Correctievoorschrift HAVO

2026

tijdvak 1

natuurkunde

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

1 Regels voor de beoordeling

Het werk van de kandidaten wordt beoordeeld met inachtneming van de artikelen 3.21, 3.24 en 3.25 van het Uitvoeringsbesluit WVO 2020.
Voorts heeft het College voor Toetsen en Examens op grond van artikel 2 lid 2d van de Wet College voor toetsen en examens de Regeling beoordelingsnormen en bijbehorende scores centraal examen vastgesteld.
Voor de beoordeling zijn de volgende aspecten van de artikelen 3.21 tot en met 3.25 van het Uitvoeringsbesluit WVO 2020 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 Toetsen en 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 directeur van de school van de gecommitteerde toekomen. Deze stelt het ter hand aan de gecommitteerde.

natuurkundeuitgelegd.nl

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 Toetsen en Examens.
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 behaalde 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 corrector aanwijzen. De beoordeling van deze derde corrector 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 Toetsen en 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 correctievoorschrift. 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;

natuurkundeuitgelegd.nl

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. Als het antwoord op een andere manier is gegeven, maar onomstotelijk vaststaat dat het juist is, dan moet dit antwoord ook goedgerekend worden. Voor het juiste 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 Toetsen en 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.

Toelichting status correctievoorschrift

Het College voor Toetsen en Examens heeft de correctievoorschriften bij regeling vastgesteld. Het correctievoorschrift is een zogeheten algemeen verbindend voorschrift en valt onder wet- en regelgeving die van overheidswege wordt verstrekt. De corrector mag dus niet afwijken van het correctievoorschrift.

natuurkundeuitgelegd.nl

Verkeer tussen examinator en gecommitteerde (eerste en tweede corrector)
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.

Toelichting aanvullingen op het correctievoorschrift
Er zijn twee redenen voor een aanvulling op het correctievoorschrift: verduidelijking en een fout.

Verduidelijking:
Het correctievoorschrift is vóór de afname opgesteld. Na de afname blijkt pas welke antwoorden kandidaten geven. Vragen en reacties die via het Examenloket bij de examenlijn binnenkomen, kunnen duidelijk maken dat het correctievoorschrift niet voldoende recht doet aan door kandidaten gegeven antwoorden. Een aanvulling op het correctievoorschrift kan dan alsnog duidelijkheid bieden.

Een fout:
Als het College voor Toetsen en Examens vaststelt dat een centraal examen een fout bevat, kan het besluiten tot een aanvulling op het correctievoorschrift.
Een aanvulling op het correctievoorschrift wordt door middel van een mailing vanuit examenblad.nl bekendgemaakt. Een aanvulling op het correctievoorschrift wordt zo spoedig mogelijk verstuurd aan de examensecretarissen. Soms komt een onvolkomenheid pas geruime tijd na de afname aan het licht. In die gevallen vermeldt de aanvulling:

- Als het werk al naar de tweede corrector is gezonden, past de tweede corrector deze aanvulling op het correctievoorschrift toe.
  en/of
- Als de aanvulling niet is verwerkt in de naar Cito gezonden Wolf-scores, voert Cito dezelfde wijziging door die de correctoren op de verzamelstaat doorvoeren.

Dit laatste gebeurt alleen als de aanvulling luidt dat voor een vraag alle scorepunten moeten worden toegekend.

Als een onvolkomenheid op een dusdanig laat tijdstip geconstateerd wordt dat een aanvulling op het correctievoorschrift ook voor de tweede corrector te laat komt, houdt het College voor Toetsen en Examens bij de vaststelling van de n-term rekening met de onvolkomenheid.

natuurkundeuitgelegd.nl

3 Vakspecifieke regels

Voor dit examen zijn de volgende vakspecifieke regels vastgesteld:

1 Het scorepunt voor het ‘gebruik van een formule’ wordt toegekend als:
- bij berekeningen en bepalingen de juiste formule is geselecteerd en voor minstens één grootheid de overeenkomstige waarde is ingevuld of elders in de uitwerking de grootheid met bijbehorende waarde is genoteerd.
    - Als in een formule eenzelfde grootheid meermaals voorkomt moet de waarde van de grootheid juist in de formule zijn ingevuld.
    - De formule hoeft niet genoteerd te zijn. Het gebruik ervan kan blijken uit de berekening/bepaling zelf.
- bij afleidingen en redeneringen de juiste formule volledig is genoteerd en met deze formule een relevante bewerking of redeneerstap is uitgevoerd.
    - Bij een afleiding gaat het om een relevante wiskundige bewerking (omschrijving, substitutie) van de formule.
    - Bij een redenering gaat het om de beschrijving van het effect van de verandering van minstens één grootheid in de formule.

