Correctievoorschrift VWO

Voorbereidend
Wetenschappelijk
Onderwijs

20**04**

Tijdvak 1

inzenden scores
Verwerk de scores van de alfabetisch eerste vijf kandidaten per school in het programma Wolf of vul de scores in op de optisch leesbare formulieren.
Zend de gegevens uiterlijk op 2 juni naar de Citogroep.

natuurkundeuitgelegd.nl

Het correctievoorschrift bestaat uit:
1 Regels voor de beoordeling
2 Algemene regels
3 Vakspecifieke regels
4 Een beoordelingsmodel

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 de CEVO op grond van artikel 39 van dit Besluit de Regeling beoordeling centraal examen vastgesteld (CEVO-02-806 van 17 juni 2002 en bekendgemaakt in Uitleg Gele katern nr 18 van 31 juli 2002).

Voor de beoordeling zijn de volgende passages van de artikelen 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 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 de CEVO.
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 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 de CEVO.
4 De examinator en de gecommitteerde stellen in onderling overleg het aantal scorepunten voor het centraal examen vast.
5 Komen zij daarbij niet tot overeenstemming dan wordt het aantal scorepunten bepaald op het rekenkundig gemiddelde van het door ieder van hen voorgestelde aantal scorepunten, zo nodig naar boven afgerond.

2 Algemene regels

Voor de beoordeling van het examenwerk zijn de volgende bepalingen uit de CEVO-regeling 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 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;

natuurkundeuitgelegd.nl

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.

4 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.

5 Een zelfde fout in de beantwoording van verschillende vragen moet steeds opnieuw worden aangerekend, tenzij in het beoordelingsmodel anders is vermeld.

6 Indien de examinator of de gecommitteerde meent dat in een toets of in het beoordelingsmodel bij die toets een fout of onvolkomenheid zit, beoordeelt hij het werk van de kandidaten alsof toets en beoordelingsmodel juist zijn.
Hij kan de fout of onvolkomenheid mededelen aan de CEVO. 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.

7 Voor deze toets kunnen maximaal 79 scorepunten worden behaald.
Scorepunten worden toegekend op grond van het door de kandidaat gegeven antwoord op iedere vraag. Er worden geen scorepunten vooraf gegeven.

8 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.

3 Vakspecifieke regels

Voor het vak natuurkunde 1,2 (nieuwe stijl) en natuurkunde (oude stijl) VWO zijn de volgende vakspecifieke regels vastgesteld:

1 Een afwijking in de uitkomst van een berekening door acceptabel tussentijds afronden wordt de kandidaat niet aangerekend.
2 De uitkomst van een berekening mag één significant cijfer meer of minder bevatten dan op grond van de nauwkeurigheid van de vermelde gegevens verantwoord is, tenzij in de vraag is vermeld hoeveel significante cijfers de uitkomst dient te bevatten.
3 Het laatste scorepunt, aangeduid met ‘completeren van de berekening’, wordt niet toegekend in de volgende gevallen:
- een fout in de nauwkeurigheid van de uitkomst
- een of meer rekenfouten
- het niet of verkeerd vermelden van de eenheid van een uitkomst, tenzij gezien de vraagstelling het weergeven van de eenheid overbodig is. In zo'n geval staat in het antwoordmodel de eenheid tussen haakjes.

4 Het laatste scorepunt wordt evenmin toegekend als juiste antwoordelementen foutief met elkaar worden gecombineerd of als een onjuist antwoordelement een substantiële vereenvoudiging van de berekening tot gevolg heeft.
5 In het geval van een foutieve oplossingsmethode, waarbij geen of slechts een beperkt aantal deelscorepunten kunnen worden toegekend, mag het laatste scorepunt niet worden toegekend.

natuurkundeuitgelegd.nl

Antwoorden	Deel-scores

Opgave 1 Valentijnshart

Maximumscore 4

1 □ uitkomst: $\Delta b = 2{,}9$ mm

voorbeeld van een berekening:
Bij het fotograferen van een voorwerp in het oneindige geldt: $b = f = 50$ mm.
Bij het fotograferen van het hart geldt: $v = 900$ mm en $f = 50$ mm.
Uit $\frac{1}{b} = \frac{1}{f} - \frac{1}{v}$ volgt dat $b = 52{,}9$ mm.
De afstand tussen de lens en de film moet dus $52{,}9 - 50 = 2{,}9$ mm worden veranderd.

