Correctievoorschrift VWO

2011

tijdvak 2

natuurkunde

tevens oud programma **natuurkunde 1,2**

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 v.w.o.-h.a.v.o.-m.a.v.o.-v.b.o.
Voorts heeft het College voor Examens (CvE) op grond van artikel 2 lid 2d van de Wet CvE de Regeling beoordelingsnormen en bijbehorende scores centraal examen vastgesteld.
Voor de beoordeling zijn de volgende passages van de artikelen 36, 41, 41a en 42 van het Eindexamenbesluit van belang:
1 De directeur doet het gemaakte werk met een exemplaar van de opgaven, de beoordelingsnormen en het proces-verbaal van het examen toekomen aan de 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 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 gecommitteerde toekomen.
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 Examens.

natuurkundeuitgelegd.nl

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 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 gecommitteerde aanwijzen. De beoordeling van de derde gecommitteerde 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 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 beoordelingsmodel. Scorepunten zijn de getallen 0, 1, 2, ..., n, waarbij n het maximaal te behalen aantal scorepunten voor een vraag is. Andere scorepunten die geen gehele getallen zijn, of een score minder dan 0 zijn niet geoorloofd.

3 Scorepunten worden toegekend met inachtneming van de volgende regels:

3.1 indien een vraag volledig juist is beantwoord, wordt het maximaal te behalen aantal scorepunten toegekend;

3.2 indien een vraag gedeeltelijk juist is beantwoord, wordt een deel van de te behalen scorepunten toegekend, in overeenstemming met het beoordelingsmodel;

3.3 indien een antwoord op een open vraag niet in het beoordelingsmodel voorkomt en dit antwoord op grond van aantoonbare, vakinhoudelijke argumenten als juist of gedeeltelijk juist aangemerkt kan worden, moeten scorepunten worden toegekend naar analogie of in de geest van het beoordelingsmodel;

3.4 indien slechts één voorbeeld, reden, uitwerking, citaat of andersoortig antwoord gevraagd wordt, wordt uitsluitend het eerstgegeven antwoord beoordeeld;

3.5 indien meer dan één voorbeeld, reden, uitwerking, citaat of andersoortig antwoord gevraagd wordt, worden uitsluitend de eerstgegeven antwoorden beoordeeld, tot maximaal het gevraagde aantal;

3.6 indien in een antwoord een gevraagde verklaring of uitleg of afleiding of berekening ontbreekt dan wel foutief is, worden 0 scorepunten toegekend, tenzij in het beoordelingsmodel anders is aangegeven;

3.7 indien in het beoordelingsmodel verschillende mogelijkheden zijn opgenomen, gescheiden door het teken /, gelden deze mogelijkheden als verschillende formuleringen van hetzelfde antwoord of onderdeel van dat antwoord;

natuurkundeuitgelegd.nl

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 punten toegekend. Voor elk ander antwoord worden geen scorepunten toegekend. Indien meer dan één antwoord gegeven is, worden eveneens geen scorepunten toegekend.

5 Een fout mag in de uitwerking van een vraag maar één keer worden aangerekend, tenzij daardoor de vraag aanzienlijk vereenvoudigd wordt en/of tenzij in het beoordelingsmodel anders is vermeld.

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

7 Indien de 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 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.

NB Het aangeven van de onvolkomenheden op het werk en/of het noteren van de behaalde scores bij de vraag is toegestaan, maar niet verplicht.
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.

3 Vakspecifieke regels

Voor dit examen kunnen maximaal 76 scorepunten worden behaald.

Voor dit examen zijn de volgende vakspecifieke regels vastgesteld:

1 Een afwijking in de uitkomst van een berekening door acceptabel tussentijds afronden wordt de kandidaat niet aangerekend.

