Examen VWO

2009

tijdvak 1
woensdag 20 mei
13.30 - 16.30 uur

natuurkunde 1

Bij dit examen hoort een uitwerkbijlage.

Dit examen bestaat uit 23 vragen.
Voor dit examen zijn maximaal 75 punten te behalen.
Voor elk vraagnummer staat hoeveel punten met een goed antwoord behaald kunnen worden.

Als bij een vraag een verklaring, uitleg, berekening of afleiding gevraagd wordt, worden aan het antwoord meestal geen punten toegekend als deze verklaring, uitleg, berekening of afleiding ontbreekt.

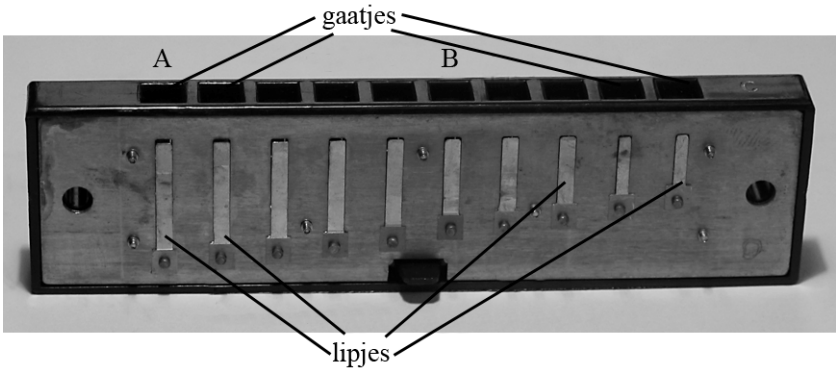
Geef niet meer antwoorden (redenen, voorbeelden e.d.) dan er worden gevraagd.
Als er bijvoorbeeld twee redenen worden gevraagd en je geeft meer dan twee redenen, dan worden alleen de eerste twee in de beoordeling meegeteld.

925-0171-a-VW-1-o

Opgave 1 Mondharmonica

Van een mondharmonica is de beschermkap weggehaald. Zie figuur 1.

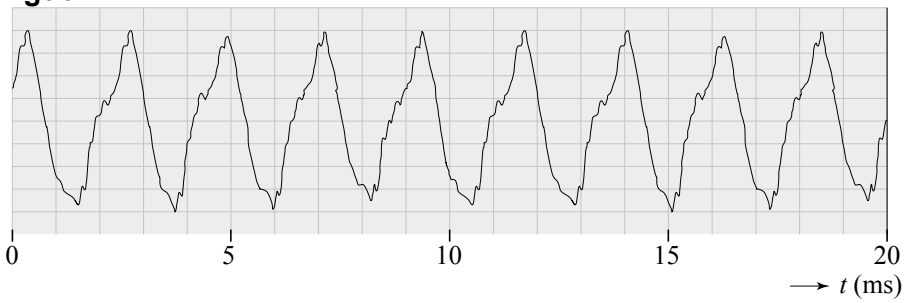
figuur 1



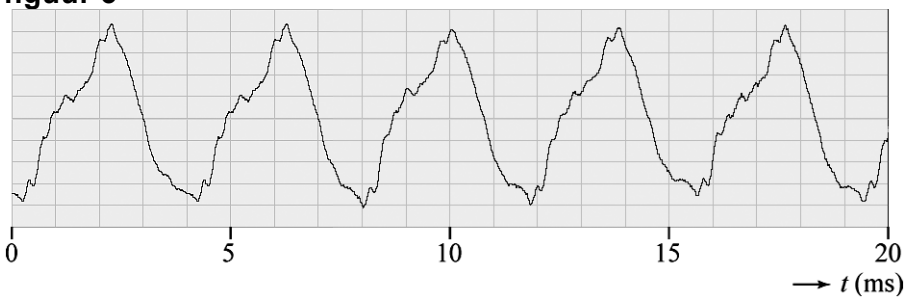
Deze mondharmonica heeft tien gaatjes. Onder elk gaatje zit een metalen lipje. Als een speler lucht door een gaatje blaast, ontstaat in het lipje onder dat gaatje een staande golf. Het lipje trilt dan in de grondtoon. De lipjes onder de gaatjes A en B zijn even dik en even breed.

