Correctievoorschrift VWO

2022

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 41 en 42 van het Eindexamenbesluit VO.
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 36, 41, 41a en 42 van het Eindexamenbesluit VO 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 goed gerekend 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.

NB1 *T.a.v. de status van het 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

NB2 *T.a.v. het 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.

NB3 *T.a.v. 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 Toets- en 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 Een afwijking in de uitkomst van een berekening/bepaling door acceptabel tussentijds afronden wordt de kandidaat niet aangerekend.

2 Het laatste scorepunt, aangeduid met ‘completeren van de berekening/bepaling’, wordt niet toegekend als:
- een of meer rekenfouten gemaakt zijn,
- de eenheid van een uitkomst niet of verkeerd vermeld is, tenzij gezien de vraagstelling het weergeven van de eenheid overbodig is (In zo’n geval staat in het beoordelingsmodel de eenheid tussen haakjes),
- antwoordelementen foutief met elkaar gecombineerd zijn,
- een onjuist antwoordelement een substantiële vereenvoudiging van de berekening/bepaling tot gevolg heeft.

3 Het scorepunt voor het gebruik van een formule wordt toegekend als de kandidaat laat zien kennis te hebben van de betekenis van de symbolen uit de formule. Dit blijkt als:
- de juiste formule is geselecteerd, én
- voor minstens één symbool een waarde is ingevuld die past bij de betreffende grootheid.

natuurkundeuitgelegd.nl

4 Beoordelingsmodel

Vraag	Antwoord	Scores

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

Massa meten in de ruimte

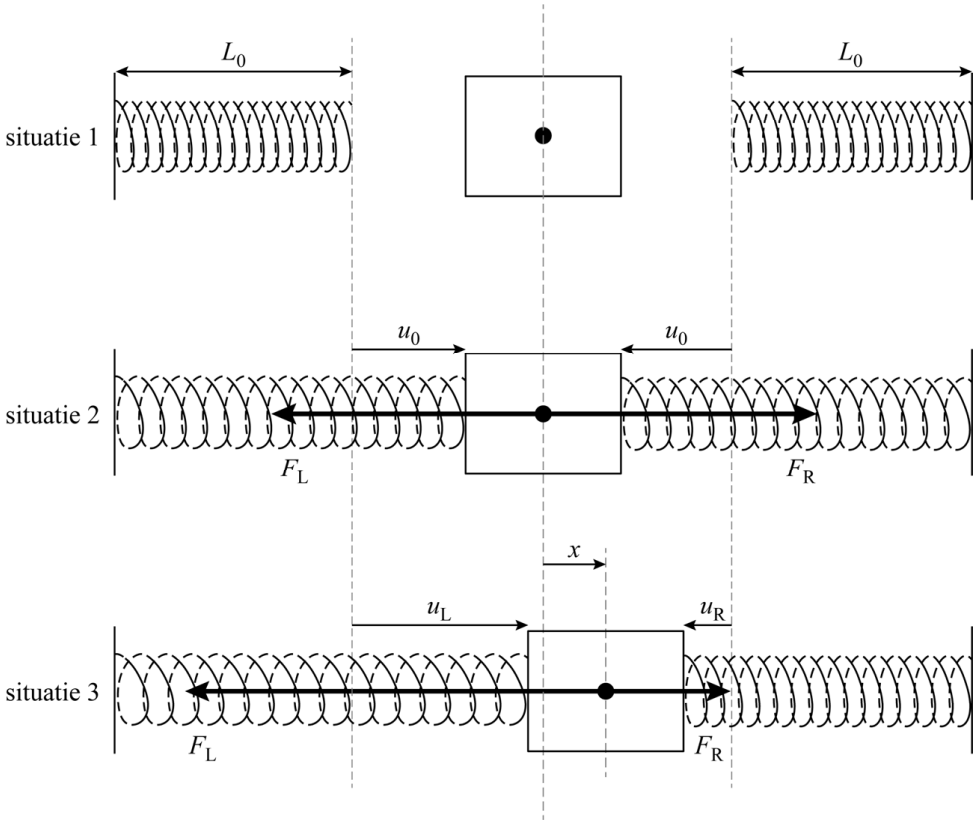
1 maximumscore 2

voorbeeld van een antwoord:
Een weegschaal waar je op moet staan, meet je gewicht. In het ruimtestation ben je gewichtloos, dus kan je de schaal niet indrukken.

