Correctievoorschrift VWO

2022

tijdvak 3

natuurkunde

Het correctievoorschrift bestaat uit:
1 Regels voor de beoordeling
2 Algemene regels
3 Vakspecifieke regels
4 Beoordelingsmodel
5 Aanleveren scores

1 Regels voor de beoordeling

Het werk van de kandidaten wordt beoordeeld met inachtneming van de artikelen 41 en 42 van het Eindexamenbesluit VO.
Voorts heeft het College voor Toetsen en Examens op grond van artikel 2 lid 2d van de Wet College voor toetsen en examens de Regeling beoordelingsnormen en bijbehorende scores centraal examen vastgesteld.
Voor de beoordeling zijn de volgende aspecten van de artikelen 36, 41, 41a en 42 van het Eindexamenbesluit VO van belang:
1 De directeur doet het gemaakte werk met een exemplaar van de opgaven, de beoordelingsnormen en het proces-verbaal van het examen toekomen aan de examinator. Deze kijkt het werk na en zendt het met zijn beoordeling aan de directeur. De examinator past de beoordelingsnormen en de regels voor het toekennen van scorepunten toe die zijn gegeven door het College voor Toetsen en Examens.
2 De directeur doet de van de examinator ontvangen stukken met een exemplaar van de opgaven, de beoordelingsnormen, het proces-verbaal en de regels voor het bepalen van de score onverwijld aan de directeur van de school van de gecommitteerde toekomen. Deze stelt het ter hand aan de gecommitteerde.

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

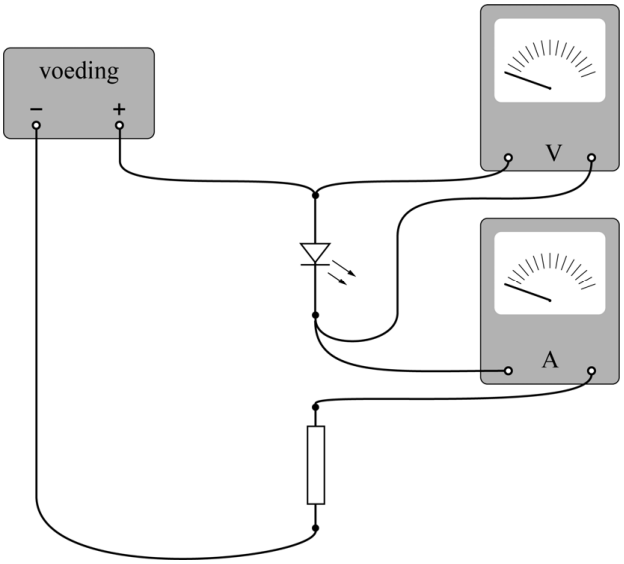
4 Beoordelingsmodel

Vraag	Antwoord	Scores

Schakeling van LED's

1 maximumscore 3

voorbeeld van een antwoord:



- gesloten stroomkring met de stroommeter in serie met de LED en de weerstand 1
- spanningsmeter parallel aan de LED 1
- de LED in de geleidingsrichting aangesloten op de spanningsbron 1

Opmerking
Als, bijvoorbeeld door het tekenen van extra verbindingen, een niet-werkende schakeling is ontstaan: maximaal 2 scorepunten toekennen.

natuurkundeuitgelegd.nl

2 maximumscore 4

uitkomst: $\eta = 0,70 = 70\%$ (met een marge van 0,02 (2%))

voorbeeld van een berekening:
Voor de energie van één foton geldt:

$$E = \frac{hc}{\lambda} = \frac{6,63 \cdot 10^{-34} \cdot 3,00 \cdot 10^{8}}{645 \cdot 10^{-9}} = 3,08 \cdot 10^{-19} \text{ J.}$$

Per seconde komt dus totaal aan lichtenergie vrij:

$$E = 4,2 \cdot 10^{16} \cdot 3,08 \cdot 10^{-19} = 1,30 \cdot 10^{-2} \text{ J.}$$

Voor het elektrisch vermogen van de LED geldt:

$$P = UI = 1,85 \cdot 0,010 = 1,85 \cdot 10^{-2} \text{ W.}$$

Voor het rendement geldt dan: $\eta = \frac{1,30 \cdot 10^{-2}}{1,85 \cdot 10^{-2}} = 0,70 = 70\%$.