Met behulp van een microfoon en een computer zijn twee opnames gemaakt van het geluid, een bij het blazen in gat A en een bij het blazen in gat B.
In figuur 2 en 3 zie je het resultaat van de opnames. Elke opname duurde 20 ms.

figuur 2



figuur 3



3p **1** Leg uit welke van deze figuren correspondeert met gat A.

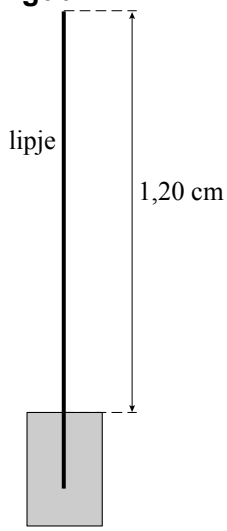
3p **2** Bepaal welke toon in figuur 2 weergegeven is. Gebruik tabel 15C van Binas. Geef je antwoord met een letter en een cijfer zoals dat voorkomt in tabel 15C.

Een lipje is een dun koperen stripje dat aan één kant is vastgemaakt. Het andere uiteinde kan vrij trillen. Een zijaanzicht van een lipje zie je in figuur 4.

Als het lipje van figuur 4 in de grondtoon trilt, ontstaat een toon van 392 Hz.

3p **3** Bereken de voortplantingssnelheid van de golven in het lipje.

figuur 4



Naast de grondtoon gaat het lipje (zeker bij hard blazen) ook trillen in de eerste boventoon. Figuur 4 staat ook op de uitwerkbijlage.

2p **4** Geef in de figuur op de uitwerkbijlage de plaatsen aan van de buiken en de knopen in het lipje als het trilt in de eerste boventoon.

Opgave 2 Nuna-4

De Nederlandse zonneauto Nuna-4 heeft de World Solar Challenge dwars door Australië gewonnen. Voor de vierde keer won een team van studenten van de TU Delft deze wedstrijd voor auto's op zonnecellen.

figuur 1

Voor de berekeningen in deze opgave gaan we er steeds van uit dat Nuna-4 op een vlakke weg rijdt.

Nuna-4 legde de afstand Darwin-Adelaide, $3021\ \mathrm{km}$, af in 29 uur en 11 minuten.

3p **5** Bereken de gemiddelde snelheid van Nuna-4 in $\mathrm{km\,h^{-1}}$.

Om zo snel mogelijk te kunnen rijden is een aantal kenmerken in het ontwerp van Nuna-4 belangrijk.

2p **6** Noem drie van deze kenmerken.

Tijdens de race reed Nuna-4 enige tijd met zijn topsnelheid van $140\ \mathrm{km\,h^{-1}}$.
De rolwrijving op Nuna-4 is verwaarloosbaar klein.

2p **7** Leg uit dat bij het rijden op topsnelheid geldt dat de motorkracht gelijk is aan de luchtweerstandskracht.

Tijdens het rijden werkt op Nuna-4 de luchtweerstandskracht $F_{\text{w,lucht}}$.
Voor Nuna-4 geldt: $F_{\text{w,lucht}} = 0{,}058v^2$. Hierin is v de snelheid in m s^{-1}.

De studenten hebben Nuna-4 zo ontworpen dat hij bij felle zon met een constante snelheid van $100\ \text{km h}^{-1}$ kan rijden, zonder een accu te gebruiken. Nuna-4 is aan de bovenkant bedekt met zonnecellen met een rendement van 26%. Als de zon fel schijnt, heeft het zonlicht per m^2 zonnecel een vermogen van $1{,}0\ \text{kW}$. We nemen aan dat het rendement van de elektromotor 100% bedraagt.