- inzicht dat je in het ruimtestation gewichtloos bent 1
- inzicht dat een weegschaal gewicht meet 1

2 maximumscore 4

voorbeeld van een antwoord:



(In de evenwichtsstand is F_L gelijk aan F_R, maar tegengesteld gericht, dus $F_{res} = F_R - F_L = Cu_0 - Cu_0 = 0$.)
Bij een uitwijking x uit de evenwichtsstand naar rechts, wordt F_L groter en F_R evenveel kleiner. Deze verandering is gelijk aan Cx.

natuurkundeuitgelegd.nl

De verandering van de resulterende kracht is twee keer zo groot, dus $|F_{res}| = 2Cx$. De veerconstante van de twee veren samen is dus $2C$.

- tekenen van F_R in situatie 2, even lang als F_L maar tegengesteld gericht 1
- tekenen van F_R in situatie 3, evenveel korter als F_L langer is in vergelijking met situatie 2 / beide pijlen samen even lang in situatie 2 en 3 1
- inzicht dat de verandering van de resulterende kracht twee keer zo groot is als de verandering van de afzonderlijke veerkrachten 1
- inzicht dat $|F_{res}| = C_{totaal}x$ en completeren van de uitleg 1

Opmerking
Als de kandidaat een redenering heeft in de trant van twee veren dus twee keer zo groot, de laatste twee scorepunten niet toekennen.

3 maximumscore 3
uitkomst: $m = 0{,}22$ kg (met een marge van 0,01 kg)

voorbeeld van een antwoord:
Uit het (x,t)-diagram volgt dat de trillingstijd $T = 0{,}42$ s.

Voor de trillingstijd geldt: $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{C}}$. Omschrijven geeft voor de massa:

$$m = \frac{T^2C}{4\pi^2} = \frac{0{,}42^2 \cdot 50}{4\pi^2} = 0{,}22 \text{ kg}$$

- inzicht dat de trillingstijd bepaald moet worden 1
- gebruik van $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{C}}$ 1
- completeren van de bepaling en significantie 1

natuurkundeuitgelegd.nl

4 maximumscore 5

uitkomst: $v_{max} = 0,84 \text{ m s}^{-1}$ (met een marge van $0,10 \text{ m s}^{-1}$)

voorbeelden van een antwoord:

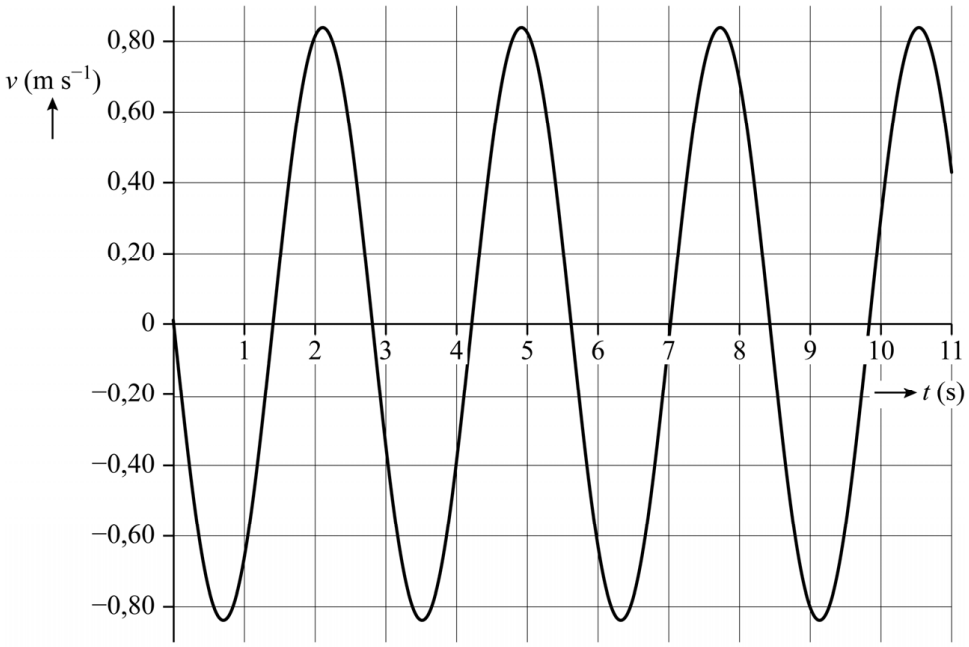
Methode 1:

– Voor de maximale snelheid geldt: $v_{max} = \frac{2\pi A}{T}$.

