

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 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 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 0. 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 78 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. 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.
- 2 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.
- 3 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.
- 4 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.

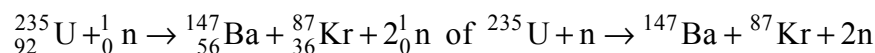
4 Beoordelingsmodel

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

Opgave 1 Splitsof opsporen met neutrino's

1 **maximumscore 3**

voorbeeld van een antwoord:



- één neutron links van de pijl en twee neutronen rechts van de pijl 1
- Kr als vervalproduct (mits verkregen via kloppende atoomnummers) 1
- het aantal nucleonen links en rechts gelijk 1

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

2 maximumscore 3

voorbeeld van een uitleg:

Bij dit verval zijn het baryongetal (het aantal nucleonen) en het leptongetal behouden.

Vóór de reactie is het leptongetal gelijk aan nul. Dus moet door behoud van lading na de reactie het leptongetal ook gelijk zijn aan nul. Een elektron heeft het leptongetal 1. Dus moet er een deeltje ontstaan met leptongetal -1 . Dus is het deeltje een antineutrino.

- inzicht dat het baryongetal en het leptongetal behouden zijn 1
- inzicht dat het elektron leptongetal 1 heeft 1
- completeren van de uitleg 1

3 maximumscore 1

voorbeeld van een antwoord:

Het neutrino is gevoelig voor de zwakke kernkracht (en de zwaartekracht).

4 maximumscore 3

voorbeeld van een antwoord:

Bij het botsen van een neutrino tegen een neutron ontstaan een proton en een elektron. Omdat deze deeltjes geladen zijn, kunnen ze (gemakkelijk) gedetecteerd worden.

- noemen dat bij het botsen van een neutrino tegen een neutron een proton en een elektron ontstaan 1
- noemen dat het proton en het elektron geladen zijn 1
- inzicht dat geladen deeltjes (gemakkelijk) gedetecteerd kunnen worden 1

Opgave 2 Pioneer-10

5 maximumscore 4

voorbeeld van een berekening:

Voor een cirkelbaan geldt: $F_{\text{mpz}} = F_{\text{g}}$.

Invullen levert: $\frac{mv^2}{r} = \frac{GmM}{r^2}$. Omschrijven en invullen levert:

$$v = \sqrt{\frac{GM}{r}} = \sqrt{\frac{6,67 \cdot 10^{-11} \cdot 1,99 \cdot 10^{30}}{5,09 \cdot 10^{11}}} = 1,61 \cdot 10^4 \text{ ms}^{-1}.$$

(Deze snelheid is kleiner dan de werkelijke snelheid.)

- inzicht dat voor een cirkelbaan geldt: $F_{\text{mpz}} = F_{\text{g}}$ 1
- gebruik van $F_{\text{mpz}} = m \frac{v^2}{r}$ en van $F_{\text{g}} = G \frac{mM}{r^2}$ 1
- opzoeken van G en M 1
- completeren van de berekening 1

6 maximumscore 2

voorbeeld van een antwoord:

De aantrekkingskracht van de zon kan de kromming van de baan verklaren. Zolang er een snelheidscomponent loodrecht op de verbindingslijn bestaat, zal de baan gekromd zijn. De draaiing van de aarde heeft geen blijvende werking. (Het standpunt van Tim is dus natuurkundig juist, dat van Maaïke niet.)

- inzicht dat de gravitatiekracht van de zon de kromming van de baan veroorzaakt 1
- inzicht dat de draaiing van de aarde de baan niet kan beïnvloeden 1

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

7 maximumscore 3

uitkomst: $t = 1,7 \cdot 10^6$ (jaar) = 1,7 miljoen (jaar)

voorbeeld van een berekening:

$$s = vt \text{ met } s = 650 \cdot 10^{15} \text{ m} = 4,34 \cdot 10^6 \text{ AE.}$$

$$v = 2,6 \text{ AE per jaar} \rightarrow t = \frac{4,34 \cdot 10^6}{2,6} = 1,7 \cdot 10^6 \text{ jaar.}$$

- gebruik van $s = vt$ 1
- omrekenen van meter naar AE of omgekeerd 1
- completeren van de berekening 1

8 maximumscore 2

voorbeeld van een antwoord:

Tim heeft gelijk. Door de gravitatie van het zonnestelsel beweegt Pioneer-10 nagenoeg de hele tijd / de hele afstand tot Aldebaran met een snelheid lager dan 2,6 AE per jaar.