- gebruik van $E = \frac{hc}{\lambda}$ 1
- gebruik van $P = UI$ 1
- inzicht dat $\eta = \frac{P_{\text{licht}}}{P_{\text{elek}}}$ 1
- completeren van de berekening en significantie 1

3 maximumscore 4

uitkomst: $R = 1,7 \cdot 10^{2}\ \Omega$ (met een marge van $0,1 \cdot 10^{2}\ \Omega$)

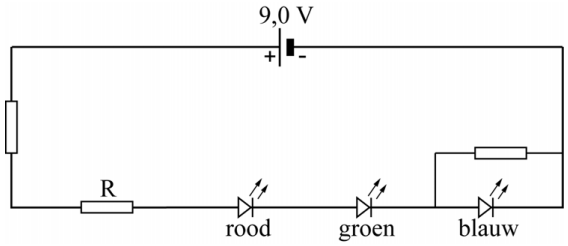
voorbeeld van een berekening:
Voor de serieschakeling geldt: $U_{\text{batt}} = U_{\text{R}} + U_{\text{rood}} + U_{\text{groen}} + U_{\text{blauw}} = 9,0$ V.
Bij 10 mA lezen we de spanning over de LEDs af:
U_{rood} = 1,85 V; U_{groen} = 2,57 V; U_{blauw} = 2,85 V.
Hieruit volgt: $U_{\text{R}} = 9,0 - (1,85 + 2,57 + 2,85) = 1,73$ V.
Voor de stroom door R geldt: I = 0,010 A.
Hieruit volgt: $R = \frac{U}{I} = \frac{1,73}{0,010} = 173\ \Omega = 1,7 \cdot 10^{2}\ \Omega$..

- gebruik van de spanningsregel voor de serieschakeling 1
- aflezen van de spanningen bij 0,010 A 1
- gebruik van $R = \frac{U}{I}$ 1
- completeren van de berekening en significantie 1

natuurkundeuitgelegd.nl

4 maximumscore 2

voorbeeld van een antwoord:



- inzicht dat een (regelbare) weerstand parallel staat aan de blauwe LED 1
- inzicht dat een andere (regelbare) weerstand in de seriekring geplaatst moet worden 1

Parkeren in de ruimte

5 maximumscore 4

voorbeeld van een antwoord:

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

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

– De gravitatiekracht van de aarde werkt in tegengestelde richting aan die van de zon. Zonder de gravitatiekracht van de aarde is de netto aantrekkingskracht groter. Uit de formule blijkt dat (bij gelijke m en T) de baanstraal dan groter is.

- inzicht dat $F_{\text{mpz}} = \frac{mv^2}{r}$ en $v = \frac{2\pi r}{T}$ 1
- completeren van de afleiding 1
- inzicht dat de aarde de aantrekkingskracht van de zon op Soho tegenwerkt 1
- consequente conclusie aan de hand van formule (1) 1

natuurkundeuitgelegd.nl

6 maximumscore 2

uitkomst: $F_{mpz} = 10,9$ N

voorbeeld van een antwoord:

Er geldt: $F_{mpz} = \frac{4\pi^2 mr}{T^2}$, met $m = 1850$ kg, $r = 1,48 \cdot 10^{11}$ m en T één jaar.

Invullen levert: $F_{mpz} = \frac{4\pi^2 \cdot 1850 \cdot 1,48 \cdot 10^{11}}{\left(3,15 \cdot 10^7\right)^2} = 10,9$ N.

- inzicht dat $F_{mpz} = \frac{4\pi^2 mr}{T^2}$ met T één jaar 1
- completeren van de berekening 1

7 maximumscore 4

uitkomst: $F_{ga} = 0,33$ N en $F_{gz} = 11,2$ N

voorbeeld van een berekening:

Er geldt: $F_g = G\frac{mM}{r^2}$.

