Correctievoorschrift HAVO

2026

tijdvak 2

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.

Kokendwaterkraan

1 maximumscore 2

voorbeeld van een antwoord:
Het vermogen van de kokendwaterkraan is $P = UI = 230 \cdot 9{,}2 = 2116$ W.
Dit is meer dan 2 kW dus de kraan moet op een eigen groep worden aangesloten.

- gebruik van $P = UI$ 1
- completeren van de berekening en consequente conclusie 1

2 maximumscore 2

uitkomst: $Q = 3{,}01 \cdot 10^6$ J

voorbeeld van een antwoord:
Voor het opwarmen van 8,0 L water van 10 °C tot 100 °C is
$Q = cm\Delta T = 4{,}18 \cdot 10^3 \cdot 8{,}0 \cdot 90 = 3{,}01 \cdot 10^6$ J aan warmte nodig.
(Het rendement bij het opwarmen is kleiner dan 100%.) De grotere opgegeven waarde van het energieverbruik kan dus kloppen.

- gebruik van $Q = cm\Delta T$ en opzoeken van c voor water 1
- completeren van de berekening en consequente conclusie 1

3 maximumscore 2

eigenschap van de isolatielaag	zo groot mogelijk	zo klein mogelijk	niet van invloed
dikte	x		
soortelijke warmte			x
warmtegeleidingscoëfficiënt		x	

indien drie antwoorden juist 2
indien twee antwoorden juist 1
indien één of geen antwoord juist 0

natuurkundeuitgelegd.nl

4 maximumscore 4

voorbeeld van een antwoord:
Het bolvormige reservoir heeft een oppervlakte van
$A_{bol} = 4\pi r^2 = 4\pi \cdot 0{,}124^2 = 0{,}193\ \text{m}^2$.

Uit de formule voor de warmtestroom $P = \lambda A \frac{\Delta T}{d}$ volgt dat de warmtestroom kleiner is bij een kleinere buitenoppervlakte A van het reservoir. Vorm I heeft een kleinere buitenoppervlakte dan vorm II en heeft dus minder energieverlies.

- gebruik van $A_{bol} = 4\pi r^2$ 1
- completeren van de berekening 1
- gebruik van $P = \lambda A \frac{\Delta T}{d}$ / inzicht dat $P \sim A$ 1
- consequente conclusie 1

5 maximumscore 3

uitkomst: energielabel B

voorbeeld van een antwoord:
In een week tijd is er 3,9 kWh nodig om het water op temperatuur te houden. Er is in die tijd dus ook een energieverlies van 3,9 kWh geweest.
Het energieverlies per seconde volgt uit:
$P = \frac{E}{t} = \frac{3{,}9}{7 \cdot 24} = 0{,}023\ \text{kW} = 23\ \text{W}$.
Uit aflezen in figuur 3 bij een volume van 8,0 L blijkt dat bij dit energieverlies per seconde het energielabel B wordt toegekend.

- gebruik van $P = \frac{E}{t}$ 1
- inzicht dat het energielabel moet worden afgelezen bij 8,0 L 1
- completeren van de bepaling 1