Bepalen van de amplitudo en de periode levert:

$v_{max} = \frac{2\pi \cdot 0,375}{2,8} = 0,84 \text{ m s}^{-1}$

–



- inzicht dat A en T bepaald moeten worden 1
- gebruik van $v_{max} = \frac{2\pi A}{T}$ 1
- completeren van de bepaling en significantie 1
- inzicht dat $v = 0$ op $t = 0 \text{ s}$ en vervolgens negatief 1
- tekenen van het (v,t)-diagram 1

Opmerking
Het laatste scorepunt kan alleen toegekend worden als het volledige bereik van 11 s is gebruikt, het getekende diagram een vloeiende kromme is en de volgende elementen correct zijn: v_{max} consequent met de berekening en corresponderend met $x = 0$, T in overeenstemming met het (x,t)-diagram.

natuurkundeuitgelegd.nl

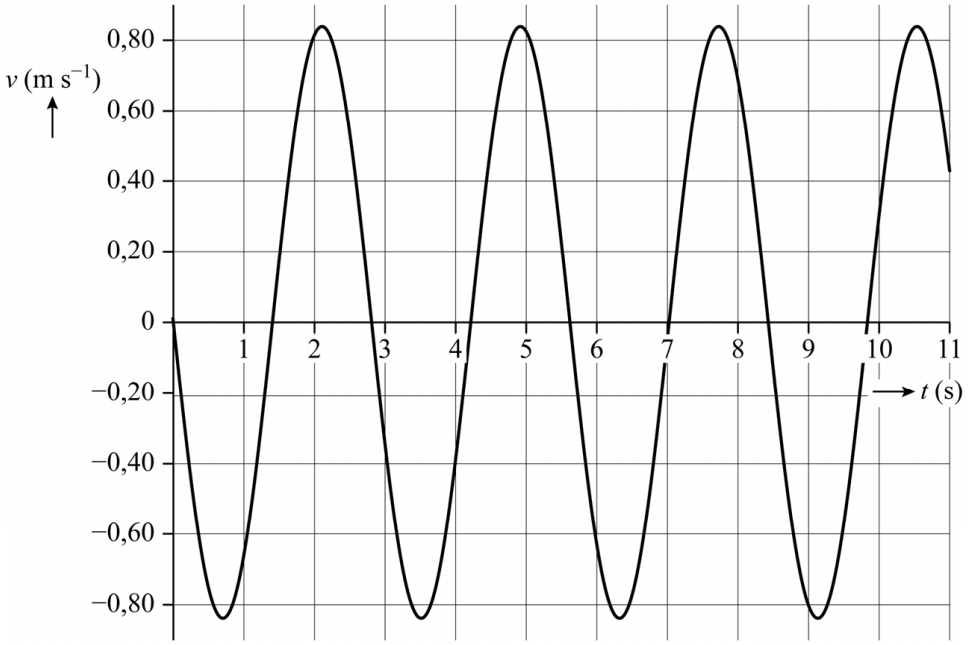
of

Methode 2:

– Voor de maximale snelheid geldt $v_{max} = \left(\frac{\Delta x}{\Delta t}\right)_{raaklijn}$ als $x = 0\,\text{m}$.

Tekenen van een raaklijn en aflezen levert: $v_{max} = \frac{0{,}80\,\text{m}}{0{,}95\,\text{s}} = 0{,}84\,\text{m s}^{-1}$

–



- inzicht dat de maximale snelheid overeenkomt met de helling van het (x,t)-diagram als $x = 0$ 1
- gebruik van $v = \left(\frac{\Delta x}{\Delta t}\right)_{raaklijn}$ 1
- completeren van de bepaling en significantie 1
- inzicht dat $v = 0$ op $t = 0\,\text{s}$ en vervolgens negatief 1
- tekenen van het (v,t)-diagram 1

Opmerking
Het laatste scorepunt kan alleen toegekend worden als het volledige bereik van 11 s is gebruikt, het getekende diagram een vloeiende kromme is en de volgende elementen correct zijn: v_{max} consequent met de berekening en corresponderend met $x = 0$, T in overeenstemming met het (x,t)-diagram.

natuurkundeuitgelegd.nl

5 **B**

6 **maximumscore 1**
voorbeeld van een antwoord:
De veren zijn voorgespannen dus de veerenergie zal nooit 0 J worden.

