Correctievoorschrift VWO

2012

tijdvak 1

natuurkunde

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

1 Regels voor de beoordeling

Het werk van de kandidaten wordt beoordeeld met inachtneming van de artikelen 41 en 42 van het Eindexamenbesluit 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 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 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.

natuurkundeuitgelegd.nl

3 Vakspecifieke regels

Voor dit examen kunnen maximaal 77 scorepunten worden behaald.

Voor dit examen zijn de volgende vakspecifieke regels vastgesteld:

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

2 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 Lichtpracticum

1 maximumscore 2

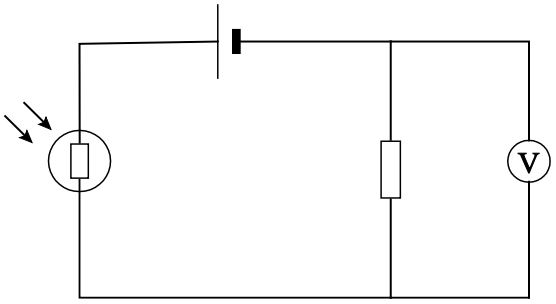
voorbeeld van een antwoord:
- De buis is aan beide kanten afgesloten om licht van buitenaf te voorkomen.
- De buis is van binnen zwart gemaakt om reflecties van het licht in de buis te voorkomen.

- inzicht dat licht van buitenaf tegengehouden moet worden 1
- inzicht dat reflecties van het licht in de buis voorkomen moeten worden 1

natuurkundeuitgelegd.nl

2 maximumscore 4

voorbeeld van een antwoord:



De weerstanden verhouden zich als de spanningen over de weerstanden. Omdat de som van twee spanningen gelijk is aan de batterijspanning, is hiermee de weerstand van de LDR te bepalen.

- tekenen van een circuit met een spanningsbron, de weerstand en de LDR in serie 1
- tekenen van de spanningsmeter parallel aan de weerstand of de LDR 1
- inzicht dat de weerstanden zich verhouden als de spanningen over die weerstanden 1
- completeren van de uitleg 1

Opmerkingen
- *De LDR hoeft niet met het juiste symbool uit Binas getekend te worden.*
- *Als er meer elementen in de schakeling gebruik zijn: maximaal 2 punten toekennen*

3 maximumscore 4

voorbeeld van een antwoord:
Bij x = 4 cm geldt voor de weerstand van de LDR: $R_4 = 4{,}0$ kΩ.
Uit de ijkgrafiek volgt een verlichtingssterkte van 160 lux.
Bij x = 8 cm volgt voor de weerstand van de LDR: $R_8 = 10{,}5$ kΩ.
Uit de ijkgrafiek volgt een verlichtingssterkte van 40 lux.
De afstand is 2 keer zo groot dus de verlichtingssterkte zou volgens de kwadratenwet $\frac{1}{2^2} = 0{,}25$ keer zo groot moeten zijn. Uit de metingen volgt voor de verhouding van de verlichtingssterkten: $\frac{40}{160} = 0{,}25$.
(Dus klopt de kwadratenwet voor deze metingen.)

- aflezen van de weerstand van de LDR bij x = 4 cm en x = 8 cm (met een marge van 0,2 kΩ) 1
- aflezen van de bijbehorende verlichtingssterkten uit de ijkgrafiek (met een marge van 5 lux) 1
- inzicht in de kwadratenwet 1
- completeren van het antwoord 1

natuurkundeuitgelegd.nl

Opgave 2 Zweefmolen

4 maximumscore 4

uitkomst: $P = 5{,}4 \cdot 10^4$ W

voorbeelden van een berekening:

methode 1

De massa van de lege zweefmolen wordt gecompenseerd door het contragewicht.

De massa van de passagiers is $m = 22 \cdot 60 = 1{,}32 \cdot 10^3$ kg.

Voor het benodigde vermogen voor het omhoog brengen geldt:

$$P = \frac{E_z}{t} = \frac{mgh}{t} = \frac{1{,}32 \cdot 10^3 \cdot 9{,}81 \cdot 30}{8{,}0} = 4{,}86 \cdot 10^4 \text{ W}.$$

Het rendement van de elektromotor is 90%.

Uit $\eta = \frac{P_{\text{nuttig}}}{P_{\text{in}}}$ volgt: $P_{\text{in}} = \frac{4{,}86 \cdot 10^4}{0{,}90} = 5{,}4 \cdot 10^4$ W.