natuurkundeuitgelegd.nl

2 De uitkomst van een berekening mag één significant cijfer meer of minder bevatten dan op grond van de nauwkeurigheid van de vermelde gegevens verantwoord is, tenzij in de vraag is vermeld hoeveel significante cijfers de uitkomst dient te bevatten.
3 Het laatste scorepunt, aangeduid met 'completeren van de berekening', wordt niet toegekend in de volgende gevallen:
   – een fout in de nauwkeurigheid van de uitkomst
   – een of meer rekenfouten
   – het niet of verkeerd vermelden van de eenheid van een uitkomst, tenzij gezien de vraagstelling het weergeven van de eenheid overbodig is. In zo'n geval staat in het antwoordmodel de eenheid tussen haakjes.
4 Het laatste scorepunt wordt evenmin toegekend als juiste antwoordelementen foutief met elkaar worden gecombineerd of als een onjuist antwoordelement een substantiële vereenvoudiging van de berekening tot gevolg heeft.
5 In het geval van een foutieve oplossingsmethode, waarbij geen of slechts een beperkt aantal deelscorepunten kunnen worden toegekend, mag het laatste scorepunt niet worden toegekend.

4 Beoordelingsmodel

Vraag	Antwoord	Scores

Opgave 1 Vijftig meter vlinderslag

1 maximumscore 3
uitkomst: $t = 23,6$ s

voorbeeld van een berekening:
Joep legt de eerste 15,0 meter af in 6,80 s.
Dus hij moet nog 35,0 meter afleggen. Dit zijn $\frac{35,0}{2,50} = 14,0$ slagen.
De tijd voor één slag is: $T = \frac{1}{f} = \frac{1}{0,833} = 1,20$ s.
Dus voor de eindtijd geldt: $t = 6,80 + 14,0 \cdot 1,20 = 23,6$ s.

- inzicht dat 35,0 meter bestaat uit 14,0 hele slagen 1
- gebruik van $T = \frac{1}{f}$ 1
- completeren van de berekening 1

natuurkundeuitgelegd.nl

2 maximumscore 4

voorbeeld van een uitleg:

De relatieve toename van de slagfrequentie is: $\frac{\Delta f}{f} = \frac{0,047}{0,833} = 0,056$.

De relatieve afname van de slaglengte is: $\frac{\Delta l}{l} = \frac{0,10}{2,50} = 0,040$.

De eerste bewering is dus waar.

De 35,0 meter boven water bevat dan $\frac{35,0}{2,40} = 14,6$ slagen.

Dus hij komt niet met zijn handen naar voren uit.
Dus is het niet zeker dat Joep een snellere tijd zwemt.

- inzicht dat $\frac{\Delta f}{f}$ vergeleken moet worden met $\frac{\Delta l}{l}$ 1
- conclusie dat de eerste bewering waar is 1
- inzicht dat bepaald moet worden of Joep een heel aantal slagen maakt 1
- conclusie dat de tweede uitspraak niet waar is 1

3 maximumscore 2

voorbeeld van een antwoord:
De snelheid wordt bepaald door de nettokracht.
Voor de nettokracht geldt: $F_{\text{netto}} = F_{\text{stuw}} - F_{\text{weerstand}}$.
Zolang de nettokracht groter dan nul is, neemt de snelheid toe.
(Dus de snelheid is pas maximaal als de nettokracht gelijk aan nul wordt.)

- inzicht dat $F_{\text{netto}} = F_{\text{stuw}} - F_{\text{weerstand}}$ 1
- inzicht dat de snelheid toeneemt zolang $F_{\text{netto}} > 0$ 1

4 maximumscore 3

uitkomst: $k = 65\ \text{Ns}^2\text{m}^{-2}$ (of kg m^{-1}) (met een marge van $15\ \text{Ns}^2\text{m}^{-2}$)

voorbeeld van een bepaling:
Er geldt: $F_w = kv^2$.
Aflezen uit figuur 2 en 3 levert: $F_w = 800$ N bij $v = 3,5\ \text{m s}^{-1}$.
Invullen levert: $k = \frac{800}{3,5^2} = 65\ \text{Ns}^2\text{m}^{-2}$ (kg m^{-1}).

- aflezen van de waarden van de weerstandskracht en de bijbehorende snelheid 1
- berekenen van k 1
- noteren van de eenheid 1

natuurkundeuitgelegd.nl

5 maximumscore 3

voorbeeld van een antwoord:
De arbeid kan geschat worden met: $W = Fs$ met $s = v_{gem}t$.