- inzicht dat de veren een voorspanning hebben 1

7 **maximumscore 2**
voorbeeld van een antwoord:
Voor het energieverlies per seconde geldt $P = F_w v$. Dit is dus afhankelijk van de snelheid van de stoel, ook als F_w niet van de snelheid afhangt. De grafiek zal dus na de aanpassing van het model nog steeds vergelijkbare hobbels vertonen. André's verwachting is dus niet terecht.

- inzicht dat $P = F_w v$ 1
- consequente conclusie 1

natuurkundeuitgelegd.nl

ECG in MRI

8 maximumscore 3

uitkomst: 68 (min^{-1}) met een marge van 1 (min^{-1})

voorbeeld van een antwoord:
De afstand op het ECG tussen de eerste en vijfde top is 8,8 cm. Dit komt overeen met $\frac{8,8}{2,5} = 3,5\,\text{s}$. Dit zijn vier periodes, dus $T = 0,88\,\text{s}$.

Het hartritme is dus $\frac{60}{0,88} = 68\,\text{min}^{-1}$.

- inzicht dat de afstand tussen twee pieken bepaald moet worden 1
- inzicht dat de frequentie berekend moet worden / gebruik van $f = \frac{1}{T}$ 1
- completeren van de bepaling en significantie 1

9 maximumscore 2

voorbeeld van een antwoord:
De spanningswet van Kirchhoff geeft voor de spanningen in een kring: $\sum_i U_i = 0$. Dus geldt: $U_{AB} + U_{BC} + U_{CA} = 0$

Hieruit volgt dat $-U_{CA} = U_{AB} + U_{BC}$. Omdat $U_{AC} = -U_{CA}$ volgt:
$U_{AC} = U_{AB} + U_{BC}$
(Dus de spanning over AC is hetzelfde als de som van de spanningen over AB en BC.)

- inzicht dat volgens Kirchhoff $U_{AB} + U_{BC} + U_{CA} = 0$ 1
- inzicht dat $U_{AC} = -U_{CA}$ en completeren van de uitleg 1

10 maximumscore 1

voorbeeld van een antwoord:
Bij een MRI-scan wordt de patiënt niet bestraald met ioniserende straling.

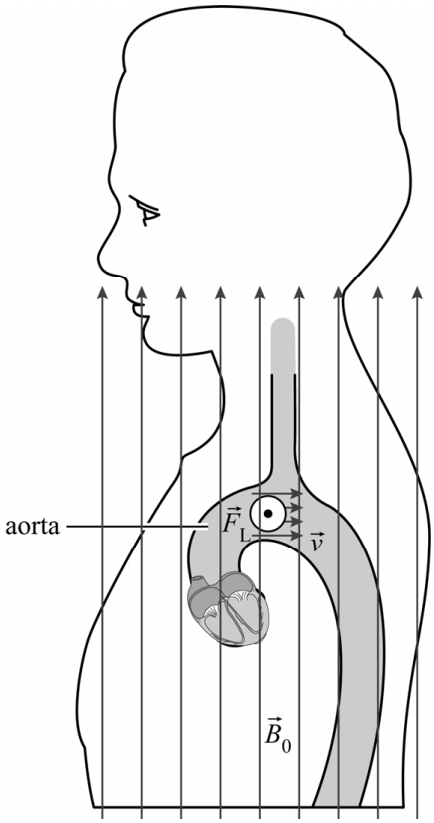
- inzicht dat bij een MRI-scan geen ioniserende straling wordt gebruikt 1

natuurkundeuitgelegd.nl

11 maximumscore 3

voorbeeld van een antwoord:

–



– De stroom *I,* veroorzaakt door de positieve ionen, heeft dezelfde richting als $\vec{v}$. De negatieve ionen zorgen voor een stroom *I* in tegengestelde richting van $\vec{v}$. Met een richtingsregel volgt dan dat de lorentzkracht op de positieve en de negatieve ionen in tegengestelde richting staat. Dus treedt er ladingsscheiding op.
– De lorentzkracht staat in de richting van AB, dus de ladingsscheiding ontstaat ook langs deze lijn en zal dus U_{AB} het meest beïnvloeden.