5p **8** Bereken de oppervlakte die de zonnecellen minimaal moeten hebben om aan de ontwerpeis van de studenten te voldoen.

In Nuna-4 zit een accu die bij de start $5{,}0\ \text{kWh}$ energie bevat. Tijdens de race kunnen de zonnecellen en de accu gelijktijdig gebruikt worden om de elektromotor aan te drijven.
Op de laatste dag heeft Nuna-4 nog $500\ \text{km}$ te gaan.
De weersvoorspellingen zijn zodanig dat de zonnecellen voor die dag een vermogen van $490\ \text{W}$ aan de motor zullen leveren. De studenten willen nagaan wat voor die dag de beste snelheid voor Nuna-4 is. Daarom gaan ze na hoe de benodigde elektrische energie voor de rit op de laatste dag afhangt van de snelheid. Ze vinden het onderstaande verband.

$$E_{\text{el}} = E_{\text{accu}} + E_{\text{zonnecellen}} = 1{,}8 \cdot 10^7 + \frac{2{,}45 \cdot 10^8}{v}$$

Hierin is:
- E de energie in J;
- v de snelheid in m s^{-1}.

3p **9** Toon aan dat dit het juiste verband is.

Het team wil Nuna-4 op de laatste dag met een zodanige constante snelheid v laten rijden, dat de accu bij de finish net leeg is. De studenten berekenen dat de snelheid v dan gelijk moet zijn aan $108\ \text{km h}^{-1} (= 30\ \text{m s}^{-1})$.

4p **10** Laat met een berekening zien dat die snelheid klopt.
Hint: Bereken daartoe eerst de arbeid die de motor bij deze snelheid verricht.

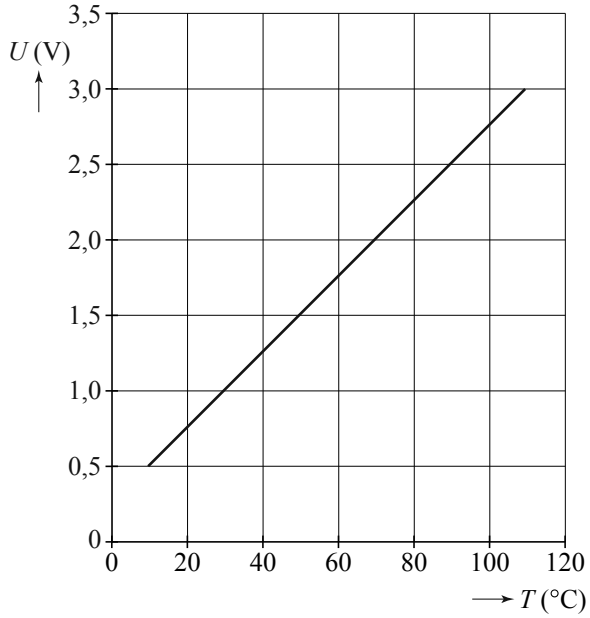
Opgave 3 Legionella

Lees het onderstaande krantenartikel.

> Stilstaand, lauw water tussen 25 en 55 °C is een broedplaats voor legionellabacteriën. Om te voorkomen dat deze bacteriën zich in waterleidingen van warm water vermeerderen en verspreiden, moet het water regelmatig tot ruim boven 60 °C verwarmd worden.
> Om veiligheidsredenen mag het water niet boven de 92 °C komen.
> Voor het verwarmen is een elektrisch verwarmingslint met bijbehorend automatisch systeem op de markt.

De temperatuur van het water wordt gemeten met een temperatuursensor, waarvan de ijkgrafiek gegeven is in figuur 1.

figuur 1



2p **11** Bepaal de gevoeligheid van deze temperatuursensor.