Met behulp van figuur 2 en 3 is een schatting te maken van de snelheid en de voortstuwende kracht. Dit levert: $F_{gem} = 0,7 \cdot 10^3$ N en $v_{gem} = 2,5$ m s^{-1}.

Invullen levert: $W = 0,7 \cdot 10^3 \cdot 2,5 \cdot 0,5 = 0,9$ kJ. Dus antwoord c is juist.

- gebruik van $W = Fs$ met $s = v_{gem}t$ 1
- schatten van de gemiddelde waarden in figuur 2 en 3 1
- completeren van het antwoord 1

Opgave 2 Wipwap

6 maximumscore 4

uitkomst: $v = 6,6$ m (met een marge van 0,2 m)

voorbeeld van een bepaling:
De afstand tussen de paarden is op de foto 4,1 cm. Dat is op de chip dus $\frac{4,1}{7,5} = 0,547$ cm. Voor de vergroting geldt: $N = \frac{BB'}{VV'} = \frac{0,547}{300} = 1,82 \cdot 10^{-3}$.

Dus geldt: $b = 1,82 \cdot 10^{-3} v$.

Invullen in de lenzenformule geeft: $\frac{1}{1.82 \cdot 10^{-3} v} + \frac{1}{v} = \frac{1}{0,012}$.

Hieruit volgt: $v = 6,6$ m.

- inzicht dat $N = \frac{BB'}{VV'} = \frac{b}{v}$ 1
- in rekening brengen van de factor 7,5 1
- gebruik van $\frac{1}{v} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f}$ of inzicht dat $b \approx f$ 1
- completeren van de bepaling 1

natuurkundeuitgelegd.nl

7 maximumscore 3

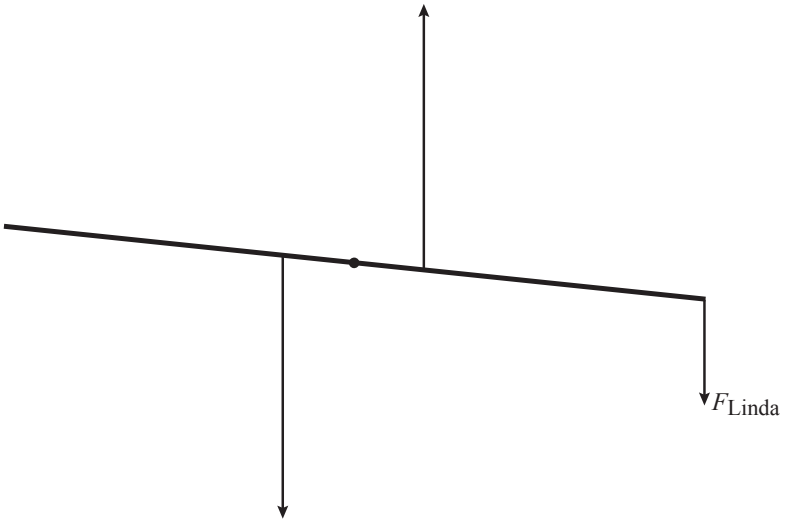
uitkomst: $s = 2{,}3$ m (met een marge van 0,2 m)

voorbeeld van een bepaling:
Op de foto is de afstand tussen de aangeven palen 2,0 cm.
Ter hoogte van de wipwap komt 4,1 cm overeen met een werkelijke afstand van 3,00 m. Dus 1,0 cm komt overeen met $\frac{3{,}00}{4{,}1} = 0{,}732$ m.
Omdat het hek 1,6 maal zo ver weg staat als de wipwap, geldt op die afstand: 1,0 cm komt overeen met $1{,}6 \cdot 0{,}732 = 1{,}17$ m.
Dus de afstand tussen twee palen bedraagt $2{,}0 \cdot 1{,}17 = 2{,}3$ m.

- bepalen van de omrekenfactor ter hoogte van de wipwap 1
- inzicht dat wipwap 1,6 maal meer vergroot is dan het hek 1
- completeren van de bepaling 1

8 maximumscore 4

voorbeeld van een antwoord:



Toelichting:
Er is evenwicht dus de som van de momenten is 0.
Er geldt dus: $M_{\text{veren}} = M_{\text{Linda}}$. Invullen levert: $2F_{\text{veren}} \cdot 0{,}30 = F_{\text{Linda}} \cdot 1{,}50$.
Hieruit volgt: $F_{\text{veren}} = 2{,}5F_{\text{Linda}}$.

