Correctievoorschrift VWO

Natuurkunde 1,2 (nieuwe stijl) en natuurkunde (oude stijl)

Voorbereidend
Wetenschappelijk
Onderwijs

20**02**

Tijdvak 1

Inzenden scores
Uiterlijk op 29 mei de scores van de alfabetisch eerste vijf kandidaten per school op de daartoe verstrekte optisch leesbare formulieren naar de Citogroep zenden.

natuurkundeuitgelegd.nl

1 Regels voor de beoordeling

Het werk van de kandidaten wordt beoordeeld met inachtneming van de artikelen 41 en 42 van het Eindexamenbesluit VWO/HAVO/MAVO/VBO. Voorts heeft de CEVO op grond van artikel 39 van dit Besluit de Regeling beoordeling centraal examen vastgesteld (CEVO-94-427 van september 1994) en bekendgemaakt in het Gele Katern van Uitleg, nr. 22a van 28 september 1994.

Voor de beoordeling zijn de volgende passages van de artikelen 41 en 42 van het Eindexamenbesluit van belang:
1 De directeur doet het gemaakte werk met een exemplaar van de opgaven en het procesverbaal van het examen toekomen aan de examinator. Deze kijkt het werk na en zendt het met zijn beoordeling aan de directeur. De examinator past bij zijn beoordeling de normen en de regels voor het toekennen van scorepunten toe die zijn gegeven door de CEVO.
2 De directeur doet de van de examinator ontvangen stukken met een exemplaar van de opgaven, de beoordelingsnormen, het procesverbaal en de regels voor het bepalen van de cijfers onverwijld aan de gecommitteerde toekomen.
3 De gecommitteerde beoordeelt het werk zo spoedig mogelijk en past bij zijn beoordeling de normen en de regels voor het toekennen van scorepunten toe die zijn gegeven door de CEVO.
4 De examinator en de gecommitteerde 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 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 antwoordmodel.
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 punten, 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 antwoordmodel;
3.3 indien een antwoord op een open vraag niet in het antwoordmodel 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 antwoordmodel;
3.4 indien 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 berekening of afleiding ontbreekt dan wel foutief is, worden 0 scorepunten toegekend, tenzij in het antwoordmodel anders is aangegeven;

natuurkundeuitgelegd.nl

3.7 indien in het antwoordmodel verschillende mogelijkheden zijn opgenomen, gescheiden door het teken /, gelden deze mogelijkheden als verschillende formuleringen van hetzelfde antwoord.
3.8 indien in het antwoordmodel een gedeelte van het antwoord tussen haakjes staat, behoeft dit gedeelte niet in het antwoord van de kandidaat voor te komen.

4 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 antwoordmodel anders is vermeld.

5 Een zelfde fout in de beantwoording van verschillende vragen moet steeds opnieuw worden aangerekend, tenzij in het antwoordmodel anders is vermeld.

6 Indien de examinator of de gecommitteerde meent dat in een toets of in het antwoordmodel bij die toets een fout of onvolkomenheid zit, beoordeelt hij het werk van de kandidaten alsof toets en antwoordmodel juist zijn.
Hij kan de fout of onvolkomenheid mededelen aan de CEVO.
Het is niet toegestaan zelfstandig af te wijken van het antwoordmodel. Met een eventuele fout wordt bij de definitieve normering van het examen rekening gehouden.

7 Voor deze toets kunnen maximaal 83 scorepunten worden behaald. Scorepunten worden toegekend op grond van het door de kandidaat gegeven antwoord op iedere vraag. Er worden geen scorepunten vooraf gegeven.

8 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 (artikel 42, tweede lid, Eindexamenbesluit VWO/HAVO/MAVO/VBO).
Dit cijfer kan afgelezen worden uit tabellen die beschikbaar worden gesteld. Tevens wordt er een computerprogramma verspreid waarmee voor alle scores het cijfer berekend kan worden.

3 Vakspecifieke regels

Voor het vak Natuurkunde 1,2 (nieuwe stijl) en natuurkunde (oude stijl) VWO 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.

natuurkundeuitgelegd.nl

Antwoorden	Deel-scores

Opgave 1 Ralph en Norton

Maximumscore 4

1 □ voorbeeld van een antwoord:
Er geldt $v = \omega r$. De baansnelheid is gegeven in twee significante cijfers.
$r_{\text{Ralph}} = 6{,}378 \cdot 10^3 + 1{,}000 \cdot 10^3 = 7{,}378 \cdot 10^3$ km en $r_{\text{Norton}} = r_{\text{Ralph}} + 4{,}0 = 7{,}382 \cdot 10^3$ km.
Omdat deze twee afstanden binnen de gegeven nauwkeurigheid gelijk zijn, is de baansnelheid van Norton gelijk aan die van Ralph.