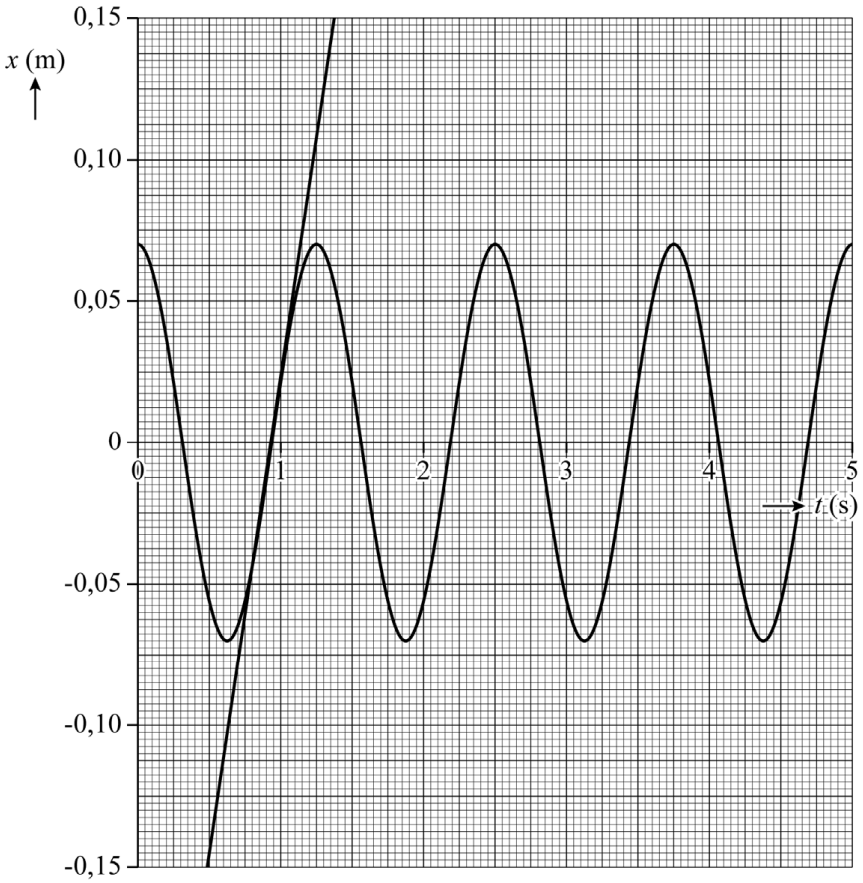
natuurkundeuitgelegd.nl

Draaitafel

6 maximumscore 3

uitkomst: $v = 0{,}33\ \text{m s}^{-1}$ (met een marge van $0{,}05\ \text{m s}^{-1}$)

voorbeeld van een antwoord:
De baansnelheid volgt uit een raaklijn op het steilste gedeelte:

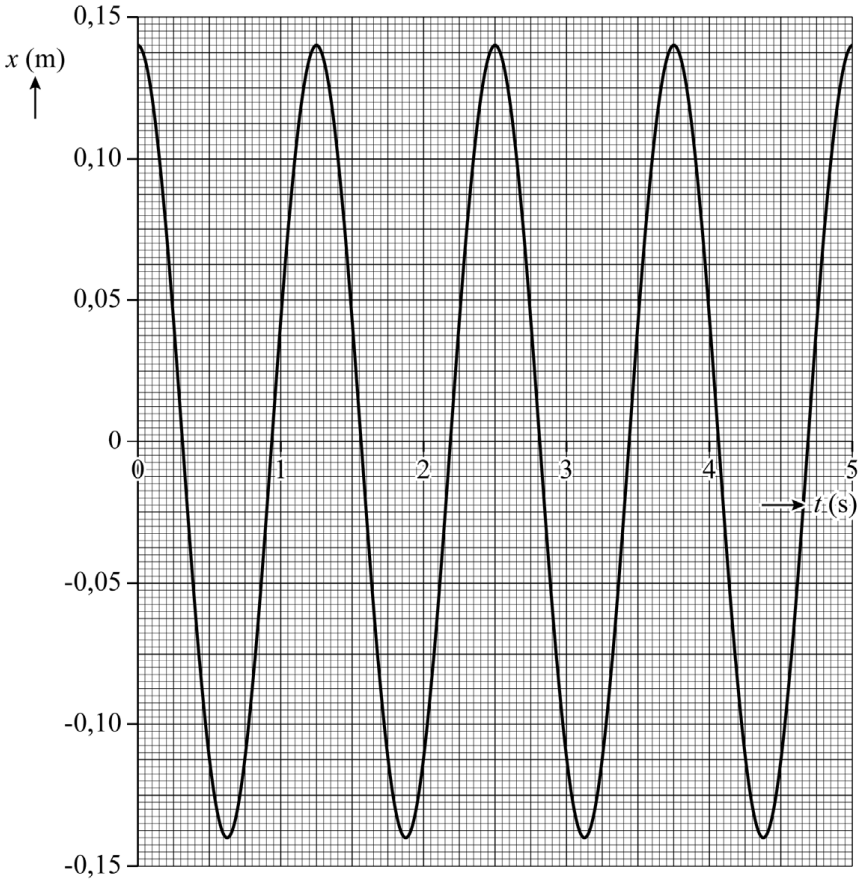


Uit deze raaklijn volgt: $v = \left(\frac{\Delta x}{\Delta t}\right)_{\text{raaklijn}} = \left(\frac{0{,}15 - -0{,}15}{1{,}40 - 0{,}50}\right) = 0{,}33\ \text{m s}^{-1}$.

- tekenen van de raaklijn aan een steilst deel van de grafiek 1
- gebruik van $v = \left(\frac{\Delta x}{\Delta t}\right)_{\text{raaklijn}}$ 1
- completeren van de bepaling en significantie 1

natuurkundeuitgelegd.nl

7 maximumscore 2



- inzicht dat de trillingstijd hetzelfde is 1
- inzicht dat de amplitude twee keer zo groot is (aangegeven binnen het bereik $0{,}135\ \text{m} \leq x \leq 0{,}145\ \text{m}$) 1

Opmerking
Er hoeft geen rekening gehouden te worden met een eventuele faseverschuiving in de tekening.

natuurkundeuitgelegd.nl

8 maximumscore 3

voorbeeld van een antwoord:
Door de verandering van de omlooptijd wordt de benodigde middelpuntzoekende kracht groter dan de maximale wrijvingskracht. Voor de middelpuntzoekende kracht geldt: $F_{mpz} = \frac{mv^2}{r}$. Hieruit volgt dat (bij gelijk massa m en gelijke straal r) de baansnelheid v moet zijn toegenomen. Een grotere baansnelheid betekent dat de omlooptijd is afgenomen.

- inzicht dat de benodigde middelpuntzoekende kracht toeneemt door de verandering van de omlooptijd 1
- consequent inzicht voor v uit $F_{mpz} = \frac{mv^2}{r}$ 1
- consequente conclusie 1

9 maximumscore 4

voorbeeld van een antwoord:

Er geldt: $F_w = F_{mpz} \rightarrow \mu_s \cdot F_n = \frac{mv^2}{r} \rightarrow \mu_s = \frac{mv^2}{mgr} = \frac{v^2}{gr}$.

Hierin is v de baansnelheid, dus $v = \frac{2\pi r}{T} = \frac{2\pi \cdot 13 \cdot 10^{-2}}{1,3} = 0,63 \text{ m s}^{-1}$.

Dus: $\mu_s = \frac{v^2}{gr} = \frac{0,63^2}{9,81 \cdot 13 \cdot 10^{-2}} = 0,31$.

Dit komt overeen met messing.

