

**natuurkunde 1,2 (Project Moderne Natuurkunde)**

Het correctievoorschrift bestaat uit:

- 1 Regels voor de beoordeling
- 2 Algemene regels
- 3 Vakspecifieke regels
- 4 Beoordelingsmodel
- 5 Inzenden 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 v.w.o.-h.a.v.o.-m.a.v.o.-v.b.o. Voorts heeft de CEVO op grond van artikel 39 van dit Besluit de *Regeling beoordeling centraal examen* vastgesteld (CEVO-02-806 van 17 juni 2002 en bekendgemaakt in Uitleg Gele katern nr 18 van 31 juli 2002).

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

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

- 4 De examinerator en de gecommiteerde stellen in onderling overleg het aantal scorepunten voor het centraal examen vast.
- 5 Komen zij daarbij niet tot overeenstemming, dan wordt het aantal scorepunten bepaald op het rekenkundig gemiddelde van het door ieder van hen voorgestelde aantal scorepunten, zo nodig naar boven afgerond.

## 2 Algemene regels

---

Voor de beoordeling van het examenwerk zijn de volgende bepalingen uit de CEVO-regeling van toepassing:

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

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

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

### 3 Vakspecifieke regels

---

Voor dit examen kunnen maximaal 77 scorepunten worden behaald.

Voor dit examen zijn de volgende vakspecifieke regels vastgesteld:

- 1 Een afwijking in de uitkomst van een berekening door acceptabel tussentijds afronden wordt de kandidaat niet aangerekend.
- 2 De uitkomst van een berekening mag één significant cijfer meer of minder bevatten dan op grond van de nauwkeurigheid van de vermelde gegevens verantwoord is, tenzij in de vraag is vermeld hoeveel significante cijfers de uitkomst dient te bevatten.
- 3 Het laatste scorepunt, aangeduid met 'completeren van de berekening', wordt niet toegekend in de volgende gevallen:
  - een fout in de nauwkeurigheid van de uitkomst
  - een of meer rekenfouten
  - het niet of verkeerd vermelden van de eenheid van een uitkomst, tenzij gezien de vraagstelling het weergeven van de eenheid overbodig is. In zo'n geval staat in het antwoordmodel de eenheid tussen haakjes.

- 4 Het laatste scorepunt wordt evenmin toegekend als juiste antwoordelementen foutief met elkaar worden gecombineerd of als een onjuist antwoordelement een substantiële vereenvoudiging van de berekening tot gevolg heeft.
- 5 In het geval van een foutieve oplossingsmethode, waarbij geen of slechts een beperkt aantal deelscorepunten kunnen worden toegekend, mag het laatste scorepunt niet worden toegekend.

## 4 Beoordelingsmodel

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

### Opgave 1 Onderwatergeluid

**1 maximumscore 3**

uitkomst: 3,28 km

voorbeeld van een berekening:

Uit Binas volgt:  $v_{\text{zeewater}} = 1,51 \cdot 10^3 \text{ m s}^{-1}$ .

Het geluid heeft afgelegd:  $s = v_{\text{zeewater}} t = 1,51 \cdot 10^3 \cdot 4,35 = 6,569 \cdot 10^3 \text{ m}$ .

De afstand van het schip tot de rots is dan:  $\frac{6,569 \cdot 10^3}{2} = 3,28 \text{ km}$ .

- opzoeken van de geluidssnelheid in zeewater 1
- gebruik van  $s = vt$  1
- completeren van de berekening 1

**2 maximumscore 3**

voorbeeld van een antwoord:

$$v = \lambda f \rightarrow \lambda = \frac{v}{f} = \frac{1,51 \cdot 10^3}{2,0 \cdot 10^3} = 0,76 \text{ m}.$$

De golflengte is groter dan de afmetingen van de vis, daarom zal er buiging om de vis optreden. Er vindt dus minder (geen) terugkaatsing plaats. Een afzonderlijke vis kan hiermee minder goed (niet) opgespoord worden.