Het automatisch systeem heeft als uitvoer (actuator) een relais dat het elektrisch verwarmingslint kan in- en uitschakelen.
Het automatisch systeem moet voldoen aan de onderstaande eisen.
Het verwarmingslint wordt:

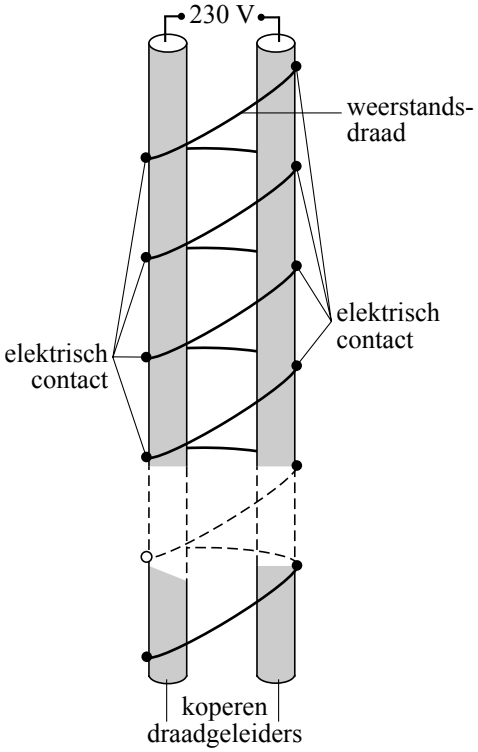
- *ingeschakeld* als de temperatuur lager is dan 60 °C,
- *uitgeschakeld* als:
  - de temperatuur langer dan tien minuten achtereen hoger is dan 60 °C, óf
  - de temperatuur eenmalig hoger is dan 92 °C.

De tijd wordt geregeld door een pulsgenerator die één puls per minuut afgeeft.
Op de uitwerkbijlage staat een deel van een ontwerp van dit automatisch systeem.

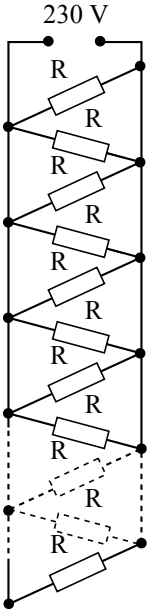
6p **12** Maak in de figuur op de uitwerkbijlage het ontwerp compleet zodat het aan de gestelde eisen voldoet. Geef ook de referentiespanningen van de beide comparatoren aan.

Het verwarmingslint bestaat uit twee koperen draadgeleiders.
Tussen deze geleiders staat de netspanning van $230\ \mathrm{V}$.
Om de draadgeleiders is weerstandsdraad gewikkeld. Zie figuur 2.
Deze weerstandsdraad maakt steeds elektrisch contact met beide draadgeleiders. Hierdoor ontstaat een parallelschakeling zoals schematisch weergegeven in figuur 3.

figuur 2



figuur 3



Zo ontstaan n parallelle weerstanden per meter verwarmingslint, elk met een waarde $R = 10\ \mathrm{k\Omega}$.
Het verwarmingslint heeft per meter een vermogen van $180\ \mathrm{W}$.

4p **13** Bereken het aantal parallelle weerstanden n in $1{,}00\ \mathrm{m}$ verwarmingslint.
Hint: Bereken daartoe eerst de stroom door $1{,}00\ \mathrm{m}$ verwarmingslint en daarna de stroom die door één weerstand loopt.

