

Correctievoorschrift VWO

2012

tijdvak 2

natuurkunde (pilot)

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 examinerator. Deze kijkt het werk na en zendt het met zijn beoordeling aan de directeur. De examinerator 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 examinerator 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.

De gecommiteerde voegt bij het gecorrigeerde werk een verklaring betreffende de verrichte correctie. Deze verklaring wordt mede ondertekend door het bevoegd gezag van de gecommiteerde.

- 4 De examiner en de gecommiteerde stellen in onderling overleg het aantal scorepunten voor het centraal examen vast.
- 5 Indien de examiner en de gecommiteerde daarbij niet tot overeenstemming komen, wordt het geschil voorgelegd aan het bevoegd gezag van de gecommiteerde. Dit bevoegd gezag kan hierover in overleg treden met het bevoegd gezag van de examiner. Indien het geschil niet kan worden beslecht, wordt hiervan melding gemaakt aan de inspectie. De inspectie kan een derde onafhankelijke gecommiteerde aanwijzen. De beoordeling van de derde gecommiteerde 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 examiner 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 examiner en door de gecommiteerde 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;

- 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 examinerator of de gecommiteerde 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 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 beoordelingsmodel 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 Duimpiano

1 maximumscore 3

voorbeeld van een antwoord:

Uit figuur 3 kan de trillingstijd bepaald worden.

Dit levert: $10T = 0,019 \rightarrow T = 0,0019 \text{ s}$.

Voor de frequentie geldt dat $f = \frac{1}{T} = \frac{1}{0,0019} = 526 \text{ Hz}$.

Dus de opname is van strip 2 (C'').

- aflezen van de trillingstijd uit de figuur 1
- gebruik van $f = \frac{1}{T}$ 1
- completeren van de bepaling en consequente conclusie 1

Vraag	Antwoord	Scores
-------	----------	--------

2 maximumscore 4

uitkomst: $v = 61 \text{ ms}^{-1}$

voorbeeld van een bepaling:

De lengte van strip 3 kan bepaald worden in de figuur op de uitwerkbijlage:

$l = 44 \text{ mm}$.

Er geldt hier: $l = \frac{1}{4} \lambda$. Dit levert: $\lambda = 4 \cdot 0,044 = 0,176 \text{ m}$.

Voor de golfsnelheid geldt dan: $v = \lambda f = 0,176 \cdot 349 = 61 \text{ ms}^{-1}$.

- opmeten van de lengte van strip 3 (met een marge van 1,0 mm) 1
- inzicht dat geldt: $l = \frac{1}{4} \lambda$ 1
- gebruik van $v = \lambda f$ 1
- completeren van de bepaling 1

3 maximumscore 4

voorbeeld van een antwoord:

De toonhoogten van strip 3 en strip 4 “liggen één octaaf uit elkaar”.

Dit betekent dat de frequentie van strip 4 twee keer zo hoog is als de frequentie van strip 3. Zie hiervoor ook de tabel.

Voor de frequenties geldt de verhouding: $\frac{f_4}{f_3} = \frac{698}{349} = 2,00$.

Er geldt een omgekeerd evenredig verband tussen de frequentie en de

golflengte. Als de golfsnelheden gelijk zijn, moet dus gelden: $\frac{f_4}{f_3} = \frac{\lambda_3}{\lambda_4}$.

Opmeten in de figuur op de uitwerkbijlage van de lengtes van strip 3 en 4 levert: $l_3 = 44 \text{ mm}$ en $l_4 = 30 \text{ mm}$.

Voor de verhouding van de golflengten geldt dan: $\frac{\lambda_3}{\lambda_4} = \frac{\frac{1}{4} \lambda_3}{\frac{1}{4} \lambda_4} = \frac{l_3}{l_4} = \frac{44}{30} = 1,5$.

De verhoudingen zijn niet gelijk. Dus zijn de golfsnelheden niet gelijk.

