CENTRALE COMMISSIE VOORTENTAMEN NATUURKUNDE

TENTAMEN NATUURKUNDE

Voorbeeldtentamen 3

tijd	: 3 uur
aantal opgaven	: 5
aantal antwoordbladen	: 1 (bij opgave 2)

Iedere opgave dient op een afzonderlijk vel te worden gemaakt
(want voor iedere opgave is er een afzonderlijke corrector).

Vermeld op ieder in te leveren vel uw naam.

Niet met potlood schrijven en geen tipp-ex of iets dergelijks gebruiken.

Antwoorden zonder motivering worden niet gehonoreerd.

Aanvullende gegevens zijn te vinden in Binas (6^{e} druk).

De norm bij de beoordeling is:

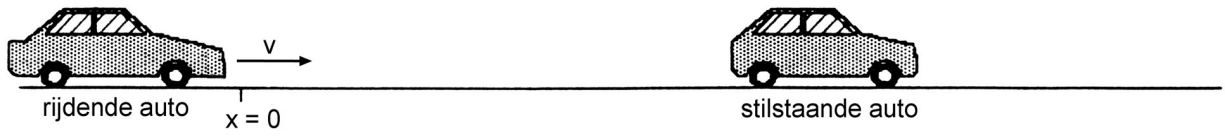
opgave 1	: 14 punten
opgave 2	: 15 punten
opgave 3	: 11 punten
opgave 4	: 15 punten
opgave 5	: 19 punten

Het cijfer = aantal behaalde punten / 74 * 9 + 1

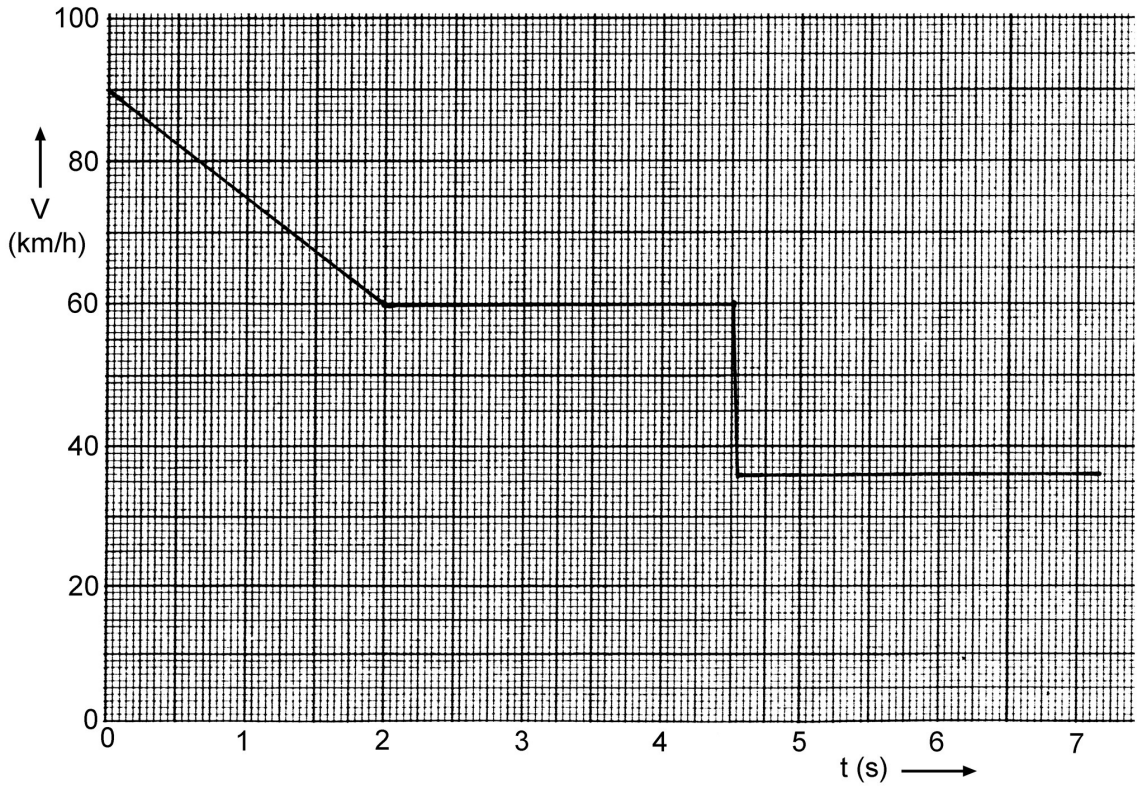
Informatie over de voortgang en het verloop van de correctie op:
www.ccvx.nl > verloop van de correctie