- gebruik van $P = \frac{E}{t}$ 1
- gebruik van $E_z = mgh$ met $m = 22 \cdot 60$ kg 1
- in rekening brengen van het rendement 1
- completeren van de berekening 1

methode 2

De massa van de lege zweefmolen wordt gecompenseerd door het contragewicht.

De massa van de passagiers is $m = 22 \cdot 60 = 1{,}32 \cdot 10^3$ kg.

Voor het benodigde vermogen voor het omhoog brengen geldt:

$$P = Fv = mg\frac{h}{t} = \frac{1{,}32 \cdot 10^3 \cdot 9{,}81 \cdot 30}{8{,}0} = 4{,}86 \cdot 10^4 \text{ W}.$$

Het rendement van de elektromotor is 90%.

Uit $\eta = \frac{P_{\text{nuttig}}}{P_{\text{in}}}$ volgt: $P_{\text{in}} = \frac{4{,}86 \cdot 10^4}{0{,}90} = 5{,}4 \cdot 10^4$ W.

- gebruik van $P = Fv$ 1
- inzicht dat benodigde kracht F gelijk is aan de zwaartekracht op de passagiers 1
- in rekening brengen van het rendement 1
- completeren van de berekening 1

natuurkundeuitgelegd.nl

5 maximumscore 2

voorbeeld van een antwoord:

– Vóór $t = 5$ s moet de elektromotor arbeid leveren om de passagiers met de zweefmolen de kinetische energie van de ronddraaiende beweging te geven (en na $t = 5$ s niet meer).
– Na $t = 5$ s, als de molen met constante snelheid draait, is er nog vermogen nodig om de wrijving te overwinnen.

- inzicht in de toename van de kinetische energie in het begin 1
- inzicht dat er later vermogen nodig is om de wrijving te overwinnen. 1

6 maximumscore 3

voorbeeld van een uitleg:

De zweefmolen is verder van de cameralens verwijderd dan de lantaarnpaal. De voorwerpsafstand van de mast is dus groter.

Voor de lineaire vergroting geldt: $N = \frac{b}{v}$.

De lineaire vergroting van de zweefmolen is dus kleiner dan van de lantaarnpaal. Dus wordt de zweefmolen kleiner weergegeven dan de lantaarnpaal. Dus is de conclusie onjuist.

- inzicht dat de voorwerpsafstand van de zweefmolen groter is dan de voorwerpsafstand van de lantaarnpaal 1
- inzicht dat de zweefmolen met een andere lineaire vergroting wordt afgebeeld dan de lantaarnpaal 1
- completeren van de uitleg 1

7 maximumscore 3

voorbeeld van een antwoord:

Uit de figuur blijkt dat: $\tan\alpha = \frac{F_{\text{mpz}}}{F_{\text{z}}} = \frac{\frac{mv^2}{r}}{mg} = \frac{v^2}{rg}$.

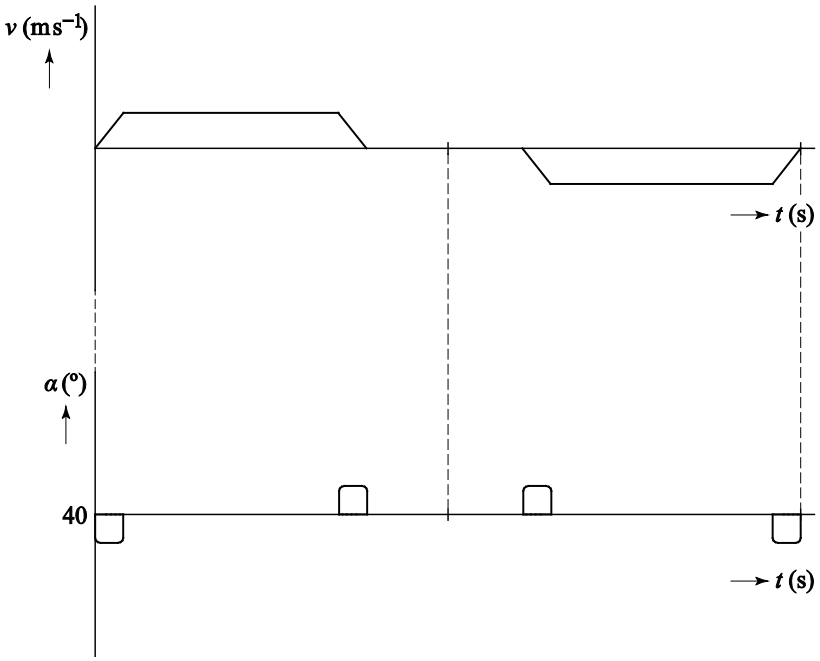
Hieruit volgt dat α onafhankelijk is van m.

