Correctievoorschrift VWO

2024

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 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 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 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. 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.

natuurkundeuitgelegd.nl

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.

natuurkundeuitgelegd.nl

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.

natuurkundeuitgelegd.nl

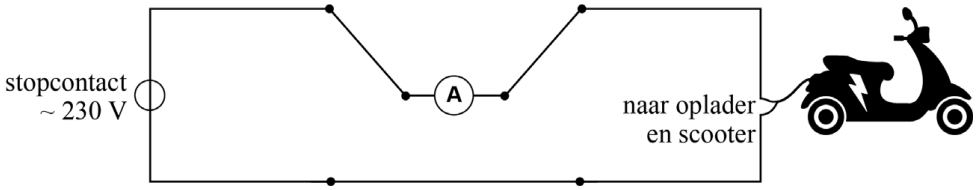
4 Beoordelingsmodel

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:
$1{,}15 \cdot 2{,}0 \cdot 3600 + 1{,}25 \cdot 2{,}0 \cdot 3600 + 0{,}48 \cdot 1{,}7 \cdot 3600 = 2{,}02 \cdot 10^4$ C.
Invullen geeft $E = 230 \cdot 2{,}1 \cdot 10^4 = 4{,}65 \cdot 10^6$ J $= 1{,}3$ 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.

natuurkundeuitgelegd.nl

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_{heen} consequent kleiner is dan s_{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_{heen} consequent kleiner is dan s_{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

natuurkundeuitgelegd.nl

6 maximumscore 2

uitkomst: $F_{\text{w,rol}} = 25\ \text{N}$

voorbeeld van een antwoord:

Uit de wet van arbeid en kinetische energie volgt dat $\Sigma W = \Delta E_{\text{k}}$. De arbeid wordt hier geleverd door de weerstand: $W = F_{\text{w}} s$. Omschrijven en invullen geeft $F_w = \frac{W}{s} = \frac{\Delta E_{\text{k}}}{s}$.

De steilheid van de trendlijn door de eerste punten van de grafiek geeft daarom de rolweerstandskracht.

$$F_{\text{w,rol}} = \left(\frac{\Delta E_{\text{k}}}{\Delta s_{\text{gem}}} \right)_{\text{trendlijn}} = \frac{500}{20} = 25\ \text{N}$$

- inzicht dat $F_{\text{w}} = \frac{W}{s} = \frac{\Delta E_{\text{k}}}{s}$ 1
- completeren van de bepaling en significantie 1

7 maximumscore 3

voorbeeld van een antwoord:

Er geldt: $k = \frac{F_{\text{w, lucht}}}{v^2}$. Invullen van de eenheden voor $F_{\text{w,lucht}}$ 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 $F_{\text{w,lucht}} = \frac{1}{2} \rho c_{\text{w}} A v^2$ met $\rho = 1{,}3\ \text{kg m}^{-3}$ voor lucht en $c_w = 1{,}2$.

Omschrijven en invullen geeft $k = \frac{1}{2} \rho c_{\text{w}}\ A = \frac{1}{2} \cdot 1{,}3 \cdot 1{,}2 \cdot 0{,}5 = 0{,}4$

- 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 $k = \frac{1}{2} \rho c_{\text{w}}\ A$ en opzoeken van ρ 1
- completeren van de bepaling 1

natuurkundeuitgelegd.nl

9 maximumscore 3

uitkomst: ondergrens $v = 49{,}3$ (km h^{-1}) (met een marge van $0{,}7$ km h^{-1})

bovengrens $v = 53{,}3$ (km h^{-1}) (met een marge van $0{,}7$ km h^{-1})

voorbeeld van een antwoord:
Het vermogen van de motor is 1,5 kW. De bovengrens voor de maximale snelheid is 14,8 m/s = 53,3 km/h en de ondergrens is 13,7 m/s = 49,3 km/h.