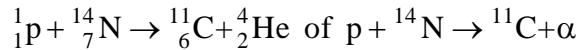
- inzicht dat geldt $\frac{f_4}{f_3} = 2,00$ 1
- inzicht dat bij gelijke golfsnelheid geldt $\frac{f_4}{f_3} = \frac{\lambda_3}{\lambda_4} = \frac{l_3}{l_4}$ 1
- opmeten van de lengten van strip 3 en 4 op de uitwerkbijlage 1
- completeren van het antwoord 1

Vraag	Antwoord	Scores
-------	----------	--------

Opgave 2 PET-scan

4 maximumscore 2

voorbeeld van een antwoord:



- proton en N-14 voor de pijl 1
- C-11 en α -deeltje na de pijl 1

5 maximumscore 2

voorbeeld van een antwoord:

Er ontstaat een neutrino. Het positron heeft leptongetal -1 . Volgens de wet van behoud van leptongetal moet dus ook een deeltje met leptongetal $+1$ ontstaan. (Dat is het neutrino.)

- inzicht in de wet van behoud van leptongetal 1
- conclusie dat een neutrino ontstaat 1

6 maximumscore 2

voorbeeld van een antwoord:

Het positron en het elektron staan (nagenoeg) stil. Dus de totale impuls vóór de reactie is (nagenoeg) gelijk aan 0. Volgens de wet van behoud van impuls moet de totale impuls na de reactie dan ook gelijk zijn aan 0. Dit kan alleen als de twee fotonen in tegengestelde richting bewegen.

- inzicht in de wet van impulsbehoud 1
- inzicht dat na de reactie de totale impuls gelijk aan 0 is 1

7 maximumscore 3

uitkomst: $f = 1,24 \cdot 10^{20} \text{ Hz}$

voorbeeld van een berekening:

Bij de reactie wordt de massa van het positron en het elektron omgezet in de energie van de twee gamma-fotonen.

Dus voor één foton geldt: $E = mc^2 = hf$.

Invullen levert: $E = 9,11 \cdot 10^{-31} (3,00 \cdot 10^8)^2 = 6,63 \cdot 10^{-34} f$.

Dit levert: $f = 1,24 \cdot 10^{20} \text{ Hz}$.

- inzicht dat twee elektronmassa's omgezet worden in twee fotonen 1
- inzicht dat voor één foton geldt $E = mc^2 = hf$ 1
- completeren van de berekening 1

Vraag	Antwoord	Scores
-------	----------	--------

8 maximumscore 3

uitkomst: De orde van grootte van Δt is $1,0 \cdot 10^{-9}$ s (of $1,0 \cdot 10^{-10}$ s).

voorbeeld van een berekening:

De diameter van het hoofd wordt geschat op 20 cm.

Er geldt dan: $\Delta t = \frac{\Delta x}{c} = \frac{0,2}{3,0 \cdot 10^8} = 0,7 \cdot 10^{-9}$ s.

Dus de orde van grootte Δt is $1,0 \cdot 10^{-9}$ s (of $1,0 \cdot 10^{-10}$ s).

- inzicht dat $\Delta t = \frac{\Delta x}{c}$ 1
- schatten van de diameter van een hoofd tussen 15 cm en 30 cm 1
- completeren van de berekening 1

9 maximumscore 4

uitkomst: $D = 2 \cdot 10^{-2}$ Gy

voorbeeld van een bepaling:

Voor de stralingsdosis geldt: $D = \frac{E}{m}$.

Voor de totaal geabsorbeerde energie geldt: $E = NE_p$. Hierbij is N gelijk aan het totaal aantal positronen en E_p de geabsorbeerde energie per positron.

N is uit de grafiek te bepalen door de oppervlakte onder de grafiek te schatten. (In de tijd gelijk aan de halveringstijd, vervallen evenveel deeltjes als in de rest van de tijd.)

Dit levert: $N = 2 \cdot 300 \cdot 10^6 \cdot 15 \cdot 60 = 5,4 \cdot 10^{11}$.

Invullen levert: $D = \frac{5,4 \cdot 10^{11} \cdot 0,4 \cdot 10^6 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}}{1,5} = 2 \cdot 10^{-2}$ Gy.

- gebruik van $D = \frac{E}{m}$ 1
- inzicht dat $E = NE_p$ 1
- bepalen van het aantal deeltjes uit de oppervlakte onder de grafiek (met een marge van $1 \cdot 10^{11}$) 1
- completeren van de bepaling 1

10 maximumscore 1

voorbeeld van een antwoord:

Een deel van de C-11-isotopen verlaten gedurende de tijd de hersenen.

Opgave 3 Rekstrookje

11 maximumscore 3

uitkomst: $l = 0,98 \text{ m}$

voorbeeld van een berekening:

Voor de weerstand geldt: $R = \rho \frac{l}{A}$ met $A = \pi r^2$.

