

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 examiner 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 examiner 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 examiner 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, hoeft 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 megedeeld 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 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 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.

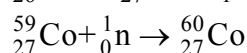
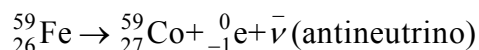
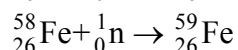
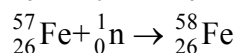
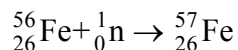
4 Beoordelingsmodel

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

Opgave 1 Kerncentrale

1 maximumscore 4

voorbeeld van een antwoord:



- inzicht in herhaaldelijk invangen van neutronen door ijzerisotopen 1
- vergelijking voor het β -verval, inclusief het antineutrino 1
- inzicht dat ${}_{27}^{59}\text{Co}$ een neutron invangt 1
- completeren van het antwoord 1

Opmerkingen

1 Wanneer geëindigd met ${}_{26}^{59}\text{Fe} \rightarrow {}_{27}^{59}\text{Co} + {}_{-1}^0\text{e} + \bar{\nu}$ (antineutrino): geen aftrek.

2 Alleen netto reactievergelijkingen: geen aftrek.

2 maximumscore 3

voorbeeld van een antwoord:

Voor het aantal kernen geldt: $N(t) = N(0) \cdot \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{\tau}}$ met $\tau = 5,27$ jaar.

Na 40 jaar geldt dus: $N(40) = N(0) \cdot \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{40}{5,27}} = 5,19 \cdot 10^{-3} N(0)$.

Het aantal kernen is dus 193 keer zo klein geworden.

De uitspraak is dus niet juist.

- inzicht dat $N(t) = N(0) \cdot \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{\tau}}$ met $\tau = 5,27$ jaar 1
- completeren van de berekening 1
- consequente conclusie 1

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

3 maximumscore 3

uitkomst: $x = 46$ cm

voorbeeld van een berekening:

Voor de verzwakking van de γ -straling geldt:

$$I(x) = I(0) \cdot \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{x}{d_{\frac{1}{2}}}} \text{ met } d_{\frac{1}{2}} = 4,6 \text{ cm.}$$

Invullen leidt tot $\left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{x}{4,6}} = 0,0010$ en hieruit volgt dat $x = 46$ cm.

- gebruik van $I(x) = I(0) \cdot \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{x}{d_{\frac{1}{2}}}}$ 1
- inzicht dat $d_{\frac{1}{2}} = 4,6$ cm 1
- completeren van de berekening 1

Opgave 2 Jan-van-gent

4 maximumscore 4

voorbeeld van een antwoord:

methode 1

Voor een vrije val geldt: $s_y = \frac{1}{2}gt^2 \rightarrow 30 = \frac{1}{2} \cdot 9,81 \cdot t^2 \rightarrow t = 2,47 \text{ s}$.

De snelheid op het water is dan: $v = gt = 9,81 \cdot 2,47 = 24,3 \text{ ms}^{-1}$.

Omgerekend in km h^{-1} is dat $24,3 \cdot 3,6 = 87 \text{ km h}^{-1}$.

Dat is minder dan de 100 km h^{-1} die in werkelijkheid wordt gehaald.

- gebruik van $s_y = \frac{1}{2}gt^2$ 1
- berekenen van de valtijd 1
- berekenen van de snelheid 1
- conclusie 1

methode 2

Volgens de wet van behoud van energie geldt bij een vrije val zonder beginsnelheid: $E_{z,\text{boven}} = E_{k,\text{beneden}}$.

Dat betekent: $mgh = \frac{1}{2}mv^2 \rightarrow v = \sqrt{2gh} = \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 30} = 24,3 \text{ ms}^{-1}$.

Omgerekend in km h^{-1} is dat $24,3 \cdot 3,6 = 87 \text{ km h}^{-1}$.

Dat is minder dan de 100 km h^{-1} die in werkelijkheid wordt gehaald.

- inzicht $E_{z,\text{boven}} = E_{k,\text{beneden}}$ 1
- gebruik van $E_z = mgh$ en $E_k = \frac{1}{2}mv^2$ 1
- berekenen van de snelheid 1
- conclusie 1

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

5 maximumscore 4

uitkomst: $F_{\text{vleugel}} = 65 \text{ N}$

voorbeeld van een berekening:

Voor de versnelling geldt: $a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{27}{0,82} = 32,9 \text{ ms}^{-2}$.

Voor de totale kracht geldt: $\sum F = F_{\text{vleugel}} + F_z = ma = 2,8 \cdot 32,9 = 92,2 \text{ N}$.