- inzicht dat Pioneer-10 een heel groot deel van de tijd / van de afstand tot Aldebaran aflegt met snelheid lager 2,6 AE per jaar 1
- conclusie dat Tim gelijk heeft 1

Opmerking

Bij een antwoord zonder toelichting geen scorepunten toekennen.

9 maximumscore 3

voorbeeld van een antwoord:

De downlink draaggolf heeft een frequentie van

$$\left(\frac{240}{221}\right) 2,11 \text{ GHz} = 2,29 \text{ GHz.}$$

Voor de grootste frequentie van de uplink geldt:

$$f = 2,11 \cdot 10^9 + 20 \cdot 10^6 = 2,13 \cdot 10^9 \text{ Hz.}$$

Voor de kleinste frequentie van de downlink geldt:

$$f = 2,29 \cdot 10^9 - 20 \cdot 10^6 = 2,27 \cdot 10^9 \text{ Hz.}$$

(De grootste frequentie in de uplink is dus kleiner dan de kleinste frequentie in de downlink.)

- inzicht dat voor de downlinkfrequentie geldt: $f = \left(\frac{240}{221}\right) 2,11 \text{ GHz}$ 1
- in rekening brengen van de bandbreedte 1
- completeren van de berekening 1

Opmerking

Als 40 MHz in plaats van 20 MHz gebruikt wordt: geen aftrek.

Vraag	Antwoord	Scores
10	maximumscore 2 voorbeeld van een antwoord: Twee signalen in hetzelfde kanaal zullen elkaar door de gelijke frequentie tengevolge van interferentie hinderlijk storen.	
	<ul style="list-style-type: none"> inzicht dat de storing het gevolg is van interferentie / sommeren van golven 	1
	<ul style="list-style-type: none"> inzicht dat bij een gelijke frequentie de interferentie sterk is / uitdoving kan optreden 	1
11	maximumscore 3 voorbeeld van een afleiding: $F_w = \frac{\Delta m}{\Delta t} v = \rho \frac{\Delta V}{\Delta t} v = \rho A \frac{\Delta x}{\Delta t} v = A \rho v^2$	
	<ul style="list-style-type: none"> inzicht dat $(\Delta)m = \rho(\Delta)V$ gebruikt moet worden 	1
	<ul style="list-style-type: none"> inzicht dat $(\Delta)V = A(\Delta)x$ gebruikt moet worden 	1
	<ul style="list-style-type: none"> completeren van de afleiding 	1
12	maximumscore 3 uitkomst: $\rho = 2,36 \cdot 10^{-16} \text{ kg m}^{-3}$ voorbeeld van een berekening: $F = ma = A \rho v^2 \rightarrow 241 \cdot 8,74 \cdot 10^{-10} = \pi \cdot 1,37^2 \rho (1,23 \cdot 10^4)^2 \rightarrow$ $\rho = 2,36 \cdot 10^{-16} \text{ kg m}^{-3}.$	
	<ul style="list-style-type: none"> inzicht dat $F = ma = A \rho v^2$ 	1
	<ul style="list-style-type: none"> gebruik van $A = \pi r^2$ met $r = 1,37 \text{ m}$ 	1
	<ul style="list-style-type: none"> completeren van de berekening 	1

Opgave 3 Formule van Einstein

13 maximumscore 2

voorbeeld van een uitleg:

De lorentzkracht staat voortdurend loodrecht op de richting van de snelheid.

Deze kracht is constant. (Daarom is de baan cirkelvormig.)

- inzicht dat de lorentzkracht voortdurend loodrecht op de richting van de snelheid blijft staan 1
- inzicht dat de kracht constant is 1

Opmerking

Als de kandidaat bij het tweede scorepunt zegt dat de snelheid constant is, dit scorepunt niet toekennen.

14 maximumscore 3

voorbeeld van een antwoord:

Voor de omlooptijd geldt: $T = \frac{2\pi r}{v}$. Dus $f = \frac{v}{2\pi r}$.

Voor een cirkelbaan geldt: $F_L = F_{\text{mpz}}$ zodat $Bqv = \frac{mv^2}{r}$.

Hieruit volgt: $r = \frac{mv}{Bq}$.

Invullen geeft: $f = \frac{v}{2\pi \frac{mv}{Bq}}$ zodat $f = \frac{Bq}{2\pi m}$.