Invullen levert: $350 = 0,45 \cdot 10^{-6} \frac{l}{\pi(\frac{1}{2} \cdot 40 \cdot 10^{-6})^2}$.

Dit levert: $l = 0,98 \text{ m}$.

- gebruik van $R = \rho \frac{l}{A}$ en opzoeken van ρ 1
- gebruik van $A = \pi r^2$ met $r = \frac{1}{2}d$ 1
- completeren van de berekening 1

12 maximumscore 2

voorbeeld van een antwoord:

Als het rekstrookje uitrekt, wordt l groter en A kleiner. (Hierdoor wordt R groter.)

- inzicht dat l groter wordt 1
- inzicht dat A kleiner wordt 1

13 maximumscore 3

voorbeeld van een antwoord:

Als de beide weerstanden gelijk zijn aan 350Ω , is de spanning die de voltmeter aangeeft gelijk aan $2,50 \text{ V}$.

Als de weerstand van het rekstrookje toeneemt met $1,0 \Omega$, geldt voor de spanning die de spanningsmeter aangeeft: $U_{\text{nieuw}} = \frac{350}{701} \cdot 5,00 = 2,4964 \text{ V}$.

De spanningsafname bedraagt: $0,0036 \text{ V}$.

Dit is een afname van $\frac{0,0036}{2,50} = 0,0014 = 0,14\%$.

(Dit is minder dan een half procent)

- inzicht in de spanningsdeling / inzicht dat $I_{\text{nieuw}} = \frac{5,00}{701}$ 1
- inzicht dat $U_{\text{nieuw}} = \frac{350}{701} \cdot 5,00$ / gebruik van $U_{\text{nieuw}} = I_{\text{nieuw}} R$ 1
- completeren van de berekening 1

Vraag	Antwoord	Scores
-------	----------	--------

14 maximumscore 2

voorbeeld van een uitleg:

Als er geen spanningsverschil tussen A en B is, geldt:

$$U_{CA} = U_{CB} \text{ en } U_{AD} = U_{BD}.$$

Omdat geldt: $R_{CB} = R_{BD}$, moet ook gelden: $R_{CA} = R_{AD}$.

(Ofwel $R_1 = R_2 = 350 \Omega$.)

- inzicht dat $U_{CA} = U_{CB}$ en dat $U_{AD} = U_{BD}$ 1
- inzicht dat uit $R_{CB} = R_{BD}$ volgt dat $R_{CA} = R_{AD}$ 1

15 maximumscore 2

voorbeeld van een uitleg:

Als de weerstand van 350Ω naar 351Ω toeneemt, verandert in figuur 3 de spanning van 0 V naar $3,55 \text{ mV}$. Omdat dit een verandering ten opzichte van 0 V is, is de verandering relatief heel groot.

- aflezen van de spanning bij een weerstandstoename van 1Ω 1
- inzicht dat de relatieve spanningsverandering bij de schakeling van figuur 3 veel groter is 1

Opmerking

Als de kandidaat de vraag beantwoordt met een berekening: uiteraard goed rekenen.

16 maximumscore 3

uitkomst: $U = 4,7 \text{ mV}$ (met en marge van $0,1 \text{ mV}$)

voorbeeld van een bepaling:

Een uitrekking van de kabel van 12 cm geeft voor het rekstrookje een

$$\text{uitrekking: } u = \frac{0,12}{198} \cdot 0,061 = 37 \cdot 10^{-6} \text{ m} = 37 \text{ } \mu\text{m}.$$

Uit figuur 5 volgt dat de weerstand dan $351,3 \Omega$ is.

Uit figuur 4 volgt dan dat het alarm afgaat bij $4,7 \text{ mV}$.

- inzicht dat $u = \frac{0,12}{198} \cdot 0,061$ 1
- aflezen van de weerstand in figuur 5 1
- aflezen van de spanning in figuur 4 1

Opgave 4 Kruissnelheid

17 maximumscore 3

uitkomst: $v = 44 \text{ ms}^{-1}$

voorbeeld van een berekening:

Er geldt: $F_L = F_z \rightarrow 7,0kv^2 = mg \rightarrow 7,0 \cdot 0,44v^2 = 620 \cdot 9,81 \rightarrow v = 44 \text{ ms}^{-1}$.