- gebruik van  $v = \lambda f$  1
- berekenen van  $\lambda$  1
- inzicht dat er vanwege buiging minder terugkaatsing optreedt omdat de afmeting van het voorwerp kleiner is dan de golflengte 1

*Opmerking*

*Dezelfde foutieve geluidssnelheid gebruikt als in de vorige vraag: geen aftrek.*

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

**3 maximumscore 3**

uitkomst:  $P_{\text{bron}} = 1,1 \cdot 10^8 \text{ W}$

voorbeeld van een berekening:

Voor het geluids(druk)niveau geldt:  $L = 10 \log\left(\frac{I}{I_0}\right) \rightarrow 160 = 10 \log\left(\frac{I}{10^{-12}}\right)$ .

Hieruit volgt dat  $I = 1,0 \cdot 10^4 \text{ Wm}^{-2}$ , dus dat

$P_{\text{bron}} = I \cdot 4\pi r^2 = 1,0 \cdot 10^4 \cdot 4\pi \cdot 30^2 = 1,1 \cdot 10^8 \text{ W}$ .

- gebruik van  $L = 10 \log\left(\frac{I}{I_0}\right)$  met  $I_0 = 10^{-12} \text{ Wm}^{-2}$  1
- gebruik van  $I = \frac{P_{\text{bron}}}{4\pi r^2}$  1
- completeren van de berekening 1

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

**4 maximumscore 4**

voorbeelden van een antwoord:

methode 1

De afstand is  $\frac{1,0 \cdot 10^6 \text{ m}}{30 \text{ m}} = 3,33 \cdot 10^4$  keer zo groot geworden.

De intensiteit is  $(3,33 \cdot 10^4)^2 = 1,11 \cdot 10^9$  keer zo klein geworden.

Het geluids(druk)niveau is met  $10 \cdot \log(1,11 \cdot 10^9) = 90$  dB afgenomen.

Er blijft over:  $160 - 90 = 70$  dB.

Dat is meer dan 50 dB, dus ze hebben er last van.

- inzicht dat de intensiteit van het geluid afneemt met het kwadraat van de afstand 1
- berekenen van de afname van het geluids(druk)niveau 1
- berekenen van het geluids(druk)niveau 1
- conclusie 1

methode 2

$$L = 10 \log \left( \frac{I}{I_0} \right) = 10 \log \left( \frac{\frac{P_{\text{bron}}}{4\pi r^2}}{10^{-12}} \right) = 10 \log \left( \frac{1,13 \cdot 10^8}{\frac{4\pi \cdot 1,0 \cdot 10^{12}}{10^{-12}}} \right) = 70 \text{ dB.}$$

Dat is meer dan 50 dB, dus ze hebben er last van.

- gebruik van  $L = 10 \log \left( \frac{I}{I_0} \right)$  met  $I_0 = 10^{-12} \text{ Wm}^{-2}$  1
- gebruik van  $I = \frac{P_{\text{bron}}}{4\pi r^2}$  1
- completeren van de berekening 1
- conclusie 1

*Opmerkingen*

*Wanneer gebruik gemaakt wordt van een foutief antwoord voor  $P_{\text{bron}}$  in de vorige vraag: geen aftrek.*

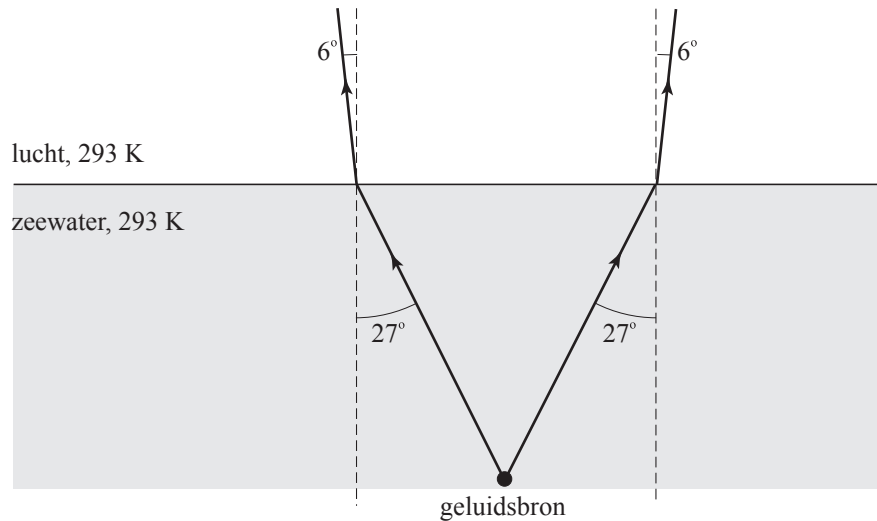
**5 maximumscore 5**

voorbeeld van een antwoord:

Voor de brekingsindex geldt:  $n = \frac{v_{\text{zeewater}}}{v_{\text{lucht}}} = \frac{1,51 \cdot 10^3}{343} = 4,40$ .

Opmeten:  $i = 27^\circ$ .

Er geldt:  $\frac{\sin i}{\sin r} = n$ . Invullen van  $i$  en  $n$  levert:  $r = 5,9^\circ$ .



- berekenen van de brekingsindex 1
- opmeten van de invalshoek (met een marge van  $2^\circ$ ) 1
- gebruik van  $\frac{\sin i}{\sin r} = n$  1
- berekenen van  $r$  1
- tekenen van de gebroken geluidstralen 1

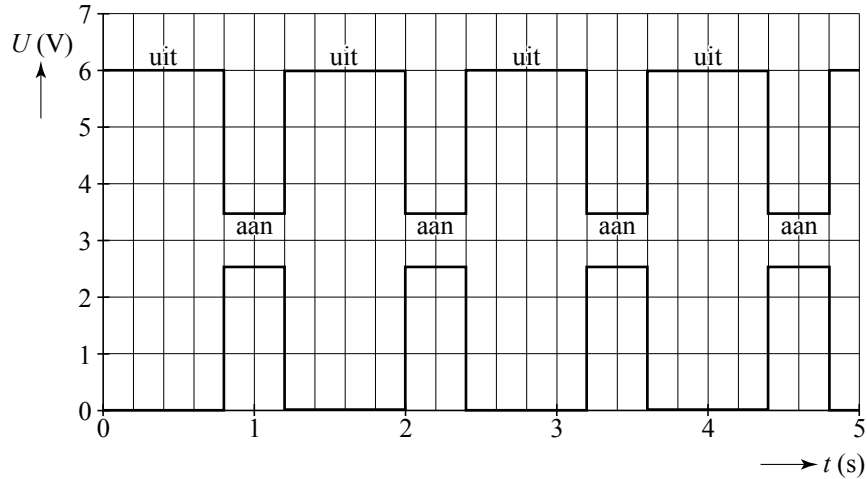
*Opmerkingen*

- 1 Slechts één van de twee geluidstralen getekend: 1 punt aftrek.
- 2 Dezelfde foutieve geluidssnelheid gebruikt als in vraag 1: geen aftrek.

## Opgave 2 Knipperlampje

### 6 maximumscore 3

antwoord:



- tekenen van een blokfunctie met dezelfde intervallen als die van het lampje 1
- inzicht dat de spanning 0 V is als het lampje uit is 1
- inzicht dat de spanning 2,5 V is als het lampje aan is 1

### 7 maximumscore 3

uitkomst:  $R = 6,3 \Omega$

voorbeelden van een berekening:

methode 1

Bij een serieschakeling geldt:  $R_{\text{totaal}} = R_{\text{lampje}} + R$ ,

Dus  $\frac{6,00}{0,400} = \frac{3,5}{0,400} + R$ , hieruit volgt  $R = 6,3 \Omega$

- inzicht dat  $R_{\text{totaal}} = R_{\text{lampje}} + R$  1
- berekenen van  $R_{\text{lampje}}$  en  $R_{\text{totaal}}$  1
- completeren van de berekening 1



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

methode 2

Voor de weerstand  $R$  geldt:  $R = \frac{U_R}{I}$ , waarin  $U_R = 2,5 \text{ V}$  en  $I = 0,400 \text{ A}$ .

Hieruit volgt dat  $R = \frac{2,5}{0,400} = 6,3 \Omega$ .