- inzicht dat $b_\infty = f = 50$ mm (of berekenen van b_∞) 1
- gebruik van de lenzenformule met $v = 900$ mm en $f = 50$ mm 1
- inzicht dat de gevraagde afstand gelijk is aan: $b_{\text{hart}} - b_\infty$ 1
- completeren van de berekening 1

Maximumscore 2

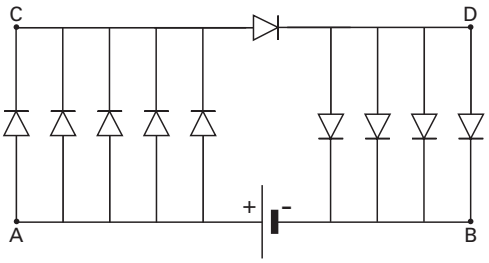
2 □ voorbeeld van een antwoord:
- De zon is geen puntvormige lichtbron.
- De schaduw op de achtergrond heeft een grotere voorwerpsafstand dan het hart waarop is scherp gesteld. / De scherptediepte is te klein.

- inzicht dat de zon geen puntvormige lichtbron is 1
- inzicht dat de schaduw op de achtergrond een grotere voorwerpsafstand heeft dan het hart waarop is scherp gesteld / de scherptediepte te klein is 1

Opmerking
Als 'digitale onscherpte' als oorzaak is genoemd: goed rekenen.

Maximumscore 3

3 □ antwoord:



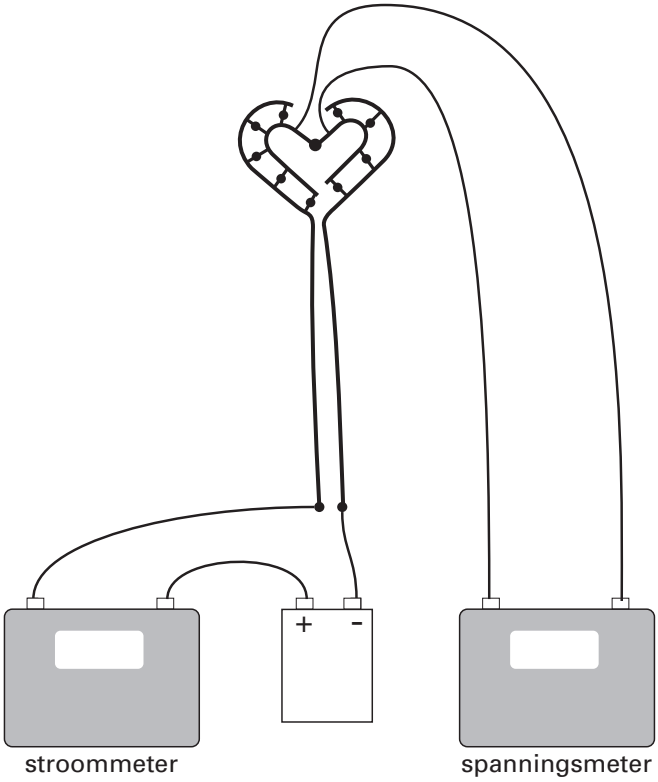
- letter A 1
- letter B 1
- letters C en D 1

Opmerking
Elke letter mag op een ander punt in de schakeling worden gezet, mits het punt dezelfde potentiaal heeft.

natuurkundeuitgelegd.nl

Maximumscore 3

4 □ antwoord:



- de stroommeter in serie met het hart **1**
- de spanningsmeter parallel aan de grote LED **1**
- completeren van de schakeling **1**

Opmerking
Als door extra verbindingen een niet functionerende schakeling is ontstaan: maximaal 1 punt.