- inzicht dat $f = \frac{v}{2\pi r}$ of $T = \frac{2\pi r}{v}$ met $f = \frac{1}{T}$ gebruikt moet worden 1
- inzicht dat $F_L = F_{\text{mpz}}$ met $F_L = Bqv$ en $F_{\text{mpz}} = \frac{mv^2}{r}$ 1
- completeren van de afleiding 1

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

15 maximumscore 2

uitkomst: $f = 4,5$ MHz (Si-29) of 4,7 MHz (Si-28)

voorbeeld van een berekening:

Er geldt: $f = \frac{Bq}{2\pi m}$.

Invullen levert: $f = \frac{8,5 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}}{2\pi \cdot 28 \cdot 1,66 \cdot 10^{-27}} = 4,7$ MHz.

of $f = \frac{8,5 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}}{2\pi \cdot 29 \cdot 1,66 \cdot 10^{-27}} = 4,5$ MHz.

- invullen van de juiste massa in $f = \frac{Bq}{2\pi m}$ 1
- completeren van de berekening 1

16 maximumscore 3

voorbeeld van een antwoord:

Er geldt: $E = hf$.

Voor de frequentie geldt: $f = \frac{c}{\lambda} = \frac{2,9979246 \cdot 10^8}{3,5031716 \cdot 10^{-13}} = 8,5577441 \cdot 10^{20}$ Hz.

Dus geldt:

$E = 6,6260690 \cdot 10^{-34} \cdot 8,5577441 \cdot 10^{20} = 5,6704203 \cdot 10^{-13}$ J = 3539198,3 eV.

(Dit komt overeen met de gegeven energie.)

- gebruik van $E = hf$ met $f = \frac{c}{\lambda}$ 1
- omrekenen van J naar eV 1
- completeren van de berekening 1

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

17 maximumscore 3

voorbeeld van een antwoord:

De formule van Einstein luidt $E = mc^2$. Invullen levert:

$$E = 9,0967794 \cdot 10^{-3} \cdot 1,6605388 \cdot 10^{-27} \cdot (2,9979246 \cdot 10^8)^2 = 1,35761961 \cdot 10^{-12} \text{ J} \\ = 8473595,8 \text{ eV.}$$

Afgerond op 7 significante cijfers geeft dit $E = 8473596 \text{ eV}$.

De energie van de fotonen is in 7 significante cijfers afgerond hieraan gelijk. 7 significante cijfers betekent een nauwkeurigheid van 1 op 10^7 oftewel 1 op 10 miljoen.

- gebruik van $E = mc^2$ 1
- vergelijken van de uitkomst met de gegeven energie van de fotonen 1
- inzicht dat 7 significante cijfers overeenkomt met een nauwkeurigheid van 1 op 10 miljoen 1

Opmerkingen

- *Als een kandidaat zegt dat de getallen in 8 significante cijfers staan en dat daarmee de nauwkeurigheid van het experiment 1 op 10 miljoen is: geen scorepunten toekennen.*
- *Als een kandidaat rekent uitgaande van $u = 931,49 \text{ MeV}$: maximaal 1 scorepunt toekennen.*

18 maximumscore 2

voorbeeld van een antwoord:

Om de golflengte van de gamma-fotonen te meten, moet de reactie plaatsvinden. Hiervoor zijn neutronen nodig. Dat gebeurde in het Institut Laue-Langevin in Grenoble.

- inzicht dat neutronen nodig zijn om de fotonen te produceren 1
- consequente conclusie 1

Opgave 4 Bungee-trampoline

19 maximumscore 4

uitkomst: $W = 2,2 \text{ kJ}$

voorbeeld van een berekening:

Er geldt: $W = E_{\text{veer}} + E_{z,\text{Lisa}}$. Invullen levert:

$$W = E_{\text{veer}} + E_{z,\text{Lisa}} = 2 \cdot \frac{1}{2} Cu^2 + mgh =$$

$$2 \cdot \frac{1}{2} \cdot 120 \cdot 3,1^2 + 48 \cdot 9,81 \cdot 2,3 = 2,23 \cdot 10^3 \text{ J} = 2,2 \cdot 10^3 \text{ J}.$$