- inzicht dat  $R = \frac{U_R}{I}$  1
- inzicht dat  $U_R = 2,5 \text{ V}$  en  $I = 0,400 \text{ A}$  1
- completeren van de berekening 1

*Opmerkingen*

- *Als bij de beantwoording van vraag 1 het inzicht ontbrak dat  $U_R = 2,5 \text{ V}$  en dat inzicht ook hier ontbreekt of de foutieve waarde van vraag 1 is overgenomen, mag de tweede deelscore niet worden toegekend.*
- *Een oplossing in de trant van  $R = \frac{6,00}{0,400} = 15,0 \Omega$ : 1 punt.*

## 8 maximumscore 5

uitkomst:  $\Delta T = 90 \text{ K}$

voorbeeld van een berekening:

Bij één keer knippen is het lampje  $0,40 \text{ s}$  aan.

Voor de elektrische energie geldt:  $E = UIt$ , waarin  $U = 3,5 \text{ V}$ ,  $I = 0,400 \text{ A}$  en  $t = 0,40 \text{ s}$ . Hieruit volgt dat  $E = 3,5 \cdot 0,400 \cdot 0,40 = 0,56 \text{ J}$ .

$$Q = (c_{\text{messing}} \cdot m_{\text{messing}} + c_{\text{roestvrijstaal}} \cdot m_{\text{roestvrijstaal}}) \Delta T$$

$$Q = 0,3E$$

$$0,3 \cdot 0,56 = (0,38 \cdot 10^3 \cdot 2,5 \cdot 10^{-6} + 0,46 \cdot 10^3 \cdot 2,0 \cdot 10^{-6}) \Delta T$$

$$\Delta T = 90 \text{ K}$$

- inzicht dat het lampje  $0,40 \text{ s}$  van één periode aan is 1
- inzicht dat  $E = UIt$  1
- inzicht dat  $Q = cm\Delta T$  en  $Q = 0,3E$  1
- opzoeken in BINAS de waarden van  $c_{\text{messing}}$  en  $c_{\text{roestvrijstaal}}$  1
- completeren van de berekening 1

**9 maximumscore 2**

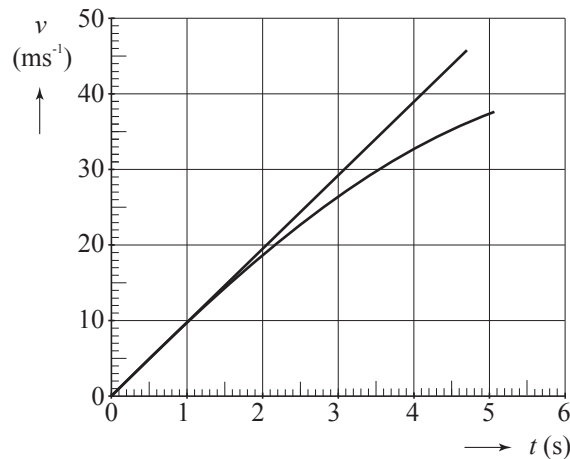
voorbeeld van een antwoord:

Er wordt in het lampje minder warmte per minuut ontwikkeld (omdat de spanning over / de stroom door het lampje kleiner is). Daardoor stijgt de temperatuur van het bimetaal langzamer en wordt de temperatuur waarbij het contact verbroken wordt later bereikt.

- constatering dat er per minuut minder warmte wordt ontwikkeld in het lampje 1
- inzicht dat het daardoor langer duurt voordat het contact verbroken wordt 1

**Opgave 3 Valtoren****10 maximumscore 4**

voorbeeld van een antwoord:



De tijdsduur voor 110 m vallen volgt uit:

$$s = \frac{1}{2}gt^2 \rightarrow 110 = \frac{1}{2} \cdot 9,81 \cdot t_{\text{eind}}^2 \rightarrow t_{\text{eind}} = 4,736 \text{ s.}$$

Voor de eindsnelheid geldt:  $v_{\text{eind}} = gt_{\text{eind}} = 9,81 \cdot 4,736 = 46,5 \text{ m s}^{-1}$ .

De grafiek is dus een rechte vanaf het punt (0;0) tot punt (4,7;46,5).