Maximumscore 4

5 □ voorbeeld van een antwoord:
De vijf parallel geschakelde LED's aan de linkerkant staan in serie met de grote LED en de vier parallel geschakelde LED's aan de rechterkant.
Hieruit volgt dat $U_L + U_R = 4{,}0$ V.
De vervangingsweerstand van de vijf LED's aan de linkerkant is kleiner dan de vervangingsweerstand van de vier LED's aan de rechterkant.
Daaruit volgt dat $U_L < U_R$, dus dat $U_L < 2{,}0$ V.

- inzicht dat de vijf LED's aan de linkerkant in serie staan met de grote LED en de vier LED's aan de rechterkant **1**
- inzicht dat $U_L + U_R = 4{,}0$ V **1**
- inzicht dat de weerstand van de linker parallelschakeling kleiner is dan die van de rechter **1**
- inzicht dat $U_L < U_R$, dus dat $U_L < 2{,}0$ V **1**

natuurkundeuitgelegd.nl

Opgave 2 Bergtrein

Maximumscore 3

6 ☐ uitkomst: $s = 23$ m

voorbeelden van een bepaling:

methode 1
De verplaatsing komt overeen met de oppervlakte onder de (v,t)-grafiek.
Deze oppervlakte is gelijk aan ongeveer 18 hokjes.
De oppervlakte van één hokje komt overeen met $0,5 \cdot 2,5 = 1,25$ m.
De verplaatsing is dus gelijk aan $18 \cdot 1,25 = 23$ m.

- inzicht dat de verplaatsing overeen komt met de oppervlakte onder de (v,t)-grafiek **1**
- bepalen van het aantal hokjes of de oppervlakte benaderen met een meetkundige figuur **1**
- completeren van de bepaling (met een marge van 2 m) **1**

methode 2
Op de rekenmachine gekozen voor de optie integreren.
De functie $Y1 = 1,6 - 1,6\cos(0,12t)$ ingevoerd.
De grenzen t = 0 s en t = 20 s ingevoerd.

- kiezen voor de optie integreren en invoeren van de formule **1**
- invoeren van de grenzen **1**
- completeren van de bepaling **1**

Maximumscore 4

7 ☐ uitkomst: $F = 2,4 \cdot 10^3$ N

voorbeelden van een bepaling:

methode 1
Er geldt: $F = ma$.
a is de steilheid van de raaklijn op t = 15 s: $a = \dfrac{\Delta v}{\Delta t} = \dfrac{4,0}{26 - 5,0} = 0,187$ m s^{-2}.
Dan is $F = ma = 13 \cdot 10^3 \cdot 0,187 = 2,4 \cdot 10^3$ N.

- tekenen van de raaklijn **1**
- bepalen van de versnelling (met een marge van $0,02$ m s^{-2}) **1**
- gebruik van $F = ma$ **1**
- completeren van de berekening **1**

natuurkundeuitgelegd.nl

methode 2

$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = 1,6 \cdot 0,12 \cdot \sin(0,12t)$.

Invullen van $t = 15$ s geeft $a = 0,187\ \text{m s}^{-2}$.

Dan is $F = ma = 13 \cdot 10^3 \cdot 0,187 = 2,4 \cdot 10^3$ N.

- inzicht dat versnelling de (tijd)afgeleide is van de snelheid **1**
- berekenen van a **1**
- gebruik van $F = ma$ **1**
- completeren van de berekening **1**

methode 3

Gekozen voor het functieonderzoek: het bepalen van $\frac{\Delta y}{\Delta x}$.

$\frac{\Delta y}{\Delta x}$ op $t = 15$ s bepaald. Dit geeft $a = 0,187\ \text{m s}^{-2}$.