- inzicht dat $F_L = F_z$ 1
- inzicht dat $F_L = 7,0kv^2$ of dat $F_w = \frac{1}{7}F_L \rightarrow kv^2 = \frac{1}{7}mg$ 1
- completeren van de berekening 1

18 maximumscore 3

uitkomst: $t = 1,6 \cdot 10^4 \text{ s} = 4,3 \text{ h}$

voorbeeld van een berekening:

$E_{\text{chem}} = 75 \cdot 33 \cdot 10^6 = 2,48 \cdot 10^9 \text{ J} \rightarrow W_{\text{motor}} = \eta E_{\text{chem}} = 0,24 \cdot 2,48 \cdot 10^9 = 5,94 \cdot 10^8 \text{ J}$.

$W_{\text{motor}} = Pt \rightarrow 5,94 \cdot 10^8 = 3,8 \cdot 10^4 t \rightarrow t = \frac{5,94 \cdot 10^8}{3,8 \cdot 10^4} = 1,6 \cdot 10^4 \text{ s} = 4,3 \text{ h}$.

- berekening van W_{motor} met gebruik van rendement 1
- gebruik van $W_{\text{motor}} = Pt$ 1
- completeren van de berekening 1

Vraag	Antwoord	Scores
-------	----------	--------

19 maximumscore 2

voorbeeld van een antwoord:

De energie $E_m = F_m s$ is minimaal als F_w minimaal is. De liftkracht F_L is constant gelijk aan de zwaartekracht F_z . De verhouding $\frac{F_L}{F_w} = f$ is dan maximaal.

- inzicht dat de liftkracht constant is 1
- inzicht dat F_w minimaal is en conclusie 1

20 maximumscore 2

voorbeeld van een antwoord:

In de formule $L = \frac{mg}{A}$ wordt m bepaald door het volume $V = lbh$. Als de afmetingen 2 keer zo groot worden, wordt V en dus m $2^3 = 8 \times$ zo groot. $A = lb$ wordt slechts $2^2 = 4 \times$ zo groot. Hierdoor wordt $L = \frac{8}{4} = 2 \times$ zo groot.

- inzicht dat de massa toeneemt met een factor $2^3 = 8$ 1
- completeren van het antwoord 1

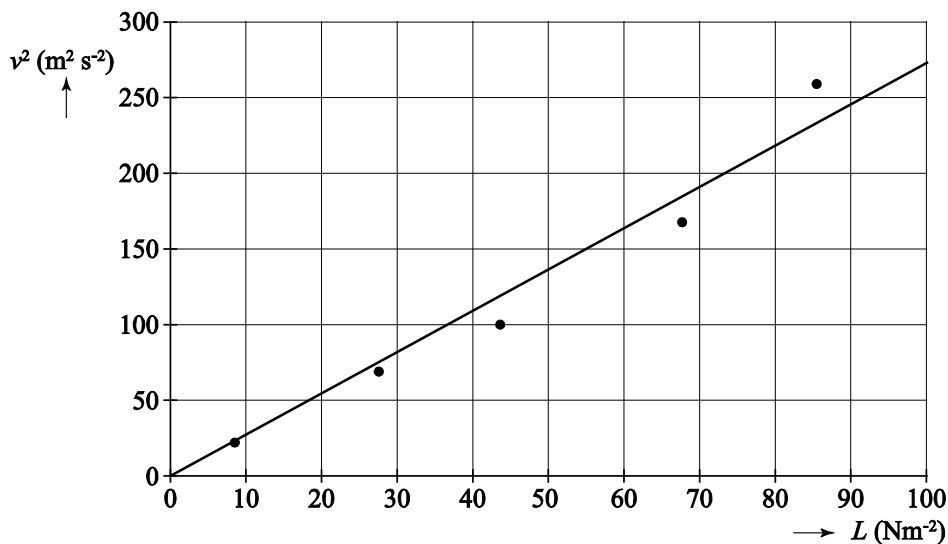
21 maximumscore 4

voorbeeld van een antwoord:

invullen van de tabel:

type/soort	$L \text{ (Nm}^{-2}\text{)}$	$v \text{ (ms}^{-1}\text{)}$	$v^2 \text{ (m}^2\text{s}^{-2}\text{)}$
kerkuil	9,0	4,9	24
boomvalk	28	8,5	72
buizerd	44	10	100
spreeuw	68	13	169
havik	85	16	256

tekenen van de grafiek:



De best passende rechte lijn door de oorsprong levert op dat $v^2 = 2,72L$.