- tekenen van de lorentzkracht het papier uit 1
- inzicht dat de richting van de elektrische stroom van de negatieve ionen tegengesteld is aan de richting van de elektrische stroom van de positieve ionen / inzicht dat de lorentzkrachten op de negatieve en positieve ionen tegengesteld zijn 1
- inzicht dat de ladingsscheiding in de aorta in de richting van de werklijn van de lorentzkracht ontstaat en consequente conclusie 1

natuurkundeuitgelegd.nl

12 maximumscore 4

voorbeeld van een antwoord:

Invullen van formule (2) met $A = \frac{1}{4}\pi d_{\text{aorta}}^2$ geeft voor de stroomsnelheid:

$$v = \frac{600 \cdot 10^{-6}}{\frac{1}{4}\pi\,(3 \cdot 10^{-2})^2} = 0{,}85 \text{ m s}^{-1}$$

Invullen van formule (1) en uitwerken levert:

$$d = \frac{U_{\text{ls}}}{vB_0} = \frac{1 \cdot 10^{-3}}{0{,}85 \cdot 3{,}0} = 4 \cdot 10^{-4} \text{ m}$$

De berekende afstand is kleiner dan de diameter van de aorta. (De gegeven verklaring kan dus kloppen.)

- gebruik van formule (2) en $A = \frac{1}{4}\pi d^2$ / $A = \pi r^2$ met $d = 2r$ 1
- omrekenen van mL s^{-1} naar m^3s^{-1} 1
- gebruik van formule (1) en completeren van de berekening 1
- vergelijken van de berekende afstand met de diameter van de aorta 1

natuurkundeuitgelegd.nl

Adelaarsnevel

13 maximumscore 5

uitkomst: $E_f = 1{,}8892\,(\text{eV})$

voorbeeld van een antwoord:

– Er geldt: $E_f = \dfrac{hc}{\lambda}$

Invullen levert $E_f = \dfrac{6{,}62607\cdot10^{-34}\cdot2{,}99792\cdot10^{8}}{656{,}28\cdot10^{-9}} = 3{,}02682\cdot10^{-19}$ J

Omrekenen naar eV geeft:

$E_f = \dfrac{3{,}02682\cdot10^{-19}}{1{,}60218\cdot10^{-19}} = 1{,}8892$ eV

– Voor de energieniveaus van het waterstofatoom geldt $E_n = -\dfrac{13{,}6\text{ eV}}{n^2}$.

Het eerste aangeslagen niveau is $n = 2$ en het tweede is $n = 3$, dus voor de energie van de overgang geldt:

$\left|E_{2\to3}\right| = \left(\dfrac{1}{2^2} - \dfrac{1}{3^2}\right)\cdot13{,}6\text{ eV} = 1{,}89\text{ eV}$.

(Deze energie is gelijk aan de fotonenergie van de 656,28 nm-lijn.)

– (Het gaat om een emissielijn, dus) de overgang is van de tweede aangeslagen toestand naar de eerste.

- gebruik van $E_f = \dfrac{h\cdot c}{\lambda}$ 1
- omrekenen van J naar eV 1
- gebruik van $E_n = -\dfrac{13{,}6\text{ eV}}{n^2}$ met $n = 2$ en $n = 3$ 1
- inzicht dat het een overgang van een hogere naar een lagere aangeslagen toestand betreft 1
- completeren van de berekeningen en significantie van E_f 1

Opmerking
Als de kandidaat voor het omrekenen van J *naar* eV *gebruikmaakt van ScienceData tabel 1.3 is het juiste aantal significante cijfers twee.*

natuurkundeuitgelegd.nl

14 maximumscore 2

voorbeeld van een antwoord:
Voor het aanslaan of het ioniseren van waterstof is veel energie nodig (respectievelijk 12,1 eV en 13,6 eV). De fotonenergie van zichtbaar licht is daarvoor niet voldoende. (Dus moet de frequentie van de uitgezonden straling groter zijn dan van zichtbaar licht.)

- inzicht dat waterstof geïoniseerd / voldoende aangeslagen moet worden 1
- inzicht dat de fotonenergie van zichtbaar licht niet voldoende is 1

15 maximumscore 2

voorbeeld van een antwoord:
De ster zendt het overgrote deel van de straling uit in het golflengtegebied onder 380 nm. (Dus met een frequentie groter dan van zichtbaar licht.)

