaats waar de straling vandaan komt 1
- inzicht dat bij een kleinere  $d$  de plaats waar de stof vervalt dichter bij de plaats ligt waar de straling vandaan komt 1

*Opmerking*

*Als de kandidaat als argument heeft dat CLI ook optreedt bij afstanden kleiner dan  $d_{\text{CLI}}$ , dit goed rekenen.*

## In de zon

---

### 14 maximumscore 4

voorbeeld van een antwoord:

Uit figuur 1 en 2 lezen we een intensiteitsverhouding af van

$$\frac{83 \cdot 10^3}{2,1} = 40 \cdot 10^3 \text{ (met een marge van } 4 \cdot 10^3\text{).}$$

Dit zou overeen moeten komen (volgens de kwadraatenwet) met het kwadraat van de verhouding  $\frac{\text{afstand zon aarde}}{\text{straal van de zon}}$ .

$$\text{Er geldt: } \left( \frac{\text{afstand zon aarde}}{\text{straal van de zon}} \right)^2 = \left( \frac{1,5 \cdot 10^{11}}{7,0 \cdot 10^8} \right)^2 = 46 \cdot 10^3.$$

(Het klopt dus heel aardig.)

- bepalen van intensiteitsverhouding uit figuur 1 en 2 1
- inzicht dat  $\frac{I_1}{I_2} = \left( \frac{\text{afstand zon aarde}}{\text{straal van de zon}} \right)^2$  1
- opzoeken van afstanden 1
- completeren van de bepaling 1

*Opmerkingen*

- *Als de kandidaat het tweede scorepunt niet behaald heeft, kan hij/zij het vierde scorepunt niet behalen.*
- *Bij de vraag hoeft geen rekening gehouden te worden met significantie.*

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

### 15 maximumscore 2

voorbeeld van een antwoord:

UV-C wordt nagenoeg volledig geabsorbeerd door de dampkring.

Voor UV-A is de weegfactor erg klein en zijn de schadelijke effecten dus zeer beperkt.

- inzicht dat UV-C het aardoppervlak nauwelijks bereikt 1
- inzicht dat bij UV-A de weegfactor erg klein is 1

### 16 maximumscore 4

uitkomst:  $t = 21$  (min) (met een marge van 5 (min))

voorbeeld van een bepaling:

De oppervlakte onder het biologisch effectieve spectrum geeft het totaal geabsorbeerde stralingsvermogen per  $\text{m}^2$  lichaamsoppervlak. Deze oppervlakte bestaat uit ongeveer 13 hokjes.

Elk hokje is 20 nm breed en  $0,00025 \text{ W m}^{-2} \text{ nm}^{-1}$  hoog. De oppervlakte van één hokje komt dus overeen met  $0,0050 \text{ W m}^{-2}$ . Totaal levert dit dus  $13 \cdot 0,0050 = 0,065 \text{ W m}^{-2}$ .

Voor de tijd om de norm van  $80 \text{ J m}^{-2}$  te bereiken, geldt dus:

$$t = \frac{80}{0,065} = 1231 \text{ s} = 21 \text{ min.}$$

- inzicht dat het geabsorbeerd vermogen per  $\text{m}^2$  lichaamsoppervlak overeenkomt met de oppervlakte onder de grafiek 1
- omzetten van de oppervlakte onder de grafiek in de hoeveelheid vermogen per oppervlakte in  $\text{W m}^{-2}$  1
- inzicht dat  $E = Pt$  1
- completeren van de bepaling 1

**17 maximumscore 2**

voorbeeld van een antwoord:

Het is wenselijk dat er een hele range aan golflengtes wordt geabsorbeerd door de zonnebrandcrème. Een stof met een band-gap heeft veel meer mogelijkheden om straling te absorberen (en is daardoor dus beter geschikt als bestanddeel van zonnebrandcrème).

- inzicht dat er zo veel mogelijk straling geabsorbeerd moet worden 1
- inzicht dat een band-gap-materiaal meer absorptiemogelijkheden heeft 1

**18 maximumscore 5**

voorbeeld van een antwoord:

- Uit figuur 6 volgt dat de stof golflengtes moet absorberen tot 330 nm, wat overeenkomt met een energie van 3,76 eV. Zichtbaar licht begint bij 380 nm, dus een energie van 3,26 eV, wat de stof niet mag absorberen.  
Iedere stof absorbeert energieën groter en gelijk aan de eigen band-gap energie. Deze moet dus groter zijn dan 3,26 eV en kleiner dan 3,76 eV. Alleen Titaandioxide voldoet.
- Zilveroxide heeft een te kleine band-gap energie en absorbeert dus ook zichtbaar licht  
Galliumoxide heeft een te grote band-gap energie en absorbeert dus niet het gehele UV-B.

- inzicht dat iedere stof energieën absorbeert gelijk aan en groter dan zijn band-gap energie 1
- gebruik van  $E = \frac{hc}{\lambda}$  voor omrekenen energie(ën) en golflengte(s) 1
- inzicht dat de stof golflengte van UV-B (tot 330 nm) moet absorberen maar golflengtes vanaf de minimale golflengte van het zichtbaar licht (380 – 400 nm) niet mag absorberen 1
- consequente keuze van de geschikte stof 1
- consequente uitleg voor elk van de beide andere stoffen waarom deze niet geschikt is 1

*Opmerkingen*

- Als de kandidaat voor de bovenlimiet van UV-B een waarde tussen 320 nm en 340 nm gebruikt, dit goed rekenen.
- Als de kandidaat bij de tweede deelscore een rekenfout maakt, maximaal 4 scorepunten toekennen.

## Ruiken

### 19 maximumscore 1

voorbeelden van een antwoord:

- De twee moleculen links hebben een verschillende vorm, dus passen ze in verschillende plaatsen van de receptoren. Volgens het sleutel-slot-model zouden ze dan een verschillende geur moeten hebben. Ze hebben echter dezelfde geur.
- De moleculen rechts hebben dezelfde vorm, dus ze passen in dezelfde plaatsen van de receptoren. Volgens het sleutel-slot-model zouden ze dan dezelfde geur moeten hebben. Dit hebben ze niet.
- inzicht dat in het sleutel-slot-model de vorm van het molecuul bepalend is voor de geur

1

### 20 maximumscore 2

voorbeeld van een antwoord:

Als het geurmolecuul energie opneemt, geeft het elektron energie af. Het elektron komt in A dus in het energieniveau 2,88 (eV).

- inzicht dat het elektron energie afgeeft als het geurmolecuul energie opneemt
- consequente conclusie

1

1

### 21 maximumscore 3

uitkomst:  $f = 2,9 \cdot 10^{13}$  Hz

voorbeeld van een bepaling:

De grootte van de energiestap is gelijk aan  $hf$ .

Invullen levert:  $(3,00 - 2,88) \cdot 1,60 \cdot 10^{-19} = 6,63 \cdot 10^{-34} f$ .

$$\text{Dus geldt: } f = \frac{0,12 \cdot 1,60 \cdot 10^{-19}}{6,63 \cdot 10^{-34}} = 2,9 \cdot 10^{13} \text{ Hz.}$$

- inzicht dat de grootte van de energiestap gelijk is aan  $hf$
- omrekenen van energie(verschil) naar joule
- completeren van de bepaling

1

1

1

#### *Opmerking*

*Als de kandidaat bij vraag 20 antwoordt dat het elektron naar het hogere energieniveau gaat, dit in deze vraag niet opnieuw aanrekenen.*

## 22 maximumscore 2

voorbeeld van een antwoord:

Deuterium heeft een andere massa en dus heeft het massa-veer-systeem een andere frequentie dan bij gewoon waterstof.

Daarom zullen de energieovergangen bij deuterium anders zijn dan die van gewoon waterstof. (Daarmee is het een ondersteuning van het model van Turin.)

- inzicht dat deuterium een andere massa heeft en het massa-veer-systeem dus een andere frequentie heeft 1
- inzicht dat daarom de energieovergangen bij deuterium anders zullen zijn 1

## 23 maximumscore 4

voorbeelden van een antwoord:

methode 1

– Er geldt:  $\frac{f_{\text{deuterium}}}{f_{\text{waterstof}}} = \frac{T_{\text{waterstof}}}{T_{\text{deuterium}}}$ .

Ook geldt: 
$$\frac{T_{\text{waterstof}}}{T_{\text{deuterium}}} = \frac{\frac{2\pi\sqrt{\frac{m_{^1\text{H}}}{C}}}{2\pi\sqrt{\frac{m_{^2\text{H}}}{C}}}}{\frac{2\pi\sqrt{\frac{m_{^1\text{H}}}{C}}}{2\pi\sqrt{\frac{m_{^2\text{H}}}{C}}}} = \frac{\sqrt{m_{\text{waterstof}}}}{\sqrt{m_{\text{deuterium}}}} = \frac{1}{\sqrt{2}}$$
.

Dus geldt: 
$$\frac{f_{\text{deuterium}}}{f_{\text{waterstof}}} = \frac{T_{\text{waterstof}}}{T_{\text{deuterium}}} = \frac{1}{\sqrt{2}}$$
.

- Voor de factor waarmee de energieniveaus bij  $\text{C}-^1\text{H}$  vermenigvuldigd moeten worden om de energieniveaus bij  $\text{C}-^2\text{H}$ -te krijgen, geldt:

$$\frac{E_{\text{deuterium}}}{E_{\text{waterstof}}} = \frac{hf_{\text{deuterium}}(n + \frac{1}{2})}{hf_{\text{waterstof}}(n + \frac{1}{2})} = \frac{f_{\text{deuterium}}}{f_{\text{waterstof}}}$$

Dus geldt ook 
$$\frac{\Delta E_{\text{deuterium}}}{\Delta E_{\text{waterstof}}} = \frac{f_{\text{deuterium}}}{f_{\text{waterstof}}}$$
.

Energieput III is goed omdat alle niveaus met een factor  $\frac{1}{\sqrt{2}}$  vermenigvuldigd zijn.

of

methode 2

- Er geldt:  $\frac{f_{\text{deuterium}}}{f_{\text{waterstof}}} = \frac{T_{\text{waterstof}}}{T_{\text{deuterium}}}.$

$$\text{Ook geldt: } \frac{T_{\text{waterstof}}}{T_{\text{deuterium}}} = \frac{2\pi\sqrt{\frac{m_{^1\text{H}}}{C}}}{2\pi\sqrt{\frac{m_{^2\text{H}}}{C}}} = \frac{\sqrt{m_{\text{waterstof}}}}{\sqrt{m_{\text{deuterium}}}} = \frac{1}{\sqrt{2}}.$$

$$\text{Dus geldt: } \frac{f_{\text{deuterium}}}{f_{\text{waterstof}}} = \frac{T_{\text{waterstof}}}{T_{\text{deuterium}}} = \frac{1}{\sqrt{2}}.$$

- Voor de factor waarmee de energiestap bij de  $\text{C}-^1\text{H}$  vermenigvuldigd moet worden om de energiestap bij  $\text{C}-^2\text{H}$  -te krijgen, geldt:

$$\frac{\Delta E_{\text{deuterium}}}{\Delta E_{\text{waterstof}}} = \frac{f_{\text{deuterium}}}{f_{\text{waterstof}}}.$$

Energieput III is goed omdat alle niveaus met een factor  $\frac{1}{\sqrt{2}}$  vermenigvuldigd zijn.

- inzicht dat  $T \sim \sqrt{m}$  / gebruik van  $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{C}}$  1
- completeren van de afleiding 1
- inzicht dat geldt  $\frac{E_{\text{deuterium}}}{E_{\text{waterstof}}} = \frac{f_{\text{deuterium}}}{f_{\text{waterstof}}}$  of  $\frac{\Delta E_{\text{deuterium}}}{\Delta E_{\text{waterstof}}} = \frac{f_{\text{deuterium}}}{f_{\text{waterstof}}}$  1
- keuze voor energieput III 1

## 24 maximumscore 1

voorbeeld van een antwoord:

De energieniveaus / energievergiffen van het vervangende molecuul moeten (deels) gelijk zijn aan de energieniveaus / energievergiffen van het oorspronkelijke molecuul.

## Aardlekschakelaar

### 25 maximumscore 4

uitkomst:  $I = 10 \text{ A}$

voorbeeld van een berekening:

Voor de doorsnede van de koperdraad geldt:

$$A = \frac{1}{4}\pi d^2 = \frac{1}{4}\pi \cdot (0,20 \cdot 10^{-3})^2 = 3,14 \cdot 10^{-8} \text{ m}^2.$$

Voor de weerstand van het verwarmingselement geldt dan:

$$R = \rho \frac{\ell}{A} = 17 \cdot 10^{-9} \cdot \frac{42}{3,14 \cdot 10^{-8}} = 22,7 \Omega.$$

Voor de stroomsterkte door de schakeling geldt dan:

$$I = \frac{U}{R} = \frac{230}{22,7} = 10 \text{ A}.$$

- gebruik van  $R = \rho \frac{\ell}{A}$  en opzoeken van  $\rho$  1
- gebruik van  $A = \frac{1}{4}\pi d^2$  of  $A = \pi r^2$  met  $r = \frac{1}{2}d$  1
- gebruik van  $U = IR$  1
- completeren van de berekening 1

### 26 maximumscore 3

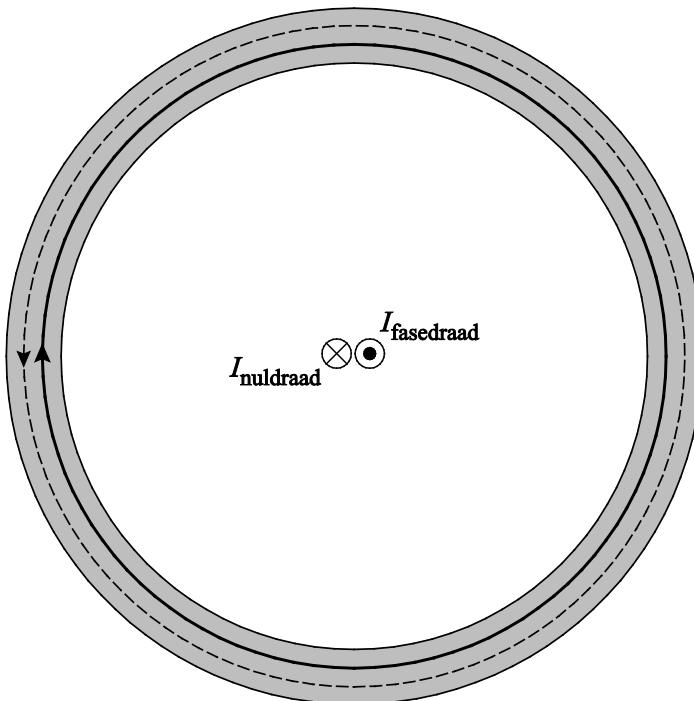
voorbeeld van een antwoord:

- Er geldt:  $U = IR$ . Dit levert voor de grootte van de weerstand bij de gegeven stroomsterkte:  $R_{\text{lek}} = \frac{U}{I_{\text{lek}}} = \frac{230}{0,030} = 7,7 \cdot 10^3 \Omega$ .
- De aardlekschakelaar moet werken bij stroomsterktes groter dan deze waarde, dus bij weerstanden kleiner dan deze waarde.
  
- gebruik van  $U = IR$  1
- completeren van de berekening 1
- inzicht dat de aardlekschakelaar reageert bij weerstanden kleiner dan de berekende waarde 1

**27 maximumscore 3**

voorbeeld van een antwoord:

-



- De grootte van het magnetisch veld wordt bepaald door de stroomsterkte in de draad en de afstand tot deze draad. De afstand tot beide draden is in de ring gelijk, zo ook de stroomsterkten in de draden. Het magnetisch veld dat veroorzaakt wordt door de fasedraad zal even groot zijn en tegengesteld gericht aan het magnetisch veld dat veroorzaakt wordt door de nuldraad. De twee magneetvelden heffen elkaar daarbij op.
- Als er sprake is van een lekstroom zullen de groottes van beide magneetvelden niet meer gelijk zijn aan elkaar. Er ontstaat dan een netto magnetisch veld in de ijzeren ring.
- juiste richtingen van de magnetische veldlijnen van de fasedraad en de nuldraad in de ijzeren ring 1
- inzicht dat bij gelijke stroomsterkten de twee magneetvelden in de ring elkaar opheffen 1
- inzicht in het ontstaan van een netto magneetveld bij een verschil in stroomsterkte 1

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

## 28 maximumscore 3

voorbeeld van een antwoord:

- (elektromagnetische) inductie
- De aardlekschakelaar is gevoeliger als bij een kleiner magneetveld de stroom wordt onderbroken. Een kleinere fluxverandering moet een even grote inductiespanning geven.

Omdat voor de inductiespanning geldt:  $U_{\text{ind}} \propto N$  en  $U_{\text{ind}} \propto \frac{d\Phi}{dt}$ , zal een groter aantal windingen het gewenste resultaat geven.

- inzicht in het ontstaan van een inductiespanning / inzicht in het principe van elektromagnetische inductie 1
- inzicht dat er een kleinere verandering in het magneetveld en dus een kleinere fluxverandering is 1
- inzicht dat de inductiespanning toeneemt met het aantal windingen en consequente conclusie 1

## 5 Aanleveren scores

---

Verwerk de scores van de alfabetisch eerste vijf kandidaten per examinator in de applicatie Wolf. Accordeer deze gegevens voor Cito uiterlijk op 31 mei.

Meteen aansluitend op deze datum start Cito met de analyse van de examens.

Ook na 31 mei kunt u nog tot en met 11 juni gegevens voor Cito accorderen. Deze gegevens worden niet meer meegenomen in de hierboven genoemde analyses, maar worden wel meegenomen bij het genereren van de groepsrapportage.

Na accordering voor Cito kunt u in Wolf de gegevens nog wijzigen om ze vervolgens vrij te geven voor het overleg met de externe corrector. Deze optie is relevant als u Wolf ook gebruikt voor uitwisseling van de gegevens met de externe corrector.

### tweede tijdvak

Ook in het tweede tijdvak wordt de normering mede gebaseerd op door kandidaten behaalde scores. Wissel te zijner tijd ook voor al uw tweede-tijdvak-kandidaten de scores uit met Cito via Wolf. Dit geldt **niet** voor de aangewezen vakken.

## natuurkunde

Het correctievoorschrift bestaat uit:

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

### 1 Regels voor de beoordeling

Het werk van de kandidaten wordt beoordeeld met inachtneming van de artikelen 41 en 42 van het Eindexamenbesluit VO.

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

Voor de beoordeling zijn de volgende aspecten van de artikelen 36, 41, 41a en 42 van het Eindexamenbesluit VO 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 examinator. Deze kijkt het werk na en zendt het met zijn beoordeling aan de directeur. De examinator past de beoordelingsnormen en de regels voor het toekennen van scorepunten toe die zijn gegeven door het College voor Toetsen en Examens.
- 2 De directeur doet de van de examinator 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 directeur van de school van de gecommitteerde toekomen. Deze stelt het ter hand aan de gecommitteerde.

- 3 De gecommitteerde 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 Toetsen en Examens.  
De gecommitteerde voegt bij het gecorrigeerde werk een verklaring betreffende de verrichte correctie. Deze verklaring wordt mede ondertekend door het bevoegd gezag van de gecommitteerde.
- 4 De examinator en de gecommitteerde stellen in onderling overleg het behaalde aantal scorepunten voor het centraal examen vast.
- 5 Indien de examinator en de gecommitteerde daarbij niet tot overeenstemming komen, wordt het geschil voorgelegd aan het bevoegd gezag van de gecommitteerde. Dit bevoegd gezag kan hierover in overleg treden met het bevoegd gezag van de examinator. Indien het geschil niet kan worden beslecht, wordt hiervan melding gemaakt aan de inspectie. De inspectie kan een derde onafhankelijke corrector aanwijzen. De beoordeling van deze derde corrector 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 Toetsen en Examens van toepassing:

- 1 De examinator 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 examinator en door de gecommitteerde scorepunten toegekend, in overeenstemming met correctievoorschrift. 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 examinator of de gecommitteerde 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 Toetsen en 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 *T.a.v. de status van het correctievoorschrift:***

Het College voor Toetsen en 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 *T.a.v. het verkeer tussen examinator en gecommitteerde (eerste en tweede corrector):***

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 *T.a.v. aanvullingen op het correctievoorschrift:*

Er zijn twee redenen voor een aanvulling op het correctievoorschrift: verduidelijking en een fout.

*Verduidelijking*

Het correctievoorschrift is vóór de afname opgesteld. Na de afname blijkt pas welke antwoorden kandidaten geven. Vragen en reacties die via het Examenloket bij de Toets- en Examenlijn binnenkomen, kunnen duidelijk maken dat het correctievoorschrift niet voldoende recht doet aan door kandidaten gegeven antwoorden. Een aanvulling op het correctievoorschrift kan dan alsnog duidelijkheid bieden.

*Een fout*

Als het College voor Toetsen en Examens vaststelt dat een centraal examen een fout bevat, kan het besluiten tot een aanvulling op het correctievoorschrift.

Een aanvulling op het correctievoorschrift wordt door middel van een mailing vanuit Examenblad.nl bekendgemaakt. Een aanvulling op het correctievoorschrift wordt zo spoedig mogelijk verstuurd aan de examensecretarissen.

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

- Als het werk al naar de tweede corrector is gezonden, past de tweede corrector deze aanvulling op het correctievoorschrift toe.  
en/of
- 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.

Dit laatste gebeurt alleen als de aanvulling luidt dat voor een vraag alle scorepunten moeten worden toegekend.

Als een onvolkomenheid op een dusdanig laat tijdstip geconstateerd wordt dat een aanvulling op het correctievoorschrift ook voor de tweede corrector te laat komt, houdt het College voor Toetsen en Examens bij de vaststelling van de N-term rekening met de onvolkomenheid.

### 3 Vakspecifieke regels

---

Voor dit examen zijn de volgende vakspecifieke regels vastgesteld:

- 1 Een afwijking in de uitkomst van een berekening/bepaling 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/bepaling 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 grootheid.

## 4 Beoordelingsmodel

---

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

### Pariser Kanone

---

#### 1 maximumscore 3

uitkomst:  $L = 34 \text{ m}$  (met een marge van 2 m)

voorbeeld van een bepaling:

De lengte van de loop is gelijk aan de door de granaat afgelegde weg. Deze volgt uit de oppervlakte onder de grafiek van figuur 2a:  $L = 34 \pm 2 \text{ m}$ .

- inzicht dat de oppervlakte onder de grafieklijn gevraagd wordt 1
- bepalen van de oppervlakte onder de grafiek 1
- completeren van de bepaling 1

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

## 2 maximumscore 5

voorbeeld van een antwoord:

Aflezen in figuur 2b op  $t = 0,01$  s levert:  $F_{\text{res}} = 6,6 \cdot 10^6$  N.

Aflezen in figuur 2a van de helling van de raaklijn op  $t = 0,01$  s levert:

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{1,8 \cdot 10^3}{0,034 - 0,0035} = 5,90 \cdot 10^4 \text{ m s}^{-2}.$$

Er geldt:  $F_{\text{res}} = ma$ . Invullen levert:  $m = \frac{F_{\text{res}}}{a} = \frac{6,6 \cdot 10^6}{5,90 \cdot 10^4} = 112$  kg.

Het verschilpercentage met de waarde uit de tabel is

$$\frac{112 - 106}{106} = 0,057 = 5,7\%. \text{ (Dit valt binnen de marge van 10\%.)}$$

- inzicht dat in beide figuren afgelezen moet worden op hetzelfde tijdstip 1
- gebruik van  $F_{\text{res}} = ma$  1
- gebruik van  $a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$  (voor de raaklijn) in figuur 2a 1
- uitrekenen van het verschilpercentage 1
- completeren van de bepaling 1

### Opmerkingen

- De bepaling mag op elk tijdstip in de grafieken gedaan worden.
- Als de kandidaat geen eenheid geeft bij de berekening van de massa, dit niet aanrekenen.
- Bij deze vraag hoeft geen rekening gehouden te worden met significantie.

### 3 maximumscore 4

uitkomst:  $\eta = 0,26 = 26\%$

voorbeeld van een berekening:

Bij het ontbranden van 180 kg buskruit komt  $180 \cdot 3,0 \cdot 10^6 = 5,4 \cdot 10^8$  J energie vrij. Deze energie wordt omgezet in onder andere kinetische energie van de granaat.

Daarvoor geldt:  $E_k = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2} \cdot 106 \cdot 1640^2 = 1,43 \cdot 10^8$  J.

Dus geldt:  $\eta = \frac{E_k}{E_{ch}} = \frac{1,43 \cdot 10^8}{5,4 \cdot 10^8} = 0,26 = 26\%$ .

- inzicht dat  $\eta = \frac{E_k}{E_{ch}}$  1
- gebruik van  $E_{ch} = r_m m$  1
- gebruik van  $E_k = \frac{1}{2}mv^2$  1
- completeren van de berekening 1

*Opmerkingen*

- Als de kandidaat de massa gebruikt die hij/zij berekend heeft in vraag 2, dit niet aanrekenen.
- Als de kandidaat bij de nuttige energie toch rekening houdt met de toename van de zwaarte-energie, dit niet aanrekenen.

### 4 maximumscore 4

voorbeeld van een antwoord:

- Het model moet stoppen als de granaat de grond raakt.
- (In de y-richting werkt, naast een luchtweerstand, ook de zwaartekracht op de granaat, in negatieve richting:)  $F_y = -F_z - F_{wy}$ .
- $A = \pi r^2 = \pi \cdot 0,10^2 = 3,1 \cdot 10^{-2}$  ( $\text{m}^2$ ).

- inzicht dat het model moet stoppen als de granaat de grond raakt 1
- inzicht dat  $F_y = -F_z - F_{wy}$  1
- gebruik van  $A = \pi r^2$  1
- completeren van de berekening 1

*Opmerkingen*

- De formulering van de antwoorden hoeft niet volgens de afspraken van een computermodel te zijn.
- Bij de beantwoording hoeven geen modelregels gebruikt te worden.
- Bij de waarde voor A hoeft de eenheid niet gegeven te worden.

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

## 5 maximumscore 2

voorbeeld van een antwoord:

De granaat komt terug op de grond met een lagere snelheid in de  $y$ -richting dan dat hij weggeschoten wordt (zonder rekening te houden met de richting van de snelheid). De absolute waarde van de steilheid van de raaklijn is in figuur 4a aan het eind kleiner dan aan het begin.

Hieruit volgt dat figuur 4a het  $(y,t)$ -diagram is.

- inzicht dat de granaat met een kleinere snelheid in de  $y$ -richting terugkomt dan dat hij is weggeschoten 1
- consequente conclusie 1

## 6 maximumscore 3

voorbeeld van een antwoord:

- De granaat heeft gedurende de hele vlucht een snelheid in de  $x$ -richting.
- Tijdens de val werken er twee krachten op de granaat, de zwaartekracht en de luchtwrijving. (Doordat de dichtheid van de atmosfeer toeneemt bij het naar beneden gaan zal ook de luchtwrijving groter worden, bij dezelfde snelheid.) De granaat zal door de grote luchtwrijving een resulterende kracht tegen de bewegingsrichting ondervinden. De granaat vertraagt daardoor.

- inzicht dat de granaat gedurende de hele vlucht een snelheid in de  $x$ -richting heeft 1
- inzicht dat de luchtwrijving groot is (bij dezelfde snelheid) (als de luchtdichtheid toeneemt) 1
- inzicht dat er daardoor (een component van) de resulterende kracht tegen de bewegingsrichting is 1

## 7 maximumscore 3

voorbeeld van een antwoord:

- De oppervlakte onder de grafieklijn geeft de lengte van de baan van de granaat. Fabian wil echter de horizontale afstand die de granaat aflegt, bepalen.
- Aangezien de baan van de granaat een kromme is, zal de lengte van de baan groter zijn dan de gezochte afstand. Fabian komt uit op een te grote afstand.

- inzicht dat de oppervlakte onder de grafieklijn de lengte van de baan van de granaat is 1
- inzicht dat het niet over deze baanlengte gaat, maar over de horizontale afstand 1
- consequente conclusie 1

*Opmerking*

*Een antwoord uitgaande van het inzicht dat  $v_x < v$  goed rekenen.*

## Elektrische gitaar

### 8 maximumscore 2

voorbeeld van een antwoord:



- inzicht dat aan de onderkant van de snaar zuidpolen ontstaan 1
- inzicht dat aan de bovenzijde van de snaar polen ontstaan tegengesteld aan de polen aan de onderzijde 1

*Opmerking*

*Als de kandidaat in plaats van de letter Z de letter S gebruikt, dit niet aanrekenen.*

### 9 maximumscore 3

voorbeeld van een antwoord:

De schakeling is een spanningsdelingsschakeling. Om een kleinere spanning naar de versterker te sturen moet de weerstand parallel aan de versterker kleiner worden. Dus moet de knop linksom ( $L$ ) gedraaid worden.

- inzicht dat er sprake is van spanningsdeling 1
- inzicht dat de weerstand parallel aan de versterker kleiner moet worden 1
- consequente conclusie 1

### 10 maximumscore 5

voorbeeld van een antwoord:

De massa van de snaar geldt:

$$m = \rho V = \rho \left( \frac{1}{4} \pi d^2 \ell \right) = 7,8 \cdot 10^3 \left( \frac{1}{4} \pi \cdot (1,42 \cdot 10^{-3})^2 \cdot 0,645 \right) = 7,97 \cdot 10^{-3} \text{ kg.}$$

De golfsnelheid in de snaar kan vervolgens berekend worden:

$$v = \sqrt{\frac{F\ell}{m}} = \sqrt{\frac{1,5 \cdot 10^2 \cdot 0,645}{7,97 \cdot 10^{-3}}} = 110 \text{ m s}^{-1}.$$

Er is sprake van de grondtoon en dus geldt voor de golflengte in de snaar:

$$\ell = \frac{1}{2} \lambda \rightarrow \lambda = 2\ell = 2 \cdot 0,645 = 1,29 \text{ m.}$$

Voor de frequentie van de toon geldt dan:

$$f = \frac{v}{\lambda} = \frac{110}{1,29} = 85 \text{ Hz.}$$

- gebruik van  $m = \rho V$  1
- gebruik van  $V = \frac{1}{4} \pi d^2 \ell$  1
- inzicht dat voor de grondtoon geldt  $\ell = \frac{1}{2} \lambda$  1
- gebruik van  $v = \lambda f$  1
- completeren van de berekening 1

#### *Opmerkingen*

- Als de kandidaat voor de dichtheid de waarde voor een andere staalsoort kiest, dit niet aanrekenen.
- Als de kandidaat voor de dichtheid van roestvrij staal de waarde  $7,9 \cdot 10^3 \text{ kg m}^{-3}$  gebruikt, dit goed rekenen
- Als de kandidaat de eenheid niet noteert, dit niet aanrekenen.
- Bij deze vraag hoeft geen rekening gehouden te worden met significantie.

### 11 maximumscore 2

voorbeeld van een antwoord:

In 0,050 s zijn 4,25 trillingen te herkennen. Voor de trillingstijd geldt dan:

$$T = \frac{0,050}{4,25} = 0,0118 \text{ s. De frequentie bedraagt } f = \frac{1}{T} = \frac{1}{0,0118} = 85 \text{ Hz (met}$$

een marge van 1 Hz)

(Deze frequentie komt overeen met de frequentie van de grondtoon van de E-snaar.)

- gebruik van  $f = \frac{1}{T}$  en aflezen van de trillingstijd 1
- completeren van de bepaling 1

## 12 maximumscore 2

voorbeelden van een antwoord:

Als de (gemagnetiseerde) snaar door de evenwichtsstand beweegt, is de snelheid en dus de fluxverandering per tijdseenheid het grootst.

Er geldt:  $U_{\text{ind}} \propto \frac{d\Phi}{dt}$ . Hieruit volgt dat de opgewekte spanning dan het grootst is.

- inzicht dat de snelheid van de trillende snaar maximaal is in de evenwichtsstand

1

- inzicht dat  $U_{\text{ind}} \propto \frac{d\Phi}{dt}$

1

## 13 maximumscore 3

voorbeeld van een antwoord:

Bij één trilling in de  $z$ -richting wordt de flux één keer groter en kleiner.

Bij één trilling in de  $y$ -richting wordt de flux twee keer groter en kleiner.

(Het element reageert op fluxveranderingen.) Het element levert dus in één trilling van de snaar twee trillingen in de spanning.

- inzicht dat bij één trilling in de  $z$ -richting de flux één keer groter en kleiner wordt

1

- inzicht dat bij één trilling in de  $y$ -richting de flux twee keer groter en kleiner wordt

1

- inzicht in het gevolg van deze verdubbeling voor de spanning

1

## 14 maximumscore 3

voorbeeld van een antwoord:

Een boventoon wordt niet (of nauwelijks) gedetecteerd als de amplitude van de snaar boven het element (nagenoeg) gelijk is aan 0. Er zal zich dan dus een knoop van de boventoon boven het element bevinden.

De afstand op de foto van element 1 tot aan de brug bedraagt 2,8 cm. De afstand van de brug tot de topkam bedraagt op de foto 11,3 cm.

De verhouding tussen deze twee waarden is  $\frac{11,3}{2,8} = 4,0$ .

Er bevinden zich bij de laagste boventoon die het element niet detecteert dus 4 halve golflengten op de snaar. Dus is het juiste antwoord: b derde boventoon.

- inzicht dat er een knoop boven het element zal liggen

1

- inzicht dat de verhouding tussen de afstand van het element tot de brug en de afstand van de brug tot de topkam bepaald moet worden

1

- completeren van de bepaling en consequente keuze

1

## Elektronendiffractie

### 15 maximumscore 3

voorbeeld van een antwoord:

Er geldt:  $\lambda = \frac{h}{p} = \frac{h}{mv}$ . Bovendien geldt dat de toename in kinetische energie gelijk is aan de afname van de elektrische energie. In formule:  $\frac{1}{2}mv^2 = eU$ .

Omschrijven levert:  $v = \sqrt{\frac{2eU}{m}}$ . Invullen in de eerste formule geeft de gevraagde formule:  $\lambda = \frac{h}{\sqrt{2emU}}$ .

- inzicht dat  $\lambda = \frac{h}{p} = \frac{h}{mv}$  1
- inzicht dat  $\frac{1}{2}mv^2 = eU$  1
- completeren van de afleiding 1

### 16 maximumscore 2

uitkomst:  $\lambda = 1,7 \cdot 10^{-11} \text{ m}$

voorbeeld van een berekening:

Er geldt:  $\lambda = \frac{h}{\sqrt{2emU}}$ .

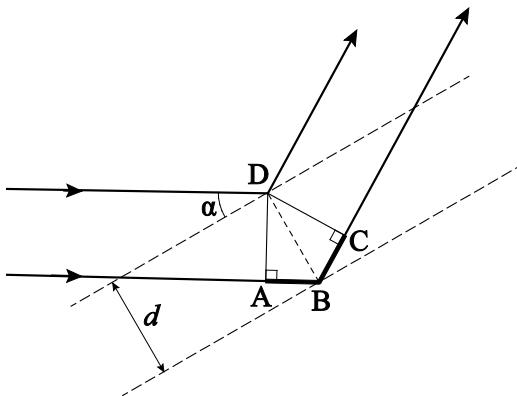
Invullen levert:  $\lambda = \frac{6,63 \cdot 10^{-34}}{\sqrt{2 \cdot 1,60 \cdot 10^{-19} \cdot 9,11 \cdot 10^{-31} \cdot 5,0 \cdot 10^3}} = 1,7 \cdot 10^{-11} \text{ m}$

- opzoeken van  $h$ ,  $m$  en  $e$  1
- completeren van de berekening 1

**17 maximumscore 4**

voorbeeld van een antwoord:

- De dikke lijnen geven het verschil in weglengte aan:



- Constructieve interferentie treedt op als het weglengteverschil gelijk is aan een geheel aantal maal de golflengte:  $\Delta s = n\lambda$ .

$$\text{Er geldt: } \sin \alpha = \frac{AB}{BD} = \frac{\frac{1}{2} \Delta s}{d}.$$

Voor het weglengteverschil geldt dan:  $\Delta s = 2d \sin \alpha$ .

Combineren levert formule (2).

- aangeven van het verschil in weglengte in de figuur 1
- inzicht dat  $\Delta s = n\lambda$  1
- inzicht dat  $\sin \alpha = \frac{AB}{BD}$  1
- completeren van de afleiding 1

**18 maximumscore 2**

voorbeeld van een antwoord:

Ook voor de verschillende ringen geldt:  $2d \sin \alpha = n\lambda$ . Dus als  $\lambda$  hetzelfde blijft, is bij kleinere  $d$  de waarde van  $\sin \alpha$  groter. Dus is de hoek groter. Dus hoort  $d_1$  bij de buitenste ring.

- inzicht dat voor de ringen geldt  $2d \sin \alpha = n\lambda$  1
- consequente conclusie 1

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

### 19 maximumscore 2

voorbeeld van een antwoord:

Bij lage versnelspanningen (krijgen de elektronen een lagere snelheid en) wordt de debroglie-golfelengte te groot om interferentie te zien. De debroglie-golfelengte moet kleiner zijn dan  $2d$ .

- inzicht dat de debroglie-golfelengte groter wordt bij een lagere versnelspanning 1
- inzicht dat de debroglie-golfelengte kleiner moet zijn dan  $2d$  1

*Opmerkingen*

- Als de kandidaat voor het tweede scorepunt antwoordt:  $\sin \alpha$  wordt groter dan 1, dit goed rekenen.
- Als de kandidaat bij het tweede scorepunt antwoordt dat de debroglie-golfelengte in de orde van grootte moet zijn van de afstanden tussen de lijnen, dit goed rekenen.

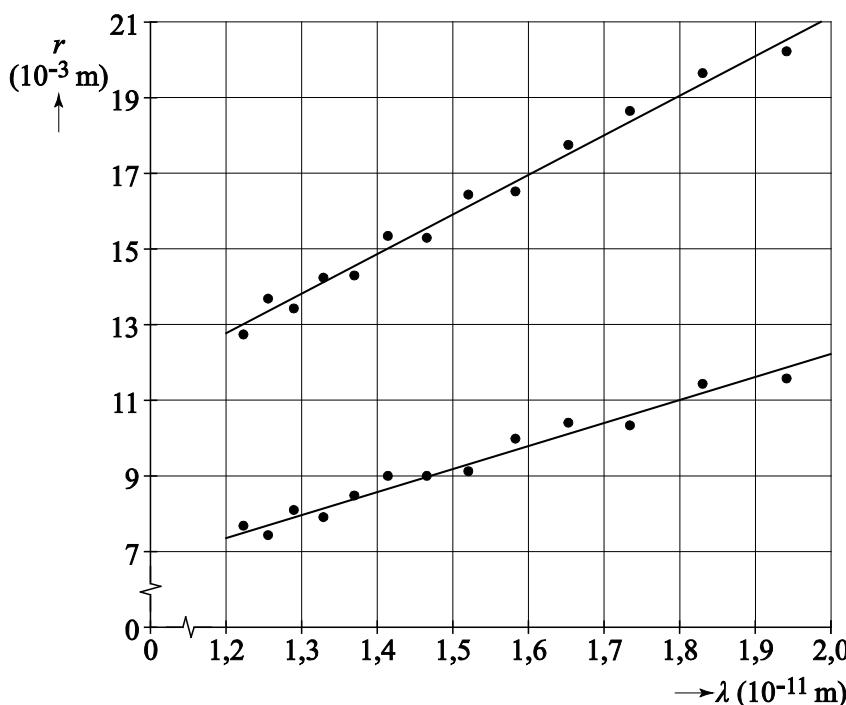
**20 maximumscore 4**

uitkomst :  $d = 1,2 \cdot 10^{-10} \text{ m}$  (met een marge van  $0,2 \cdot 10^{-10} \text{ m}$ )

voorbeeld van een bepaling:

Door de punten is een lijn te tekenen.

De helling van de lijn is gelijk aan  $\frac{2R}{d}$ .



Voor de bovenste lijn geldt dan:

$$\text{helling} = \frac{0,021 - 0,013}{1,98 \cdot 10^{-11} - 1,22 \cdot 10^{-11}} = 1,05 \cdot 10^9 = \frac{2R}{d}.$$

$$\text{Omschrijven levert: } d = \frac{2 \cdot 65 \cdot 10^{-3}}{1,05 \cdot 10^9} = 1,2 \cdot 10^{-10} \text{ m.}$$

- tekenen van een lijn door de punten 1
- inzicht dat voor de helling van de lijn geldt: helling =  $\frac{2R}{d}$  1
- aflezen van de helling in de figuur op de uitwerkbijlage / aflezen van een punt op de lijn 1
- completeren van de bepaling 1

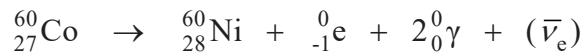
#### Opmerking

Als de kandidaat een punt neemt dat niet op de lijn ligt, het derde scorepunt niet toekennen.

## Gamma-chirurgie

### 21 maximumscore 3

voorbeeld van een antwoord:



- elektron (en anti-neutrino) rechts van de pijl 1
- inzicht in het vrijkomen van twee  $\gamma$ -fotonen 1
- nikkel-60 als vervalproduct mits verkregen via een kloppende reactievergelijking 1

### 22 maximumscore 3

uitkomst:  $\lambda_2 = 9,32 \cdot 10^{-13}$  m

voorbeeld van een berekening:

Voor de energie van foton  $\gamma_2$  geldt:  $E_{\gamma_2} = 1,33$  MeV.

Voor de golflengte geldt:

$$E_{\gamma_2} = \frac{hc}{\lambda_2} \rightarrow \lambda_2 = \frac{hc}{E_{\gamma_2}} = \frac{6,626 \cdot 10^{-34} \cdot 2,998 \cdot 10^8}{1,33 \cdot 1,602 \cdot 10^{-13}} = 9,32 \cdot 10^{-13} \text{ m.}$$

- gebruik van  $E = \frac{hc}{\lambda}$  1
- fotonenergie in joule 1
- completeren van de berekening 1

**23 maximumscore 4**

uitkomst:  $m = 2,6 \cdot 10^{-5}$  kg

voorbeeld van een berekening:

Het aantal atoomkernen kan berekend worden met behulp van de activiteit:

$$A = \frac{\ln 2}{t_{\frac{1}{2}}} N \rightarrow N = \frac{At_{\frac{1}{2}}}{\ln 2}.$$

Voor de halveringstijd van cobalt-60 geldt:  $t_{\frac{1}{2}} = 5,27$  jr  $= 1,66 \cdot 10^8$  s.

Voor het aantal atoomkernen geldt daarmee:

$$N = \frac{At_{\frac{1}{2}}}{\ln 2} = \frac{1,1 \cdot 10^{12} \cdot 1,66 \cdot 10^8}{\ln 2} = 2,64 \cdot 10^{20}.$$

De massa van het cobalt-60 in een bron kan berekend worden met de atoommassa:  $m = Nm_{at} = 2,64 \cdot 10^{20} \cdot 60 \cdot 1,66 \cdot 10^{-27} = 2,6 \cdot 10^{-5}$  kg.

- gebruik van  $A = \frac{\ln 2}{t_{\frac{1}{2}}} N$  1
- opzoeken van de halveringstijd van cobalt-60 1
- inzicht dat  $m = Nm_{at}$  1
- completeren van de berekening 1

**24 maximumscore 5**

uitkomst:  $t = 1,5 \cdot 10^3$  s (= 25 min)

voorbeeld van een berekening:

Voor het volume van de bolvormige tumor geldt:

$$V = \frac{4}{3} \pi r^3 = \frac{4}{3} \pi \cdot (0,015)^3 = 1,41 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3.$$

De massa van de tumor bedraagt dan:

$$m = \rho V = 0,998 \cdot 10^3 \cdot 1,41 \cdot 10^{-5} = 0,0141 \text{ kg.}$$

Per radioactief verval van cobalt-60 komen twee  $\gamma$ -fotonen vrij: een  $\gamma$ -foton met een energie van  $1,48 - 0,31 = 1,17 \text{ MeV}$  en een  $\gamma$ -foton met een energie van  $1,33 \text{ MeV}$ . Per verval komt er dus  $2,50 \text{ MeV}$  aan energie vrij in de vorm van  $\gamma$ -straling.