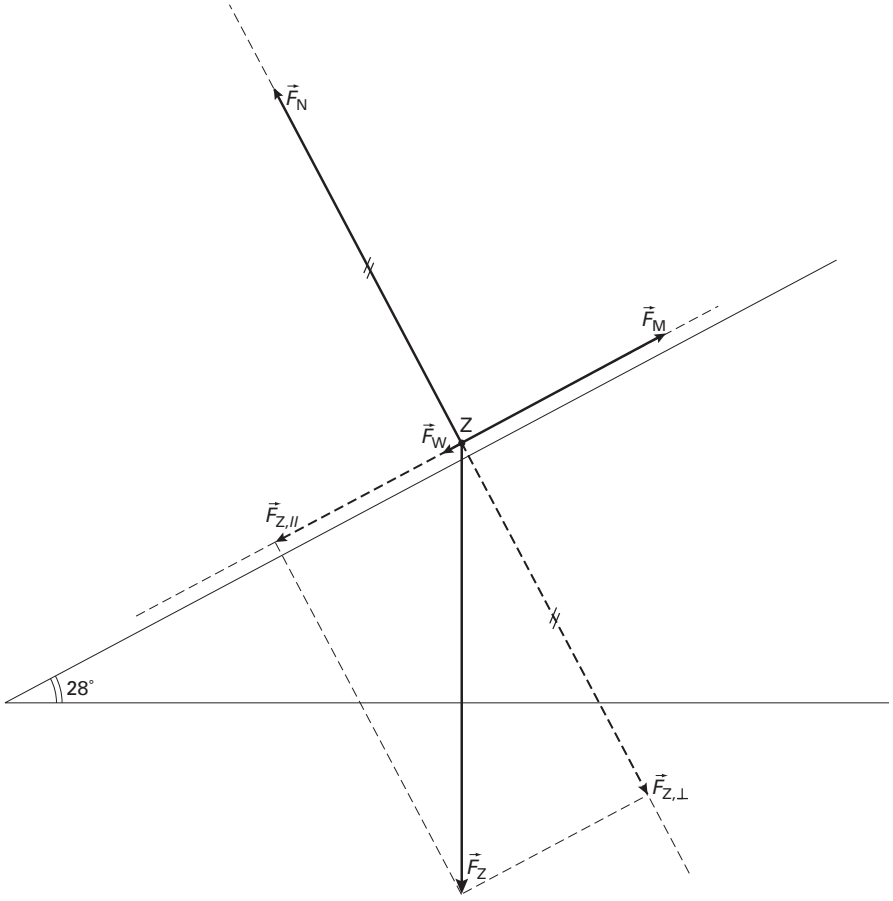
Dan is $F = ma = 13 \cdot 10^3 \cdot 0,187 = 2,4 \cdot 10^3$ N.

- inzicht dat versnelling de (tijd)afgeleide is van de snelheid **1**
- bepalen van $a(15)$ met de rekenmachine **1**
- gebruik van $F = ma$ **1**
- completeren van de berekening **1**

natuurkundeuitgelegd.nl

Maximumscore 5

8 ☐ voorbeeld van een antwoord:



Voor de zwaartekracht geldt: $F_Z = 13 \cdot 10^3 \cdot 9{,}81 = 128$ kN.
Deze kracht is getekend als een vector van 6,4 cm. Blijkbaar geldt voor de krachtenschaal dat 1 cm overeenkomt met 20 kN.

- berekenen van F_Z en bepalen van de schaal **1**
- tekenen van $F_{Z,//}$ (3,0 cm (met een marge van 0,1 cm)) **1**
- tekenen van F_N (5,6 cm (met een marge van 0,1 cm)) **1**
- tekenen van F_W (0,3 cm (met een marge van 0,1 cm)) **1**
- tekenen van F_M (3,3 cm (met een marge van 0,1 cm)) **1**

Maximumscore 2

9 ☐ voorbeeld van een antwoord:
Een dynamo bevat een spoel die ronddraait in een magnetisch veld (of een magneet die tussen spoelen draait). In de spoel wordt dan een spanning opgewekt (ten gevolge van de voortdurend optredende fluxverandering).

- inzicht dat een dynamo een spoel en een magnetisch veld bevat **1**
- inzicht dat door het draaien een spanning wordt opgewekt **1**

natuurkundeuitgelegd.nl

Maximumscore 5

10 □ uitkomst: $E_{el} = 29$ MJ

voorbeeld van een berekening:

$\Delta E_z = mg\Delta h = 11 \cdot 10^3 \cdot 9{,}81 \cdot 1084 \cdot \sin 28° = 54{,}9$ MJ.