- inzicht dat $k = 0{,}4$ impliceert dat de waarde ligt tussen $0{,}35$ en $0{,}45$ 1
- inzicht dat bij $P = 1{,}5 \cdot 10^3$ W twee snelheden afgelezen moeten worden 1
- completeren van de bepalingen en significantie 1

natuurkundeuitgelegd.nl

Lise Meitner

10 maximumscore 3

voorbeeld van een antwoord:
α-verval leidt tot een afname van twee van het atoomnummer van de dochterkern. Bij β^--verval neemt het atoomnummer toe met één. Omdat er twee keer β^--verval optreedt en een keer α-verval tussen Th-A en ^{208}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 α-verval op het atoomnummer 1
- inzicht in het effect van β^--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 β^--stralers ontstaan. Daardoor blijven de hoeveelheid en de activiteit van de β^--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: $I = I_0 \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{d}{d_{½}}}$. 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.

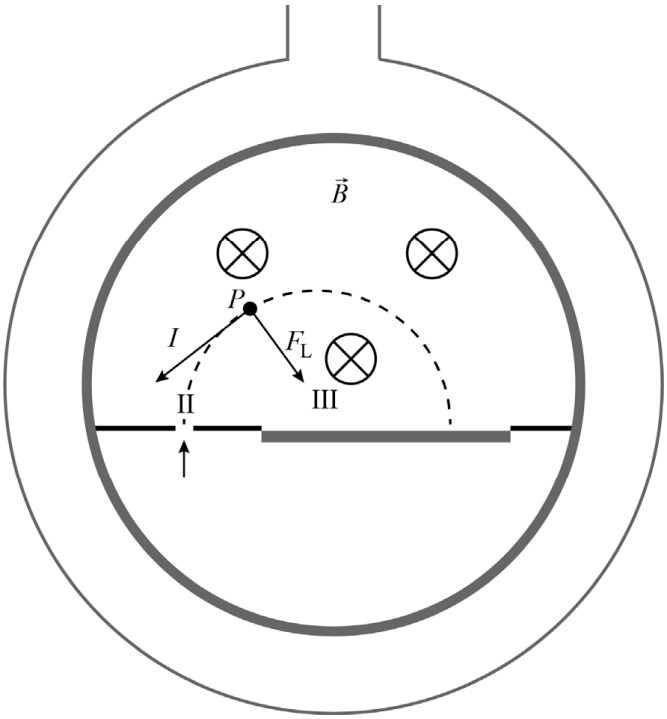
- inzicht dat het de fotonen betreft met de hoogste energie 1
- bepalen van een consequente halveringsdikte 1
- gebruik van $I = I_0 \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{d}{d_{½}}}$ 1
- completeren van de bepaling 1

natuurkundeuitgelegd.nl

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

natuurkundeuitgelegd.nl

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 $B\,q\,v = \frac{m v^2}{r}$. Hieruit volgt $r = \frac{m v}{B q}$. Toepassen van $p = m v$ levert $r = \frac{p}{B q}$.
- 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 $F_L = B\,q\,v$ en $F_{mpz} = \frac{m v^2}{r}$ 1
- gebruik van $p = m v$ 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 β^--straler niet allemaal dezelfde hoeveelheid energie hebben. Omdat de totale energie die vrijkomt tijdens β^--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

natuurkundeuitgelegd.nl

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 µm.
- (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 µm 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 $\frac{hc}{\lambda} = \frac{6{,}63 \cdot 10^{-34} \cdot 3{,}00 \cdot 10^{8}}{635 \cdot 10^{-9}} = 3{,}13 \cdot 10^{-19}$ J. Een vermogen van $5 \cdot 10^{-10}$ $\mathrm{J\,s^{-1}}$ komt overeen met $N = \frac{P}{E_\mathrm{f}} = \frac{5 \cdot 10^{-10}}{3{,}13 \cdot 10^{-19}} = 1{,}6 \cdot 10^{9}$ fotonen per seconde. Dat geeft een gemiddelde afstand tussen twee opeenvolgende fotonen van $\frac{c}{N} = \frac{3{,}0 \cdot 10^{8}}{1{,}6 \cdot 10^{9}} = 0{,}2$ 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 $E_\mathrm{f} = \frac{hc}{\lambda}$, met opzoeken van h 1
- inzicht dat $N = \frac{P}{E_\mathrm{f}}$ 1
- inzicht dat $\Delta x = \frac{c}{N}$ 1
- completeren van de berekening 1

natuurkundeuitgelegd.nl

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

natuurkundeuitgelegd.nl

Latin American Tower

22 maximumscore 3

uitkomst: $f_{\text{grond}} = 0,274$ Hz (met een marge van 0,003 Hz)

voorbeeld van een antwoord:

Er passen 8 trillingen in 29,25 s. Dat geeft $T = \frac{29,25}{8} = 3,66\,s$. Uit $f = \frac{1}{T}$ volgt $f_{\text{grond}} = 0,274$ Hz.