De hoeveelheid geabsorbeerde energie in de tumor in één seconde bedraagt:

$$E = 3,5 \cdot 10^9 \cdot 2,50 \cdot 1,602 \cdot 10^{-13} = 1,40 \cdot 10^{-3} \text{ J.}$$

Voor de stralingsdosis in één seconde geldt dan:

$$D = \frac{E}{m} = \frac{1,40 \cdot 10^{-3}}{0,0141} = 0,0994 \text{ Gy.}$$

Voor de tijd die de patiënt bestraald moet worden, geldt dan:

$$t = \frac{150}{0,0994} = 1,5 \cdot 10^3 \text{ s (= 25 min).}$$

- gebruik van  $m = \rho V$  1
- gebruik van  $V = \frac{4}{3} \pi r^3$  1
- inzicht dat de energie per verval gelijk is aan de optelling van de twee  $\gamma$ -foton-energieën 1
- gebruik van  $D = \frac{E}{m}$  1
- completeren van de berekening 1

*Opmerking*

Als de kandidaat voor water uitgaat van  $\rho = 1,0 \cdot 10^3 \text{ kg m}^{-3}$ , dit goed rekenen.

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

## 25 maximumscore 2

voorbeeld van een antwoord:

Vanwege het radioactieve verval van cobalt-60 zal de activiteit in de loop van de tijd afnemen. (Dit betekent dat er minder energie zal worden uitgestraald door de bronnen en er dus ook minder energie zal worden geabsorbeerd door de tumor.) Dit kan gecompenseerd worden door een langere bestralingstijd.

- inzicht in een afname van de activiteit van de radioactieve bronnen 1
- consequente conclusie 1

## 5 Aanleveren scores

---

Verwerk de scores van alle kandidaten per examinator in de applicatie Wolf.  
Accordeer deze gegevens voor Cito uiterlijk op 24 juni.

## **natuurkunde**

Het correctievoorschrift bestaat uit:

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

## **1 Regels voor de beoordeling**

Het werk van de kandidaten wordt beoordeeld met inachtneming van de artikelen 41 en 42 van het Eindexamenbesluit VO.

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

Voor de beoordeling zijn de volgende aspecten van de artikelen 36, 41, 41a en 42 van het Eindexamenbesluit VO 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 examinator. Deze kijkt het werk na en zendt het met zijn beoordeling aan de directeur. De examinator past de beoordelingsnormen en de regels voor het toekennen van scorepunten toe die zijn gegeven door het College voor Toetsen en Examens.
- 2 De directeur doet de van de examinator 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 directeur van de school van de gecommitteerde toekomen. Deze stelt het ter hand aan de gecommitteerde.

- 3 De gecommitteerde 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 Toetsen en Examens.  
De gecommitteerde voegt bij het gecorrigeerde werk een verklaring betreffende de verrichte correctie. Deze verklaring wordt mede ondertekend door het bevoegd gezag van de gecommitteerde.
- 4 De examinator en de gecommitteerde stellen in onderling overleg het behaalde aantal scorepunten voor het centraal examen vast.
- 5 Indien de examinator en de gecommitteerde daarbij niet tot overeenstemming komen, wordt het geschil voorgelegd aan het bevoegd gezag van de gecommitteerde. Dit bevoegd gezag kan hierover in overleg treden met het bevoegd gezag van de examinator. Indien het geschil niet kan worden beslecht, wordt hiervan melding gemaakt aan de inspectie. De inspectie kan een derde onafhankelijke corrector aanwijzen. De beoordeling van deze derde corrector 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 Toetsen en Examens van toepassing:

- 1 De examinator 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 examinator en door de gecommitteerde scorepunten toegekend, in overeenstemming met correctievoorschrift. 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. Als het antwoord op een andere manier is gegeven, maar onomstotelijk vaststaat dat het juist is, dan moet dit antwoord ook goed gerekend worden. Voor het juiste 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 examinator of de gecommitteerde 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 Toetsen en 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 *T.a.v. de status van het correctievoorschrift:*

Het College voor Toetsen en 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 T.a.v. het verkeer tussen examinator en gecommitteerde (eerste en tweede corrector):**  
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 T.a.v. aanvullingen op het correctievoorschrift:**

Er zijn twee redenen voor een aanvulling op het correctievoorschrift: verduidelijking en een fout.

*Verduidelijking*

Het correctievoorschrift is vóór de afname opgesteld. Na de afname blijkt pas welke antwoorden kandidaten geven. Vragen en reacties die via het Examenloket bij de Toets- en Examenlijn binnenkomen, kunnen duidelijk maken dat het correctievoorschrift niet voldoende recht doet aan door kandidaten gegeven antwoorden. Een aanvulling op het correctievoorschrift kan dan alsnog duidelijkheid bieden.

*Een fout*

Als het College voor Toetsen en Examens vaststelt dat een centraal examen een fout bevat, kan het besluiten tot een aanvulling op het correctievoorschrift.

Een aanvulling op het correctievoorschrift wordt door middel van een mailing vanuit Examenblad.nl bekendgemaakt. Een aanvulling op het correctievoorschrift wordt zo spoedig mogelijk verstuurd aan de examensecretarissen.

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

- Als het werk al naar de tweede corrector is gezonden, past de tweede corrector deze aanvulling op het correctievoorschrift toe.  
en/of
- 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.

Dit laatste gebeurt alleen als de aanvulling luidt dat voor een vraag alle scorepunten moeten worden toegekend.

Als een onvolkomenheid op een dusdanig laat tijdstip geconstateerd wordt dat een aanvulling op het correctievoorschrift ook voor de tweede corrector te laat komt, houdt het College voor Toetsen en Examens bij de vaststelling van de N-term rekening met de onvolkomenheid.

### **3 Vakspecifieke regels**

---

Voor dit examen zijn de volgende vakspecifieke regels vastgesteld:

- 1 Een afwijking in de uitkomst van een berekening/bepaling 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/bepaling 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 grootheid.

## 4 Beoordelingsmodel

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

### Planck

#### 1 maximumscore 1

voorbeelden van een antwoord:

- De aardatmosfeer laat niet alle straling uit het microgolfgebied door.
- De condities van de aardatmosfeer verschillen in de tijd.
- In de atmosfeer is te veel microgolfstraling uit de omgeving aanwezig.

#### 2 maximumscore 2

voorbeeld van een antwoord:

- De maximale waarde wordt bereikt bij  $|x| = r_{\text{aarde}}$ .
- De maximale waarde van  $a_{g, \text{aarde}}$  is  $9,8 \text{ m s}^{-2}$ .

- inzicht dat de maximale waarde wordt bereikt bij  $|x| = r_{\text{aarde}}$  1
- inzicht dat de maximale waarde van  $a_{g, \text{aarde}}$  gelijk is aan  $9,8 (\text{m s}^{-2})$  1

#### Opmerking

Bij de beoordeling van deze vraag hoeft geen rekening gehouden te worden met significantie.

#### 3 maximumscore 3

voorbeeld van een antwoord:

De gravitatieversnelling ten gevolge van de zon,  $a_{g, \text{zon}}$ , wordt niet beïnvloed door de aanwezigheid van de aarde. De grafieklijn loopt vrijwel rechtdoor. De gravitatieversnelling ten gevolge van de aarde,  $a_{g, \text{aarde}}$ , verandert van richting bij positieve waarden van  $x$  en wordt dus negatief. Het juiste antwoord is grafiek IV.

- inzicht dat  $a_{g, \text{zon}}$  niet beïnvloed wordt door de aanwezigheid van de aarde 1
- inzicht dat het teken van  $a_{g, \text{aarde}}$  verandert als je van negatieve naar positieve waarden van  $x$  gaat 1
- consequente keuze voor de grafiek 1

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

#### 4 maximumscore 4

voorbeeld van een antwoord:

Er geldt:  $F_{g, \text{hemellichaam}} = F_{\text{mpz}}$ , met  $F_{\text{mpz}} = \frac{mv^2}{r}$  en  $F_{g, \text{hemellichaam}} = m a$ .

Voor de omloopsnelheid geldt:  $v = \frac{2\pi r}{T}$ .

Invullen geeft:  $F_{g, \text{hemellichaam}} = \frac{4\pi^2 mr}{T^2}$ , en dus:  $a = \frac{4\pi^2 r}{T^2}$ .

Omschrijven geeft:  $T = 2\pi\sqrt{\frac{r}{a}}$ .

- inzicht dat  $F_g = F_{\text{mpz}}$  1
- gebruik van  $F_{\text{mpz}} = \frac{mv^2}{r}$  en  $F = m a$  1
- gebruik van  $v = \frac{2\pi r}{T}$  1
- completeren van de afleiding 1

#### 5 maximumscore 2

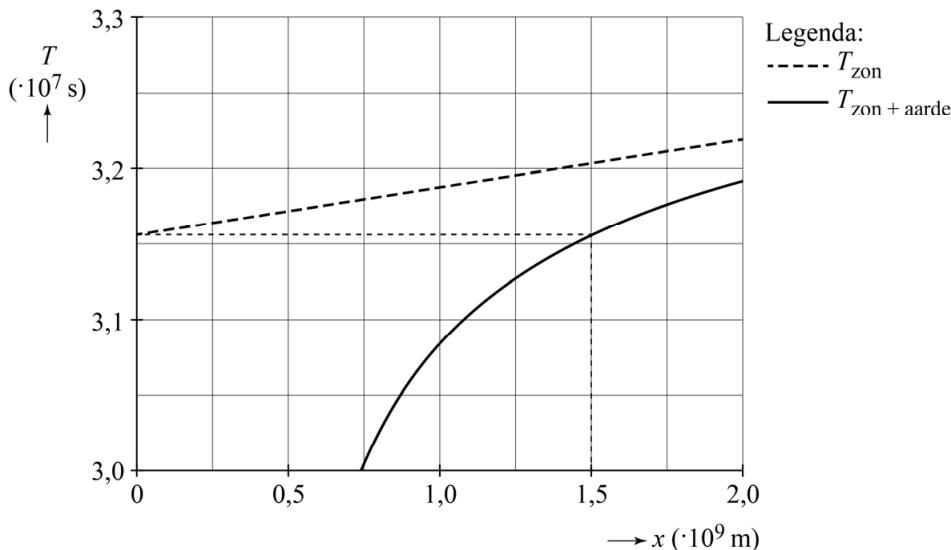
voorbeeld van een antwoord:

Als  $T$  gelijk moet zijn bij een grotere waarde van  $r$ , dan zal ook  $a_{g, \text{res}}$  groter moeten zijn. Bij waarden van  $r$  groter dan de baanstraal van de aarde zijn  $a_{g, \text{zon}}$  en  $a_{g, \text{aarde}}$  gelijk gericht. De grootte van de resulterende versnelling zal dus groter zijn dan de grootte van  $a_{g, \text{zon}}$ .

- inzicht dat bij een grotere waarde van  $r$  ook  $a_{g, \text{res}}$  groter moet worden 1
- inzicht dat in het Lagrange punt L<sub>2</sub>  $a_{g, \text{zon}}$  en  $a_{g, \text{aarde}}$  gelijk gericht zijn, waardoor  $a_{g, \text{res}}$  in het Lagrange punt L<sub>2</sub> groter zal zijn (dan op aarde) 1

**6 maximumscore 3**uitkomst:  $x = 1,5 \cdot 10^9$  m (met een marge van  $0,1 \cdot 10^9$  m)

voorbeeld van een bepaling:



De omlooptijd van de aarde om de zon is te bepalen door de grafieklijn  $T_{\text{zon}}$  af te lezen bij  $x = 0$  ( $T = 3,16 \cdot 10^7$  s). De omlooptijd in het Lagrange punt  $L_2$  is gelijk aan de omlooptijd van de aarde. In het Lagrange punt  $L_2$  wordt de omlooptijd bepaald door het gravitatieveld van aarde plus zon. Op  $x = 1,5 \cdot 10^9$  m is de omlooptijd van een satelliet gelijk aan die van de aarde.

- inzicht dat de omlooptijd van de aarde af te lezen is op de grafieklijn van  $T_{\text{zon}}$  bij  $x = 0$  1
- inzicht dat de grafieklijn  $T_{\text{zon+aarde}}$  bij de omlooptijd van de aarde moet worden afgelezen 1
- completeren van de bepaling 1

*Opmerking*

*Als de kandidaat voor de omlooptijd van de aarde om de zon een waarde gebaseerd op 365 dagen of een waarde uit een tabellenboek gebruikt, dit niet aanrekenen.*

### 7 maximumscore 3

uitkomst:  $T = 2,76 \text{ K}$  ( $2,40 \text{ K} \leq T \leq 2,80 \text{ K}$ )

voorbeeld van een bepaling:

Het maximum van de grafiek ligt bij:  $\lambda_{\max} = 1,05 \text{ mm}$ .

Met de wet van Wien,  $\lambda_{\max} T = k_W$ , is de bijbehorende temperatuur uit te rekenen.

$$\text{Dit geeft: } T = \frac{k_W}{\lambda_{\max}} = \frac{2,898 \cdot 10^{-3}}{1,05 \cdot 10^{-3}} = 2,76 \text{ K}.$$

- aflezen van  $\lambda_{\max}$  1
- gebruik van  $\lambda_{\max} T = k_W$  1
- completeren van de bepaling 1

## Cirkelgolf

---

### 8 maximumscore 2

voorbeeld van een antwoord:

In figuur 2 is te zien dat de (halve) golflengte op de lus niet overal gelijk is.

De frequentie is echter constant. Omdat geldt dat  $v = f\lambda$  kan dit alleen verklaard worden met een golfsnelheid in de lus die niet overal gelijk is.

- inzicht dat  $v = f\lambda$  met benoemen van de constante frequentie 1
- inzicht dat de (halve) golflengte op de lus niet overal gelijk is 1

### 9 maximumscore 4

uitkomst:  $v = 21 \text{ m s}^{-1}$

voorbeeld van een bepaling:

In de lus zijn vijf buiken te zien. Er bevindt zich dus  $\frac{5}{2}\lambda$  in de lus.

Voor het gemiddelde van de golflengte geldt dan:

$$\lambda = \frac{2\pi d}{5} = \frac{2\pi \cdot 0,245}{5} = 0,308 \text{ m}.$$

Voor de gemiddelde golfsnelheid geldt dan:  $v = f\lambda = 69 \cdot 0,308 = 21 \text{ m s}^{-1}$

- inzicht dat er zich  $\frac{5}{2}\lambda$  in de lus bevindt 1
- gebruik van  $l = \pi \cdot d$  1
- gebruik van  $v = f\lambda$  1
- completeren van de bepaling 1

### 10 maximumscore 3

voorbeeld van een antwoord:

- Het trillingsapparaat zorgt ervoor dat er twee lopende golven ontstaan in de lus: één in de richting van de wijzers van de klok en één in de tegengestelde richting. Deze golven hebben bij het trillingsapparaat een faseverschil ten opzichte van elkaar van 0 en bereiken op hetzelfde moment het bovenste punt van de lus. (De beide golven hebben op dat moment dezelfde afstand afgelegd.) In het bovenste punt van de lus moet dus altijd sprake zijn van een faseverschil 0 en dus constructieve interferentie.
- Omdat er een knoop zit bij het trillingsapparaat en een buik in het bovenste punt van de lus, is het alleen mogelijk om een oneven aantal knopen (of buiken) in de lus te realiseren.
  
- inzicht dat de beide golven tegelijkertijd (vertrekken bij het trillingsapparaat en) aankomen in het bovenste punt van de lus 1
- inzicht dat de golven in het bovenste punt van de lus (nog steeds) faseverschil 0 hebben 1
- benoemen dat met bovenin een buik en onderin een knoop het aantal buiken altijd oneven moet zijn 1

### 11 maximumscore 3

voorbeeld van een antwoord:

De metingen 1 en 4 kunnen met elkaar vergeleken worden. Het aantal buiken in meting 4 is een factor 3 groter dan het aantal buiken in meting 1. De frequentie is niet een factor 3 groter (en dus is er geen recht evenredig verband).

- inzicht in de voorwaarden voor een recht evenredig verband 1
- inzicht dat de verhouding van twee verschillende frequenties vergeleken moet worden met de verhouding van de twee bijbehorende aantallen buiken 1
- completeren van de berekeningen 1

#### *Opmerking*

*Bij de beoordeling van deze vraag hoeft geen rekening gehouden te worden met significantie.*

## 12 maximumscore 5

uitkomst:  $c = 3,18 \text{ s}^{-1}$  (met een marge van  $0,05 \text{ s}^{-1}$ )

voorbeeld van een antwoord:

- Op de horizontale as staat:  $n^2$  (-).
- Op de verticale as staat:  $f$  (Hz).
- De waarde voor de constante  $c$  in de formule volgt uit de helling van de trendlijn. Dus:  $c = \frac{350}{110} = 3,18 \text{ s}^{-1}$ .

- inzicht dat  $n^2$  staat uitgezet op de horizontale as van de grafiek 1
- inzicht dat  $f$  in Hz staat uitgezet op de verticale as van de grafiek 1
- inzicht dat  $c$  gelijk is aan de helling van de trendlijn 1
- consequent bepalen van de eenheid 1
- completeren van de bepaling 1

*Opmerkingen*

- Als de kandidaat het antwoord noteert in meer of minder dan drie significante cijfers, het laatste scorepunt niet toekennen.
- Als de kandidaat het vierde scorepunt niet behaald heeft, kan hij/zij het vijfde scorepunt nog behalen.

## 13 maximumscore 3

voorbeeld van een antwoord:

- Het aantal buiken is een telwaarde. Deze waarde heeft geen invloed op het aantal significante cijfers. (Roland heeft dus geen gelijk.)

- De constante  $c$  wordt bepaald uit meerdere meetwaardes die (na een coördinatentransformatie) liggen op een rechte trendlijn. Dit vergroot de nauwkeurigheid van de bepaling. (Daarom is de gedachte van Arno verdedigbaar om een significant cijfer meer te gebruiken.)

- benoemen dat de telwaarde geen invloed heeft op het aantal significante cijfers 1
- inzicht dat de constante bepaald wordt uit meerdere meetwaardes 1
- inzicht dat de meetwaarden op een rechte lijn liggen (na coördinatentransformatie) 1

## Alfanuclidetherapie

### 14 maximumscore 2

voorbeeld van een antwoord:

$$[LET\text{-waarde}] = \frac{[E]}{[x]} = \frac{\text{Nm}}{\text{m}} = \text{N}$$

- inzicht dat  $[E] = \text{Nm}$  1
- completeren van de afleiding 1

### 15 maximumscore 2

voorbeeld van een antwoord:

Naarmate een alfadeeltje verder doordringt / naar rechts gaat, neemt de snelheid ervan af. (Het deeltje geeft immers energie af aan het water.) Bij het verder doordringen in het water neemt de *LET*-waarde toe. Een alfadeeltje heeft dus de hoogste *LET*-waarde bij lagere snelheden.

- inzicht dat de *LET*-waarde toeneemt als het deeltje verder doordringt in het water 1
- inzicht dat de snelheid afneemt als het deeltje verder doordringt in het water 1

### 16 maximumscore 4

voorbeeld van een antwoord:

- Het oppervlak onder de grafiek is een maat voor de kinetische energie bij binnengang. Het oppervlak onder grafiek I is kleiner dan dat onder grafiek II.
- Deeltjes met een hogere snelheid bij binnengang dringen dieper het water in. Alfadeeltjes van alfastraler I hebben een kleinere dracht ( $48 \mu\text{m}$ ) dan alfadeeltjes van alfastraler II ( $86 \mu\text{m}$ ).
  
- benoemen van het verschil in oppervlak onder de grafieklijnen 1
- inzicht dat een kleiner oppervlak onder de grafiek een lagere kinetische energie betekent 1
- benoemen van het verschil in dracht 1
- inzicht dat een lagere snelheid leidt tot een kleinere dracht 1

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

### 17 maximumscore 2

voorbeeld van een antwoord:

Wanneer de dochterkern loskomt van de dragerstof kan deze door het lichaam gaan zwerven. Doordat de dochterkern óók instabiel is, kan deze zo gezond weefsel bestralen.

- inzicht (impliciet) dat de dochterkernen zich door het lichaam kunnen verspreiden 1
- inzicht dat er hierdoor gezond weefsel bestraald wordt 1

*Opmerking*

*Als de kandidaat antwoordt dat de tumor minder straling ontvangt wanneer de dochterkernen van Actinium-225 losschieten, dit goed rekenen.*

### 18 maximumscore 5

voorbeeld van een antwoord:

- Uit  $E_k = \frac{1}{2}mv^2$  en  $p = mv$  volgt dat  $p = m\sqrt{\frac{2E_k}{m}} = \sqrt{2E_k m}$ .
- $m_{\text{alfa}} = 4,00 \text{ u}$ ,  $m_e = 5,49 \cdot 10^{-4} \text{ u}$ , dus de massa van een alfadeeltje is 7286 maal die van een elektron. Hieruit volgt dat de impuls van een alfadeeltje  $\sqrt{7286} = 85$  maal zo groot is als die van een elektron.

- gebruik  $E_k = \frac{1}{2}mv^2$  met  $p = mv$  1
- completeren van de afleiding 1
- inzicht dat de gevraagde verhouding gelijk is aan  $\sqrt{\frac{m_{\text{alfa}}}{m_e}}$  1
- opzoeken van de massa's van een alfadeeltje en een elektron 1
- completeren van de berekening 1

*Opmerking*

*Bij de beoordeling van deze vraag hoeft geen rekening gehouden te worden met significantie.*

**19 maximumscore 4**

uitkomst:  $m = 4,7 \cdot 10^{-17} \text{ kg}$

voorbeeld van een berekening:

$$\text{Er geldt: } A = \frac{\ln 2}{t_{\frac{1}{2}}} N.$$

Voor de hoeveelheid atomen Actinium-225 in één polymeersoom volgt:

$$N = A \frac{t_{\frac{1}{2}}}{\ln 2} = 1,0 \cdot 10^2 \cdot \frac{8,64 \cdot 10^5}{\ln 2} = 1,25 \cdot 10^8.$$

Voor de totale massa geldt dan:

$$m = N m_{Ac} = 1,25 \cdot 10^8 \cdot 225 \cdot 1,66 \cdot 10^{-27} = 4,7 \cdot 10^{-17} \text{ kg}.$$

- gebruik van  $A = \frac{\ln 2}{t_{\frac{1}{2}}} N$  1
- opzoeken van de halfwaardetijd van Actinium-225 1
- inzicht dat  $m = N m_{Ac}$  1
- completeren van de berekening 1

**20 maximumscore 4**

uitkomst: 4,8

voorbeeld van een antwoord:

- Het dosisequivalent wordt met name bepaald door het alfaverval. De alfadeeltjes hebben een grotere weegfactor én veel meer energie.
- Gedurende de vervalreeks vindt er vier keer alfaverval plaats. Hierbij komt  $5,8 + 6,3 + 7,1 + 8,4 = 27,6 \text{ MeV}$  vrij.

Dat is:  $\frac{27,6}{5,8} = 4,8$  keer zo veel.

- benoemen grotere weegfactor van de alfadeeltjes / groter doordringend vermogen van de bètadeeltjes 1
- benoemen grotere energie van de alfadeeltjes 1
- inzicht dat de totale energie van de vrijkomende alfadeeltjes vergeleken moet worden met de energie van het eerste alfadeeltje 1
- completeren van de bepaling 1

## Zonnepanelen

### 21 maximumscore 3

voorbeeld van een berekening:

Aflezen in figuur 3 bij  $U=0,50\text{ V}$  geeft  $P=1,35\text{ W}$ .

Er geldt:  $P=U \cdot I$ ,

$$\text{invullen levert: } I = \frac{P}{U} = \frac{1,35}{0,50} = 2,7\text{ A.}$$

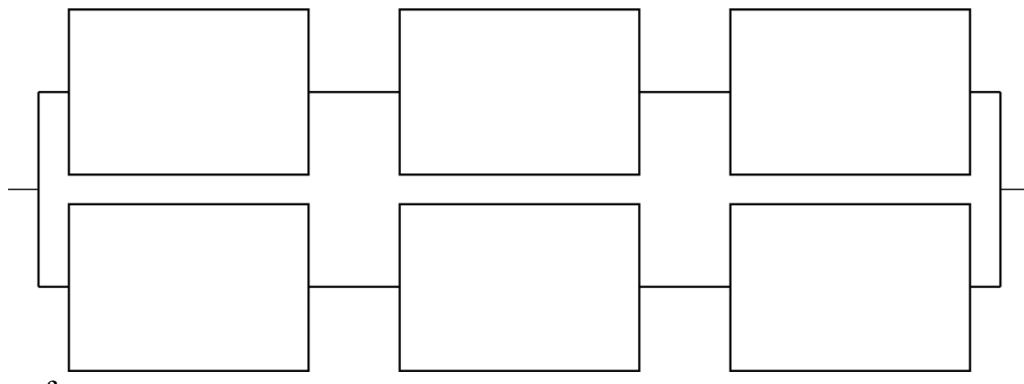
- gebruik van  $P=U \cdot I$  1
- aflezen van  $P$  uit figuur 3 met een marge van 0,02 W 1
- completeren van de berekening 1

### 22 maximumscore 5

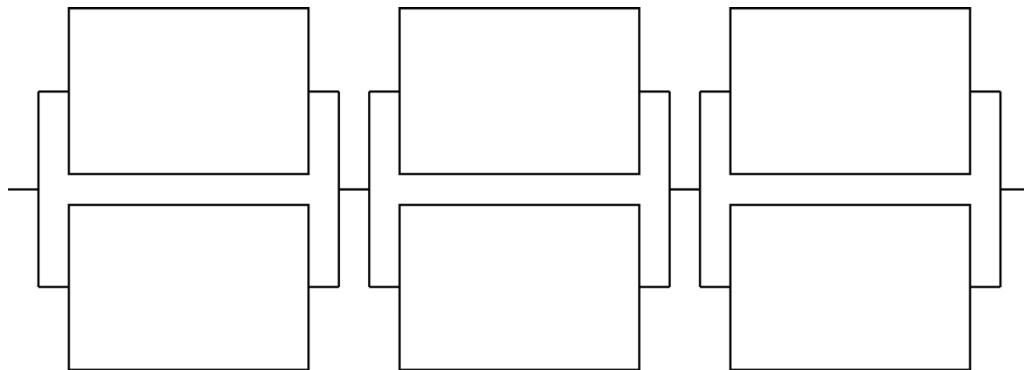
uitkomst:  $I=5,4\text{ A}$

voorbeeld van een antwoord:

- Er staan 24 zonnecellen met een spanning van 0,50 V in serie.  
Dit geeft:  $U=24 \cdot 0,50=12\text{ V}$ .
- (De spanning moet 36 V zijn en de stroomsterkte door ieder paneel moet hetzelfde zijn. Dit betekent dat er 3 panelen in serie staan en twee series van 3 panelen parallel / dat er 3 groepen van 2 parallel geschakelde panelen in serie staan.)



of



- (Een paneel levert een stroomsterkte van 2,7 A. Iedere serie van panelen levert dus ook 2,7 A. Er staan twee series van drie panelen parallel / er staan drie groepen van twee parallel geschakelde panelen in serie.) Dus geldt voor de stroomsterkte die de set panelen levert:  
 $I = 2 \cdot 2,7 = 5,4 \text{ A}$ .

- gebruik van de spanningsregel bij serieschakeling 1
- inzicht dat drie (groepen van) panelen in serie staan 1
- inzicht dat de stroomsterkte door elk paneel gelijk moet zijn 1
- consequent gebruik van de stroomregels 1
- completeren van de berekeningen 1

#### *Opmerking*

*Als een niet naar behoren werkende schakeling is getekend, bijvoorbeeld door extra verbindingen: maximaal vier scorepunten toekennen.*

**23 maximumscore 2**

voorbeeld van een antwoord:

- In beide gevallen maakt één foton één elektron los.
- Bij een halfgeleider blijft het elektron op het moment van losmaken in het materiaal; bij het foto-elektrisch effect verlaat het elektron het materiaal.
  
- benoemen dat in beide gevallen fotonen elektronen losmaken 1
- benoemen dat bij een halfgeleider het elektron op het moment van losmaken het materiaal niet verlaat en bij het foto-elektrisch effect wel 1

**24 maximumscore 3**

uitkomst:  $\lambda = 1,13 \cdot 10^{-6}$  m

voorbeeld van een bepaling:

De waarde van de bandgap van silicium is 1,10 eV.

Dit is gelijk aan de (minimale) energie van het foton.

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

$$\text{Invullen geeft: } 1,10 \cdot 1,602 \cdot 10^{-19} = \frac{6,626 \cdot 10^{-34} \cdot 2,998 \cdot 10^8}{\lambda}.$$

Dit geeft als maximale golflengte:  $\lambda = 1,13 \cdot 10^{-6}$  m.

- gebruik van  $E_f = \frac{hc}{\lambda}$  met  $E_f = 1,10$  eV 1
- omrekenen van eV naar J 1
- completeren van de bepaling 1

**25 maximumscore 4**

voorbeeld van een antwoord:

–

ZnS
ZnSe
CdTe
(silicium)

- De stof met de grootste bandgap absorbeert fotonen met de meeste energie. Fotonen met de meeste energie moeten als eerste geabsorbeerd worden (om te voorkomen dat deze fotonen zorgen voor rendementsverlies in lager liggend materiaal). Dus moet de stof met de grootste bandgap bovenop.
- Vervolgens komen de andere stoffen met een bandgap groter dan die van silicium, waarbij van boven naar beneden de bandgap steeds kleiner wordt. Dan is er maar één mogelijke oplossing.
  
- keuze van de juiste stoffen 1
- keuze van de juiste volgorde 1
- inzicht dat bij een grote bandgap fotonen met veel energie geabsorbeerd worden 1
- inzicht dat fotonen met de meeste energie het eerst geabsorbeerd moeten worden 1

*Opmerking*

*Als de kandidaat alleen de eerste deelstreep beantwoordt en geen toelichting geeft, maximaal 2 scorepunten toekennen.*

## **5 Aanleveren scores**

---

Verwerk de scores van de alfabetisch eerste vijf kandidaten per examinator in de applicatie Wolf. Cito gebruikt deze gegevens voor de analyse van de examens. Om de gegevens voor dit doel met Cito uit te wisselen dient u ze uiterlijk op 4 juni te accorderen.

Ook na 4 juni kunt u nog tot en met 9 juni gegevens voor Cito accorderen. Deze gegevens worden niet meer meegenomen in de hierboven genoemde analyses, maar worden wel meegenomen bij het genereren van de groepsrapportage.

Na accordering voor Cito kunt u in Wolf de gegevens nog wijzigen om ze vervolgens vrij te geven voor het overleg met de externe corrector. Deze optie is relevant als u Wolf ook gebruikt voor uitwisseling van de gegevens met de externe corrector.

## natuurkunde

Het correctievoorschrift bestaat uit:

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

## 1 Regels voor de beoordeling

Het werk van de kandidaten wordt beoordeeld met inachtneming van de artikelen 41 en 42 van het Eindexamenbesluit VO.

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

Voor de beoordeling zijn de volgende aspecten van de artikelen 36, 41, 41a en 42 van het Eindexamenbesluit VO 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 examinator. Deze kijkt het werk na en zendt het met zijn beoordeling aan de directeur. De examinator past de beoordelingsnormen en de regels voor het toekennen van scorepunten toe die zijn gegeven door het College voor Toetsen en Examens.
- 2 De directeur doet de van de examinator ontvangen stukken met een exemplaar van de opgaven, de beoordelingsnormen, het proces-verbaal en de regels voor het bepalen van de score onverwijd aan de directeur van de school van de gecommitteerde toekomen. Deze stelt het ter hand aan de gecommitteerde.

- 3 De gecommitteerde 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 Toetsen en Examens.  
De gecommitteerde voegt bij het gecorrigeerde werk een verklaring betreffende de verrichte correctie. Deze verklaring wordt mede ondertekend door het bevoegd gezag van de gecommitteerde.
- 4 De examinator en de gecommitteerde stellen in onderling overleg het behaalde aantal scorepunten voor het centraal examen vast.
- 5 Indien de examinator en de gecommitteerde daarbij niet tot overeenstemming komen, wordt het geschil voorgelegd aan het bevoegd gezag van de gecommitteerde. Dit bevoegd gezag kan hierover in overleg treden met het bevoegd gezag van de examinator. Indien het geschil niet kan worden beslecht, wordt hiervan melding gemaakt aan de inspectie. De inspectie kan een derde onafhankelijke corrector aanwijzen. De beoordeling van deze derde corrector 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 Toetsen en Examens van toepassing:

- 1 De examinator 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 examinator en door de gecommitteerde scorepunten toegekend, in overeenstemming met correctievoorschrift. 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. Als het antwoord op een andere manier is gegeven, maar onomstotelijk vaststaat dat het juist is, dan moet dit antwoord ook goed gerekend worden. Voor het juiste 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 examinator of de gecommitteerde 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 Toetsen en 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 *T.a.v. de status van het correctievoorschrift:*

Het College voor Toetsen en 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 T.a.v. het verkeer tussen examinator en gecommitteerde (eerste en tweede corrector):**  
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 T.a.v. aanvullingen op het correctievoorschrift:**

Er zijn twee redenen voor een aanvulling op het correctievoorschrift: verduidelijking en een fout.

*Verduidelijking*

Het correctievoorschrift is vóór de afname opgesteld. Na de afname blijkt pas welke antwoorden kandidaten geven. Vragen en reacties die via het Examenloket bij de Toets- en Examenlijn binnenkomen, kunnen duidelijk maken dat het correctievoorschrift niet voldoende recht doet aan door kandidaten gegeven antwoorden. Een aanvulling op het correctievoorschrift kan dan alsnog duidelijkheid bieden.

*Een fout*

Als het College voor Toetsen en Examens vaststelt dat een centraal examen een fout bevat, kan het besluiten tot een aanvulling op het correctievoorschrift.

Een aanvulling op het correctievoorschrift wordt door middel van een mailing vanuit Examenblad.nl bekendgemaakt. Een aanvulling op het correctievoorschrift wordt zo spoedig mogelijk verstuurd aan de examensecretarissen.

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

- Als het werk al naar de tweede corrector is gezonden, past de tweede corrector deze aanvulling op het correctievoorschrift toe.  
en/of
- 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.

Dit laatste gebeurt alleen als de aanvulling luidt dat voor een vraag alle scorepunten moeten worden toegekend.

Als een onvolkomenheid op een dusdanig laat tijdstip geconstateerd wordt dat een aanvulling op het correctievoorschrift ook voor de tweede corrector te laat komt, houdt het College voor Toetsen en Examens bij de vaststelling van de N-term rekening met de onvolkomenheid.

### **3 Vakspecifieke regels**

---

Voor dit examen zijn de volgende vakspecifieke regels vastgesteld:

- 1 Een afwijking in de uitkomst van een berekening/bepaling 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/bepaling 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 grootheid.

## 4 Beoordelingsmodel

Vraag

Antwoord

Scores

### Looping

#### 1 maximumscore 3

uitkomst:  $h = 39,4 \text{ m}$

voorbeeld van een berekening:

methode 1

Voor het berekenen van de minimale hoogte geldt dat de wrijvingskracht te verwaarlozen is. Voor de wet van behoud van energie geldt dan:

$$mgh = \frac{1}{2}mv^2 \Leftrightarrow h = \frac{v^2}{2g} = \frac{27,8^2}{2 \cdot 9,81} = 39,4 \text{ m.}$$

- inzicht in de wet van behoud van energie bij de minimale hoogte 1
- gebruik van  $E_z = mgh$  en  $E_k = \frac{1}{2}mv^2$  1
- completeren van de berekening 1

of

methode 2

De eindsnelheid van het treintje is gelijk aan de snelheid die een voorwerp krijgt dat van dezelfde hoogte valt.

Dat voorwerp wordt versneld met  $9,81 \text{ m s}^{-2}$  tot een snelheid van  $27,8 \text{ m s}^{-1}$ .

Er geldt:

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t}. \text{ Dit geeft } \Delta t = 2,834 \text{ s.}$$

Met een gemiddelde snelheid van  $\frac{27,8}{2} = 13,9 \text{ ms}^{-1}$  geldt voor de hoogte:

$$h = 13,9 \cdot 2,834 = 39,4 \text{ m.}$$

- inzicht  $v_{\text{eind}} = gt$  1
- inzicht dat  $h = v_{\text{gem}}t$  met  $v_{\text{gem}} = \frac{1}{2}v_{\text{eind}}$  1
- completeren van de berekening 1

**2 maximumscore 3**

uitkomst:  $v = 7,35 \text{ m s}^{-1}$

voorbeeld van een berekening:

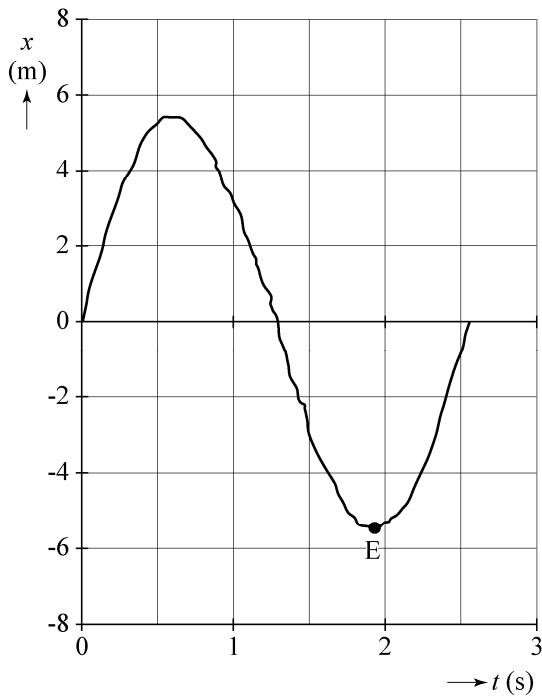
Bij de minimale snelheid geldt in het hoogste punt van de looping dat de middelpuntzoekende kracht gelijk is aan de zwaartekracht.

Er geldt dus:  $\frac{mv^2}{r} = mg \Leftrightarrow v = \sqrt{gr} = \sqrt{9,81 \cdot 5,50} = 7,35 \text{ ms}^{-1}$ .

- inzicht dat in het hoogste punt  $F_{\text{mpz}}$  geleverd wordt door  $F_z$  1
- gebruik van  $F_z = mg$  en  $F_{\text{mpz}} = \frac{mv^2}{r}$  1
- completeren van de berekening 1

**3 maximumscore 1**

voorbeeld van een antwoord:



- aangeven punt E op (het tijdstip horend bij) het laagste punt in het  $(x,t)$ -diagram 1

**4 maximumscore 5**

uitkomst:  $v = 30 \text{ m s}^{-1}$

voorbeeld van een bepaling:

De snelheid op het moment dat het treintje in punt B de looping ingaat, heeft een component in de  $x$ -richting en een component in de  $y$ -richting. De snelheid in de  $x$ -richting is gelijk aan de steilheid van de raaklijn aan het  $(x,t)$ -diagram op tijdstip  $t = 0 \text{ s}$ . Dus geldt:

$$v_x = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{8,0}{0,4} = 20 \text{ m s}^{-1}.$$

De snelheid in de  $y$ -richting is gelijk aan de steilheid van de raaklijn aan het  $(y,t)$ -diagram op tijdstip  $t = 0 \text{ s}$ . Dus geldt:

$$v_y = \frac{\Delta y}{\Delta t} = \frac{16}{0,7} = 23 \text{ m s}^{-1}.$$

De snelheid in punt B is te berekenen met:

$$v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} = \sqrt{20^2 + 23^2} = 30 \text{ m s}^{-1}.$$

- tekenen van een raaklijn in één of beide grafieken 1
- inzicht dat in beide grafieken de snelheid op  $t = 0 \text{ s}$  bepaald moet worden 1
- bepalen van  $v_x = \left( \frac{\Delta x}{\Delta t} \right)_{\text{raaklijn}}$  tussen  $13 \text{ m s}^{-1}$  en  $29 \text{ m s}^{-1}$   
en bepalen van  $v_y = \left( \frac{\Delta y}{\Delta t} \right)_{\text{raaklijn}}$  tussen  $18 \text{ m s}^{-1}$  en  $32 \text{ m s}^{-1}$  1
- inzicht dat  $v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2}$  1
- completeren van de bepaling 1

*Opmerking*

*De vierde en vijfde deelscore kunnen alleen worden behaald, als de kandidaat  $v_x$  en  $v_y$  op hetzelfde tijdstip heeft bepaald.*

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

## 5 maximumscore 3

voorbeeld van een antwoord:

In de situatie van figuur 1 is de zwaarte-energie van het treintje het grootst en de kinetische energie van het treintje dus het kleinst. In de andere situaties is de zwaarte-energie van het gehele treintje kleiner en de kinetische energie en de snelheid dus groter. Omdat alle wagons van het treintje op een bepaald moment met dezelfde snelheid bewegen, hebben Ineke en Rob allebei gelijk.

- inzicht dat in de situatie van figuur 1 de zwaarte-energie van het gehele treintje het grootst is / de kinetische energie van het gehele treintje het kleinste is 1
- inzicht dat alle wagons van het treintje op een bepaald moment met dezelfde snelheid bewegen 1
- consequente conclusies aangaande de beweringen van Ineke en van Rob 1

## 6 maximumscore 4

uitkomst:  $F_w = 6,8 \cdot 10^3 \text{ N}$  ( $6,5 \cdot 10^3 \text{ N} \leq F_w \leq 7,1 \cdot 10^3 \text{ N}$ )

voorbeeld van een bepaling:

Het bovenste deel van de looping heeft een lengte van

$$\frac{1}{2}\pi d = \frac{1}{2}\pi \cdot 11,0 = 17,3 \text{ m.}$$

Uit een schaalbepaling volgt voor de stukken BC en EB een lengte van ongeveer 12 m. De totale lengte van de looping kan daarmee bepaald worden op 41 m.

Als het treintje de looping verlaat, is de kinetische energie kleiner dan wanneer het treintje de looping in beweegt. Uit dit energieverlies volgt de gemiddelde wrijvingskracht:

$$W_w = E_{k,in} - E_{k,uit} = 0,88 \cdot 10^6 - 0,60 \cdot 10^6 = 0,28 \cdot 10^6 \text{ J;}$$

$$W_w = F_w s \rightarrow 0,28 \cdot 10^6 = F_w \cdot 41 \rightarrow F_w = 6,8 \cdot 10^3 \text{ N.}$$

- inzicht dat de totale lengte van de looping bepaald kan worden uitgaande van de gegeven diameter 1
- inzicht dat  $W_w$  gelijk is aan  $\Delta E_k$  over het hele traject 1
- gebruik van  $W = Fs$  1
- completeren van de bepaling 1

## Beker van Lycurgus

### 7 maximumscore 3

voorbeeld van een antwoord:

Uit figuur 2 blijkt dat vooral groen (en blauw) licht wordt geabsorbeerd en rood licht nauwelijks. Rood licht wordt dus doorgelaten. Daarom kleurt de beker in figuur 1a rood. Groen licht wordt gereflecteerd. Daarom kleurt de beker in figuur 1b groen.

- inzicht dat vooral groen (en blauw) wordt geabsorbeerd / dat rood nauwelijks wordt geabsorbeerd 1
- inzicht dat daardoor het doorgelaten licht in figuur 1a rood is 1
- inzicht dat daardoor het gereflecteerde licht in figuur 1b groen is 1

*Opmerking*

*Als de kandidaat in zijn antwoord geen gebruik maakt van figuur 2, geen scorepunten toekennen.*

### 8 maximumscore 5

voorbeeld van een antwoord:

- De metaalionen zijn veel zwaarder en trager dan de elektronen. / De metaalionen zitten vast in het rooster.
- De positieve en negatieve ladingen die ontstaan zijn door de ladingsscheiding trekken elkaar aan, waardoor de elektronen steeds weer naar de evenwichtsstand teruggaan.
- Bij een naar rechts bewegende golf passeert tussen tijdstip  $t_1$  en tijdstip  $t_2$  een omhoog gericht elektrisch veld. Er werkt dus tussen tijdstip  $t_1$  en tijdstip  $t_2$  een omlaag gerichte elektrische kracht op het plasmon. Dit komt overeen met de figuur: het plasmon beweegt tussen tijdstip  $t_1$  en tijdstip  $t_2$  omlaag.

- inzicht dat de metaalionen een veel grotere massa hebben / gebonden zijn in het rooster 1
- inzicht dat de positieve en negatieve ladingen elkaar aantrekken 1
- inzicht dat er een omhooggericht elektrisch veld gepasseerd moet zijn tussen tijdstip  $t_1$  en tijdstip  $t_2$  1
- inzicht dat bij een omhoog gericht elektrisch veld een omlaag gerichte elektrische kracht op het plasmon werkt 1
- inzicht dat het plasmon van tijdstip  $t_1$  naar tijdstip  $t_2$  omlaag beweegt 1

*Opmerking*

*Als de kandidaat juist redeneert vanuit één grafiek op tijdstip  $t_1$  of tijdstip  $t_2$ , dit goed rekenen.*

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

### 9 maximumscore 3

voorbeeld van een antwoord:

Uit formule (1) volgt voor de eenheid van  $k$ :

$$[k] = \frac{[f_{\text{res}}]}{\left[ \sqrt{\frac{ne^2 f}{\pi m}} \right]} = \frac{s^{-1}}{\left( \frac{m^{-3} C^2 N m^2 C^{-2}}{kg} \right)^{\frac{1}{2}}} = \frac{s^{-1}}{\left( \frac{Nm^{-1}}{kg} \right)^{\frac{1}{2}}}.$$

$$\text{Invullen van } N = kg \cdot m \cdot s^{-2} \text{ geeft: } [k] = \frac{s^{-1}}{\left( \frac{kg \cdot m \cdot s^{-2} \cdot m^{-1}}{kg} \right)^{\frac{1}{2}}} = \frac{s^{-1}}{s^{-1}}.$$

De constante  $k$  heeft dus geen eenheid.