- gebruik van $v = \omega r$ 1
- inzicht dat $r_{\text{Ralph}} = 6{,}378 \cdot 10^3 + 1{,}000 \cdot 10^3$ en $r_{\text{Norton}} = r_{\text{Ralph}} + 4{,}0$ 1
- inzicht dat $r_{\text{Norton}} = r_{\text{Ralph}}$ binnen de gegeven nauwkeurigheid 1
- conclusie 1

Maximumscore 3

2 □ uitkomst: $F_{\text{L}} = 3{,}9 \cdot 10^3$ N

voorbeeld van een berekening:
$F_{\text{L}} = Bqv = 3{,}0 \cdot 10^{-5} \cdot q \cdot 7{,}4 \cdot 10^3$.
$q = ne = 1{,}1 \cdot 10^{23} \cdot 1{,}602 \cdot 10^{-19}$ C. Invullen in bovenstaande formule levert:
$F_{\text{L}} = 3{,}0 \cdot 10^{-5} \cdot 1{,}1 \cdot 10^{23} \cdot 1{,}602 \cdot 10^{-19} \cdot 7{,}4 \cdot 10^3 = 3{,}9 \cdot 10^3$ N.

- gebruik van $F_{\text{L}} = Bqv$ met $B = 3{,}0 \cdot 10^{-5}$ T en $v = 7{,}4 \cdot 10^3$ m s^{-1} 1
- in rekening brengen van n 1
- completeren van de berekening 1

Maximumscore 3

3 □ voorbeelden van een antwoord:

- ($\vec{v}$ is naar rechts gericht en $\vec{B}$ omhoog.) Volgens de kurkentrekkerregel of een andere regel is de lorentzkracht op een positieve lading van de aarde af gericht. De lorentzkracht op de vrije elektronen is dus naar (het middelpunt van) de aarde toe gericht.
- vat de naar rechts gaande vrije elektronen op als een naar links gaande stroom $\vec{I}$. Pas de kurkentrekker- of andere regel toe, met $\vec{I}$ naar links en $\vec{B}$ omhoog. De lorentzkracht is naar de aarde toe gericht.

- noemen van een richtingregel 1
- rekening houden met negatieve lading 1
- conclusie 1

natuurkundeuitgelegd.nl

Maximumscore 3

4 ☐ uitkomst: $U = 8{,}9 \cdot 10^{2}$ V

voorbeeld van een berekening:
De elektrische kracht en de lorentzkracht op een elektron zijn met elkaar in evenwicht:
$F_{el} = F_L$. Hieruit volgt $qE = Bqv$, dus $E = Bv$.

Voor de elektrische veldsterkte geldt $E = \frac{U}{l}$.

Dus $U = El = Bvl = 3{,}0 \cdot 10^{-5} \cdot 7{,}4 \cdot 10^{3} \cdot 4{,}0 \cdot 10^{3} = 8{,}9 \cdot 10^{2}$ V.

- inzicht dat $E = Bv$ — **1**
- gebruik van $E = (-)\frac{\Delta V}{\Delta x}$ of $E = \frac{U}{l}$ — **1**
- completeren van de berekening — **1**

natuurkundeuitgelegd.nl

Opgave 2 Temperatuursensor

Maximumscore 5

5 ☐ voorbeeld van een antwoord:
Sluit tussen de rode en de gele aansluiting de batterij en de stroommeter in serie aan. Meet de stroomsterkte (I_0). Verwarm de sensor met de warmtebron en meet opnieuw de stroomsterkte (I_1).
Er zijn dan drie mogelijkheden A, B en C.
Mogelijkheid A: $I_1 > I_0$. Dan is R_1 een NTC-weerstand en R_2 de temperatuuronafhankelijke weerstand.
Mogelijkheid B: $I_1 < I_0$. Dan is R_1 een temperatuurafhankelijke weerstand die niet van het type NTC is. R_2 is de temperatuuronafhankelijke weerstand.
Mogelijkheid C: $I_1 = I_0$. Dan is R_1 de temperatuuronafhankelijke weerstand.
Sluit vervolgens tussen de gele en de zwarte aansluiting de batterij in serie met de stroommeter aan. Meet de stroomsterkte (I_2). Verwarm de sensor met de warmtebron en meet opnieuw de stroomsterkte (I_3).
Als $I_3 > I_2$, is R_2 een NTC-weerstand. In het andere geval is R_2 niet van het NTC-type.

