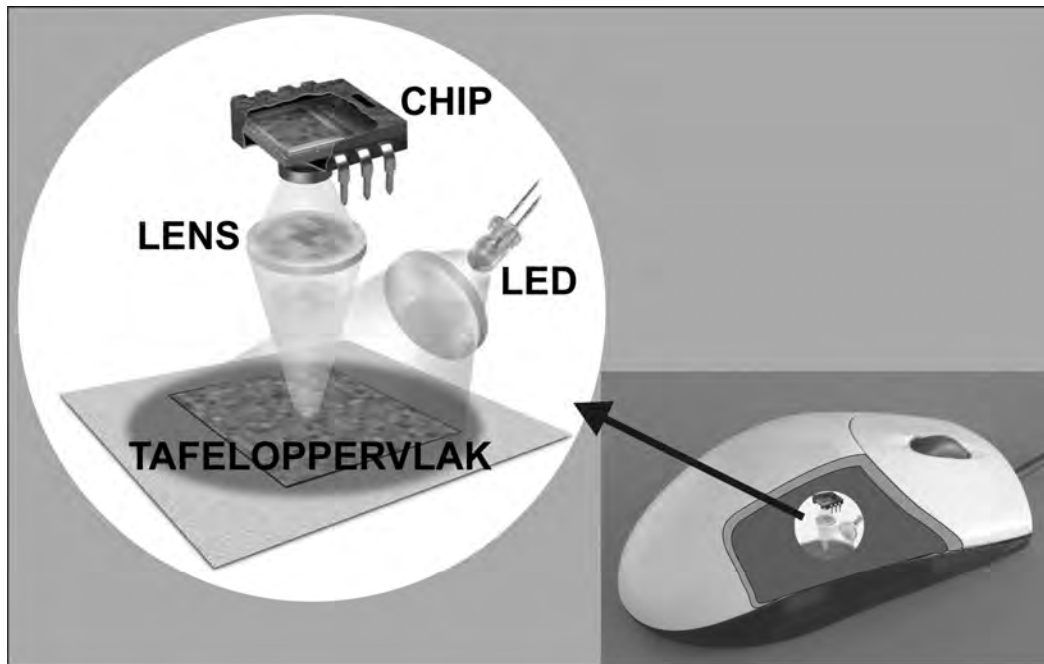


Opgave 1 Optische muis

Lees eerst onderstaande tekst.

Bij veel computers wordt een optische muis gebruikt. Onderin zo'n muis zit een LED die een stukje van het tafelloppervlak belicht. Door een lens wordt dit scherp afgebeeld op een chip met lichtgevoelige sensoren. Zie de figuur hieronder.



Als de muis beweegt, verandert het beeld van het tafelloppervlak op de chip. De signalen van de sensoren worden een paar duizend keer per seconde doorgegeven aan een microprocessor in de muis. Deze berekent vervolgens de grootte en de richting van de snelheid van de muis. Die informatie gebruikt de computer om de cursor over het beeldscherm te laten bewegen.

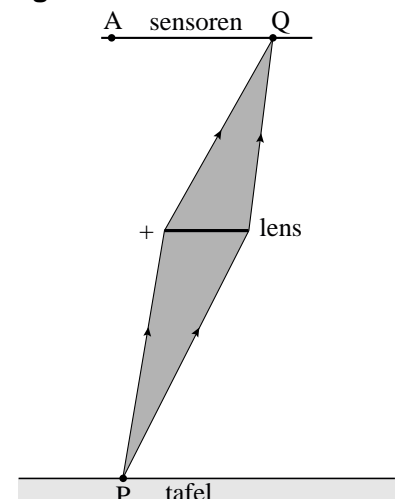
In figuur 1 is de lichtbundel getekend waarmee de lens een punt P van het tafelloppervlak afbeeldt in het punt Q van het sensorvlak van de chip.

In punt A wordt een ander punt van het tafelloppervlak afgebeeld.