- gebruik van de juiste eenheden voor  $f_{\text{res}}$ ,  $n$ ,  $e$ ,  $f$  en  $m$  1
- inzicht dat  $N = kg \cdot m \cdot s^{-2}$  1
- completeren van de afleiding en consequente conclusie 1

#### Opmerking

Als de kandidaat bij een verkeerd gekozen eenheid voor een grootheid in formule (1) consequent de afleiding completeert, kan het derde scorepunt nog worden toegekend.

### 10 maximumscore 3

voorbeeld van een antwoord:

Omdat elk ion maar één geleidingselektron heeft, is  $n$  gelijk aan het aantal

$$\text{atomen per } m^3, \text{ dus } n = \frac{\rho}{m_{\text{at}}}.$$

Er geldt:  $m_{\text{at}} = 197,0 \cdot 1,661 \cdot 10^{-27} = 3,272 \cdot 10^{-25} \text{ kg}$ .

$$\text{Dit geeft: } n = \frac{\rho}{m_{\text{at}}} = \frac{19,3 \cdot 10^3}{3,272 \cdot 10^{-25}} = 5,90 \cdot 10^{28} \text{ m}^{-3}.$$

- inzicht dat  $n = \frac{\rho}{m_{\text{at}}}$  en opzoeken  $\rho$  1
- inzicht dat  $m_{\text{at}} = A \cdot u$  en opzoeken  $A$  1
- completeren van de berekening 1

#### Opmerking

Als de kandidaat voor de massa van een goudatoom neemt  $3,3 \cdot 10^{-25} \text{ kg}$  (uit tabel 6A van Binas), dit goed rekenen. Dan wordt het antwoord  $5,85 \cdot 10^{28} \text{ m}^{-3}$ .

**11 maximumscore 4**

Uitkomst:  $k = 0,262$

voorbeeld van een bepaling:

De absorptiepiek in figuur 2 zit bij  $5,25 \cdot 10^2$  nm.

$$\text{Uit } c = f\lambda \text{ volgt dat } f_{\text{res}} = \frac{c}{\lambda} = \frac{2,998 \cdot 10^8}{5,25 \cdot 10^{-7}} = 5,710 \cdot 10^{14} \text{ Hz.}$$

Invullen in formule (1) geeft:

$$5,710 \cdot 10^{14} = k \sqrt{\frac{5,90 \cdot 10^{28} \cdot (1,602 \cdot 10^{-19})^2 \cdot 8,988 \cdot 10^9}{\pi \cdot 9,109 \cdot 10^{-31}}} = k \cdot 2,181 \cdot 10^{15},$$

dus:

$$k = \frac{5,710 \cdot 10^{14}}{2,181 \cdot 10^{15}} = 0,262.$$

- aflezen van de golflengte van de absorptiepiek (met een marge van 5 nm) 1
- gebruik van  $c = f\lambda$  voor het omrekenen van golflengte naar frequentie / opzoeken met welke frequentie de golflengte overeenkomt 1
- gebruik van formule (1) en opzoeken van  $e, f$  en  $m$  1
- completeren van de bepaling 1

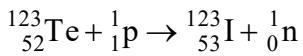
*Opmerking*

*Als de kandidaat bij vraag 9 een eenheid voor  $k$  bepaald heeft en deze hier opnieuw gebruikt, dit niet aanrekenen.*

## SPECT-scan bij parkinson

### 12 maximumscore 3

voorbeeld van een antwoord:



- Te-123 en een proton links van de pijl en I-123 rechts van de pijl 1
- een neutron rechts van de pijl (mits verkregen via kloppende atoomnummers) 1
- aantal nucleonen links en rechts gelijk 1

*Opmerking*

*Als de kandidaat extra deeltjes in de vergelijking heeft opgenomen, maximaal twee scorepunten toekennen.*

### 13 maximumscore 2

uitkomst: percentage = 72(%)

voorbeeld van een berekening:

Er geldt:  $N = N_0 \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{t_{\frac{1}{2}}}}$ . Het percentage overgebleven jood volgt dus

$$\text{uit: } \frac{N}{N_0} = \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{t_{\frac{1}{2}}}}.$$

$$\text{Invullen van } t_{\frac{1}{2}} = 13,2 \text{ h geeft: } \frac{N}{N_0} = \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{13,2}} = \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{24}{13,2}} = 0,284 = 28,4\%.$$

Dus vervallen is  $100 - 28,4 = 72\%$ .

- gebruik van  $N = N_0 \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{t_{\frac{1}{2}}}}$  1
- completeren van de berekening 1

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

**14 maximumscore 4**

uitkomst:  $\lambda = 7,75 \cdot 10^{-12} \text{ m}$

voorbeeld van een berekening:

Voor de fotonenergie geldt:  $E = 160 \cdot 10^3 \cdot 1,602 \cdot 10^{-19} = 2,563 \cdot 10^{-14} \text{ J}$ .

Er geldt:  $E_f = \frac{hc}{\lambda}$ . Invullen geeft:  $2,563 \cdot 10^{-14} = \frac{6,626 \cdot 10^{-34} \cdot 2,998 \cdot 10^8}{\lambda}$ .

Dit geeft:  $\lambda = 7,75 \cdot 10^{-12} \text{ m}$ .

- gebruik van  $E_f = \frac{hc}{\lambda}$  1
- opzoeken van  $h$  en  $c$  1
- omrekenen van keV naar J 1
- completeren van de berekening 1

**15 maximumscore 3**

uitkomst: percentage = 22(%) (met een marge van 3(%))

voorbeeld van een bepaling:

Het stralingsvermogen is evenredig met het aantal aanwezige deeltjes.

Op  $t = 4,8 \text{ h}$  vindt deze verschuiving plaats:  $P = 3,7 \mu\text{W} \rightarrow 2,9 \mu\text{W}$ .

Dit is een afname gelijk aan  $\frac{3,7 - 2,9}{3,7} = 0,22 = 22\%$ .

- inzicht dat het verliespercentage gekoppeld is aan een verticaal stuk in de grafiek 1
- bepalen van de afname van het stralingsvermogen voor een verticaal stuk in de grafiek 1
- completeren van de bepaling 1

**16 maximumscore 4**

uitkomst:  $D = 2,8 \text{ mGy}$

voorbeeld van een bepaling:

Er geldt:  $D = \frac{E}{m}$ , met  $E$  de oppervlakte onder de kromme van figuur 2.

De oppervlakte onder de grafiek is ongeveer 21,5 hokje. Elk hokje komt overeen met  $0,5 \cdot 10^{-6} \cdot 5 \cdot 3600 = 9,0 \cdot 10^{-3} \text{ J}$ .

Dit geeft:  $E = 21,5 \cdot 9,0 \cdot 10^{-3} = 0,19 \text{ J}$ .

Dus geldt:  $D = \frac{0,19}{70} = 2,8 \text{ mGy}$ .

- gebruik van  $D = \frac{E}{m}$  1
- inzicht dat  $E$  overeenkomt met de oppervlakte onder de grafiek 1
- bepalen van  $E$  met een marge van 0,02 J 1
- completeren van de bepaling 1

**17 maximumscore 2**

voorbeeld van een antwoord:

Witte gebieden tonen een hoge stralingsintensiteit en dus goed functionerende transportstructuren. De patiënt in figuur 3b heeft parkinson, want de dopaminetransportstructuren zijn deels verdwenen.

- inzicht dat goed functionerende transportstructuren een sterk signaal in de SPECT-scan opleveren 1
- consequente conclusie 1

## Joystick met Hall-sensor

**18 maximumscore 3**

uitkomst:  $d = 9,8 \cdot 10^{-4}$  m

voorbeeld van een berekening:

$$\text{Er geldt: } \rho = \frac{RA}{\ell}.$$

$$\text{Omschrijven geeft: } A = \frac{\ell \rho}{R} = \frac{14 \cdot 10^{-2} \cdot 0,54}{100 \cdot 10^3} = 7,56 \cdot 10^{-7} \text{ m}^2.$$

$$\text{Bovendien geldt: } A = \frac{1}{4}\pi d^2. \text{ Dit geeft: } d = \sqrt{\frac{4 \cdot 7,56 \cdot 10^{-7}}{\pi}} = 9,8 \cdot 10^{-4} \text{ m.}$$

- gebruik van  $\rho = \frac{RA}{\ell}$  1
- gebruik van  $A = \frac{1}{4}\pi d^2$  of van  $A = \pi r^2$  met  $r = \frac{1}{2}d$  1
- completeren van de berekening 1

**19 maximumscore 2**

uitkomst:  $U = 3,3$  V (met een marge van 0,2 V)

voorbeeld van een bepaling:

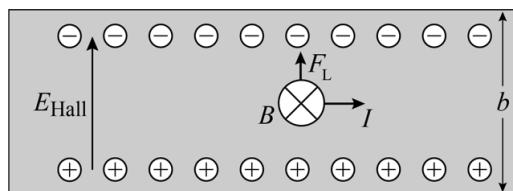
Het punt C zit op twee derde van de booglengte AB. Dit geeft voor de spanning tussen A en C:  $U_{AC} = 0,667 \cdot 5,0 = 3,3$  V.

- inzicht in de spanningswet van een serieschakeling 1
- completeren van de bepaling 1

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

## 20 maximumscore 3

voorbeeld van een antwoord:



Met een richtingsregel is te vinden dat de lorentzkracht naar boven staat. Dus zitten de elektronen aan de bovenkant en zit de positieve lading aan de onderkant. De richting van het elektrisch veld gaat van plus naar min, dus is het elektrisch veld naar boven gericht.

- inzicht dat  $F_L$  omhoog wijst 1
- aangeven van de negatieve lading aan de zijde waar de lorentzkracht naartoe werkt en van de positieve lading aan de andere zijde 1
- tekenen van de richting van het elektrisch veld van plus naar min 1

## 21 maximumscore 4

voorbeeld van een antwoord:

$$F_L = F_{\text{el}} \rightarrow Bqv = qE \rightarrow Bv = E = \frac{U}{\Delta x} = \frac{U_{\text{Hall}}}{b} \rightarrow U_{\text{Hall}} = Bbv$$

- gebruik van  $F_L = Bqv$  en  $F_{\text{el}} = qE$  1
- gebruik van  $E = \frac{U}{\Delta x}$  1
- inzicht dat  $U = U_{\text{Hall}}$  als  $\Delta x = b$  1
- completeren van de afleiding 1

## 22 maximumscore 3

voorbeeld van een antwoord:

De Hall-spanning is het grootst als het magneetveld loodrecht op het Hall-plaatje staat. Dat is dus bij  $-90^\circ$  en bij  $90^\circ$ . Figuur II en IV vallen dan af. De Hall-spanning is evenredig aan de component van de lorentzkracht evenwijdig aan het Hall-plaatje en daarmee evenredig met de sinus van de hoek en dus niet met de hoek zelf. Dus is het figuur I.

- inzicht dat de Hall-spanning bij een hoek van  $-90^\circ$  en  $90^\circ$  het grootst is / inzicht dat bij  $0^\circ$  geldt dat  $F_L = 0$  en dus  $U_{\text{Hall}} = 0$  1
- inzicht dat alleen (de component van)  $F_L$  evenwijdig aan het Hall-plaatje bijdraagt aan de Hall-spanning 1
- consequente conclusie 1

*Opmerking*

*Als de kandidaat redeneert vanuit de loodrechte component van het B-veld en concludeert dat deze component niet lineair verloopt, dit goed rekenen.*

## 23 maximumscore 3

voorbeeld van een antwoord:

De grootte van  $B$  is in de orde van 0,1 T.

De grootte van de Hall-spanning is in de orde van  $1 \cdot 10^{-6}$  V.

De grootte van  $b$  is in de orde van  $1 \cdot 10^{-2}$  m.

Dus is de grootte van de snelheid in de orde van  $10^{-3}$  m s $^{-1}$ .

Antwoord a.

- schatten van de (orde van) grootte van  $b$  op  $1 \cdot 10^{-3}$  m tot  $1 \cdot 10^{-2}$  m 1
- aflezen van de (orde van) grootte van de Hall-spanning 1
- gebruik van  $U_{\text{Hall}} = Bbv$  en consequente keuze 1

## 5 Aanleveren scores

---

Verwerk per examinator in de applicatie Wolf:

- de scores van de alfabetisch eerste vijf kandidaten voor wie het tweede-tijdvak-examen de eerste afname is én
- de scores van alle herkansende kandidaten.

Cito gebruikt beide gegevens voor de analyse van de examens. Om de gegevens voor dit doel met Cito uit te wisselen dient u ze uiterlijk op 28 juni te accorderen.

Ook na 28 juni kunt u nog tot en met 1 juli gegevens voor Cito accorderen. Deze gegevens worden niet meer meegenomen in de hierboven genoemde analyses, maar worden wel meegenomen bij het genereren van de groepsrapportage.

Na accordering voor Cito kunt u in Wolf de gegevens nog wijzigen om ze vervolgens vrij te geven voor het overleg met de externe corrector. Deze optie is relevant als u Wolf ook gebruikt voor uitwisseling van de gegevens met de externe corrector.

### **derde tijdvak**

Ook in het derde tijdvak wordt de normering mede gebaseerd op door kandidaten behaalde scores. Wissel te zijner tijd ook voor al uw derde-tijdvak-kandidaten de scores uit met Cito via Wolf. Dit geldt **niet** voor de aangewezen vakken.

## natuurkunde

Het correctievoorschrift bestaat uit:

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

## 1 Regels voor de beoordeling

Het werk van de kandidaten wordt beoordeeld met inachtneming van de artikelen 41 en 42 van het Eindexamenbesluit VO.

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

Voor de beoordeling zijn de volgende aspecten van de artikelen 36, 41, 41a en 42 van het Eindexamenbesluit VO 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 examinator. Deze kijkt het werk na en zendt het met zijn beoordeling aan de directeur. De examinator past de beoordelingsnormen en de regels voor het toekennen van scorepunten toe die zijn gegeven door het College voor Toetsen en Examens.
- 2 De directeur doet de van de examinator 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 directeur van de school van de gecommitteerde toekomen. Deze stelt het ter hand aan de gecommitteerde.

- 3 De gecommitteerde 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 Toetsen en Examens.  
De gecommitteerde voegt bij het gecorrigeerde werk een verklaring betreffende de verrichte correctie. Deze verklaring wordt mede ondertekend door het bevoegd gezag van de gecommitteerde.
- 4 De examinator en de gecommitteerde stellen in onderling overleg het behaalde aantal scorepunten voor het centraal examen vast.
- 5 Indien de examinator en de gecommitteerde daarbij niet tot overeenstemming komen, wordt het geschil voorgelegd aan het bevoegd gezag van de gecommitteerde. Dit bevoegd gezag kan hierover in overleg treden met het bevoegd gezag van de examinator. Indien het geschil niet kan worden beslecht, wordt hiervan melding gemaakt aan de inspectie. De inspectie kan een derde onafhankelijke corrector aanwijzen. De beoordeling van deze derde corrector 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 Toetsen en Examens van toepassing:

- 1 De examinator 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 examinator en door de gecommitteerde scorepunten toegekend, in overeenstemming met correctievoorschrift. 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. Als het antwoord op een andere manier is gegeven, maar onomstotelijk vaststaat dat het juist is, dan moet dit antwoord ook goed gerekend worden. Voor het juiste 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 examinator of de gecommitteerde 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 Toetsen en 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 *T.a.v. de status van het correctievoorschrift:*

Het College voor Toetsen en 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 *T.a.v. het verkeer tussen examinator en gecommitteerde (eerste en tweede corrector):*  
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 *T.a.v. aanvullingen op het correctievoorschrift:*

Er zijn twee redenen voor een aanvulling op het correctievoorschrift: verduidelijking en een fout.

#### *Verduidelijking*

Het correctievoorschrift is vóór de afname opgesteld. Na de afname blijkt pas welke antwoorden kandidaten geven. Vragen en reacties die via het Examenloket bij de Toets- en Examenlijn binnenkomen, kunnen duidelijk maken dat het correctievoorschrift niet voldoende recht doet aan door kandidaten gegeven antwoorden. Een aanvulling op het correctievoorschrift kan dan alsnog duidelijkheid bieden.

#### *Een fout*

Als het College voor Toetsen en Examens vaststelt dat een centraal examen een fout bevat, kan het besluiten tot een aanvulling op het correctievoorschrift.

Een aanvulling op het correctievoorschrift wordt door middel van een mailing vanuit Examenblad.nl bekendgemaakt. Een aanvulling op het correctievoorschrift wordt zo spoedig mogelijk verstuurd aan de examensecretarissen.

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

- Als het werk al naar de tweede corrector is gezonden, past de tweede corrector deze aanvulling op het correctievoorschrift toe.  
en/of
- 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.

Dit laatste gebeurt alleen als de aanvulling luidt dat voor een vraag alle scorepunten moeten worden toegekend.

Als een onvolkomenheid op een dusdanig laat tijdstip geconstateerd wordt dat een aanvulling op het correctievoorschrift ook voor de tweede corrector te laat komt, houdt het College voor Toetsen en Examens bij de vaststelling van de N-term rekening met de onvolkomenheid.

### **3 Vakspecifieke regels**

---

Voor dit examen zijn de volgende vakspecifieke regels vastgesteld:

- 1 Een afwijking in de uitkomst van een berekening/bepaling 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/bepaling 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 grootheid.

## 4 Beoordelingsmodel

Vraag

Antwoord

Scores

### Kayak-jumping

#### 1 maximumscore 2

uitkomst:  $v = 14 \text{ m s}^{-1}$

voorbeeld van een berekening:

Als de wrijving wordt verwaarloosd, geldt dat de afname van de zwaartekrachtenergie gelijk is aan de toename van de bewegingsenergie. Er geldt dus:  
 $\frac{1}{2}mv^2 = mg\Delta h$  zodat  $v = \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot (12,0 - 2,5)} = 14 \text{ ms}^{-1}$ .

- inzicht dat de afname van  $E_z$  gelijk is aan de toename van  $E_k$  1
- completeren van de berekening 1

#### 2 maximumscore 4

uitkomst:  $F_w = 1,5 \cdot 10^2 \text{ N}$

voorbeelden van een berekening:

Er geldt:  $F_{\text{res}} = ma$  met  $a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{13,0}{2,75} = 4,73 \text{ m s}^{-2}$ .

Er geldt:  $F_{\text{res}} = F_{z||} - F_w$ . Dus  $F_{\text{res}} = mg \sin \alpha - F_w$ .

Uitwerken levert:

$$F_w = m(g \sin \alpha - a) = (69,0 + 14,5)(9,81 \cdot \sin 42^\circ - 4,73) = 1,5 \cdot 10^2 \text{ N}$$

- gebruik van  $a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$  1
- inzicht dat  $F_{\text{res}} = F_{z||} - F_w$  1
- inzicht dat  $F_{z||} = mg \sin \alpha$  1
- completeren van de berekening 1

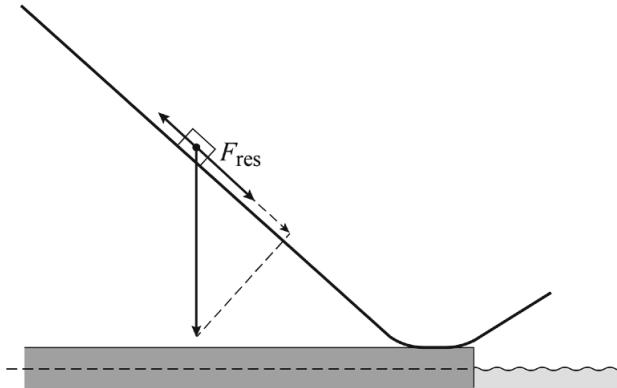
#### Opmerking

Als de kandidaat een berekening met een energievergelijking maakt en daarbij een hoogte van 12 m neemt, dit niet aanrekenen.

**3 maximumscore 3**

uitkomst:  $F_{\text{res}} = 3,3 \cdot 10^2 \text{ N}$  (met een marge van  $0,4 \cdot 10^2 \text{ N}$ )

voorbeeld van een bepaling:



De lengte van de zwaartekrachtvector is 2,5 cm. De wrijvingskrachtvector heeft een lengte van 0,70 cm. De vector van de resulterende kracht heeft een lengte van 1,0 cm.

Er geldt:  $F_z = mg = (69,0 + 14,5) \cdot 9,81 = 819 \text{ N}$ .

De resulterende kracht is  $\frac{1,0}{2,5} \cdot 819 = 328 \text{ N} = 3,3 \cdot 10^2 \text{ N}$ .

- gebruik van de normaalkracht of de projectie van de zwaartekracht op de baan 1
- construeren van de resulterende kracht 1
- completeren van de bepaling 1

**4 maximumscore 2**

voorbeeld van een antwoord:

In punt 2 is de wrijvingskracht groter dan, en in punt 3 gelijk aan de wrijvingskracht in punt 1.

(De wrijvingskracht is evenredig met de normaalkracht.) De normaalkracht is gelijk in grootte aan de component van de zwaartekracht loodrecht op de baan (evenredig met  $\cos \alpha$ ). De normaalkrachten in de punten 1 en 3 zijn gelijk, in punt 2 is de normaalkracht groter. Dus is de wrijvingskracht in punt 2 groter dan in punt 1 en de wrijvingskracht in punt 3 even groot als in punt 1

- inzicht dat de normaalkracht afhangt van de hellingshoek 1
- consequente conclusies 1

## 5 maximumscore 4

voorbeeld van antwoord:

- $F_n = m \cdot g \cdot \cos(\alpha)$
- $v = v + a \cdot dt$
- Uit  $F_z$  langs =  $m \cdot g \cdot \sin(\alpha)$  blijkt dat de richting naar beneden positief is. Dus geldt:  $g = 9,81 \text{ (m s}^{-2}\text{)}$ .

- inzicht dat  $F_n = m \cdot g \cdot \cos(\alpha)$  1
- inzicht dat  $v = v + a \cdot dt$  1
- inzicht dat de richting langs het vlak naar beneden positief is 1
- consequente conclusie 1

*Opmerking*

*De formulering van de antwoorden hoeft niet volgens de afspraken van een computermodel te zijn.*

## 6 maximumscore 2

voorbeeld van een antwoord:

In punt A heeft de kajak geen kinetische energie, in punt B wel. Dus is de zwaarte-energie in punt B kleiner dan in punt A. Dus ook zonder wrijving ligt punt B lager. Lisa heeft gelijk

- inzicht dat in punt B de kajak een snelheid en dus kinetische energie heeft 1
- inzicht dat de zwaarte-energie in B lager is en consequente conclusie 1

## 7 maximumscore 4

uitkomst:  $2,7 \cdot 10^3 \text{ J}$  (met een marge van  $0,2 \cdot 10^3 \text{ J}$ )

voorbeeld van een antwoord:

- het verschil tussen de som van zwaarte-energie en kinetische energie op  $t = 2,75 \text{ s}$  en de totale energie op tijdstip  $t = 0 \text{ s}$  is gelijk aan de verrichte arbeid door de wrijvingskracht. Aflezen uit figuur 8:  

$$(E_z + E_k)_{t=0 \text{ s}} = 9,8 \cdot 10^3 \text{ J}$$
 en  $(E_z + E_k)_{t=2,75 \text{ s}} = 7,1 \cdot 10^3 \text{ J}$

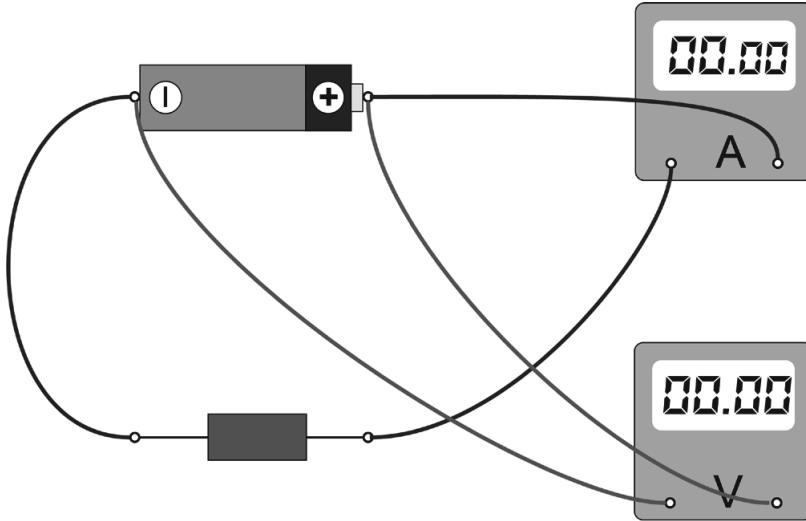
Dus de arbeid die de wrijvingskracht heeft verricht is  $2,7 \cdot 10^3 \text{ J}$ .

- Uit de symmetrie van  $E_k$  en  $E_z$  tussen  $t = 3,25 \text{ s}$  en  $t = 4,9 \text{ s}$  blijkt dat  $(E_z + E_k)$  constant is. Er is dus geen energieverlies ten gevolge van de luchtweerstand en dus is de luchtweerstand in het model verwaarloosd.

- inzicht dat de afname van  $(E_z + E_k)$  het gevolg is van de arbeid door de wrijvingskracht 1
- aflezen van  $E_z$  op  $t = 0 \text{ s}$  en  $E_k$  op  $t = 2,75 \text{ s}$  1
- completeren van de bepaling van de arbeid door de wrijvingskracht 1
- inzicht dat  $(E_z + E_k)$  constant is tussen  $t = 3,25 \text{ s}$  en  $t = 4,9 \text{ s}$  1

## AA-Batterijen

### 8 maximumscore 2



- stroommeter in serie met de weerstand in een gesloten stroomkring 1
- spanningsmeter parallel aan de batterij (of weerstand) 1

*Opmerking*

*Als, bijvoorbeeld door het tekenen van extra verbindingen, een niet-werkende schakeling is ontstaan: maximaal 1 punt toekennen*

### 9 maximumscore 2

voorbeeld van een antwoord:

Een kleine weerstand levert een grote stroomsterkte op. Dit veroorzaakt een groot vermogen, zodat de weerstand veel energie opneemt per tijdseenheid. De batterij raakt dan redelijk snel zijn energie kwijt.

- inzicht dat een kleine weerstand een grote stroomsterkte veroorzaakt 1
- inzicht dat de batterij dan meer vermogen levert / sneller zijn energie afgeeft 1

*Opmerking*

*Als het antwoord alleen gebaseerd is op stroom, maximaal 1 scorepunt toekennen.*

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

### 10 maximumscore 4

voorbeeld van een antwoord:

$$\text{Er geldt: } R = \rho \frac{l}{A} \text{ met } A = \frac{1}{4} \pi d^2 = \frac{1}{4} \pi (1,0 \cdot 10^{-3})^2 = 7,85 \cdot 10^{-7} \text{ m}^2.$$

$$\text{Dit levert: } R = 17 \cdot 10^{-9} \cdot \frac{2 \cdot 0,40}{7,85 \cdot 10^{-7}} = 0,017 \Omega$$

$$\text{Dit is } \frac{0,017}{2,4} = 7,2 \cdot 10^{-3} = 0,72\% \text{ van de grootte van weerstand R.}$$

(De weerstand van de verbindingssnoeren mag verwaarloosd worden.)

- gebruik van  $R = \rho \frac{l}{A}$  en opzoeken  $\rho_{\text{koper}}$  1
- inzicht dat  $A = \frac{1}{4} \pi d^2$  1
- inzicht dat de snoeren in serie staan 1
- completeren van de berekening 1

*Opmerking*

*Bij deze vraag significantie niet aanrekenen*

### 11 maximumscore 2

uitkomst:  $P = 0,46 \text{ W}$  (met een marge van 0,01 W)

voorbeeld van een bepaling:

Op  $t = 2,0 \text{ uur}$  is af te lezen:  $U = 1,05 \text{ V}$

$$\text{Voor de stroomsterkte volgt: } I = \frac{U}{R} = \frac{1,05}{2,4} = 0,44 \text{ A}$$

$$\text{Hieruit volgt voor het vermogen: } P = UI = 1,05 \cdot 0,44 = 0,46 \text{ W}$$

- gebruik van  $P = UI$  en  $I = \frac{U}{R}$  of  $P = \frac{U^2}{R}$  1
- completeren van de bepaling 1

### 12 maximumscore 2

voorbeeld van een antwoord:

De oppervlakte onder de  $(P,t)$ -grafiek geeft de totale energie die de batterij heeft geleverd. Dus de verhouding van de oppervlakten is gelijk aan de verhouding van de energieopbrengsten. Door deze te vergelijken met de verhouding van de prijzen, is op te maken welke batterij meer energie per euro levert.

- inzicht dat de oppervlakte onder de grafiek gelijk is aan de totale energie 1
- inzicht dat de oppervlakteverhouding vergeleken moet worden met de prijsverhouding 1

## GPS

---

### 13 maximumscore 3

voorbeeld van een antwoord:

- Gebruikt moet worden de formule:  $I = \frac{P_{\text{bron}}}{4\pi r^2}$ .
- Hierbij moet voor  $P_{\text{bron}}$  het uitgestraald vermogen van de zon ingevuld worden en voor  $r$  de afstand van de satelliet tot de zon.

- noemen van formule  $I = \frac{P_{\text{bron}}}{4\pi r^2}$  1
- inzicht dat  $P_{\text{bron}}$  het uitgestraald vermogen van de zon is 1
- inzicht dat  $r$  de afstand van de satelliet (of van de aarde) tot de zon is 1

### 14 maximumscore 4

uitkomst:  $P_{\text{el}} = 4,7 \cdot 10^3 \text{ W}$  (met een marge van  $0,8 \cdot 10^3 \text{ W}$ )

voorbeeld van een bepaling:

3 zonnepanelen hebben samen een lengte van 6,5 m. Uit de foto blijkt dat deze lengte ongeveer drie keer zo groot is als de breedte. Dus geldt voor de oppervlakte van 3 zonnepanelen:  $A = 6,5 \cdot \frac{6,5}{3} = 14 \text{ m}^2$ .

Voor het vermogen dat op de twee zonnepanelen valt, geldt (bij loodrechte inval):  $P_{\text{stral}} = 2 \cdot 14 \cdot 1,4 \cdot 10^3 = 3,9 \cdot 10^4 \text{ W}$ .

Voor het maximale elektrisch vermogen dat de zonnepanelen leveren geldt dus:  $P_{\text{el}} = 0,12 \cdot 3,9 \cdot 10^4 = 4,7 \cdot 10^3 \text{ W}$ .

- beredeneerd schatten van de oppervlakte van drie zonnepanelen tussen 13 en 16  $\text{m}^2$  1
- inzicht dat  $P_{\text{stral}} = IA$  1
- inzicht dat  $\eta = \frac{P_{\text{el}}}{P_{\text{stral}}}$  1
- completeren van de bepaling 1

### 15 maximumscore 4

uitkomst:  $T = 11,96 \text{ h}$

voorbeeld van een berekening:

$$\text{Er geldt: } F_{\text{mpz}} = F_G \Rightarrow \frac{mv^2}{r} = G \frac{mM}{r^2}.$$

$$\text{Hieruit volgt: } v = \sqrt{\frac{GM}{r}} = \sqrt{\frac{6,6738 \cdot 10^{-11} \cdot 5,972 \cdot 10^{24}}{6,371 \cdot 10^6 + 2,018 \cdot 10^7}} = 3,874 \cdot 10^3 \text{ ms}^{-1}.$$

$$\text{Dus geldt: } T = \frac{2\pi r}{v} = \frac{2\pi(6,371 \cdot 10^6 + 2,018 \cdot 10^7)}{3,874 \cdot 10^3} = 43058 \text{ s} = 11,96 \text{ h.}$$

- inzicht dat  $F_{\text{mpz}} = F_G$  1
- gebruik van  $F_{\text{mpz}} = \frac{mv^2}{r}$  en  $F_G = G \frac{mM}{r^2}$  1
- inzicht dat  $T = \frac{2\pi r}{v}$  1
- completeren van de berekening 1

*Opmerkingen*

- Een antwoord dat gebruikmaakt van de wet van Kepler goed rekenen.
- Voor de aardstraal mag de straal van de evenaar gebruikt worden.

### 16 maximumscore 3

voorbeeld van een antwoord:

De golflengtes van de L-band liggen tussen  $\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3,0 \cdot 10^8}{2,0 \cdot 10^9} = 0,15 \text{ m}$  en

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3,0 \cdot 10^8}{1,0 \cdot 10^9} = 0,30 \text{ m}.$$

Uit figuur 2 blijkt dat voor deze golflengtes de atmosferische absorptie nul is.

- gebruik van  $c = \lambda f$  1
- completeren van de berekeningen 1
- vergelijken van de golflengtes met de informatie in figuur 2 1

*Opmerking*

Bij deze vraag significantie niet aanrekenen.

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

### 17 maximumscore 3

voorbeeld van een antwoord:

Voor de nauwkeurigheid van de tijdmeting geldt:  $\Delta t = \pm 5 \cdot 10^{-11}$  s.

Dus geldt voor de nauwkeurigheid van de afstandsmeting:

$$\Delta s = c\Delta t = 3,0 \cdot 10^8 \cdot 5 \cdot 10^{-11} = 0,015 \text{ m.}$$

Dus c is het goede antwoord.

- inzicht dat voor de nauwkeurigheid in de tijdmeting geldt  
 $\Delta t = \pm 5 \cdot 10^{-11}$  s 1
- gebruik  $s = vt$  en opzoeken van de lichtsnelheid 1
- completeren van de berekening en conclusie 1

*Opmerkingen*

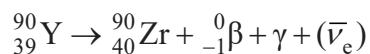
- Een antwoord zonder toelichting levert geen punten op.
- Een berekening uitgaande van  $\Delta t = 1,0 \cdot 10^{-10}$  s goed rekenen.

## SIRT

---

### 18 maximumscore 3

voorbeeld van een antwoord:



- Y-90 links van de pijl en  $\beta^-$  en  $\gamma$  rechts van de pijl 1
- Zr rechts van de pijl, mits verkregen via kloppende atoomnummers 1
- het aantal nucleonen links en rechts gelijk 1

### 19 maximumscore 1

voorbeeld van een uitleg:

De vrijkomende  $\gamma$ -straling heeft een groot doordringend vermogen en kan door het lichaam van de patiënt een ander persoon bestralen.

- inzicht dat  $\gamma$ -straling een groot doordringend vermogen heeft 1

**20 maximumscore 3**

uitkomst: 2,6(%)

voorbeeld van een berekening:

$$\text{Er geldt: } A = A_0 \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{t_{\frac{1}{2}}}}. \text{ Invullen levert: } A = A_0 \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{14,24}{64}} = 2,6 \cdot 10^{-2} A_0.$$

Dit is 2,6% van de oorspronkelijke activiteit.

- gebruik van  $A(t) = A(0) \cdot \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{t_{\frac{1}{2}}}}$  1
- omrekenen van  $t$  en  $t_{\frac{1}{2}}$  naar dezelfde eenheid 1
- completeren van de berekening 1

**21 maximumscore 3**

uitkomst:  $D = 1,3 \cdot 10^2$  Gy of  $\text{J kg}^{-1}$

voorbeeld van een berekening:

De maximale energie van één  $\beta$ -deeltje is 2,3 MeV. Dus is de gemiddelde energie van de  $\beta$ -deeltjes gelijk aan  $\frac{2,3}{3} = 0,767$  MeV.

Voor het aantal deeltjes dat in veertien dagen vrijkomt geldt:

$$n = 1,4 \cdot 10^9 \cdot 14 \cdot 24 \cdot 3600 = 1,69 \cdot 10^{15}.$$

Dus geldt voor de energie die vrijkomt:

$$E_{\text{tot}} = nE = 1,69 \cdot 10^{15} \cdot 0,767 \cdot 1,60 \cdot 10^{-13} = 2,08 \cdot 10^2 \text{ J.}$$

$$\text{Dus geldt: } D = \frac{2,08 \cdot 10^2}{1,6} = 130 = 1,3 \cdot 10^2 \text{ Gy.}$$

- opzoeken van de maximale energie van een deeltje en omrekenen van MeV naar J 1
- inzicht dat  $E_{\text{tot}} = E_{\beta, \text{gem}} A t$  1
- completeren van de berekening 1

## Wortel en mango

### 22 maximumscore 3

uitkomst:  $\lambda = 4,51 \cdot 10^{-7}$  m

voorbeeld van een antwoord:

Voor de overgang van niveau 11 naar 12 geldt:  $\Delta E = 2,75$  eV.

Er geldt:  $E_f = \frac{hc}{\lambda}$ . Omschrijven en invullen levert:

$$\lambda = \frac{hc}{E_f} = \frac{6,626 \cdot 10^{-34} \cdot 2,998 \cdot 10^8}{2,75 \cdot 1,602 \cdot 10^{-19}} = 4,51 \cdot 10^{-7} \text{ m} = 451 \text{ nm.}$$

- gebruik van  $E_f = \frac{hc}{\lambda}$  1
- omrekenen van eV naar J 1
- completeren van de berekening 1

### 23 maximumscore 4

uitkomst:  $L = 1,77 \cdot 10^{-9}$  m

voorbeeld van een berekening:

Voor de energieniveaus geldt:  $E_n = n^2 \frac{h^2}{8mL^2}$ .

Voor de overgang van  $n = 11$  naar  $n = 12$  geldt dus:  $\Delta E = (12^2 - 11^2) \frac{h^2}{8mL^2}$ .

Dit levert:  $L = \sqrt{\frac{(144 - 121)(6,626 \cdot 10^{-34})^2}{8 \cdot 9,109 \cdot 10^{-31} \cdot 2,75 \cdot 1,602 \cdot 10^{-19}}} = 1,77 \cdot 10^{-9} \text{ m} = 1,77 \text{ nm.}$

- gebruik van  $E_n = n^2 \frac{h^2}{8mL^2}$  1
- inzicht dat  $\Delta E = E_{12} - E_{11}$  1
- inzicht dat  $m$  staat voor de elektronmassa 1
- completeren van de berekening 1

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

#### 24 maximumscore 3

voorbeeld van een antwoord:

In figuur 2 zijn overgangen met  $n$  lager dan 11 niet mogelijk. Dus alleen fotonenergieën groter of gelijk aan 2,75 eV zijn mogelijk. In BiNaS tabel 19A / Science Data pagina 75 is te zien dat de fotonenergie van infrarood kleiner is dan 2,75 eV. Dus infrarood wordt niet geabsorbeerd.

Voor ultraviolet geldt dat de fotonenergie groter is dan 2,75 eV, dus dat kan wel worden geabsorbeerd.

- inzicht dat alleen overgangen met  $E_f > 2,75\text{eV}$  mogelijk zijn 1
- inzicht dat voor infrarood geldt  $E_f < 2,75\text{eV}$  1
- inzicht dat voor ultraviolet geldt:  $E_f > 2,75\text{eV}$  1

## 5 Aanleveren scores

---

Verwerk de scores van alle kandidaten per examinator in de applicatie Wolf.  
Accordeer deze gegevens voor Cito uiterlijk op 12 juli.

## natuurkunde

Het correctievoorschrift bestaat uit:

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

## 1 Regels voor de beoordeling

Het werk van de kandidaten wordt beoordeeld met inachtneming van de artikelen 41 en 42 van het Eindexamenbesluit VO.

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

Voor de beoordeling zijn de volgende aspecten van de artikelen 36, 41, 41a en 42 van het Eindexamenbesluit VO 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 examinator. Deze kijkt het werk na en zendt het met zijn beoordeling aan de directeur. De examinator past de beoordelingsnormen en de regels voor het toekennen van scorepunten toe die zijn gegeven door het College voor Toetsen en Examens.
- 2 De directeur doet de van de examinator 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 directeur van de school van de gecommitteerde toekomen. Deze stelt het ter hand aan de gecommitteerde.

- 3 De gecommitteerde 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 Toetsen en Examens.  
De gecommitteerde voegt bij het gecorrigeerde werk een verklaring betreffende de verrichte correctie. Deze verklaring wordt mede ondertekend door het bevoegd gezag van de gecommitteerde.
- 4 De examinator en de gecommitteerde stellen in onderling overleg het behaalde aantal scorepunten voor het centraal examen vast.
- 5 Indien de examinator en de gecommitteerde daarbij niet tot overeenstemming komen, wordt het geschil voorgelegd aan het bevoegd gezag van de gecommitteerde. Dit bevoegd gezag kan hierover in overleg treden met het bevoegd gezag van de examinator. Indien het geschil niet kan worden beslecht, wordt hiervan melding gemaakt aan de inspectie. De inspectie kan een derde onafhankelijke corrector aanwijzen. De beoordeling van deze derde corrector 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 Toetsen en Examens van toepassing:

- 1 De examinator 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 examinator en door de gecommitteerde scorepunten toegekend, in overeenstemming met correctievoorschrift. 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. Als het antwoord op een andere manier is gegeven, maar onomstotelijk vaststaat dat het juist is, dan moet dit antwoord ook goed gerekend worden. Voor het juiste 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 examinator of de gecommitteerde 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 Toetsen en 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 *T.a.v. de status van het correctievoorschrift:*

Het College voor Toetsen en 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 T.a.v. het verkeer tussen examinator en gecommitteerde (eerste en tweede corrector):**  
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 T.a.v. aanvullingen op het correctievoorschrift:**

Er zijn twee redenen voor een aanvulling op het correctievoorschrift: verduidelijking en een fout.

*Verduidelijking*

Het correctievoorschrift is vóór de afname opgesteld. Na de afname blijkt pas welke antwoorden kandidaten geven. Vragen en reacties die via het Examenloket bij de Toets- en Examenlijn binnenkomen, kunnen duidelijk maken dat het correctievoorschrift niet voldoende recht doet aan door kandidaten gegeven antwoorden. Een aanvulling op het correctievoorschrift kan dan alsnog duidelijkheid bieden.

*Een fout*

Als het College voor Toetsen en Examens vaststelt dat een centraal examen een fout bevat, kan het besluiten tot een aanvulling op het correctievoorschrift.

Een aanvulling op het correctievoorschrift wordt door middel van een mailing vanuit Examenblad.nl bekendgemaakt. Een aanvulling op het correctievoorschrift wordt zo spoedig mogelijk verstuurd aan de examensecretarissen.

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

- Als het werk al naar de tweede corrector is gezonden, past de tweede corrector deze aanvulling op het correctievoorschrift toe.  
en/of
- 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.

Dit laatste gebeurt alleen als de aanvulling luidt dat voor een vraag alle scorepunten moeten worden toegekend.

Als een onvolkomenheid op een dusdanig laat tijdstip geconstateerd wordt dat een aanvulling op het correctievoorschrift ook voor de tweede corrector te laat komt, houdt het College voor Toetsen en Examens bij de vaststelling van de N-term rekening met de onvolkomenheid.

### **3 Vakspecifieke regels**

---

Voor dit examen zijn de volgende vakspecifieke regels vastgesteld:

- 1 Een afwijking in de uitkomst van een berekening/bepaling 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 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 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 grootheid.

## 4 Beoordelingsmodel

Vraag

Antwoord

Scores

### Vrije worp bij basketbal

#### 1 maximumscore 4

uitkomst:  $v = 7,5 \text{ m s}^{-1}$

voorbeeld van een antwoord:

Zowel de snelheid in de  $x$ -richting als de snelheid in de  $y$ -richting kan bepaald worden uit de steilheid van de grafiek.