- gebruik van  $s = \frac{1}{2}gt^2$  of inzicht dat  $E_z = E_k$  1
- berekenen van  $t_{\text{eind}}$  1
- berekenen van  $v_{\text{eind}}$  1
- tekenen van een rechte lijn door (0;0) en tot  $(t_{\text{eind}};v_{\text{eind}})$  1

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

**11 maximumscore 4**

uitkomst:  $m_{\text{lucht}} = 1,4 \cdot 10^3 \text{ kg}$

voorbeeld van een berekening:

$$V_{\text{lucht}} = \pi r^2 h = \pi \left( \frac{3,5}{2} \right)^2 \cdot 120 = 1,15 \cdot 10^3 \text{ m}^3$$

$$pV_{\text{lucht}} = nRT \rightarrow 1025 \cdot 10^2 \cdot 1,15 \cdot 10^3 = n \cdot 8,31 \cdot (273 + 20) \rightarrow n = 4,84 \cdot 10^4 \text{ mol}$$

$$m_{\text{lucht}} = n \cdot \text{molaire massa} = n \cdot 28,8 \cdot 10^{-3} = 1,4 \cdot 10^3 \text{ kg}$$

- inzicht dat  $V_{\text{lucht}} = \pi r^2 h$  1
- gebruik van  $pV = nRT$  met  $R$  opgezocht 1
- inzicht dat  $m = \text{aantal mol} \cdot \text{molaire massa}$  1
- completeren van de berekening 1

**12 maximumscore 3**

uitkomst:  $F_{\text{gew}} = 7,5 \cdot 10^{-9} \text{ N}$

voorbeeld van een berekening:

Voor het gewicht geldt:  $F_{\text{gew}} = mg \cdot 10^{-6}$ .

De massa is gelijk aan:  $m = \rho V = 0,76 \cdot 10^3 \cdot 1,0 \cdot 10^{-6} = 7,6 \cdot 10^{-4} \text{ kg}$ .

Hieruit volgt  $F_{\text{gew}} = 7,6 \cdot 10^{-4} \cdot 9,81 \cdot 10^{-6} = 7,5 \cdot 10^{-9} \text{ N}$ .

- inzicht dat  $F_{\text{gew}} = mg \cdot 10^{-6}$  1
- inzicht dat  $m = \rho V$  en opzoeken van  $\rho$  1
- completeren van de berekening 1

**13 maximumscore 2**

voorbeeld van een antwoord:

Zolang (vrijwel) alleen de zwaartekracht op de capsule werkt, is de vloeistof (vrijwel) gewichtloos, dus van  $t = 0,0$  tot  $t = 9,5 \text{ s}$ .

- inzicht dat de tijdsduur van gewichtloosheid gelijk is aan de tijdsduur dat op de capsule vrijwel alleen de zwaartekracht werkt 1
- consequente conclusie 1

## 14 maximumscore 5

uitkomst:  $F_{\text{katapult,max}} = 2,8 \cdot 10^4 \text{ N}$  (met een marge van  $0,3 \cdot 10^4 \text{ N}$ )

voorbeeld van een bepaling:

Tijdens het wegschieten geldt:  $F_{\text{katapult,gem}} \Delta t - F_z \Delta t = m \Delta v$ .

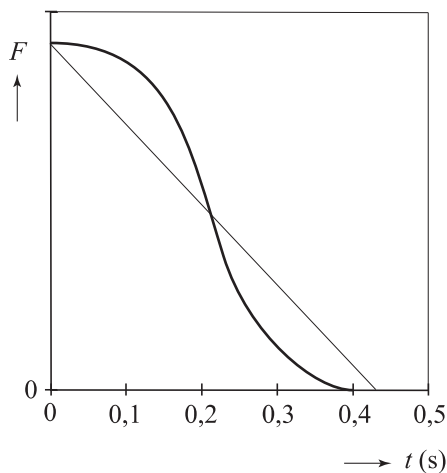
De waarde van  $F_{\text{katapult,gem}} \Delta t$  is gelijk aan de oppervlakte onder de  $(F,t)$ -grafiek.