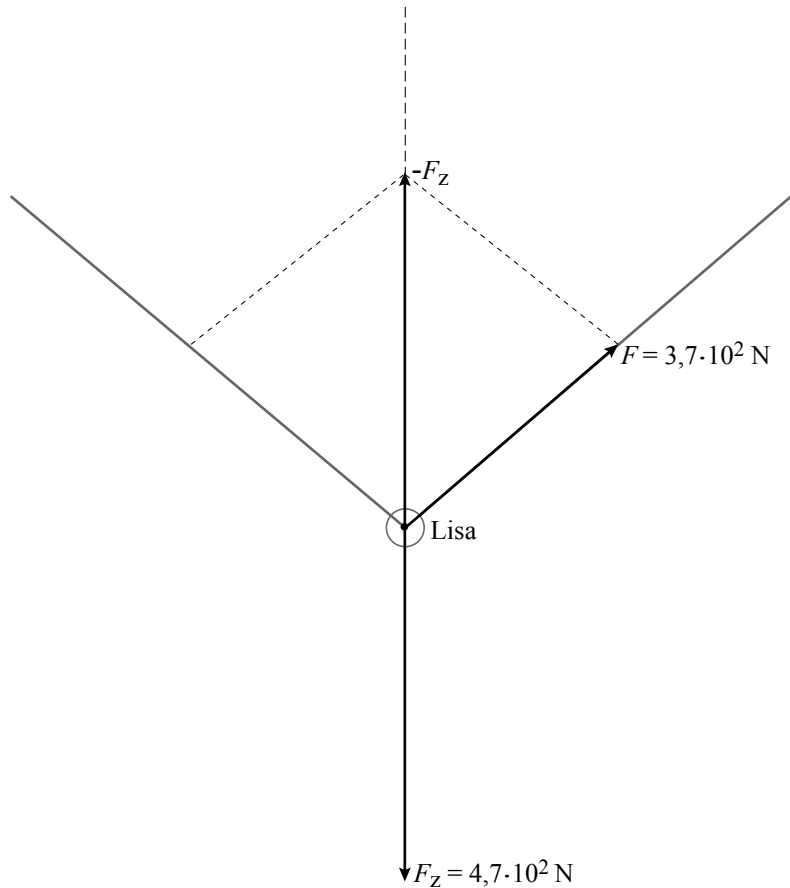
- inzicht dat $W = E_{\text{veer}} + E_{z,\text{Lisa}}$ 1
- inzicht dat $E_{\text{veer}} = 2 \cdot \frac{1}{2} Cu^2$ 1
- gebruik van $E_z = mgh$ of van $W_z = mgh$ 1
- completeren van de berekening 1

20 maximumscore 4

uitkomst: $F = 3,7 \cdot 10^2$ N (met een marge van $0,2 \cdot 10^2$ N)

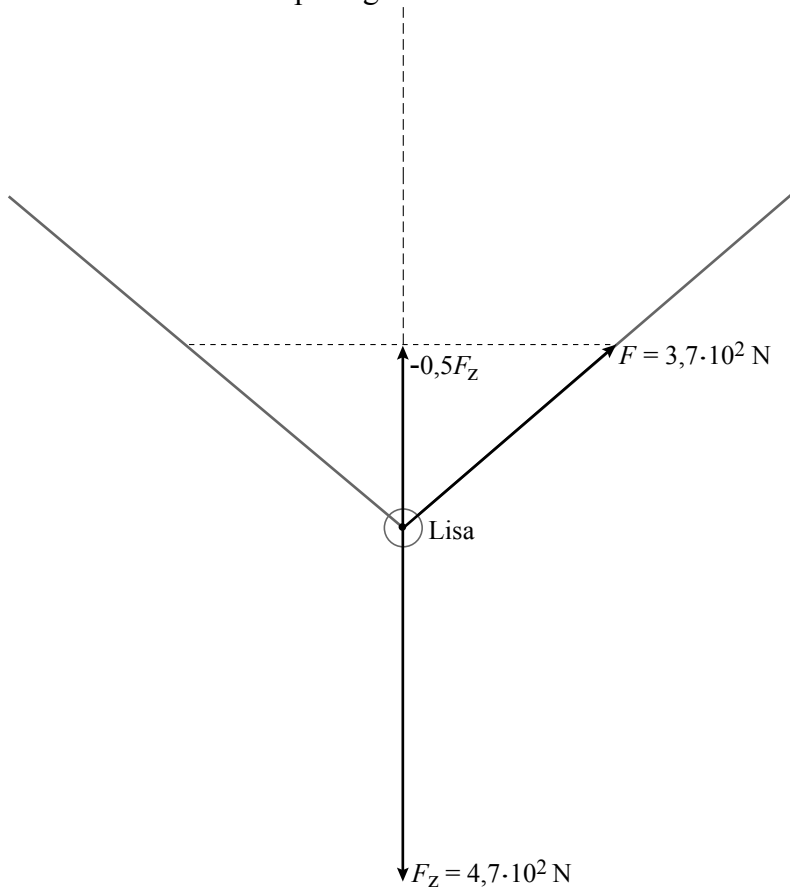
methode 1:

voorbeeld van een bepaling:



- berekenen en tekenen van $(-)F_Z$ 1
- construeren van minstens één van de spankrachten 2
- completeren van de bepaling 1

methode 2:
voorbeeld van een bepaling:



- berekenen van F_z 1
- tekenen van de vectorpijl van $-0,5F_z$ 1
- construeren van één van de spankrachten 1
- completeren van de bepaling 1

Opmerking

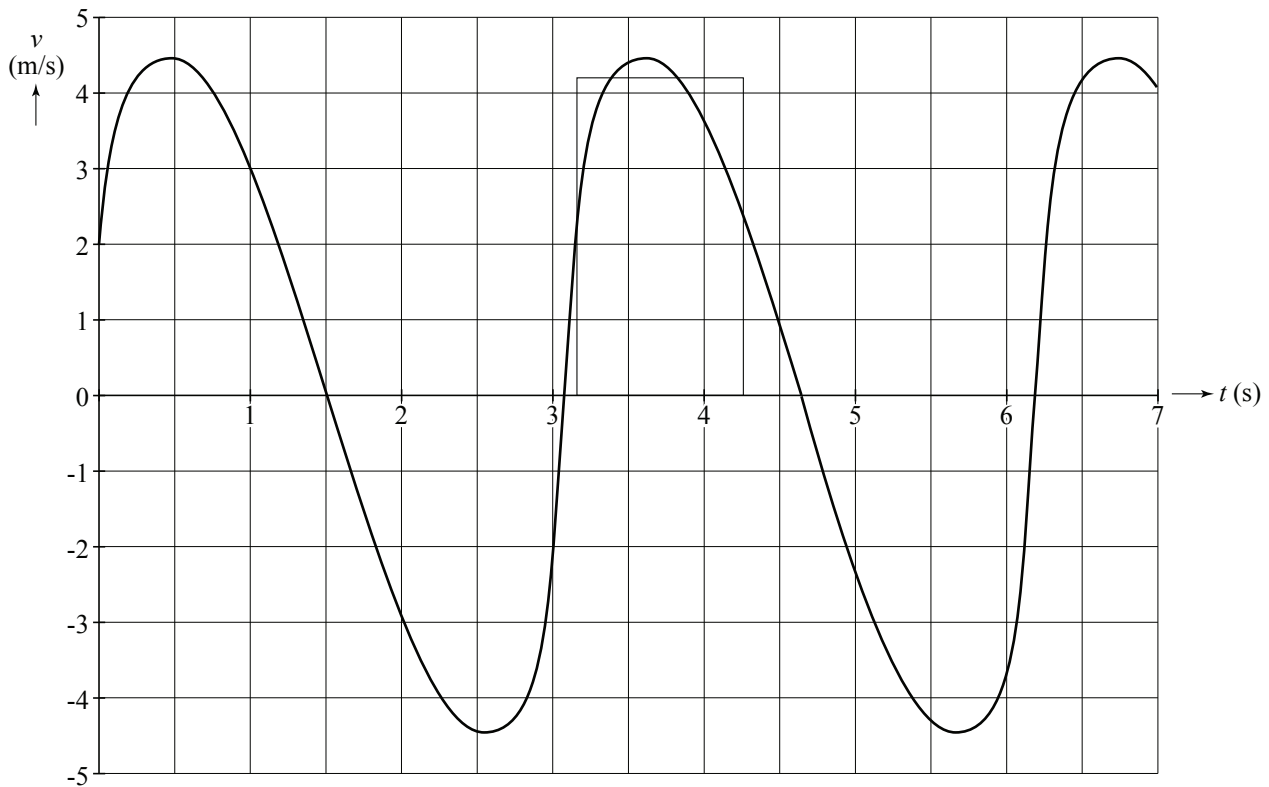
Als de kandidaat de hoek tussen de richtingen van $(-)F_z$ en F opmeet en daarmee de grootte van F berekent: goed rekenen.