Figuur 1 staat vergroot op de uitwerkbijlage.

- 3p 1 Bepaal in de figuur op de uitwerkbijlage welk punt van de tafel in A wordt afgebeeld. Noem dat punt B en teken de lichtbundel waarmee dat punt B in A wordt afgebeeld.

figuur 1



In figuur 1 en in de figuur op de uitwerkbijlage zijn de verticale afstanden op schaal getekend. De verticale afstand tussen de lens en de sensoren in de muis is in werkelijkheid 4,8 mm.

- 5p **2** Bepaal met behulp van de figuur op de uitwerkbijlage de sterkte van de lens.

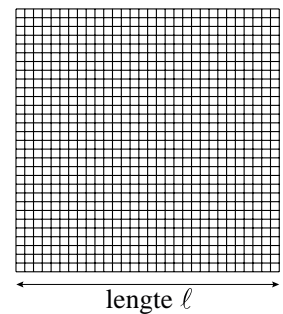
De details van het tafeloppervlak worden 1,3 maal zo **klein** op de chip afgebeeld.

- 2p **3** Toon dat aan.

Het lichtgevoelige deel van de chip bestaat uit 30 bij 30 vierkante lichtsensoren en heeft een lengte ℓ . Zie figuur 2. De resolutie van de muis is 400 cpi, dat wil zeggen dat de minimale verplaatsing die geregistreerd kan worden één vierhonderdste inch is. Als de muis zich over deze afstand verplaatst, verschuift het beeld op de chip over een afstand die gelijk is aan de lengte van één sensor. Eén inch is gelijk aan $2,54 \cdot 10^{-2}$ m.

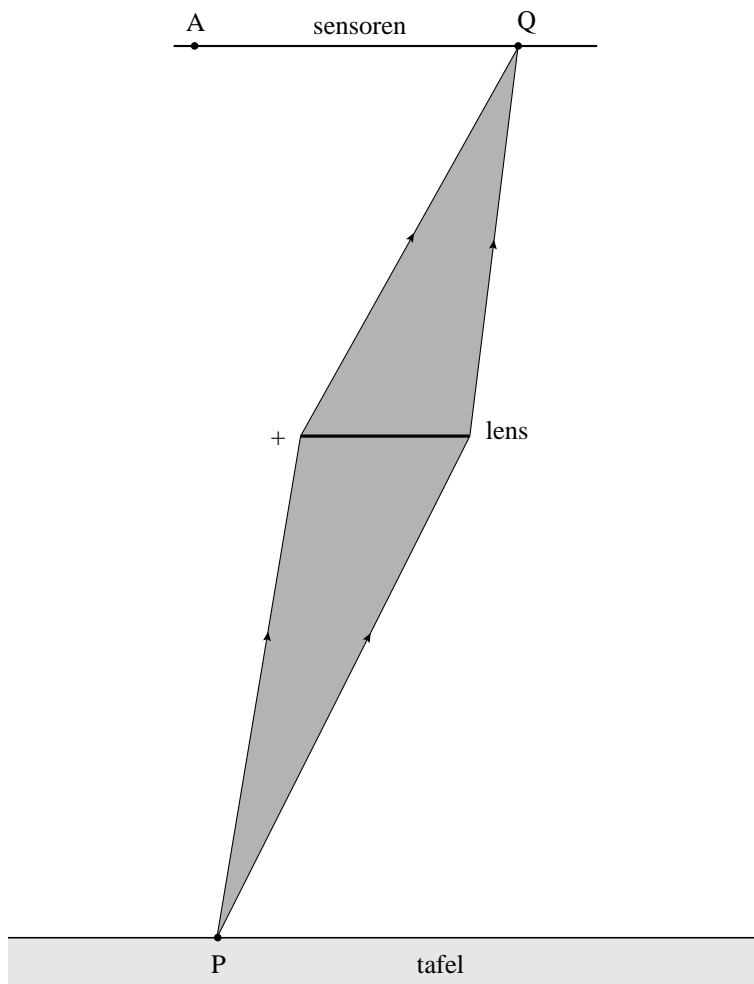
- 3p **4** Bereken de lengte ℓ van het lichtgevoelige deel van de chip.

figuur 2



uitwerkbijlage

1



2 ruimte voor de bepaling van de sterkte van de lens:

.....