OPGAVE 1 - remmende auto

Op een testbaan rijdt een auto (massa = 1200 kg) met een constante snelheid van 90 km/h. Op t = 0 bevindt de (voorkant van de) auto zich bij x = 0. Op dat moment remt de bestuurder om te stoppen voor de stilstaande auto een eindje verderop.



Onderstaande grafiek geeft de snelheid van de auto.



3p a. Bereken de kracht waarmee de auto remt, voor het tijdsinterval $0 \leq t \leq 2{,}0$ s.

Op het tijdstip t = 2,0 s begeeft de rem van de auto het. Uit de grafiek blijkt dat de auto geen wrijving ondervindt wanneer de rem het heeft begeven.

2p b. Hoe blijkt dit uit de grafiek?

Op t = 4,5 s botst de auto tegen de stilstaande auto (massa = 800 kg).

3p c1. Bereken de afgelegde weg in het tijdsinterval van t = 0 tot t = 4,5 s (het tijdstip van de botsing).

3p c2. Leg uit of de auto op tijd stil gestaan zou hebben gestaan als de rem het niet had begeven.

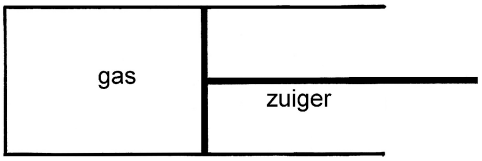
Tijdens de botsing deuken de auto's in en blijven ze aan elkaar vast zitten. Ze gaan daarna (zonder wrijving) verder als één geheel.

3p d. Bepaal hoeveel energie er gebruikt is voor het indeuken van de auto's.