2 Het scorepunt, aangeduid met ‘completeren van de berekening/bepaling’, wordt niet toegekend als:
- door een onjuist antwoordelement (waarvoor bij een eerder scorepunt al aftrek heeft plaatsgevonden) de berekening of bepaling substantieel is vereenvoudigd ten opzichte van de correcte uitkomst, of
- antwoordelementen foutief met elkaar zijn gecombineerd, of
- één of meer rekenfouten zijn gemaakt, of
- de eenheid van de uitkomst niet of niet passend bij de grootheid is vermeld, tenzij uit het beoordelingsmodel blijkt dat vermelding van de eenheid niet is vereist, of
- de uitkomst alleen als orde van grootte is genoteerd, tenzij naar de orde van grootte is gevraagd.

3 Significantie wordt alleen beoordeeld als: (a) gevraagd wordt naar een uitkomst in een gegeven aantal significante cijfers, of de vraag betrekking heeft op een gegeven waarde waarvan de juistheid aangetoond moet worden, of (b) gevraagd wordt naar een uitkomst in het juiste aantal significante cijfers. Significantie wordt als juist beoordeeld indien aan de volgende twee voorwaarden is voldaan:
- Het aantal significante cijfers in de genoteerde uitkomst past bij de oplosroute die de kandidaat heeft gevolgd en deze oplosroute past bij de gestelde vraag. Bij vraagsoort (b) kan het juiste aantal cijfers dus afwijken van het aantal in het beoordelingsmodel.
- Bij tussentijds afronden is minimaal het aantal cijfers van de genoteerde uitkomst gebruikt.

Als een tussenantwoord is genoteerd in meer dan het juiste of het gegeven aantal significante cijfers hoeven de extra cijfers niet gecontroleerd te worden op rekenfouten.

natuurkundeuitgelegd.nl

4 Beoordelingsmodel

Vraag	Antwoord	Scores

Aan het juiste antwoord op een meerkeuzevraag wordt 1 scorepunt toegekend.

Hamsterwiel

1 maximumscore 3

uitkomst: $-T = 1{,}1\ \text{s}$

$-v = 0{,}69\ \text{m s}^{-1}$

voorbeeld van een antwoord:

– De omlooptijd kan afgelezen worden in figuur 3: $T = 1{,}1\ \text{s}$.

– Voor de baansnelheid geldt $v = \frac{2\pi r}{T}$ met $r = \frac{d}{2} = 0{,}12\ \text{m}$.

Dus $v = \frac{2\pi \cdot 0{,}12}{1{,}1} = 0{,}69\ \text{m s}^{-1}$.

- bepalen van T (binnen het bereik $1{,}05\ \text{s} \le T \le 1{,}20\ \text{s}$) 1
- gebruik van $v = \frac{2\pi r}{T}$ met $r = \frac{d}{2}$ 1
- completeren van de bepaling van v en significantie 1

2 maximumscore 3

uitkomst: $v_{\text{gem}} = 0{,}806\ \text{km h}^{-1}$ (met een marge van $0{,}010\ \text{km h}^{-1}$)

voorbeeld van een antwoord:

– de (s,t)-grafiek loopt soms horizontaal (tijdens die tijdsintervallen was de snelheid nul, en heeft de hamster pauze gehouden).

– Aflezen in figuur 4 geeft $\Delta s = 2{,}70\ \text{km}$ en $\Delta t = 3{,}35\ \text{h}$. Hieruit volgt:

$v_{\text{gem}} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{2{,}70}{3{,}35} = 0{,}806\ \text{km h}^{-1}\ (= 0{,}224\ \text{m s}^{-1})$.

- inzicht dat horizontale delen van de (s,t)-grafiek overeenkomen met een pauze 1
- gebruik van $v_{\text{gem}} = \frac{\Delta x}{\Delta t}$ 1
- completeren van de bepaling en significantie 1

natuurkundeuitgelegd.nl

3 maximumscore 5

uitkomst: $n_{\text{stap hamster}} = 7{,}5 \cdot 10^4$

voorbeeld van een antwoord:
Het gemiddeld aantal stappen in een marathon is $160 \cdot (4 \cdot 60 + 21) = 4{,}18 \cdot 10^4$. Voor vier marathons komt dit dus overeen met $1{,}7 \cdot 10^5$ stappen.
Uit de schaal van figuur 5 volgt de stapgrootte van de hamster:
$2{,}8 \cdot \frac{0{,}12}{3{,}4} = 0{,}099$ m.