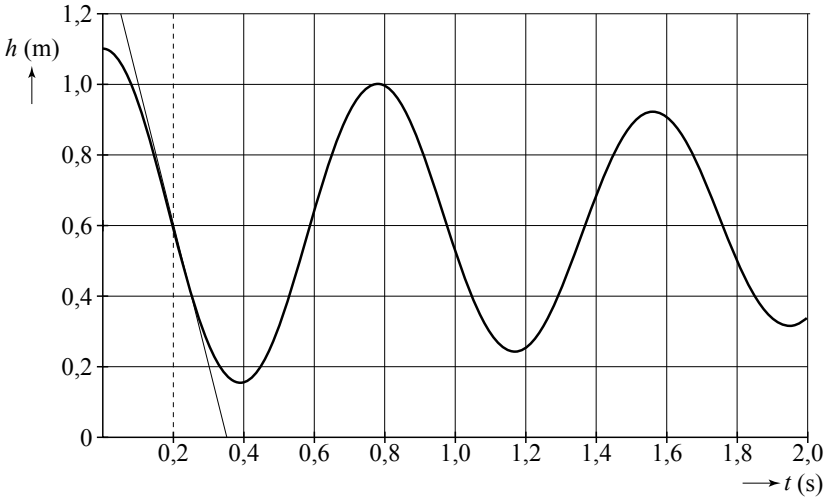
- inzicht dat beide veren een even grote maar tegengesteld gerichte kracht uitoefenen 1
- inzicht in de factor 5 of gebruik van de momentenwet 1
- tekenen van twee vectoren bij de veren met de juiste richting 1
- de lengte van de getekende vectoren ligt tussen 3,5 cm en 4,0 cm 1

natuurkundeuitgelegd.nl

9 maximumscore 3

antwoord: $v = 3{,}8\ \text{m s}^{-1}$ (met een marge van $0{,}5\ \text{m s}^{-1}$)

voorbeeld van een bepaling:



De steilheid van de figuur op $t = 0{,}2$ s bedraagt $v = 3{,}8\ \text{m s}^{-1}$.

- inzicht dat de snelheid van de kinderen op $t = 0{,}2$ s het grootst is 1
- inzicht dat de snelheid gelijk is aan de steilheid van de grafiek 1
- completeren van de bepaling 1

Opmerking

Als de kandidaat de snelheid berekent met $v = \dfrac{2\pi A}{T}$ *en voor A de waarde* 0,475 m *invult: goed rekenen.*

10 maximumscore 3

uitkomst: $m = 68$ kg

voorbeeld van een antwoord:

Voor de trillingstijd van een massaveersysteem geldt: $T = 2\pi\sqrt{\dfrac{m}{C}}$.

Hieruit volgt: $m = \dfrac{T^2 C}{4\pi^2}$. Trillingstijd T is af te lezen uit figuur 3.

Dit levert: $T = 0{,}77$ s. Invullen levert: $m = \dfrac{0{,}77^2 \cdot 4{,}5 \cdot 10^3}{4\pi^2} = 68$ kg.

- gebruik van $T = 2\pi\sqrt{\dfrac{m}{C}}$ 1
- aflezen van T (met een marge van 0,02 s) 1
- completeren van de bepaling 1

natuurkundeuitgelegd.nl

11 maximumscore 4

uitkomst: $\Delta E = 2{,}0 \cdot 10^2$ J

voorbeeld van een bepaling:
Bij de eerste volledige trilling neemt de amplitude af van 50 naar 40 cm.
Voor de veerenergie bij u = 50 cm geldt: $E_v = \frac{1}{2} \cdot 4{,}5 \cdot 10^3 \cdot 0{,}50^2 = 563$ J.
Voor de veerenergie bij u = 40 cm geldt: $E_v = \frac{1}{2} \cdot 4{,}5 \cdot 10^3 \cdot 0{,}40^2 = 360$ J.
Om te blijven bewegen met een amplitude van 50 cm, moeten de meisjes een energie leveren gelijk aan het verschil van deze twee energieën.
Dus $\Delta E = 563 - 360 = 2{,}0 \cdot 10^2$ J.