- inzicht in het aansluiten op de juiste aansluitingen (kleuren) en het verwarmen **1**
- inzicht in mogelijkheid A **1**
- inzicht in mogelijkheid B **1**
- inzicht in mogelijkheid C met $I_3 > I_2$ **1**
- inzicht in mogelijkheid C met $I_2 \geq I_3$ **1**

Maximumscore 4

6 ☐ uitkomst: De sensorspanning is 1,6 V.

voorbeeld van een bepaling:
Bij 36 °C geldt $R_2 = 22{,}1\ \text{k}\Omega$. Dus $R = R_1 + R_2 = 47{,}0 + 22{,}1 = 69{,}1\ \text{k}\Omega$.
Dan is $I = \dfrac{5{,}0}{69{,}1 \cdot 10^3} = 7{,}24 \cdot 10^{-5}$ A. Dus $U_2 = 7{,}24 \cdot 10^{-5} \cdot 22{,}1 \cdot 10^3 = 1{,}6$ V.

- aflezen van R_2 bij 36 °C (met een marge van $0{,}1\ \text{k}\Omega$) **1**
- berekenen van $R_1 + R_2$ **1**
- berekenen van I **1**
- completeren van de bepaling **1**

natuurkundeuitgelegd.nl

Opgave 3 Duikbril

Maximumscore 5

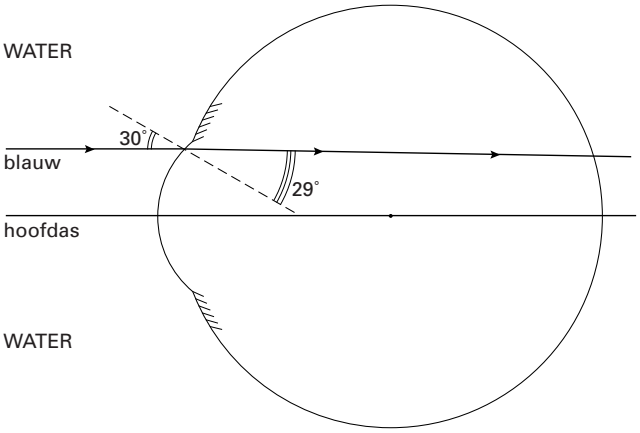
7 □ antwoord:

Voor blauw licht is de brekingsindex voor de overgang van lucht naar water 1,337.

Voor de overgang van water (van 20 °C) naar hoornvlies geldt: $n_{1,2} = \frac{1,38}{1,337} = 1,032$.

De brekingshoek r kan nu worden berekend met $\frac{\sin i}{\sin r} = n_{1,2}$, met $i = 30°$.

Dan is $\sin r = \frac{\sin 30°}{1,032} = 0,4845$, waaruit volgt $r = 29°$.



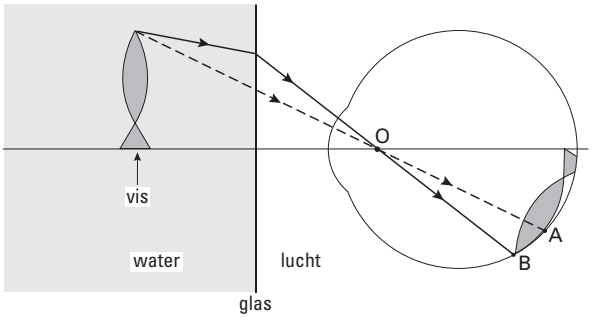
- opzoeken van de brekingsindex van water voor blauw licht — 1
- berekenen van $n_{1,2}$ — 1
- gebruik van $n = \frac{\sin i}{\sin r}$ — 1
- berekenen van r — 1
- tekenen van de gebroken lichtstraal — 1

Opmerking
Breking van de normaal af: maximaal 3 punten.

natuurkundeuitgelegd.nl

Maximumscore 3

8 ☐ voorbeeld van een antwoord:



Zónder water zou een lichtstraal die vanaf de bek via O loopt, in A terechtkomen. (Bij de overgang van water naar lucht breekt de lichtstraal van de normaal af.) Mét water komt een lichtstraal die vanaf de bek via O loopt dus ongeveer in B terecht.
Onder water (ontstaat dus een groter beeld van de vis op het netvlies en) lijkt de vis dus groter.