$W_w = 5{,}1 \cdot 10^3 \cdot 1084 = 5{,}5$ MJ.

$E_{el} = 0{,}59 \cdot (54{,}9 - 5{,}5) = 29$ MJ.

- gebruik van $E_z = mg\Delta h$ **1**
- inzicht dat $\Delta h = 1084 \cdot \sin 28°$ **1**
- gebruik van $W = Fs$ om de arbeid door de wrijvingskracht te berekenen **1**
- inzicht dat $E_{el} = 0{,}59 \cdot (\Delta E_z - W_w)$ **1**
- completeren van de berekening **1**

[redacted] **Opgave 3 Leoniden**

Maximumscore 3

11 □ uitkomst: $\rho = 1{,}7 \cdot 10^{-9}$ kg m^{-3}

voorbeeld van een berekening:

Het volume van 1 mol van het gasmengsel is $V = \frac{nRT}{p} = \frac{1 \cdot 8{,}31 \cdot 640}{3{,}4 \cdot 10^{-4}} = 1{,}56 \cdot 10^7$ m^3.

Dan is $\rho = \frac{m}{V} = \frac{0{,}027}{1{,}56 \cdot 10^7} = 1{,}7 \cdot 10^{-9}$ kg m^{-3}.

- gebruik van de algemene gaswet en opzoeken van R **1**
- berekenen van het volume per mol of inzicht dat $\rho = \frac{m}{V} = \frac{pM}{RT}$ **1**
- completeren van de berekening **1**

Maximumscore 5

12 □ voorbeeld van een antwoord:

De kinetische energie van het deeltje op 150 km hoogte is:

$E_{kin} = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2} \cdot 0{,}004 \cdot \left(70 \cdot 10^3\right)^2 = 9{,}8 \cdot 10^6$ J.

De warmte die nodig is om een kwartsbolletje van 4 g te verwarmen van 640 K tot het smeltpunt van 1880 K en het vervolgens geheel te smelten is

$Q = cm\Delta T + Q_{smelt} = 0{,}74 \cdot 0{,}004 \cdot 10^3 \cdot (1880 - 640) + 0{,}004 \cdot 200 \cdot 10^3 = 4 \cdot 10^3$ J.

Het deeltje heeft dus (ruimschoots) voldoende kinetische energie.

- berekenen van E_{kin} **1**
- opzoeken van de soortelijke warmte en de smelttemperatuur van kwarts **1**
- berekenen van Q voor opwarmen **1**
- berekenen van Q voor smelten **1**
- conclusie **1**

Opmerking
Er hoeft niet gelet te worden op het aantal significante cijfers van de uitkomst van de berekening.

natuurkundeuitgelegd.nl

Maximumscore 3

13 □ uitkomst: $s = 4{,}2 \cdot 10^4$ m.

voorbeeld van een berekening:
$s = v\Delta t = 70 \cdot 10^3 \cdot (0{,}90 - 0{,}30) = 4{,}2 \cdot 10^4$ m.

- inzicht dat $s = v\Delta t$ **1**
- aflezen van v en Δt (met een marge van 0,1 s) **1**
- completeren van de berekening **1**

Maximumscore 3

14 □ voorbeelden van een antwoord:

methode 1
Het bolletje van 4 g verliest zijn massa in (ongeveer) dezelfde tijd als het bolletje van 1 g. Het bolletje met de grootste beginmassa verliest dus volgens het model (gemiddeld) vier maal zoveel kwarts per seconde als het lichtste en geeft dus een helderder lichtspoor.
Dat is dus inderdaad uit het model af te leiden.

- inzicht dat alle bolletjes hun massa in (ongeveer) dezelfde tijd verliezen **1**
- inzicht dat zwaardere bolletjes (gemiddeld) méér massa per seconde verliezen **1**
- conclusie **1**

methode 2
De steilheid van de (m,t)-grafieken is een maat voor de hoeveelheid vloeibaar kwarts die een bolletje per tijdseenheid verliest. De maximale steilheid is groter naarmate de beginmassa van het bolletje groter is. Bolletjes met een grotere beginmassa hebben dus een helderder lichtspoor.
Dat is dus inderdaad uit het model af te leiden.