- aflezen van de trillingstijd 1
- gebruik van $f = \frac{1}{T}$ 1
- completeren van de bepaling en significantie 1

23 maximumscore 4

uitkomst: $a_{\text{gem}} = (-)0,39\ \text{m s}^{-2}$ (met een marge van $0,03\ \text{m s}^{-2}$)

voorbeeld van een antwoord:

Door een raaklijn te tekenen kan de snelheid op $t = 0,92$ s bepaald worden.

De steilheid van de raaklijn is $\frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{-0,20-0,20}{1,48-0,36} = -0,36\ \text{m s}^{-1}$. Voor de gemiddelde versnelling geldt $a_{\text{gem}} = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{-0,36}{0,92} = -0,39\ \text{m s}^{-2}$.

- inzicht dat de helling bepaald moet worden 1
- gebruik van $v = \left(\frac{\Delta x}{\Delta t}\right)_{\text{raaklijn}}$ op $t = 0,92$ 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

natuurkundeuitgelegd.nl

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 ($n = 3$) boventoon 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 boventoon 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

natuurkundeuitgelegd.nl

26 maximumscore 2

voorbeeld van een antwoord:
Voor een omgekeerd evenredig verband geldt $xy = \text{constant}$. De ingevulde tabel wordt:

grondfrequentie (Hz)	hoogte (m)	$f_{\text{grond}}h$ (m s^{-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

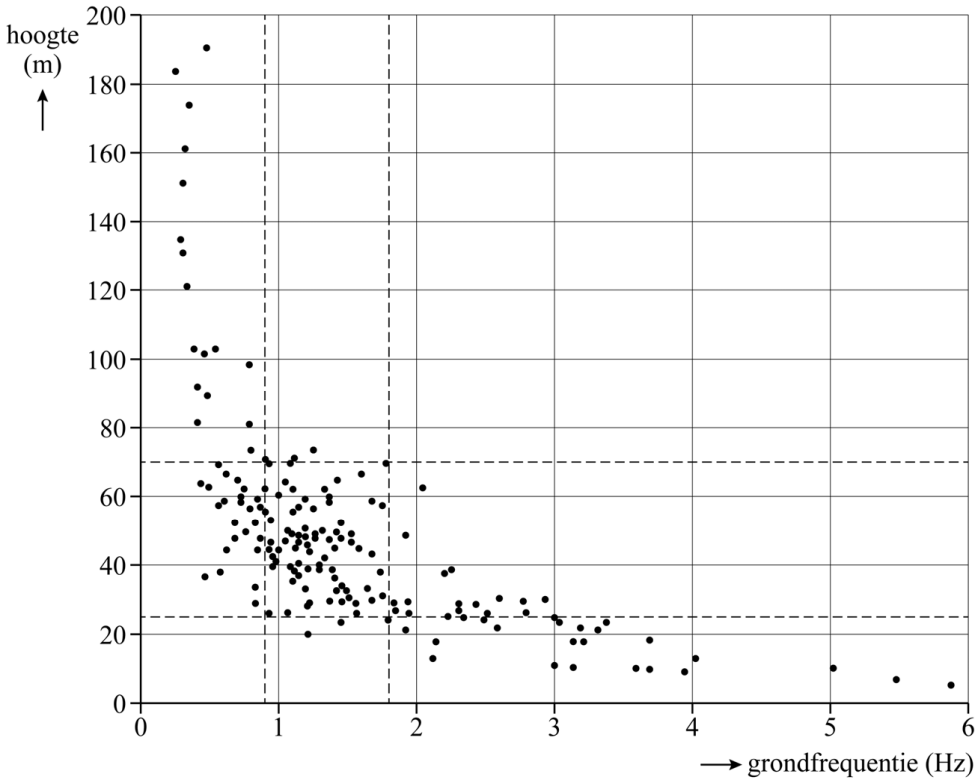
Opmerking
Als de kandidaat de tabelkop in de derde kolom niet invult, dit niet aanrekenen.

natuurkundeuitgelegd.nl

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

natuurkundeuitgelegd.nl

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

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