Voor de spierkracht geldt dus: $F_{\text{vleugel}} = 92,2 - 2,8 \cdot 9,81 = 65 \text{ N}$.

- gebruik van $a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$ 1
- gebruik van $\sum F = ma$ 1
- inzicht dat $\sum F = F_{\text{vleugel}} + F_z$ 1
- completeren van de berekening 1

6 maximumscore 3

uitkomst: $v = 36 \text{ ms}^{-1}$

voorbeeld van een berekening:

Als alleen de zwaartekracht werkt, geldt: $E_{\text{kin,beneden}} = E_{\text{kin,boven}} + E_{z,\text{boven}}$.

Invullen levert: $\frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}m27^2 + m9,81 \cdot 28$.

De snelheid waarmee de jan-van-gent het wateroppervlak raakt is dus 36 ms^{-1} .

- inzicht dat $E_{\text{kin,beneden}} = E_{\text{kin,boven}} + E_{z,\text{boven}}$ 1
- gebruik van $E_{\text{kin}} = \frac{1}{2}mv^2$ en $E_z = mgh$ 1
- completeren van de berekening 1

Opgave 3 Xylofoon

7 maximumscore 3

uitkomst: $v = 1,72 \cdot 10^2 \text{ ms}^{-1}$

voorbeeld van een berekening:

Voor de afstand PQ geldt: $PQ = \frac{1}{2} \lambda = 0,195 \text{ m} \rightarrow \lambda = 0,390 \text{ m}$.

De voortplantingssnelheid $v = f \lambda = 440 \cdot 0,390 = 1,72 \cdot 10^2 \text{ ms}^{-1}$.

- inzicht dat de lengte PQ gelijk is aan $\frac{1}{2} \lambda$ 1
- gebruik van $v = f \lambda$ 1
- completeren van de berekening 1

8 maximumscore 3

uitkomst: $l = 18,2 \text{ cm}$

voorbeeld van een berekening:

De voortplantingssnelheid van geluidsgolven in lucht bij $20 \text{ }^\circ\text{C}$ is 343 m s^{-1} .

De golflengte $\lambda = \frac{v}{f} = \frac{343}{440} = 78,0 \text{ cm}$.

De lengte van de buis $= \frac{1}{4} \lambda - 1,3 \text{ cm} = 19,5 - 1,3 = 18,2 \text{ cm}$.

- gebruik van $v = f \lambda$ met $v = 343 \text{ m s}^{-1}$ 1
- inzicht dat de lengte van de buis $= \frac{1}{4} \lambda - 1,3 \text{ cm}$ 1
- completeren van de berekening 1

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

9 maximumscore 3

uitkomst: De verhouding is 50:1.

voorbeeld van een berekening:

methode 1

Zonder resonantiebuïs geldt voor het geluidsdrukniveau

$$L_{\text{zonder}} = 60 = 10 \log \frac{I}{I_0} \text{ met } I_0 = 1,0 \cdot 10^{-12} \text{ W m}^{-2} \text{ zodat}$$

$$I_{\text{zonder}} = 1,0 \cdot 10^{-6} \text{ W m}^{-2}.$$

Met resonantiebuïs geldt voor het geluidsdrukniveau

$$L_{\text{met}} = 77 \text{ dB en dat levert } I_{\text{met}} = 50 \cdot 10^{-6} \text{ W m}^{-2}.$$

De intensiteit is 50 maal zo groot geworden.

- gebruik $L = 10 \log \frac{I}{I_0}$ met $I_0 = 1,0 \cdot 10^{-12} \text{ W m}^{-2}$ 1
- berekenen van I_{met} of I_{zonder} 1
- completeren van de berekening 1

methode 2

De stijging van het geluidsdrukniveau $\Delta L = L_{\text{met}} - L_{\text{zonder}} = 10 \log \frac{I_{\text{met}}}{I_{\text{zonder}}}$.

Invullen levert: $17 = 10 \log \frac{I_{\text{met}}}{I_{\text{zonder}}}$ zodat $\frac{I_{\text{met}}}{I_{\text{zonder}}} = 50$.

De intensiteit met resonantiebuïs is dus 50 maal zo groot geworden.

- inzicht $\Delta L = L_{\text{met}} - L_{\text{zonder}} = 10 \log \frac{I_{\text{met}}}{I_{\text{zonder}}}$ 2
- completeren van de berekening 1

methode 3

Het geluidsniveau neemt $17 \text{ dB} = 10 + 10 - 3 \text{ dB}$ toe; 10 dB wil zeggen dat de intensiteit een factor 10 scheelt en 3 dB een factor 2.