Voor de gravitatiekracht van de aarde op Soho geldt:

$$F_g = 6,674 \cdot 10^{-11} \frac{1850 \cdot 5,972 \cdot 10^{24}}{\left(1,5 \cdot 10^9\right)^2} = 0,33 \text{ N}.$$

Voor de gravitatiekracht van de zon op Soho geldt:

$$F_g = 6,674 \cdot 10^{-11} \frac{1850 \cdot 1,988 \cdot 10^{30}}{\left(1,48 \cdot 10^{11}\right)^2} = 11,2 \text{ N}.$$

- gebruik van $F_g = G\frac{mM}{r^2}$ 1
- opzoeken van de massa van de zon en/of de aarde 1
- gebruik van de afstand zon-L_1 en/of aarde-L_1 1
- completeren van de berekeningen 1

Opmerking
Als één van de krachten berekend is, mag de andere kracht ook berekend worden met behulp van de waarde van de middelpuntzoekende kracht van vraag 6.

natuurkundeuitgelegd.nl

8 maximumscore 2

uitkomst: $T = 5{,}0 \cdot 10^3$ K

voorbeeld van een bepaling:
Het spectrum van de zonnevlek vertoont een maximum bij $\lambda = 580$ nm.

methode 1
Dit komt overeen met de op één na laagste Planck-kromme uit BiNaS tabel 22 / de op twee na laagste Planck-kromme uit ScienceData tabel 5.1.f, en dus met $T = 5{,}0 \cdot 10^3$ K.

- aflezen van λ_{max} met een marge van $0{,}3 \cdot 10^{-7}$ m 1
- gebruik van BiNaS tabel 22 / ScienceData tabel 5.1.f en completeren van de bepaling en significantie 1

of

methode 2
Uit de wet van Wien volgt: $T = \dfrac{k_W}{\lambda_{max}} = \dfrac{2{,}9 \cdot 10^{-3}}{5{,}8 \cdot 10^{-7}} = 5{,}0 \cdot 10^3$ K.

- aflezen van λ_{max} met een marge van $0{,}3 \cdot 10^{-7}$ m 1
- gebruik van de wet van Wien en completeren van de bepaling en significantie 1

9 maximumscore 3

antwoord:

baanstraal	$r(L_1)$	<	$r(L_2)$
omlooptijd	$T(L_1)$	=	$T(L_2)$
baansnelheid	$v(L_1)$	<	$v(L_2)$
middelpuntzoekende kracht	$F_{mpz}(L_1)$	<	$F_{mpz}(L_2)$

indien vier antwoorden goed 3
indien drie antwoorden goed 2
indien twee antwoorden goed 1
indien één of geen antwoord goed 0

natuurkundeuitgelegd.nl

Radon in de kelder

10 maximumscore 2

voorbeeld van een antwoord:
Het vervalproduct X van Po-214 is Pb-210. De halveringstijd van dit isotoop bedraagt 22 jaar. Dit is veel langer dan de halveringstijd van Rn-222. (En dus is Pb-210 geen radondochter).

- het vervalproduct is Pb-210 1
- opzoeken van de halveringstijd van Pb-210 en vergelijken met de halveringstijd van Rn-222 1

11 maximumscore 3

voorbeeld van een antwoord:
– De activiteit A van Rn-222 is evenredig met de hoeveelheid die aanwezig is. Er komt een moment waarop per seconde evenveel kernen vervallen als dat er nieuwe bijkomen. Vanaf dat moment is het aantal Rn-222-kernen constant en dus ook de activiteit.
– De radondochters hebben een veel kortere halveringstijd dan Rn-222, dus iedere keer als er een Rn-222-kern vervalt, vervallen de radondochters snel daarna.

- inzicht dat de activiteit A evenredig is met het aantal aanwezige kernen 1
- inzicht dat verval en toevoer in evenwicht komen 1
- inzicht in het gevolg van de korte halveringstijd van de radondochters 1

12 maximumscore 2

voorbeeld van een antwoord:
– Leg een velletje papier tussen de radioactieve bron en de Geigerteller. Als hierdoor de gemeten activiteit niet (of nauwelijks) afneemt, worden geen alfadeeltjes gemeten.
– Leg een (dun) plaatje metaal tussen de radioactieve bron en de Geigerteller. Als hierdoor de gemeten activiteit (vrijwel) nul wordt, worden geen gammadeeltjes gemeten.

- inzicht hoe met een velletje papier nagegaan kan worden of er alfadeeltjes geregistreerd worden 1
- inzicht hoe met een (dun) plaatje metaal nagegaan kan worden of er gammastraling geregistreerd wordt 1

Opmerking
Als de kandidaat in plaats van papier of metaal een ander geschikt materiaal noemt kunnen alle scorepunten worden toegekend.

natuurkundeuitgelegd.nl

13 maximumscore 2

voorbeeld van een antwoord:

– Een gewone vervalcurve heeft betrekking op één isotoop en hier worden twee isotopen tegelijkertijd gemeten.
– Er vindt ook nieuwe aanmaak van de isotopen plaats.