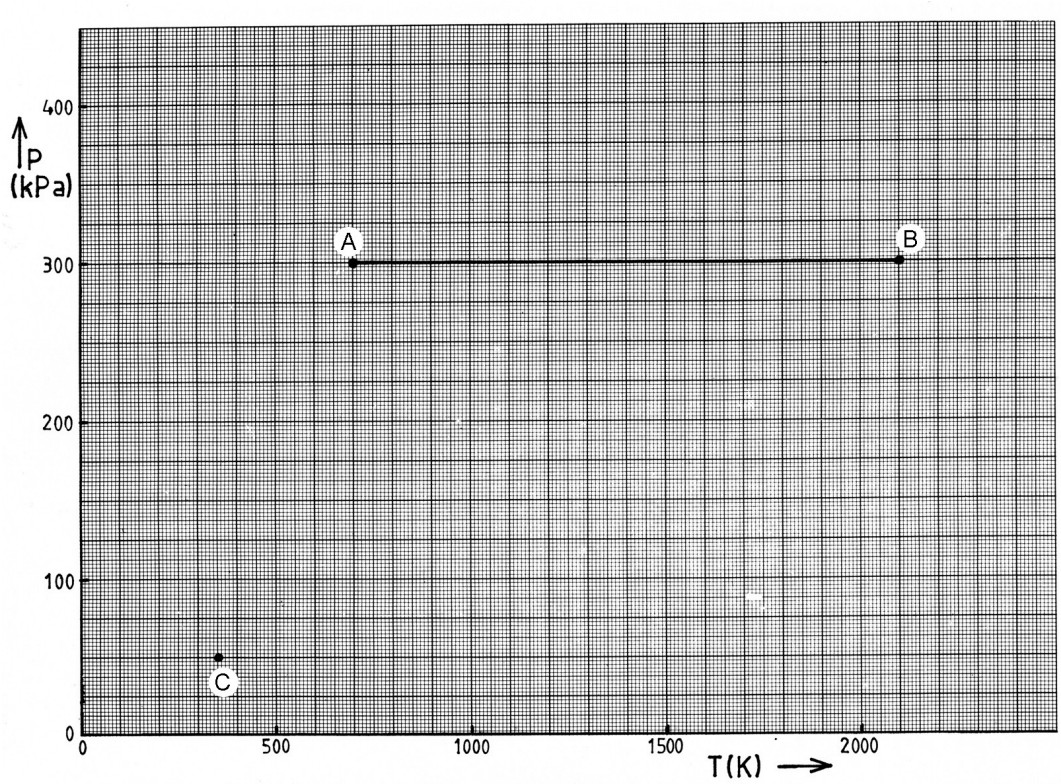
Copyright © 2017 CCVX

OPGAVE 2 - gassen

Een hoeveelheid ideaal gas bevindt zich in een cilinder die is afgesloten met een beweegbare zuiger. De zuiger heeft een oppervlakte van 3,50 dm^2. Het geheel is schematisch weegegeven in de figuur.



Het gas doorloopt een kringproces ABCDA waarvan de toestanden A, B en C zijn weergegeven in het onderstaande (p,T)-diagram. Dit diagram staat ook op het antwoordblad.
In toestand A heeft het gas een volume van $2{,}33 \cdot 10^{-3}$ m^3.
In toestand C heeft het gas een volume van $7{,}00 \cdot 10^{-3}$ m^3.
De overgang CD vindt plaats bij een constante temperatuur van 350 K.
De overgangen DA en BC vinden plaats bij een constant volume.



3p a. Bereken de hoeveelheid gas (in mol) die dit kringproces doorloopt.

2p b1. Bereken de kracht op de zuiger in toestand A.
4p b2. Bereken de arbeid die door deze kracht wordt verricht bij de overgang AB.

2p c1. Bereken de druk in toestand D.
2p c4. Teken het complete kringproces ABCDA in het (p,T)-diagram op het antwoordblad. Geef de lijnen daarbij de juiste vorm (recht of krom).
2p c3. Beschrijf de vorm van iedere getekende lijn (geef aan 'recht' of 'krom'), en leg uit waarom de lijn die vorm heeft.

Copyright © 2017 CCVX

OPGAVE 3 - spanning in een spaak

In de wielen van een fiets bevinden zich spaken van staal. Wanneer de spaken in het wiel worden gemonteerd worden ze net als snaren in muziekinstumenten aangespannen.
Ze krijgen daarmee een zogenaamde voorspanning.