Het aantal stappen van de hamster is $\frac{7{,}4 \cdot 10^3}{0{,}099} = 7{,}5 \cdot 10^4$.

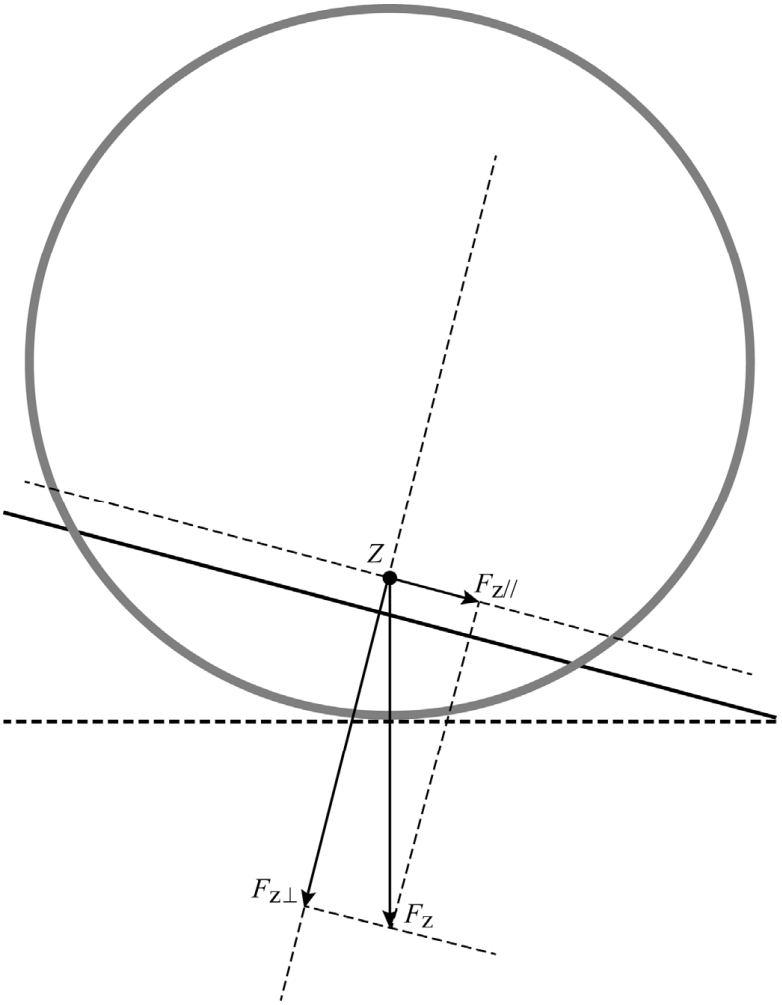
Dat zijn er veel minder, dus het aantal stappen komt niet overeen.

- inzicht dat $n_{\text{stap mens}} = 4 \cdot 160 \cdot t_{\text{marathon}}$ 1
- opmeten stapgrootte hamster en straal wiel (elk met een marge van 2 mm) 1
- toepassen schaalfactor 1
- inzicht dat $n_{\text{stap hamster}} = \frac{\Delta s_{\text{hamster}}}{\ell_{\text{stap hamster}}}$ 1
- completeren van de bepaling en consequente conclusie 1

natuurkundeuitgelegd.nl

4 maximumscore 4

voorbeeld van een antwoord:



$F_z = mg = 0{,}13 \cdot 9{,}81 = 1{,}28$ N.

Hieruit volgt voor de schaalfactor dat 1 cm overeen komt met 0,26 N.

In de constructie is $F_{z//}$ 1,3 cm lang. (Er geldt: $F_{spier} = F_{z//}$) dus

$F_{spier} = 1{,}3 \cdot 0{,}26 = 0{,}34$ N = 0,3 N.