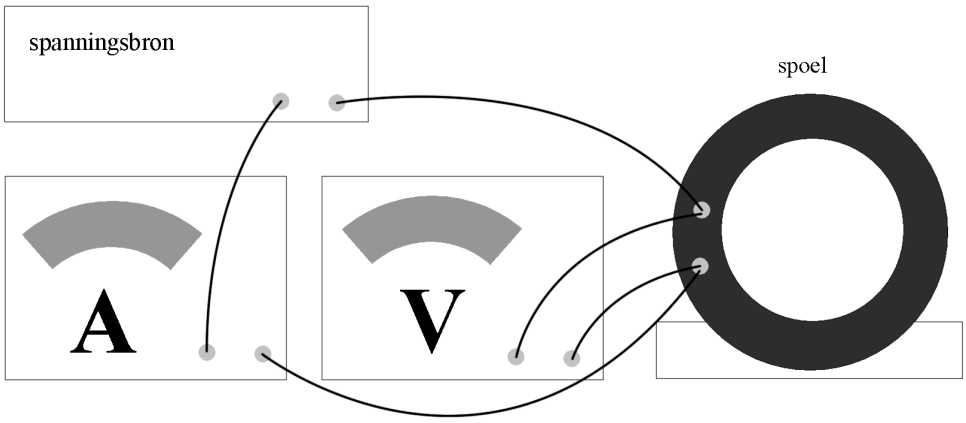
- inzicht dat extra energie gelijk is aan het verschil in de veerenergie 1
- gebruik van $E_v = \frac{1}{2} C u^2$ 1
- aflezen van de amplitudes (met een marge van 2 cm) 1
- completeren van de bepaling 1

Opmerking
Als de kandidaat de amplitudo na 0,4 s *bepaalt en het berekende energieverschil vermenigvuldigt met een factor* 2*: goed rekenen.*

Opgave 3 Spoel van koperdraad

12 maximumscore 2

voorbeeld van een antwoord:



- serieschakeling van voeding, spoel en stroommeter 1
- spanningsmeter parallel aan de spoel of aan de voeding 1

natuurkundeuitgelegd.nl

13 maximumscore 4

uitkomst: $l = 2{,}5 \cdot 10^{2}$ m

voorbeeld van een berekening:

Voor de weerstand geldt: $R = \frac{U}{I} = \frac{0{,}56}{0{,}23} = 2{,}43\ \Omega$.

Voor die weerstand geldt: $R = \rho \frac{l}{A}$.

Hierin is $\rho = 17 \cdot 10^{-9}\ \Omega\text{m}$ en $A = \pi r^2 = \pi \cdot (0{,}5 \cdot 1{,}5 \cdot 10^{-3})^2 = 1{,}77 \cdot 10^{-6}\ \text{m}^2$.

Invullen levert: $l = 2{,}5 \cdot 10^{2}$ m.

- gebruik van $U = IR$ 1
- gebruik van $R = \rho \frac{l}{A}$ met $\rho = 17 \cdot 10^{-9}\ \Omega\text{m}$ 1
- gebruik van $A = \pi r^2$ 1
- completeren van de berekening 1

14 maximumscore 2

voorbeeld van een antwoord:

Voor het magneetveld van een spoel geldt: $B = \mu_0 \frac{NI}{l}$.

Omdat $\mu_0 \frac{N}{l}$ constant is, volgt hieruit dat B rechtevenredig is met I.

Dus geeft de grafiek van B tegen I een rechte lijn.

- inzicht dat $B = \mu_0 \frac{NI}{l}$ 1
- completeren van het antwoord 1

natuurkundeuitgelegd.nl

15 maximumscore 4

uitkomst: $l_d = 253$ m

voorbeeld van een bepaling:

Er geldt: $B = \mu_0 \frac{NI}{l}$. Uit figuur 2 blijkt dat de helling van de lijn gelijk is aan $6{,}33 \cdot 10^{-3}$ T A^{-1}. Dus geldt: $\mu_0 \frac{N}{l} = 6{,}33 \cdot 10^{-3}$.