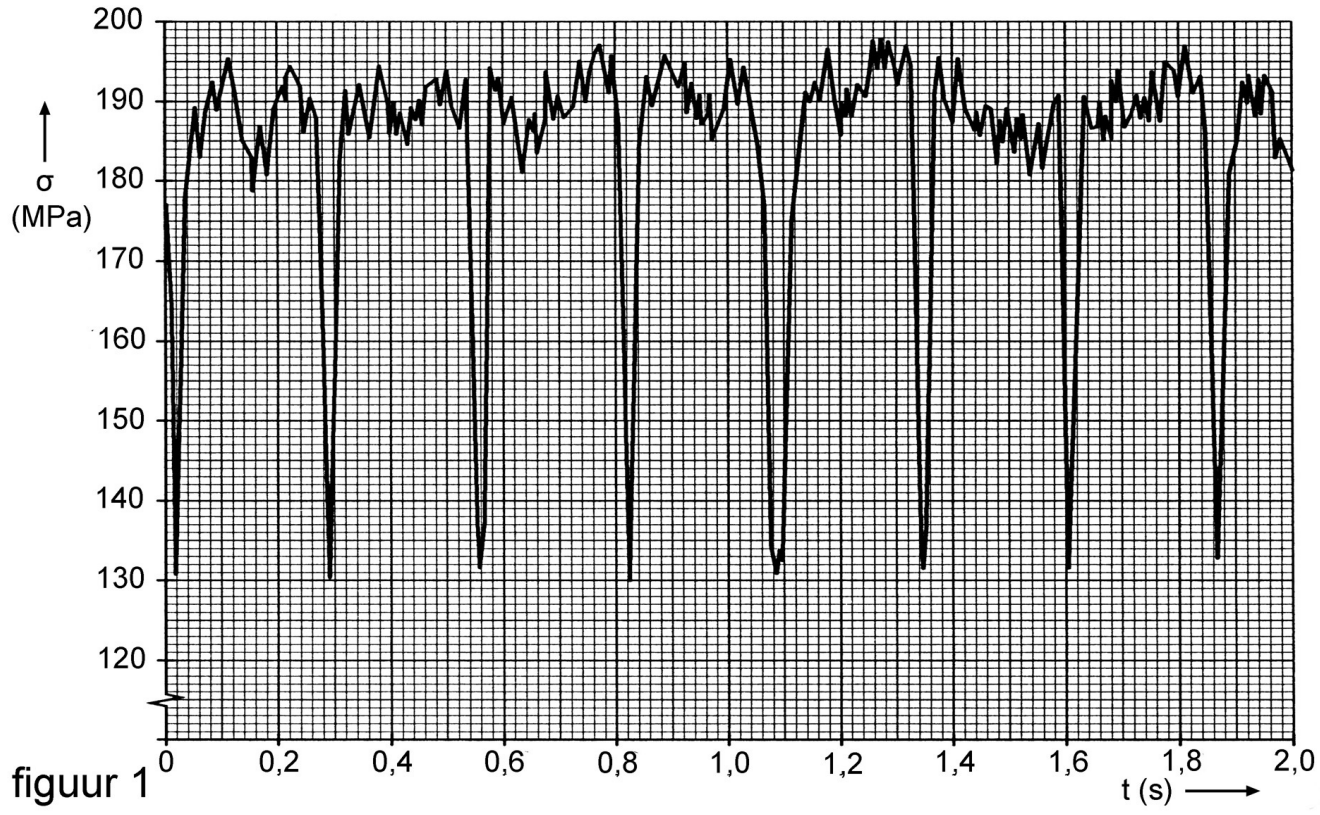
Een stalen spaak krijgt een voorspanning van 180 MPa.
De waarde van de elasticiteitsmodulus van het gebruikte staal bedraagt $200 \cdot 10^9$ Pa.
De doorsnede van de spaak is 2,50 mm^2.

2p a. Bereken de spankracht in de voorgespannen spaak.

2p b. Bereken de (relatieve) rek van de voorgespannen spaak.

Tijdens het fietsen wordt de spaak bij elke omwenteling van het wiel afwisselend uitgerekt en ingeduwd door de zwaartekracht F_Z op de fiets en de fietser. Doordat de spanning daardoor afwiselend toeneemt en afneemt wordt het staal verzwakt. Hierdoor kan de spaak breken terwijl de treksterkte van het staal toch groter is dan de spanning in de spaak tijdens het fietsen.