- inzicht dat een lichtstraal bij de overgang van water naar lucht van de normaal af breekt **1**
- een lichtstraal door O, afkomstig van hetzelfde punt, komt mét water lager op het netvlies terecht **1**
- conclusie **1**

Maximumscore 2

9 ☐ voorbeeld van een antwoord:
De absorptie van licht met grotere golflengten zoals rood is sterker dan van licht met kleinere golflengten zoals blauw. Op grotere diepte lijkt een voorwerp hierdoor ’blauwer’.

- inzicht dat de absorptie van rood licht sterker is dan van blauw licht **1**
- conclusie **1**

natuurkundeuitgelegd.nl

Opgave 4 Golfgenerator

Maximumscore 5

10 uitkomst: $m = 8{,}1 \cdot 10^3$ kg of $m = 8{,}7 \cdot 10^3$ kg

voorbeelden van een berekening:
methode 1
De hoogte van de luchtbel is 7,7 m.
Het volume van de lucht is $V = \pi r^2 h_{\text{cilinder}} = \pi \cdot 10^2 \cdot 7{,}7 = 2{,}4 \cdot 10^3$ m^3.
De temperatuur is ongeveer 290 K.
Er geldt $n = \frac{pV}{RT} = \frac{2{,}8 \cdot 10^5 \cdot 2{,}4 \cdot 10^3}{8{,}31 \cdot 290} = 2{,}8 \cdot 10^5$ mol.
Dus $m = nM = 2{,}8 \cdot 10^5 \cdot 28{,}8 \cdot 10^{-3} = 8{,}1 \cdot 10^3$ kg.

- bepalen van de hoogte van de luchtbel (7,7 m met een marge van 1,0 m) **1**
- berekenen van V **1**
- gebruik van de algemene gaswet **1**
- een temperatuur aangeven tussen 273 K en 303 K **1**
- completeren van de berekening **1**

methode 2
De hoogte van de luchtkolom is 7,7 m.
Het volume van de lucht is $V = \pi r^2 h_{\text{cilinder}} = \pi \cdot 10^2 \cdot 7{,}7 = 2{,}4 \cdot 10^3$ m^3.
De dichtheid van lucht is volgens Binas $1{,}293$ kg m^{-3} bij standaarddruk, dus hier 2,8 keer zo groot. (Neem aan dat de temperatuur ongeveer 273 K is.)
De massa is dus $m = \rho V = 2{,}8 \cdot 1{,}293 \cdot 2{,}4 \cdot 10^3 = 8{,}7 \cdot 10^3$ kg.

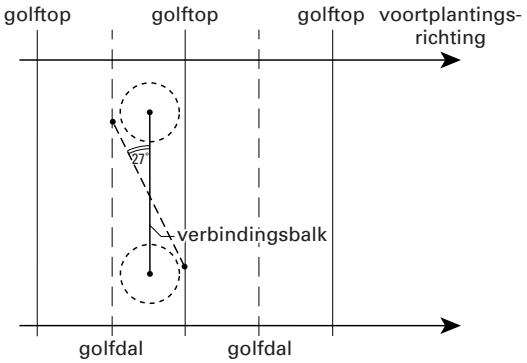
- bepalen van de hoogte van de luchtbel (7,7 m met een marge van 1,0 m) **1**
- berekenen van V **1**
- gebruik van de dichtheid uit Binas **1**
- rekening houden met de druk (factor 2,8) **1**
- completeren van de berekening **1**

natuurkundeuitgelegd.nl

Maximumscore 3

11 □ uitkomst: 27°

voorbeeld van een bepaling:



Meting in de figuur levert als uitkomst 27° .

- inzicht dat de uiteinden van de verbindingsbalk op een golftop en op een golfdal moeten liggen **1**
- tekenen van de verbindingsbalk in de gewenste richting **1**
- meten van de hoek (met een marge van 2°) **1**

Maximumscore 2

12 □ voorbeelden van oorzaken:
- Het is bij deze lange golven niet mogelijk om de ene paddestoel onder een golfberg te plaatsen en tegelijkertijd de andere onder een golfdal.
- Bij deze lange golven is de frequentie waarmee de lucht tussen de twee paddestoelen heen en weer gaat klein.