In dit geval neemt de intensiteit dan met een factor $10 \times 10 : 2 = 50$ toe.

- inzicht dat het geluidsniveau $10 + 10 - 3 \text{ dB}$ toeneemt 1
- inzicht dat 10 dB een factor 10 in intensiteit scheelt en 3 dB een factor 2 1
- completeren van de berekening 1

Opgave 4 Ruimtewiel

10 maximumscore 3

voorbeeld van een antwoord:

De benodigde middelpuntzoekende kracht wordt geleverd door de gravitatiekracht. Er geldt dus $F_g = F_{\text{mpz}}$.

Hieruit volgt $\frac{GmM}{r^2} = \frac{mv^2}{r}$ en dit levert: $v^2 = \frac{GM}{r}$. Dus $v = \sqrt{\frac{GM}{r}}$.

- inzicht $F_g = F_{\text{mpz}}$ 1
- gebruik van $F_g = \frac{GmM}{r^2}$ en $F_{\text{mpz}} = \frac{mv^2}{r}$ 1
- completeren van de afleiding 1

11 maximumscore 3

uitkomst: $T = 2,018$ uur

$$v = \sqrt{\frac{GM}{r}} = \sqrt{\frac{6,672 \cdot 10^{-11} \cdot 5,976 \cdot 10^{24}}{(1730 \cdot 10^3 + 6,378 \cdot 10^6)}} = 7,0129 \cdot 10^3 \text{ ms}^{-1}.$$

$$T = \frac{2\pi r}{v} = \frac{2\pi(8,108 \cdot 10^6)}{7,0129 \cdot 10^3} = 7264 \text{ s} = 2,018 \text{ uur}.$$

- inzicht dat $r = R_{\text{aarde}} + h$ 1
- gebruik van $T = \frac{2\pi r}{v}$ 1
- completeren van de berekening 1

Opmerking

Goede antwoord berekend met behulp van wet van Kepler: geen aftrek.

12 maximumscore 2

voorbeeld van een antwoord:

Het ruimtewiel met de astronaut draait rond. De kracht van de vloer op de astronaut zorgt voor de benodigde centripetale kracht.

Uit de derde wet van Newton volgt dat de astronaut een kracht op de vloer uitoefent.

Deze kracht fungeert als een “kunstmatige zwaartekracht”.

- inzicht dat de vloer een kracht op de astronaut uitoefent 1
- completeren van de uitleg 1

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

13 maximumscore 4

uitkomst: $2,5 \cdot 10^2$ m

voorbeeld van een berekening:

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{6,28}{22} = 0,286 \text{ rad s}^{-1}.$$

$$\frac{1}{3}F_z = F_{\text{mpz}} \text{ en } F_{\text{mpz}} = m\omega^2 r \rightarrow \frac{1}{3}mg = m\omega^2 r$$

$$r = \frac{\frac{1}{3} \cdot 9,81}{(0,286)^2} = 40 \text{ m} \rightarrow \text{omtrek} = 2\pi r = 2,5 \cdot 10^2 \text{ m.}$$

- gebruik van $\omega = \frac{2\pi}{T}$ 1
- inzicht $\frac{1}{3}F_z = F_{\text{mpz}} = m\omega^2 r$ 1
- gebruik van omtrek = $2\pi r$ 1
- completeren van de berekening 1

14 maximumscore 3

uitkomst: $I = 4,4 \cdot 10^2$ A

voorbeeld van een berekening:

De hoeveelheid energie die per seconde op de zonnepanelen valt, bedraagt:
 $200 \cdot 0,7 \cdot 10^3 \text{ J} = 1,4 \cdot 10^5 \text{ J}.$

Hiervan wordt nuttig gebruikt: $0,15 \cdot 1,4 \cdot 10^5 = 2,1 \cdot 10^4 \text{ J}.$

Voor het vermogen geldt: $P = UI.$

Hieruit volgt dat $I = \frac{2,1 \cdot 10^4}{48} = 4,4 \cdot 10^2 \text{ A}.$

- inzicht dat $P_{\text{elektrisch}} = \eta I_{\text{str}} A$ 1
- gebruik van $P = UI$ 1
- completeren van de berekening 1

Opgave 5 Spanningzoeker

15 maximumscore 4

voorbeeld van een antwoord:

Voor de weerstand van de rubberzolen geldt: $R = \rho \frac{l}{A}$.

Invullen levert: $R = 10^{13} \cdot \frac{4,0 \cdot 10^{-3}}{2,0 \cdot 10^{-2}} = 2 \cdot 10^{12} \Omega$.