Dus het verband is: $v = 1,65\sqrt{L}$.

- uitrekenen van de waarden voor v^2 en tekenen van de punten in het diagram 1
- tekenen van een rechte lijn door de oorsprong die het beste past bij de punten (en niet door het verste punt) 1
- bepaling van de helling van de lijn (met een marge van 0,10) 1
- completeren van het antwoord 1

Vraag	Antwoord	Scores
-------	----------	--------

22 maximumscore 2

voorbeeld van een antwoord:

- De luchtdichtheid op grote hoogte is lager, waardoor de kruissnelheid toeneemt.
- Als de massa daalt, gaat de kruissnelheid omlaag.

- inzicht dat de kruissnelheid op grote hoogte toeneemt omdat de dichtheid lager wordt 1
- inzicht dat de kruissnelheid afneemt als de massa afneemt 1

23 maximumscore 3

uitkomst: $v = 35 \text{ km h}^{-1}$

methode 1

Invullen van de formule levert: $v = \sqrt{\frac{33m}{\rho A}} = \sqrt{\frac{33 \cdot 75}{1,3 \cdot 20}} = 9,8 \text{ m s}^{-1} = 35 \text{ km h}^{-1}$.

- opzoeken van de dichtheid van lucht 1
- schatting van m (tussen 60 en 100 kg) 1
- completeren van de berekening 1

methode 2

Voor de vleugelbelasting geldt: $L = \frac{mg}{A} = \frac{75 \cdot 9,81}{20} = 36,8 \text{ N m}^{-2}$.

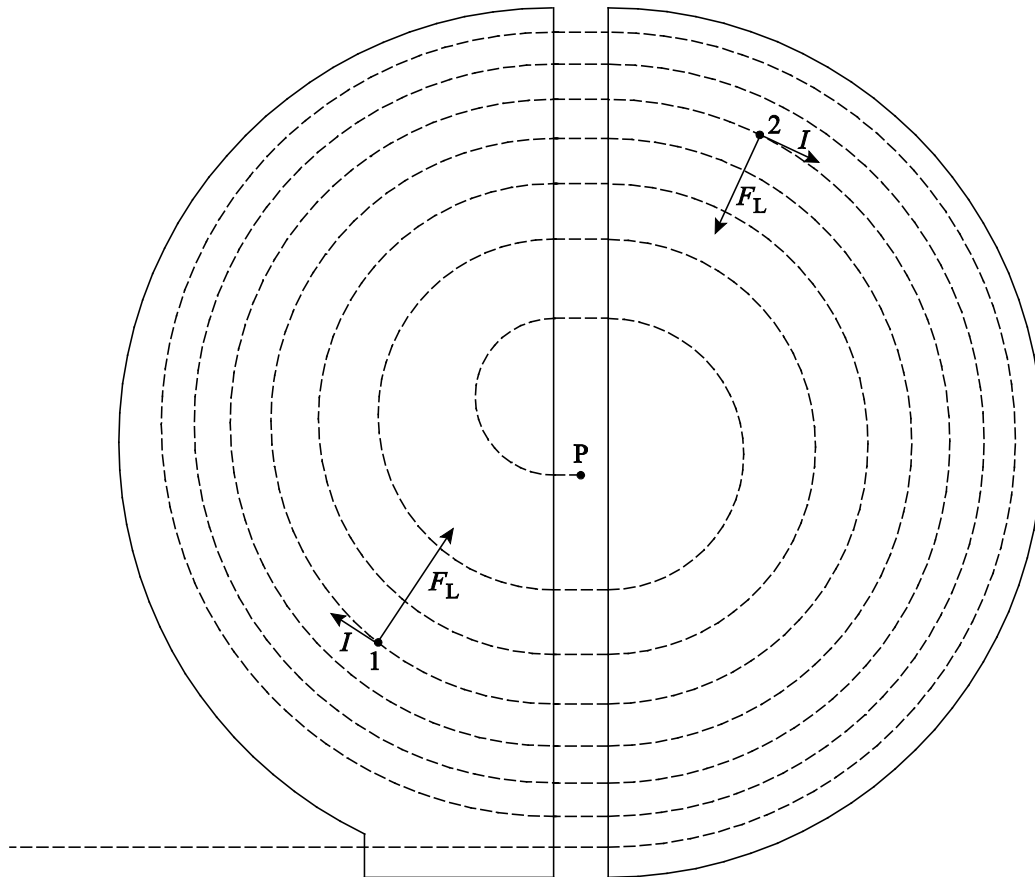
Aflezen uit de grafiek of invullen van het verband levert dan een kruissnelheid van $9,8 \text{ m s}^{-1} = 35 \text{ km h}^{-1}$.