- inzicht dat $\tan\alpha = \frac{F_{\text{mpz}}}{F_{\text{z}}}$ 1
- gebruik van $F_{\text{z}} = mg$ en $F_{\text{mpz}} = \frac{mv^2}{r}$ 1
- completeren van het antwoord 1

natuurkundeuitgelegd.nl

8 maximumscore 3

voorbeeld van antwoord:



- inzicht dat hoek α gelijk is aan 40° als de snelheid constant is 1
- inzicht dat hoek α kleiner is dan 40° bij het versnellen omhoog en groter dan 40° bij het vertragen omhoog. 1
- inzicht dat dit bij de beweging omlaag tegengesteld is 1

Opmerking
Als de grafiek niet blokvormig is: niet aanrekenen.

Opgave 3 Absorptie van gammastraling

9 maximumscore 3

voorbeeld van een uitleg:
Het eerste plaatje absorbeert 5% van de inkomende straling. Er komt dus 95% door het eerste plaatje. Het tweede plaatje absorbeert 5% van de overgebleven straling en dat is minder dan 5% van de beginstraling.
Dus na 5 plaatjes is minder dan 25% geabsorbeerd.

- inzicht dat elk plaatje 5% van de inkomende straling absorbeert 1
- inzicht dat elk volgend plaatje absoluut minder straling absorbeert 1
- completeren van de uitleg 1

natuurkundeuitgelegd.nl

10 maximumscore 3

uitkomst: $x = 28$ cm

voorbeeld van een berekening:

Er geldt: $I(x) = I(0)\left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{x}{d_{\frac{1}{2}}}}$. Invullen levert:

$0{,}01 = \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{x}{0{,}042}} \rightarrow x = 0{,}042 \cdot \frac{\log 0{,}01}{\log 0{,}5} = 0{,}279 \text{ m} = 28 \text{ cm}.$

- gebruik van $I(x) = I(0)\left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{x}{d_{\frac{1}{2}}}}$ 1
- inzicht dat $\frac{I(x)}{I(0)} = 0{,}01$ 1
- completeren van de berekening 1

11 maximumscore 2

voorbeeld van een uitleg:

Er geldt: $[n_e] = [\rho] \cdot \frac{[Z]}{[m_{at}]}$. Hierbij is $[\rho] = \text{kg m}^{-3}$, $[Z] = 1$ en $[m_{at}] = \text{kg}$.

Invullen levert: $[n_e] = \text{kg m}^{-3} \frac{1}{\text{kg}} = \text{m}^{-3}$.

- invullen van de eenheden in de formule 1
- completeren van de uitleg 1

natuurkundeuitgelegd.nl

12 maximumscore 4

uitkomst: $\sigma = 2{,}1 \cdot 10^{-29}$ m^2

voorbeeld van een berekening:

Er geldt: $d_{\frac{1}{2}} = \frac{\ln 2}{\sigma} \cdot \frac{1}{n_e}$ en: $n_e = \rho \cdot \frac{Z}{m_{at}}$.

Invullen van de gegevens voor aluminium levert:

$n_e = 2{,}70 \cdot 10^3 \cdot \frac{13}{27{,}0 \cdot 1{,}66 \cdot 10^{-27}} = 7{,}83 \cdot 10^{29}$ m^{-3}.

Uit $d_{\frac{1}{2}} = \frac{\ln 2}{\sigma} \cdot \frac{1}{n_e}$ volgt: $\sigma = \frac{\ln 2}{d_{\frac{1}{2}}} \cdot \frac{1}{n_e}$.

Invullen levert: $\sigma = \frac{\ln 2}{0{,}042} \cdot \frac{1}{7{,}83 \cdot 10^{29}} = 2{,}1 \cdot 10^{-29}$ m^2.

- invullen van de formule $n_e = \rho \cdot \frac{Z}{m_{at}}$ met $\rho = 2{,}70 \cdot 10^3$ kg m^{-3} 1
- inzicht dat $m_{at} = A \cdot u$ 1
- opzoeken van Z en A van aluminium 1
- completeren van de berekening 1

13 maximumscore 3

voorbeeld van een uitleg:

Uit tabel 28E van Binas blijkt dat de halveringsdikte afhangt van de energie van de gammafotonen. Er geldt: $d_{\frac{1}{2}} = \frac{\ln 2}{\sigma} \cdot \frac{1}{n_e}$.