• inzicht dat er twee isotopen gemeten worden	1
• inzicht dat er nieuwe aanmaak is	1

14 maximumscore 4

voorbeeld van een antwoord:

De Geigerteller registreert in het begin ongeveer 29000 deeltjes in 5 minuten. Dit komt overeen met $\frac{29000}{300} = 96,7$ deeltjes per seconde.

Deze zijn in gelijke mate afkomstig van Bi-214 en Pb-214.

Per isotoop dus $\frac{96,7}{2} = 48$ deeltjes per seconde. Oorspronkelijk zijn daarvoor dus 48 kernen van Rn-222 per seconde vervallen.

Het werkelijk aantal uitgezonden deeltjes is een factor 6 groter. De activiteit van elk isotoop en dus ook van Rn-222 bedraagt dus $6 \cdot 48 = 288$ Bq. Dit is meer dan de norm van 100 Bq.

• inzicht dat de activiteit op $t = 0$ s bepaald moet worden	1
• inzicht dat de geregistreerde deeltjes afkomstig zijn van 2 isotopen	1
• in rekening brengen van factor 6	1
• completeren van de bepaling en consequente conclusie	1

Opmerking

Het laatste scorepunt voor completeren kan alleen behaald worden als het eerste scorepunt is behaald.

natuurkundeuitgelegd.nl

Parasailing

15 maximumscore 3

uitkomst: $s = 13$ m (met een marge van 1 m).

voorbeeld van een antwoord:
De oppervlakte onder het (v,t)-diagram tot t = 8,0 s is 6,5 hokje. Elk hokje komt overeen met $2,0$ m. De afgelegde afstand tot t = 8,0 s is dus 13 m.

- inzicht dat de oppervlakte onder een (v,t)-diagram overeenkomt met de verplaatsing 1
- gebruik van een methode om de oppervlakte te bepalen tussen $t = 0$ s en $t = 8,0$ s 1
- completeren van de bepaling en significantie 1

16 maximumscore 3

uitkomst: $a = 0,88$ m s^{-2} (met een marge van $0,06$ m s^{-2}).

voorbeeld van een bepaling:
De versnelling kan bepaald worden uit de helling van (de raaklijn aan) het (v,t)-diagram. Voor de versnelling geldt: $a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = 0,88$ m s^{-2}

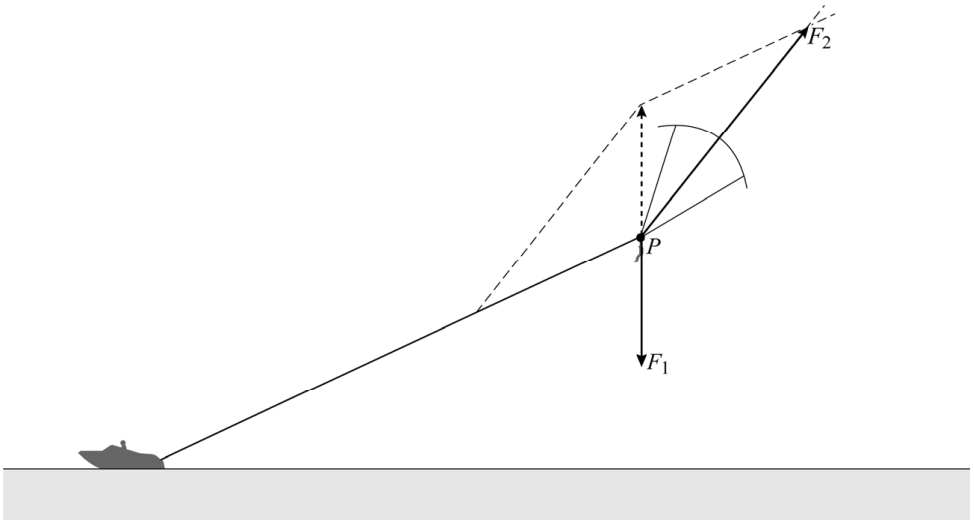
- inzicht dat de helling van (de raaklijn aan) het (v,t)-diagram overeenkomt met de versnelling 1
- gebruik van $a = \left(\frac{\Delta v}{\Delta t}\right)_{\text{raaklijn}}$ op $t = 6,0$ s 1
- completeren van de bepaling en significantie 1

natuurkundeuitgelegd.nl

17 maximumscore 4

uitkomst: $F_2 = 1{,}7 \cdot 10^3$ N (met een marge van $0{,}3 \cdot 10^3$ N)

voorbeeld van een bepaling:



De lengte van de vector F_2 kan worden opgemeten als 39 mm.
De schaalfactor kan worden bepaald met behulp van de vector F_1 die een lengte heeft van 19 mm.
Er geldt: $F_2 = \frac{39}{19} mg = \frac{39}{19} \cdot 85 \cdot 9{,}81 = 1{,}7 \cdot 10^3$ N.

- inzicht dat de resulterende kracht gelijk is aan 0 N 1
- uitvoeren van de krachtenconstructie 1
- gebruik van $F_z = mg$ en gebruik van de schaalfactor 1
- completeren van de bepaling en significantie 1

natuurkundeuitgelegd.nl

Compton

18 maximumscore 4

voorbeeld van een antwoord:

– Voor de botsing geldt de wet van behoud van energie:
$E_{\text{f, voor}} = E_{\text{f, na}} + E_{\text{k, elektron}}$
Hieruit volgt dat moet gelden: $E_{\text{f, na}} < E_{\text{f, voor}}$
Dit levert: $\frac{hc}{\lambda'} < \frac{hc}{\lambda} \quad \Leftrightarrow \quad \lambda' > \lambda$

– Voor de impuls van het foton geldt: $p = \frac{h}{\lambda}$.
Als de golflengte toeneemt zal de impuls van het foton dus afnemen.

- inzicht dat $E_{\text{f, na}} < E_{\text{f, voor}}$ 1
- gebruik van $E_{\text{f}} = \frac{hc}{\lambda}$ 1
- gebruik van $p = \frac{h}{\lambda}$ 1
- completeren van de uitleg 1

19 maximumscore 3

voorbeeld van een antwoord:
De linker piek in figuur 4 zal op dezelfde plaats blijven. Deze piek wordt immers veroorzaakt door de fotonen die geen verandering in golflengte laten zien.
Als de hoek φ kleiner wordt dan 135° zal de factor $\cos\varphi$ veranderen. De factor $(1-\cos\varphi)$ wordt daarbij kleiner. Volgens de formule $\Delta\lambda = \lambda' - \lambda = \frac{h}{mc}(1-\cos\varphi)$ zal het verschil in golflengte $\Delta\lambda$ dan kleiner worden. De rechter piek verplaatst daarmee naar links.

- inzicht dat de plaats van de linker piek niet verandert 1
- inzicht dat de factor $(1-\cos\varphi)$ kleiner wordt bij afnemende hoek 1
- consequente conclusie 1

natuurkundeuitgelegd.nl

20 maximumscore 3

voorbeeld van een antwoord:

De comptongolflengte is gelijk aan de factor $\frac{h}{mc}$.

Voor de eenheid geldt: $\frac{[h]}{[m][c]} = \frac{\text{J}\cdot\text{s}}{\text{kg}\cdot\ \text{m s}^{-1}} = \frac{\text{N}\cdot\text{m}\cdot\text{s}}{\text{kg}\cdot\text{m s}^{-1}} = \frac{\text{kg}\cdot\text{m s}^{-2}\cdot\text{m}\cdot\text{s}}{\text{kg}\cdot\text{m s}^{-1}} = \text{m}.$

- inzicht in de eenheden voor h, m en c 1
- inzicht dat $\text{J} = \text{N}\cdot\text{m} = \text{kg m s}^{-2}\cdot\text{m}$ 1
- completeren van de afleiding 1

21 maximumscore 4

voorbeeld van een antwoord:

– Op de horizontale as staat de waarde $(1-\cos\varphi)$ uitgezet en op de verticale as $\Delta\lambda$. Volgens de formule van Compton is $\Delta\lambda$ evenredig met $(1-\cos\varphi)$, dus moet de bijhorende grafiek een rechte lijn door de oorsprong zijn.