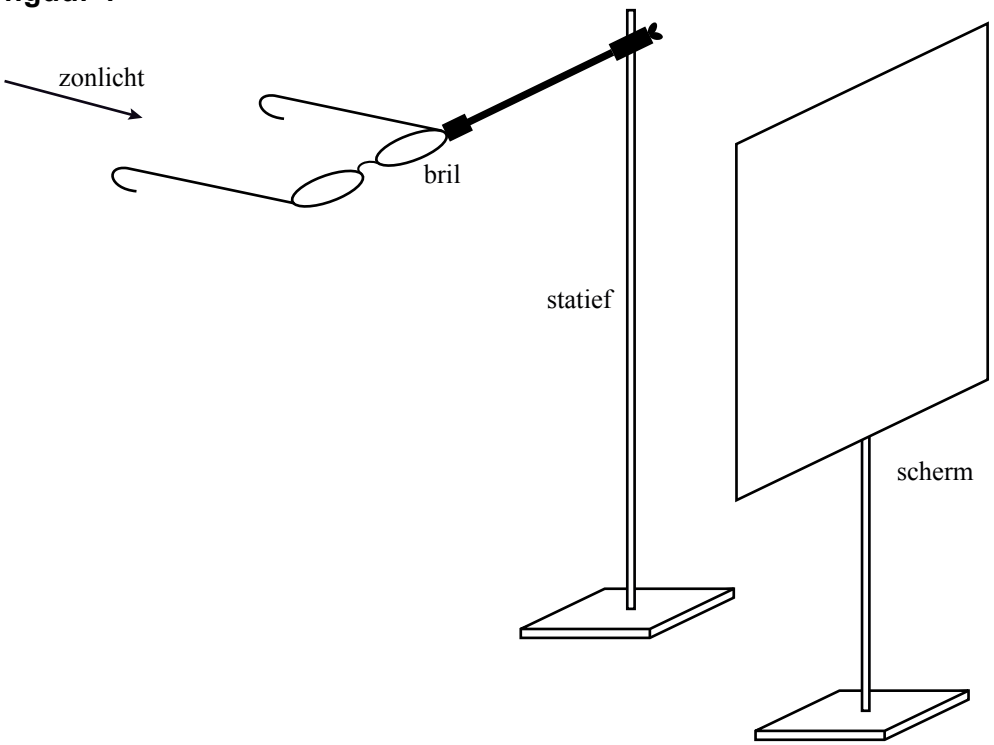
Het verwarmingslint is leverbaar in verschillende lengtes.

3p **14** Bereken hoe lang het verwarmingslint maximaal mag zijn als de gebruikte groep een smeltveiligheid van $16\ \mathrm{A}$ heeft.

Opgave 4 Bril

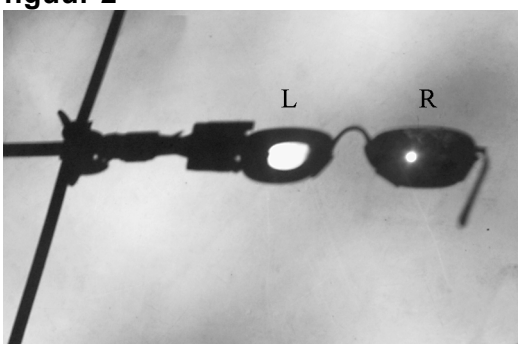
Ineke zet een statief waarin een bril is geklemd, buiten in de zon.
Het zonlicht valt op de brillenglazen en wordt afgebeeld op een wit scherm.
Zie figuur 1. Deze figuur is niet op schaal.

figuur 1



Op het scherm zien we de schaduw van het statief en de bril en de beelden van de zon die door de brillenglazen gevormd worden. Zie figuur 2.

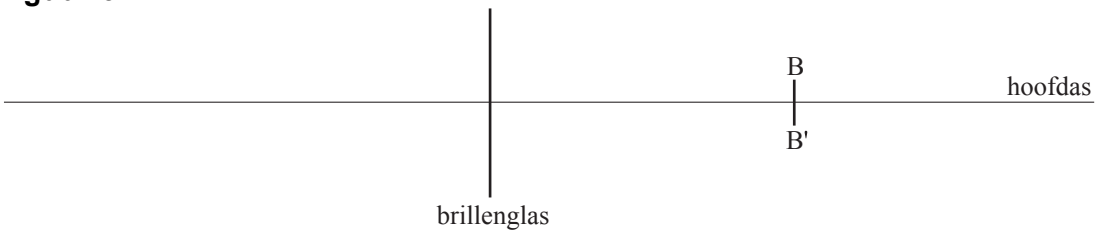
figuur 2



Het rechter brillenglas (R) beeldt de zon scherp af op het scherm.
Het beeld van de zon van het linker brillenglas (L) is onscherp.