.....

.....

.....

.....

Opgave 2 Signaallamp

In een zogeheten signaallamp (zie figuur 1) zitten drie gekleurde LED's, een rode, een groene en een blauwe. De drie LED's kunnen tegelijk ingeschakeld worden; elke LED brandt dan op een spanning van 3,0 V. De spanning wordt geleverd door twee batterijen van elk 1,5 V. In de figuur op de uitwerkbijlage zijn de drie LED's en de twee batterijen schematisch weergegeven.

figuur 1



- 4p 5 Teken in de figuur op de uitwerkbijlage alle noodzakelijke verbindingdraden. Er hoeft geen schakelaar in de schakeling te worden opgenomen.

De elektrische energie van een batterij wordt vaak met de eenheid Wh (wattuur) aangegeven. In één volle batterij van de signaallamp is 4,8 Wh elektrische energie opgeslagen.

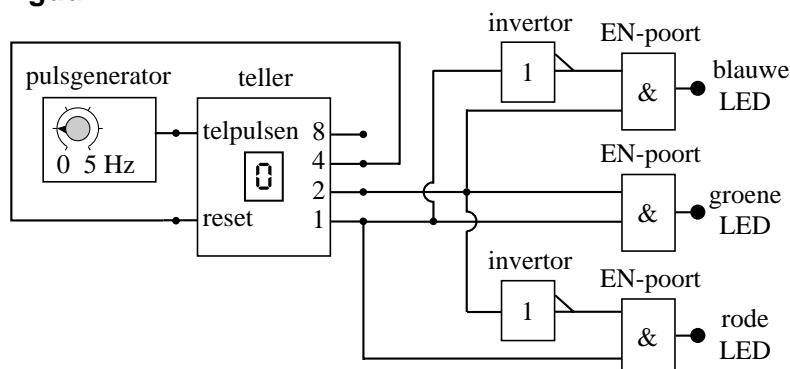
- 2p 6 Toon aan dat 1,0 Wh gelijk is aan 3,6 kJ.

Het elektrisch vermogen van één LED in de signaallamp is 60 mW. De twee batterijen zijn vol.

- 4p 7 Bereken hoe lang de drie LED's tegelijkertijd kunnen branden.

De signaallamp bevat ook een schakeling die de LED's om beurten even laat branden. In figuur 2 is deze schakeling getekend.

figuur 2



Bij tellerstand 1 brandt een van de LED's, bij tellerstand 2 brandt een van de andere LED's en bij tellerstand 3 brandt de derde LED.

Op de uitwerkbijlage staat een tabel.

- 3p 8 Kruis in de tabel aan welke LED bij welke tellerstand brandt.

De pulsgenerator staat ingesteld op 1,0 Hz.

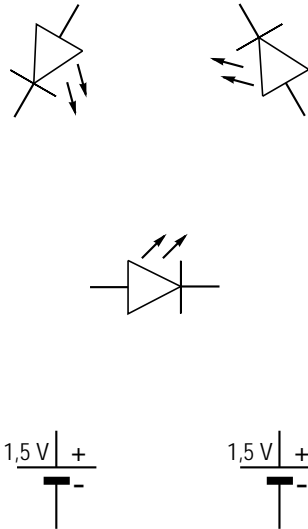
Uitgang 4 van de teller is verbonden met de reset. Daardoor herhaalt de cyclus van het om beurten aangaan van de LED's zich steeds.

De lamp staat 60 s te knipperen.