Voor de snelheidscomponent in de  $x$ -richting geldt:

$$v_x = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{4,55 - 0,35}{1,2} = 3,5 \text{ m s}^{-1}.$$

De snelheidscomponent in de  $y$ -richting volgt uit de helling van (de raaklijn aan) de grafiek op  $t = 0 \text{ s}$ :

Dit levert:

$$v_y = \left( \frac{\Delta y}{\Delta t} \right)_{\text{raaklijn}} = \frac{5,0 - 2,3}{0,41} = 6,6 \text{ m s}^{-1}.$$

De componenten van de snelheid kunnen gecombineerd worden met de stelling van Pythagoras om de totale snelheid te berekenen:

$$v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} = \sqrt{(3,5)^2 + (6,6)^2} = 7,5 \text{ m s}^{-1}.$$

- inzicht dat de helling van (de raaklijn aan) de grafiek gelijk is aan de snelheid 1
- bepalen van  $v_x$  (met een marge van  $0,2 \text{ m s}^{-1}$ ) en van  $v_y$  1  
 $(6,2 \text{ m s}^{-1} \leq v_y \leq 7,7 \text{ m s}^{-1})$  1
- inzicht dat  $v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2}$  1
- completeren van de bepaling en significantie 1

*Opmerking*

*Als de kandidaat  $v_y$  bepaalt met  $\Delta v = g\Delta t$  en  $\Delta t$  de tijd van het begin tot de top van de baan dit goed rekenen.*

## 2 maximumscore 4

uitkomst:  $s = 0,28 \text{ m}$  (met een marge van  $0,03 \text{ m}$ ) en  $F_{\text{res}} = 55 \text{ N}$

voorbeelden van een antwoord:

methode 1

- De diameter van de bal is in werkelijkheid 24 cm. Dan geldt voor de afstand die de bal aflegt tussen de twee foto's:

$$\frac{s}{0,24 \text{ m}} = \frac{15}{13} \rightarrow s = 0,277 \text{ m} = 0,28 \text{ m}$$

- Tijdens de worp wordt er arbeid verricht door de resulterende kracht op de bal. Deze arbeid wordt omgezet in kinetische energie van de bal.

Er geldt:  $W = \Delta E_k$ . Uitschrijven geeft:  $F_{\text{res}}s = \frac{1}{2}mv_{\text{eind}}^2$ .

$$\text{Dit geeft: } F_{\text{res}} = \frac{mv_{\text{eind}}^2}{2s} = \frac{0,600 \cdot 7,1^2}{2 \cdot 0,277} = 55 \text{ N}.$$

- inzicht dat  $s$  bepaald moet worden aan de hand van de schaal van de foto 1
- gebruik van  $W = Fs$  1
- gebruik van  $E_k = \frac{1}{2}mv^2$  1
- completeren van de bepaling en de berekening en significantie van  $s$  1

of

methode 2:

- De diameter van de bal is in werkelijkheid 24 cm. Dan geldt voor de afstand die de bal aflegt tussen de twee foto's:

$$\frac{s}{0,24 \text{ m}} = \frac{15}{13} \rightarrow s = 0,277 \text{ m} = 0,28 \text{ m}$$

- De tijd waarin de bal deze afstand aflegt kan worden berekend met

$$\Delta t = \frac{s}{v_{\text{gem}}}, \text{ met } v_{\text{gem}} = \frac{1}{2}v_{\text{eind}}. \text{ Dus } \Delta t = \frac{0,277 \text{ m}}{\frac{1}{2} \cdot 7,1 \text{ m s}^{-1}} = 0,0780 \text{ s}.$$

De gemiddelde resulterende kracht op de bal wordt gegeven door

$$F_{\text{res}} = ma, \text{ met } a_{\text{gem}} = \frac{v_{\text{eind}}}{\Delta t}. \text{ Dit geeft } F_{\text{res}} = 0,600 \cdot \frac{7,1}{0,0780} = 55 \text{ N}.$$

- inzicht dat  $s$  bepaald moet worden aan de hand van de schaal van de foto 1
- gebruik van  $F_{\text{res}} = ma$  met het inzicht dat  $a_{\text{gem}} = \frac{v_{\text{eind}}}{\Delta t}$  1
- inzicht dat  $\Delta t = \frac{s}{v_{\text{gem}}}$ , met  $v_{\text{gem}} = \frac{1}{2}v_{\text{eind}}$  1
- completeren van de bepaling en de berekening en significantie van  $s$  1

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

### 3 maximumscore 2

voorbeeld van een antwoord:

(Het model moet stoppen als de bal van bovenaf de hoogte van de ring bereikt.) De verticale snelheid moet negatief zijn en de  $y$ -waarde moet lager dan 3,05 zijn. (In het kort: als  $y < 3,05$  en  $v_y < 0$ .)

- inzicht dat:  $y < 3,05$  (m) /  $y \leq 3,05$  (m) 1
- inzicht dat:  $v_y < 0$  ( $\text{m s}^{-1}$ ) /  $\text{dy} < 0$  (m) 1

*Opmerkingen*

- *De formulering van de antwoorden hoeft niet volgens de afspraken van een computermodel te zijn.*
- *Omdat bij de beoordeling geen rekening gehouden hoeft te worden met significantie kunnen bij het eerste scorepunt 3 en 3,1 ook goed gerekend worden.*

### 4 maximumscore 2

voorbeeld van een antwoord:

Bij resultaat C eindigt de bal op  $x = 4,6$  m en op  $y = 3,05$  m. Uit figuur 2 blijkt dat daar de ring hangt.

- inzicht dat de hoogtes uit figuur 2 en figuur 6 overeenkomen 1
- inzicht dat de horizontale afstanden uit figuur 2 en figuur 6 overeenkomen 1

**5 maximumscore 3**

voorbeeld van een antwoord:

Als de startwaarde van  $v_y$  verandert, verandert ook de maximale hoogte die de bal bereikt. (Als alleen de startwaarde van  $v_x$  verandert, blijft de maximale hoogte gelijk.)

Bij de resultaten A en E is er sprake van een kleinere en een grotere maximale hoogte in vergelijking met resultaat C. Hier moet dus sprake zijn van een variatie in de startwaarde van  $v_y$ .

Bij de resultaten B en D is de maximaal bereikte hoogte gelijk aan die bij resultaat C. (De horizontaal afgelegde afstand is hier echter anders.) Dit betekent dat er sprake moet zijn van een variatie in de startwaarde van  $v_x$ .

resultaat	is het gevolg van een variatie in de startwaarde van ...
A	$v_y$
B	$v_x$
D	$v_x$
E	$v_y$

- inzicht dat een constante waarde voor de startwaarde van  $v_y$  een constante maximale hoogte geeft / inzicht dat een variatie in de startwaarde voor  $v_y$  een variatie in de hoogte geeft 1
- consequente conclusie voor de resultaten A en E 1
- consequente conclusie voor de resultaten B en D 1

## Qled-tv

### 6 maximumscore 2

voorbeeld van een antwoord:

De quantum-dot zal altijd een foton uitzenden dat maximaal de energie heeft van het invallende foton. Een violet foton heeft meer energie dan een blauw, groen of rood foton.

- inzicht dat het invallende foton minimaal de energie moet hebben van het uitgezonden foton 1
- inzicht dat een violet foton meer energie heeft dan een foton van de genoemde kleuren 1

### 7 maximumscore 2

voorbeeld van een antwoord:

De fotonenergie moet groter zijn dan de bandgap. (Dus halfgeleiders met een bandgap kleiner dan 2,75 eV zijn geschikt / halfgeleiders met een bandgap groter dan 3,10 eV zijn niet geschikt.)

halfgeleider	$E_{\text{gap}}$ (eV)		
Si	1,12	geschikt	
CdSe	1,74	geschikt	
$\text{Si}_3\text{N}_4$	5		ongeschikt
GaAs	1,43	geschikt	
GaP	2,26	geschikt	

- inzicht dat de bandgap niet groter mag zijn dan de fotonenergie 1
- consequent invullen van de tabel 1

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

### 8 maximumscore 5

uitkomst:  $\lambda_B = 3 \cdot 10^{-9}$  m

voorbeeld van een antwoord:

- Er geldt:  $\lambda_B = \frac{h}{p}$ .

Bovendien geldt:  $E_k = \frac{1}{2}mv^2$ . Met  $p = mv$  levert dit:  $E_k = \frac{p^2}{2m}$

Omschrijven levert:  $p = \sqrt{2mE_k}$ .

Met  $m = m_{\text{eff}}$  levert dit uiteindelijk  $\lambda_B = \frac{h}{\sqrt{2m_{\text{eff}}E_k}}$ .

- Invullen levert:

$$\lambda_B = \frac{h}{\sqrt{2m_{\text{eff}}E_k}} = \frac{6,6 \cdot 10^{-34}}{\sqrt{2 \cdot 0,13 \cdot 9,1 \cdot 10^{-31} \cdot 1 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}}} = 3 \cdot 10^{-9} \text{ m.}$$

- gebruik van  $\lambda_B = \frac{h}{p}$  en  $p = mv$  1
- gebruik van  $E_k = \frac{1}{2}mv^2$  1
- completeren van de afleiding 1
- gebruik van  $m_{\text{eff}} = 0,13 \cdot m_e$  en opzoeken  $m_e$  1
- completeren van de berekening 1

**9 maximumscore 4**

uitkomst:  $C = 6,0 \cdot 10^{-37} (\text{Jm}^2)$

voorbeeld van een antwoord:

Voor de nulpuntsenergie van een deeltje in een eendimensionale energieput

met oneindig hoge wanden geldt:  $E_n = \frac{n^2 h^2}{8mL^2}$  met  $n=1$ .

Voor de nulpuntsenergie van de twee (onafhankelijke) deeltjes in de quantum-dot geldt dus

$$E_{\text{nul}} = \frac{h^2}{8m_{\text{eff, elektron}} L^2} + \frac{h^2}{8m_{\text{eff, gat}} L^2} \text{ met } L=R.$$

Voor de fotonenergie geldt  $E_f = E_{\text{gap}} + E_{\text{nul}}$  en dus

$$E_f = E_{\text{gap}} + \frac{h^2}{8m_{\text{eff, elektron}} R^2} + \frac{h^2}{8m_{\text{eff, gat}} R^2} = E_{\text{gap}} + \left( \frac{h^2}{8m_{\text{eff, elektron}}} + \frac{h^2}{8m_{\text{eff, gat}}} \right) \frac{1}{R^2}.$$

Dus ( $E_f = E_{\text{gap}} + \frac{C}{R^2}$ , met)  $C = \frac{h^2}{8m_{\text{eff, elektron}}} + \frac{h^2}{8m_{\text{eff, gat}}}$ .

Invullen en uitrekenen levert:

$$C = \frac{h^2}{8m_e} \left( \frac{1}{0,13} + \frac{1}{0,45} \right) = \frac{(6,63 \cdot 10^{-34})^2}{8 \cdot 9,11 \cdot 10^{-31}} \left( \frac{1}{0,13} + \frac{1}{0,45} \right) = 6,0 \cdot 10^{-37} (\text{Jm}^2).$$

- inzicht dat  $E_f = E_{\text{gap}} + E_{\text{nul}}$  1
- gebruik van  $E_n = \frac{n^2 h^2}{8mL^2}$  met  $n=1$  en  $L=R$  1
- (completeren van de afleiding met het) inzicht dat  

$$C = \frac{h^2}{8m_{\text{eff, elektron}}} + \frac{h^2}{8m_{\text{eff, gat}}}$$
 1
- completeren van de berekening 1

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

**10 maximumscore 4**

uitkomst:  $R = 2,4 \text{ nm}$

voorbeeld van een antwoord:

Voor de fotonenergie geldt:  $E_f = \frac{hc}{\lambda}$ . Invullen levert:

$$E_f = \frac{6,63 \cdot 10^{-34} \cdot 3,00 \cdot 10^8}{534 \cdot 10^{-9}} = 3,72 \cdot 10^{-19} \text{ J}.$$

Omrekenen naar elektronvolt geeft:  $E_f = 2,33 \text{ eV}$

Aflezen in figuur 6 geeft:

$$R^{-2} = 0,17 \text{ nm}^{-2} \longrightarrow R^2 = 5,9 \text{ nm}^2 \longrightarrow R = 2,4 \text{ nm}.$$

- gebruik van  $E_f = \frac{hc}{\lambda}$  1
- omrekenen van J naar eV 1
- consequent aflezen van  $R^{-2}$  in figuur 6 (met een marge van  $0,02 \text{ nm}^{-2}$ ) 1
- completeren van de bepaling en significantie 1

*Opmerkingen*

- Als de kandidaat  $E_{\text{gap}}$  bepaalt door extrapoleren van de grafiek naar  $R^{-2} = 0$  en vervolgens bij de berekening gebruik maakt van een foutief antwoord uit vraag 9, dit niet aanrekenen.
- Als de kandidaat de golflengte omzet in een energie met behulp van het informatieboek, kunnen scorepunt 1 (en eventueel 2) toegekend worden.

## Practicum warmtestraling

### 11 maximumscore 4

uitkomst:  $P = 1,1 \cdot 10^2 \text{ W}$

voorbeeld van een antwoord:

Voor de doorsnede van de draad geldt:

$$A = \frac{1}{4}\pi d^2 = \frac{1}{4}\pi \cdot (4,0 \cdot 10^{-5})^2 = 1,26 \cdot 10^{-9} \text{ m}^2.$$

Voor de weerstand van de draad geldt dan:

$$R = \rho \frac{\ell}{A} = 0,45 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{0,35}{1,26 \cdot 10^{-9}} = 1,25 \cdot 10^2 \Omega.$$

Voor het opgenomen elektrische vermogen geldt dan:

$$P = \frac{U^2}{R} = \frac{120^2}{1,25 \cdot 10^2} = 1,1 \cdot 10^2 \text{ W}.$$

- gebruik van  $A = \frac{1}{4}\pi d^2$  1
- gebruik van  $R = \rho \frac{\ell}{A}$  met opzoeken van  $\rho$  1
- inzicht dat  $P = \frac{U^2}{R}$  / gebruik van  $P = UI$  en  $U = IR$  1
- completeren van de berekening 1

*Opmerking*

ScienceData geeft  $\rho = 50 \cdot 10^{-8} \Omega \text{ m}$ . Dat geeft  $P = 1,0 \cdot 10^2 \text{ W}$ .

### 12 maximumscore 3

voorbeeld van een antwoord:

De weerstandstemperatuurcoëfficiënt voor constantaan is  $0,05 \cdot 10^{-3} \text{ K}^{-1}$ .

De factor waarmee  $\rho_0$  vermenigvuldigd wordt is

$$1 + \alpha(T - T_0).$$

Invullen levert  $1 + 0,05 \cdot 10^{-3}(300 - 20) = 1,014$ .

De toename is dus 1,4 %. Deze waarde is kleiner dan 5%. Tess heeft dus gelijk.

- opzoeken van de waarde voor de weerstandstemperatuurcoëfficiënt 1
- inzicht dat de factor  $1 + \alpha(T - T_0)$  / de toename  $\alpha(T - T_0)$  berekend moet worden 1
- completeren van de berekening en consequente conclusie 1

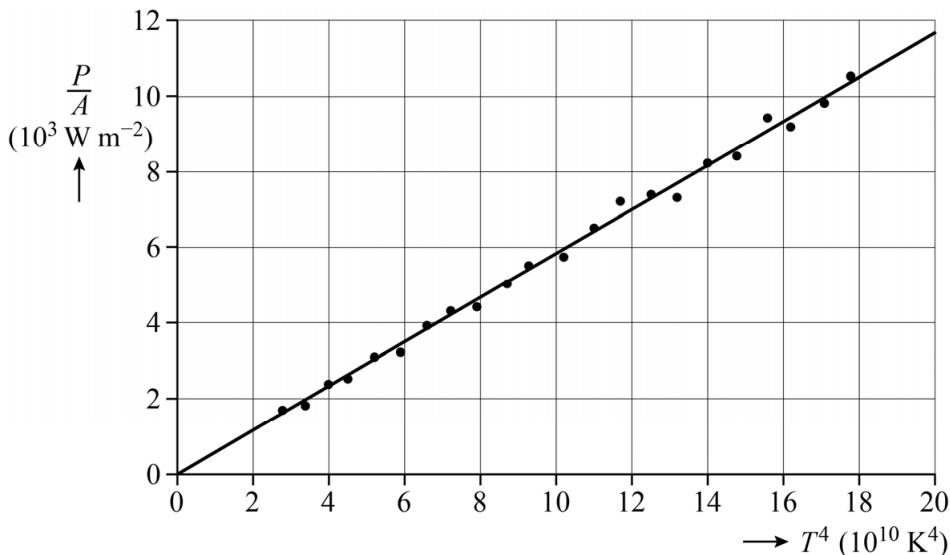
*Opmerking*

ScienceData geeft voor de weerstandstemperatuurcoëfficiënt  
 $\alpha = 0,02 \cdot 10^{-3} \text{ K}^{-1}$ . De factor wordt dan 1,0056.

**13 maximumscore 5**

uitkomst:  $\sigma = 5,8 \cdot 10^{-8} \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-4}$  (met een marge van  $0,2 \cdot 10^{-8} \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-4}$ )

voorbeeld van een antwoord:



- Een rechte lijn door de oorsprong duidt op een recht evenredig verband tussen beide grootheden langs de assen.

Het verband tussen het stralingsvermogen en de temperatuur wordt gegeven door de wet van Stefan-Boltzmann:  $P = \sigma AT^4$

Ofwel:  $\frac{P}{A} = \sigma T^4$ . Dus  $\frac{P}{A}$  is recht evenredig met  $T^4$ . De bijbehorende grafiek zal dus een rechte lijn door de oorsprong zijn.

- De helling van de lijn is gelijk aan de constante van Stefan-Boltzmann  $\sigma$ .

$$\text{Dit geeft: } \sigma = \frac{\Delta\left(\frac{P}{A}\right)}{\Delta(T^4)} = \frac{11,6 \cdot 10^3}{20,0 \cdot 10^{10}} = 5,8 \cdot 10^{-8} \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-4}.$$

- inzicht dat een recht evenredig verband een rechte lijn door de oorsprong oplevert 1
- inzicht dat uit de wet van Stefan-Boltzmann volgt dat  $\frac{P}{A}$  recht evenredig is met  $T^4$  1
- tekenen van een rechte lijn door de oorsprong en passend bij de meetpunten 1
- inzicht dat de helling van de lijn gelijk is aan  $\sigma$  1
- completeren van de bepaling en significantie 1

**14 maximumscore 3**

uitkomst:  $\lambda_{\max} = 4,42 \cdot 10^{-6}$  m

voorbeeld van een antwoord:

Met behulp van de wet van Wien kan de golflengte berekend worden waarbij er sprake is van de maximale stralingsintensiteit bij een temperatuur van 383 °C = 656 K.

Er geldt:  $\lambda_{\max} T = k_W$ .

Invullen geeft:  $\lambda_{\max} \cdot 656 = 2,898 \cdot 10^{-3} \rightarrow \lambda_{\max} = 4,42 \cdot 10^{-6}$  m.

- gebruik van  $\lambda_{\max} T = k_W$  1
- omrekenen van °C naar K 1
- completeren van de berekening en significantie 1

**15 maximumscore 4**

voorbeeld van een antwoord:

Volgens de kwadratenwet is  $I$  evenredig met  $\frac{1}{x^2}$ , dus  $\frac{I_1}{I_2} = \left( \frac{x_2}{x_1} \right)^2$ .

Invullen van de eerste en de laatste meting geeft:

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{4810}{620} = 7,76$$

en

$$\left( \frac{x_2}{x_1} \right)^2 = \left( \frac{70}{40} \right)^2 = 3,1.$$

Deze verhoudingen zijn niet gelijk, dus geldt hier de kwadratenwet niet.

- inzicht dat de kwadratenwet betekent dat  $I$  evenredig is met  $x^{-2}$  1
- inzicht dat de verhouding van twee intensiteitsmetingen berekend moet worden 1
- inzicht dat de verhouding van de bijbehorende afstanden berekend moet worden 1
- completeren van de berekeningen en consequente conclusie 1

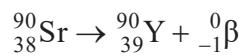
*opmerking:*

*als de kandidaat het eerste scorepunt niet behaald heeft kan ook het laatste scorepunt niet toegekend worden*

## Om het hoekje

### 16 maximumscore 3

voorbeeld van een antwoord:



- alleen een bètadeeltje en Y-90 rechts van de pijl 1
- alleen Sr links van de pijl mits verkregen via kloppende atoomnummers 1
- aantal nucleonen links en rechts gelijk 1

### 17 maximumscore 1

voorbeeld van een antwoord:

Y-90 (of een eventuele andere dochterkern is zelf instabiel en) vervalt onder uitzending van (onder andere) gammastraling.

- inzicht dat gammastraling afkomstig is van Y-90 of een andere dochterkern 1

### 18 maximumscore 3

voorbeeld van een antwoord:

De richting van de stroom is tegengesteld aan de richting van de beweging van de  $\beta^-$ -deeltjes. De lorentzkracht zorgt voor een afbuiging van de  $\beta^-$ -deeltjes. Toepassen van een richtingsregel geeft dat de magnetische veldlijnen van R naar L lopen. De noordpool moet zich dus bevinden op plaats R.

- inzicht dat de richting van de stroom tegengesteld is aan die van de deeltjes / inzicht dat de deeltjes een negatieve lading hebben 1
- inzicht in de richting van de lorentzkracht 1
- benoemen van een richtingsregel / inzicht in de richting van de magnetische veldlijnen en consequente conclusie 1

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

### 19 maximumscore 3

voorbeeld van een antwoord:

Er geldt dat  $F_{mpz} = F_L$ , met  $F_{mpz} = \frac{mv^2}{r}$  en  $F_L = Bqv$ . Invullen en

omschrijven geeft  $v = \frac{Bqr}{m}$ .

- inzicht dat  $F_{mpz} = F_L$  1
- gebruik van  $F_{mpz} = \frac{mv^2}{r}$  en  $F_L = Bqv$  1
- completeren van de afleiding 1

### 20 maximumscore 3

voorbeeld van een antwoord:

Er geldt volgens formule (1):  $v = \frac{Bqr}{m}$ .

Invullen geeft:  $v = \frac{0,1 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 0,20}{9,1 \cdot 10^{-31}} = 4 \cdot 10^9 \text{ m s}^{-1}$ .

Deze snelheid is veel groter dan de lichtsnelheid. Er moet dus rekening gehouden worden met relativistische effecten.

- gebruik van  $v = \frac{Bqr}{m}$  met opzoeken van  $q$  en  $m$  1
- completeren van de berekening 1
- vergelijken met de lichtsnelheid en consequente conclusie 1

### 21 maximumscore 1

voorbeeld van een antwoord:

In de eerste meetreeks wordt de achtergrondstraling gemeten.

### 22 maximumscore 1

voorbeeld van een antwoord:

Door botsingen met luchtmoleculen kunnen bètadeeltjes via een omweg de GM-sensor bereiken.

*Opmerking*

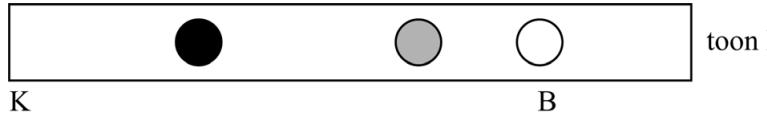
*Voor alleen het noemen van gammastraling als oorzaak het scorepunt niet toekennen.*

## Speciale fluit

### 23 maximumscore 6

voorbeeld van een antwoord:

—



toon I

Er geldt:  $v = f\lambda$ . Omschrijven en invullen geeft:

$$\lambda = \frac{v}{f} = \frac{343}{6,0 \cdot 10^2} = 0,572 \text{ m. Dus geldt voor de afstand van het uiteinde}$$

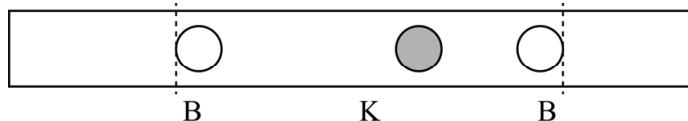
van de buis tot de buik:  $\frac{1}{4}\lambda = \frac{1}{4} \cdot 0,572 = 0,143 \text{ m.}$

Omdat het plaatje op schaal 1 : 2 getekend is, ligt in de figuur de buik op 7,1 cm van het gesloten uiteinde met de knoop K.

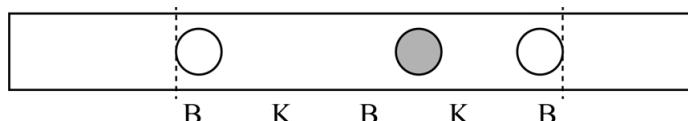
- Bij toon II is de afstand van het gesloten uiteinde tot het open gat kleiner dan bij toon I. De golflengte van toon II zal daarom kleiner zijn dan de golflengte van toon I. De frequentie van toon II is dus hoger dan die van toon I.
  
- gebruik van  $v = f\lambda$  en opzoeken van  $v_{\text{geluid}}$  1
- inzicht dat de afstand van buik tot knoop gelijk is aan  $\frac{1}{4}\lambda$  1
- gebruik van de schaalfactor 1
- completeren van de berekening en consequent aangeven van B 1
- inzicht dat de afstand van de knoop tot het open gat bij toon II kleiner is 1
- consequente conclusie over de frequentie 1

**24 maximumscore 3**

voorbeelden van een antwoord:



of



- een afwisseling van knopen en buiken met minimaal 2 buiken en 1 knoop in het gebied tussen de stippellijnen 1
- inzicht dat de onderlinge afstanden tussen alle knopen en buiken gelijk zijn 1
- in de buurt van beide open gaten bevindt zich een buik 1

**25 maximumscore 3**

voorbeeld van een antwoord:

Als de temperatuur stijgt, neemt de geluidssnelheid toe. (De golflengte in de fluit blijft constant.) Volgens  $v = \lambda f$  zal de frequentie en dus de toonhoogte toenemen.

- inzicht in toenemende geluidssnelheid bij toenemende temperatuur 1
- gebruik van  $v = \lambda f$  / inzicht dat  $v$  evenredig is met  $f$  1
- consequente conclusie ten aanzien van de toonhoogte 1

## **5 Aanleveren scores**

---

Verwerk de scores van de alfabetisch eerste vijf kandidaten per examinator in de applicatie Wolf. Cito gebruikt deze gegevens voor de analyse van de examens. Om de gegevens voor dit doel met Cito uit te wisselen dient u ze uiterlijk op 31 mei te accorderen.

Ook na 31 mei kunt u nog tot en met 8 juni gegevens voor Cito accorderen. Deze gegevens worden niet meer meegenomen in de hierboven genoemde analyses, maar worden wel meegenomen bij het genereren van de groepsrapportage.

Na accordering voor Cito kunt u in Wolf de gegevens nog wijzigen om ze vervolgens vrij te geven voor het overleg met de externe corrector. Deze optie is relevant als u Wolf ook gebruikt voor uitwisseling van de gegevens met de externe corrector.

# **Correctievoorschrift VWO**

# **2022**

tijdvak 2

**natuurkunde**

Het correctievoorschrift bestaat uit:

- 1 Regels voor de beoordeling
- 2 Algemene regels
- 3 Vakspecifieke regels
- 4 Beoordelingsmodel
- 5 Aanleveren scores
- 6 Bronvermeldingen

## **1 Regels voor de beoordeling**

---

Het werk van de kandidaten wordt beoordeeld met inachtneming van de artikelen 41 en 42 van het Eindexamenbesluit VO.

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

Voor de beoordeling zijn de volgende aspecten van de artikelen 36, 41, 41a en 42 van het Eindexamenbesluit VO 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 examinator. Deze kijkt het werk na en zendt het met zijn beoordeling aan de directeur. De examinator past de beoordelingsnormen en de regels voor het toekennen van scorepunten toe die zijn gegeven door het College voor Toetsen en Examens.
- 2 De directeur doet de van de examinator 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 directeur van de school van de gecommitteerde toekomen. Deze stelt het ter hand aan de gecommitteerde.

- 3 De gecommitteerde 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 Toetsen en Examens.  
De gecommitteerde voegt bij het gecorrigeerde werk een verklaring betreffende de verrichte correctie. Deze verklaring wordt mede ondertekend door het bevoegd gezag van de gecommitteerde.
- 4 De examinator en de gecommitteerde stellen in onderling overleg het behaalde aantal scorepunten voor het centraal examen vast.
- 5 Indien de examinator en de gecommitteerde daarbij niet tot overeenstemming komen, wordt het geschil voorgelegd aan het bevoegd gezag van de gecommitteerde. Dit bevoegd gezag kan hierover in overleg treden met het bevoegd gezag van de examinator. Indien het geschil niet kan worden beslecht, wordt hiervan melding gemaakt aan de inspectie. De inspectie kan een derde onafhankelijke corrector aanwijzen. De beoordeling van deze derde corrector 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 Toetsen en Examens van toepassing:

- 1 De examinator 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 examinator en door de gecommitteerde scorepunten toegekend, in overeenstemming met correctievoorschrift. 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. Als het antwoord op een andere manier is gegeven, maar onomstotelijk vaststaat dat het juist is, dan moet dit antwoord ook goed gerekend worden. Voor het juiste 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 examinator of de gecommitteerde 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 Toetsen en 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 *T.a.v. de status van het correctievoorschrift:*

Het College voor Toetsen en 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 *T.a.v. het verkeer tussen examinator en gecommitteerde (eerste en tweede corrector):*  
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 *T.a.v. aanvullingen op het correctievoorschrift:*

Er zijn twee redenen voor een aanvulling op het correctievoorschrift: verduidelijking en een fout.

#### *Verduidelijking*

Het correctievoorschrift is vóór de afname opgesteld. Na de afname blijkt pas welke antwoorden kandidaten geven. Vragen en reacties die via het Examenloket bij de Toets- en Examenlijn binnenkomen, kunnen duidelijk maken dat het correctievoorschrift niet voldoende recht doet aan door kandidaten gegeven antwoorden. Een aanvulling op het correctievoorschrift kan dan alsnog duidelijkheid bieden.

#### *Een fout*

Als het College voor Toetsen en Examens vaststelt dat een centraal examen een fout bevat, kan het besluiten tot een aanvulling op het correctievoorschrift.

Een aanvulling op het correctievoorschrift wordt door middel van een mailing vanuit Examenblad.nl bekendgemaakt. Een aanvulling op het correctievoorschrift wordt zo spoedig mogelijk verstuurd aan de examensecretarissen.

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

- Als het werk al naar de tweede corrector is gezonden, past de tweede corrector deze aanvulling op het correctievoorschrift toe.  
en/of
- 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.

Dit laatste gebeurt alleen als de aanvulling luidt dat voor een vraag alle scorepunten moeten worden toegekend.

Als een onvolkomenheid op een dusdanig laat tijdstip geconstateerd wordt dat een aanvulling op het correctievoorschrift ook voor de tweede corrector te laat komt, houdt het College voor Toetsen en Examens bij de vaststelling van de N-term rekening met de onvolkomenheid.

### **3 Vakspecifieke regels**

---

Voor dit examen zijn de volgende vakspecifieke regels vastgesteld:

- 1 Een afwijking in de uitkomst van een berekening/bepaling 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 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 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 grootheid.

## 4 Beoordelingsmodel

Vraag

Antwoord

Scores

Aan het juiste antwoord op een meerkeuzevraag wordt 1 scorepunt toegekend.

### Massa meten in de ruimte

#### 1 maximumscore 2

voorbeeld van een antwoord:

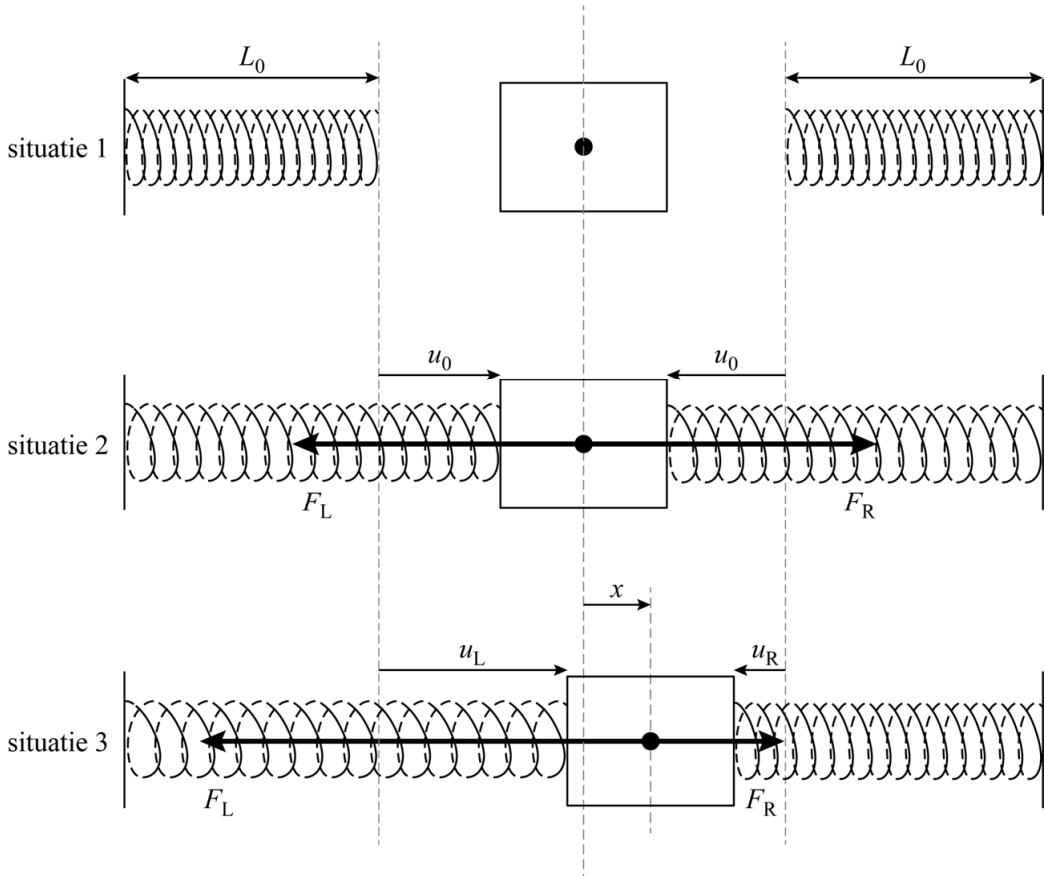
Een weegschaal waar je op moet staan, meet je gewicht. In het ruimtestation ben je gewichtloos, dus kan je de schaal niet indrukken.

- inzicht dat je in het ruimtestation gewichtloos bent
- inzicht dat een weegschaal gewicht meet

1  
1

#### 2 maximumscore 4

voorbeeld van een antwoord:



(In de evenwichtsstand is  $F_L$  gelijk aan  $F_R$ , maar tegengesteld gericht, dus  $F_{\text{res}} = F_R - F_L = Cu_0 - Cu_0 = 0$ .)

Bij een uitwijking  $x$  uit de evenwichtsstand naar rechts, wordt  $F_L$  groter en  $F_R$  evenveel kleiner. Deze verandering is gelijk aan  $Cx$ .

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

De verandering van de resulterende kracht is twee keer zo groot, dus  $|F_{\text{res}}| = 2Cx$ . De veerconstante van de twee veren samen is dus  $2C$ .

- tekenen van  $F_R$  in situatie 2, even lang als  $F_L$  maar tegengesteld gericht 1
- tekenen van  $F_R$  in situatie 3, evenveel korter als  $F_L$  langer is in vergelijking met situatie 2 / beide pijlen samen even lang in situatie 2 en 3 1
- inzicht dat de verandering van de resulterende kracht twee keer zo groot is als de verandering van de afzonderlijke veerkrachten 1
- inzicht dat  $|F_{\text{res}}| = C_{\text{totaal}}x$  en completeren van de uitleg 1

### *Opmerking*

*Als de kandidaat een redenering heeft in de trant van twee veren dus twee keer zo groot, de laatste twee scorepunten niet toekennen.*

### **3 maximumscore 3**

uitkomst:  $m = 0,22 \text{ kg}$  (met een marge van  $0,01 \text{ kg}$ )

voorbeeld van een antwoord:

Uit het  $(x,t)$ -diagram volgt dat de trillingstijd  $T = 0,42 \text{ s}$ .

Voor de trillingstijd geldt:  $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{C}}$ . Omschrijven geeft voor de massa:

$$m = \frac{T^2 C}{4\pi^2} = \frac{0,42^2 \cdot 50}{4\pi^2} = 0,22 \text{ kg}$$

- inzicht dat de trillingstijd bepaald moet worden 1
- gebruik van  $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{C}}$  1
- completeren van de bepaling en significantie 1

**4 maximumscore 5**

uitkomst:  $v_{\max} = 0,84 \text{ m s}^{-1}$  (met een marge van  $0,10 \text{ m s}^{-1}$ )

voorbeelden van een antwoord:

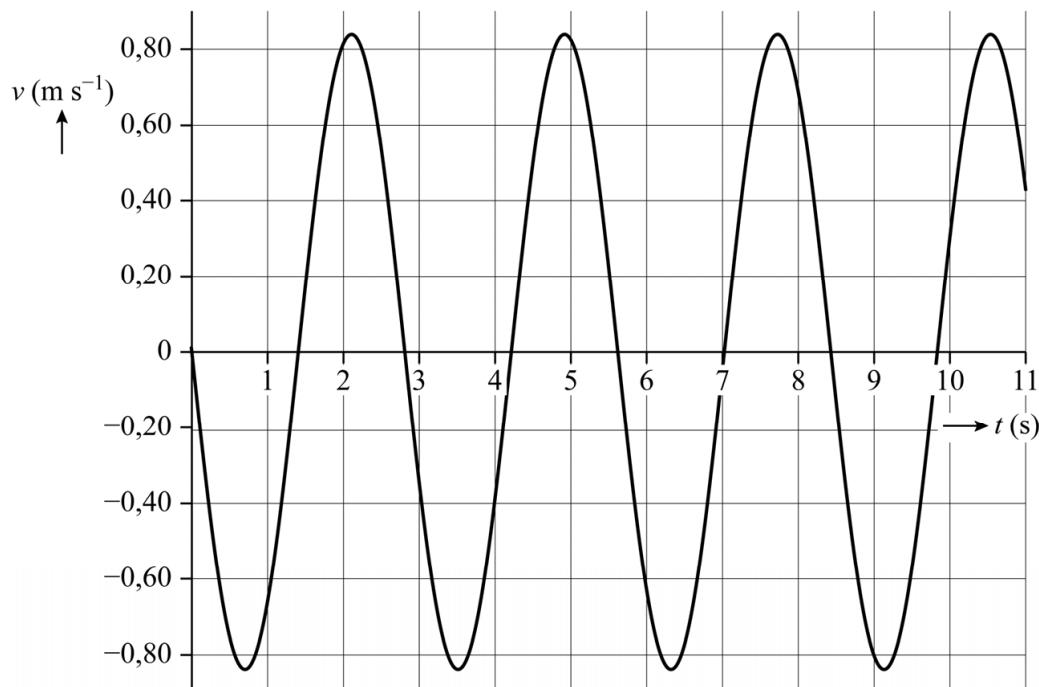
Methode 1:

- Voor de maximale snelheid geldt:  $v_{\max} = \frac{2\pi A}{T}$ .

Bepalen van de amplitudo en de periode levert:

$$v_{\max} = \frac{2\pi \cdot 0,375}{2,8} = 0,84 \text{ m s}^{-1}$$

-



- inzicht dat  $A$  en  $T$  bepaald moeten worden 1
- gebruik van  $v_{\max} = \frac{2\pi A}{T}$  1
- completeren van de bepaling en significantie 1
- inzicht dat  $v = 0$  op  $t = 0 \text{ s}$  en vervolgens negatief 1
- tekenen van het  $(v,t)$ -diagram 1

*Opmerking*

*Het laatste scorepunt kan alleen toegekend worden als het volledige bereik van 11 s is gebruikt, het getekende diagram een vloeiente kromme is en de volgende elementen correct zijn:  $v_{\max}$  consequent met de berekening en corresponderend met  $x = 0$ ,  $T$  in overeenstemming met het  $(x,t)$ -diagram.*

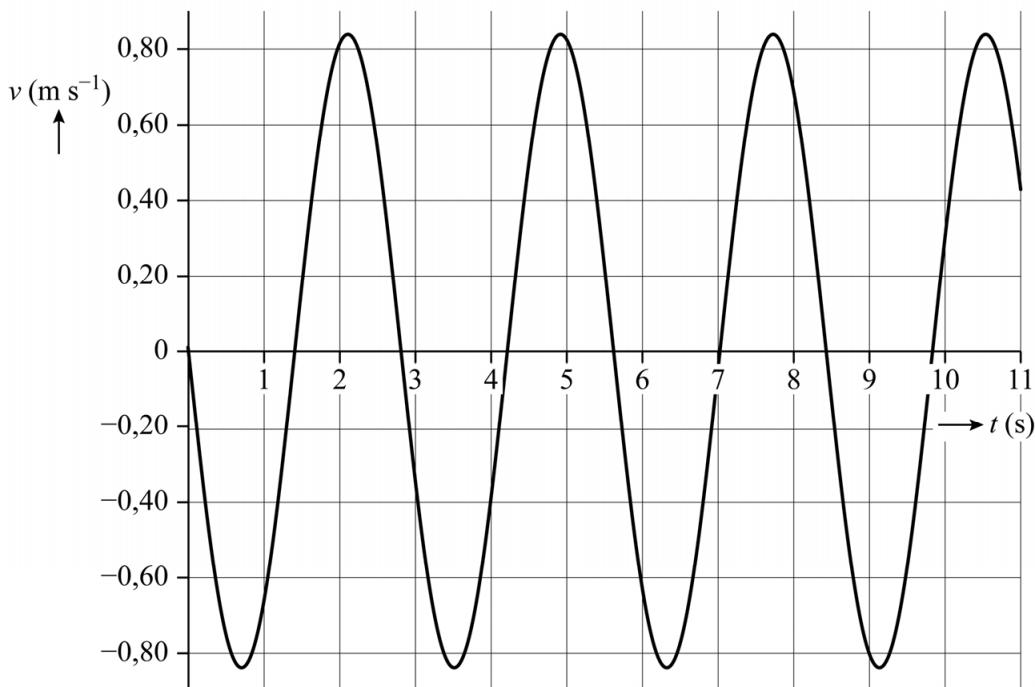
of

Methode 2:

- Voor de maximale snelheid geldt  $v_{\max} = \left( \frac{\Delta x}{\Delta t} \right)_{\text{raaklijn}}$  als  $x = 0 \text{ m}$ .

$$\text{Tekenen van een raaklijn en aflezen levert: } v_{\max} = \frac{0,80 \text{ m}}{0,95 \text{ s}} = 0,84 \text{ m s}^{-1}$$

-



- inzicht dat de maximale snelheid overeenkomt met de helling van het  $(x,t)$ -diagram als  $x = 0$

1

- gebruik van  $v = \left( \frac{\Delta x}{\Delta t} \right)_{\text{raaklijn}}$

1

- completeren van de bepaling en significantie

1

- inzicht dat  $v = 0$  op  $t = 0 \text{ s}$  en vervolgens negatief

1

- tekenen van het  $(v,t)$ -diagram

1

### Opmerking

Het laatste scorepunt kan alleen toegekend worden als het volledige bereik van 11 s is gebruikt, het getekende diagram een vloeiende kromme is en de volgende elementen correct zijn:  $v_{\max}$  consequent met de berekening en corresponderend met  $x = 0$ ,  $T$  in overeenstemming met het  $(x,t)$ -diagram.

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

**5 B**

**6 maximumscore 1**

voorbeeld van een antwoord:

De veren zijn voorgespannen dus de veerenergie zal nooit 0 J worden.

- inzicht dat de veren een voorspanning hebben

1

**7 maximumscore 2**

voorbeeld van een antwoord:

Voor het energieverlies per seconde geldt  $P = F_w v$ . Dit is dus afhankelijk van de snelheid van de stoel, ook als  $F_w$  niet van de snelheid afhangt. De grafiek zal dus na de aanpassing van het model nog steeds vergelijkbare hobbels vertonen. André's verwachting is dus niet terecht.

- inzicht dat  $P = F_w v$

1

- consequente conclusie

1

## ECG in MRI

### 8 maximumscore 3

uitkomst:  $68 \text{ (min}^{-1}\text{)}$  met een marge van  $1 \text{ (min}^{-1}\text{)}$

voorbeeld van een antwoord:

De afstand op het ECG tussen de eerste en vijfde top is 8,8 cm. Dit komt overeen met  $\frac{8,8}{2,5} = 3,5 \text{ s}$ . Dit zijn vier periodes, dus  $T = 0,88 \text{ s}$ .

Het hartritme is dus  $\frac{60}{0,88} = 68 \text{ min}^{-1}$ .

- inzicht dat de afstand tussen twee pieken bepaald moet worden 1
- inzicht dat de frequentie berekend moet worden / gebruik van  $f = \frac{1}{T}$  1
- completeren van de bepaling en significantie 1

### 9 maximumscore 2

voorbeeld van een antwoord:

De spanningswet van Kirchhoff geeft voor de spanningen in een kring:

$$\sum_i U_i = 0. \text{ Dus geldt: } U_{AB} + U_{BC} + U_{CA} = 0$$

Hieruit volgt dat  $-U_{CA} = U_{AB} + U_{BC}$ . Omdat  $U_{AC} = -U_{CA}$  volgt:

$$U_{AC} = U_{AB} + U_{BC}$$

(Dus de spanning over AC is hetzelfde als de som van de spanningen over AB en BC.)