De snelheid die de capsule krijgt, is gelijk aan de snelheid waarmee hij neerkomt. Deze snelheid kan op tenminste drie manieren bepaald/berekend worden:

- deze snelheid is gelijk aan de steilheid van de raaklijn aan de  $(h,t)$ -grafiek op  $t = 0 \text{ s}$ ;
- de snelheid kan berekend worden met behulp van  $mg\Delta h = \frac{1}{2}mv^2$ ;
- de snelheid kan berekend worden met behulp van  $s = \frac{1}{2}gt^2$  en  $v = gt$ .

De snelheid die de capsule krijgt, is gelijk aan  $46,5 \text{ m s}^{-1}$ .

De oppervlakte onder de grafiek kan benaderd worden met een driehoek:



De oppervlakte van deze driehoek is  $\frac{1}{2} F_{\text{katapult,max}} \cdot 0,43$ .

Invullen geeft:

$$\frac{1}{2} F_{\text{katapult,max}} \cdot 0,43 - 120 \cdot 9,81 \cdot 0,40 = 120 \cdot 46,5 \rightarrow F_{\text{katapult,max}} = 2,8 \cdot 10^4 \text{ N}.$$

- inzicht dat  $F_{\text{katapult,gem}} \Delta t - F_z \Delta t = m \Delta v$  1
- inzicht dat  $F_{\text{katapult,gem}} \Delta t$  overeenkomt met de oppervlakte onder het  $(F,t)$ -diagram 1
- inzicht in het bepalen/berekenen van de snelheid op het tijdstip dat de capsule loskomt van de katapult 1
- bepaald of berekend dat deze snelheid gelijk is aan  $46,5 \text{ m s}^{-1}$  met een marge van  $4 \text{ m s}^{-1}$  1
- completeren van de bepaling 1

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

*Opmerking*

*Wanneer een foutief berekende snelheid uit vraag 10 is gebruikt of dezelfde foutieve berekening van de snelheid als in vraag 10 is herhaald: geen aftrek.*

## Opgave 4 Quantumneus

**15 maximumscore 2**

voorbeeld van een antwoord:

Het elektron kan zich alleen in A bevinden als zijn energie gelijk is aan een energieniveau van A. Volgens figuur 12 heeft het elektron in D een energie die met geen enkel energieniveau van A overeenkomt. Het moet dus energie opnemen of kwijtraken.

- inzicht dat het elektron een energie moet hebben die overeenkomt met een energieniveau van A 1
- inzicht dat zijn energie in D met geen enkel energieniveau van A overeenkomt 1

**16 maximumscore 2**

voorbeeld van een antwoord:

Een energieniveau is volledig bezet als het een even aantal (meestal twee) elektronen bevat. Omdat in de grondtoestand de niveaus vanaf het laagste niveau volledig worden gevuld, blijft er dus voor het hoogst bezette niveau een oneven aantal elektronen over. Dit niveau is dus niet volledig bezet.

- gebruik van het Pauliverbod 1
- inzicht dat je moet opvullen vanaf het laagste niveau totdat alle elektronen op zijn en conclusie 1

**17 maximumscore 3**

uitkomst:  $\Delta E = 2,32 \cdot 10^{-20} \text{ J (0,145 eV)}$

voorbeeld van een berekening:

Het kleinste energievervalst behoort bijvoorbeeld bij de overgang van  $n = 1$  naar  $n = 2$ . Dus

$$\Delta E = [h(2 \cdot 2 - 1) f_1] - [h(2 \cdot 1 - 1) f_1] = 2 \cdot hf_1$$

$$\Delta E = 2 \cdot 6,63 \cdot 10^{-34} \cdot 1,75 \cdot 10^{13} = 2,32 \cdot 10^{-20} \text{ J (0,145 eV)}$$

- inzicht dat het kleinste verschil behoort bij een overgang met  $\Delta n = 1$  1
- afleiden dat  $\Delta E = 2hf_1$  1
- completeren van de berekening 1

**18 maximumscore 4**

uitkomst:  $n_{\max} = 12$

voorbeeld van een berekening:

Bij de overgang van toestand  $n$  naar de grondtoestand is  $\Delta E = (2n-2)hf_1$ .