- eerste oorzaak **1**
- tweede oorzaak **1**

Maximumscore 3

13 □ uitkomst: $v = 7{,}50\ \text{m s}^{-1}$

voorbeeld van een berekening:
De periodetijd is 24,0 s. De golflengte is 180 m.
Dus $v = \frac{\lambda}{T} = \frac{180}{24{,}0} = 7{,}50\ \text{m s}^{-1}$.

- bepalen van T (met een marge van 0,2 s) **1**
- gebruik van $v = \frac{\lambda}{T}$ **1**
- completeren van de berekening **1**

natuurkundeuitgelegd.nl

Maximumscore 4

14 □ uitkomst: $U = 4,2$ V

voorbeeld van een berekening:
De maximaal te meten druk is $3,10 \cdot 10^5$ Pa, dus $2,10 \cdot 10^5$ Pa meer dan de druk waarbij de sensor $0,0$ V afgeeft.
De maximale spanning is dan $2,10 \cdot 10^5 \cdot 20 \cdot 10^{-6} = 4,2$ V.

- aflezen van de maximale druk (met een marge van $0,01 \cdot 10^5$ Pa) **1**
- in rekening brengen van $1,0 \cdot 10^5$ Pa **1**
- inzicht dat $U = \textit{gevoeligheid} \times \Delta p$ **1**
- completeren van de berekening **1**

natuurkundeuitgelegd.nl

Opgave 5 Parachute

Maximumscore 4

15 ☐ uitkomst: Het duurt 30 s langer.

voorbeeld van een berekening:
Voor een vrije val geldt $s = \frac{1}{2}gt^2$. Dus $4300 = \frac{1}{2} \cdot 9{,}8 \cdot t^2$.
Hieruit volgt $t = 30$ s.
Aflezen van t in de grafiek voor $h = 700$ m levert $t = 60$ s.
De val met luchtwrijving duurt dus $60 - 30 = 30$ s langer.

- gebruik van $s = \frac{1}{2}gt^2$ — 1
- berekenen van t met deze formule — 1
- t aflezen in de grafiek bij $h = 700$ m (met een marge van 1 s) — 1
- completeren van de berekening — 1

Maximumscore 2

16 ☐ antwoord:
De twee grafieken lopen (voor $h < 600$ m) evenwijdig, dus hun steilheden zijn gelijk en dus ook de bijbehorende snelheden.

- inzicht dat de snelheid gelijk is aan de steilheid — 1
- constateren dat de steilheden gelijk zijn — 1

Maximumscore 3

17 ☐ antwoord:
De (constante) eindsnelheid wordt bereikt als $F_w = F_z$. Voor beide sprongen is F_z gelijk, dus F_w ook. Uit de formule voor F_w volgt dan dat ook v gelijk is (want de overige factoren in de formule zijn gelijk).

- inzicht dat bij de eindsnelheid geldt $F_w = F_z$ — 1
- inzicht dat F_w voor beide sprongen gelijk is — 1
- completeren van de uitleg — 1

Maximumscore 4

18 ☐ uitkomst: $\mu = 1{,}4 \cdot 10^{-4}$ m^{-1}

voorbeeld van een berekening:
Op 5,0 km hoogte geldt: $0{,}50 = 1{,}0 \cdot e^{-5{,}0 \cdot 10^3 \mu}$. Dus $\ln 0{,}50 = -5{,}0 \cdot 10^3 \mu$.
Dus $\mu = \frac{\ln 0{,}50}{-5{,}0 \cdot 10^3} = \frac{-0{,}693}{-5{,}0 \cdot 10^3} = 1{,}4 \cdot 10^{-4}$ m^{-1}.

- inzicht dat $0{,}50 = 1{,}0 \cdot e^{-5{,}0 \cdot 10^3 \mu}$ — 1
- bewerken tot $\ln 0{,}50 = -5{,}0 \cdot 10^3 \mu$ — 1
- bepalen van de eenheid van μ — 1
- completeren van de berekening — 1

natuurkundeuitgelegd.nl

Maximumscore 3

19 □ antwoord:
Op kleinere hoogten is de luchtdruk groter. Dus wordt F_w groter.
Als F_w groter wordt dan F_z, neemt de snelheid af.