De elektronendichtheid n_e hangt niet af van de energie van de gammafotonen. Dus hangt de trefoppervlakte σ wel af van de energie van de gammafotonen.

- inzicht dat de halveringsdikte afhangt van de energie van de gammafotonen 1
- inzicht dat de elektronendichtheid niet afhangt van de energie van de gammafotonen 1
- completeren van de uitleg 1

natuurkundeuitgelegd.nl

Opgave 4 Getijdenresonantie

14 maximumscore 3

uitkomst:

$v_{max} = 3,7$ (centimeter per minuut) (met een marge van 0,5 (centimeter per minuut))

voorbeelden van een antwoord:

methode 1

Er geldt: $v = \frac{\Delta u}{\Delta t}$.

Aflezen uit de grafiek levert:

$v = \frac{\Delta u}{\Delta t} = \frac{20}{16-7} = 2,22 \text{ m h}^{-1} = 3,7$ centimeter per minuut.

- inzicht dat de snelheid overeenkomt met de helling van de grafiek 1
- tekenen van de raaklijn bij $u = 0$ 1
- completeren van de bepaling 1

methode 2

Voor de maximale snelheid geldt:

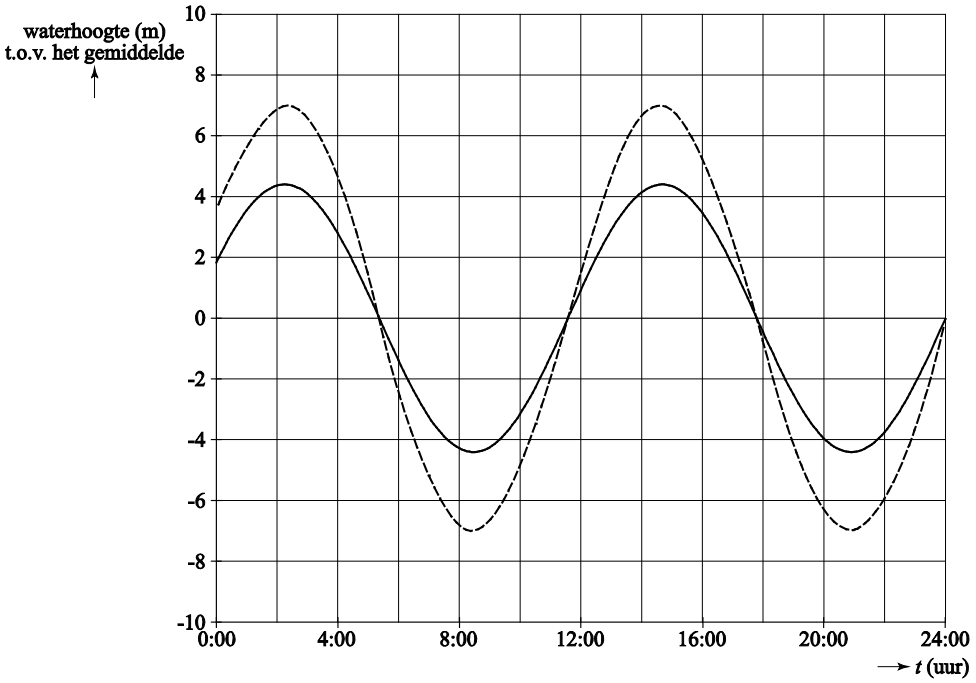
$v_{max} = \frac{2\pi A}{T} = \frac{2\pi \cdot 4,4}{12,4} = 2,23 \text{ m h}^{-1} = 3,7$ centimeter per minuut.

- inzicht dat $v_{max} = \frac{2\pi A}{T}$ 1
- aflezen van A en T 1
- completeren van de berekening 1

natuurkundeuitgelegd.nl

15 maximumscore 3

voorbeeld van een antwoord:



- de grafiek gaat op dezelfde tijdstippen door de nul als de gegeven grafiek 1
- de grafiek heeft de toppen op dezelfde tijdstippen als de gegeven grafiek 1
- de grafiek heeft een grotere amplitude dan de gegeven grafiek 1

Opmerking
Als de grafiek niet sinusvormig is: niet aanrekenen.