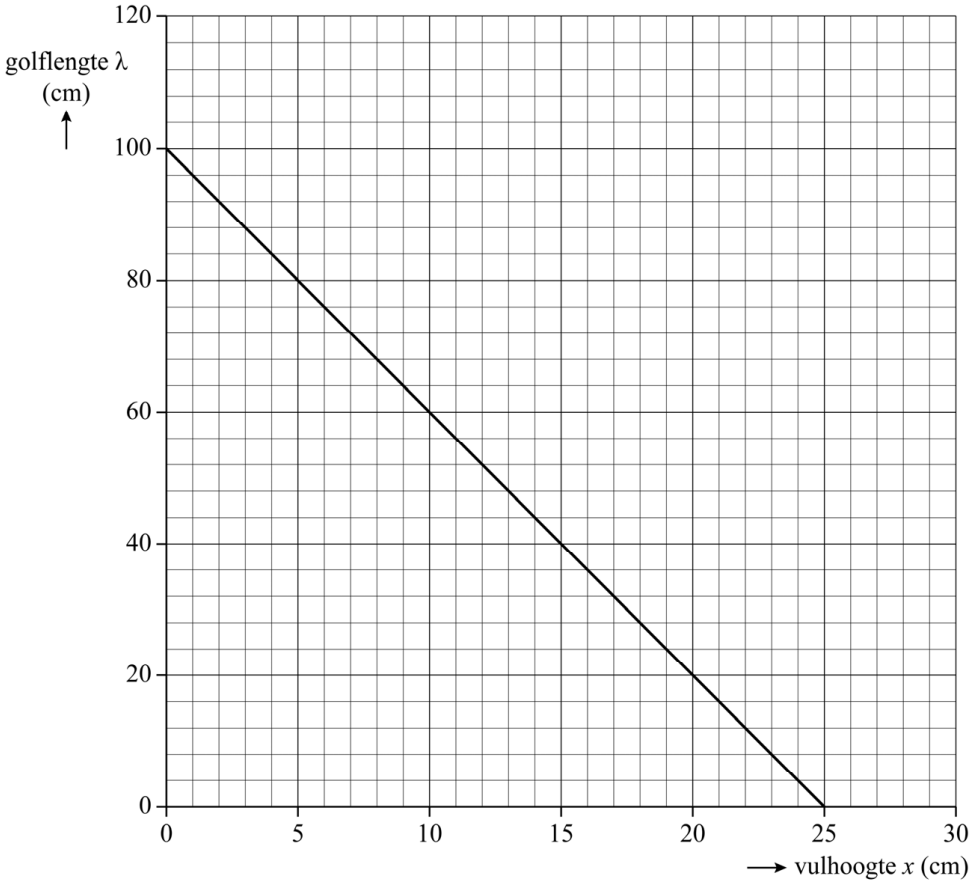
- inzicht dat $F_w = F_{mpz}$ en gebruik van $F_{mpz} = \frac{mv^2}{r}$ 1
- gebruik van $F_w = \mu_s \cdot F_n$ met inzicht dat $F_n = m \cdot g$ 1
- gebruik van $v = \frac{2\pi r}{T}$ 1
- completeren van de berekening en consequente conclusie 1

natuurkundeuitgelegd.nl

Maatcilinder vullen

10 maximumscore 1
longitudinaal

11 maximumscore 2
voorbeeld van een antwoord:



- inzicht dat $\lambda = 4\ell$ 1
- tekenen van een dalende, rechte grafiek tussen x = 0 en x = 25 cm 1

natuurkundeuitgelegd.nl

12 maximumscore 4

uitkomst: $\lambda = 1{,}72 \cdot 10^{-2}$ m

voorbeeld van een antwoord:

– $\lambda = \dfrac{v}{f} = \dfrac{343}{20{,}0 \cdot 10^{3}} = 1{,}72 \cdot 10^{-2}$ m.

– Bij het toenemen van de temperatuur neemt ook de geluidssnelheid toe. Uit $v = f\lambda$ volgt dat (bij gelijkblijvende frequentie) de golflengte dan ook toeneemt. (Er is dus een grotere lengte ℓ nodig.) Dit past bij een kleinere vulhoogte x.

- gebruik van $v = f\lambda$ 1
- completeren van de berekening en significantie 1
- inzicht dat de geluidssnelheid toeneemt met het toenemen van de temperatuur 1
- consequente conclusie 1

Waterkrachttruck

13 maximumscore 3

voorbeeld van een antwoord:

Tijdens het vullen in fase 2 krijgt de truck een grotere massa, en dus meer zwaarte-energie. De extra zwaarte-energie wordt tijdens fase 3 omgezet in (chemische) energie die is opgeslagen in de accu.