21 maximumscore 3

uitkomst: $\Delta h = 4,6$ m (met een marge van 0,4 m)

voorbeeld van een bepaling:

Als de snelheid nul is, bevindt Lisa zich in het hoogste of in het laagste punt. Het hoogteverschil is dus gelijk aan de oppervlakte onder de grafiek tussen twee nuldoorgangen.



Deze oppervlakte kan benaderd worden met een driehoek of een rechthoek en is gelijk aan 4,6 m.

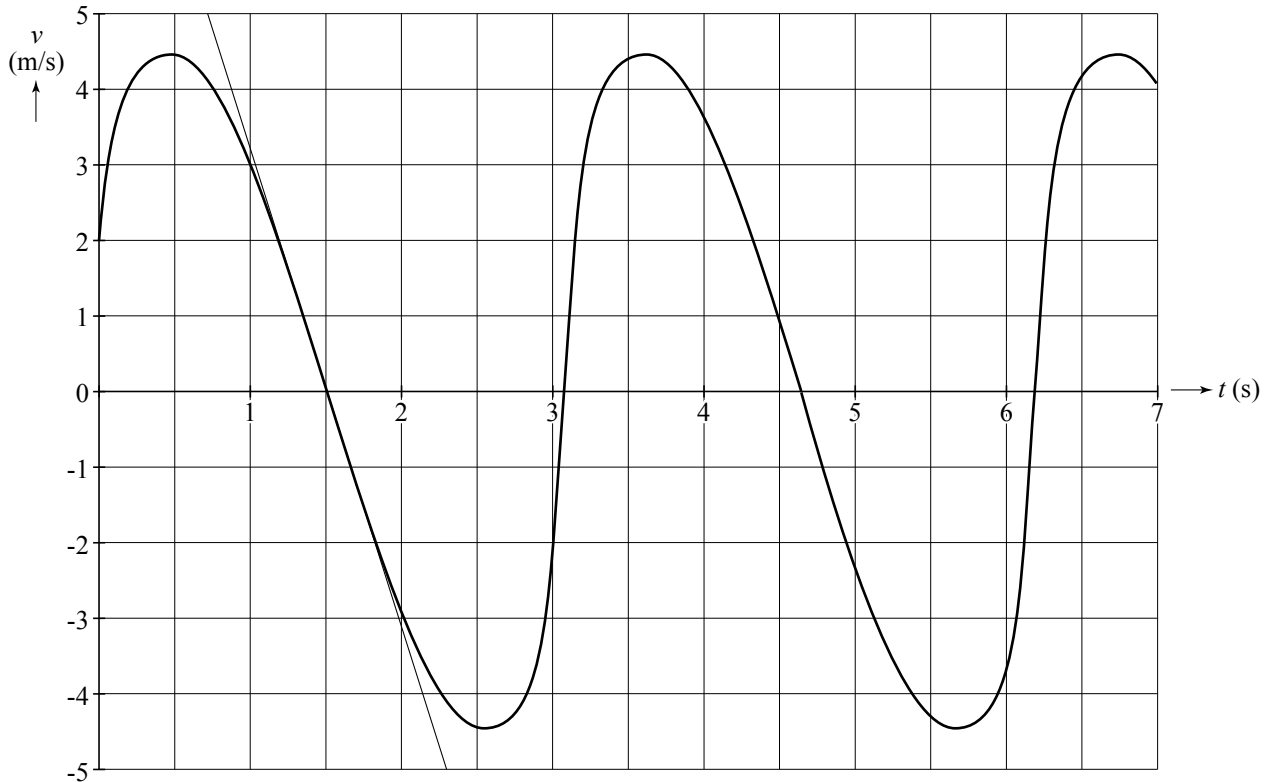
- inzicht dat de hoogte gelijk is aan de oppervlakte onder de grafiek 1
- inzicht dat de oppervlakte tussen twee nuldoorgangen benaderd moet worden door het tekenen van een driehoek of een rechthoek of door middel van hokjes tellen 1
- completeren van de bepaling 1

22 maximumscore 4

voorbeeld van een antwoord:

Lisa bevindt zich in het hoogste punt als de snelheid nul is en als de snelheidsgrafiek daalt.

De versnelling die Lisa dan ondervindt, is gelijk aan de steilheid van de raaklijn in dat punt aan de grafiek.