In figuur 1 is de spanning in de spaak tijdens het fietsen weergegeven.



figuur 1

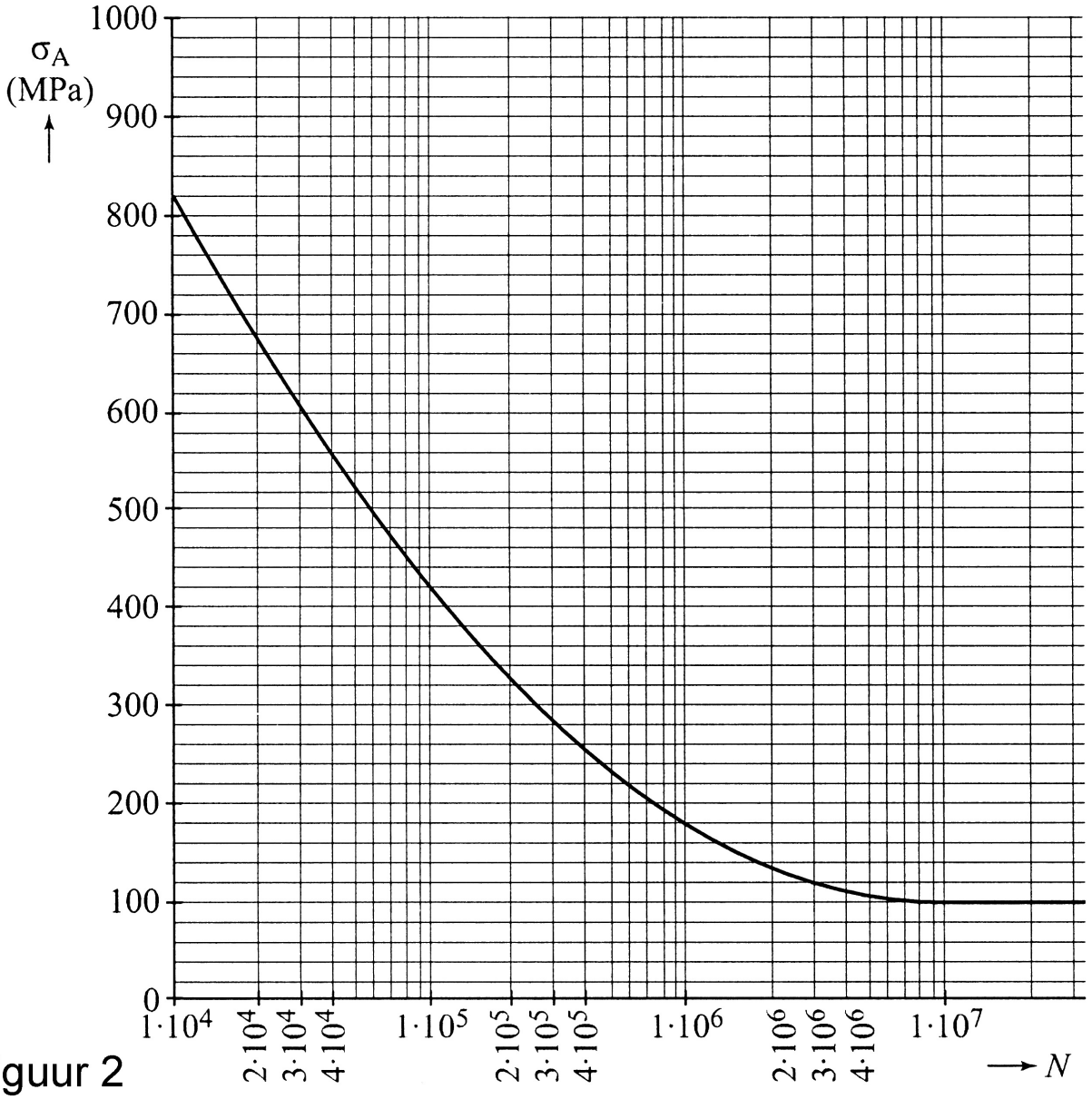
2p c. Bepaal met behulp van figuur 1 de frequentie in 3 significante cijfers waarmee de spanning tijdens het fietsen wisselt.