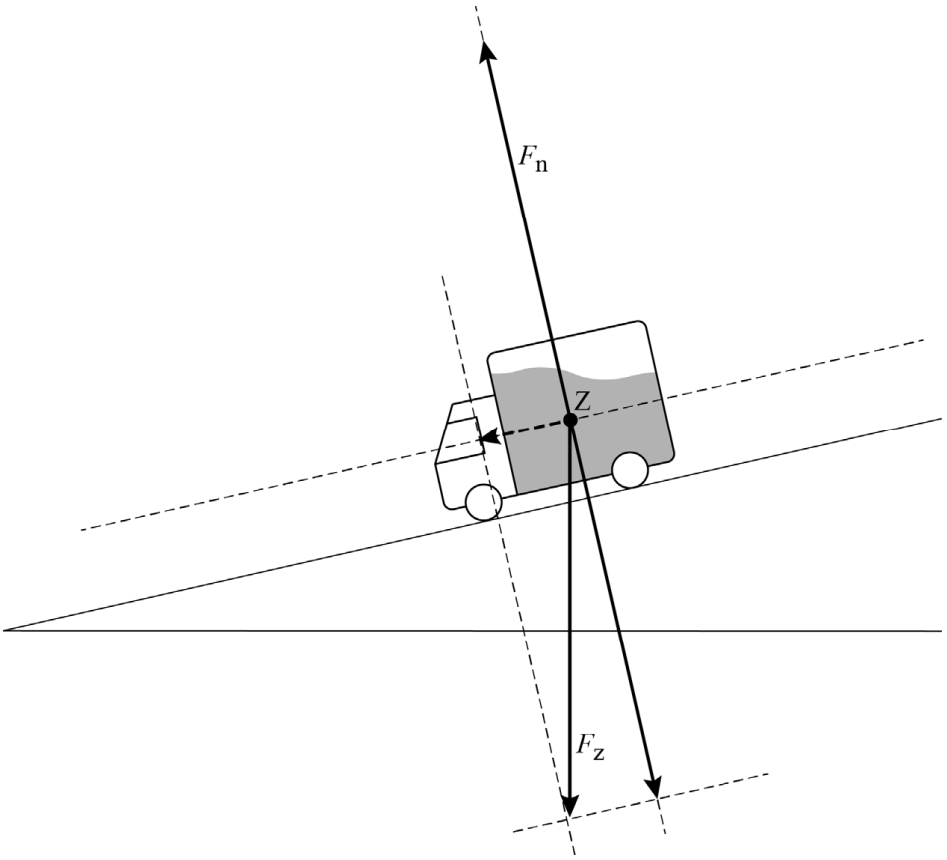
- inzicht in de toename van de massa tijdens het vullen 1
- inzicht in het verband tussen massa en zwaarte-energie 1
- inzicht dat de accu in fase 3 meer energie opslaat dan hij levert in fase 1 1

natuurkundeuitgelegd.nl

14 maximumscore 5

voorbeeld van een antwoord:

–



– Als de helling steiler wordt, zal de normaalkracht op de truck **kleiner worden**.
De rolweerstandskracht zal dan **kleiner worden**.
De hoeveelheid warmte die ontstaat door de rolweerstandskracht zal **kleiner worden**.
Het rendement zal hierdoor **groter worden**.

- toepassen van een juiste constructie 1
- inzicht dat de normaalkracht even groot is als en tegengesteld gericht is aan de component van F_z loodrecht op de helling 1
- eerste keuze correct 1
- tweede en derde keuze consequent met eerste keuze 1
- vierde keuze consequent met derde keuze 1

natuurkundeuitgelegd.nl

15 maximumscore 4

uitkomst: 17 (ritten per dag)

voorbeeld van een antwoord:

Per dag moet er een hoeveelheid energie omgezet worden gelijk aan

$E_{in} = \frac{E_{nuttig}}{\eta} = \frac{2,7 \cdot 10^9}{0,70} = 3,86 \cdot 10^9$ J.

De hoeveelheid energie die per rit beschikbaar is, is gelijk aan de zwaarte-energie van het water:

$E_{rit} = E_z = mgh = (33,1 \cdot 10^3 - 9,9 \cdot 10^3) \cdot 9,81 \cdot 1,0 \cdot 10^3 = 2,28 \cdot 10^8$ J.