De steilheid is gelijk aan $\frac{-5-5}{2,3-0,7}=(-)6,3 \text{ ms}^{-2}$.

Deze (absolute) waarde is kleiner dan de (absolute) waarde van de gravitatieversnelling $g = (-)9,8 \text{ ms}^{-2}$.

Dus moeten de elastieken nog een kracht uitoefenen op Lisa.

- inzicht dat Lisa zich in het hoogste punt bevindt als de snelheid nul is en de snelheidsgrafiek daalt 1
- inzicht dat de versnelling in dat punt bepaald moet worden 1
- bepalen van de steilheid van de raaklijn 1
- consequente conclusie 1

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

23 maximumscore 3

antwoord:

Grafiek	Energie
1	E_{tot}
2	E_z
3	$E_{\text{v-el}}$
4	E_k
5	$E_{\text{v-tr}}$

indien alle energieën correct	3
indien vier of drie energieën correct	2
indien twee energieën correct	1
indien één of nul energieën correct	0

Opgave 5 Vol of leeg?

24 maximumscore 2

uitkomst: $E = 12 \text{ kJ}$ (3,5 Wh)

voorbeeld van een berekening:

Er geldt: $E = Pt$ met $P = UI$. Dit levert: $E = UIt$.

$$2300 \text{ mAh} = 2300 \cdot 10^{-3} \cdot 3600 = 8,28 \cdot 10^3 \text{ As.}$$

Invullen levert: $E = UIt = 1,5 \cdot 8,28 \cdot 10^3 = 1,2 \cdot 10^4 \text{ J} = 12 \text{ kJ}$.

- inzicht dat $E = UIt$ 1
- completeren van de berekening 1

25 maximumscore 3

uitkomst: $t = 2,1$ (jaar)

voorbeeld van een berekening:

Voor de stroomsterkte die de batterij levert geldt:

$$I = \frac{U}{R} = \frac{1,5}{12 \cdot 10^3} = 1,25 \cdot 10^{-4} \text{ A.}$$

Er geldt $It = 2300 \text{ mAh} = 2,300 \text{ Ah}$. Invullen levert $1,25 \cdot 10^{-4} t = 2,300$.

Hieruit volgt: $t = 1,84 \cdot 10^4 \text{ h} = 767 \text{ d} = 2,1$ (jaar).

- gebruik van $U = IR$ 1
- inzicht dat $t = \frac{2,300}{I}$ 1
- completeren van de berekening 1

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

26 maximumscore 3

uitkomst: $R = 3,0 \Omega$

voorbeeld van een berekening:

De weerstand is omgekeerd evenredig met de breedte van een strookje.

De strookjes zijn respectievelijk 2,0, 3,0, 4,0 en 5,0 keer zo breed als het eerste strookje van 1,3 Ω .

Dus de hele strook is een serieweerstand waarbij geldt:

$$R = 1,3 + \frac{1,3}{2,0} + \frac{1,3}{3,0} + \frac{1,3}{4,0} + \frac{1,3}{5,0} = 3,0 \Omega.$$

- inzicht dat de weerstand van een strookje omgekeerd evenredig is met de breedte van het strookje 1
- inzicht dat de delen van de strook in serie staan 1
- completeren van de berekening 1

27 maximumscore 2

voorbeeld van een antwoord:

De stroomsterkte door de hele strip is gelijk. Het smalle stukje heeft de grootste weerstand. Daar ontstaat dus de meeste warmte en wordt de temperatuur het hoogst.

- noemen dat de stroomsterkte in de strip overal even groot is 1
- inzicht dat het smalste stukje de grootste weerstand heeft en dat bij de grootste weerstand de temperatuur het hoogst wordt 1

Opmerking

Een correcte redenering op basis van de begrippen warmteafgifte en/of warmtecapaciteit: goed rekenen.

28 maximumscore 3

voorbeelden van een antwoord:

Omdat de spanning groter is, moet de weerstand groter worden om een gelijke hoeveelheid warmte te krijgen. Dit kan op de volgende manieren:

- een materiaal nemen met een hogere soortelijke weerstand;
- de strip (overal) dunner maken;
- de strip (overal) smaller maken.

- inzicht dat de weerstand van de strip groter moet worden 1
- noemen van een aanpassing 1
- noemen van nog een aanpassing 1

5 Inzenden scores

Verwerk de scores van alle kandidaten per school in het programma WOLF.
Zend de gegevens uiterlijk op 3 juni naar Cito.