- inzicht in de golflengtes van zichtbaar licht 1
- inzicht dat de ster vrijwel alleen straling met kleinere golflengtes uitzendt 1

16 maximumscore 3

voorbeeld van een antwoord:
De top van het spectrum ligt bij $\lambda_{max} = 0{,}07\ \mu m$.
Er geldt: $\lambda_{max} T = k_W$.

Invullen levert: $T = \frac{k_W}{\lambda_{max}} = \frac{2{,}90 \cdot 10^{-3}}{0{,}07 \cdot 10^{-6}} = 4 \cdot 10^4\ K$

- gebruik van $\lambda_{max} T = k_W$ 1
- bepalen van λ_{max} tussen 0,065 µm en 0,080 µm 1
- completeren van de bepaling 1

17 maximumscore 5

uitkomst: $R = 1 \cdot 10^{10}$ m

voorbeeld van een antwoord:
– Voor een ster op de hoofdreeks volgt uit het HR-diagram bij $T = 4 \cdot 10^4$ K dat $\frac{P}{P_{zon}} = 10^{5,7}$.

Dus $P_{ster} = 10^{5,7} \cdot P_{zon} = 10^{5,7} \cdot 3{,}85 \cdot 10^{26}\ W = 1{,}93 \cdot 10^{32}\ W$.

Dit is gelijk aan $2 \cdot 10^{32}$ W.

natuurkundeuitgelegd.nl

– Voor het uitgestraalde vermogen geldt: $P = \sigma A T^4$ met $A = 4\pi R^2$.
Invullen en uitwerken levert:

$$R = \left(\frac{P}{4\pi\sigma T^4}\right)^{\frac{1}{2}} = \left(\frac{2\cdot10^{32}}{4\pi\cdot5{,}6\cdot10^{-8}\cdot(4\cdot10^4)^4}\right)^{\frac{1}{2}} = 1\cdot10^{10}\ \text{m}$$

- bepalen van $\frac{P}{P_{\text{zon}}}$ tussen $10^{5,6}$ en $10^{5,8}$ 1
- opzoeken van P_{zon} 1
- gebruik van $P = \sigma A T^4$ 1
- gebruik van $A = 4\pi R^2$ 1
- completeren van de bepaling en de berekening 1

Opmerking
In Science Data staat voor het vermogen van de zon $3{,}84\cdot10^{26}$ W.

18 maximumscore 4
voorbeeld van een antwoord:
De stralingsintensiteit tussen 400 en 800 nm is $\frac{4{,}7\cdot10^{-11}\ \text{W m}^{-2}}{0{,}60} = 7{,}8\cdot10^{-11}\ \text{W m}^{-2}$. Dit komt overeen met 0,2 hokje in het diagram.
De oppervlakte onder de grafiek tussen 0 en $0{,}4\,\mu\text{m}$ is 8,5 hokjes. (De totale oppervlakte is dus 8,7 hokje.) Dus de totale ontvangen stralingsintensiteit is $\frac{8{,}7}{0{,}2}\cdot7{,}8\cdot10^{-11} = 3{,}4\cdot10^{-9}\ \text{W m}^{-2}$

- inzicht dat de oppervlakte onder de grafiek gelijk is aan de ontvangen stralingsintensiteit 1
- inzicht dat de oppervlakte van 400-800 nm vergeleken moet worden met de totale oppervlakte onder de grafiek 1
- bepalen van de totale oppervlakte onder de grafiek tussen 8 en 10 hokjes en in rekening brengen van de factor 0,60 1
- completeren van de bepaling 1

natuurkundeuitgelegd.nl

19 maximumscore 3

voorbeeld van een antwoord:

Er geldt: $I = \frac{P}{4\pi r^2}$ dus $r = \left(\frac{P}{4\pi I}\right)^{\frac{1}{2}}$.

Invullen levert: $r = \left(\frac{2 \cdot 10^{32}}{4\pi \cdot 3{,}4 \cdot 10^{-9}}\right)^{\frac{1}{2}} = 7 \cdot 10^{19}$ m.