Copyright © 2017 CCVX

De levensduur N is het aantal omwentelingen van het wiel dat de spaak kan ondergaan tot hij breekt. De levensduur hang af van de spanningsamplitude σ_A.

Voor de spanningsamplitude geldt: $\sigma_A = ½ (\sigma_{max} - \sigma_{min})$
Hierin zijn σ_{max} en σ_{min} respektievelijk de maximale en de minimale spanning die tijdens één omwenteling van het wiel in de spaak optreden.

In figuur 2 is het (σ_A,N)-diagram van de spaak weergegeven. De horizontale as heeft een niet-lineaire schaalverdeling.



figuur 2

1p d1. Bepaal de spanningsamplitude van de spaak.
1p d2. Leg hiermee uit of deze spaak $1 \cdot 10^7$ wielomwentelingen kan halen.

De fabrikant van het wiel zegt dat je met dit wiel minstens 8300 km kan fietsen zonder een spaak te breken. De diameter van het wiel is 66 cm.

3p e. Bepaal hoe groot de spanningsamplitude dan maximaal is.

Copyright © 2017 CCVX

OPGAVE 4 - slijtage in een stalen lager

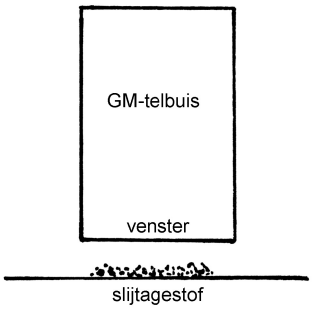
Om de slijtage in een stalen lager (massa m = 150,0 g) te kunnen bepalen wordt het gedurende een zekere tijd in een kernreaktor aan neutronen-bestraling blootgesteld.
Hierdoor worden in het lagermateriaal de isotopen ^{56}Mn en ^{59}Fe gevormd.
Beide isotopen zijn homogeen verdeeld over het lager.
Beide isotopen vervallen onder uitzending van betastraling.

2p a. Geef de vervalvergelijking van ^{59}Fe.

De activiteit direct na de neutronenbestraling van het gevormde ^{59}Fe bedraagt $5{,}66\cdot10^{8}$ Bq, de activiteit van het ^{56}Mn bedraagt $4{,}18\cdot10^{10}$ Bq.

Voor de activiteit van een hoeveelheid radioactieve stof geldt: $A(t) = A(0)\cdot e^{-\lambda t}$
Hierin is: A(t) de aktiviteit op het tijdstip t, A(0) de aktiviteit op het tijdstip 0, λ de vervalconstante.
De vervalconstante van ^{59}Fe is $1{,}54\cdot10^{-2}$ dag^{-1} ; de vervalconstante van ^{56}Mn is 6,48 dag^{-1} .
(N.B. e ≈ 2,7183, voor de e-macht en ln(x) heeft de rekenmachine speciale toetsen.)

2p b1. Bereken de activiteit van het ^{59}Fe 2,0 dag na beëindiging van de bestraling van het lager.
2p b2. Toon aan dat de activiteit van het ^{56}Mn op dat moment minder dan 1,0% bedraagt van de activiteit van het ^{59}Fe.



Het lager wordt na afloop van de bestraling in een machine gemonteerd. Men laat de machine 2,0 dag na het beëindigen van de bestraling zes uur draaien. Tijdens dit draaien is het lager aan slijtage onderhevig; kleine metaaldeeltjes komen van het lager los, en verzamelen zich in het lagervet.
Na het draaien wordt het lager gedemonteerd. Het lagervet wordt opgelost en na filtreren worden de metaaldeeltjes verzameld. Dit slijtagestof wordt voor het venster van een GM-telbuis geplaatst.
Van alle tijdens het radioactieve vervalproces uitgezonden deeltjes wordt met de GM-telbuis 25% geteld. Het geheel is schematisch weergegeven in de figuur.
Zonder slijtagestof wijst de teller 135 pulsen aan in een meetperiode van 10 minuten.
Na het aanbrengen van het slijtagestof telt de teller 1820 pulsen in een periode van 10 minuten.