3p **9** Leg uit hoe vaak de rode LED in deze periode aan is geweest.

uitwerkbijlage

5



8

tellerstand	rode LED	groene LED	blauwe LED
1			
2			
3			

Opgave 3 Buis van Rubens

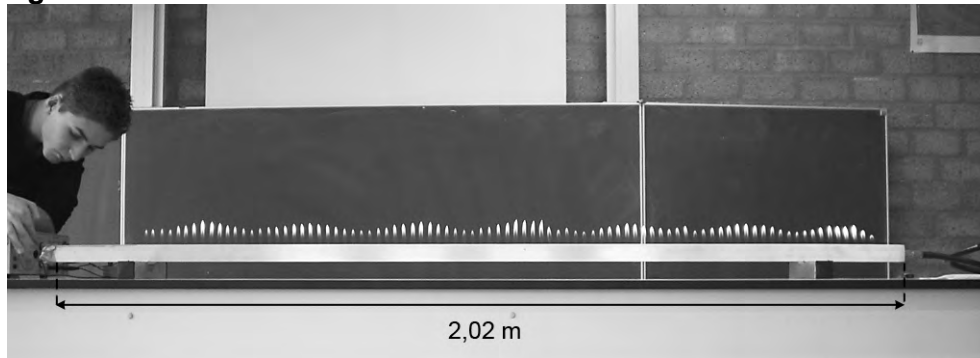
Marc wil staande geluidsgolven zichtbaar maken met behulp van een buis van Rubens. Dit is een metalen buis waarin aan de bovenkant gaatjes zijn geboord. Het ene uiteinde van de buis is afgesloten met een luidspreker en het andere uiteinde van de buis is op de aardgasleiding aangesloten. De luidspreker is verbonden met een toongenerator.

Nadat de buis geheel gevuld is met aardgas steekt hij het gas dat uit de gaatjes stroomt met een aansteker aan¹⁾. Alle vlammetjes zijn dan even hoog.

Marc zet de toongenerator aan en draait aan de frequentieknop.

Bij bepaalde frequenties ontstaat in de buis een staande geluidsgolf waardoor de vlammen niet meer allemaal even hoog staan. Zie de foto van figuur 1.

figuur 1

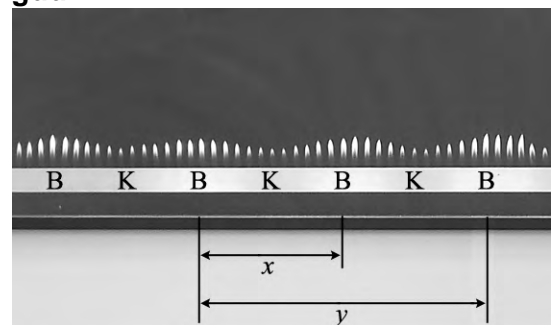


Op de plaatsen waar de vlammen een maximale lengte hebben, bevindt zich in de buis een buik (B). Op de plaatsen waar de vlammen een minimale lengte hebben, bevindt zich in de buis een knoop (K).

Zie figuur 2. Hierin zijn de afstanden x en y aangegeven.

- 1p **10** Welke van de afstanden, x of y , is gelijk aan één hele golflengte?

figuur 2



Op het moment dat de foto genomen is, produceerde de luidspreker een toon van 890 Hz. De hele buis, zoals afgebeeld in figuur 1, is 2,02 m lang.

- 4p **11** Bepaal de voortplantingsnelheid van het geluid in aardgas.

noot 1 Om te voorkomen dat er in de buis een explosief mengsel van aardgas en zuurstof ontstaat, moet het gas pas worden aangestoken wanneer de hele buis gevuld is met aardgas.

Wanneer het gas een tijd gebrand heeft, verdwijnt het golfpatroon van de vlammetjes. Kennelijk treedt er dan geen resonantie meer op.

Door de frequentie van de toongenerator iets te veranderen, kan Marc weer hetzelfde golfpatroon als in figuur 1 terugkrijgen.

De voortplantingssnelheid van geluid neemt toe als de temperatuur stijgt.