Met $\mu_0 = 1{,}25664 \cdot 10^{-6}$ H m^{-1} en l = 0,20 m geeft dit: $N = 1007$.

Dit levert voor de lengte van de draad: $l_d = N\pi d = 1007 \cdot \pi \cdot 0{,}08 = 253$ m.

- inzicht dat de helling van de lijn gelijk is aan $\mu_0 \frac{N}{l}$ 1
- aflezen en omrekenen van de helling 1
- inzicht dat $l_d = N\pi d$ 1
- completeren van de bepaling 1

16 maximumscore 2

voorbeeld van een antwoord:

De weerstand van de draad wordt groter. Dit komt doordat de draad warmer wordt.

- inzicht dat de weerstand van de draad groter wordt 1
- inzicht dat dit komt doordat de temperatuur van de draad stijgt 1

natuurkundeuitgelegd.nl

Opgave 4 Satelliet met tether

17 maximumscore 4

voorbeeld van een antwoord:

Bij een cirkelbeweging rond de aarde geldt: $F_{mpz} = F_g$.

Aangezien $F_{mpz} = \frac{mv^2}{r}$ en $F_g = G\frac{mM}{r^2}$ levert dit: $v^2 = \frac{GM}{r}$.

Invullen van $v = \frac{2\pi r}{T}$ levert: $T^2 = \frac{4\pi^2 r^3}{GM}$ en dus $T = 2\pi\sqrt{\frac{r^3}{GM}}$.

- inzicht dat $F_{mpz} = F_g$ met $F_{mpz} = \frac{mv^2}{r}$ en met $F_g = G\frac{mM}{r^2}$ 1
- gebruik van $v = \frac{2\pi r}{T}$ 1
- completeren van de afleiding 2

Opmerking
De 2 scorepunten voor het completeren van de afleiding mogen alleen worden toegekend als de afleiding helemaal goed is. In alle andere gevallen mogen geen punten worden toegekend voor het completeren van de afleiding.

natuurkundeuitgelegd.nl

18 maximumscore 5

antwoord: het hoogteverlies per omwenteling is 0,026 km

voorbeeld van een bepaling:
De daalsnelheid kan bepaald worden door de raaklijn aan de grafiek op 400 km te tekenen. Dit levert een daling op van 0,41 km per dag.

De omlooptijd is te berekenen met de formule $T = 2\pi\sqrt{\frac{r^3}{GM}}$.

Dit levert:

$T = 2\pi\sqrt{\frac{r^3}{GM}} = 2\pi\sqrt{\frac{(6{,}378\cdot10^6 + 4{,}00\cdot10^5)^3}{6{,}6726\cdot10^{-11}\cdot5{,}976\cdot10^{24}}} = 5552 \text{ s} = 92{,}54 \text{ min.}$

In één dag maakt de satelliet $\frac{24\cdot60}{92{,}54} = 15{,}56$ omwentelingen, dus is het hoogteverlies per omwenteling $\frac{0{,}41}{15{,}56} = 0{,}026$ km.

- inzicht dat de daalsnelheid gelijk is aan de helling van de raaklijn op een hoogte van 400 km 1
- bepalen van de helling van de raaklijn op een hoogte van 400 km (met een marge van 0,05 km per dag) 1
- inzicht dat $r = R_A + h$ 1
- opzoeken van R_A, M en G 1
- completeren van de bepaling 1

19 maximumscore 3

voorbeeld van een antwoord:
B is gericht naar het noorden. Volgens een richtingsregel is F_L naar achteren gericht (papier in). Dus beweegt de satelliet in oostelijke richting.

- aangeven van de richting van het aardmagnetisch veld 1
- aangeven van de richting van F_L 1
- completeren van het antwoord 1

natuurkundeuitgelegd.nl

20 maximumscore 3

antwoord: $l = 5{,}1 \cdot 10^{2}$ m

voorbeeld van een berekening:
Er geldt: $F_w = F_L$ met $F_L = BIl$. Invullen levert: $4{,}7 \cdot 10^{-3} = 8{,}4 \cdot 10^{-6} \cdot 1{,}1 \cdot l$.
Dit geeft: $l = 5{,}1 \cdot 10^{2}$ m.