Omrekenen geeft: $r = \frac{7 \cdot 10^{19}}{9{,}46 \cdot 10^{15}} = 7 \cdot 10^{3}$ lichtjaar. De ster bevindt zich dus in of nabij de Adelaarsnevel. (Dus aan voorwaarde 1 kan zijn voldaan.)

- gebruik van $I = \frac{P}{4\pi r^2}$ 1
- omrekenen naar lichtjaar 1
- completeren van de berekening en consequente conclusie 1

natuurkundeuitgelegd.nl

LEO-satelliet

20 maximumscore 4

voorbeeld van een antwoord:

Er geldt: $F_{mpz} = F_g$ met $F_{mpz} = \frac{mv^2}{r}$ en $F_g = G\frac{mM}{r^2}$

Invullen en omschrijven geeft: $v^2 = \frac{GM}{r}$, dus $v = \sqrt{\frac{GM}{r}}$

Er geldt: $E_t = E_k + E_g$, waarbij

$E_k = \frac{1}{2}mv^2$ met $v = \sqrt{\frac{GM}{r}}$ en $E_g = -G\frac{mM}{r}$

Invullen en omschrijven geeft: $E_t = \frac{1}{2}G\frac{mM}{r} - G\frac{mM}{r} = -\frac{1}{2}G\frac{mM}{r}$

- inzicht dat $F_{mpz} = F_g$ 1
- gebruik van $F_{mpz} = \frac{mv^2}{r}$ en $F_g = G\frac{mM}{r^2}$ 1
- gebruik van $E_k = \frac{1}{2}mv^2$ en $E_g = -G\frac{mM}{r}$ 1
- completeren van de afleidingen 1

21 maximumscore 3

voorbeeld van een antwoord:

Voor de snelheid van de satelliet geldt:

$v = \sqrt{\frac{GM}{r}}$. Opzoeken van de waarden van G, M en r, met r gelijk aan de straal van de aarde plus de hoogte van de satelliet, en invullen geeft:

$v = \sqrt{\frac{6{,}674 \cdot 10^{-11} \cdot 5{,}972 \cdot 10^{24}}{6{,}371 \cdot 10^{6} + 425 \cdot 10^{3}}} = 7{,}658 \cdot 10^{3}$ m s^{-1}

(Op een hoogte van 425 km heeft de LEO-satelliet dus een snelheid van $7{,}658$ km s^{-1}.)

- gebruik van $v = \sqrt{\frac{GM}{r}}$ met opzoeken van G en M 1
- inzicht dat $r = R_{aarde} + h$ met opzoeken van R_{aarde} 1
- completeren van de berekening 1

natuurkundeuitgelegd.nl

22 maximumscore 4

uitkomst: $0{,}43\ \text{J s}^{-1}$

voorbeeld van een antwoord:
Voor het energieverlies per seconde geldt: $P = Fv$
Het energieverlies wordt veroorzaakt door de wrijving: $F_w = \frac{1}{2}\rho c_w A v^2$
Combineren van deze formules geeft: $P = \frac{1}{2}\rho c_w A v^3$
De dichtheid van de lucht op 425 km hoogte is $2{,}28 \cdot 10^{-12}\ \text{kg m}^{-3}$.
Invullen van de gegevens levert:
$P = \frac{1}{2} \cdot 2{,}28 \cdot 10^{-12} \cdot 2{,}2 \cdot 0{,}385 \cdot (7{,}658 \cdot 10^3)^3 = 0{,}43\ \text{J s}^{-1}$

- gebruik van $P = Fv$ 1
- gebruik van $F_w = \frac{1}{2}\rho c_w A v^2$ 1
- bepalen van ρ tussen $2{,}26 \cdot 10^{-12}\ \text{kg m}^{-3}$ en $2{,}30 \cdot 10^{-12}\ \text{kg m}^{-3}$ 1
- completeren van de berekening 1

23 maximumscore 3

voorbeeld van een antwoord:

– $\frac{\text{d}E_t}{\text{d}r} = \frac{1}{2}GmMr^{-2}$

– (G, m, M en r zijn positief, dus) $\frac{\text{d}E_t}{\text{d}r}$ is positief.
Door wrijving neemt E_t af, dus $\text{d}E_t$ is negatief.
Hieruit volgt dat $\text{d}r$ negatief is. (Dus door de wrijving neemt de hoogte van de satelliet af.)