- inzicht dat volgens Kirchhoff  $U_{AB} + U_{BC} + U_{CA} = 0$  1
- inzicht dat  $U_{AC} = -U_{CA}$  en completeren van de uitleg 1

### 10 maximumscore 1

voorbeeld van een antwoord:

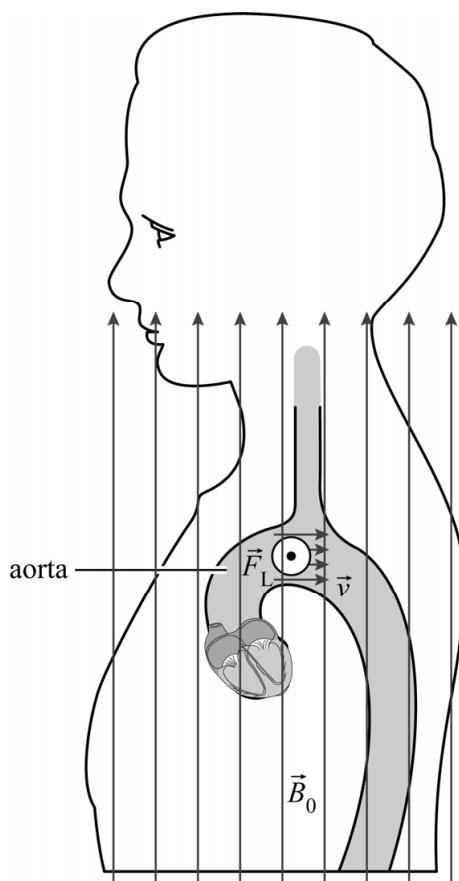
Bij een MRI-scan wordt de patiënt niet bestraald met ioniserende straling.

- inzicht dat bij een MRI-scan geen ioniserende straling wordt gebruikt 1

**11 maximumscore 3**

voorbeeld van een antwoord:

-



- De stroom  $I$ , veroorzaakt door de positieve ionen, heeft dezelfde richting als  $\vec{v}$ . De negatieve ionen zorgen voor een stroom  $I$  in tegengestelde richting van  $\vec{v}$ . Met een richtingsregel volgt dan dat de lorentzkracht op de positieve en de negatieve ionen in tegengestelde richting staat. Dus treedt er ladingsscheiding op.
- De lorentzkracht staat in de richting van  $\vec{AB}$ , dus de ladingsscheiding ontstaat ook langs deze lijn en zal dus  $U_{AB}$  het meest beïnvloeden.

- tekenen van de lorentzkracht het papier uit 1
- inzicht dat de richting van de elektrische stroom van de negatieve ionen tegengesteld is aan de richting van de elektrische stroom van de positieve ionen / inzicht dat de lorentzkrachten op de negatieve en positieve ionen tegengesteld zijn 1
- inzicht dat de ladingsscheiding in de aorta in de richting van de werklijn van de lorentzkracht ontstaat en consequente conclusie 1

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

## 12 maximumscore 4

voorbeeld van een antwoord:

Invullen van formule (2) met  $A = \frac{1}{4}\pi d_{\text{aorta}}^2$  geeft voor de stroomsnelheid:

$$v = \frac{600 \cdot 10^{-6}}{\frac{1}{4}\pi (3 \cdot 10^{-2})^2} = 0,85 \text{ m s}^{-1}$$

Invullen van formule (1) en uitwerken levert:

$$d = \frac{U_{ls}}{vB_0} = \frac{1 \cdot 10^{-3}}{0,85 \cdot 3,0} = 4 \cdot 10^{-4} \text{ m}$$

De berekende afstand is kleiner dan de diameter van de aorta. (De gegeven verklaring kan dus kloppen.)

- gebruik van formule (2) en  $A = \frac{1}{4}\pi d^2 / A = \pi r^2$  met  $d = 2r$  1
- omrekenen van  $\text{mL s}^{-1}$  naar  $\text{m}^3\text{s}^{-1}$  1
- gebruik van formule (1) en completeren van de berekening 1
- vergelijken van de berekende afstand met de diameter van de aorta 1

## Adelaarsnevel

### 13 maximumscore 5

uitkomst:  $E_f = 1,8892 \text{ (eV)}$

voorbeeld van een antwoord:

- Er geldt:  $E_f = \frac{hc}{\lambda}$

$$\text{Invullen levert } E_f = \frac{6,62607 \cdot 10^{-34} \cdot 2,99792 \cdot 10^8}{656,28 \cdot 10^{-9}} = 3,02682 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

Omrekenen naar eV geeft:

$$E_f = \frac{3,02682 \cdot 10^{-19}}{1,60218 \cdot 10^{-19}} = 1,8892 \text{ eV}$$

- Voor de energieniveaus van het waterstofatoom geldt  $E_n = -\frac{13,6 \text{ eV}}{n^2}$ .

Het eerste aangeslagen niveau is  $n = 2$  en het tweede is  $n = 3$ , dus voor de energie van de overgang geldt:

$$|E_{2 \rightarrow 3}| = \left( \frac{1}{2^2} - \frac{1}{3^2} \right) \cdot 13,6 \text{ eV} = 1,89 \text{ eV}.$$

(Deze energie is gelijk aan de fotonenergie van de 656,28 nm-lijn.)

- (Het gaat om een emissielijn, dus) de overgang is van de tweede aangeslagen toestand naar de eerste.

- gebruik van  $E_f = \frac{hc}{\lambda}$  1
- omrekenen van J naar eV 1
- gebruik van  $E_n = -\frac{13,6 \text{ eV}}{n^2}$  met  $n = 2$  en  $n = 3$  1
- inzicht dat het een overgang van een hogere naar een lagere aangeslagen toestand betreft 1
- completeren van de berekeningen en significantie van  $E_f$  1

*Opmerking*

Als de kandidaat voor het omrekenen van J naar eV gebruikmaakt van ScienceData tabel 1.3 is het juiste aantal significante cijfers twee.

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

#### 14 maximumscore 2

voorbeeld van een antwoord:

Voor het aanslaan of het ioniseren van waterstof is veel energie nodig (respectievelijk 12,1 eV en 13,6 eV). De fotonenergie van zichtbaar licht is daarvoor niet voldoende. (Dus moet de frequentie van de uitgezonden straling groter zijn dan van zichtbaar licht.)

- inzicht dat waterstof geïoniseerd / voldoende aangeslagen moet worden 1
- inzicht dat de fotonenergie van zichtbaar licht niet voldoende is 1

#### 15 maximumscore 2

voorbeeld van een antwoord:

De ster zendt het overgrote deel van de straling uit in het golflengtegebied onder 380 nm. (Dus met een frequentie groter dan van zichtbaar licht.)

- inzicht in de golflengtes van zichtbaar licht 1
- inzicht dat de ster vrijwel alleen straling met kleinere golflengtes uitzendt 1

#### 16 maximumscore 3

voorbeeld van een antwoord:

De top van het spectrum ligt bij  $\lambda_{\max} = 0,07 \mu\text{m}$ .

Er geldt:  $\lambda_{\max} T = k_W$ .

$$\text{Invullen levert: } T = \frac{k_W}{\lambda_{\max}} = \frac{2,90 \cdot 10^{-3}}{0,07 \cdot 10^{-6}} = 4 \cdot 10^4 \text{ K}$$

- gebruik van  $\lambda_{\max} T = k_W$  1
- bepalen van  $\lambda_{\max}$  tussen  $0,065 \mu\text{m}$  en  $0,080 \mu\text{m}$  1
- completeren van de bepaling 1

#### 17 maximumscore 5

uitkomst:  $R = 1 \cdot 10^{10} \text{ m}$

voorbeeld van een antwoord:

- Voor een ster op de hoofdreeks volgt uit het HR-diagram bij

$$T = 4 \cdot 10^4 \text{ K} \text{ dat } \frac{P}{P_{\text{zon}}} = 10^{5,7}.$$

Dus  $P_{\text{ster}} = 10^{5,7} \cdot P_{\text{zon}} = 10^{5,7} \cdot 3,85 \cdot 10^{26} \text{ W} = 1,93 \cdot 10^{32} \text{ W}$ .

Dit is gelijk aan  $2 \cdot 10^{32} \text{ W}$ .

- Voor het uitgestraalde vermogen geldt:  $P = \sigma AT^4$  met  $A = 4\pi R^2$ .  
 Invullen en uitwerken levert:

$$R = \left( \frac{P}{4\pi\sigma T^4} \right)^{\frac{1}{2}} = \left( \frac{2 \cdot 10^{32}}{4\pi \cdot 5,6 \cdot 10^{-8} \cdot (4 \cdot 10^4)^4} \right)^{\frac{1}{2}} = 1 \cdot 10^{10} \text{ m}$$

- bepalen van  $\frac{P}{P_{\text{zon}}}$  tussen  $10^{5,6}$  en  $10^{5,8}$  1
- opzoeken van  $P_{\text{zon}}$  1
- gebruik van  $P = \sigma AT^4$  1
- gebruik van  $A = 4\pi R^2$  1
- completeren van de bepaling en de berekening 1

*Opmerking*

In Science Data staat voor het vermogen van de zon  $3,84 \cdot 10^{26}$  W.

### 18 maximumscore 4

voorbeeld van een antwoord:

De stralingsintensiteit tussen 400 en 800 nm is

$$\frac{4,7 \cdot 10^{-11} \text{ W m}^{-2}}{0,60} = 7,8 \cdot 10^{-11} \text{ W m}^{-2}. \text{ Dit komt overeen met } 0,2 \text{ hokje in het}$$

diagram.

De oppervlakte onder de grafiek tussen 0 en  $0,4 \mu\text{m}$  is 8,5 hokjes. (De totale oppervlakte is dus 8,7 hokje.) Dus de totale ontvangen

$$\text{stralingsintensiteit is } \frac{8,7}{0,2} \cdot 7,8 \cdot 10^{-11} = 3,4 \cdot 10^{-9} \text{ W m}^{-2}$$

- inzicht dat de oppervlakte onder de grafiek gelijk is aan de ontvangen stralingsintensiteit 1
- inzicht dat de oppervlakte van 400-800 nm vergeleken moet worden met de totale oppervlakte onder de grafiek 1
- bepalen van de totale oppervlakte onder de grafiek tussen 8 en 10 hokjes en in rekening brengen van de factor 0,60 1
- completeren van de bepaling 1

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

### 19 maximumscore 3

voorbeeld van een antwoord:

$$\text{Er geldt: } I = \frac{P}{4\pi r^2} \text{ dus } r = \left( \frac{P}{4\pi I} \right)^{\frac{1}{2}}.$$

$$\text{Invullen levert: } r = \left( \frac{2 \cdot 10^{32}}{4\pi \cdot 3,4 \cdot 10^{-9}} \right)^{\frac{1}{2}} = 7 \cdot 10^{19} \text{ m.}$$

Omrekenen geeft:  $r = \frac{7 \cdot 10^{19}}{9,46 \cdot 10^{15}} = 7 \cdot 10^3$  lichtjaar. De ster bevindt zich dus

in of nabij de Adelaarsnevel. (Dus aan voorwaarde 1 kan zijn voldaan.)

- gebruik van  $I = \frac{P}{4\pi r^2}$  1
- omrekenen naar lichtjaar 1
- completeren van de berekening en consequente conclusie 1

## LEO-satelliet

### 20 maximumscore 4

voorbeeld van een antwoord:

Er geldt:  $F_{\text{mpz}} = F_g$  met  $F_{\text{mpz}} = \frac{mv^2}{r}$  en  $F_g = G \frac{mM}{r^2}$

Invullen en omschrijven geeft:  $v^2 = \frac{GM}{r}$ , dus  $v = \sqrt{\frac{GM}{r}}$

Er geldt:  $E_t = E_k + E_g$ , waarbij

$$E_k = \frac{1}{2}mv^2 \text{ met } v = \sqrt{\frac{GM}{r}} \text{ en } E_g = -G \frac{mM}{r}$$

Invullen en omschrijven geeft:  $E_t = \frac{1}{2}G \frac{mM}{r} - G \frac{mM}{r} = -\frac{1}{2}G \frac{mM}{r}$

- inzicht dat  $F_{\text{mpz}} = F_g$  1
- gebruik van  $F_{\text{mpz}} = \frac{mv^2}{r}$  en  $F_g = G \frac{mM}{r^2}$  1
- gebruik van  $E_k = \frac{1}{2}mv^2$  en  $E_g = -G \frac{mM}{r}$  1
- completeren van de afleidingen 1

### 21 maximumscore 3

voorbeeld van een antwoord:

Voor de snelheid van de satelliet geldt:

$v = \sqrt{\frac{GM}{r}}$ . Opzoeken van de waarden van  $G$ ,  $M$  en  $r$ , met  $r$  gelijk aan de

straal van de aarde plus de hoogte van de satelliet, en invullen geeft:

$$v = \sqrt{\frac{6,674 \cdot 10^{-11} \cdot 5,972 \cdot 10^{24}}{6,371 \cdot 10^6 + 425 \cdot 10^3}} = 7,658 \cdot 10^3 \text{ m s}^{-1}$$

(Op een hoogte van 425 km heeft de LEO-satelliet dus een snelheid van  $7,658 \text{ km s}^{-1}$ .)

- gebruik van  $v = \sqrt{\frac{GM}{r}}$  met opzoeken van  $G$  en  $M$  1
- inzicht dat  $r = R_{\text{aarde}} + h$  met opzoeken van  $R_{\text{aarde}}$  1
- completeren van de berekening 1

**22 maximumscore 4**

uitkomst:  $0,43 \text{ J s}^{-1}$

voorbeeld van een antwoord:

Voor het energieverlies per seconde geldt:  $P = Fv$

Het energieverlies wordt veroorzaakt door de wrijving:  $F_w = \frac{1}{2} \rho c_w A v^2$

Combineren van deze formules geeft:  $P = \frac{1}{2} \rho c_w A v^3$

De dichtheid van de lucht op 425 km hoogte is  $2,28 \cdot 10^{-12} \text{ kg m}^{-3}$ .

Invullen van de gegevens levert:

$$P = \frac{1}{2} \cdot 2,28 \cdot 10^{-12} \cdot 2,2 \cdot 0,385 \cdot (7,658 \cdot 10^3)^3 = 0,43 \text{ J s}^{-1}$$

- gebruik van  $P = Fv$  1
- gebruik van  $F_w = \frac{1}{2} \rho c_w A v^2$  1
- bepalen van  $\rho$  tussen  $2,26 \cdot 10^{-12} \text{ kg m}^{-3}$  en  $2,30 \cdot 10^{-12} \text{ kg m}^{-3}$  1
- completeren van de berekening 1

**23 maximumscore 3**

voorbeeld van een antwoord:

–  $\frac{dE_t}{dr} = \frac{1}{2} GmMr^{-2}$

– ( $G$ ,  $m$ ,  $M$  en  $r$  zijn positief, dus)  $\frac{dE_t}{dr}$  is positief.

Door wrijving neemt  $E_t$  af, dus  $dE_t$  is negatief.

Hieruit volgt dat  $dr$  negatief is. (Dus door de wrijving neemt de hoogte van de satelliet af.)

- noteren van de afgeleide van  $E_t(r)$  1
- inzicht dat door wrijving de totale energie afneemt 1
- inzicht dat  $\frac{dE_t}{dr}$  positief is en dat  $dr$  dus hetzelfde teken heeft als  $dE_t$  1

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

#### 24 maximumscore 4

uitkomst: 61 m (met een marge van 10 m)

voorbeeld van een antwoord:

Het hoogteverlies per dag is gelijk aan de steilheid van de raaklijn aan de grafiek bij  $h = 425 \text{ km}$ . Tekenen van de raaklijn en bepalen van de helling

$$\text{levert: } \left( \frac{\Delta h}{\Delta t} \right)_{\text{raaklijn}} = \frac{450,0 - 399,5}{60,0 - 7,0} = 0,953 \text{ km dag}^{-1}.$$

De omlooptijd van de satelliet kan berekend worden met  $v = \frac{2\pi r}{T}$ , met

$r = R_{\text{aarde}} + h$ . Invullen en uitwerken levert:

$$T = \frac{2\pi \cdot (6,371 \cdot 10^6 + 425 \cdot 10^3)}{7,658 \cdot 10^3} = 5,576 \cdot 10^3 \text{ s} = 6,454 \cdot 10^{-2} \text{ dag}$$

Dus het hoogteverlies per omwenteling is  $0,953 \cdot 10^3 \cdot 6,454 \cdot 10^{-2} = 61 \text{ m}$

- inzicht dat de steilheid van het diagram bij  $h = 425 \text{ km}$  bepaald moet worden 1
- gebruik van  $v = \frac{2\pi r}{T}$  met  $r = R_{\text{aarde}} + h$  1
- inzicht dat  $\frac{\Delta h}{\Delta t}$  vermenigvuldigd moet worden met de omlooptijd 1
- completeren van de bepaling en significantie 1

#### Opmerking

Als de kandidaat bij vraag 21 het inzicht dat  $r = R_{\text{aarde}} + h$  niet heeft getoond of hierin een rekenfout heeft gemaakt en dit antwoord opnieuw gebruikt, dan dit bij deze vraag niet opnieuw aanrekenen.

#### 25 maximumscore 2

voorbeeld van een antwoord:

Omdat de hoogte  $h$  afneemt, neemt ook de straal  $r$  af. ( $G$  en  $M$  zijn

constant,) dus volgens de formule  $v = \sqrt{\frac{GM}{r}}$  neemt de snelheid toe.

- inzicht dat de straal  $r$  afneemt 1
- gebruik van formule (1) en consequente conclusie 1

## 5 Aanleveren scores

---

Verwerk per examinator in de applicatie Wolf:

- de scores van de alfabetische eerste vijf kandidaten voor wie het tweede-tijdvak-examen de eerste afname is én
- de scores van alle herkansende kandidaten.

Cito gebruikt beide gegevens voor de analyse van de examens. Om de gegevens voor dit doel met Cito uit te wisselen dient u ze uiterlijk op 27 juni te accorderen.

Ook na 27 juni kunt u nog tot en met 30 juni gegevens voor Cito accorderen. Deze gegevens worden niet meer meegenomen in de hierboven genoemde analyses, maar worden wel meegenomen bij het genereren van de groepsrapportage.

Na accordering voor Cito kunt u in Wolf de gegevens nog wijzigen om ze vervolgens vrij te geven voor het overleg met de externe corrector. Deze optie is relevant als u Wolf ook gebruikt voor uitwisseling van de gegevens met de externe corrector.

### **derde tijdvak**

Ook in het derde tijdvak wordt de normering mede gebaseerd op door kandidaten behaalde scores. Wissel te zijner tijd ook voor al uw derde-tijdvak-kandidaten de scores uit met Cito via Wolf. Dit geldt **niet** voor de aangewezen vakken.

## 6 Bronvermeldingen

---

Massa meten in de ruimte

figuur 1

bron: NASA Space shuttle, vlucht van 5 tot 14 juni 1991.

<https://lsda.jsc.nasa.gov/Mission/miss/3>

ECG in MRI

figuur 3

bron: <http://mriquestions.com/magnet-changes-ekg.html>

Adelaarsnevel

figuur 1

bron: [https://apod.nasa.gov/apod/image/1406/m16\\_32block.jpg](https://apod.nasa.gov/apod/image/1406/m16_32block.jpg)

vraag 17 (uitwerkbijlage) bron: <https://www.eso.org/public/images/eso0728c/>

## natuurkunde

Het correctievoorschrift bestaat uit:

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

## 1 Regels voor de beoordeling

Het werk van de kandidaten wordt beoordeeld met inachtneming van de artikelen 41 en 42 van het Eindexamenbesluit VO.

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

Voor de beoordeling zijn de volgende aspecten van de artikelen 36, 41, 41a en 42 van het Eindexamenbesluit VO 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 examinator. Deze kijkt het werk na en zendt het met zijn beoordeling aan de directeur. De examinator past de beoordelingsnormen en de regels voor het toekennen van scorepunten toe die zijn gegeven door het College voor Toetsen en Examens.
- 2 De directeur doet de van de examinator 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 directeur van de school van de gecommitteerde toekomen. Deze stelt het ter hand aan de gecommitteerde.

- 3 De gecommitteerde 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 Toetsen en Examens.  
De gecommitteerde voegt bij het gecorrigeerde werk een verklaring betreffende de verrichte correctie. Deze verklaring wordt mede ondertekend door het bevoegd gezag van de gecommitteerde.
- 4 De examinator en de gecommitteerde stellen in onderling overleg het behaalde aantal scorepunten voor het centraal examen vast.
- 5 Indien de examinator en de gecommitteerde daarbij niet tot overeenstemming komen, wordt het geschil voorgelegd aan het bevoegd gezag van de gecommitteerde. Dit bevoegd gezag kan hierover in overleg treden met het bevoegd gezag van de examinator. Indien het geschil niet kan worden beslecht, wordt hiervan melding gemaakt aan de inspectie. De inspectie kan een derde onafhankelijke corrector aanwijzen. De beoordeling van deze derde corrector 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 Toetsen en Examens van toepassing:

- 1 De examinator 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 examinator en door de gecommitteerde scorepunten toegekend, in overeenstemming met correctievoorschrift. 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. Als het antwoord op een andere manier is gegeven, maar onomstotelijk vaststaat dat het juist is, dan moet dit antwoord ook goed gerekend worden. Voor het juiste 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 examinator of de gecommitteerde 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 Toetsen en 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 *T.a.v. de status van het correctievoorschrift:*

Het College voor Toetsen en 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 T.a.v. het verkeer tussen examinator en gecommitteerde (eerste en tweede corrector):**  
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 T.a.v. aanvullingen op het correctievoorschrift:**

Er zijn twee redenen voor een aanvulling op het correctievoorschrift: verduidelijking en een fout.

*Verduidelijking*

Het correctievoorschrift is vóór de afname opgesteld. Na de afname blijkt pas welke antwoorden kandidaten geven. Vragen en reacties die via het Examenloket bij de Toets- en Examenlijn binnenkomen, kunnen duidelijk maken dat het correctievoorschrift niet voldoende recht doet aan door kandidaten gegeven antwoorden. Een aanvulling op het correctievoorschrift kan dan alsnog duidelijkheid bieden.

*Een fout*

Als het College voor Toetsen en Examens vaststelt dat een centraal examen een fout bevat, kan het besluiten tot een aanvulling op het correctievoorschrift.

Een aanvulling op het correctievoorschrift wordt door middel van een mailing vanuit Examenblad.nl bekendgemaakt. Een aanvulling op het correctievoorschrift wordt zo spoedig mogelijk verstuurd aan de examensecretarissen.

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

- Als het werk al naar de tweede corrector is gezonden, past de tweede corrector deze aanvulling op het correctievoorschrift toe.  
en/of
- 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.

Dit laatste gebeurt alleen als de aanvulling luidt dat voor een vraag alle scorepunten moeten worden toegekend.

Als een onvolkomenheid op een dusdanig laat tijdstip geconstateerd wordt dat een aanvulling op het correctievoorschrift ook voor de tweede corrector te laat komt, houdt het College voor Toetsen en Examens bij de vaststelling van de N-term rekening met de onvolkomenheid.

### **3 Vakspecifieke regels**

---

Voor dit examen zijn de volgende vakspecifieke regels vastgesteld:

- 1 Een afwijking in de uitkomst van een berekening/bepaling 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 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 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 grootheid.

## 4 Beoordelingsmodel

Vraag

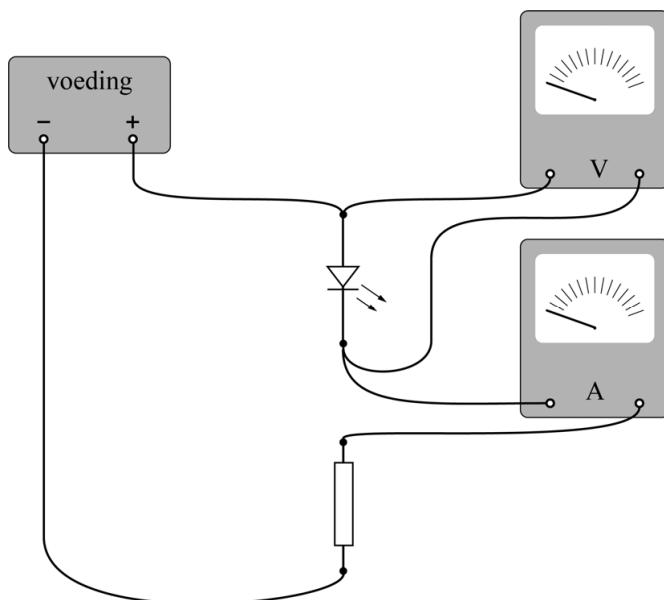
Antwoord

Scores

### Schakeling van LED's

#### 1 maximumscore 3

voorbeeld van een antwoord:



- gesloten stroomkring met de stroommeter in serie met de LED en de weerstand 1
- spanningsmeter parallel aan de LED 1
- de LED in de geleidingsrichting aangesloten op de spanningsbron 1

#### Opmerking

Als, bijvoorbeeld door het tekenen van extra verbindingen, een niet-werkende schakeling is ontstaan: maximaal 2 scorepunten toekennen.

**2 maximumscore 4**

uitkomst:  $\eta = 0,70 = 70\%$  (met een marge van 0,02 (2%))

voorbeeld van een berekening:

Voor de energie van één foton geldt:

$$E = \frac{hc}{\lambda} = \frac{6,63 \cdot 10^{-34} \cdot 3,00 \cdot 10^8}{645 \cdot 10^{-9}} = 3,08 \cdot 10^{-19} \text{ J.}$$

Per seconde komt dus totaal aan lichtenergie vrij:

$$E = 4,2 \cdot 10^{16} \cdot 3,08 \cdot 10^{-19} = 1,30 \cdot 10^{-2} \text{ J.}$$

Voor het elektrisch vermogen van de LED geldt:

$$P = UI = 1,85 \cdot 0,010 = 1,85 \cdot 10^{-2} \text{ W.}$$

Voor het rendement geldt dan:  $\eta = \frac{1,30 \cdot 10^{-2}}{1,85 \cdot 10^{-2}} = 0,70 = 70\%.$

- gebruik van  $E = \frac{hc}{\lambda}$  1
- gebruik van  $P = UI$  1
- inzicht dat  $\eta = \frac{P_{\text{licht}}}{P_{\text{elek}}}$  1
- completeren van de berekening en significantie 1

**3 maximumscore 4**

uitkomst:  $R = 1,7 \cdot 10^2 \Omega$  (met een marge van  $0,1 \cdot 10^2 \Omega$ )

voorbeeld van een berekening:

Voor de serieschakeling geldt:  $U_{\text{batt}} = U_R + U_{\text{rood}} + U_{\text{groen}} + U_{\text{blauw}} = 9,0 \text{ V.}$

Bij 10 mA lezen we de spanning over de LEDs af:

$$U_{\text{rood}} = 1,85 \text{ V}; U_{\text{groen}} = 2,57 \text{ V}; U_{\text{blauw}} = 2,85 \text{ V.}$$

$$\text{Hieruit volgt: } U_R = 9,0 - (1,85 + 2,57 + 2,85) = 1,73 \text{ V.}$$

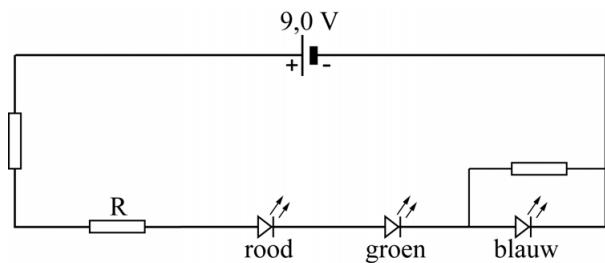
Voor de stroom door R geldt:  $I = 0,010 \text{ A.}$

$$\text{Hieruit volgt: } R = \frac{U}{I} = \frac{1,73}{0,010} = 173 \Omega = 1,7 \cdot 10^2 \Omega.$$

- gebruik van de spanningsregel voor de serieschakeling 1
- aflezen van de spanningen bij 0,010 A 1
- gebruik van  $R = \frac{U}{I}$  1
- completeren van de berekening en significantie 1

**4 maximumscore 2**

voorbeeld van een antwoord:



- inzicht dat een (regelbare) weerstand parallel staat aan de blauwe LED 1
- inzicht dat een andere (regelbare) weerstand in de seriekring geplaatst moet worden 1

**Parkeren in de ruimte****5 maximumscore 4**

voorbeeld van een antwoord:

- Voor de middelpuntzoekende kracht geldt:  $F_{mpz} = \frac{mv^2}{r}$  met  $v = \frac{2\pi r}{T}$ .  
Invullen levert:  $F_{mpz} = \frac{4\pi^2 mr}{T^2}$ .
- De gravitatiekracht van de aarde werkt in tegengestelde richting aan die van de zon. Zonder de gravitatiekracht van de aarde is de netto aantrekkracht groter. Uit de formule blijkt dat (bij gelijke  $m$  en  $T$ ) de baanstraal dan groter is.

- inzicht dat  $F_{mpz} = \frac{mv^2}{r}$  en  $v = \frac{2\pi r}{T}$  1
- completeren van de afleiding 1
- inzicht dat de aarde de aantrekkracht van de zon op Soho tegenwerkt 1
- consequente conclusie aan de hand van formule (1) 1

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

### 6 maximumscore 2

uitkomst:  $F_{mpz} = 10,9 \text{ N}$

voorbeeld van een antwoord:

Er geldt:  $F_{mpz} = \frac{4\pi^2 mr}{T^2}$ , met  $m = 1850 \text{ kg}$ ,  $r = 1,48 \cdot 10^{11} \text{ m}$  en  $T$  één jaar.

Invullen levert:  $F_{mpz} = \frac{4\pi^2 \cdot 1850 \cdot 1,48 \cdot 10^{11}}{(3,15 \cdot 10^7)^2} = 10,9 \text{ N}$ .

- inzicht dat  $F_{mpz} = \frac{4\pi^2 mr}{T^2}$  met  $T$  één jaar 1
- completeren van de berekening 1

### 7 maximumscore 4

uitkomst:  $F_{ga} = 0,33 \text{ N}$  en  $F_{gz} = 11,2 \text{ N}$

voorbeeld van een berekening:

Er geldt:  $F_g = G \frac{mM}{r^2}$ .

Voor de gravitatiekracht van de aarde op Soho geldt:

$$F_g = 6,674 \cdot 10^{-11} \frac{1850 \cdot 5,972 \cdot 10^{24}}{(1,5 \cdot 10^9)^2} = 0,33 \text{ N}.$$

Voor de gravitatiekracht van de zon op Soho geldt:

$$F_g = 6,674 \cdot 10^{-11} \frac{1850 \cdot 1,988 \cdot 10^{30}}{(1,48 \cdot 10^{11})^2} = 11,2 \text{ N}.$$

- gebruik van  $F_g = G \frac{mM}{r^2}$  1
- opzoeken van de massa van de zon en/of de aarde 1
- gebruik van de afstand zon- $L_1$  en/of aarde- $L_1$  1
- completeren van de berekeningen 1

#### Opmerking

Als één van de krachten berekend is, mag de andere kracht ook berekend worden met behulp van de waarde van de middelpuntzoekende kracht van vraag 6.

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

### 8 maximumscore 2

uitkomst:  $T = 5,0 \cdot 10^3$  K

voorbeeld van een bepaling:

Het spectrum van de zonnevlek vertoont een maximum bij  $\lambda = 580$  nm.

methode 1

Dit komt overeen met de op één na laagste Planck-kromme uit BiNaS tabel 22 / de op twee na laagste Planck-kromme uit ScienceData tabel 5.1.f, en dus met  $T = 5,0 \cdot 10^3$  K.

- aflezen van  $\lambda_{\max}$  met een marge van  $0,3 \cdot 10^{-7}$  m 1
- gebruik van BiNaS tabel 22 / ScienceData tabel 5.1.f en completeren van de bepaling en significantie 1

of

methode 2

$$\text{Uit de wet van Wien volgt: } T = \frac{k_W}{\lambda_{\max}} = \frac{2,9 \cdot 10^{-3}}{5,8 \cdot 10^{-7}} = 5,0 \cdot 10^3 \text{ K.}$$

- aflezen van  $\lambda_{\max}$  met een marge van  $0,3 \cdot 10^{-7}$  m 1
- gebruik van de wet van Wien en completeren van de bepaling en significantie 1

### 9 maximumscore 3

antwoord:

baanstraal	$r(L_1)$	<	$r(L_2)$
omloopijd	$T(L_1)$	=	$T(L_2)$
baansnelheid	$v(L_1)$	<	$v(L_2)$
middelpuntzoekende kracht	$F_{mpz}(L_1)$	<	$F_{mpz}(L_2)$

- indien vier antwoorden goed 3
- indien drie antwoorden goed 2
- indien twee antwoorden goed 1
- indien één of geen antwoord goed 0

## Radon in de kelder

### 10 maximumscore 2

voorbeeld van een antwoord:

Het vervalproduct X van Po-214 is Pb-210. De halveringstijd van dit isotoop bedraagt 22 jaar. Dit is veel langer dan de halveringstijd van Rn-222. (En dus is Pb-210 geen radondochter).

- het vervalproduct is Pb-210 1
- opzoeken van de halveringstijd van Pb-210 en vergelijken met de halveringstijd van Rn-222 1

### 11 maximumscore 3

voorbeeld van een antwoord:

- De activiteit  $A$  van Rn-222 is evenredig met de hoeveelheid die aanwezig is. Er komt een moment waarop per seconde evenveel kernen vervallen als dat er nieuwe bijkomen. Vanaf dat moment is het aantal Rn-222-kernen constant en dus ook de activiteit.
- De radondochters hebben een veel kortere halveringstijd dan Rn-222, dus iedere keer als er een Rn-222-kern vervalt, vervallen de radondochters snel daarna.

- inzicht dat de activiteit  $A$  evenredig is met het aantal aanwezige kernen 1
- inzicht dat verval en toevoer in evenwicht komen 1
- inzicht in het gevolg van de korte halveringstijd van de radondochters 1

### 12 maximumscore 2

voorbeeld van een antwoord:

- Leg een velletje papier tussen de radioactieve bron en de Geigerteller. Als hierdoor de gemeten activiteit niet (of nauwelijks) afneemt, worden geen alfadeeltjes gemeten.
- Leg een (dun) plaatje metaal tussen de radioactieve bron en de Geigerteller. Als hierdoor de gemeten activiteit (vrijwel) nul wordt, worden geen gammadeeltjes gemeten.

- inzicht hoe met een velletje papier nagegaan kan worden of er alfadeeltjes geregistreerd worden 1
- inzicht hoe met een (dun) plaatje metaal nagegaan kan worden of er gammastraling geregistreerd wordt 1

#### *Opmerking*

*Als de kandidaat in plaats van papier of metaal een ander geschikt materiaal noemt kunnen alle scorepunten worden toegekend.*

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

### 13 maximumscore 2

voorbeeld van een antwoord:

- Een gewone vervalcurve heeft betrekking op één isotoop en hier worden twee isotopen tegelijkertijd gemeten.
  - Er vindt ook nieuwe aanmaak van de isotopen plaats.
- 
- inzicht dat er twee isotopen gemeten worden 1
  - inzicht dat er nieuwe aanmaak is 1

### 14 maximumscore 4

voorbeeld van een antwoord:

De Geigerteller registreert in het begin ongeveer 29000 deeltjes in 5 minuten. Dit komt overeen met  $\frac{29000}{300} = 96,7$  deeltjes per seconde.

Deze zijn in gelijke mate afkomstig van Bi-214 en Pb-214.

Per isotoop dus  $\frac{96,7}{2} = 48$  deeltjes per seconde. Oorspronkelijk zijn

daarvoor dus 48 kernen van Rn-222 per seconde vervallen.

Het werkelijk aantal uitgezonden deeltjes is een factor 6 groter. De activiteit van elk isotoop en dus ook van Rn-222 bedraagt dus  $6 \cdot 48 = 288$  Bq. Dit is meer dan de norm van 100 Bq.

- inzicht dat de activiteit op  $t = 0$  s bepaald moet worden 1
- inzicht dat de geregistreerde deeltjes afkomstig zijn van 2 isotopen 1
- in rekening brengen van factor 6 1
- completeren van de bepaling en consequente conclusie 1

#### *Opmerking*

*Het laatste scorepunt voor completeren kan alleen behaald worden als het eerste scorepunt is behaald.*

## Parasailing

### 15 maximumscore 3

uitkomst:  $s = 13 \text{ m}$  (met een marge van 1 m).

voorbeeld van een antwoord:

De oppervlakte onder het  $(v,t)$ -diagram tot  $t = 8,0 \text{ s}$  is 6,5 hokje. Elk hokje komt overeen met  $2,0 \text{ m}$ . De afgelegde afstand tot  $t = 8,0 \text{ s}$  is dus 13 m.

- inzicht dat de oppervlakte onder een  $(v,t)$ -diagram overeenkomt met de verplaatsing 1
- gebruik van een methode om de oppervlakte te bepalen tussen  $t = 0 \text{ s}$  en  $t = 8,0 \text{ s}$  1
- completeren van de bepaling en significantie 1

### 16 maximumscore 3

uitkomst:  $a = 0,88 \text{ ms}^{-2}$  (met een marge van  $0,06 \text{ ms}^{-2}$ ).

voorbeeld van een bepaling:

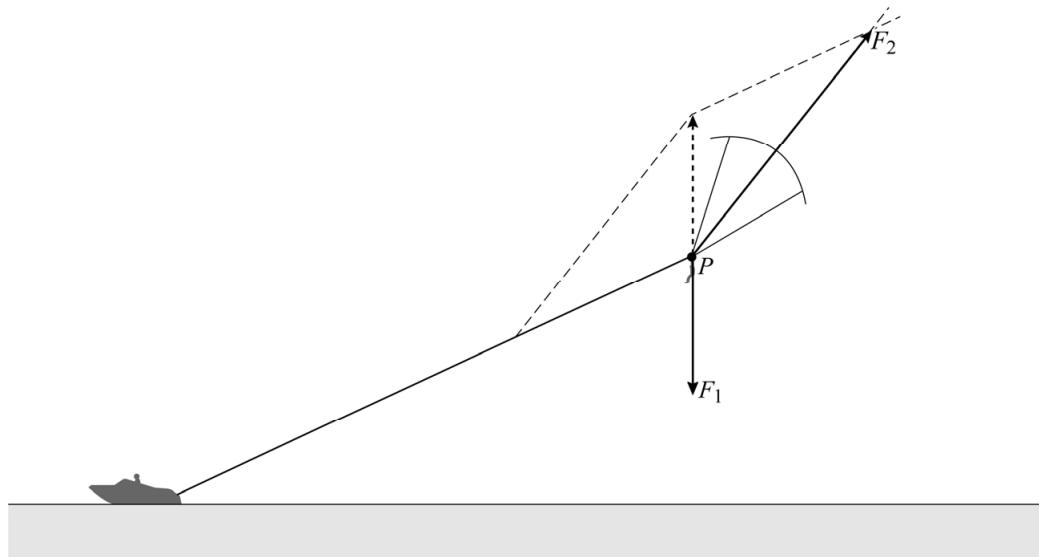
De versnelling kan bepaald worden uit de helling van (de raaklijn aan) het  $(v,t)$ -diagram. Voor de versnelling geldt:  $a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = 0,88 \text{ ms}^{-2}$

- inzicht dat de helling van (de raaklijn aan) het  $(v,t)$ -diagram overeenkomt met de versnelling 1
- gebruik van  $a = \left( \frac{\Delta v}{\Delta t} \right)_{\text{raaklijn}}$  op  $t = 6,0 \text{ s}$  1
- completeren van de bepaling en significantie 1

**17 maximumscore 4**

uitkomst:  $F_2 = 1,7 \cdot 10^3 \text{ N}$  (met een marge van  $0,3 \cdot 10^3 \text{ N}$ )

voorbeeld van een bepaling:



De lengte van de vector  $F_2$  kan worden opgemeten als 39 mm.

De schaalfactor kan worden bepaald met behulp van de vector  $F_1$  die een lengte heeft van 19 mm.

$$\text{Er geldt: } F_2 = \frac{39}{19} mg = \frac{39}{19} \cdot 85 \cdot 9,81 = 1,7 \cdot 10^3 \text{ N.}$$

- inzicht dat de resulterende kracht gelijk is aan 0 N 1
- uitvoeren van de krachtenconstructie 1
- gebruik van  $F_z = mg$  en gebruik van de schaalfactor 1
- completeren van de bepaling en significantie 1

## Compton

### 18 maximumscore 4

voorbeeld van een antwoord:

- Voor de botsing geldt de wet van behoud van energie:

$$E_{f, \text{voor}} = E_{f, \text{na}} + E_{k, \text{elektron}}$$

Hieruit volgt dat moet gelden:  $E_{f, \text{na}} < E_{f, \text{voor}}$

$$\text{Dit levert: } \frac{hc}{\lambda'} < \frac{hc}{\lambda} \Leftrightarrow \lambda' > \lambda$$

- Voor de impuls van het foton geldt:  $p = \frac{h}{\lambda}$ .

Als de golflengte toeneemt zal de impuls van het foton dus afnemen.

- inzicht dat  $E_{f, \text{na}} < E_{f, \text{voor}}$  1
- gebruik van  $E_f = \frac{hc}{\lambda}$  1
- gebruik van  $p = \frac{h}{\lambda}$  1
- completeren van de uitleg 1

### 19 maximumscore 3

voorbeeld van een antwoord:

De linker piek in figuur 4 zal op dezelfde plaats blijven. Deze piek wordt immers veroorzaakt door de fotonen die geen verandering in golflengte laten zien.

Als de hoek  $\varphi$  kleiner wordt dan  $135^\circ$  zal de factor  $\cos \varphi$  veranderen. De factor  $(1 - \cos \varphi)$  wordt daarbij kleiner. Volgens de formule

$$\Delta\lambda = \lambda' - \lambda = \frac{h}{mc}(1 - \cos \varphi) \text{ zal het verschil in golflengte } \Delta\lambda \text{ dan kleiner worden.}$$

De rechter piek verplaatst daarmee naar links.

- inzicht dat de plaats van de linker piek niet verandert 1
- inzicht dat de factor  $(1 - \cos \varphi)$  kleiner wordt bij afnemende hoek 1
- consequente conclusie 1

**20 maximumscore 3**

voorbeeld van een antwoord:

De comptongolf lengte is gelijk aan de factor  $\frac{h}{mc}$ .

$$\text{Voor de eenheid geldt: } \frac{[h]}{[m][c]} = \frac{\text{J} \cdot \text{s}}{\text{kg} \cdot \text{m s}^{-1}} = \frac{\text{N} \cdot \text{m} \cdot \text{s}}{\text{kg} \cdot \text{m s}^{-1}} = \frac{\text{kg} \cdot \text{m s}^{-2} \cdot \text{m} \cdot \text{s}}{\text{kg} \cdot \text{m s}^{-1}} = \text{m.}$$

- inzicht in de eenheden voor  $h$ ,  $m$  en  $c$  1
- inzicht dat  $\text{J} = \text{N} \cdot \text{m} = \text{kg m s}^{-2} \cdot \text{m}$  1
- completeren van de afleiding 1

**21 maximumscore 4**

voorbeeld van een antwoord:

- Op de horizontale as staat de waarde  $(1 - \cos \varphi)$  uitgezet en op de verticale as  $\Delta\lambda$ . Volgens de formule van Compton is  $\Delta\lambda$  evenredig met  $(1 - \cos \varphi)$ , dus moet de bijhorende grafiek een rechte lijn door de oorsprong zijn.

- De comptongolf lengte  $\frac{h}{mc}$  is de evenredigheidsconstante en volgt dus uit de steilheid van de grafiek. Voor de steilheid van de grafiek geldt:  

$$\frac{\Delta(\Delta\lambda)}{\Delta(1 - \cos \varphi)} = \frac{0,0040 \cdot 10^{-9}}{1,7} = 2,4 \cdot 10^{-12} \text{ m.}$$

Voor de theoretische waarde van de factor  $\frac{h}{mc}$  geldt:

$$\frac{h}{mc} = \frac{6,63 \cdot 10^{-34}}{9,11 \cdot 10^{-31} \cdot 3,00 \cdot 10^8} = 2,43 \cdot 10^{-12} \text{ m.}$$

De experimentele waarde wijkt dus  $\frac{2,43 - 2,4}{2,43} = 1\%$  van de theoretische waarde. (Dit is inderdaad minder dan 5%).