16 maximumscore 2

voorbeeld van een uitleg:
De baailengte is gelijk aan de afstand tussen een knoop en een buik en deze afstand komt overeen met een kwart golflengte. Dus is de golflengte 4 maal de baailengte

- inzicht dat de afstand tussen een knoop en een buik gelijk is aan een kwart golflengte 1
- completeren van de uitleg 1

natuurkundeuitgelegd.nl

17 maximumscore 3

uitkomst: $v = 26{,}9 \text{ m s}^{-1}$

voorbeeld van een bepaling:
Voor de golflengte geldt: $\lambda = 4 \cdot 300 \text{ km} = 1{,}20 \cdot 10^6 \text{ m}$.
Voor de trillingstijd uit figuur 1 geldt: $T = 12{,}4 \text{ h} = 4{,}46 \cdot 10^4 \text{ s}$.
Invullen van $\lambda = vT$ levert: $v = \frac{\lambda}{T} = \frac{1{,}20 \cdot 10^6}{4{,}46 \cdot 10^4} = 26{,}9 \text{ m s}^{-1}$.

- aflezen van T (met een marge van 0,2 h) 1
- gebruik van $\lambda = vT$ 1
- completeren van de bepaling 1

Opmerking
Als de kandidaat bij vraag 14, methode 2 de tijd T fout bepaald heeft en deze hier opnieuw gebruikt: niet aanrekenen.

18 maximumscore 2

voorbeeld van een antwoord:
Voor een aan één kant gesloten systeem treedt de tweede resonantie op bij $L = \frac{3}{4}\lambda$. De waarde van L bij het tweede maximum is dus drie keer zo groot als bij het eerste maximum. (Dus geldt: $L = 3 \cdot 300 = 900$ km.)

- inzicht dat de tweede resonantie ligt bij $L = \frac{3}{4}\lambda$ 1
- completeren van het antwoord 1

19 maximumscore 3

voorbeeld van een uitleg:
Doordat bij stijgen van de zeespiegel de golfsnelheid v toeneemt, wordt ook de resonantielengte $L = \frac{1}{4}\lambda = \frac{1}{4}vT$ groter. Het maximum (verschuift dus naar rechts en) komt dichter bij de werkelijke lengte van 325 km van de Fundybaai. Hierdoor zal de versterkingsfactor in de Fundybaai toenemen, waardoor het getijdenverschil groter wordt. De bewoners aan de baai maken zich dus terecht ongerust.

- inzicht dat bij grotere golfsnelheid de resonantielengte toeneemt 1
- inzicht dat de resonantielengte dichter bij de werkelijke baailengte komt 1
- completeren van de uitleg 1

natuurkundeuitgelegd.nl

Opgave 5 LHC

20 maximumscore 3

uitkomst: $1{,}5\cdot10^{2}$ keer

voorbeeld van een berekening:
Er geldt: $qU=\Delta\left(\frac{1}{2}mv^{2}\right)$.

Invullen levert: $1{,}602\cdot10^{-19}\cdot x\cdot5{,}0\cdot10^{3}=\frac{1}{2}\cdot1{,}673\cdot10^{-27}\left(1{,}2\cdot10^{7}\right)^{2}$.

Dit geeft: $x=1{,}5\cdot10^{2}$.

- inzicht dat $qU=\Delta\left(\frac{1}{2}mv^{2}\right)$ 1
- opzoeken van q en m 1
- completeren van de berekening 1

Opmerking
Het antwoord 151 ook goed rekenen.

21 maximumscore 3

uitkomst: 0,004(%)

voorbeeld van een berekening:
Voor de snelheid van een proton geldt:

$v=\frac{s}{t}=\pi df=\pi\cdot8485{,}8\cdot11245=2{,}99780\cdot10^{8}\ \text{m s}^{-1}$.

Het verschil is $2{,}99792\cdot10^{8}-2{,}99780\cdot10^{8}=1{,}2\cdot10^{4}\ \text{m s}^{-1}$.

Dit is $\frac{1{,}2\cdot10^{4}}{2{,}99792\cdot10^{8}}\cdot100\%=0{,}004\%$ van de lichtsnelheid.

- inzicht dat $v=\pi df$ 1
- opzoeken van de lichtsnelheid in minstens 6 significante cijfers 1
- completeren van de berekening 1

22 maximumscore 2

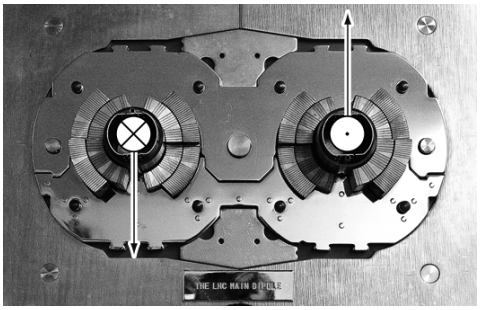
voorbeeld van een uitleg:
Als v de lichtsnelheid nadert, wordt de massa van een proton heel groot. De benodigde energie om de lichtsnelheid te bereiken is dus oneindig groot.