De denkbeeldige lijn van het midden van de zon loodrecht op het midden van het rechter brillenglas (R) is de hoofdas.
In figuur 3 is het brillenglas, de hoofdas en het beeld van de zon BB' getekend.
B' is het beeldpunt van de bovenkant van de zon.
Figuur 3 staat ook op de uitwerkbijlage.

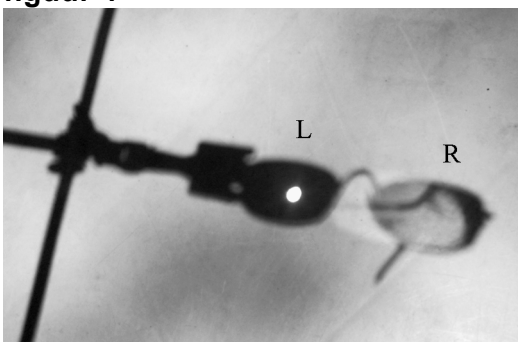
figuur 3



3p **15** Construeer in de figuur op de uitwerkbijlage de lichtbundel die op het brillenglas valt en convergeert naar B'.

Het scherm wordt nu zo verschoven dat het linker brillenglas (L) een scherp beeld maakt van de zon. Zie figuur 4.

figuur 4



Het beeld van de zon in figuur 4 is groter dan het beeld van de zon van het rechter brillenglas in figuur 2.

3p **16** Leg uit of het linker brillenglas (L) sterker of juist minder sterk is dan het rechter brillenglas (R).

Iemand die een bril draagt, kan bijziend, verziend of oudziend zijn.

3p **17** Leg uit welke van deze oogafwijkingen met deze bril gecorrigeerd kan of kunnen worden.

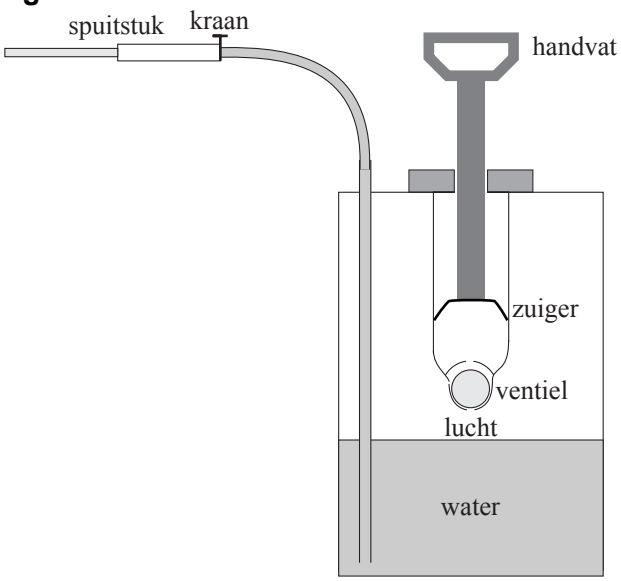
Opgave 5 Plantenspuit

Figuur 1 is een foto van een plantenspuit. Deze bestaat uit een tank met een pompmechanisme en een slang met een spuitstuk.

figuur 1

In figuur 2 is een doorsnede van de plantenspuit schematisch getekend.