- inzicht in het recht evenredige verband tussen  $\Delta\lambda$  en  $(1 - \cos \varphi)$  1
- inzicht dat de steilheid van de lijn in figuur 5 gelijk is aan de comptongolf lengte 1
- gebruik van  $\lambda_{\text{compton}} = \frac{h}{mc}$  met opzoeken van  $h$ ,  $m$  en  $c$  1
- completeren van de bepaling, de berekening en de vergelijking en significantie 1

## Viool

**22 maximumscore 3**

uitkomst:  $f = 2,6 \cdot 10^2$  Hz

voorbeeld van een bepaling:

Voor 2 perioden wordt een afstand gemeten van 7,8 cm. Dat komt overeen met een tijd van  $7,8 \cdot 10^{-3}$  s.

$$\text{Daarmee geldt: } T = \frac{7,8 \cdot 10^{-3}}{2} = 3,9 \cdot 10^{-3} \text{ s.}$$

$$\text{Er geldt: } f = \frac{1}{T} = \frac{1}{3,9 \cdot 10^{-3}}.$$

Hieruit volgt:  $f = 2,6 \cdot 10^2$  Hz.

- bepalen van  $T$  (met een marge van  $0,1 \cdot 10^{-3}$  s) 1
- gebruik van  $f = \frac{1}{T}$  1
- completeren van de bepaling en significantie 1

**23 maximumscore 3**

uitkomst:  $v = 425 \text{ m s}^{-1}$

voorbeeld van een berekening:

$v = f\lambda$ . Hierin is  $\frac{1}{2}\lambda = 32,2 \cdot 10^{-2}$  m zodat  $v = 2 \cdot 32,2 \cdot 10^{-2} \cdot 660 = 425 \text{ ms}^{-1}$ .

- gebruik van  $v = f\lambda$  1
- inzicht dat  $\lambda = 2 \times$  de afstand tussen kam en kielhoutje 1
- completeren van de berekening 1

#### 24 maximumscore 3

voorbeeld van een antwoord:

Voor staande golven in een snaar met lengte  $\ell$  geldt:  $\ell = n \cdot \frac{1}{2} \lambda$ . Dus voor

de golflengtes van de grondtoon en boventonen geldt:  $\lambda_n = \frac{2\ell}{n}$ .

Voor de frequentie geldt:  $f = \frac{v}{\lambda}$ . Combineren geeft:  $f_n = n \frac{v}{2\ell}$ .

Dus  $f_n = n f_{\text{grondtoon}}$  met  $f_{\text{grondtoon}} = \frac{v}{2\ell}$ .

- gebruik van  $\ell = n \cdot \frac{1}{2} \lambda$  1
- gebruik van  $v = \lambda f$  1
- completeren van de afleiding 1

#### 25 maximumscore 2

voorbeeld van een antwoord:

Voor de frequenties van boventonen in een snaar geldt  $f_n = n \cdot f_{\text{grondtoon}}$ .

De frequenties van de grondtonen verhouden zich als 2 : 3. Als de factoren  $n$  in bovenstaande formule zich voor de twee snaren verhouden als 3 : 2, geeft dit dezelfde frequentie van de boventonen. Dit is dus het geval bij  $f = 1320$  Hz en  $f = 2640$  Hz enz.

- gebruik van  $f_n = n \cdot f_{\text{grondtoon}}$  met het inzicht dat de factoren  $n$  zich verhouden als 2 : 3 1
- completeren van het antwoord 1

## 5 Aanleveren scores

---

Verwerk de scores van alle kandidaten per examinator in de applicatie Wolf. Accordeer deze gegevens voor Cito uiterlijk op 11 juli.

## natuurkunde

Het correctievoorschrift bestaat uit:

- 1 Regels voor de beoordeling
- 2 Algemene regels
- 3 Vakspecifieke regels
- 4 Beoordelingsmodel
- 5 Aanleveren scores
- 6 Bronvermeldingen

### 1 Regels voor de beoordeling

Het werk van de kandidaten wordt beoordeeld met inachtneming van de artikelen 3.21, 3.24 en 3.25 van het Uitvoeringsbesluit WVO 2020.

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

Voor de beoordeling zijn de volgende aspecten van de artikelen 3.21 t/m 3.25 van het Uitvoeringsbesluit WVO 2020 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 examinator. Deze kijkt het werk na en zendt het met zijn beoordeling aan de directeur. De examinator past de beoordelingsnormen en de regels voor het toekennen van scorepunten toe die zijn gegeven door het College voor Toetsen en Examens.
- 2 De directeur doet de van de examinator ontvangen stukken met een exemplaar van de opgaven, de beoordelingsnormen, het proces-verbaal en de regels voor het bepalen van de score onverwijd aan de directeur van de school van de gecommitteerde toekomen. Deze stelt het ter hand aan de gecommitteerde.

- 3 De gecommitteerde 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 Toetsen en Examens.  
De gecommitteerde voegt bij het gecorrigeerde werk een verklaring betreffende de verrichte correctie. Deze verklaring wordt mede ondertekend door het bevoegd gezag van de gecommitteerde.
- 4 De examinator en de gecommitteerde stellen in onderling overleg het behaalde aantal scorepunten voor het centraal examen vast.
- 5 Indien de examinator en de gecommitteerde daarbij niet tot overeenstemming komen, wordt het geschil voorgelegd aan het bevoegd gezag van de gecommitteerde. Dit bevoegd gezag kan hierover in overleg treden met het bevoegd gezag van de examinator. Indien het geschil niet kan worden beslecht, wordt hiervan melding gemaakt aan de inspectie. De inspectie kan een derde onafhankelijke corrector aanwijzen. De beoordeling van deze derde corrector 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 Toetsen en Examens van toepassing:

- 1 De examinator 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 examinator en door de gecommitteerde scorepunten toegekend, in overeenstemming met correctievoorschrift. 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. Als het antwoord op een andere manier is gegeven, maar onomstotelijk vaststaat dat het juist is, dan moet dit antwoord ook goed gerekend worden. Voor het juiste 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 examinator of de gecommitteerde 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 Toetsen en 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 *T.a.v. de status van het correctievoorschrift:*

Het College voor Toetsen en 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 T.a.v. het verkeer tussen examinator en gecommitteerde (eerste en tweede corrector):**  
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 T.a.v. aanvullingen op het correctievoorschrift:**

Er zijn twee redenen voor een aanvulling op het correctievoorschrift: verduidelijking en een fout.

*Verduidelijking*

Het correctievoorschrift is vóór de afname opgesteld. Na de afname blijkt pas welke antwoorden kandidaten geven. Vragen en reacties die via het Examenloket bij de Toets- en Examenlijn binnenkomen, kunnen duidelijk maken dat het correctievoorschrift niet voldoende recht doet aan door kandidaten gegeven antwoorden. Een aanvulling op het correctievoorschrift kan dan alsnog duidelijkheid bieden.

*Een fout*

Als het College voor Toetsen en Examens vaststelt dat een centraal examen een fout bevat, kan het besluiten tot een aanvulling op het correctievoorschrift.

Een aanvulling op het correctievoorschrift wordt door middel van een mailing vanuit Examenblad.nl bekendgemaakt. Een aanvulling op het correctievoorschrift wordt zo spoedig mogelijk verstuurd aan de examensecretarissen.

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

- Als het werk al naar de tweede corrector is gezonden, past de tweede corrector deze aanvulling op het correctievoorschrift toe.  
en/of
- 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.

Dit laatste gebeurt alleen als de aanvulling luidt dat voor een vraag alle scorepunten moeten worden toegekend.

Als een onvolkomenheid op een dusdanig laat tijdstip geconstateerd wordt dat een aanvulling op het correctievoorschrift ook voor de tweede corrector te laat komt, houdt het College voor Toetsen en Examens bij de vaststelling van de N-term rekening met de onvolkomenheid.

### **3 Vakspecifieke regels**

---

Voor dit examen is/zijn de volgende vakspecifieke regel(s) vastgesteld:

- 1 Een afwijking in de uitkomst van een berekening/bepaling 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 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 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 grootheid.

## 4 Beoordelingsmodel

Vraag

Antwoord

Scores

### Langlaufen in klassieke stijl

#### 1 maximumscore 4

uitkomst:  $s = 2,9 \text{ m}$  (met marge van  $0,3 \text{ m}$ )

voorbeeld van een antwoord:

De afgelegde weg is gelijk aan de oppervlakte onder de grafieklijn.

De getoonde bewegingscyclus start op  $t = 1,97 \text{ s}$  en eindigt op  $t = 4,10 \text{ s}$ .

De beginsnelheid is  $0,30 \text{ m s}^{-1}$ , de maximale snelheid is  $2,43 \text{ m s}^{-1}$ . De oppervlakte is te benaderen met een rechthoek en een driehoek.

Dit geeft:  $s = 0,30 \text{ m s}^{-1} \cdot 2,13 \text{ s} + \frac{1}{2} \cdot 2,13 \text{ m s}^{-1} \cdot 2,13 \text{ s} = 2,9 \text{ m}$ .

- inzicht dat de afgelegde weg gelijk is aan de oppervlakte onder de  $(v,t)$ -grafiek 1
- inzicht in de tijdsduur van één bewegingscyclus 1
- gebruik van een methode om de oppervlakte te bepalen 1
- completeren van de bepaling en significantie 1

#### 2 maximumscore 4

voorbeeld van een antwoord:

Als de skiër op twee ski's staat, wordt op elke ski een kracht uitgeoefend van  $40 \cdot 9,81 = 392 \text{ N}$ .

Er geldt  $F_v = Cu$ . Voor de inzakking van de ski geldt dan:

$$u = \frac{F_v}{C} = \frac{392}{100 \cdot 10^3} = 3,9 \cdot 10^{-3} \text{ m} = 3,9 \text{ mm}.$$

Deze inzakking is meer dan de camberhoogte. (Dus de ski raakt de grond.)

Dit houdt in dat deze langlaufster altijd met het midden van minstens een van zijn ski's de sneeuw zal raken. Deze langlaufster is te zwaar voor deze ski's.)

Deze ski's zijn dus niet geschikt voor deze langlaufster.

- inzicht dat het gewicht over twee ski's verdeeld wordt 1
- gebruik van  $F_v = Cu$  1
- completeren van de berekening 1
- vergelijken van de inzakking met de camberhoogte / vergelijken van de veerkracht met het gewicht en consequente conclusie 1

### 3 maximumscore 4

voorbeeld van een antwoord:

- Als de kracht groter wordt, neemt  $h$  af en  $s$  dus toe. Het  $(F,s)$ -diagram is dus een stijgende lijn. (Dus de diagrammen a en c kunnen niet de juiste zijn.)

Bij gelijke hoogtes (en dus gelijke  $s$ ) is  $F_{\text{amateur}}$  groter dan  $F_{\text{professional}}$ .

In het  $(F,s)$ -diagram ligt de grafiek van de amateurski dus boven de grafiek van de professionele ski.

Diagram b is het juiste  $(F,s)$ -diagram.

- De arbeid is gelijk aan het oppervlak onder elk van beide grafieken. Voor het indrukken van de amateurski is dus de meeste arbeid nodig.

- inzicht in het verband tussen  $h$  en  $s$  1
- inzicht in het verband tussen  $F_{\text{amateur}}$  en  $F_{\text{professional}}$  bij gelijke  $s$  / inzicht in het verband tussen  $s_{\text{amateur}}$  en  $s_{\text{professional}}$  bij gelijke  $F$  en consequente keuze 1
- inzicht dat de arbeid gelijk is aan de oppervlakte onder de grafiek / inzicht dat voor elke  $s$  geldt dat  $F_{\text{amateur}} \geq F_{\text{professional}}$  1
- consequente conclusie 1

### 4 maximumscore 4

voorbeeld van een antwoord:

- Het verband tussen de massa en de normaalkracht is recht evenredig. Er geldt:  $F_w = f_d F_n$ . Dit betekent dat de steilheid van de lijn gelijk is aan de wrijvingscoëfficiënt  $f_d$ .

Bij gelijke snelheid is  $f_d$  constant, dus onafhankelijk van  $F_N$  en dus ook onafhankelijk van de massa  $m$ . Er is dus geen sprake van een recht evenredig verband tussen de massa  $m$  en de wrijvingscoëfficiënt  $f_d$ .

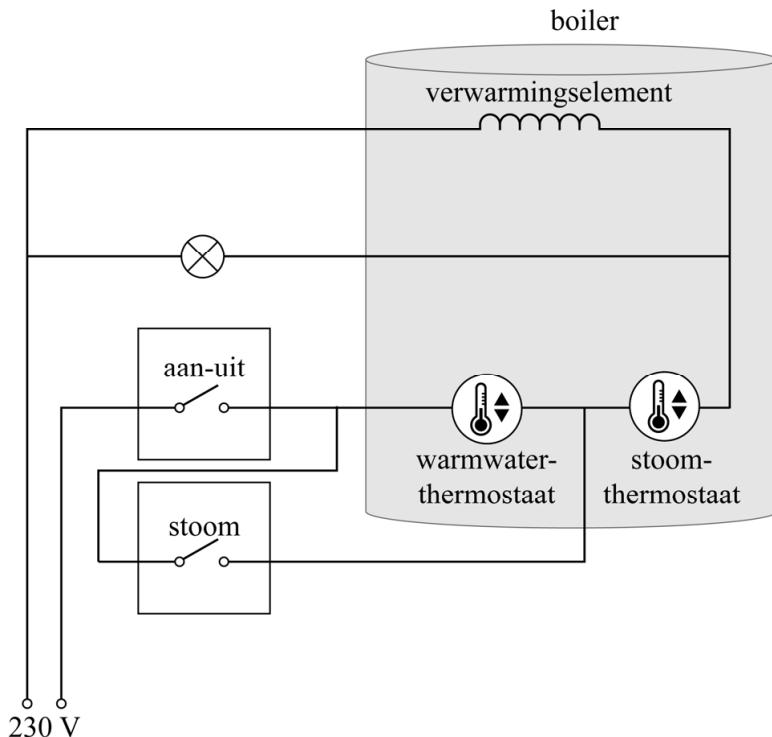
- Bij de grafiek van  $15 \text{ m s}^{-1}$  is de wrijvingscoëfficiënt  $f_d$  tweemaal zo groot als bij de grafiek van  $5 \text{ m s}^{-1}$ . De snelheid is echter niet tweemaal zo groot. Dus is er géén recht evenredig verband tussen de snelheid  $v$  van de ski en de wrijvingscoëfficiënt  $f_d$ .

- inzicht dat  $f_d$  gelijk is aan de steilheid van de lijn 1
- inzicht dat massa en normaalkracht recht evenredig zijn 1
- inzicht dat  $f_d$  bij  $15 \text{ m s}^{-1}$  niet driemaal zo groot is als bij  $5 \text{ m s}^{-1}$  1
- consequente conclusies 1

## Cappuccino

### 5 maximumscore 2

voorbeeld van een antwoord:



- tekenen van één draad van de stoomknop naar de draad tussen de aan-uitknop en de warmwaterthermostaat
- tekenen van één draad van de stoomknop naar de draad tussen de warmwaterthermostaat en de stoomthermostaat

1

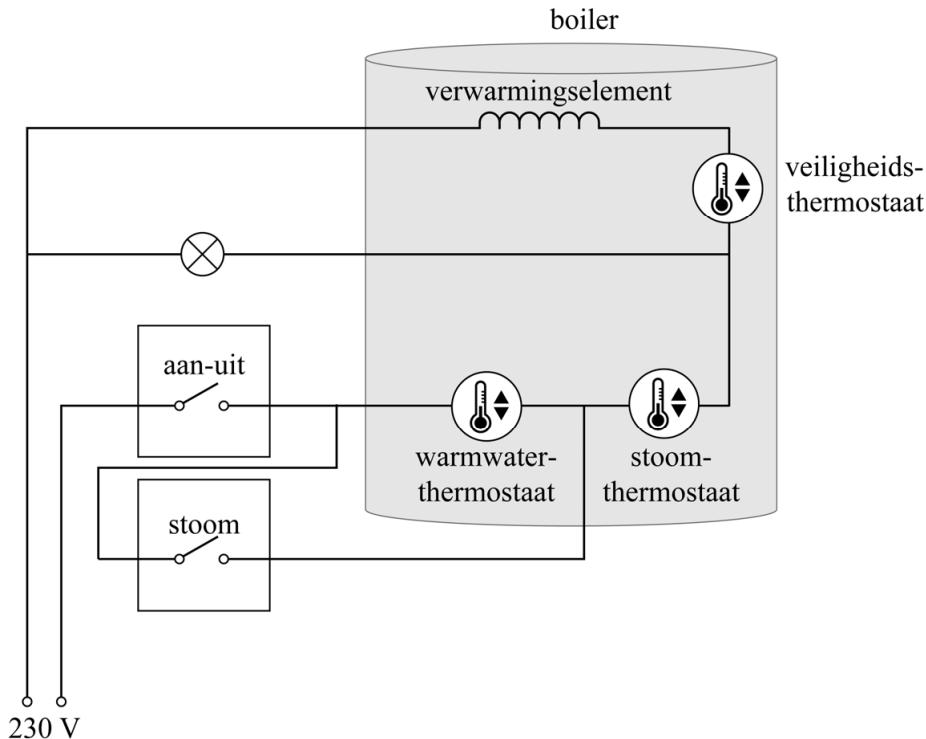
1

#### Opmerking

Als een niet naar behoren werkende schakeling is getekend, bijvoorbeeld door extra verbindingen, maximaal 1 scorepunt toekennen.

**6 maximumscore 1**

voorbeeld van een antwoord:



- aangeven van de positie van de veiligheidsthermostaat in de tak van het verwarmingselement

1

*Opmerking*

*Als de kandidaat de veiligheidsthermostaat buiten de boiler aangeeft, kan het scorepunt wel gegeven worden.*

**7 maximumscore 3**

voorbeeld van een antwoord:

$$\text{Voor het rendement geldt: } \eta = \frac{P_{\text{nuttig}}}{P_{\text{in}}}.$$

$$\text{Omschrijven geeft: } P_{\text{in}} = \frac{P_{\text{nuttig}}}{\eta} = \frac{0,80 \cdot 10^3}{0,95} = 842 \text{ W}.$$

Er geldt:  $P = UI$  en  $U = IR$ ,

$$\text{dus: } R = \frac{U^2}{P} = \frac{230^2}{0,842 \cdot 10^3} = 63 \Omega.$$

- gebruik van  $\eta = \frac{P_{\text{nuttig}}}{P_{\text{in}}}$  met  $P_{\text{nuttig}} = 0,80 \text{ kW}$

1

- gebruik van  $P = UI$  en  $U = IR$  / inzicht dat  $P = \frac{U^2}{R}$

1

- completeren van de berekening

1

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

### 8 maximumscore 4

voorbeeld van een antwoord:

Voor de weerstand van het verwarmingselement geldt:  $\rho = \frac{RA}{\ell}$  met

$$\rho_{\text{nichroom}} = 1,10 \cdot 10^{-6} \Omega \text{m}.$$

Dit geeft voor de oppervlakte:  $A = \rho \frac{\ell}{R} = 1,10 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{0,60}{63} = 1,05 \cdot 10^{-8} \text{ m}^2$ .

Bovendien geldt:  $A = \pi r^2$  en  $d = 2r$ . Dit geeft een diameter van de draad van  $1,2 \cdot 10^{-4} \text{ m}$ . De diameter van de staaf is duidelijk groter. Dus Mara heeft gelijk.

- gebruik van  $\rho = \frac{RA}{\ell}$  met opzoeken  $\rho_{\text{nichroom}}$  1
- gebruik van  $A = \pi r^2$  en  $d = 2r$  1
- completeren van de berekening 1
- consequente conclusie 1

#### Opmerkingen

- Als de kandidaat niet de diameter  $d$ , maar alleen de oppervlakte  $A$  uitrekent, kan het laatste scorepunt nog worden toegekend.
- In ScienceData staat voor de soortelijke weerstand van nichroom de foutieve waarde  $1,1 \cdot 10^{-8} \Omega \text{m}$ .

## Poollicht

### 9 maximumscore 4

uitkomst:  $v = 6,173 \cdot 10^5 \text{ m s}^{-1}$

voorbeeld van een antwoord:

Uit de wet van behoud van energie volgt:

$$(E_k + E_g)_{\text{zon}} = (E_k + E_g)_{\infty} \Rightarrow \frac{1}{2} m v^2 - G \frac{mM}{r} = 0$$

$$\text{Dus } \frac{1}{2} m v^2 = G \frac{mM}{r}.$$

Omschrijven geeft:  $v = \sqrt{2 \frac{GM}{r}}$  met  $r = R_{\text{zon}}$

$$\text{Invullen geeft: } v = \sqrt{\frac{2 \cdot 6,674 \cdot 10^{-11} \cdot 1,988 \cdot 10^{30}}{6,963 \cdot 10^8}} = 6,173 \cdot 10^5 \text{ m s}^{-1}.$$

- inzicht dat  $E_k + E_g = 0$  1
- gebruik van  $E_k = \frac{1}{2} m v^2$  en  $E_g = -G \frac{mM}{r}$  1
- opzoeken van  $M_{\text{zon}}$  en  $R_{\text{zon}}$  1
- completeren van de berekening en significantie 1

*Opmerking*

Als de kandidaat gebruikmaakt van ScienceData met  $R_{\text{zon}} = 6,955 \cdot 10^8 \text{ m}$ , wordt de uitkomst  $v = 6,177 \cdot 10^5 \text{ m s}^{-1}$ .

### 10 maximumscore 2

uitkomst:  $v_{\text{gem}} = 8,8 \cdot 10^6 \text{ km h}^{-1} (= 2,5 \cdot 10^6 \text{ ms}^{-1})$

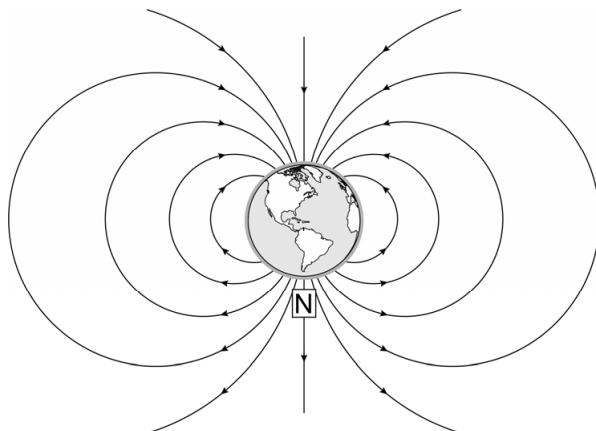
voorbeeld van een antwoord:

$$\text{Er geldt: } v_{\text{gem}} = \frac{\Delta x}{\Delta t}, \text{ invullen geeft: } v_{\text{gem}} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{1,5 \cdot 10^8}{17} = 8,8 \cdot 10^6 \text{ km h}^{-1}.$$

- gebruik van  $v_{\text{gem}} = \frac{\Delta x}{\Delta t}$  1
- completeren van de berekening 1

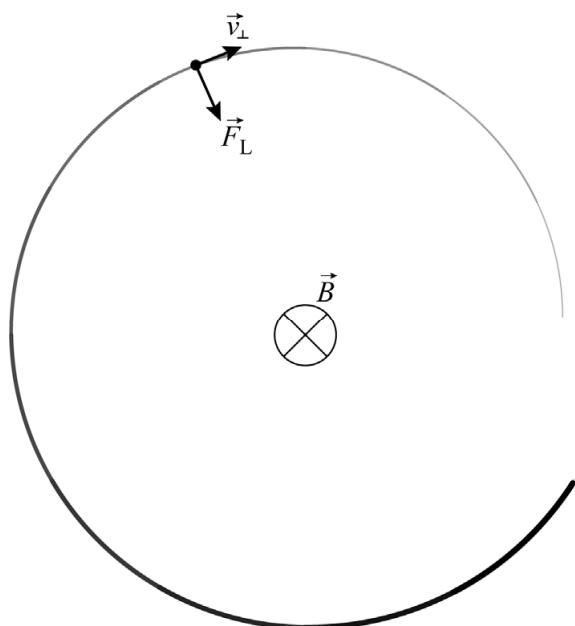
**11 maximumscore 1**

voorbeeld van een antwoord:

**12 maximumscore 3**

voorbeeld van een antwoord:

-



- Uit een richtingsregel voor  $B$ ,  $I$  en  $F_L$  volgt dat  $I$  tegengesteld is aan  $v$ .  
Dus is het een negatief geladen deeltje.
  - tekenen van de richting van  $F_L$  1
  - bepalen van de richting van  $I$  met een relevante richtingsregel 1
  - consequente conclusie 1

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

### 13 maximumscore 2

voorbeeld van een antwoord:

Naarmate je dichter bij de polen komt (is de afstand tussen de magnetische veldlijnen steeds kleiner, dus) wordt de magnetische veldsterkte steeds groter. De lorentzkracht op de geladen deeltjes wordt dus steeds groter (en daardoor wordt de straal van de cirkelbeweging steeds kleiner).

- inzicht dat de magnetische veldsterkte bij de polen groter is 1
- inzicht dat de lorentzkracht / middelpuntzoekende kracht groter wordt 1

### 14 maximumscore 4

voorbeeld van een antwoord:

$$\text{Er geldt: } E = \frac{hc}{\lambda}.$$

$$\text{Invullen geeft: } 2,22 \cdot 1,602 \cdot 10^{-19} = \frac{6,626 \cdot 10^{-34} \cdot 2,998 \cdot 10^8}{\lambda}.$$

Dit geeft:  $\lambda = 559 \text{ nm}$ . Dit is de kleur groen / geel.

- gebruik van  $E = \frac{hc}{\lambda}$  1
- opzoeken van  $h$  en  $c$  1
- omrekenen van eV naar J 1
- completeren en consequente conclusie 1

### 15 maximumscore 3

voorbeeld van een antwoord:

- Boven 300 km is de dichtheid van  $N_2$  veel kleiner dan van O. De kans dat de O-atomen met  $N_2$ -moleculen botsen is dus klein (waardoor ze vooral rood licht zullen uitzenden).
- Magenta (is de overheersende kleur, omdat onder 100 km de dichtheid van  $N_2$  veel groter is dan van O).

- inzicht dat boven 300 km de dichtheid van  $N_2$  veel kleiner is dan van O 1
- inzicht dat de kans op een botsing van een O-atoom met een  $N_2$ -molecuul klein is 1
- inzicht dat onder 100 km de overheersende kleur magenta is 1

## Boomwhackers

---

**16 maximumscore 4**

uitkomst:  $\ell = 0,64 \text{ m}$

voorbeeld van een antwoord:

De frequentie van de grondtoon kan worden afgelezen en is  $2,7 \cdot 10^2 \text{ Hz}$ .

Voor de golflengte van de grondtoon geldt:  $\lambda = \frac{v}{f} = \frac{343}{2,7 \cdot 10^2} = 1,27 \text{ m}$ .

De akoestische lengte moet daarvoor zijn:  $\ell = \frac{1}{2} \lambda = \frac{1}{2} \cdot 1,27 = 0,64 \text{ m}$ .

- aflezen van een resonantiefrequentie met een marge van  $0,2 \cdot 10^2 \text{ Hz}$  1
- gebruik van  $v = \lambda f$  en opzoeken van de geluidssnelheid 1
- gebruik van  $\ell = n \frac{1}{2} \lambda$  1
- completeren van de bepaling en significantie 1

**17 maximumscore 2**

voorbeeld van een antwoord:

Volgens de gegeven formule is de akoestische lengte groter dan de buislengte. Dit betekent dat de buiken van de staande golf buiten de buis zullen liggen.

- inzicht dat de akoestische lengte groter is dan de buislengte 1
- consequente conclusie 1

### 18 maximumscore 3

voorbeelden van een antwoord:

methode 1

#### **Uitleg met behulp van nauwkeurigheidsregel voor optellen en aftrekken**

Bij een optelling wordt de nauwkeurigheid bepaald door het kleinste aantal decimalen (van de termen).

De lengte van de buis wordt in millimeters nauwkeurig gegeven. Een eventueel grotere nauwkeurigheid van de tweede term heeft dus geen invloed op de nauwkeurigheid van de akoestische lengte.

Jelle heeft dus geen gelijk.

- inzicht dat bij een optelling het kleinste aantal decimalen bepalend is voor het aantal decimalen in de uitkomst 1
- inzicht dat het (eventueel) nauwkeuriger worden van de tweede term geen invloed heeft op het aantal decimalen in de uitkomst 1
- consequente conclusie 1

methode 2

#### **Uitleg met behulp van nauwkeurigheidsregel voor vermenigvuldigen en delen**

De factor 0,31 in de tweede term (experimenteel bepaald) zorgt ervoor dat het aantal significante cijfers van de tweede term gelijk blijft aan twee. Een grotere nauwkeurigheid van de binnendiameter heeft dus geen invloed op de nauwkeurigheid van de akoestische lengte. Jelle heeft dus geen gelijk.

- inzicht dat bij een vermenigvuldiging het kleinste aantal significante cijfers in de factoren bepalend is voor het aantal significante cijfers in de uitkomst 1
- inzicht dat het aantal significante cijfers in de experimenteel bepaalde correctiefactor (0,31) bepalend is voor het aantal significante cijfers in de tweede term 1
- consequente conclusie 1

#### *Opmerkingen*

- *Het gebruik van een van beide methodes is voldoende om de vraag te beantwoorden.*
- *Als de kandidaat bij gebruik van methode 2 concludeert dat het antwoord één significant cijfer heeft vanwege de waarde 2 in de formule, maximaal 1 scorepunt toekennen.*

**19 maximumscore 2**

voorbeeld van een antwoord:

De lengte en de binnendiameter van de buizen zijn tot op een mm nauwkeurig gemeten. De foutmarge van de akoestische lengte, en daarmee ook van de golflengte, is in de orde van grootte van een mm. Deze foutmarge is te klein om zichtbaar weergegeven te worden in figuur 3.

- inzicht in (de orde van grootte van) de foutmarge 1
- inzicht dat (de orde van grootte van) de foutmarge vergeleken moet worden met (de orde van grootte van) de golflengte / de dikte van het getekende meetpunt 1

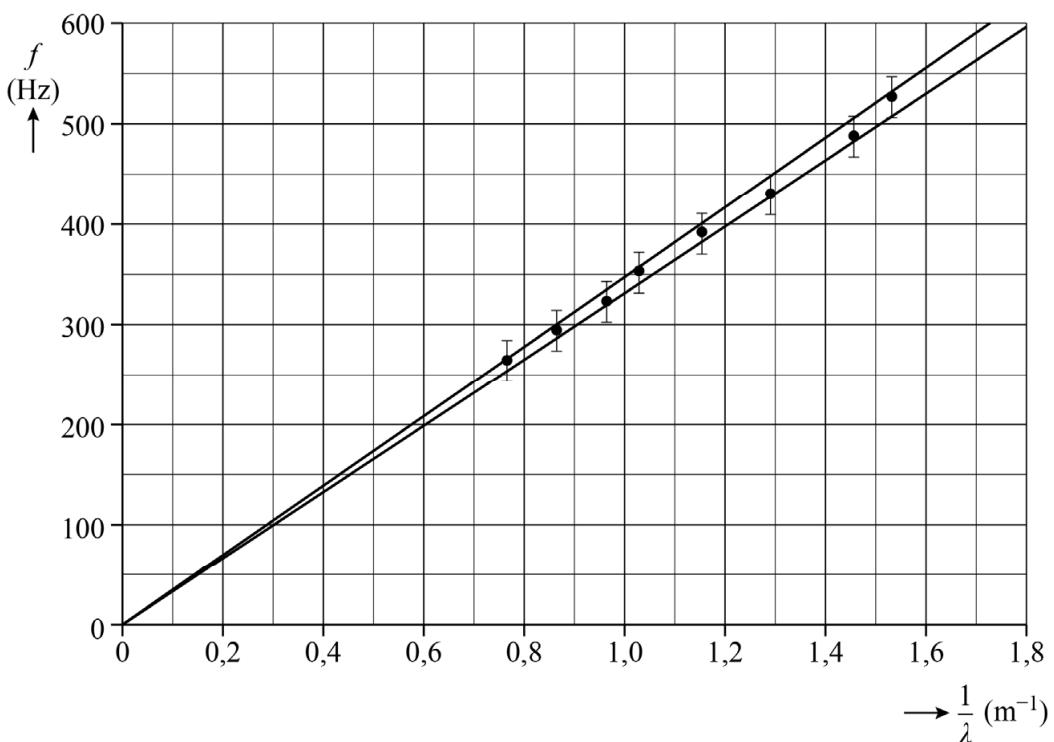
**20 maximumscore 4**

uitkomsten:

$$v_{\min} = 3,3 \cdot 10^2 \text{ ms}^{-1}$$

$$v_{\max} = 3,5 \cdot 10^2 \text{ ms}^{-1}$$

voorbeeld van een antwoord:



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

Er geldt:  $v = \lambda f$ . Dus geldt een recht evenredig verband tussen  $f$  en  $\frac{1}{\lambda}$ .

Voor de minimale waarde van de geluidssnelheid geldt dan:

$$v_{\min} = \frac{\Delta f}{\Delta\left(\frac{1}{\lambda}\right)} = \frac{593}{1,80} = 3,3 \cdot 10^2 \text{ m s}^{-1}.$$

Voor de maximale waarde van de geluidssnelheid geldt dan:

$$v_{\max} = \frac{\Delta f}{\Delta\left(\frac{1}{\lambda}\right)} = \frac{600}{1,72} = 3,5 \cdot 10^2 \text{ m s}^{-1}.$$

- op de horizontale as de grootheid  $\frac{1}{\lambda}$  met de eenheid  $\text{m}^{-1}$  1
- tekenen van de twee uiterste rechte lijnen door de foutmarges van alle meetpunten en door de oorsprong 1
- inzicht dat de steilheid van de lijn gelijk is aan de geluidssnelheid 1
- completeren van de bepalingen en significantie 1

## Ramsauer en Townsend

### 21 maximumscore 2

voorbeeld van een antwoord:

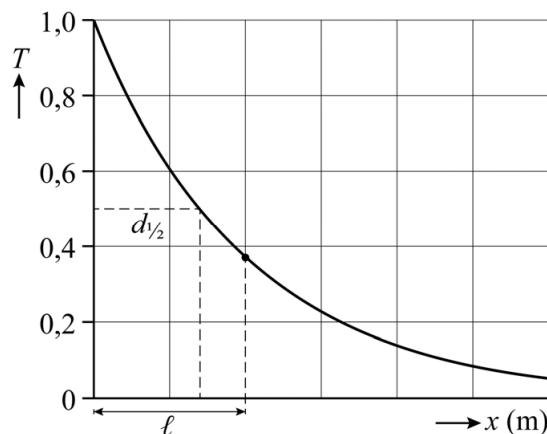
Bij een botsing met een gasatoom zal de richting van de snelheid van het elektron veranderen. Het elektron maakt daarmee geen deel meer uit van de bundel. De kans op een botsing neemt toe met de afstand. (De intensiteit van de bundel neemt dus af bij toenemende afstanden.)

- inzicht dat elektronen na een botsing de bundel kunnen verlaten 1
- inzicht dat de kans op een botsing toeneemt met de afstand 1

### 22 maximumscore 3

voorbeeld van een antwoord:

—



- Als  $x = \ell$  volgt uit formule (1) dat  $T = e^{-1} = 0,368$ . In de grafiek is te zien dat dit overeenkomt met het aangegeven punt. 1
- aangeven van de halveringsdikte 1
- inzicht dat  $\ell$  ingevuld moet worden voor  $x$  1
- uitrekenen van  $T$  en vergelijken met de grafiek 1

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

### 23 maximumscore 3

uitkomst:  $\lambda = 1,2 \text{ nm}$

voorbeeld van een antwoord:

Voor de debroglie-golfleugte geldt:  $\lambda = \frac{h}{p}$ .

Uit  $p = mv$  en  $E_k = \frac{1}{2}mv^2$  volgt:  $p = \sqrt{2mE_k}$ .

Invullen geeft:  $\lambda = \frac{h}{\sqrt{2mE_k}} = \frac{6,63 \cdot 10^{-34}}{\sqrt{2 \cdot 9,11 \cdot 10^{-31} \cdot 1,60 \cdot 10^{-19}}} = 1,2 \text{ nm}$ .

- gebruik van  $\lambda = \frac{h}{p}$  1
- gebruik van  $p = mv$  en  $E_k = \frac{1}{2}mv^2$  / inzicht dat  $p = \sqrt{2mE_k}$  1
- completeren van de berekening 1

### 24 maximumscore 4

voorbeeld van een antwoord:

Volgens formule (2) treedt resonantie op bij verschillende waarden van de

golfleugte:  $\lambda_{II} = \frac{2L}{n}$ .

Voor de golfleugte geldt ook  $\lambda = \frac{h}{p}$ , dus bij verschillende waarden van de

impuls in gebied II treedt resonantie op en dus ook bij verschillende waarden van de kinetische energie in gebied II.

Volgens formule (3) geldt in gebied II:  $E_{elek} = E_{kin} - E_{put}$ .

Dus er treedt resonantie op bij verschillende waarden van  $E_{elek}$ .

- inzicht dat uit formule (2) volgt dat resonantie optreedt bij verschillende golfleugtes 1
- inzicht dat uit  $\lambda = \frac{h}{p}$  volgt dat een andere golfleugte een andere impuls oplevert 1
- inzicht dat een andere impuls een andere kinetische energie oplevert 1
- inzicht dat uit formule (3) volgt dat een andere kinetische energie een andere  $E_{elek}$  oplevert 1

## 25 maximumscore 4

uitkomst:  $E_{\text{put}} = 6,8 \text{ eV}$

voorbeeld van een antwoord:

Er treedt resonantie op bij  $E_{\text{elek}} = 1,0 \text{ eV}$ .

Voor de energieniveaus van een deeltje in een put met oneindig hoge

$$\text{wanden geldt: } E_n = \frac{n^2 h^2}{8mL^2}.$$

De eerste piek komt overeen met  $n = 1$ , dus:  $E_{\text{kin}} = E_1 = \frac{h^2}{8mL^2}$ .

$$\text{Invullen geeft: } E_{\text{kin}} = \frac{(6,63 \cdot 10^{-34})^2}{8 \cdot 9,11 \cdot 10^{-31} \cdot (0,22 \cdot 10^{-9})^2} = 1,2 \cdot 10^{-18} \text{ J.}$$

Omrekenen naar eV geeft:  $E_{\text{kin}} = 7,8 \text{ eV}$ .

Uit formule (3) volgt:  $E_{\text{put}} = 7,8 - 1,0 = 6,8 \text{ eV}$ .

- gebruik van  $E_n = \frac{n^2 h^2}{8mL^2}$  met  $n = 1$  1
- gebruik van formule (3) met  $E_{\text{elek}} = 1,0 \text{ eV}$  1
- completeren van de berekening 1
- significantie 1

## 5 Aanleveren scores

Verwerk de scores van de alfabetisch eerste vijf kandidaten per examinator in de applicatie Wolf. Cito gebruikt deze gegevens voor de analyse van de examens.

Om de gegevens voor dit doel met Cito uit te wisselen dient u ze uiterlijk op 25 mei te accorderen.

Ook na 25 mei kunt u nog tot en met 13 juni gegevens voor Cito accorderen. Deze gegevens worden niet meer meegegenomen in de hierboven genoemde analyses, maar worden wel meegegenomen bij het genereren van de groepsrapportage.

Na accordering voor Cito kunt u in Wolf de gegevens nog wijzigen om ze vervolgens vrij te geven voor het overleg met de externe corrector. Deze optie is relevant als u Wolf ook gebruikt voor uitwisseling van de gegevens met de externe corrector.

### tweede tijdvak

Ook in het tweede tijdvak wordt de normering mede gebaseerd op door kandidaten behaalde scores. Wissel te zijner tijd ook voor al uw tweede-tijdvak-kandidaten de scores uit met Cito via Wolf. Dit geldt **niet** voor de aangewezen vakken.

## 6 Bronvermeldingen

---

Langlaufen in klassieke stijl

figuur 1      Shutterstock ID: 186351818

figuur 2      Shutterstock ID: 95551669

overige figuren Stichting Cito Instituut voor Toetsontwikkeling, 2023

Cappuccino

alle figuren    Stichting Cito Instituut voor Toetsontwikkeling, 2023

Poollicht

figuur 1      Shutterstock ID: 1120772963

figuur 2      Shutterstock ID: 752393257

alle figuren    Stichting Cito Instituut voor Toetsontwikkeling, 2023

Boomwhackers

alle figuren    Stichting Cito Instituut voor Toetsontwikkeling, 2023

Ramsauer en Townsend

figuur 3      Carl Ramsauer - Wikipedia ([https://en.wikipedia.org/wiki/Carl\\_Ramsauer](https://en.wikipedia.org/wiki/Carl_Ramsauer))

                  John Sealy Townsend - Wikipedia ([https://en.wikipedia.org/wiki/John\\_Sealy\\_Townsend](https://en.wikipedia.org/wiki/John_Sealy_Townsend))

overige figuren Stichting Cito Instituut voor Toetsontwikkeling, 2023

**natuurkunde vwo****Centraal examen vwo**

Tijdvak 1

**Correctievoorschrift**

Aan de secretarissen van het eindexamen van de scholen voor vwo,

Bij het centraal examen natuurkunde vwo:

**Op pagina 13, bij vraag 15 moet**

voorbeeld van een antwoord:

- Boven 300 km is de dichtheid van N<sub>2</sub> veel kleiner dan van O. De kans dat de O-atomen met N<sub>2</sub>-moleculen botsen is dus klein (waardoor ze vooral rood licht zullen uitzenden).  
• inzicht dat boven 300 km de dichtheid van N<sub>2</sub> veel kleiner is dan van O      1
- Magenta (is de overheersende kleur, omdat onder 100 km de dichtheid van N<sub>2</sub> veel groter is dan van O).  
• inzicht dat de kans op een botsing van een O-atoom met een N<sub>2</sub>-molecuul klein is      1  
• inzicht dat onder 100 km de overheersende kleur magenta is      1

vervangen worden door:

voorbeeld van een antwoord:

- Boven 300 km is de dichtheid van N<sub>2</sub> zeer klein. De kans dat de O-atomen met N<sub>2</sub>-moleculen botsen is dus klein (waardoor ze vooral rood licht zullen uitzenden).  
• inzicht dat boven 300 km de dichtheid van N<sub>2</sub> klein is      1
- Magenta (is de overheersende kleur, omdat onder 100 km de dichtheid van N<sub>2</sub> veel groter is dan van O).  
• inzicht dat de kans op een botsing van een O-atoom met een N<sub>2</sub>-molecuul klein is      1  
• inzicht dat onder 100 km de overheersende kleur magenta is      1

Toelichting:

*Om uit te leggen waarom de dominante kleur (groen / geel) op grote hoogte nauwelijks ontstaat is het voldoende om uit te leggen dat de botsingskans tussen O en N<sub>2</sub> klein is. Deze hangt af van de N<sub>2</sub>-concentratie.*

*In de vraag wordt explicet gevraagd naar de reden waarom de dominante kleur nauwelijks voorkomt. Een antwoord dat in het algemeen beschrijft dat er op grote hoogte weinig deeltjes zijn en er dus weinig licht ontstaat is daarom niet voldoende.*

Ik verzoek u dit bericht door te geven aan de correctoren natuurkunde vwo.

Namens het College voor Toetsen en Examens,

drs. J.H. van der Vegt,  
voorzitter

## natuurkunde

Het correctievoorschrift bestaat uit:

- 1 Regels voor de beoordeling
- 2 Algemene regels
- 3 Vakspecifieke regels
- 4 Beoordelingsmodel
- 5 Aanleveren scores
- 6 Bronvermeldingen

### 1 Regels voor de beoordeling

Het werk van de kandidaten wordt beoordeeld met inachtneming van de artikelen 3.21, 3.24 en 3.25 van het Uitvoeringsbesluit WVO 2020.

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

Voor de beoordeling zijn de volgende aspecten van de artikelen 3.21 t/m 3.25 van het Uitvoeringsbesluit WVO 2020 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 examinator. Deze kijkt het werk na en zendt het met zijn beoordeling aan de directeur. De examinator past de beoordelingsnormen en de regels voor het toekennen van scorepunten toe die zijn gegeven door het College voor Toetsen en Examens.
- 2 De directeur doet de van de examinator ontvangen stukken met een exemplaar van de opgaven, de beoordelingsnormen, het proces-verbaal en de regels voor het bepalen van de score onverwijd aan de directeur van de school van de gecommitteerde toekomen. Deze stelt het ter hand aan de gecommitteerde.

