Correctievoorschrift VWO

2016

tijdvak 2

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.

natuurkundeuitgelegd.nl

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;

natuurkundeuitgelegd.nl

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 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.

natuurkundeuitgelegd.nl

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.

natuurkundeuitgelegd.nl

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.

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 m s^{-1} bij kamertemperatuur. (Klopt dus niet.)

– Een boventoon 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.

natuurkundeuitgelegd.nl

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 $\frac{1}{\sqrt{m^3}}$ *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: $v = 336 \text{ m s}^{-1}$.

– 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

natuurkundeuitgelegd.nl

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:
De eerste reactie is: ${}^{203}_{81}\mathrm{Tl} + {}^{1}_{1}\mathrm{p} \rightarrow {}^{201}_{82}\mathrm{Pb} + 3\cdot {}^{1}_{0}\mathrm{n}$.
De tweede reactie is: ${}^{201}_{82}\mathrm{Pb} \rightarrow {}^{201}_{81}\mathrm{Tl} + {}^{0}_{1}\mathrm{e}\ (+\upsilon_{\mathrm{e}})$.

- bij de eerste reactie ${}^{203}_{81}\mathrm{Tl}$ en ${}^{1}_{1}\mathrm{p}$ 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 β^+-verval 1
- kloppende atoomnummers en massagetallen in beide reacties 1

Opmerking
In de reactievergelijkingen hoeft niet op de aanwezigheid van een γ-foton gelet te worden.

8 maximumscore 2

voorbeeld van een antwoord:
Als er naast de γ-straling ook α-straling of β-straling vrijkomt, kan deze (grotendeels) in het lichaam geabsorbeerd worden. Hierdoor is de kans dat er stralingsschade op zal treden groter.

- inzicht dat α-straling en β-straling in het lichaam geabsorbeerd worden 1
- inzicht in de kans op schade door α-straling en β-straling 1

natuurkundeuitgelegd.nl

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

natuurkundeuitgelegd.nl

11 maximumscore 5

voorbeeld van een antwoord:

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

Voor de intensiteit van γ-fotonen in de lucht geldt:

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

Er wordt dus slechts 1% aan γ-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 γ-straling wordt geabsorbeerd 1
- gebruik van $I = \frac{P_{bron}}{4\pi r^2}$ / 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.

natuurkundeuitgelegd.nl

13 maximumscore 3

voorbeelden van een berekening:

methode 1

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

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

methode 2

Er geldt:

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

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

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

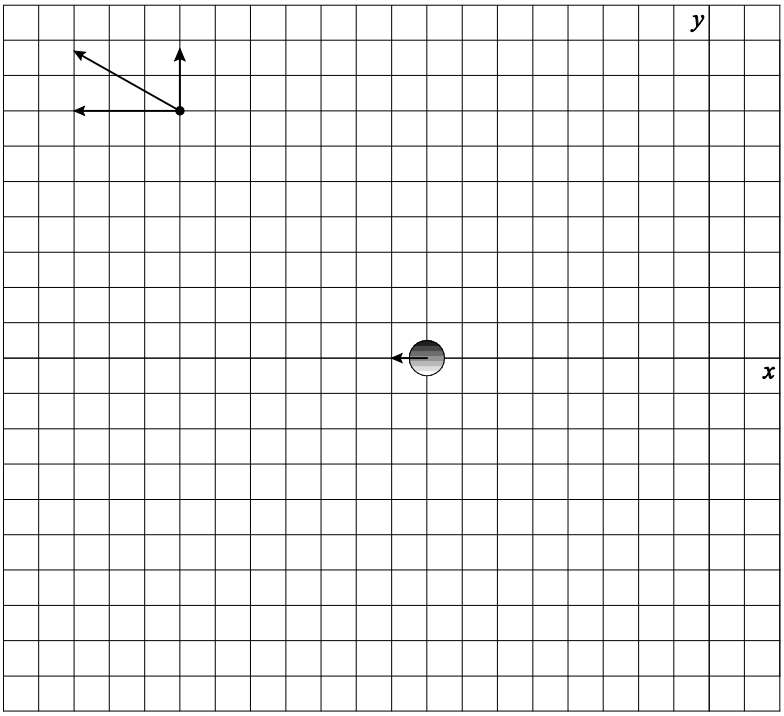
Omdat $M \square m$, is er geen merkbaar verschil tussen $v_{j,na}$ en $v_{j,voor}$.