figuur 2



De inhoud van de tank is $6{,}50\ \text{L}$. Op een bepaald moment bevat hij $3{,}00\ \text{L}$ water en $3{,}50\ \text{L}$ lucht met een temperatuur van $17\ ^\circ\text{C}$ en een druk van $1{,}00 \cdot 10^5\ \text{Pa}$.
Door het handvat in verticale richting heen en weer te bewegen kan er extra lucht in de tank gepompt worden. Het ventiel zorgt ervoor dat de lucht niet terugstroomt.
Per pompslag wordt er $150\ \text{mL}$ buitenlucht van $17\ ^\circ\text{C}$ en $1{,}00 \cdot 10^5\ \text{Pa}$ toegevoegd aan de lucht in de tank. Hierdoor stijgt de druk in de tank.
Neem aan dat de temperatuur van de lucht tijdens het pompen gelijk blijft.
De lucht gedraagt zich als een ideaal gas.

De toegevoerde lucht zorgt ervoor dat de druk wordt opgevoerd tot $2{,}00 \cdot 10^5\ \text{Pa}$.

2p **18** Bereken het aantal pompslagen dat hiervoor minimaal nodig is.

In de tank zit nu lucht van $17\ ^\circ\text{C}$ en $2{,}00 \cdot 10^5\ \text{Pa}$. De kraan van het spuitstuk wordt geopend. Er spuit $15\ \text{mL}$ water per seconde uit de tank, gedurende $100\ \text{s}$.
Neem aan dat de temperatuur van de lucht niet verandert.

5p **19** Vul op de uitwerkbijlage de tabel in en teken de grafiek van de druk van de lucht in de tank tegen de tijd van 0 tot $100\ \text{s}$. Geef alle waarden in de tabel in drie significante cijfers.

In werkelijkheid verandert tijdens het spuiten de temperatuur van de lucht wel een beetje. Daarbij mag je aannemen dat er geen warmte-uitwisseling met de omgeving is.

4p **20** Leg met behulp van de eerste hoofdwet van de warmteleer uit of de temperatuur van de lucht in de tank stijgt of daalt.

Let op: de laatste vragen van dit examen staan op de volgende pagina.

Opgave 6 Radiumverf

Radium werd in 1898 door de Poolse scheikundige Marie Curie ontdekt.
Dit element zendt licht uit en werd in het begin van de twintigste eeuw gebruikt om oplichtende verf voor wijzers van horloges te maken.

In deze verf zit radium-226 dat α-straling uitzendt.

3p **21** Geef de vervalreactie van radium-226.

De radiumbevattende verf werd door jonge meisjes met een penseel op de wijzers van een horloge gebracht. Met de mond werden de haartjes van het penseel tot een puntje gezogen. Daarbij kwam iedere keer een hele kleine hoeveelheid radiumverf via het speeksel in de maag terecht.
Neem aan dat daardoor in een bepaalde periode gemiddeld $1{,}0\ \mu g$ radium-226 de maag met een massa van $2{,}5\ kg$ bestraalde.
De activiteit van één gram radium is $3{,}7 \cdot 10^{10}\ Bq$.
De toegestane equivalente dosis voor de maag bedraagt $0{,}2\ mSv$ per jaar.

Voor de equivalente dosis (dosisequivalent) H geldt:

$$H = Q\frac{E}{m}$$

Hierin is:
- Q de (stralings)weegfactor (kwaliteitsfactor) die voor α-straling gelijk is aan 20;
- E de geabsorbeerde stralingsenergie in J;
- m de bestraalde massa in kg.

4p **22** Doe een beredeneerde uitspraak over het gevaar van de α-straling van radium-226 in deze verf voor de gezondheid van de jonge meisjes.
Bereken daartoe eerst de equivalente dosis die de maag door de α-straling van $1{,}0\ \mu g$ radium-226 in 1,0 uur ontvangt.

Radium-226 en zijn vervalproducten zenden α-, β,- en γ-straling uit.
De horloges, voorzien van wijzers met lichtgevende radiumverf, werden door hun bezitters soms jarenlang gedragen.

3p **23** Leg voor elke soort straling uit of die van invloed is op de gezondheid van de bezitter van zo'n horloge.