4p **12** Beantwoord de volgende vragen:

- Geef een verklaring voor het verdwijnen van de resonantie.
- Moet Marc een grotere of juist een kleinere frequentie instellen om hetzelfde golfpatroon weer terug te krijgen? Licht je antwoord toe.

Opgave 4 Superbus

Op de TU Delft wordt onder leiding van professor Wubbo Ockels de Superbus ontwikkeld. Zie figuur 1.

figuur 1

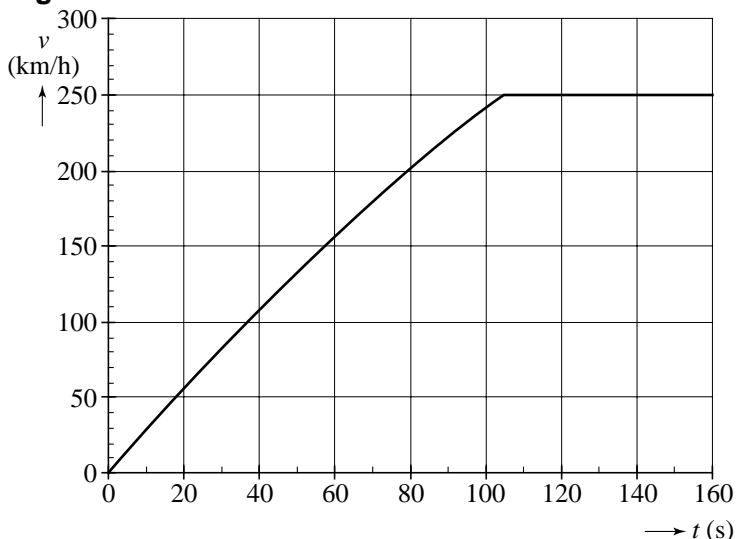


De bus wordt elektrisch aangedreven, biedt plaats aan ongeveer 20 personen en heeft een kruissnelheid van 250 km/h. De massa van de bus inclusief passagiers is $8,1 \cdot 10^3$ kg.

In figuur 2 is het (v,t) -diagram van het optrekken van de Superbus weergegeven. We definiëren de optrekafstand als de afstand die de bus moet afleggen om van 0 tot 250 km/h te versnellen. Figuur 2 staat ook op de uitwerkbijlage.

- 4p **13** Bepaal met behulp van de figuur op de uitwerkbijlage de optrekafstand van de Superbus.

figuur 2

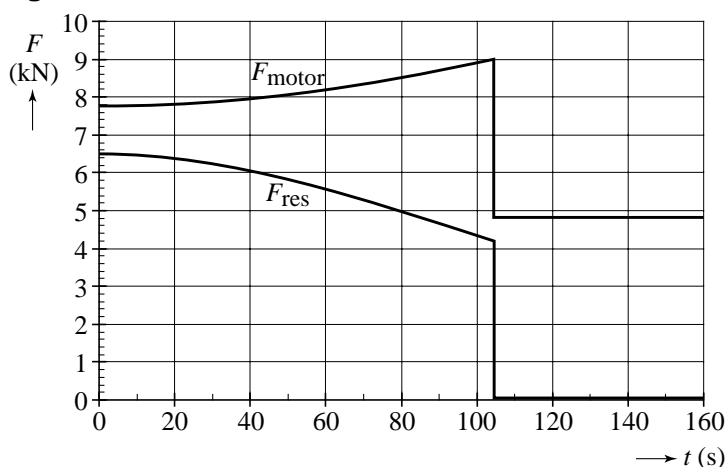


Van het optrekken van de bus is ook een (F,t) -diagram gemaakt. Zie figuur 3. Hierin is F_{motor} de kracht waarmee de motor de bus aandrijft en F_{res} de resulterende kracht op de bus. Tussen $t = 0$ en $t = 10$ s is F_{res} constant. De waarde van F_{res} is af te lezen in het (F,t) -diagram. Die waarde is ook te bepalen met behulp van het (v,t) -diagram.