- inzicht dat de steilheid van de (m,t)-grafiek een maat is voor de helderheid **1**
- inzicht dat de maximale steilheid toeneemt met de beginmassa **1**
- conclusie **1**

Opgave 4 Bekken

Maximumscore 4

15 □ uitkomst: $P = 8{,}0 \cdot 10^{-2}$ W

voorbeeld van een bepaling:
In de figuur kan bij 410 Hz worden afgelezen: $L = 85$ dB.

Er geldt $L = 10\log\left(\frac{I}{I_0}\right)$, dus $85 = 10\log\left(\frac{I}{10^{-12}}\right)$. Hieruit volgt: $I = 3{,}16 \cdot 10^{-4}$ Wm^{-2}.

Met $I = \frac{P}{4\pi r^2}$ volgt dan: $P = 4\pi \cdot (4{,}5)^2 \cdot 3{,}16 \cdot 10^{-4} = 8{,}0 \cdot 10^{-2}$ W.

- aflezen van $L = 85$ dB (met een marge van 1 dB) **1**
- gebruik van $L = 10\log\left(\frac{I}{I_0}\right)$ met $I_0 = 10^{-12}$ Wm^{-2} **1**
- inzicht dat $P = 4\pi r^2 I$ **1**
- completeren van de bepaling **1**

natuurkundeuitgelegd.nl

Maximumscore 3

16 ☐ voorbeeld van een antwoord:

Uit de patronen van knopen en buiken blijkt dat de golflengtes zich verhouden als $1:\frac{1}{3}:\frac{1}{5}$.

Uit $f=\frac{v}{\lambda}$, met v steeds gelijk, volgt dat de frequenties van de mogelijke tonen zich verhouden als $1:3:5$.

De frequenties van de drie laagste tonen (55 Hz, 110 Hz, 165 Hz) verhouden zich als $1:2:3$. De figuren stemmen dus niet overeen.

- inzicht in de verhouding van de golflengtes **1**
- inzicht in de verhouding van de bijbehorende frequenties **1**
- inzicht in de verhouding van de gemeten frequenties en conclusie **1**

Opmerking
Als alleen voor de twee laagste tonen is aangetoond dat de figuren niet overeenstemmen: goed rekenen.

Maximumscore 3

17 ☐ voorbeeld van een antwoord:

Als het bekken trilt met een frequentie van 410 Hz en de stroboscoop met 820 Hz, flitst de stroboscoop precies twee maal tijdens één trillingstijd van het bekken. Je ziet de rand van het bekken daardoor steeds in dezelfde twee standen.

Flitst de stroboscoop iets sneller, dan heeft (de rand van) het bekken op het moment van de volgende flits nog net geen halve trilling afgelegd. De stand tijdens de volgende periode verschilt dan steeds iets van die ervoor. Het beeld lijkt daardoor (traag) te bewegen.

- inzicht dat de stroboscoop twee maal flitst tijdens een trillingstijd van het bekken **1**
- inzicht dat het bekken bij een iets snellere stroboscoop net geen halve trilling aflegt **1**
- inzicht dat daardoor het beeld op een iets andere plaats ontstaat **1**

Maximumscore 3

18 ☐ uitkomst: $v_{max}=3{,}5\ \text{m s}^{-1}$

voorbeeld van een berekening:

De amplitude van de trilling is de helft van de gegeven afstand, dus $A=1{,}35\cdot10^{-3}$ m.

$v_{max}=2\pi fA=2\pi\cdot410\cdot1{,}35\cdot10^{-3}=3{,}5\ \text{m s}^{-1}$.