– De comptongolflengte $\frac{h}{mc}$ is de evenredigheidsconstante en volgt dus uit de steilheid van de grafiek. Voor de steilheid van de grafiek geldt:
$\frac{\Delta(\Delta\lambda)}{\Delta(1-\cos\varphi)} = \frac{0{,}0040\cdot10^{-9}}{1{,}7} = 2{,}4\cdot10^{-12}\ \text{m}.$

Voor de theoretische waarde van de factor $\frac{h}{mc}$ geldt:

$\frac{h}{mc} = \frac{6{,}63\cdot10^{-34}}{9{,}11\cdot10^{-31}\cdot3{,}00\cdot10^{8}} = 2{,}43\cdot10^{-12}\ \text{m}.$

De experimentele waarde wijkt dus $\frac{2{,}43-2{,}4}{2{,}43} = 1\%$ van de theoretische waarde. (Dit is inderdaad minder dan 5%.)

- inzicht in het recht evenredige verband tussen $\Delta\lambda$ en $(1-\cos\varphi)$ 1
- inzicht dat de steilheid van de lijn in figuur 5 gelijk is aan de comptongolflengte 1
- gebruik van $\lambda_{\text{compton}} = \frac{h}{mc}$ met opzoeken van h, m en c 1
- completeren van de bepaling, de berekening en de vergelijking en significantie 1

natuurkundeuitgelegd.nl

Viool

22 maximumscore 3

uitkomst: $f = 2{,}6 \cdot 10^{2}$ Hz

voorbeeld van een bepaling:
Voor 2 perioden wordt een afstand gemeten van 7,8 cm. Dat komt overeen met een tijd van $7{,}8 \cdot 10^{-3}$ s.

Daarmee geldt: $T = \frac{7{,}8 \cdot 10^{-3}}{2} = 3{,}9 \cdot 10^{-3}$ s.

Er geldt: $f = \frac{1}{T} = \frac{1}{3{,}9 \cdot 10^{-3}}$.

Hieruit volgt: $f = 2{,}6 \cdot 10^{2}$ Hz.

- bepalen van T (met een marge van $0{,}1 \cdot 10^{-3}$ s) 1
- gebruik van $f = \frac{1}{T}$ 1
- completeren van de bepaling en significantie 1

23 maximumscore 3

uitkomst: $v = 425$ m s^{-1}

voorbeeld van een berekening:
$v = f\lambda$. Hierin is $\frac{1}{2}\lambda = 32{,}2 \cdot 10^{-2}$ m zodat $v = 2 \cdot 32{,}2 \cdot 10^{-2} \cdot 660 = 425$ m s^{-1}.

- gebruik van $v = f\lambda$ 1
- inzicht dat $\lambda = 2\times$ de afstand tussen kam en kielhoutje 1
- completeren van de berekening 1

natuurkundeuitgelegd.nl

24 maximumscore 3

voorbeeld van een antwoord:

Voor staande golven in een snaar met lengte ℓ geldt: $\ell = n \cdot \frac{1}{2}\lambda$. Dus voor de golflengtes van de grondtoon en boventonen geldt: $\lambda_n = \frac{2\ell}{n}$.

Voor de frequentie geldt: $f = \frac{v}{\lambda}$. Combineren geeft: $f_n = n\frac{v}{2\ell}$.

Dus $f_n = nf_{\text{grondtoon}}$ met $f_{\text{grondtoon}} = \frac{v}{2\ell}$.

- gebruik van $\ell = n \cdot \frac{1}{2}\lambda$ 1
- gebruik van $v = \lambda f$ 1
- completeren van de afleiding 1

25 maximumscore 2

voorbeeld van een antwoord:

Voor de frequenties van boventonen in een snaar geldt $f_{\text{n}} = n \cdot f_{\text{grondtoon}}$.

De frequenties van de grondtonen verhouden zich als 2 : 3. Als de factoren n in bovenstaande formule zich voor de twee snaren verhouden als 3 : 2, geeft dit dezelfde frequentie van de boventonen. Dit is dus het geval bij f = 1320 Hz en f = 2640 Hz enz.

- gebruik van $f_{\text{n}} = n \cdot f_{\text{grondtoon}}$ met het inzicht dat de factoren n zich verhouden als 2 : 3 1
- completeren van het antwoord 1

5 Aanleveren scores

Verwerk de scores van alle kandidaten per examinator in de applicatie Wolf. Accordeer deze gegevens voor Cito uiterlijk op 11 juli.

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