Omdat de minimale golflengte  $\lambda_{\min}$  van infraroodstraling gelijk is aan 750 nm, is maximale energie van infraroodstraling gelijk aan

$$E_{\max} = \frac{hc}{\lambda_{\min}} = \frac{6,63 \cdot 10^{-34} \cdot 3,0 \cdot 10^8}{7,50 \cdot 10^{-7}} = 2,65 \cdot 10^{-19} \text{ J.}$$

$$\text{Uit } \Delta E = E_{\max} \text{ volgt nu: } 2n-2 = \frac{2,65 \cdot 10^{-19}}{6,63 \cdot 10^{-34} \cdot 1,75 \cdot 10^{13}} \rightarrow n = 12,4.$$

Dus is  $n_{\max} = 12$ .

- inzicht dat  $\Delta E = E_n - E_1$  1
- berekenen of opzoeken van de maximale energie van infraroodstraling 1
- completeren van de berekening 1
- consequente keuze van een geheel getal voor  $n_{\max}$  1

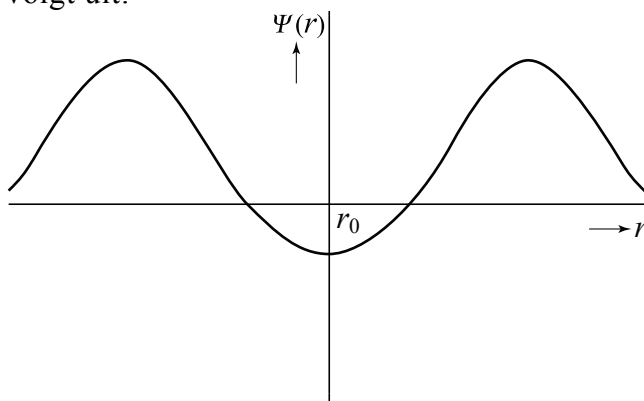
*Opmerking*

*Als gebruik gemaakt van  $\Delta E = (2n-1)hf_1$ : maximaal 2 punten.*

**19 maximumscore 3**

voorbeeld van een antwoord:

$n = 3$ , want er zijn 3 maxima in de kansfunctie. De golffunctie ziet er als volgt uit:



- inzicht in de juiste waarde voor  $n$  1
- golffunctie zowel onder als boven de as met  $\Psi = 0$  1
- het dal is minder diep dan de twee bergen 1

*Opmerking*

*Golffunctie gespiegeld ten opzichte van de as met  $\Psi = 0$ : goed rekenen.*

*Golffunctie eindigt aan beide randen op  $\Psi = 0$ : goed rekenen.*

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

**20 maximumscore 2**

voorbeeld van een antwoord:

Hoe verder van het midden af, hoe groter de potentiële energie, dus hoe kleiner de kinetische energie van de trillende atomen. Als de kinetische energie afneemt, wordt de golflengte groter (de kromming van de golffunctie wordt kleiner) en daarmee neemt dus ook de breedte van de piek toe.

- inzicht dat met het toenemen van de potentiële energie de kinetische energie afneemt 1
- inzicht dat dit betekent dat de golflengte groter is naarmate je verder van het midden af zit 1

## Opgave 5 Vliegwiel

**21 maximumscore 2**

voorbeeld van een antwoord:

De deeltjes van het vliegwiel die zich dichterbij de as bevinden, hebben een kleinere (baan)snelheid dan deeltjes aan de buitenrand. Daarom hebben ze ook een kleinere kinetische energie. Daarom is de totale kinetische energie bij rotatie dus kleiner dan  $\frac{1}{2}mv_{\text{rand}}^2$ .

- inzicht dat deeltjes dichterbij de as een kleinere (baan)snelheid hebben dan op de rand 1
- inzicht dat dus de rotatie-energie kleiner is dan  $\frac{1}{2}mv_{\text{rand}}^2$  1

**22 maximumscore 3**

uitkomst: toerental =  $1,19 \cdot 10^4$  ( $\text{min}^{-1}$ )

voorbeeld van een berekening:

Voor de omlooptijd  $T$  geldt:  $T = \frac{2\pi r}{v} = \frac{2\pi \cdot \frac{1}{2} \cdot 1,60}{1000} = 5,027 \cdot 10^{-3}$  s.