De totale weerstand van de monteur met de schoenen is dan groter dan $2 \cdot 10^{12} \Omega$. De stroomsterkte door het lichaam van de monteur is maximaal

$$I = \frac{U}{R} = \frac{230}{2 \cdot 10^{12}} = 1,2 \cdot 10^{-10} \text{ A.}$$

De stroomsterkte door het lichaam van de monteur is dus veel kleiner dan enkele mA. De zolen voldoen.

- gebruik van $R = \rho \frac{l}{A}$ en opzoeken ρ 1
- inzicht dat $l = 4,0 \cdot 10^{-3}$ m en $A = 2,0 \cdot 10^{-2}$ m² 1
- gebruik van $I = \frac{U}{R}$ 1
- conclusie 1

16 maximumscore 3

uitkomst: $R_{\text{lampje}} = 0,69 \text{ M}\Omega$

voorbeeld van een berekening:

methode 1

Over $1,0 \cdot 10^6 + 300 \cdot 10^3 = 1,3 \cdot 10^6 \Omega$ staat een spanning van $230 - 80 = 150 \text{ V}$.

De stroomsterkte is: $I = \frac{U}{R} = \frac{150}{1,3 \cdot 10^6} = 1,15 \cdot 10^{-4} \text{ A}$.

$$R_{\text{lampje}} = \frac{U}{I} = \frac{80}{1,15 \cdot 10^{-4}} = 6,9 \cdot 10^5 \Omega (= 0,69 \text{ M}\Omega)$$

- inzicht dat over de weerstand en de persoon samen 150 V staat 1
- berekenen van de stroomsterkte 1
- completeren van de berekening 1

methode 2

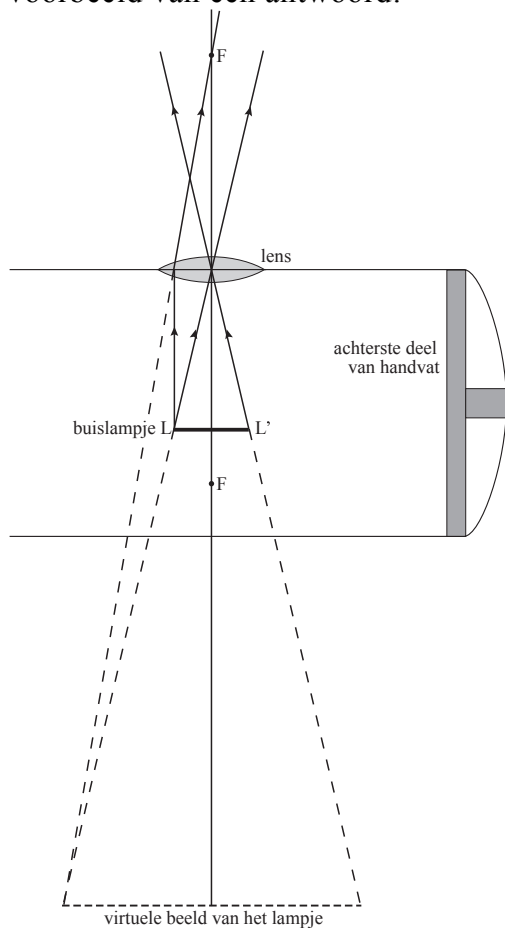
Voor deze serieschakeling geldt: $\frac{R_{\text{lampje}}}{R_{\text{totaal}}} = \frac{U_{\text{lampje}}}{U_{\text{totaal}}}$.

Hieruit volgt: $\frac{R_{\text{lampje}}}{(R_{\text{lampje}} + 1,3)} = \frac{80}{230} \rightarrow R_{\text{lampje}} = 0,69 \text{ M}\Omega$.

- inzicht serieschakeling 1
- gebruik van $\frac{R_{\text{lampje}}}{R_{\text{totaal}}} = \frac{U_{\text{lampje}}}{U_{\text{totaal}}}$ 1
- completeren van de berekening 1

17 maximumscore 4

voorbeeld van een antwoord:



- tekenen van een constructiestraal 1
- tekenen van een tweede constructiestraal 1
- constructie van een beeldpunt 1
- tekening van het totale beeld (begin- en eindpunt) 1

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

18 maximumscore 4

uitkomst: $f = 11 \text{ mm}$

voorbeeld van een berekening:

Omdat het beeld vier keer zo groot is als het lampje en virtueel is, geldt:

$$b = -4v.$$

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{b} + \frac{1}{v} = \frac{1}{-4v} + \frac{1}{v} = \frac{3}{4v}$$

$$f = \frac{4v}{3} \text{ en } v = 8,0 \text{ mm levert: } f = \frac{32}{3} = 11 \text{ mm.}$$

- gebruik van $N = \frac{b}{v}$ 1
- gebruik van $\frac{1}{f} = \frac{1}{b} + \frac{1}{v}$ en met $v = 8,0 \text{ mm}$ 1
- inzicht dat de beeldafstand negatief is 1
- completeren van de berekening 1

Opmerking

Als $b = +4v$ genomen en daarbij $f = 6,4 \text{ mm}$ berekend: maximaal 2 punten.