- 3 De gecommitteerde 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 Toetsen en Examens.  
De gecommitteerde voegt bij het gecorrigeerde werk een verklaring betreffende de verrichte correctie. Deze verklaring wordt mede ondertekend door het bevoegd gezag van de gecommitteerde.
- 4 De examinator en de gecommitteerde stellen in onderling overleg het behaalde aantal scorepunten voor het centraal examen vast.
- 5 Indien de examinator en de gecommitteerde daarbij niet tot overeenstemming komen, wordt het geschil voorgelegd aan het bevoegd gezag van de gecommitteerde. Dit bevoegd gezag kan hierover in overleg treden met het bevoegd gezag van de examinator. Indien het geschil niet kan worden beslecht, wordt hiervan melding gemaakt aan de inspectie. De inspectie kan een derde onafhankelijke corrector aanwijzen. De beoordeling van deze derde corrector 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 Toetsen en Examens van toepassing:

- 1 De examinator 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 examinator en door de gecommitteerde scorepunten toegekend, in overeenstemming met correctievoorschrift. 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. Als het antwoord op een andere manier is gegeven, maar onomstotelijk vaststaat dat het juist is, dan moet dit antwoord ook goed gerekend worden. Voor het juiste 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 examinator of de gecommitteerde 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 Toetsen en 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 *T.a.v. de status van het correctievoorschrift:*

Het College voor Toetsen en 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 *T.a.v. het verkeer tussen examinator en gecommitteerde (eerste en tweede corrector):*  
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 *T.a.v. aanvullingen op het correctievoorschrift:*

Er zijn twee redenen voor een aanvulling op het correctievoorschrift: verduidelijking en een fout.

#### *Verduidelijking*

Het correctievoorschrift is vóór de afname opgesteld. Na de afname blijkt pas welke antwoorden kandidaten geven. Vragen en reacties die via het Examenloket bij de Toets- en Examenlijn binnenkomen, kunnen duidelijk maken dat het correctievoorschrift niet voldoende recht doet aan door kandidaten gegeven antwoorden. Een aanvulling op het correctievoorschrift kan dan alsnog duidelijkheid bieden.

#### *Een fout*

Als het College voor Toetsen en Examens vaststelt dat een centraal examen een fout bevat, kan het besluiten tot een aanvulling op het correctievoorschrift.

Een aanvulling op het correctievoorschrift wordt door middel van een mailing vanuit Examenblad.nl bekendgemaakt. Een aanvulling op het correctievoorschrift wordt zo spoedig mogelijk verstuurd aan de examensecretarissen.

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

- Als het werk al naar de tweede corrector is gezonden, past de tweede corrector deze aanvulling op het correctievoorschrift toe.  
en/of
- 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.

Dit laatste gebeurt alleen als de aanvulling luidt dat voor een vraag alle scorepunten moeten worden toegekend.

Als een onvolkomenheid op een dusdanig laat tijdstip geconstateerd wordt dat een aanvulling op het correctievoorschrift ook voor de tweede corrector te laat komt, houdt het College voor Toetsen en Examens bij de vaststelling van de N-term rekening met de onvolkomenheid.

### **3 Vakspecifieke regels**

---

Voor dit examen zijn de volgende vakspecifieke regels vastgesteld:

- 1 Een afwijking in de uitkomst van een berekening/bepaling 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 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 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 grootheid.

## 4 Beoordelingsmodel

Vraag

Antwoord

Scores

### Fietshelm

#### 1 maximumscore 3

uitkomst: 1,50 m

voorbeeld van een antwoord:

Zwaarte-energie wordt omgezet in kinetische energie. Dus er geldt:

$$\Delta E_z = \Delta E_k.$$

Invullen van de formules voor deze energieën geeft:  $mgh = \frac{1}{2}mv^2$ , dus

$$h = \frac{v^2}{2g} = \frac{5,42}{2 \cdot 9,81} = 1,50 \text{ m.}$$

- inzicht in de wet van behoud van energie 1
- gebruik van  $E_z = mgh$  en  $E_k = \frac{1}{2}mv^2$  1
- completeren van de berekening 1

#### 2 maximumscore 4

voorbeeld van een antwoord:

Tijdens de botsing ondervindt het hoofd een (gemiddelde) remkracht  $F_{\text{res}}$  over een remweg die gelijk is aan 20 mm. De verrichte arbeid is gelijk aan de verandering van de kinetische energie:  $W = \Delta E_k$ , dus  $F_{\text{res}}s = \frac{1}{2}mv^2$ . Met  $F_{\text{res}} = ma$  volgt hieruit voor de gemiddelde versnelling van het hoofd:

$$a_{\text{gem}} = \frac{v^2}{2s} = \frac{5,42^2}{2 \cdot 0,020} = 7,3 \cdot 10^2 \text{ ms}^{-2} . \text{ Dit is gelijk aan } 75 \text{ g en dus minder}$$

dan de gestelde norm van 250 g.

- gebruik van  $\Sigma W = \Delta E_k$  1
- gebruik van  $W = F_{\text{res}}s$  en  $F = ma$  1
- completeren van de berekening van  $a$  1
- vergelijken van  $a$  met de normwaarde 1

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

### 3 maximumscore 2

voorbeeld van een antwoord:

In een  $(a,t)$ -diagram is de oppervlakte onder de grafiek gelijk aan de grootte van de snelheidsverandering. (De eindsnelheid is nul, dus de snelheidsverandering is gelijk aan de snelheid waarmee het dummyhoofd de plaat raakt.) Je moet dus de oppervlakten onder beide grafieken bepalen en vergelijken. (Deze blijken dan bij benadering gelijk te zijn aan elkaar.)

- inzicht dat het oppervlak onder een  $(a,t)$ -grafiek gelijk is aan de snelheidsverandering 1
- inzicht dat beide oppervlakken vergeleken moeten worden 1

### 4 maximumscore 2

voorbeeld van een antwoord:

In figuur 5 is te zien dat elk van de drie grafieken sterk naar boven afbuigt wanneer de indrukking de 20 mm nadert. De grote kracht die in de buurt van 20 mm optreedt leidt ook tot grote versnellingen. En dit wil je juist voorkomen bij een helm.

- inzicht dat de kracht sterk toeneemt als de indrukking 20 mm nadert 1
- inzicht in het verband tussen kracht en versnelling 1

### 5 maximumscore 2

uitkomst:  $7 \cdot 10^5 \text{ (N m}^{-1}\text{)}$

voorbeeld van een antwoord:

Voor  $x = 0,001$  moeten beide functies aan elkaar gelijk zijn.

$$\text{Invullen in regel 4 geeft: } F_p = \frac{19,8}{(0,020 - 0,001)^{0,9}} = 7,0 \cdot 10^2 \text{ (N)}$$

$$\text{Invullen in regel 2 geeft vervolgens: } 7,0 \cdot 10^2 = C \cdot 0,001$$

$$\text{Dus } C = 7 \cdot 10^5 \text{ (Nm}^{-1}\text{).}$$

- inzicht dat beide functies voor  $F_p$  aan elkaar gelijk zijn voor  $x = 0,001$  1
- completeren van de berekening 1

### 6 maximumscore 2

voorbeeld van een antwoord:

$$F_{\text{res}} = F_z - F_p$$

- teken voor  $F_z$  positief 1
- $F_z$  en  $F_p$  tegengesteld van teken 1

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

**7 maximumscore 2**

voorbeeld van een antwoord:

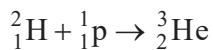
De maximale versnelling hangt samen met de grootste steilheid van de grafiek. Het steilste stuk (dus het laatste stuk) van de grafieken van  $15 \text{ kg m}^{-3}$  en  $51 \text{ kg m}^{-3}$  zijn steiler dan het steilste stuk van de grafiek van  $31 \text{ kg m}^{-3}$ . Het piepschuim van  $31 \text{ kg m}^{-3}$  geeft de kleinste maximale versnelling (en voldoet dus het beste).

- inzicht dat gekken moet worden naar de maximale steilheid bij elk van de drie grafieklijnen 1
- consequente conclusie 1

## Deuterium

### 8 maximumscore 3

voorbeeld van een antwoord:



- deuterium en proton links van de pijl 1
- He rechts van de pijl, mits verkregen via kloppende atoomnummers 1
- aantal nucleonen links en rechts gelijk 1

### 9 maximumscore 4

voorbeeld van een antwoord:

$$\text{Er geldt: } E_f = \Delta E_n = E_3 - E_2 = \left(-\frac{13,609}{3^2}\right) - \left(-\frac{13,609}{2^2}\right) = 1,89014 \text{ eV}$$

De golflengte is dan gelijk aan:

$$\lambda = \frac{hc}{E_f} = \frac{6,62607 \cdot 10^{-34} \cdot 2,99792 \cdot 10^8}{1,89014 \cdot 1,60218 \cdot 10^{-19}} = 6,55950 \cdot 10^{-7} = 655,95 \text{ nm}$$

- inzicht dat  $E_f = E_3 - E_2$  1
- gebruik van  $E_n = -\frac{13,609}{n^2}$  1
- gebruik van  $E_f = \frac{hc}{\lambda}$  1
- completeren van de berekening 1

### 10 maximumscore 5

uitkomst:  $8,7 \cdot 10^4 \text{ ms}^{-1}$

voorbeeld van een antwoord:

- De waargenomen golflengte is groter. Er is dus sprake van roodverschuiving. De Orionnevel beweegt van ons af.
- De dopplerverschuiving is gelijk aan  $\Delta\lambda = 656,14 - 655,95 = 0,19 \text{ nm}$ .

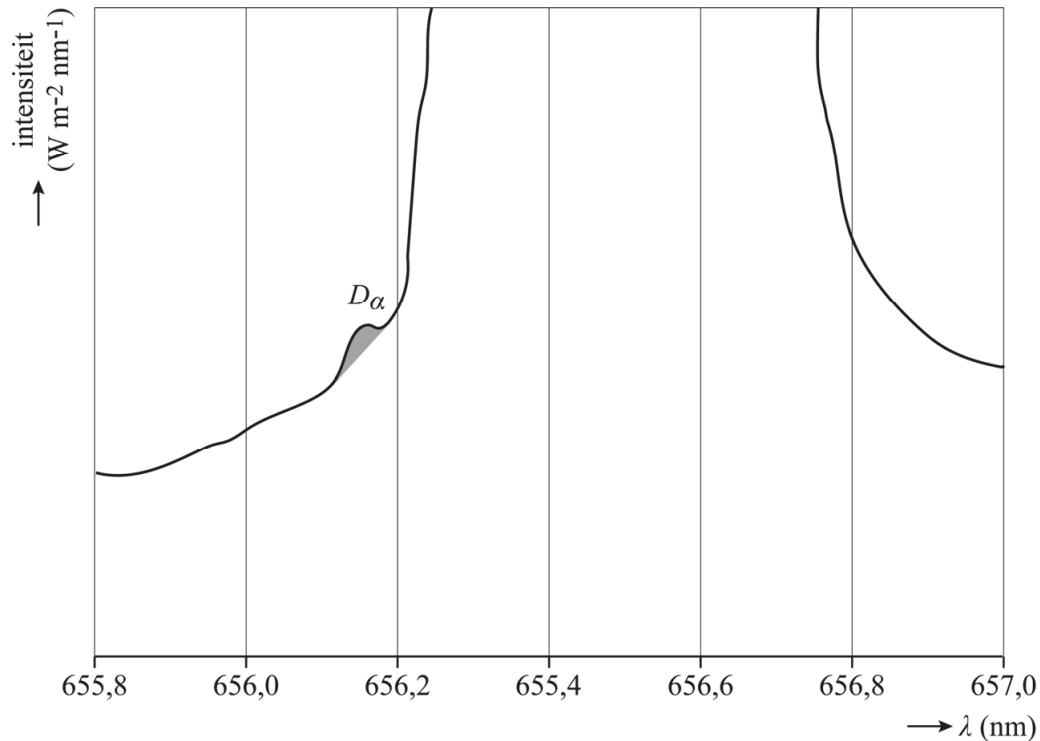
Voor de radiale snelheid geldt dan:

$$v = \frac{\Delta\lambda}{\lambda} \cdot c = \frac{0,19}{655,95} \cdot 3,00 \cdot 10^8 = 8,7 \cdot 10^4 \text{ ms}^{-1}$$

- inzicht dat er sprake is van roodverschuiving 1
- consequente conclusie over de bewegingsrichting 1
- gebruik van  $v = \frac{\Delta\lambda}{\lambda} \cdot c$  1
- completeren van de berekening 1
- significantie 1

**11 maximumscore 1**

Voorbeeld van een antwoord:

**12 maximumscore 3**

uitkomst: 9 miljard jaar

voorbeeld van een antwoord:

Een kleine halveringstijd betekent een snelle afname. Dus bij de ondergrens hoort de afnamefactor 3.

Voor de afname van het aantal deeltjes geldt:  $N(t) = N_0 \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{t_{\frac{1}{2}}}}$ .

$$\text{Invullen geeft: } \frac{N_0}{3} = N_0 \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{15}{t_{\frac{1}{2}}}}.$$

Uitwerken geeft:  $t_{\frac{1}{2}} = 9$  miljard jaar.

- inzicht dat de ondergrens voor de halveringstijd overeenkomt met grootste afnamefactor

1

- gebruik van  $N(t) = N_0 \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{t_{\frac{1}{2}}}}$ , met  $N(t) = \frac{N_0}{\text{gekozen factor}}$

1

- completeren van de berekening

1

## Treinwielen

### 13 maximumscore 3

voorbeeld van een antwoord:

Doordat de wielen en de as een star geheel vormen is de omlooptijd  $T$  voor beide wielen gelijk. Op tijdstip  $a$  heeft het linker wiel een grotere straal dan het rechter wiel. Het linker wiel legt dus per omwenteling een grotere afstand af dan het rechter wiel. Dit wiel dus gaat dus sneller in de voorwaartse richting, waardoor de trein naar rechts stuurt.

- inzicht dat de omlooptijd voor beide wielen gelijk is 1
- inzicht dat straal van beide wielen (en dus de snelheid) verschilt 1
- completeren van de uitleg 1

### 14 maximumscore 2

voorbeeld van een antwoord:

Omschrijven van de formule van Klingel geeft:  $\gamma = \frac{2\pi^2 dr_0}{\lambda^2}$ , dus voor de eenheid van  $\gamma$  geldt:  $\gamma = \frac{[d][r_0]}{[\lambda^2]} = \frac{\text{mm}}{\text{m}^2} = 1$ .

- gebruik van de formule van Klingel met  $[d] = [r_0] = [\lambda] = \text{m}$  1
- completeren van de afleiding 1

### 15 maximumscore 3

voorbeeld van een antwoord:

Voor de golflengte geldt volgens de formule van Klingel:  $\lambda = 2\pi\sqrt{\frac{dr_0}{2\gamma}}$

$$\text{Invullen geeft: } \lambda = 2\pi\sqrt{\frac{1,435 \cdot 0,475}{2 \cdot 0,050}} = 16,4 \text{ m}$$

$$\text{Voor de periode geldt dan: } T = \frac{\lambda}{v} \text{ met } v = \frac{140}{3,6} = 38,9 \text{ ms}^{-1}.$$

Invullen geeft:  $T = 0,42 \text{ s}$

- gebruik van de formule van Klingel 1
- gebruik van  $v = \lambda f$  en  $f = \frac{1}{T}$  1
- completeren van de berekening 1

**16 maximumscore 3**uitkomst:  $20 \text{ km h}^{-1}$  ( $5,6 \text{ m s}^{-1}$ )

voorbeeld van een antwoord:

Er treedt resonantie op als de trillingstijd gelijk is aan de eigentrilling van het massa-veersysteem:

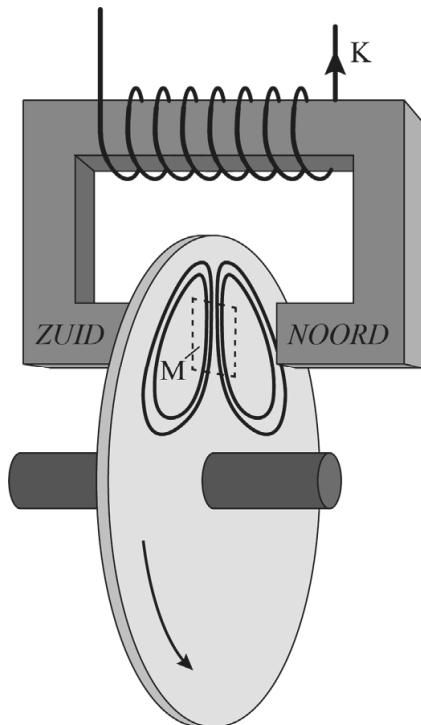
$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m_{\text{wagon}}}{C_{\text{totaal}}}} = 2\pi \sqrt{\frac{21,5 \cdot 10^3}{1,0 \cdot 10^5}} = 2,91 \text{ s}$$

Voor sinusloop geldt  $v = \lambda f$  met  $f = \frac{1}{T}$ . De golflengte van de sinusloop is onafhankelijk van de snelheid, dus  $\lambda$  is constant. Er geldt dus:  $v_1 T_1 = v_2 T_2$   
 Invullen geeft:  $140 \cdot 0,42 = v_2 \cdot 2,91$ . Dus  $v_2 = 20 \text{ km h}^{-1}$

- gebruik van  $T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{C}}$  1
- gebruik van  $v = \lambda f$  met  $\lambda$  constant / inzicht dat  $v_1 T_1 = v_2 T_2$  1
- completeren van de berekening 1

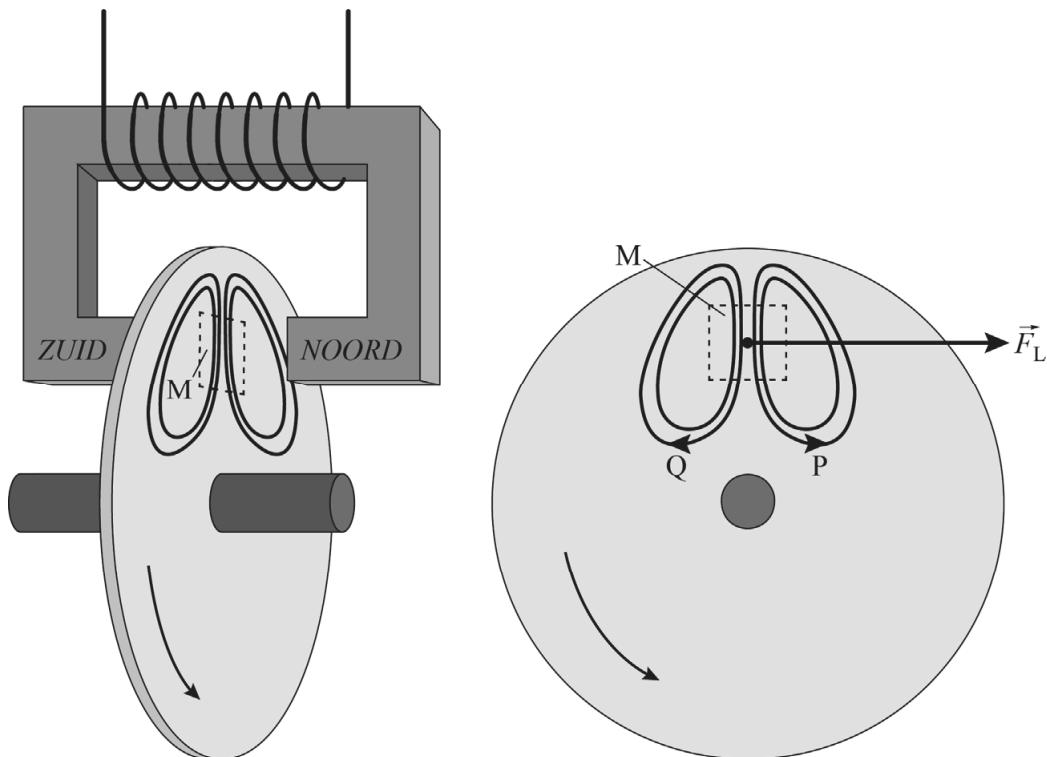
*Opmerking:**Als de kandidaat bij vraag 15 een foutieve golflengte heeft berekend en hiermee doorrekent, dit niet aanrekenen.***17 maximumscore 1**

voorbeeld van een antwoord:



**18 maximumscore 1**

voorbeeld van een antwoord:

**19 maximumscore 3**

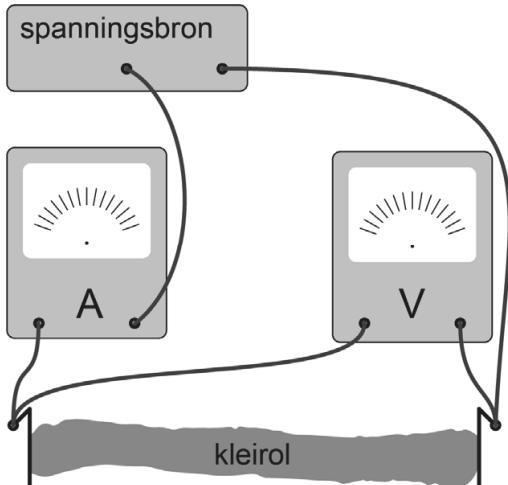
Bij een lagere snelheid (is de lorentzkracht die de elektronen in beweging brengt kleiner en daardoor) ontstaan er minder sterke wervelstromen. De afremmende (lorentz-)kracht zal dus kleiner zijn. Om dit te compenseren moet de magneetveldsterkte dus groter zijn.

- inzicht in het verband tussen de snelheid en de sterkte van de geïnduceerde wervelstromen 1
- inzicht in het verband tussen de sterkte van de wervelstromen en de afremmende kracht 1
- inzicht in het verband tussen de magneetveldsterkte en de afremmende kracht en consequente conclusie 1

## Geleidende klei

### 20 maximumscore 2

voorbeeld van een antwoord:



- serieschakeling van spanningsbron, stroommeter en kleirol
- spanningsmeter parallel aan de klei

1  
1

*Opmerkingen:*

- Als bijvoorbeeld door het tekenen van extra verbindingen een niet-werkende schakeling is ontstaan: maximaal 1 punt toekennen.
- Als de kandidaat de spanningsmeter parallel aan de spanningsbron heeft getekend, dit niet aanrekenen

### 21 maximumscore 5

uitkomst:  $0,4 \Omega \text{m}$

voorbeeld van een berekening:

$$\text{Voor de soortelijke weerstand geldt } \rho = \frac{RA}{\ell}, \text{ met } R = \frac{U}{I} \text{ en } A = \frac{1}{4}\pi d^2$$

Invullen van de gegevens geeft:

$$A = \frac{1}{4}\pi \cdot 0,04^2 = 1,3 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2 \text{ en } R = \frac{12,0}{0,186} = 64,5 \Omega$$

$$\text{Dus } \rho = \frac{RA}{\ell} = \frac{64,5 \cdot 1,3 \cdot 10^{-3}}{0,21} = 0,4 \Omega \text{m}$$

- gebruik van  $U = IR$
- gebruik van  $A = \frac{1}{4}\pi d^2 / A = \pi r^2$  met  $r = \frac{d}{2}$
- gebruik van  $\rho = \frac{RA}{\ell}$
- completeren van de berekening
- significantie

1  
1  
1  
1  
1

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

**22 maximumscore 3**

uitkomst: vier keer zo groot

voorbeeld van een antwoord:

Voor de weerstand van de kleirol geldt:  $R = \rho \frac{l}{A}$ .

Het volume van de kleirol blijft constant. Hiervoor geldt:  $V = Al$ , dus

$$A = \frac{V}{l}.$$

Invullen geeft:  $R = \rho \frac{l^2}{V}$ . Dus als  $l$  twee keer zo groot wordt, wordt de weerstand vier keer zo groot.

- inzicht dat  $R$  evenredig is met  $l$  en  $\frac{1}{A}$  1
- inzicht dat  $V$  constant blijft en dat  $A = \frac{V}{l}$  1
- completeren van de redenering 1

## Hawkingstraling

### 23 maximumscore 3

voorbeeld van een antwoord:

Het stralingsvermogen van de ster is  $10^{4,5}$  keer zo groot als dat van de zon. Voor de massaverhouding geldt dan:  $\frac{M}{M_{\text{zon}}} = \left(10^{4,5}\right)^{\frac{1}{3,8}} = 15$ . Deze ster is meer dan 12 keer zo zwaar als de zon en zal dus eindigen als een zwart gat.

- bepalen van  $\frac{P}{P_{\text{zon}}}$  1
- gebruik van  $\frac{P}{P_{\text{zon}}} = \left(\frac{M}{M_{\text{zon}}}\right)^{3,8}$  1
- completeren van de berekening en consequente conclusie 1

### 24 maximumscore 3

voorbeeld van een antwoord:

(De kinetische energie aan het begin moet groot genoeg zijn om aan het gravitatieveld te ontsnappen.) Toepassen van de wet van behoud van energie:  $(E_{\text{kin}} + E_g)_r = (E_{\text{kin}} + E_g)_{\infty}$ , met  $E_{\text{kin}} = \frac{1}{2}mv^2$  en  $E_g = -G\frac{mM}{r}$ .

Invullen geeft:  $\frac{1}{2}mv^2 - G\frac{mM}{r} = 0$ .

Omschrijven geeft vervolgens:  $v = \sqrt{\frac{2GM}{r}}$

- gebruik van de wet van behoud van energie 1
- gebruik van  $E_{\text{kin}} = \frac{1}{2}mv^2$  en  $E_g = -G\frac{mM}{r}$  1
- completeren van de afleiding 1

### 25 maximumscore 2

uitkomst:  $5,9 \cdot 10^4$  m

voorbeeld van een antwoord:

Voor de schwartschildstraal geldt formule (2) met  $v = c$ , Dus:  $r_s = \frac{2GM}{c^2}$

Invullen geeft:  $r_s = \frac{2 \cdot 6,67 \cdot 10^{-11} \cdot 20 \cdot 1,99 \cdot 10^{30}}{(3,00 \cdot 10^8)^2} = 5,9 \cdot 10^4$  m.

- gebruik van formule (2) met  $v = c$  1
- completeren van de berekening 1

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

## 26 maximumscore 2

voorbeeld van een antwoord:

(De massa van een zwart gat is in de orde van  $10^{31}$  kg of groter. Volgens formule (3) is de temperatuur dan in de orde van  $10^{-8}$  K.)

Vanwege de grote massa van een zwart gat is de temperatuur (volgens formule (3)) extreem laag. Hierdoor zal de stralingsintensiteit van het zwarte gat heel laag zijn / Hierdoor zal de bijbehorende  $\lambda_{\max}$  erg groot zijn.

- gebruik van het verband tussen massa en temperatuur 1
- inzicht in het verband tussen de temperatuur en de uitgezonden stralingsintensiteit /  $\lambda_{\max}$  1

## 27 maximumscore 3

voorbeeld van een antwoord:

Voor het uitgestraalde vermogen geldt de wet van Stefan-Boltzmann:

$$P = \sigma A T^4, \text{ met } A = 4\pi r_s^2.$$

Volgens formule (3) geldt:  $T \propto M^{-1}$ .

Uit formule (2) is af te leiden dat:  $r_s \propto M$ .

Invullen geeft:  $P \propto M^2 (M^{-1})^4$ , dus  $P \propto M^{-2}$ .

- gebruik van  $P = \sigma A T^4$ , met  $A = 4\pi r_s^2$ . 1
- inzicht dat geldt  $r_s \propto M$  en  $T \propto M^{-1}$  1
- completeren van de bepaling 1

## 28 maximumscore 2

voorbeeld van een antwoord:

Volgens formule (4) is het uitgestraalde vermogen groter naarmate de massa kleiner is. De uitgestraalde energie per seconde is dan groter en daarmee het massaverlies per seconde. In de loop van de tijd zal de massa van een zwart gat dus steeds sneller afnemen. Grafiek A geeft dus het juiste verband weer.

- gebruik van het verband tussen  $P$  en  $M$  1
- gebruik van het verband tussen uitgestraalde energie en massaverlies en consequente conclusie 1

## **5 Aanleveren scores**

---

Verwerk de scores van alle kandidaten per examinator in de applicatie Wolf.  
Accordeer deze gegevens voor Cito uiterlijk op 26 juni.

## **6 Bronvermeldingen**

---

Fietshelm

figuur 1        Shutterstock ID: 316542686

overige figuren Stichting Cito Instituut voor Toetsontwikkeling, 2023

Deuterium

figuur 1        Shutterstock ID: 455426386/NASA images

overige figuren Stichting Cito Instituut voor Toetsontwikkeling, 2023

Treinwielen

alle figuren     Stichting Cito Instituut voor Toetsontwikkeling, 2023

Geleidende klei

figuur 1        Stichting Cito Instituut voor Toetsontwikkeling, 2023

Hawkingstraling

figuur 1        Shutterstock ID: 1366494671

figuur 2        Stichting Cito Instituut voor Toetsontwikkeling, 2023

## natuurkunde

Het correctievoorschrift bestaat uit:

- 1 Regels voor de beoordeling
- 2 Algemene regels
- 3 Vakspecifieke regels
- 4 Beoordelingsmodel
- 5 Aanleveren scores
- 6 Bronvermeldingen

### 1 Regels voor de beoordeling

Het werk van de kandidaten wordt beoordeeld met inachtneming van de artikelen 3.21, 3.24 en 3.25 van het Uitvoeringsbesluit WVO 2020.

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

Voor de beoordeling zijn de volgende aspecten van de artikelen 3.21 t/m 3.25 van het Uitvoeringsbesluit WVO 2020 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 examinator. Deze kijkt het werk na en zendt het met zijn beoordeling aan de directeur. De examinator past de beoordelingsnormen en de regels voor het toekennen van scorepunten toe die zijn gegeven door het College voor Toetsen en Examens.
- 2 De directeur doet de van de examinator ontvangen stukken met een exemplaar van de opgaven, de beoordelingsnormen, het proces-verbaal en de regels voor het bepalen van de score onverwijd aan de directeur van de school van de gecommitteerde toekomen. Deze stelt het ter hand aan de gecommitteerde.

- 3 De gecommitteerde 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 Toetsen en Examens.  
De gecommitteerde voegt bij het gecorrigeerde werk een verklaring betreffende de verrichte correctie. Deze verklaring wordt mede ondertekend door het bevoegd gezag van de gecommitteerde.
- 4 De examinator en de gecommitteerde stellen in onderling overleg het behaalde aantal scorepunten voor het centraal examen vast.
- 5 Indien de examinator en de gecommitteerde daarbij niet tot overeenstemming komen, wordt het geschil voorgelegd aan het bevoegd gezag van de gecommitteerde. Dit bevoegd gezag kan hierover in overleg treden met het bevoegd gezag van de examinator. Indien het geschil niet kan worden beslecht, wordt hiervan melding gemaakt aan de inspectie. De inspectie kan een derde onafhankelijke corrector aanwijzen. De beoordeling van deze derde corrector 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 Toetsen en Examens van toepassing:

- 1 De examinator 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 examinator en door de gecommitteerde scorepunten toegekend, in overeenstemming met correctievoorschrift. 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. Als het antwoord op een andere manier is gegeven, maar onomstotelijk vaststaat dat het juist is, dan moet dit antwoord ook goed gerekend worden. Voor het juiste 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 examinator of de gecommitteerde 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 Toetsen en 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 *T.a.v. de status van het correctievoorschrift:*

Het College voor Toetsen en 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 T.a.v. het verkeer tussen examinator en gecommitteerde (eerste en tweede corrector):**  
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 T.a.v. aanvullingen op het correctievoorschrift:**

Er zijn twee redenen voor een aanvulling op het correctievoorschrift: verduidelijking en een fout.

#### *Verduidelijking*

Het correctievoorschrift is vóór de afname opgesteld. Na de afname blijkt pas welke antwoorden kandidaten geven. Vragen en reacties die via het Examenloket bij de Toets- en Examenlijn binnenkomen, kunnen duidelijk maken dat het correctievoorschrift niet voldoende recht doet aan door kandidaten gegeven antwoorden. Een aanvulling op het correctievoorschrift kan dan alsnog duidelijkheid bieden.

#### *Een fout*

Als het College voor Toetsen en Examens vaststelt dat een centraal examen een fout bevat, kan het besluiten tot een aanvulling op het correctievoorschrift.

Een aanvulling op het correctievoorschrift wordt door middel van een mailing vanuit Examenblad.nl bekendgemaakt. Een aanvulling op het correctievoorschrift wordt zo spoedig mogelijk verstuurd aan de examensecretarissen.

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

- Als het werk al naar de tweede corrector is gezonden, past de tweede corrector deze aanvulling op het correctievoorschrift toe.  
en/of
- 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.

Dit laatste gebeurt alleen als de aanvulling luidt dat voor een vraag alle scorepunten moeten worden toegekend.

Als een onvolkomenheid op een dusdanig laat tijdstip geconstateerd wordt dat een aanvulling op het correctievoorschrift ook voor de tweede corrector te laat komt, houdt het College voor Toetsen en Examens bij de vaststelling van de N-term rekening met de onvolkomenheid.

### **3 Vakspecifieke regels**

---

Voor dit examen zijn de volgende vakspecifieke regels vastgesteld:

- 1 Een afwijking in de uitkomst van een berekening/bepaling 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 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 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 grootheid.

## 4 Beoordelingsmodel

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

### Snelheidsrecord op de fiets

#### 1 maximumscore 3

uitkomst: 19,5725 (s)

voorbeeld van een antwoord:

$$t = \frac{s}{v} = \frac{1,000000 \text{ mijl}}{183,932 \text{ mijl h}^{-1}} = 5,43679 \cdot 10^{-3} \text{ h} = 19,5725 \text{ s}$$

- gebruik van  $s = vt$  1
- completeren van de berekening 1
- significantie 1

#### 2 maximumscore 4

uitkomsten:  $A = 0,32 \text{ m}^2$  (met een marge van  $0,03 \text{ m}^2$ )

$$F_{w,\ell} = 0,83 \text{ kN}$$

voorbeeld van een antwoord:

- Uit de gegeven diameter van het wiel (46 cm) volgt dat één hokje in de figuur een lengte heeft van  $\frac{46}{6} = 7,7 \text{ cm}$  en een oppervlakte van  $5,88 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$ .

Het frontaal oppervlak is gelijk aan 54 hokjes.

$$\text{Dus } A = 54 \cdot 5,88 \cdot 10^{-3} = 0,32 \text{ m}^2.$$

- Voor de luchtwrijving geldt:  $F_{w,\ell} = \frac{1}{2} \rho c_w A v^2$ . Invullen geeft

$$F_{w,\ell} = \frac{1}{2} \rho c_w A v^2 = \frac{1}{2} \cdot 1,1 \cdot 0,70 \cdot 0,32 \cdot (82,2)^2 = 0,83 \text{ kN}.$$

- inzicht dat de schaal van de tekening volgt uit de hoogte van het wiel in de tekening en de gegeven diameter 1
- completeren van de bepaling van het frontaal oppervlak en significantie 1
- gebruik van  $F_{w,\ell} = \frac{1}{2} \rho c_w A v^2$  1
- completeren van de berekening 1

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

### 3 maximumscore 2

uitkomst: 8,52 N

voorbeeld van een antwoord:

Tijdens de recordpoging was de weerstandskracht gelijk aan de spierkracht.

Dus voor het geleverde vermogen geldt:

$$P = F_w v \Rightarrow F_w = \frac{P}{v} = \frac{700}{82,2} = 8,52 \text{ N.}$$

- gebruik van  $P = Fv$  1
- completeren van de berekening 1

### 4 maximumscore 3

uitkomst:  $2,0 \cdot 10^2 \text{ (km h}^{-1}\text{)}$ , met een marge van  $0,2 \cdot 10^2 \text{ (km h}^{-1}\text{)}$

voorbeeld van een antwoord:

Voor de raaklijn bij  $s = 1,6 \text{ km}$  geldt:

$$v = \left( \frac{\Delta s}{\Delta t} \right)_{\text{raaklijn}} = \frac{8,2 \text{ km}}{2,43 \text{ min}} = \frac{8,2}{0,0405 \text{ h}} = 2,0 \cdot 10^2 \text{ km h}^{-1}.$$

- tekenen van een raaklijn aan de grafiek bij  $s = 1,6 \text{ km}$  1
- inzicht dat  $v = \left( \frac{\Delta s}{\Delta t} \right)_{\text{raaklijn}}$  1
- completeren van de bepaling en significantie 1

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

### 5 maximumscore 3

uitkomst:  $(-)1,0 \cdot 10^2$  N

voorbeelden van een antwoord:

methode 1

Voor de relatie tussen arbeid en kinetische energie geldt  $\Sigma W = \Delta E_k$ .

Invullen van  $W = Fs$  en  $E_k = \frac{1}{2}mv^2$  levert:

$$F \cdot 1,5 \cdot 10^3 = \frac{1}{2} \cdot 71 \cdot (50^2 - 82,2^2).$$

Uitwerken levert:  $F = -1,0 \cdot 10^2$  N.

- gebruik van  $\Sigma W = \Delta E_k$  1
- gebruik van  $E_k = \frac{1}{2}mv^2$  en  $W = Fs$  1
- completeren van de berekening 1

of

methode 2

Om de gemiddelde remkracht te berekenen mag de beweging worden beschouwd als eenparig versneld. De gemiddelde snelheid was

$$v_{\text{gem}} = \frac{v_{\text{begin}} + v_{\text{eind}}}{2} = \frac{82,2 + 50}{2} = 66,1 \text{ ms}^{-1}.$$

$$\text{Over } 1,5 \text{ km doen ze dan } t = \frac{s}{v_{\text{gem}}} = \frac{1,5 \cdot 10^3}{66,1} = 22,7 \text{ s}.$$

Het verschil in snelheid was  $\Delta v = v_{\text{eind}} - v_{\text{begin}} = 50 - 82,2 = -32,2 \text{ ms}^{-1}$ .

De gemiddelde kracht tijdens het afremmen was dan

$$F = ma = m \frac{\Delta v}{\Delta t} = 71 \cdot \frac{-32,2}{22,7} = -1,0 \cdot 10^2 \text{ N}.$$

- gebruik van  $s = vt$  en inzicht dat  $v_{\text{gem}} = \frac{v_{\text{begin}} + v_{\text{eind}}}{2}$  1
- gebruik van  $F = ma$  en  $a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$  1
- completeren van de berekening 1

## Goudlokje

### 6 maximumscore 3

voorbeeld van een antwoord:

De massa van de ster is  $0,67M_{\text{zon}} = 1,33 \cdot 10^{30} \text{ kg}$ .

Uit de derde wet van Kepler,  $\frac{r^3}{T^2} = \frac{GM}{4\pi^2}$ , volgt  $r = \left( \frac{GMT^2}{4\pi^2} \right)^{\frac{1}{3}}$ .

Voor  $T$  geldt:  $T = 36 \cdot 24 \cdot 3600 = 3,11 \cdot 10^6 \text{ s}$ .

Hieruit volgt:  $r = \left( \frac{6,67 \cdot 10^{-11} \cdot 1,33 \cdot 10^{30} \cdot (3,11 \cdot 10^6)^2}{4\pi^2} \right)^{\frac{1}{3}} = 2,8 \cdot 10^{10} \text{ m}$ .

- gebruik van  $\frac{r^3}{T^2} = \frac{GM}{4\pi^2}$  met opzoeken van  $G$  en  $M_{\text{zon}}$  1
- omrekenen van  $T$  naar seconden 1
- completeren van de berekening 1

### 7 maximumscore 4

uitkomst: 0,0367 (met een marge van 0,0007)

voorbeeld van een antwoord:

De relatieve intensiteit  $I_{\text{rel}}$  daalt tot een minimumwaarde van 0,99865.

$$\Delta I_{\text{rel}} = \frac{A_{\text{exoplaneet}}}{A_{\text{ster}}} = 0,00135.$$

Uit  $\frac{A_{\text{exoplaneet}}}{A_{\text{ster}}} = \frac{\pi R_{\text{exoplaneet}}^2}{\pi R_{\text{ster}}^2} = 0,00135$  volgt dat:  $\frac{R_{\text{exoplaneet}}}{R_{\text{ster}}} = 0,0367$ .

- inzicht dat het laagste punt in de grafiek afgelezen moet worden 1
- inzicht dat  $\Delta I_{\text{rel}} = \frac{A_{\text{exoplaneet}}}{A_{\text{ster}}}$  1
- inzicht dat  $A \propto R^2$ /gebruik van  $A = \pi R^2$  1
- completeren van de bepaling en significantie 1

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

### 8 maximumscore 4

voorbeeld van een antwoord:

Voor de intensiteit van de straling bij de exoplaneet geldt:  $I = \frac{P_{\text{bron}}}{4\pi r^2}$ .

Deze straling valt op de exoplaneet. Voor het ontvangen stralingsvermogen geldt:  $P_{\text{in}} = IA$ .

De oppervlakte  $A$  is gelijk aan het frontaal oppervlak van de exoplaneet.

Daarvoor geldt:  $A = \pi R^2$ .

Dus geldt voor het ontvangen vermogen:  $P_{\text{in}} = \frac{P_{\text{ster}}}{4\pi r^2} \cdot \pi R^2 = P_{\text{ster}} \frac{R^2}{4r^2}$ .

Van dit vermogen wordt het gedeelte  $\alpha$  gereflecteerd, dus wordt het gedeelte  $(1-\alpha)$  geabsorbeerd. Dus geldt:  $P_{\text{abs}} = P_{\text{ster}} \frac{R^2}{4r^2} (1-\alpha)$ .

- gebruik van  $I = \frac{P_{\text{bron}}}{4\pi r^2}$  1
- inzicht dat  $P = IA$ , met  $A = \pi R^2$  1
- inzicht dat het gedeelte  $(1-\alpha)$  geabsorbeerd wordt 1
- completeren van de afleiding 1

### 9 maximumscore 5

voorbeeld van een antwoord:

- Voor het uitgestraalde vermogen geldt (de wet van Stefan-Boltzmann):

$$P_{\text{uit}} = \sigma A T^4.$$

Invullen in formule (3) en combineren met formule (2) geeft:

$$P_{\text{ster}} \frac{R^2}{4r^2} (1-\alpha) = \sigma A T^4.$$

Omschrijven leidt tot:

$$r^2 = \frac{P_{\text{ster}} R^2 (1-\alpha)}{4 \sigma A T^4} \propto \frac{1}{T^4}, \text{ dus } r = C T^{-2}, \text{ dus } \beta = -2.$$

- $r = C T^{-2}$ , dus  $\frac{r_{\text{binnen}}}{r_{\text{buiten}}} = \left( \frac{T_{\text{binnen}}}{T_{\text{buiten}}} \right)^{-2}$ . Dit geeft:  

$$\frac{r_{\text{binnen}}}{5,8 \cdot 10^{10}} = \left( \frac{373}{273} \right)^{-2}, \text{ dus } r_{\text{binnen}} = 3,1 \cdot 10^{10} \text{ m}$$
. Dat is groter dan de baanstraal, daarmee ligt de exoplaneet niet in het goudlokjegebied.

- inzicht dat  $P_{\text{uit}} = \sigma A T^4$  1
- gebruik van formule (2) en formule (3) 1
- completeren van de bepaling van  $\beta$  1
- inzicht dat  $\frac{r_{\text{binnen}}}{r_{\text{buiten}}} = \left( \frac{T_{\text{binnen}}}{T_{\text{buiten}}} \right)^{-2}$  / berekenen van  $C$  met  $r_{\text{buiten}}$  en  $T_{\text{buiten}}$  1
- completeren van de berekening en consequente conclusie 1

## Batterijtrein

### 10 maximumscore 4

uitkomst:  $0,016\Omega$

voorbeeld van een antwoord:

In de foto is te zien dat zich 15 windingen bevinden tussen de batterijpolen.

Dus geldt voor de lengte van het draad:

$$\ell = 15\pi D = 15 \cdot \pi \cdot 1,9 \cdot 10^{-2} = 0,895 \text{ m}.$$

Voor de oppervlakte van de dwarsdoorsnede van het koperdraad geldt:

$$A = \pi r^2 = \pi \left( \frac{1,1 \cdot 10^{-3}}{2} \right)^2 = 9,50 \cdot 10^{-7} \text{ m}^2.$$

Voor de weerstand van een draad geldt:  $R = \rho \frac{\ell}{A}$  met  $\rho = 17 \cdot 10^{-9} \Omega \text{m}$ .

(Sciencedata  $\rho = 16,8 \cdot 10^{-9} \Omega \text{m}$ )

$$\text{Invullen levert: } R_{\text{spoel}} = 17 \cdot 10^{-9} \cdot \frac{0,895}{9,50 \cdot 10^{-7}} = 0,016 \Omega.$$

- inzicht dat  $\ell = N \cdot \pi D$  met bepalen van  $N$  (met een marge van 2) 1
- gebruik van  $\rho = \frac{RA}{\ell}$  met opzoeken van  $\rho_{\text{koper}}$  1
- gebruik van  $A = \pi r^2$  en  $d = 2r$  1
- completeren van de bepaling 1

*Opmerking*

*Bij verwisselen van dikte van de draad en diameter van de spoel: maximaal 2 punten toekennen.*

### 11 maximumscore 1

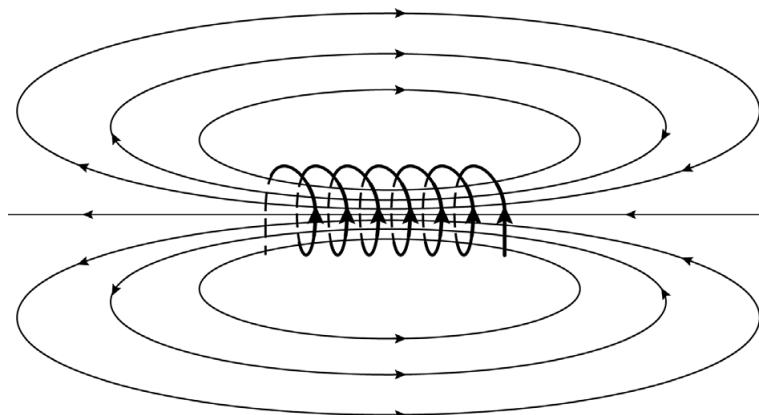
voorbeeld van een antwoord:

De veldlijnen lopen bij toenemende afstand tot de spoel steeds verder van elkaar, waardoor de veldlijnendichtheid in punt P hoger is dan in punt Q. (De veldlijnendichtheid is een maat voor de sterkte van het magnetisch veld.)