- inzicht dat $F_w = F_L$ 1
- gebruik van $F_L = BIl$ 1
- completeren van de berekening 1

21 maximumscore 2

voorbeelden van een antwoord:

methode 1
Als de satelliet over de magnetische polen van de aarde beweegt, is de stroomsterkte evenwijdig aan de veldlijnen, dus er is geen lorentzkracht.

- inzicht dat de stroom evenwijdig aan de veldlijnen loopt 1
- consequente conclusie 1

methode 2
Als de satelliet een baan maakt over de magnetische polen van de aarde, is boven de evenaar de lorentzkracht gericht loodrecht op de bewegingsrichting. (Dus wordt de satelliet afgebogen en niet versneld.)

- inzicht dat boven de evenaar de lorentzkracht gericht is loodrecht op de bewegingsrichting 1
- consequente conclusie 1

natuurkundeuitgelegd.nl

Opgave 5 Radondochters

22 maximumscore 3

voorbeeld van een antwoord:

Als $^{238}_{92}\mathrm{U}$ vervalt naar $^{222}_{86}\mathrm{Rn}$ komen in totaal 16 nucleonen vrij. Dit komt overeen met een geheel aantal (4) alfadeeltjes (en een aantal bètadeeltjes).

Als $^{232}_{90}\mathrm{Th}$ vervalt naar $^{222}_{86}\mathrm{Rn}$ komen er 10 nucleonen vrij. Dit is niet een geheel aantal alfadeeltjes. Dus ontstaat $^{222}_{86}\mathrm{Rn}$ niet uit $^{232}_{90}\mathrm{Th}$ maar uit $^{238}_{92}\mathrm{U}$.

- inzicht dat gekeken moet worden naar het totale aantal nucleonen dat vrijkomt 1
- inzicht dat de vrijkomende nucleonen moeten bestaan uit alfadeeltjes 1
- completeren van het antwoord 1

Opmerking
Als de kandidaat de vraag toch beantwoordt door de vervalvergelijkingen op te schrijven: geen aftrek.

23 maximumscore 2

voorbeeld van een antwoord:

Er is constante aanvoer. Op een bepaald moment ontstaat er evenwicht, waarbij er evenveel radon-222 vervalt, als dat er bijkomt.

Dit geldt ook voor de radondochters, dus per tijdseenheid vervallen er evenveel als dat er ontstaan. (Dus is de activiteit van de radondochters gelijk aan de activiteit van radon-222.)

- inzicht dat evenveel deeltjes radon-222 vervallen als er ontstaan 1
- inzicht dat dat ook voor de radondochters geldt 1

natuurkundeuitgelegd.nl

24 maximumscore 4

uitkomst: $D = 2,2 \cdot 10^{-7}$ Gy (of J kg^{-1})

voorbeeld van een berekening:
De energie is de energie die het verval van de twee isotopen met alfaverval levert. Dit zijn: polonium-218 en polonium-214. Het aantal kernen polonium-218 is gegeven. Alle aanwezige kernen vervallen na verloop van tijd tot polonium-214. Dit zijn er $2,6 \cdot 10^4 + 2,3 \cdot 10^5 + 1,7 \cdot 10^5 = 4,26 \cdot 10^5$ kernen. Invullen levert:

$$D = \frac{E_{str}}{m} =$$

$$\frac{2,6 \cdot 10^4 \cdot 5,998 \cdot 1,602 \cdot 10^{-13} + 4,26 \cdot 10^5 \cdot 7,68 \cdot 1,602 \cdot 10^{-13}}{2,5} = 2,2 \cdot 10^{-7} \text{ Gy.}$$

- inzicht dat alle aanwezige isotopen uiteindelijk vervallen als polonium-214 1
- inzicht dat $E_{str} = nE_{deeltje}$ en opzoeken van $E_{deeltje}$ 1
- omrekenen van MeV naar J 1
- completeren van de berekening 1

5 Inzenden scores

Verwerk de scores alle kandidaten per school in het programma WOLF.
Zend de gegevens uiterlijk op 24 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