- construeren van de component van F_z langs de helling 1
- gebruik van $F_z = mg$ 1
- toepassen van de schaalfactor 1
- completeren van de bepaling 1

Opmerking

De uitkomst $F_{spier} = 0{,}4$ N *mag ook goed gerekend worden.*

natuurkundeuitgelegd.nl

5 maximumscore 4

uitkomst: $-P = 0,2$ W

– vermogen per kilogram lichaamsgewicht $= 2\ \mathrm{W\,kg^{-1}}$

voorbeeld van een antwoord:

– $P = Fv = 0,3 \cdot \dfrac{2,4}{3,6} = 0,2$ W .

– Voor het vermogen per kilogram lichaamsgewicht geldt $\dfrac{0,2}{0,13} = 2\ \mathrm{W\,kg^{-1}}$. Dit is lager dan $3\ \mathrm{W\,kg^{-1}}$, dus Machteld heeft gelijk.

- gebruik van $P = Fv$ 1
- inzicht dat $\dfrac{P}{m}$ berekend moet worden 1
- completeren van de berekeningen 1
- consequente conclusie 1

Solar Orbiter

6 maximumscore 1

straling

7 maximumscore 3

uitkomst: 10^4 ($\mathrm{W\,m^{-2}}$)

voorbeeld van een antwoord:

Op aarde geldt $I_{\text{aarde}} = k \cdot \dfrac{1}{r^2_{\text{zon aarde}}}$ dus $k = I_{\text{aarde}} \cdot r^2_{\text{zon aarde}}$.

Op de positie van Solar Orbiter is

$$I_{\text{SO}} = k \cdot \frac{1}{r^2_{\text{zon SO}}} = I_{\text{aarde}} \cdot \frac{r^2_{\text{zon aarde}}}{r^2_{\text{zon SO}}} = 1,0 \cdot 10^3 \cdot \frac{(150 \cdot 10^9)^2}{(43 \cdot 10^9)^2} = 1,2 \cdot 10^4\ \mathrm{W\,m^{-2}}.$$

Het hitteschild moet een intensiteit in de orde van grootte van $10^4\ \mathrm{W\,m^{-2}}$ kunnen weerstaan.

- inzicht dat $k = I_{\text{aarde}} \cdot r^2_{\text{zon aarde}}$ 1
- inzicht dat $I_{\text{SO}} = k \cdot \dfrac{1}{r^2_{\text{zon SO}}}$ 1
- completeren van de berekening en consequente conclusie 1

natuurkundeuitgelegd.nl

8 maximumscore 4

uitkomst: $A = 1{,}8 \cdot 10^{-4}$ m^2

voorbeeld van een antwoord:
Voor de totale doorsnede bij de maximale warmtestroom geldt:
$A = \frac{P \cdot d}{\lambda \cdot \Delta T} = \frac{15 \cdot 0{,}245}{21{,}9 \cdot (346 - 270)} = 2{,}21 \cdot 10^{-3}$ m^2.
Ieder staafje mag dan een maximale doorsnede hebben van
$\frac{2{,}21 \cdot 10^{-3}}{12} = 1{,}8 \cdot 10^{-4}$ m^2.

- gebruik van $P = \lambda A \frac{\Delta T}{d}$ 1
- gebruik van factor 12 1
- completeren van de berekening 1
- significantie 1

9 maximumscore 3

uitkomst: $a = 7{,}2 \cdot 10^{-2}$ m s^{-2}

voorbeeld van een antwoord:

De gravitatiekracht van de zon op Solar Orbiter is $F_g = G \frac{m_{SO} m_{zon}}{r^2}$.

De versnelling van Solar Orbiter is
$a = \frac{F_{res}}{m} = \frac{F_g}{m_{SO}} = G \frac{m_{zon}}{r^2} = 6{,}67 \cdot 10^{-11} \cdot \frac{1{,}99 \cdot 10^{30}}{(43 \cdot 10^9)^2} = 7{,}2 \cdot 10^{-2}$ m s^{-2}.

- gebruik van $F_g = G \frac{mM}{r^2}$ en opzoeken van m_{zon} en G 1
- inzicht dat $F_g = ma$ 1
- completeren van de berekening 1

10 C

11 maximumscore 2

voorbeeld van een antwoord:
Vanuit Solar Orbiter gezien valt het zonlicht vanaf rechts op Venus. De rechterkant van Venus wordt dus belicht. Fase 1 komt het best overeen met de waarneming vanaf Solar Orbiter op 18 november 2020.