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

natuurkundeuitgelegd.nl

16 maximumscore 3

voorbeeld van een antwoord:



- inzicht dat $\overrightarrow{v_y}$, met als aangrijpingspunt de verkenner in figuur 3c, identiek is aan de overeenkomstige vector in figuur 3a 1
- gebruik van $v_{\text{na},x} = 2v_{\text{j}} - v_{\text{voor},x}$ 1
- completeren van de constructie 1

17 maximumscore 3

voorbeeld van een antwoord:

– M = 1,9.10^{27}
– xj = xj + vj*dt
– Op elk tijdstip is (x-xj) de horizontale afstand tussen Jupiter en de verkenner.

- inzicht dat M de massa van Jupiter is en opzoeken 1
- aanvullen van de modelregel voor xj met gebruik van vj 1
- inzicht dat (x-xj) de horizontale afstand tussen Jupiter en de verkenner is 1

natuurkundeuitgelegd.nl

18 maximumscore 3

voorbeeld van antwoord:

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

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

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

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

- aflezen van snelheden in figuur 5 1
- gebruik van $v_{\text{na},x} = 2v_{\text{j}} - v_{\text{voor},x}$ 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: $E_{\text{k}} = E_{\text{g}}$ ofwel: $\frac{1}{2}mv_{\text{min}}{}^2 = G\frac{mM}{r}$.

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

- 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 $E_{\text{k}} = \frac{1}{2}mv^2$ en van $E_{\text{g}} = -G\frac{mM}{r}$ 1
- completeren van het antwoord 1

natuurkundeuitgelegd.nl

20 maximumscore 4

voorbeeld van een antwoord:

– Uit de grafiek van figuur 5 blijkt dat voor de eindsnelheid van de verkenner na afloop van de passage geldt:

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

– Voor de minimale snelheid geldt:

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

De verkenner 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_{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 $\Delta\varphi = \frac{1}{2}$ optreedt. Dit geeft destructieve interferentie.

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

natuurkundeuitgelegd.nl

22 maximumscore 3

uitkomst: $\alpha = 0,728^{o}$

voorbeeld van een berekening:

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

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

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

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

– De onbepaaldheid Δp voor de x-richting van de impuls ontstaat in de spleet. Deze waarde Δx heeft dus betrekking op de breedte van die spleet en niet op de afstand AB.

– Een kleinere spleetbreedte komt overeen met een kleinere Δx. Dit levert een grotere Δp, dus een grotere hoek α, dus een grotere afstand AB.

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

natuurkundeuitgelegd.nl

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 $nA_{\text{draadje}} = A_{\text{massief}}$ 1
- conclusie 1

25 maximumscore 6

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

voorbeeld van de berekeningen:

– Voor de weerstand van één draadje geldt:

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

Voor de samengestelde draad bestaande uit 30 parallelle draadjes wordt 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:
$I_{\max} = 3{,}6 \cdot 30 \cdot \frac{1}{4}\pi \cdot 0{,}10^2 = 0{,}85$ A.
Uit de wet van Ohm volgt dan:
$U_{\max} = I_{\max} R = 0{,}85 \cdot 7{,}2 \cdot 10^{-2} = 6{,}1 \cdot 10^{-2} = 61$ mV.

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

natuurkundeuitgelegd.nl

Vraag	Antwoord	Scores

26 maximumscore 2

voorbeeld van een uitleg:
Als x de afstand is waarover de draadjes doorgeknipt 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 doorgeknipt 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.

Foton De nieuwe natuurkundemethode voor de bovenbouw
Theorie, oefenopgaven, antwoorden in één overzichtelijk boek inclusief SE-keuzeonderwerpen
Betaalbaar: € 35,- voor de complete stof. Meer info: natuurkundeuitgelegd.nl