Opgave 6 Elektronen tussen nanodraden

19 maximumscore 3

uitkomst: gemiddeld 0,5 vrije elektronen per atoom (met een marge van 0,1)

voorbeeld van een bepaling:

In figuur 12 zijn er op 64 nm^2 ongeveer $5 \cdot 18 = 90$ atomen. Bij 64 nm^2 horen $64 \cdot 0,75 = 48$ elektronen. Dus geeft elk atoom ongeveer 0,5 vrije elektronen af.

- inzicht dat het aantal elektronen gelijk is aan $0,75 \cdot \text{oppervlakte}$ 1
- bepaling van het aantal atomen in figuur 11 1
- completeren van de bepaling 1

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

20 maximumscore 3

uitkomst: $\lambda = 10,3 \mu\text{m}$

voorbeeld van een berekening:

$$\Delta E = 0,120 \text{ eV} = 0,1923 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

$$\lambda = \frac{hc}{\Delta E} = \frac{(6,626 \cdot 10^{-34} \cdot 2,998 \cdot 10^8)}{0,1923 \cdot 10^{-19}} = 10,3 \mu\text{m}$$

- berekenen van het energieverval in joule 1
- inzicht dat $\lambda = \frac{hc}{\Delta E}$ en opzoeken van h en c 1
- completeren van de berekening 1

21 maximumscore 4

voorbeeld van een antwoord:

Volgens de doosjesformule verhouden de energieën zich als $\left(\frac{n}{L}\right)^2$.

$$\text{Dus } 0,090 \text{ eV} : 0,040 \text{ eV} : 0,160 \text{ eV} = \left(\frac{1}{1,6 \text{ nm}}\right)^2 : \left(\frac{1}{2,4 \text{ nm}}\right)^2 : \left(\frac{2}{2,4 \text{ nm}}\right)^2.$$

- inzicht dat de energieën bij één L evenredig zijn met n^2 1
- inzicht dat de energieën bij $n = 1$ zich verhouden als $\left(\frac{1}{L}\right)^2$ 1
- aantonen dat de energieën van de pieken bij $L = 2,4 \text{ nm}$ zich inderdaad verhouden als $1 : 4$ 1
- aantonen dat de energieën van de pieken bij $n = 1$ zich verhouden als $1,6^2 : 2,4^2 = 4 : 9$ 1

22 maximumscore 3

voorbeeld van een antwoord:

1 Voor het derde energieniveau van het doosjesmodel geldt:

$$E_3 = 3^2 \cdot E_1 = 9 \cdot E_1 \text{ en dit valt ver buiten het gegeven energiebereik.}$$

2 De doosjesformule geeft in dit geval het volledige spectrum. De overige energieën komen in dit spectrum niet voor en dus kunnen er nooit elektronen met deze energieën zijn.

- inzicht dat $E_3 = 3^2 \cdot E_1$ 1
- inzicht dat het derde energieniveau buiten het bereik valt 1
- inzicht dat alleen de energieniveaus die de doosjesformule geeft door elektronen bezet kunnen worden 1

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

23 maximumscore 3

voorbeeld van een antwoord:

Conclusie a kan niet kloppen omdat de golffunctie bij $n = 1$ slechts één buik heeft en de kansfunctie dus slechts één maximum zou moeten hebben.

Conclusie b kan niet kloppen omdat de golffunctie bij $n = 2$ in het midden een knoop heeft en de kansfunctie in het midden dus nul zou moeten zijn.

- inzicht in het verband tussen elektronendichtheid, kansfunctie en golffunctie 1
- juiste redenering bij conclusie a 1
- juiste redenering bij conclusie b 1

5 Inzenden scores

Verwerk de scores van de alfabetisch eerste tien kandidaten per school in het programma WOLF.

Zend de gegevens uiterlijk op 28 mei naar Cito.

6 Bronvermeldingen

opgave 1 naar De Volkskrant, april 2003