- inzicht dat het zonlicht van rechts afkomstig is 1
- consequente conclusie 1

natuurkundeuitgelegd.nl

Lekdetectie

12 maximumscore 3
uitkomst: $f = 56\ \text{kHz}$ (met een marge van 1 kHz)

voorbeeld van een antwoord:
Aflezen in figuur 2 geeft 10 trillingen in 9 hokjes.
De frequentie is $f = \dfrac{10}{9{,}0 \cdot 20 \cdot 10^{-6}} = 56\ \text{kHz}$.
Dit is meer dan 20 kHz, dus het geluid is ultrasoon.

- inzicht dat geldt $T = \dfrac{\text{benodigde tijd}}{\text{aantal trillingen}}$ en gebruik van $f = \dfrac{1}{T}$ 1
- completeren van de bepaling 1
- consequente conclusie 1

13 maximumscore 3

Na een lek is het debiet **kleiner** dan voor het lek.

Na een lek is de snelheid van de vloeistof in de pijp **kleiner dan** voor het lek.

Na een lek is de tijd die nodig is om een afstand s af te leggen **groter dan** voor het lek.

- eerste zin juist 1
- tweede zin consequent met de eerste zin 1
- derde zin consequent met de tweede zin 1

14 B

15 maximumscore 3
voorbeeld van een antwoord:

$$^{82}_{35}\text{Br} \rightarrow {}^{82}_{36}\text{Kr} + {}^{0}_{-1}\beta + {}^{0}_{0}\gamma$$

- alleen Br links van de pijl, een β-deeltje en γ-foton rechts van de pijl 1
- atoomsoort rechts van de pijl kloppend met de atoomnummers 1
- aantal nucleonen links en rechts gelijk 1

natuurkundeuitgelegd.nl

16 maximumscore 3
uitkomst: 0,049%

voorbeeld van een antwoord:
De metalen wand zorgt voor een halvering, de grond zorgt voor 0,50/0,050 = 10 halveringen. In totaal wordt de intensiteit 11 keer gehalveerd, dus: $I = I_0\left(\frac{1}{2}\right)^n = I_0\left(\frac{1}{2}\right)^{11} = 4{,}9\cdot10^{-4}\cdot I_0$.
Dit komt overeen met 0,049% van de beginintensiteit.

- gebruik van $I = I_0\left(\frac{1}{2}\right)^n$ 1
- inzicht dat $n = \frac{d}{d_{\frac{1}{2}}} + 1$ 1
- completeren van de berekening 1

17 maximumscore 3
voorbeeld van een antwoord:
De halveringstijd van Br-82 is 35,3 h = 1,5 d. Er zijn dus ongeveer 2 halveringstijden voorbij. De intensiteit zou daardoor 4 keer zo klein geworden moeten zijn. Omdat de intensiteit 8 keer zo klein is, moet er tracer weggelekt zijn en duidt deze meting op een lek in de pijpleiding.

- opzoeken van de halveringstijd van Br-82 1
- inzicht dat er ongeveer twee halveringstijden voorbij zijn/inzicht dat er drie halveringstijden nodig zijn voor een acht keer lagere intensiteit 1
- consequente conclusie 1

Opmerking
Als voor het antwoord gebruik is gemaakt van een berekening waarin een fout is gemaakt, maximaal 2 scorepunten toekennen.

natuurkundeuitgelegd.nl

Vierkantsweerstand

18 maximumscore 3

voorbeeld van een antwoord:

De weerstand van een geleidende draad wordt gegeven door $R = \rho\frac{\ell}{A}$.

De dwarsdoorsnede A van de vierkante geleider met een constante dikte d uit figuur 1 is $A = x \cdot d$ en de lengte is $\ell = x$.

De vierkantsweerstand is $R_{vw} = \rho \cdot \frac{x}{x \cdot d} = \frac{\rho}{d}$.

- gebruik van $\rho = \frac{RA}{\ell}$ 1
- inzicht dat $A = x \cdot d$ 1
- completeren van het antwoord 1

19 maximumscore 3

voorbeeld van een antwoord:

De totale weerstand van de serieschakeling in één tak is $3R$.

Voor de totale weerstand van de drie takken van de parallelschakeling geldt: $\frac{1}{R_{tot}} = \frac{1}{3R} + \frac{1}{3R} + \frac{1}{3R} = \frac{3}{3R} = \frac{1}{R}$.

Dus $R_{tot} = R$ (en de weerstand van het grote vierkant heeft dezelfde waarde als die van het kleine vierkant).