- inzicht dat p tijdens de val toeneemt **1**
- inzicht dat F_w groter wordt als p groter wordt **1**
- inzicht dat F_w groter wordt dan F_z en dat v dus afneemt **1**

Opmerking
Een redenering met een constante F_w: maximaal 1 punt.

Maximumscore 5

20 □ uitkomst: $W = (-)7{,}1 \cdot 10^5$ J

voorbeeld van een bepaling:
Als de parachute open gaat, is de snelheid $72\ \mathrm{m\,s^{-1}}$; als de parachutist op de grond komt is zijn snelheid $7{,}0\ \mathrm{m\,s^{-1}}$. De afname van de kinetische energie is dus $\Delta E_{kin} = \frac{1}{2} \cdot 75 \cdot (72^2 - 7{,}0^2) = 1{,}93 \cdot 10^5$ J.
Het hoogteverschil is 700 m, dus $\Delta E_z = (-)75 \cdot 9{,}8 \cdot 700 = (-)5{,}15 \cdot 10^5$ J.
De arbeid verricht door de luchtwrijvingskracht is dus $-1{,}93 \cdot 10^5 - 5{,}15 \cdot 10^5 = -7{,}1 \cdot 10^5$ J.

- inzicht dat $(-)W = |\Delta E_{kin}| + |\Delta E_z|$ **1**
- aflezen van de twee snelheden $v_{begin} = (72 \pm 2)\ \mathrm{m\,s^{-1}}$ en $v_{eind} = (7 \pm 1)\ \mathrm{m\,s^{-1}}$ **1**
- berekenen van $|\Delta E_{kin}|$ of van ΔE_{kin} **1**
- berekenen van $|\Delta E_z|$ of van ΔE_z **1**
- completeren van de bepaling **1**

natuurkundeuitgelegd.nl

Opgave 6 Neutrino's

Maximumscore 3

21 ☐ uitkomst: Het energie-equivalent is $0,06$ eV.

voorbeeld van een berekening:

$$E = mc^2 = 1 \cdot 10^{-37} \cdot (3,0 \cdot 10^8)^2 \text{ J} = \frac{1 \cdot 10^{-37} \cdot (3,0 \cdot 10^8)^2}{1,6 \cdot 10^{-19}} = 0,06 \text{ eV}.$$

- gebruik van $E = mc^2$ met $m = 1 \cdot 10^{-37}$ kg **1**
- opzoeken en invullen van c en e **1**
- completeren van de berekening **1**

Opmerking
Gebruik gemaakt van tabel 6 van het informatieboek Binas: geen aftrek.

Maximumscore 3

22 ☐ uitkomst: $\lambda = 2 \cdot 10^{-5}$ m

voorbeeld van een berekening:

$$\lambda = \frac{h}{mv} = \frac{6,63 \cdot 10^{-34}}{1 \cdot 10^{-37} \cdot 3,0 \cdot 10^8} = 2 \cdot 10^{-5} \text{ m}.$$

- gebruik van $\lambda = \frac{h}{mv}$ **1**
- opzoeken en invullen van h en c **1**
- completeren van de berekening **1**

Maximumscore 4

23 ☐ antwoord: ${}^{16}_{8}\text{O} + {}^{0}_{0}v \rightarrow {}^{16}_{9}\text{F} + {}^{0}_{-1}\text{e}$

- neutrino links van de pijl **1**
- elektron rechts van de pijl **1**
- F als reactieproduct **1**
- aantal nucleonen links en rechts gelijk **1**

Maximumscore 3

24 ☐ antwoord:
De kerncentrale is een bron die per seconde $9,0 \cdot 10^{21}$ neutrino's uitzendt. Deze verspreiden zich gelijkmatig in alle richtingen.
Het aantal neutrino's per m^2 per seconde (de deeltjesflux) neemt af volgens de kwadratenwet, naar analogie van $I = \frac{P}{4\pi r^2}$.
Bij de detector op een afstand $r = 1,0$ km is de deeltjesflux gelijk aan

$$\frac{9,0 \cdot 10^{21}}{4\pi \cdot (1,0 \cdot 10^3)^2} = 7,2 \cdot 10^{14} \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}.$$

De meeste neutrino's zijn dus afkomstig van de centrale.

- toepassen van de kwadratenwet **1**
- berekenen van de van de centrale afkomstige deeltjesflux bij de detector **1**
- vergelijken van de deeltjesfluxen en conclusie **1**

Einde

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