Het aantal ritten per dag is gelijk aan $\frac{E_{in}}{E_z} = \frac{3,86 \cdot 10^9}{2,28 \cdot 10^8} = 17$.

- inzicht dat $E_{in} = \frac{E_{nuttig}}{\eta}$ met $\eta = 0,70$ 1
- gebruik van $E_z = mgh$ 1
- inzicht dat $n = \frac{E_{in}}{E_z}$ 1
- completeren van de berekening 1

Opmerking

Als de eerste deelscore niet is behaald, kan de derde deelscore nog wel worden behaald.

natuurkundeuitgelegd.nl

16 maximumscore 4
uitkomst: $d = 0{,}10$ m

voorbeeld van een antwoord:
Voor het debiet geldt: $Q = \frac{\Delta V}{\Delta t} = \frac{23{,}2}{4{,}0 \cdot 60} = 9{,}67 \cdot 10^{-2}$ m^3 s^{-1}.

Hieruit volgt: $A = \frac{Q}{v} = \frac{9{,}67 \cdot 10^{-2}}{12} = 8{,}06 \cdot 10^{-3}$ m^2.
Voor een vultijd van maximaal 4,0 minuten, moet de doorsnede dan minimaal gelijk zijn aan $A = \pi r^2 \rightarrow r = \sqrt{\frac{A}{\pi}} = \sqrt{\frac{8{,}06 \cdot 10^{-3}}{\pi}} = 0{,}051$ m met $d = 2r = 2 \cdot 0{,}051 = 0{,}10$ m.

- gebruik van $Q = \frac{\Delta V}{\Delta t}$ 1
- gebruik van $Q = Av$ 1
- gebruik van $A = \pi r^2$ en $d = 2r$ 1
- completeren van de berekening 1

Holmium

17 maximumscore 3
uitkomst: m = 12 g

voorbeeld van een antwoord:
In de figuur op de uitwerkbijlage is de afbeelding van de tumor 2,1 cm breed en 3,2 cm lang. Het volume van de tumor is dus $V = \frac{\pi}{6} \cdot \ell \cdot b \cdot h = \frac{\pi}{6} \cdot 3{,}2 \cdot 2{,}1 \cdot 3{,}1 = 10{,}9$ cm^3. Met de gegeven dichtheid volgt hieruit de massa: $\rho = \frac{m}{V} \rightarrow m = \rho V = 1{,}06 \cdot 10{,}9 = 12$ g.
(Dit ligt binnen het bereik van 10 g tot 14 g.)

- bepalen van b en ℓ (met een marge van 0,2 cm) 1
- gebruik van $V = \frac{\pi}{6} \cdot \ell \cdot b \cdot h$ en $\rho = \frac{m}{V}$ 1
- completeren van de bepaling 1

natuurkundeuitgelegd.nl

Vraag	Antwoord	Scores

18 maximumscore 4

– $^{166}_{67}\mathrm{Ho} \rightarrow {}^{166}_{68}\mathrm{Er} + {}^{0}_{-1}\beta + {}^{0}_{0}\gamma$

– voorbeeld van een antwoord:
Gammastraling heeft een groot doordringend vermogen, waardoor de fotonen nauwelijks in de tumor geabsorbeerd worden.