- gebruik van $R_{tot} = R_1 + R_2 + \ldots$ 1
- gebruik van $\frac{1}{R_{tot}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \ldots$ 1
- completeren van het antwoord 1

natuurkundeuitgelegd.nl

20 maximumscore 3

De I_{bron} die in de praktijksituatie wordt gemeten, is **kleiner dan** de I_{bron} die in de ideale situatie is te verwachten.

De vierkantsweerstand die in de praktijksituatie wordt bepaald, is **groter dan** de vierkantsweerstand die voor de ideale situatie wordt berekend met I_{bron} en U_{bron}.

Een nauwkeuriger bepaling in de praktijksituatie kan worden gedaan door een spanningsmeter over **de geleidende laag** aan te sluiten en de gemeten spanning hiervan te gebruiken in de berekening.

- eerste zin correct 1
- tweede zin consequent met de eerste zin 1
- derde zin correct 1

21 maximumscore 2

uitkomst: $d = 10^{-8}$ m

voorbeeld van een antwoord:

$$R_{vw} = \frac{\rho}{d} \rightarrow d = \frac{\rho}{R_{vw}} = \frac{10^{-5}}{330} = 10^{-8} \text{ m}.$$

- gebruik van $R_{vw} = \frac{\rho}{d}$ en opzoeken $\rho_{grafiet}$ 1
- completeren van de berekening 1

Opmerking
De uitkomst hoeft niet als orde van grootte genoteerd te zijn.

natuurkundeuitgelegd.nl

22 maximumscore 4

uitkomst: $T = 1{,}3 \cdot 10^{2}$ °C (met een marge van $0{,}1 \cdot 10^{2}$ °C)

voorbeeld van een antwoord:

– De soortelijke weerstand van grafiet neemt af met toenemende temperatuur (dus de weerstandswaarde neemt af). De koolfilmweerstand gedraagt zich als een NTC.

– Bij 20 °C is de soortelijke weerstand $12{,}8 \cdot 10^{-6}$ Ωm. Een afname van 10% is toegestaan, dus de soortelijke weerstand mag afnemen tot $11{,}5 \cdot 10^{-6}$ Ωm. Uit figuur 8 volgt een maximumtemperatuur van $1{,}3 \cdot 10^{2}$ °C.

- inzicht dat de soortelijke weerstand afneemt met het toenemen van de temperatuur 1
- consequente conclusie 1
- toepassen van de 10% afname van de soortelijke weerstand 1
- completeren van de bepaling en significantie 1

Parapluspin

23 maximumscore 2

voorbeeld van een antwoord:

De snelheid neemt (ten gevolge van de resulterende kracht van het web op de spin) toe vanaf de lancering totdat de spin (voor het eerst) door de evenwichtsstand gaat. De uitrekking van het web komt dus overeen met de oppervlakte onder de grafiek tot aan de eerste top, dus diagram II is correct.

- inzicht dat de snelheid toeneemt tot aan de evenwichtsstand 1
- consequente keuze voor diagram II 1

natuurkundeuitgelegd.nl

24 maximumscore 3

uitkomst: $F_{res} = 1{,}1 \cdot 10^{-4}$ N

voorbeeld van een antwoord:
Volgens de wet van arbeid en kinetische energie geldt:
$W_{tot} = \Delta E_k \rightarrow Fs = \frac{1}{2}mv_e^{\,2} - \frac{1}{2}mv_b^{\,2}$

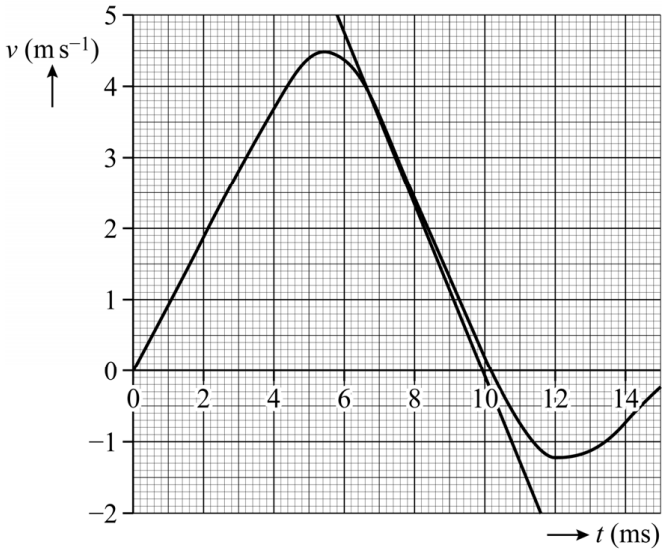
$F_{res} \cdot 8{,}0 \cdot 10^{-3} = \frac{1}{2} \cdot 2{,}0 \cdot 10^{-7} \cdot 3{,}0^2 \rightarrow F_{res} = \frac{9{,}0 \cdot 10^{-7}}{8{,}0 \cdot 10^{-3}} = 1{,}1 \cdot 10^{-4}$ N.