- noteren van de afgeleide van $E_t(r)$ 1
- inzicht dat door wrijving de totale energie afneemt 1
- inzicht dat $\frac{\text{d}E_t}{\text{d}r}$ positief is en dat $\text{d}r$ dus hetzelfde teken heeft als $\text{d}E_t$ 1

natuurkundeuitgelegd.nl

24 maximumscore 4

uitkomst: 61 m (met een marge van 10 m)

voorbeeld van een antwoord:
Het hoogteverlies per dag is gelijk aan de steilheid van de raaklijn aan de grafiek bij $h = 425$ km . Tekenen van de raaklijn en bepalen van de helling levert: $\left(\frac{\Delta h}{\Delta t}\right)_{\text{raaklijn}} = \frac{450,0 - 399,5}{60,0 - 7,0} = 0,953 \text{ km dag}^{-1}$.

De omlooptijd van de satelliet kan berekend worden met $v = \frac{2\pi r}{T}$, met $r = R_{\text{aarde}} + h$. Invullen en uitwerken levert:

$T = \frac{2\pi \cdot (6,371 \cdot 10^6 + 425 \cdot 10^3)}{7,658 \cdot 10^3} = 5,576 \cdot 10^3 \text{ s} = 6,454 \cdot 10^{-2} \text{ dag}$

Dus het hoogteverlies per omwenteling is $0,953 \cdot 10^3 \cdot 6,454 \cdot 10^{-2} = 61 \text{ m}$

- inzicht dat de steilheid van het diagram bij $h = 425$ km bepaald moet worden 1
- gebruik van $v = \frac{2\pi r}{T}$ met $r = R_{\text{aarde}} + h$ 1
- inzicht dat $\frac{\Delta h}{\Delta t}$ vermenigvuldigd moet worden met de omlooptijd 1
- completeren van de bepaling en significantie 1

Opmerking
Als de kandidaat bij vraag 21 het inzicht dat $r = R_{\text{aarde}} + h$ niet heeft getoond of hierin een rekenfout heeft gemaakt en dit antwoord opnieuw gebruikt, dan dit bij deze vraag niet opnieuw aanrekenen.

25 maximumscore 2

voorbeeld van een antwoord:
Omdat de hoogte *h* afneemt, neemt ook de straal *r* af. (G en M zijn constant,) dus volgens de formule $v = \sqrt{\frac{GM}{r}}$ neemt de snelheid toe.

- inzicht dat de straal *r* afneemt 1
- gebruik van formule (1) en consequente conclusie 1

natuurkundeuitgelegd.nl

5 Aanleveren scores

Verwerk per examinator in de applicatie Wolf:
- de scores van de alfabetische eerste vijf kandidaten voor wie het tweede-tijdvak-examen de eerste afname is én
- de scores van alle herkansende kandidaten.

Cito gebruikt beide gegevens voor de analyse van de examens. Om de gegevens voor dit doel met Cito uit te wisselen dient u ze uiterlijk op 27 juni te accorderen.

Ook na 27 juni kunt u nog tot en met 30 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.

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

6 Bronvermeldingen

Massa meten in de ruimte	
figuur 1	bron: NASA Space shuttle, vlucht van 5 tot 14 juni 1991. https://lsda.jsc.nasa.gov/Mission/miss/3
ECG in MRI	
figuur 3	bron: http://mriquestions.com/magnet-changes-ekg.html
Adelaarsnevel	
figuur 1	bron: https://apod.nasa.gov/apod/image/1406/m16_32block.jpg
vraag 17 (uitwerkbijlage)	bron: https://www.eso.org/public/images/eso0728c/

natuurkundeuitgelegd.nl

natuurkunde vwo

Centraal examen vwo

Tijdvak 2

Correctievoorschrift

Aan de secretarissen van het eindexamen van de scholen voor vwo,

Bij het centraal examen natuurkunde vwo:

Op **pagina 12**, bij **vraag 11** moet worden toegevoegd:

Opmerking
Als de lorentzkracht niet in de cirkel ingetekend is, maar de juiste richting blijkt wel eenduidig uit het antwoord van de kandidaat dan kan het eerste scorepunt worden toegekend.

Ik verzoek u dit bericht door te geven aan de correctoren natuurkunde vwo.

Namens het College voor Toetsen en Examens,

drs. P.J.J. Hendrikse,
voorzitter

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