Figuur 2 is nogmaals op de uitwerkbijlage afgedrukt.

- 4p **14** Laat met behulp van de figuur op de uitwerkbijlage zien dat beide waarden van F_{res} met elkaar overeenstemmen.

figuur 3



De wrijvingskracht op de bus bestaat uit de constante rolwrijvingskracht $F_{w,rol}$ en de luchtwrijvingskracht $F_{w,lucht}$ waarvan de grootte afhangt van de snelheid. Voor de Superbus geldt: $F_{w,rol} = 1,3 \cdot 10^3 \text{ N}$.

3p **15** Leg uit hoe uit figuur 3 blijkt dat $F_{w,rol} = 1,3 \cdot 10^3 \text{ N}$.

Na $t = 105 \text{ s}$ is de motorkracht constant.

3p **16** Bepaal het vermogen dat de motor dan levert.

De Superbus is zo ontworpen dat hij zo weinig mogelijk luchtweerstand ondervindt.

Voor de luchtwrijvingskracht $F_{w,lucht}$ geldt de volgende formule:

$$F_{w,lucht} = \frac{1}{2} c_w \rho A v^2$$

Hierin is:

- c_w de luchtwrijvingscoëfficiënt;
- ρ de dichtheid van de lucht (in kg/m^3);
- A de frontale oppervlakte van de bus (in m^2);
- v de snelheid van de superbus (in m/s).

De Superbus is 2,50 m breed en 1,70 m hoog.

De dichtheid van de lucht is $1,2 \text{ kg/m}^3$.

4p **17** Bepaal de luchtwrijvingscoëfficiënt van de Superbus.

De actieradius van de Superbus is de afstand die hij bij gemiddeld energieverbruik kan afleggen als zijn accu's helemaal gevuld zijn.

De Superbus heeft 324 accu's; in elke accu kan 0,74 kWh energie worden opgeslagen. De bus verbruikt gemiddeld 0,83 kWh per kilometer.

3p **18** Bereken de actieradius van de Superbus. Neem daarbij aan dat alle opgeslagen energie wordt verbruikt.

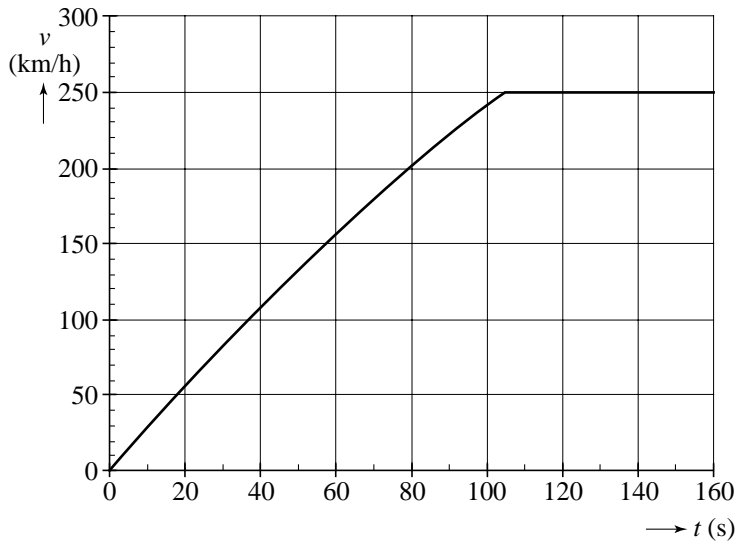
Als de accu's leeg zijn, worden ze tegelijk opgeladen.

De spanning over elke accu is 4,2 V. De laadstroom door één accu is 200 A.