- gebruik van $W_{tot} = \Delta E_k$ 1
- gebruik van $W = Fs$ en $E_k = \frac{1}{2}mv^2$ 1
- completeren van de berekening en significantie 1

natuurkundeuitgelegd.nl

25 maximumscore 4

voorbeeld van een antwoord:
De maximale versnelling wordt bereikt waar de helling van de (v,t)-grafiek het steilst is.



Hieruit volgt: $a = \left(\frac{\Delta v}{\Delta t}\right)_{\text{raaklijn}} = \frac{-2,0-5,0}{11,6\cdot10^{-3}-5,8\cdot10^{-3}} = (-)1,2\cdot10^{3}\ \text{m s}^{-2}$.

Uitgedrukt in de valversnelling is dit $\frac{1,2\cdot10^{3}}{9,81} = 1,2\cdot10^{2}\,g$.

Dit is meer dan $10\cdot9g$, dus de bewering klopt.

- tekenen van de raaklijn op het steilste deel van de grafiek/aangeven van een relevant recht stuk van de grafiek 1
- bepalen van a met een marge van $0,2\cdot10^{3}\ \text{m s}^{-2}$ 1
- inzicht dat a naar g omgerekend moet worden of vice versa 1
- completeren van de bepaling en consequente conclusie 1

Opmerking
De versnelling mag ook bepaald worden op de opgaande flank van de grafiek.

natuurkundeuitgelegd.nl

26 maximumscore 2

voorbeeld van een antwoord:

De formule voor de trillingstijd van een massa-veersysteem luidt: $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{C}}$. Als de spin een prooi vangt, wordt de massa groter (bij gelijkblijvende veerconstante). Dit resulteert in een grotere trillingstijd en dus diagram II.

- gebruik van $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{C}}$ met het inzicht dat de massa toeneemt 1
- consequente conclusie 1

natuurkundeuitgelegd.nl

5 Aanleveren scores

Verwerk de scores van de alfabetisch eerste vijf kandidaten per examinator in de applicatie Wolf. Cito gebruikt deze gegevens voor de analyse van de examens.
Om de gegevens voor dit doel met Cito uit te wisselen dient u ze uiterlijk op 1 juni te accorderen.

Ook na 1 juni kunt u nog tot en met 10 juni gegevens voor Cito accorderen. Deze gegevens worden niet meer meegenomen in de hierboven genoemde analyses, maar worden wel meegenomen bij het genereren van de groepsrapportage.

Na accordering voor Cito kunt u in Wolf de gegevens nog wijzigen om ze vervolgens vrij te geven voor het overleg met de externe corrector. Deze optie is relevant als u Wolf ook gebruikt voor uitwisseling van de gegevens met de externe corrector.

Tweede tijdvak
Ook in het tweede tijdvak wordt de normering mede gebaseerd op door kandidaten behaalde scores. Wissel te zijner tijd ook voor al uw tweede-tijdvak-kandidaten de scores uit met Cito via Wolf. Dit geldt **niet** voor de aangewezen vakken.

6 Bronvermeldingen

Hamsterwiel

figuur 1	Shutterstock, afbeelding 1222707268 door Johannes Menge
figuur 5	Shutterstock, afbeelding 1222707256 en 1222707268 door Johannes Menge
figuur 6	Shutterstock, afbeelding 1222707259 door Johannes Menge

Solar Orbiter

figuur 1	Wikimedia, ESA, ATG medialab, 2019
figuur 5	Solar Orbiter/SoloHI Team/ ESA & NASA; U.S. Naval Research Laboratory, 2020

Lekdetectie

figuur 1	Shutterstock, afbeelding 1132798085 door Giorgio Rossi

Vierkantsweerstand

figuur 6	Shutterstock, afbeelding 1229565730 door Ton Stocker

Alle overige figuren: Stichting Cito Instituut voor Toetsontwikkeling, 2026

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