Voor de frequentie geldt dan:  $f = \frac{1}{T} = \frac{1}{5,027 \cdot 10^{-3}} = 198,9$  Hz.

Het toerental is dan:  $199 \cdot 60 = 1,19 \cdot 10^4$  ( $\text{min}^{-1}$ ).

- inzicht dat  $T = \frac{2\pi r}{v}$  1
- gebruik van  $f = \frac{1}{T}$  en inzicht dat toerental =  $f \cdot 60$  1
- completeren van de berekening 1

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

**23 maximumscore 3**

uitkomst:  $\frac{F_{\text{mpz}}}{F_z} = 1,27 \cdot 10^5$

voorbeeld van een berekening:

De hechtende kracht moet minstens gelijk zijn aan de middelpuntzoekende kracht  $F_{\text{mpz}}$ .

$$F_{\text{mpz}} = \frac{mv^2}{r}$$

$$\frac{F_{\text{mpz}}}{F_z} = \frac{mv^2}{rmg} = \frac{v^2}{rg} = \frac{(1000)^2}{\frac{1}{2} \cdot 1,60 \cdot 9,81} = 1,27 \cdot 10^5$$

- inzicht dat de hechtende kracht gelijk is aan  $F_{\text{mpz}}$  1
- gebruik van  $F_{\text{mpz}} = \frac{mv^2}{r}$  en  $F_z = mg$  1
- completeren van de berekening 1

*Opmerking*

Wanneer de waarde van  $\frac{F_z}{F_{\text{mpz}}}$  als uitkomst gegeven is: geen aftrek.



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

**24 maximumscore 4**

uitkomst:  $v_{\text{rand,eind}} = 3,4 \cdot 10^2 \text{ ms}^{-1}$

voorbeeld van een berekening:

Aangezien de snelheid van de trein gelijk blijft, wordt blijkbaar rotatie-energie van het vliegwiel omgezet in zwaarte-energie van de gehele trein.

Voor de toename van de zwaarte-energie geldt:  $\Delta E_z = E_{\text{rot,begin}} - E_{\text{rot,eind}}$ .

De toename van de hoogte bedraagt:  $\Delta h = 3,2 \cdot 10^3 \cdot \sin 4,0^\circ = 223 \text{ m}$ .

Voor de toename van de zwaarte-energie geldt dan:

$$\Delta E_z = mg\Delta h = 2,4 \cdot 10^5 \cdot 9,81 \cdot 223 = 5,25 \cdot 10^8 \text{ J}$$

De rotatie-energie aan het begin van de helling bedraagt:

$$E_{\text{rot,begin}} = \frac{1}{4} \cdot 8,6 \cdot 10^3 \cdot 600^2 = 7,74 \cdot 10^8 \text{ J}$$

Voor de rotatie-energie aan het eind van de helling geldt dan:

$$E_{\text{rot,eind}} = E_{\text{rot,begin}} - \Delta E_z = 7,74 \cdot 10^8 - 5,25 \cdot 10^8 = 2,49 \cdot 10^8 \text{ J}$$

Dus  $\frac{1}{4}mv_{\text{rand,eind}}^2 = 2,49 \cdot 10^8$  zodat  $v_{\text{rand,eind}} = 3,4 \cdot 10^2 \text{ ms}^{-1}$ .

- inzicht dat  $\Delta E_z = E_{\text{rot,begin}} - E_{\text{rot,eind}}$  1
- berekenen van  $\Delta h$  1
- gebruik van  $\Delta E_z = mg\Delta h$  en  $E_{\text{rot}} = \frac{1}{4}mv_{\text{rand}}^2$  1
- completeren van de berekening 1

## 5 Inzenden scores

---

Verwerk de scores van alle kandidaten per school in het programma WOLF.  
 Zend de gegevens uiterlijk op 20 juni naar Cito.

## 6 Bronvermeldingen

---

Opgave 1      naar Technisch weekblad, 14-10-2006