- inzicht dat de amplitude de helft is van de gegeven afstand **1**
- inzicht dat $v_{max}=2\pi fA$ **1**
- completeren van de berekening **1**

natuurkundeuitgelegd.nl

Opgave 5 PET-scan

Maximumscore 3

19 antwoord: ${}^{18}_{9}\mathrm{F} \rightarrow {}^{18}_{8}\mathrm{O} + {}^{0}_{1}\mathrm{e}$ of ${}^{18}\mathrm{F} \rightarrow {}^{18}\mathrm{O} + \beta^{+}$

- positron rechts van de pijl **1**
- ${}^{18}\mathrm{O}$ als vervalproduct (mits verkregen via kloppende atoomnummers) **1**
- aantal nucleonen links en rechts gelijk **1**

Maximumscore 5

20 uitkomst: $A = 3{,}6 \cdot 10^{8}$ Bq

voorbeeld van een berekening:

$E_{\text{totaal}} = \frac{100}{20} \cdot 1{,}0 \cdot 10^{-3} \cdot 1{,}5 = 7{,}50 \cdot 10^{-3}$ J.

$E_{\text{positron}} = 245 \cdot 10^{3} \cdot 1{,}602 \cdot 10^{-19} = 3{,}925 \cdot 10^{-14}$ J.

Het aantal vervallen deeltjes $\Delta N = \frac{E_{\text{totaal}}}{E_{\text{positron}}} = \frac{7{,}50 \cdot 10^{-3}}{3{,}925 \cdot 10^{-14}} = 1{,}91 \cdot 10^{11}$.

$A(t) = \frac{\Delta N}{\Delta t} = \frac{1{,}91 \cdot 10^{11}}{8{,}9 \cdot 60} = 3{,}6 \cdot 10^{8}$ Bq.

- inzicht dat E_{totaal} = stralingsdosis × massa **1**
- in rekening brengen van de factor $\frac{100}{20}$ **1**
- berekenen van E_{positron} in joule **1**
- gebruik van $A(t) = \frac{(-)\Delta N}{\Delta t}$ met Δt in seconde **1**
- completeren van de berekening **1**

Maximumscore 4

21 uitkomst: $E = 5{,}10999 \cdot 10^{5}$ (eV)

voorbeeld van een berekening:
E_{foton} is equivalent met de massa van één elektron.

$E = 9{,}10939 \cdot 10^{-31} \cdot (2{,}99792458 \cdot 10^{8})^{2} = 8{,}18711 \cdot 10^{-14}$ J =

$\frac{8{,}18711 \cdot 10^{-14}}{1{,}6021756 \cdot 10^{-19}} = 5{,}10999 \cdot 10^{5}$ eV.

- inzicht dat E_{foton} equivalent is met de massa van een elektron **1**
- gebruik van $E = \Delta m c^{2}$ **1**
- opzoeken van m_{e}, c en e **1**
- completeren van de berekening **1**

Opmerking

Een oplossing in de trant van $E = 5{,}4858 \cdot 10^{-4} \cdot 931{,}49$ MeV $= 5{,}1100 \cdot 10^{5}$ (eV) *: 2 punten.*

natuurkundeuitgelegd.nl

	Antwoorden	Deel-scores

Maximumscore 3

22 □ uitkomst: De orde van grootte van Δt is 10^{-9} s (of 10^{-10} s).

voorbeeld van een berekening:
De diameter van het hoofd is ongeveer 0,2 m.

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

Daarmee is de orde van grootte van Δt: 10^{-9} s.

- inzicht dat $\Delta x = c\Delta t$ met c opgezocht **1**
- Δx geschat op een waarde tussen 15 cm en 30 cm **1**
- completeren van de berekening **1**

Opmerking
Antwoorden in 1 *significant cijfer: geen aftrek.*

Maximumscore 2

23 □ mogelijke oorzaken (twee van de volgende):
- één van de twee fotonen (of beide) is (zijn) onderweg geabsorbeerd
- de patiënt ligt niet stil
- het binnenkomen van twee fotonen afkomstig van verschillende annihilaties binnen de tijdsduur Δt (dit levert een foutieve interpretatie door de computer)
- meting in de 'dode tijd' van de meetapparatuur

per juiste oorzaak **1**

Einde

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