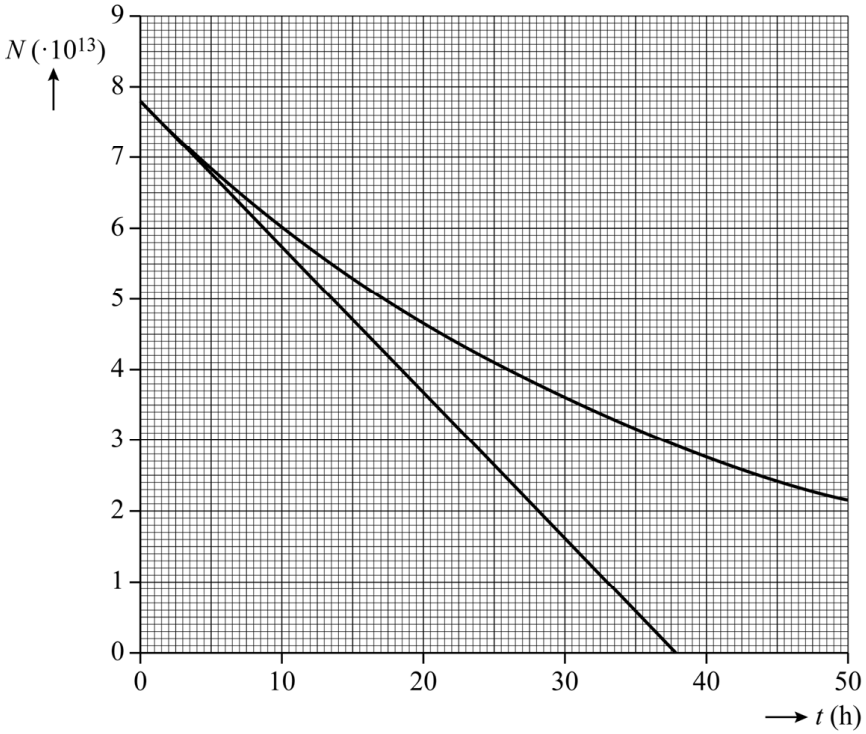
- Ho links van de pijl en Er en gamma rechts van de pijl 1
- bètadeeltje rechts van de pijl mits verkregen via kloppende atoomnummers 1
- aantal nucleonen links en rechts gelijk 1
- inzicht dat gammastraling een groot doordringend vermogen heeft 1

natuurkundeuitgelegd.nl

19 maximumscore 3

uitkomst: $A = 5{,}8 \cdot 10^{8}$ Bq (binnen het bereik $5{,}0 \cdot 10^{8}$ Bq $\leq A \leq 6{,}8 \cdot 10^{8}$ Bq)

voorbeeld van een antwoord:



Er geldt: $A = -\left(\frac{\Delta N}{\Delta t}\right)_{\text{raaklijn}} = -\left(\frac{0 - 7{,}8 \cdot 10^{13}}{(37{,}5 - 0) \cdot 3600}\right) = 5{,}8 \cdot 10^{8}$ Bq.

- gebruik van $A = -\left(\frac{\Delta N}{\Delta t}\right)_{\text{raaklijn}}$ 1
- tekenen van de raaklijn op t = 0 s / gebruik van een relevant recht deel in de grafiek 1
- completeren van de bepaling en significantie 1

natuurkundeuitgelegd.nl

20 maximumscore 4

uitkomst: $D = 8{,}0 \cdot 10^{2}$ Gy

voorbeeld van een antwoord:

$$D = \frac{E}{m} = \frac{0{,}43 \cdot N \cdot E_{str}}{m} = \frac{0{,}43 \cdot 7{,}8 \cdot 10^{13} \cdot 1{,}8 \cdot 10^{6} \cdot 1{,}6 \cdot 10^{-19}}{12 \cdot 10^{-3}} = 8{,}0 \cdot 10^{2} \text{ Gy.}$$

(Hiermee is de benodigde dosis dus bereikt.)

- gebruik van $D = \frac{E}{m}$ 1
- inzicht dat $E = 0{,}43 \cdot N \cdot E_{str}$ 1
- omrekenen van MeV naar J 1
- completeren van de berekening 1