- inzicht dat bij de lichtsnelheid de kinetische energie van een proton heel groot is 1
- completeren van de uitleg 1

natuurkundeuitgelegd.nl

23 maximumscore 2

voorbeeld van een antwoord:



- één pijl naar boven en één pijl naar beneden 1
- richting van beide pijlen juist 1

24 maximumscore 4

uitkomst: $B = 5{,}5$ T

voorbeeld van een berekening:

$$F_{mpz} = \frac{E}{r} = \frac{7{,}0 \cdot 10^{12} \cdot 1{,}60 \cdot 10^{-19}}{4242{,}9} = 2{,}64 \cdot 10^{-10} \text{ N}.$$

Er geldt: $F_{mpz} = Bqv$.

Invullen levert: $2{,}64 \cdot 10^{-10} = B \cdot 1{,}60 \cdot 10^{-19} \cdot 2{,}998 \cdot 10^{8}$.

Dit levert: $B = 5{,}5$ T.

- inzicht dat $F_{mpz} = F_L$ 1
- gebruik van $F_L = Bqv$ 1
- omrekenen van 7,0 TeV naar J 1
- completeren van de berekening 1

natuurkundeuitgelegd.nl

25 maximumscore 4

uitkomst: $n = 1{,}15 \cdot 10^{11}$

voorbeeld van een berekening:

Er geldt: $I = \frac{Q}{t}$. Omdat de protonen 11245 maal per seconde een omloop maken, geldt voor één omwenteling: $t = \frac{1}{11245}$ s. Dit levert voor de lading in één omloop: $Q = It = 0{,}582 . \frac{1}{11245} = 5{,}176 \cdot 10^{-5}$ C.

Omdat één proton een lading heeft van $q = 1{,}602 \cdot 10^{-19}$ C, volgt hieruit voor het aantal protonen dat rondgaat: $n = \frac{Q}{q} = \frac{5{,}176 \cdot 10^{-5}}{1{,}602 \cdot 10^{-19}} = 3{,}231 \cdot 10^{14}$.

Dat is per groepje: $\frac{3{,}231 \cdot 10^{14}}{2808} = 1{,}15 \cdot 10^{11}$.

- gebruik van $I = \frac{Q}{t}$ 1
- inzicht dat $t = \frac{1}{11245}$ s 1
- inzicht dat $Q = nq$ met n = het aantal protonen in één buis 1
- completeren van de berekening 1

natuurkundeuitgelegd.nl

26 maximumscore 3

voorbeelden van een antwoord:

methode 1

Er geldt: $E = mc^2$. Voor de orde van grootte van de energie die nodig is om een Higgs-deeltje te maken, geldt:

$E = 1 \cdot 10^{-25} \cdot \left(3 \cdot 10^{8}\right)^2 = 9 \cdot 10^{-9}$ J. Dit is $5{,}6 \cdot 10^{10}$ eV $= 0{,}056$ TeV.

Deze energie is minder dan de energie van (één van) de protonen.

- inzicht dat de energie die overeenkomt met de massa van het deeltje vergeleken moet worden met de energie van één of twee protonen 1
- gebruik van $E = mc^2$ 1
- uitrekenen van E en consequente conclusie 1

methode 2

Er geldt: $E = mc^2$. Invullen van de energie van één proton levert:

$7{,}0 \cdot 10^{12} \cdot 1{,}60 \cdot 10^{-19} = m\left(3{,}0 \cdot 10^{8}\right)^2$. Dit levert: $m = 1{,}2 \cdot 10^{-23}$ kg.

Deze massa is veel groter dan de geschatte massa van het Higgs-deeltje.

- inzicht dat de massa van het deeltje vergeleken moet worden met de massa die overeenkomt met de energie van één of twee protonen 1
- gebruik van $E = mc^2$ 1
- uitrekenen van m en consequente conclusie 1

5 Inzenden scores

Verwerk de scores van de alfabetisch eerste vijf kandidaten per school in het programma WOLF.
Zend de gegevens uiterlijk op 29 mei 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