- inzicht dat de veldlijnendichtheid in punt P hoger is dan in punt Q 1

**12 maximumscore 1**

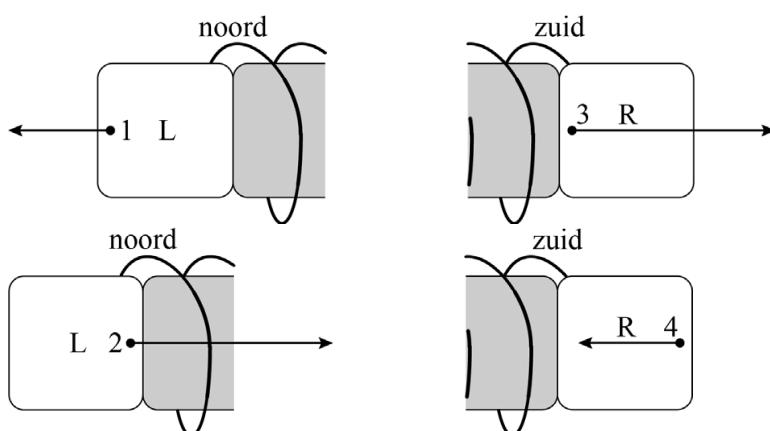
voorbeeld van een antwoord:



tekenen van de richting van de stroom in minimaal één winding

**13 maximumscore 4**

voorbeeld van een antwoord:



	noordpool	zuidpool
Punt 1 is een:	x	
Punt 2 is een:		x
Punt 3 is een:		x
Punt 4 is een:	x	

- de grootte en richting van de kracht in punt 2 zijn zodanig dat de krachten in 1 en 2 de resulterende kracht op L leveren 1
- consequente keuze voor de polen in punt 1 en 2 1
- inzicht dat de grootte en richting van de kracht in punt 4 gelijk is aan die in punt 1 en dat de grootte en richting van de kracht in punt 3 gelijk is aan die in punt 2 1
- consequente keuze voor de polen in punt 3 en 4 1

#### 14 maximumscore 3

voorbeelden van een antwoord:

methode 1

De (weerstand van de) batterij en (die van) de spoel staan in serie. De stroomsterktes door beide weerstanden zijn dus gelijk. Omdat  $P_i \gg P_{spoel}$  moet ook gelden  $U_i \gg U_{spoel}$ . De spanningen in een serieschakeling verhouden zich als de weerstanden. Hieruit volgt dat  $R_i \gg R_{spoel}$ . ( $R_i$  is dus het grootst.)

- inzicht dat de stroomsterktes gelijk zijn 1
- gebruik van  $P = UI$  1
- inzicht dat de weerstanden zich verhouden als de spanningen en consequente conclusie 1

of

methode 2

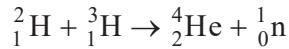
Voor het vermogen geldt  $P = I^2 R$ . De (weerstand van de) batterij en (die van) de spoel staan in serie, dus de stroomsterktes door beide weerstanden zijn gelijk. Dus  $P$  is evenredig met  $R$ . Omdat  $P_i \gg P_{spoel}$  moet dus ook gelden dat  $R_i \gg R_{spoel}$ . ( $R_i$  is dus het grootst.)

- inzicht dat  $P = I^2 R$  / gebruik van  $P = UI$  en  $U = IR$  1
- inzicht dat de stroomsterktes gelijk zijn 1
- consequente conclusie 1

## Temperatuurbepaling in een kernfusiereactor

### 15 maximumscore 3

voorbeeld van een antwoord:



- H-2 links van de pijl, He-4 en een neutron rechts van de pijl 1
- H links van de pijl (mits verkregen via kloppende atoomnummers) 1
- aantal nucleonen links en rechts van de pijl gelijk 1

### 16 maximumscore 3

voorbeeld van een antwoord:

- In de klassieke situatie moet de energie van het deeltje groter zijn dan de maximale potentiële energie (de hoogte van de barrière). Dit is alleen het geval bij  $E_1$  en  $E_2$ . 1
- Door tunneling kan het deeltje door de barrière gaan, terwijl zijn energie kleiner is dan de hoogte van de barrière. (Deeltjes met lagere energieën kunnen daardoor fuseren.) 1
- inzicht dat in de klassieke situatie de energie van het deeltje groter moet zijn dan de maximale potentiële energie 1
- consequente conclusie 1
- inzicht dat het deeltje door tunneling door de barrière kan gaan 1

**17 maximumscore 3**

uitkomst:  $10^{21}$  ( $s^{-1}$ )

voorbeeld van een antwoord:

De oppervlakte van een atoom is in de orde van grootte van  $(10^2 \text{ pm})^2$ .

Het aantal atomen per vierkante meter is dan in orde van grootte gelijk aan:

$$\frac{1}{(10^2 \cdot 10^{-12})^2} = 10^{20}.$$

De oppervlakte van de wand is in de orde van grootte  $10^3 \text{ m}^2$ , dus de orde van grootte van het aantal neutronen is gelijk aan:  $\frac{10^{20} \cdot 10^3}{10^2} = 10^{21} (\text{s}^{-1})$ .

- inzicht dat de oppervlakte van een atoom evenredig is met het kwadraat van de diameter 1
- inzicht dat het aantal atomen per vierkante meter gelijk is aan  

$$\frac{1}{\text{oppervlakte van een atoom}}$$
 1
- completeren van de berekening 1

**18 maximumscore 4**

uitkomst: 389 nm

voorbeeld van een antwoord:

De minimale golflengte hoort bij de  $H_{\zeta}$ -overgang, van  $n = 8$  naar  $n = 2$ . De bijbehorende energie is gelijk aan:

$$E_f = \Delta E_n = E_8 - E_2 = \frac{-13,6}{8^2} - \frac{-13,6}{2^2} = 3,188 \text{ eV}.$$

Voor de golflengte geldt dan:

$$\lambda = \frac{hc}{E_f} = \frac{6,626 \cdot 10^{-34} \cdot 2,998 \cdot 10^8}{3,188 \cdot 1,602 \cdot 10^{-19}} = 3,89 \cdot 10^{-7} \text{ m} = 389 \text{ nm}.$$

- inzicht dat  $E_f = \Delta E_n = E_8 - E_2$  1
- gebruik van  $E_n = -\frac{13,6}{n^2}$  1
- gebruik van  $E_f = \frac{hc}{\lambda}$  1
- completeren van de bepaling 1

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

**19 maximumscore 3**

uitkomst:  $3,3 \cdot 10^3$  K (met een marge van  $0,5 \cdot 10^3$  K)

voorbeeld van een antwoord:

De verhouding tussen de intensiteiten van twee lijnen kan afgelezen worden in figuur 5.

Neem bijvoorbeeld de verhouding  $\frac{H_\delta}{H_\gamma}$ . Aflezen in figuur 5 geeft:

$$\frac{H_\delta}{H_\gamma} = \frac{4,5}{13,8} = 0,33.$$

Aflezen in figuur 4 geeft:  $T = 3,3 \cdot 10^3$  K.

- aflezen van de intensiteiten van  $H_\gamma$  en een andere lijn 1
- inzicht dat de verhouding tussen de twee intensiteiten bepaald moet worden 1
- completeren van de bepaling en significantie 1

## Echografie

### 20 maximumscore 3

voorbeeld van een antwoord:

Omdat  $N = \text{kg m s}^{-2}$ , geldt:  $N \text{ s m}^{-3} = \text{kg m s}^{-2} \text{ s m}^{-3} = \text{kg m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ .

De eenheid van  $Z$  is volgens formule (1) gelijk aan

$[Z] = [\rho] \cdot [v] = \text{kg m}^{-3} \text{ ms}^{-1} = \text{kg m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ . (Dus  $\text{N s m}^{-3}$  is een eenheid van  $Z$ .)

- inzicht dat  $N = \text{kg m s}^{-2}$  1
- inzicht dat  $[\rho] = \text{kg m}^{-3}$  en  $[v] = \text{ms}^{-1}$  1
- completeren van de afleiding 1

### 21 maximumscore 4

voorbeeld van een antwoord:

- De voortplantingssnelheid van geluid in lucht is kleiner én de dichtheid van lucht is (veel) kleiner, vergeleken met lichaamsweefsels. De akoestische weerstand van lucht zal hierdoor veel kleiner zijn.
- Door het grote verschil in akoestische weerstand bij de overgang van lucht naar huid/vetweefsel zal een groot deel van het geluidssignaal al bij de huid worden weerkaatst. Hierdoor blijft er minder signaal over om in het lichaam metingen mee te doen. Door gel aan te brengen wordt voorkomen dat er lucht zit tussen de transducer en de huid, wat dus leidt tot betere echo's.

- inzicht dat de dichtheid van lucht veel lager is dan die van lichaamsweefsels 1
- inzicht dat de voortplantingssnelheid van geluid in lucht kleiner is dan/in dezelfde orde van grootte is als die van lichaamsweefsels 1
- inzicht dat een te groot verschil in akoestische weerstand bij de overgang naar de huid leidt tot te veel weerkaatsing/tot te weinig overblijvend signaal 1
- inzicht dat de gel voorkomt dat er een luchtlagje aanwezig is tussen transducer en huid 1

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

## 22 maximumscore 5

uitkomst: 44 kHz

voorbeeld van een antwoord:

Voor de tijd die een puls erover doet om van de transducer naar het einde van het vet en terug te gaan, geldt:

$$t_{\text{tot}} = 2t_{\text{vet}} + 2t_{\text{huid+gel}} + t_{\text{puls}}.$$

$$\text{Hierin is } t_{\text{puls}} = 3T = 3 \cdot \frac{1}{f_{\text{geluid}}} \text{ en } t_{\text{vet}} = \frac{d_{\text{vet}}}{v_{\text{vet}}}.$$

$$\text{Invullen geeft: } t_{\text{tot}} = (2,07 + 0,174 + 0,0353) \cdot 10^{-5} = 2,28 \cdot 10^{-5} \text{ s.}$$

De tijd tussen twee pulsen moet groter zijn dan de looptijd van de puls. Dus geldt voor de herhaalfrequentie:

$$f_{\text{herhaal, max}} = \frac{1}{t_{\text{tot}}} = \frac{1}{2,28 \cdot 10^{-5}} = 44 \text{ kHz.}$$

- inzicht dat  $t_{\text{tot}} = 2t_{\text{vet}} + 2t_{\text{huid+gel}} + t_{\text{puls}}$  1
- gebruik van  $s = vt$  1
- inzicht dat  $t_{\text{puls}} = \frac{3}{f_{\text{geluid}}}$  1
- inzicht dat  $f_{\text{herhaal, max}} = \frac{1}{t_{\text{tot}}}$  1
- completeren van de berekening 1

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

### 23 maximumscore 3

uitkomst: 0,26 mm

voorbeeld van een antwoord:

Voor de golflengte van het (ultrasone) geluid in vet geldt:

$$\lambda = \frac{v}{f} = \frac{1,45 \cdot 10^3}{8,5 \cdot 10^6} = 1,71 \cdot 10^{-4} \text{ m.}$$

Een halve pulslengte is dus gelijk aan  $0,5 \cdot 3 \cdot 1,71 \cdot 10^{-4} = 2,56 \cdot 10^{-4} \text{ m.}$

Het detail mag niet kleiner zijn dan 0,26 mm.

- gebruik van  $\lambda = \frac{v}{f}$  1
- inzicht dat een halve puls even lang is als 1,5 golflengte 1
- completeren van de berekening 1

### 24 maximumscore 2

bewering	kan een juiste verklaring zijn	kan geen juiste verklaring zijn
Het ultrasone geluid wordt door de galstenen geabsorbeerd.	x	
Het ultrasone geluid wordt door de galstenen gereflecteerd.	x	
Het ultrasone geluid buigt om de galstenen heen.		x
Het ultrasone geluid kan niet verder dan 5 cm in weefsel doordringen.		x

indien vier antwoorden juist 2

indien drie antwoorden juist 1

indien minder dan drie antwoorden juist 0

## 5 Aanleveren scores

---

Verwerk de scores van de alfabetisch eerste vijf kandidaten per examinator in de applicatie Wolf. Cito gebruikt deze gegevens voor de analyse van de examens. Om de gegevens voor dit doel met Cito uit te wisselen dient u ze uiterlijk op 24 mei te accorderen.

Ook na 24 mei kunt u nog tot en met 12 juni gegevens voor Cito accorderen. Deze gegevens worden niet meer meegenomen in de hierboven genoemde analyses, maar worden wel meegenomen bij het genereren van de groepsrapportage.

Na accordering voor Cito kunt u in Wolf de gegevens nog wijzigen om ze vervolgens vrij te geven voor het overleg met de externe corrector. Deze optie is relevant als u Wolf ook gebruikt voor uitwisseling van de gegevens met de externe corrector.

### tweede tijdvak

Ook in het tweede tijdvak wordt de normering mede gebaseerd op door kandidaten behaalde scores. Wissel te zijner tijd ook voor al uw tweede-tijdvak-kandidaten de scores uit met Cito via Wolf. Dit geldt **niet** voor de aangewezen vakken.

## 6 Bronvermeldingen

---

Snelheidsrecord op de fiets

alle figuren Stichting Cito Instituut voor Toetsontwikkeling, 2024

Goudlokje

alle figuren Stichting Cito Instituut voor Toetsontwikkeling, 2024

Batterijtrein

alle figuren Stichting Cito Instituut voor Toetsontwikkeling, 2024

Temperatuurbepaling in een kernfusiereactor

figuur 2 Shutterstock ID: 1026024553

overige figuren Stichting Cito Instituut voor Toetsontwikkeling, 2024

Echografie

figuur 1 Shutterstock ID: 644311819

overige figuren Stichting Cito Instituut voor Toetsontwikkeling, 2024

## natuurkunde

Het correctievoorschrift bestaat uit:

- 1 Regels voor de beoordeling
- 2 Algemene regels
- 3 Vakspecifieke regels
- 4 Beoordelingsmodel
- 5 Aanleveren scores
- 6 Bronvermeldingen

### 1 Regels voor de beoordeling

Het werk van de kandidaten wordt beoordeeld met inachtneming van de artikelen 3.21, 3.24 en 3.25 van het Uitvoeringsbesluit WVO 2020.

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

Voor de beoordeling zijn de volgende aspecten van de artikelen 3.21 t/m 3.25 van het Uitvoeringsbesluit WVO 2020 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 examinator. Deze kijkt het werk na en zendt het met zijn beoordeling aan de directeur. De examinator past de beoordelingsnormen en de regels voor het toekennen van scorepunten toe die zijn gegeven door het College voor Toetsen en Examens.
- 2 De directeur doet de van de examinator ontvangen stukken met een exemplaar van de opgaven, de beoordelingsnormen, het proces-verbaal en de regels voor het bepalen van de score onverwijd aan de directeur van de school van de gecommitteerde toekomen. Deze stelt het ter hand aan de gecommitteerde.

- 3 De gecommitteerde 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 Toetsen en Examens.  
De gecommitteerde voegt bij het gecorrigeerde werk een verklaring betreffende de verrichte correctie. Deze verklaring wordt mede ondertekend door het bevoegd gezag van de gecommitteerde.
- 4 De examinator en de gecommitteerde stellen in onderling overleg het behaalde aantal scorepunten voor het centraal examen vast.
- 5 Indien de examinator en de gecommitteerde daarbij niet tot overeenstemming komen, wordt het geschil voorgelegd aan het bevoegd gezag van de gecommitteerde. Dit bevoegd gezag kan hierover in overleg treden met het bevoegd gezag van de examinator. Indien het geschil niet kan worden beslecht, wordt hiervan melding gemaakt aan de inspectie. De inspectie kan een derde onafhankelijke corrector aanwijzen. De beoordeling van deze derde corrector 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 Toetsen en Examens van toepassing:

- 1 De examinator 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 examinator en door de gecommitteerde scorepunten toegekend, in overeenstemming met correctievoorschrift. 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. Als het antwoord op een andere manier is gegeven, maar onomstotelijk vaststaat dat het juist is, dan moet dit antwoord ook goed gerekend worden. Voor het juiste 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 examinator of de gecommitteerde 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 Toetsen en 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 *T.a.v. de status van het correctievoorschrift:*

Het College voor Toetsen en 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 T.a.v. het verkeer tussen examinator en gecommitteerde (eerste en tweede corrector):**  
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 T.a.v. aanvullingen op het correctievoorschrift:**

Er zijn twee redenen voor een aanvulling op het correctievoorschrift: verduidelijking en een fout.

*Verduidelijking*

Het correctievoorschrift is vóór de afname opgesteld. Na de afname blijkt pas welke antwoorden kandidaten geven. Vragen en reacties die via het Examenloket bij de Toets- en Examenlijn binnenkomen, kunnen duidelijk maken dat het correctievoorschrift niet voldoende recht doet aan door kandidaten gegeven antwoorden. Een aanvulling op het correctievoorschrift kan dan alsnog duidelijkheid bieden.

*Een fout*

Als het College voor Toetsen en Examens vaststelt dat een centraal examen een fout bevat, kan het besluiten tot een aanvulling op het correctievoorschrift.

Een aanvulling op het correctievoorschrift wordt door middel van een mailing vanuit Examenblad.nl bekendgemaakt. Een aanvulling op het correctievoorschrift wordt zo spoedig mogelijk verstuurd aan de examensecretarissen.

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

- Als het werk al naar de tweede corrector is gezonden, past de tweede corrector deze aanvulling op het correctievoorschrift toe.  
en/of
- 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.

Dit laatste gebeurt alleen als de aanvulling luidt dat voor een vraag alle scorepunten moeten worden toegekend.

Als een onvolkomenheid op een dusdanig laat tijdstip geconstateerd wordt dat een aanvulling op het correctievoorschrift ook voor de tweede corrector te laat komt, houdt het College voor Toetsen en Examens bij de vaststelling van de N-term rekening met de onvolkomenheid.

### **3 Vakspecifieke regels**

---

Voor dit examen zijn de volgende vakspecifieke regels vastgesteld:

- 1 Een afwijking in de uitkomst van een berekening/bepaling 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 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 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 grootheid.

## 4 Beoordelingsmodel

Vraag

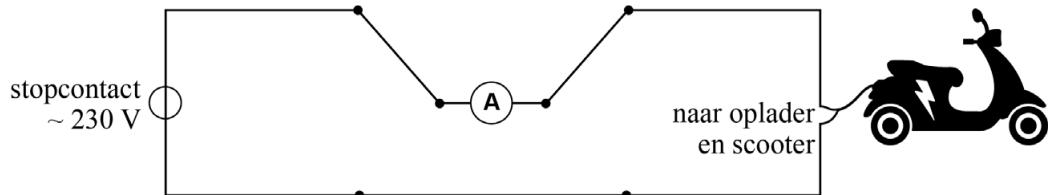
Antwoord

Scores

### Elektrische scooter

#### 1 maximumscore 1

voorbeeld van een antwoord:



stroommeter in serie met de oplader geplaatst en schakeling gecompleteerd

*Opmerking*

*Als bijvoorbeeld door het tekenen van extra verbindingen een niet-werkende schakeling is ontstaan: geen punten toekennen.*

#### 2 maximumscore 3

voorbeeld van een antwoord:

Voor de energie om de accu op te laden geldt  $E = QU$ .

Het oppervlak onder de  $(I,t)$ -grafiek geeft de totale lading  $Q$  in C. Dit oppervlak kan bepaald worden met drie rechthoeken:

$$1,15 \cdot 2,0 \cdot 3600 + 1,25 \cdot 2,0 \cdot 3600 + 0,48 \cdot 1,7 \cdot 3600 = 2,02 \cdot 10^4 \text{ C.}$$

Invullen geeft  $E = 230 \cdot 2,1 \cdot 10^4 = 4,65 \cdot 10^6 \text{ J} = 1,3 \text{ kWh}$ .

- inzicht dat geldt  $E = IUt$  1
- inzicht dat het oppervlak onder de grafiek gelijk is aan  $It$  1
- completeren van de bepaling 1

*Opmerking*

*Als de kandidaat de eenheid niet noteert, dit niet aanrekenen.*

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

### 3 maximumscore 4

uitkomst:  $\eta = 0,87 (= 87\%)$

voorbeeld van een antwoord:

Er is 1,3 kWh nodig om de accu van 35% tot 100% op te laden. Om de accu van 0% tot 100% op te laden is dus  $\frac{1,3}{0,65} = 2,0$  kWh nodig.

Het rendement van het opladen is  $\eta = \frac{E_{\text{nuttig}}}{E_{\text{in}}} = \frac{1,74}{2,0} = 0,87$ .

- toepassen van de factor 35% 1
- gebruik van  $\eta = \frac{E_{\text{nuttig}}}{E_{\text{in}}}$  1
- completeren van de berekening 1
- significantie 1

### 4 maximumscore 2

voorbeeld van een antwoord:

Uit figuur 3 blijkt dat  $s_{\text{heen}}$  consequent kleiner is dan  $s_{\text{terug}}$ . De tegenwind levert een extra remkracht, waardoor de remweg korter is bij tegenwind. Dat betekent dat hij op de heenweg wind tegen had.

- inzicht dat  $s_{\text{heen}}$  consequent kleiner is dan  $s_{\text{terug}}$  1
- inzicht dat de tegenwind een extra remkracht levert en consequente conclusie 1

### 5 maximumscore 2

voorbeeld van een antwoord:

De luchtweerstandskracht is afhankelijk van de snelheid. Mees gebruikt alleen de meetwaarden bij lage kinetische energieën (en dus lage snelheden) om de invloed van de luchtweerstandskracht zo klein mogelijk te houden.

- inzicht dat de luchtweerstandskracht zo laag mogelijk moet zijn 1
- inzicht dat bij lage kinetische energieën de luchtweerstandskracht klein is 1

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

## 6 maximumscore 2

uitkomst:  $F_{w,\text{rol}} = 25 \text{ N}$

voorbeeld van een antwoord:

Uit de wet van arbeid en kinetische energie volgt dat  $\Sigma W = \Delta E_k$ . De arbeid wordt hier geleverd door de weerstand:  $W = F_w s$ . Omschrijven en invullen geeft  $F_w = \frac{W}{s} = \frac{\Delta E_k}{s}$ .

De steilheid van de trendlijn door de eerste punten van de grafiek geeft daarom de rolweerstandskracht.

$$F_{w,\text{rol}} = \left( \frac{\Delta E_k}{\Delta s_{\text{gem}}} \right)_{\text{trendlijn}} = \frac{500}{20} = 25 \text{ N}$$

- inzicht dat  $F_w = \frac{W}{s} = \frac{\Delta E_k}{s}$  1
- completeren van de bepaling en significantie 1

## 7 maximumscore 3

voorbeeld van een antwoord:

Er geldt:  $k = \frac{F_{w,\text{lucht}}}{v^2}$ . Invullen van de eenheden voor  $F_{w,\text{lucht}}$  en  $v$  geeft

$$[k] = \frac{\text{kg m s}^{-2}}{\text{m}^2 \text{s}^{-2}} = \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

- inzicht dat geldt  $[k] = \frac{[F]}{[v]^2}$  1
- inzicht dat  $[F] = \text{kg m s}^{-2}$  1
- completeren van de afleiding 1

## 8 maximumscore 4

voorbeeld van een antwoord:

Uit de rechterfiguur op de uitwerkbijlage volgt het frontale oppervlak A: 50 hokjes  $\times 0,1 \text{ m} \times 0,1 \text{ m} = 0,5 \text{ m}^2$ .

Er geldt  $F_{w,\text{lucht}} = \frac{1}{2} \rho c_w A v^2$  met  $\rho = 1,3 \text{ kg m}^{-3}$  voor lucht en  $c_w = 1,2$ .

Omschrijven en invullen geeft  $k = \frac{1}{2} \rho c_w A = \frac{1}{2} \cdot 1,3 \cdot 1,2 \cdot 0,5 = 0,4$

- inzicht dat het frontaal oppervlak volgt uit het oppervlak van de rechterfiguur 1
- toepassen van een methode om dit oppervlak te bepalen 1
- inzicht dat  $k = \frac{1}{2} \rho c_w A$  en opzoeken van  $\rho$  1
- completeren van de bepaling 1

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

**9 maximumscore 3**

uitkomst: ondergrens  $v = 49,3 \text{ (km h}^{-1}\text{)}$  (met een marge van  $0,7 \text{ km h}^{-1}$ )

bovengrens  $v = 53,3 \text{ (km h}^{-1}\text{)}$  (met een marge van  $0,7 \text{ km h}^{-1}$ )

voorbeeld van een antwoord:

Het vermogen van de motor is  $1,5 \text{ kW}$ . De bovenlimiet voor de maximale snelheid is  $14,8 \text{ m/s} = 53,3 \text{ km/h}$  en de ondergrens is  $13,7 \text{ m/s} = 49,3 \text{ km/h}$ .

- inzicht dat  $k = 0,4$  impliceert dat de waarde ligt tussen  $0,35$  en  $0,45$  1
- inzicht dat bij  $P = 1,5 \cdot 10^3 \text{ W}$  twee snelheden afgelezen moeten worden 1
- completeren van de bepalingen en significantie 1

## Lise Meitner

### 10 maximumscore 3

voorbeeld van een antwoord:

$\alpha$ -verval leidt tot een afname van twee van het atoomnummer van de dochterkern. Bij  $\beta^-$ -verval neemt het atoomnummer toe met één. Omdat er twee keer  $\beta^-$ -verval optreedt en een keer  $\alpha$ -verval tussen Th-A en  $^{208}\text{Pb}$  zal het atoomnummer netto hetzelfde blijven. (Hieruit volgt dat Th-A een isotoop is van het element lood.)

- inzicht dat twee isotopen hetzelfde atoomnummer hebben 1
- inzicht in het effect van  $\alpha$ -verval op het atoomnummer 1
- inzicht in het effect van  $\beta^-$ -verval op het atoomnummer 1

### 11 maximumscore 2

voorbeeld van een antwoord:

De vervalreeks begint bij Thorium-232. Omdat dit isotoop een heel grote halveringstijd heeft ( $1,4 \cdot 10^{10}$  j), zullen continu nieuwe  $\beta^-$ -stralers ontstaan. Daardoor blijven de hoeveelheid en de activiteit van de  $\beta^-$ -stralers constant.

- inzicht dat de halveringstijd van Th-232 heel groot is 1
- inzicht dat de activiteit van Th-232 de activiteit van alle andere isotopen in de vervalreeks bepaalt 1

### 12 maximumscore 4

uitkomst: 7(%)

voorbeeld van een antwoord:

De meest doordringende gammafotonen hebben een energie van 2,63 MeV. De halveringsdikte van straling van 2,63 MeV bij ijzer bedraagt 2,35 cm.

Voor de doorgelaten intensiteit geldt:  $I = I_0 \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{d}{\lambda}}$ . Omschrijven en

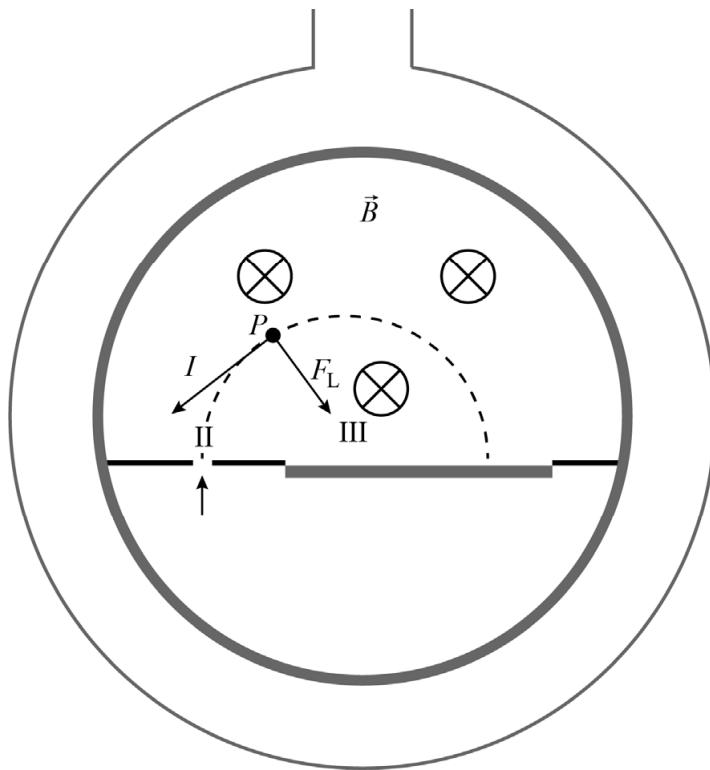
invullen geeft  $\frac{I}{I_0} = \left(\frac{1}{2}\right)^{0,11} = 0,93$ . Dus  $100 - 93 = 7\%$  van de vrijgekomen straling wordt tegengehouden.

- inzicht dat het de fotonen betreft met de hoogste energie 1
- bepalen van een consequente halveringsdikte 1
- gebruik van  $I = I_0 \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{d}{\lambda}}$  1
- completeren van de bepaling 1

**13 maximumscore 3**

voorbeeld van een antwoord:

Op het deeltje in punt P werkt een Lorentzkracht, gericht naar het middelpunt van de cirkelvormige baan. Uit de richting van het negatief geladen deeltje en met toepassing van een richtingsregel volgt dat het magnetisch veld het papier in gericht is.



- aangeven van de richting van  $\vec{F}_L$  1
- inzicht in de lading van de bètadeeltjes 1
- gebruik van een richtingsregel en consequent aangeven van de richting van  $\vec{B}$  1

#### 14 maximumscore 5

voorbeeld van een antwoord:

- Onder invloed van de Lorentzkracht voeren de bètadeeltjes een cirkelbeweging uit. De Lorentzkracht levert de middelpuntzoekende

kracht, waardoor geldt:  $F_L = F_{mpz}$ , dus  $Bqv = \frac{mv^2}{r}$ . Hieruit volgt

$$r = \frac{mv}{Bq}. \text{ Toepassen van } p = mv \text{ levert } r = \frac{p}{Bq}.$$

- Omdat  $B$  en  $q$  constant zijn zullen deeltjes met meer energie, en dus met meer impuls, een grotere cirkelbaan beschrijven, en meer naar rechts op de fotogevoelige plaat terecht komen. Th-B heeft een grotere straal dan Th-A en levert dus de meest energierijke bètadeeltjes.

- inzicht in  $F_L = F_{mpz}$  1
- gebruik van  $F_L = Bqv$  en  $F_{mpz} = \frac{mv^2}{r}$  1
- gebruik van  $p = mv$  en completeren van de afleiding 1
- inzicht in het (rechtevenredige) verband tussen  $p$  en  $r$  (want zowel  $B$  als  $q$  zijn constant) 1
- inzicht dat een deeltje met meer energie ook een hogere impuls heeft en consequente conclusie 1

#### 15 maximumscore 2

voorbeeld van een antwoord:

De brede banden in de meetresultaten wijzen er op dat de bètadeeltjes van een  $\beta^-$ -straler niet allemaal dezelfde hoeveelheid energie hebben. Omdat de totale energie die vrijkomt tijdens  $\beta^-$ -verval constant is en de bètadeeltjes niet allemaal dezelfde energie meekrijgen, volgt hieruit dat ook de andere deeltjes niet dezelfde hoeveelheid energie meekrijgen.

- inzicht dat het optreden van de brede banden erop duidt dat niet alle bètadeeltjes dezelfde energie hebben 1
- inzicht dat de energie van het bètadeeltje en neutrino samen constant moet zijn 1

## Dualiteit

### 16 maximumscore 1

voorbeeld van een antwoord:

(Bij de pijl is een minimum zichtbaar.) Hier treedt destructieve interferentie op.

### 17 maximumscore 3

voorbeeld van een antwoord:

- Om de gewenste buiging te krijgen mogen de openingen een maximale breedte hebben in de orde van grootte van de golflengte van het zichtbare licht. De orde van grootte van de maximale breedte is  $\mu\text{m}$ .
- (Als er geen buiging optreedt kan er ook geen interferentie plaatsvinden.) Zonder interferentie zouden er slechts twee smalle lichte vlekken ontstaan op het scherm, recht achter de twee spleten.

- inzicht dat de openingen een maximale breedte moeten hebben in de orde van grootte van de golflengte van zichtbaar licht 1
- consequente keuze voor  $\mu\text{m}$  1
- noemen van het zichtbaar zijn van twee lichtvlekken op het scherm 1

### 18 maximumscore 5

voorbeeld van een antwoord:

De energie van één foton van 635 nm is gelijk aan

$$\frac{hc}{\lambda} = \frac{6,63 \cdot 10^{-34} \cdot 3,00 \cdot 10^8}{635 \cdot 10^{-9}} = 3,13 \cdot 10^{-19} \text{ J. Een vermogen van } 5 \cdot 10^{-10} \text{ Js}^{-1}$$

komt overeen met  $N = \frac{P}{E_f} = \frac{5 \cdot 10^{-10}}{3,13 \cdot 10^{-19}} = 1,6 \cdot 10^9$  fotonen per seconde. Dat

geeft een gemiddelde afstand tussen twee opeenvolgende fotonen van

$$\frac{c}{N} = \frac{3,0 \cdot 10^8}{1,6 \cdot 10^9} = 0,2 \text{ m. Deze afstand is in de orde van grootte van / groter}$$

dan de afstand tussen filter en dubbelspleet. (Dus de uitspraak klopt.)

- inzicht dat de afstand tussen filter en dubbelspleet vergeleken moet worden met de gemiddelde afstand tussen de fotonen 1
- gebruik van  $E_f = \frac{hc}{\lambda}$ , met opzoeken van  $h$  1
- inzicht dat  $N = \frac{P}{E_f}$  1
- inzicht dat  $\Delta x = \frac{c}{N}$  1
- completeren van de berekening 1

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

**19 maximumscore 2**

voorbeeld van een antwoord:

De telwaarden van deze detectoren kunnen bij elkaar opgeteld worden. De kans dat een foton in de centrale piek terecht komt is gelijk aan deze som gedeeld door het totaal aantal van  $1,0 \cdot 10^{10}$  fotonen.

- inzicht dat het aantal getelde fotonen in de centrale piek een optelling is van de telwaarden van de afzonderlijke detectoren in de centrale piek 1
- inzicht dat het aantal getelde fotonen in de centrale piek gedeeld moet worden door het totaal aantal gedetecteerde fotonen 1

**20 maximumscore 2**

voorbeeld van een antwoord:

De kans om het foton te meten in de centrale piek volgt uit de waarschijnlijkheidsverdeling. Deze is onafhankelijk van het aantal getelde fotonen en is ook al aanwezig bij het allereerste foton. Bente heeft dus geen gelijk.

- inzicht dat de kans om het foton te meten op elk van de detectoren volgt uit de waarschijnlijkheidsverdeling 1
- inzicht dat deze waarschijnlijkheidsverdeling vanaf het begin van het experiment vast ligt/ volgt uit het golfkarakter van licht en consequente conclusie 1

**21 maximumscore 2**

voorbeeld van een antwoord:

- Er ontstaat een interferentiepatroon. Het optreden van dit interferentiepatroon wijst op golfgedrag.
- Tijdens het kofferexperiment worden fotonen één-voor-één geteld bij de detectoren. Dit discrete gedrag wijst op deeltjesgedrag.
- noemen van een voorbeeld van golfgedrag tijdens het kofferexperiment 1
- noemen van een voorbeeld van deeltjesgedrag tijdens het kofferexperiment 1

## Latin American Tower

**22 maximumscore 3**

uitkomst:  $f_{\text{grond}} = 0,274 \text{ Hz}$  (met een marge van  $0,003 \text{ Hz}$ )

voorbeeld van een antwoord:

Er passen 8 trillingen in  $29,25 \text{ s}$ . Dat geeft  $T = \frac{29,25}{8} = 3,66 \text{ s}$ . Uit  $f = \frac{1}{T}$  volgt  $f_{\text{grond}} = 0,274 \text{ Hz}$ .

- aflezen van de trillingstijd 1
- gebruik van  $f = \frac{1}{T}$  1
- completeren van de bepaling en significantie 1

**23 maximumscore 4**

uitkomst:  $a_{\text{gem}} = (-)0,39 \text{ ms}^{-2}$  (met een marge van  $0,03 \text{ ms}^{-2}$ )

voorbeeld van een antwoord:

Door een raaklijn te tekenen kan de snelheid op  $t = 0,92 \text{ s}$  bepaald worden.

De steilheid van de raaklijn is  $\frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{-0,20 - 0,20}{1,48 - 0,36} = -0,36 \text{ ms}^{-1}$ . Voor de

gemiddelde versnelling geldt  $a_{\text{gem}} = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{-0,36}{0,92} = -0,39 \text{ ms}^{-2}$ .

- inzicht dat de helling bepaald moet worden 1
- gebruik van  $v = \left( \frac{\Delta x}{\Delta t} \right)_{\text{raaklijn}}$  op  $t = 0,92 \text{ s}$  1
- gebruik van  $a_{\text{gem}} = \frac{\Delta v}{\Delta t}$ , met inzicht dat  $v = 0$  op  $t = 0$  1
- completeren van de bepaling en significantie 1

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

#### 24 maximumscore 2

voorbeeld van een antwoord:

Voor een aan één kant ingeklemde liniaal geldt:  $l = (2n-1) \frac{1}{4} \lambda$ . Substitutie,

$v = f\lambda \rightarrow \lambda = \frac{v}{f}$ , leidt tot  $l = \frac{(2n-1)v}{4f}$ . Dit is om te schrijven tot

$$f = (2n-1) \frac{v}{4l}.$$

- gebruik van  $l = (2n-1) \frac{1}{4} \lambda$  en  $v = \lambda f$  1
- completeren van de afleiding 1

#### 25 maximumscore 4

voorbeeld van een antwoord:

Uit formule (1) volgt dat de verhouding tussen de eerste ( $n = 2$ ) en tweede ( $n = 3$ ) bovenstaan gelijk is aan  $\frac{3}{5} = 0,6$ . Met een marge van 10% moet de gemeten verhouding dan liggen tussen 0,54 en 0,66. De gemeten verhouding is  $\frac{0,654}{1,03} = 0,635$ . De verhouding van de eerste en tweede

bovenstaan van de Latin American Tower komt dus, binnen de marges, overeen met die van een liniaal die aan één kant ingeklemd is.

- inzicht in het gebruik van  $n = 2$  en  $n = 3$  1
- inzicht dat  $v$  en  $l$  constant zijn 1
- inzicht dat de verhouding van de frequenties uit de formule vergeleken moet worden met de gemeten verhouding 1
- completeren van de berekening en consequente conclusie 1

**26 maximumscore 2**

voorbeeld van een antwoord:

Voor een omgekeerd evenredig verband geldt  $xy = \text{constant}$ . De ingevulde tabel wordt:

grondfrequentie (Hz)	hoogte (m)	$f_{\text{grond}} h$ ( $\text{ms}^{-1}$ )
0,5	96	$5 \cdot 10^1$
1,5	32	48
2,5	20	50
4,0	12	48

Het product  $f_{\text{grond}} h$  heeft (binnen de afleesnauwkeurigheid) een constante waarde. Hieruit kan geconcludeerd worden dat er sprake is van een omgekeerd evenredig verband.

- inzicht dat bij een omgekeerd evenredig verband  $f_{\text{grond}} h$  constant is 1
- berekenen van de vier waarden en consequente conclusie 1

*Opmerking*

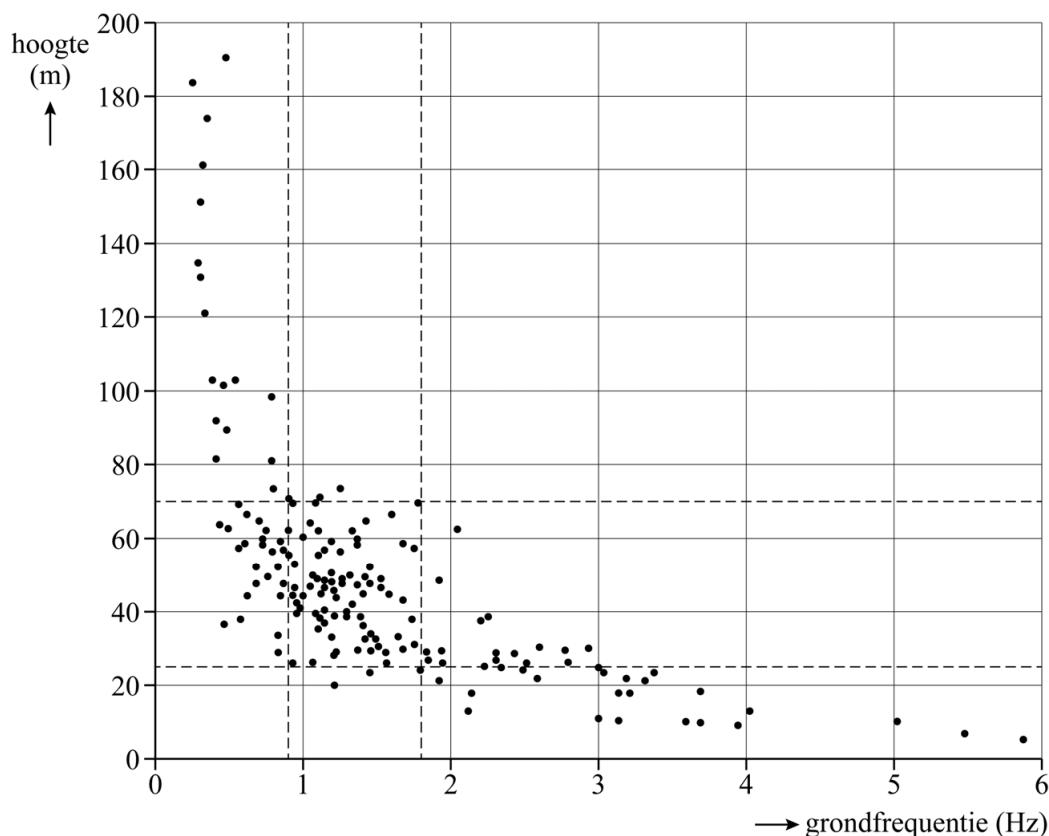
*Als de kandidaat de tabelkop in de derde kolom niet invult, dit niet aanrekenen.*

**27 maximumscore 3**

uitkomst: minimum = 0,9 Hz (met een marge van 0,2 Hz)  
maximum = 1,8 Hz (met een marge van 0,2 Hz),

voorbeeld van een antwoord:

De frequentie waarmee de bodem trilt moet samenvallen met de grondfrequentie van de gebouwen tussen 25 m en 70 m (er moet resonantie optreden). Het gebied van grondfrequenties waarbij zowel gebouwen van 25 m als die van 70 m aanwezig zijn loopt van 0,9 Hz tot 1,8 Hz.



- inzicht dat de grondfrequentie van de (beschadigde) gebouwen moet samenvallen met de frequentie van de bodem 1
- inzicht dat de minimale grondfrequentie de frequentie is waaronder zich geen gebouwen van 25 m en lager bevinden / dat de maximale grondfrequentie de frequentie is waarboven zich geen gebouwen van 70 m of hoger bevinden 1
- tekenen van de twee verticale lijnen en completeren van de bepaling 1

## **5 Aanleveren scores**

---

Verwerk de scores van alle kandidaten per examinator in de applicatie Wolf.  
Accordeer deze gegevens voor Cito uiterlijk op 26 juni.

## **6 Bronvermeldingen**

---

Elektrische scooter

alle figuren Stichting Cito Instituut voor Toetsontwikkeling, 2024

Lise Meitner

figuur 1 Österreichische Zentralbibliothek für Physik & Fachbereichsbibliothek Chemie

overige figuren Stichting Cito Instituut voor Toetsontwikkeling, 2024

Dualiteit

alle figuren Stichting Cito Instituut voor Toetsontwikkeling, 2024

Latin American Tower

figuur 1 Shutterstock ID: 528612772

overige figuren Stichting Cito Instituut voor Toetsontwikkeling, 2024