3p **19** Bereken de tijd die nodig is om een accu helemaal op te laden. Neem daarbij aan dat er geen energieverliezen optreden tijdens het opladen.

uitwerkbijlage

13



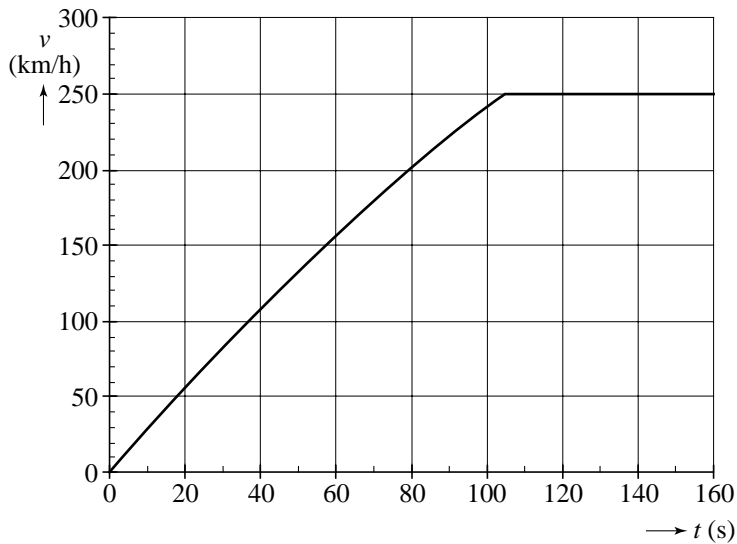
ruimte voor een berekening:

.....

.....

.....

14



ruimte voor de beantwoording van vraag 14:

.....

.....

.....

Opgave 5 Hassium-270

Jan Dvorak van de Technische Universiteit München en zijn medewerkers zeggen er in geslaagd te zijn de isotoop hassium-270 te hebben gemaakt. Daarvoor beschoten zij een trefplaatje van curium-248 met magnesium-26-kernen. Bij de kernreactie die daarbij plaatsvond, ontstond hassium-270 en kwamen enkele neutronen vrij.

- 3p **20** Toon met behulp van de reactievergelijking aan dat er bij deze kernreactie vier neutronen vrijkwamen. Gebruik tabel 25 en 40A van Binas.

Om de reactie te laten plaatsvinden, moeten de magnesiumkernen een zeer hoge energie hebben. Dvorak gebruikte magnesiumkernen met een kinetische energie van 136 MeV.

Neem aan dat de massa van een magnesiumkern 26 u is.

- 4p **21** Bereken de snelheid van deze magnesiumkernen.

De totale massa van de hassiumkern en de vier neutronen die gevormd worden, is groter dan de massa van de curiumkern en magnesiumkern samen. Deze extra massa wordt gecreëerd uit de bewegingsenergie van de magnesiumkern. In de tabel hiernaast staan alle relevante massa's.

kernmassa van:	
hassium-270	270,075 u
curium-248	248,020 u
magnesium-26	25,976 u
massa neutron	1,009 u

- 3p **22** Toon aan dat de kinetische energie van de magnesiumkernen voldoende groot was om de kernreactie te laten plaatsvinden.

Dvorak heeft het hassium niet rechtstreeks kunnen waarnemen. Hij kon wel aantonen dat er na de reactie een α -deeltje vrijkwam en dat de isotoop seaborgium-266 gevormd was. Hieruit trok hij de conclusie dat hij hassium-270 had gemaakt.

- 2p **23** Leg uit dat deze conclusie aannemelijk is.

Dvorak bepaalde ook de halveringstijd van hassium-270 en vond hiervoor 22 seconden. Vergeleken met andere isotopen met ongeveer evenveel protonen en neutronen is dat een grote halveringstijd.

Dit gegeven heeft veel belangstelling gewekt. Theoretisch is al dertig jaar geleden het bestaan van een "eiland van stabiliteit" voorspeld. Zie de figuur op de uitwerkbijlage.

- 2p **24** Hebben Dvorak en zijn medewerkers het voorspelde "eiland van stabiliteit" bereikt? Licht je antwoord toe met behulp van de figuur op de uitwerkbijlage.

uitwerkbijlage

24