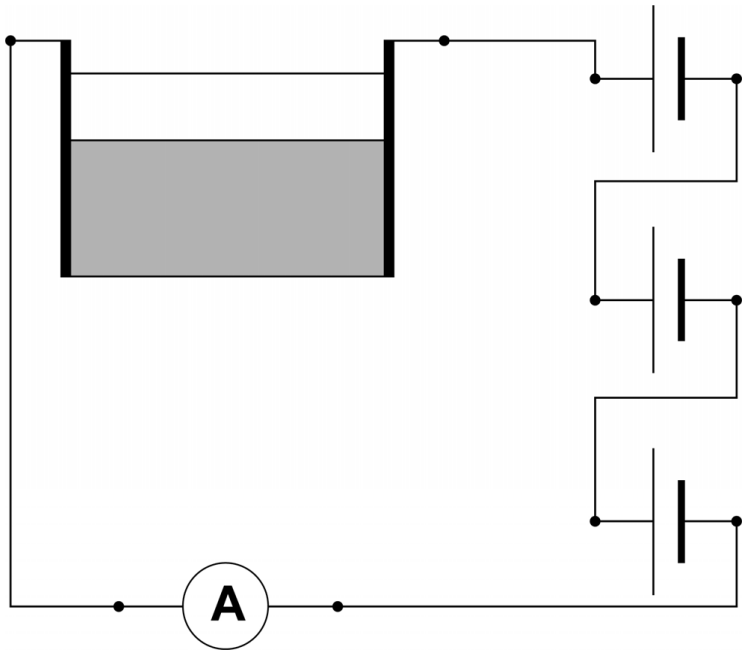
21 B

natuurkundeuitgelegd.nl

Drijvend lampje

22 maximumscore 2

voorbeeld van een antwoord:



- drie batterijen in serie met plus aan min aangesloten 1
- stroommeter in serie met bak en voeding aangesloten 1

Opmerking
Als een niet werkende schakeling is ontstaan, bijvoorbeeld door het tekenen van extra verbindingen: maximaal 1 scorepunt toekennen.

natuurkundeuitgelegd.nl

23 maximumscore 5

uitkomst: $\rho = 23\ \Omega\text{m}$

voorbeeld van een antwoord:

De weerstand van het water in de bak is gelijk aan

$$R = \frac{U}{I} = \frac{27}{100 \cdot 10^{-3}} = 270\ \Omega.$$

Voor de doorsnede A van het water geldt: $A = b \cdot h = 0{,}15 \cdot 0{,}12 = 0{,}018\ \text{m}^2$.

Hieruit volgt voor de soortelijke weerstand van het water:

$$\rho = \frac{RA}{\ell} = \frac{270 \cdot 0{,}018}{0{,}21} = 23\ \Omega\text{m}.$$

- gebruik van $U = IR$ 1
- gebruik van $\rho = \frac{RA}{\ell}$ 1
- inzicht dat $A = b \cdot h$ met juiste waardes voor b en h 1
- completeren van de berekening 1
- significantie 1

24 maximumscore 2

uitkomst: $d = 4{,}7$ cm

voorbeeld van een antwoord:

Er geldt: $\frac{U_{\text{bron}}}{\ell} = \frac{U_{\text{pen}}}{d} \rightarrow \frac{27}{21} = \frac{6{,}0}{d} \rightarrow d = 4{,}7$ cm.

- inzicht dat de verhouding van de spanningen gelijk is aan de verhouding van de afstanden 1
- completeren van de berekening 1

25 maximumscore 3

De weerstand over afstand d **neemt af.**
De spanning over het lampje **neemt af**.

Het lampje brandt hierdoor **minder fel**.

De weerstand van de gloeidraad **neemt af** door het draaien van het plankje in het water.

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

natuurkundeuitgelegd.nl

5 Aanleveren scores

Verwerk de scores van alle kandidaten per examinator in de applicatie Wolf. Accordeer deze gegevens voor Cito uiterlijk op 22 juni.

6 Bronvermeldingen

Kokendwaterkraan

figuur 1 Shutterstock, afbeelding 1923694865 door Marcel Derweduwen

Draaitafel

figuur 1 Shutterstock, afbeelding 458513635 door nikkytok

Holmium

figuur 1 doi: 10.3389/fvets.2021.748247, Nino Chiron Morsink, Universiteit Utrecht

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