- gebruik van $L = \frac{mg}{A}$ 1
- gebruik van de grafiek of het verband uit vraag 21 1
- completeren van de bepaling 1

Opgave 5 Cyclotron

24 maximumscore 3

voorbeeld van een antwoord:



De stroomrichting is gelijk aan de richting van de protonenstroom. De lorentzkracht (heeft de functie van middelpuntzoekende kracht en) is gericht naar het midden van de (halve) cirkel. Uit een richtingsregel volgt dat in beide halve cirkels het magneetveld in dezelfde richting staat (namelijk het papier uit gericht).

- tekenen van de beide richtingen van de stroom als raaklijn aan de baan 1
- tekenen van de beide richtingen van de lorentzkracht loodrecht op de baan 1
- completeren van het antwoord 1

Vraag	Antwoord	Scores
-------	----------	--------

25 maximumscore 2

voorbeeld van een antwoord:

De richting van de elektrische kracht is gelijk aan de bewegingsrichting van het proton. Dus geldt: $\alpha = 0$ en $\cos \alpha = 1$. (Dus is de arbeid van de elektrische kracht ongelijk aan 0.)

De lorentzkracht staat loodrecht op de bewegingsrichting van het proton. Dus geldt $\alpha = 90^\circ$ en $\cos \alpha = 0$. (Dus is de arbeid van de lorentzkracht gelijk aan 0.)

- inzicht dat bij de elektrische kracht geldt: $\alpha = 0$ en $\cos \alpha = 1$ 1
- inzicht dat bij de lorentzkracht geldt: $\alpha = 90^\circ$ en $\cos \alpha = 0$ 1

26 maximumscore 4

voorbeeld van een afleiding:

Voor de tijd die een proton doet over een halve cirkel geldt: $t = \frac{\pi r}{v}$.

Omdat de lorentzkracht de functie van de middelpuntzoekende kracht heeft,

geldt: $Bqv = \frac{mv^2}{r}$. Omschrijven levert: $r = \frac{mv}{Bq}$.

Invullen in $t = \frac{\pi r}{v}$ levert: $t = \frac{\pi mv}{Bqv} = \frac{\pi m}{Bq}$.

- inzicht dat voor een halve cirkel geldt: $t = \frac{\pi r}{v}$ 1
- gebruik van $F_L = Bqv$ en van $F_{mpz} = \frac{mv^2}{r}$ 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 scorepunten worden toegekend voor het completeren van de afleiding.

Vraag	Antwoord	Scores
-------	----------	--------

27 maximumscore 3

voorbeeld van een uitleg:

Uit de formule volgt dat de omlooptijd niet afhangt van de straal en/of de snelheid van de baan.

Bij elke overgang krijgt een proton er eenzelfde hoeveelheid kinetische energie bij.

Aangezien geldt: $v \sim \sqrt{E_k}$, is de snelheidstoename bij een grotere snelheid kleiner dan bij een kleinere snelheid.

- constateren dat de tijd voor een halve cirkelbaan niet afhangt van r en/of v 1
- inzicht dat $v \sim \sqrt{E_k}$ 1
- completeren van de uitleg 1

28 maximumscore 3

uitkomst: $f = 2,3 \cdot 10^7$ Hz

voorbeeld van een berekening:

Invullen van de formule levert: $t = \frac{\pi m}{Bq} = \frac{\pi 1,67 \cdot 10^{-27}}{1,5 \cdot 1,60 \cdot 10^{-19}} = 2,19 \cdot 10^{-8}$ s.

Er geldt: $f = \frac{1}{T}$ met $T = 2t$. Dit levert: $f = 2,3 \cdot 10^7$ Hz.

- invullen van $t = \frac{\pi m}{Bq}$ en opzoeken van m en q 1
- gebruik van $f = \frac{1}{T}$ met $T = 2t$ 1
- completeren van de berekening 1

5 Inzenden scores

Verwerk de scores van alle kandidaten per school in het programma WOLF.
Zend de gegevens uiterlijk op 22 juni naar Cito.