1p c. Verklaar waardoor met de GM-telbuis ook zonder de aanwezigheid van het radioactief slijtagestof straling wordt gemeten.

3p d. Bereken de activiteit van het slijtagestof.
(Als u dit onderdeel niet heeft kunnen beantwoorden reken dan in het vervolg van deze opgave verder met de - overigens onjuiste - waarde van 108 Bq.)

4p e. Bereken hoeveel gram slijtagestof per uur bedrijfstijd door slijtage van het lager loskomt.

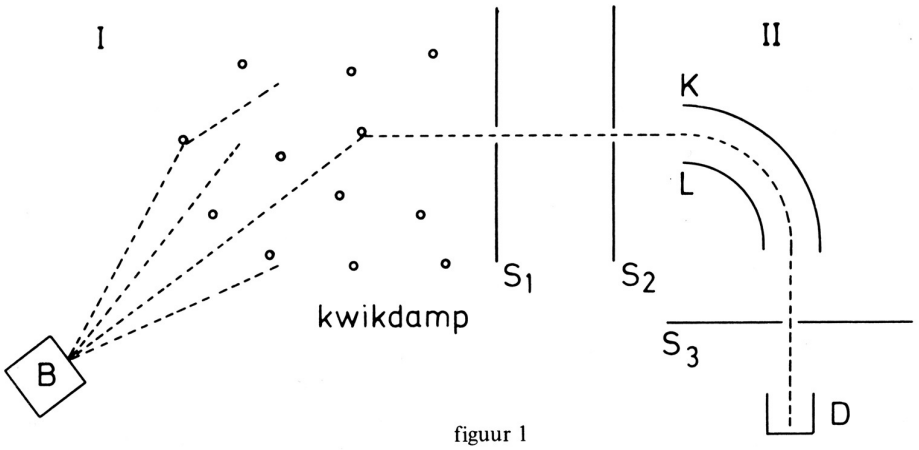
De activiteit van het ^{56}Mn en ^{59}Fe begint direct na de bestraling direct al snel af te nemen en wordt dus steeds minder nauwkeurig meetbaar. Toch is er een goede reden om twee dagen te wachten met het produceren en meten van het slijtagestof.

1p f. Leg uit welke reden dat is.

Copyright © 2017 CCVX

OPGAVE 5 - kwikdamp

Uit een bron B komen elektronen die alle evenveel energie hebben. Ze komen in ruimte I, waarin zich uitsluitend kwikdamp onder lage druk bevindt. Zie figuur 1

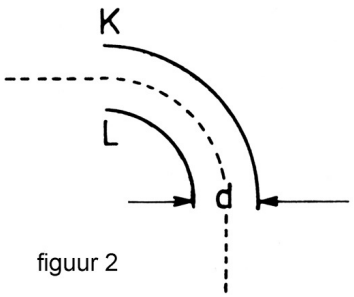


figuur 1

Sommige elektronen botsen tegen kwikatomen. Wanneer ze hierbij een geschikte richtingsverandering krijgen, komen ze via twee nauwe spleten S_1 en S_2 in ruimte II. Deze ruimte wordt zo goed mogelijk vacuum gehouden.

2p a. Leg met behulp van een schetsje uit dat de bundel in ruimte II smaller wordt naarmate de afstand tussen de spleten S_1 en S_2 groter wordt.

In figuur 2 is een deel van ruimte II apart getekend. K en L zijn twee cilindervormig gebogen geleidende platen. Hiertussen wil men de elektronen laten bewegen langs de in figuur 2 getekende stippellijn. De platen zijn daarom aangesloten op een (regelbare) spanningsbron.



figuur 2

2p b. Welke plaat moet de hoogste potentiaal hebben? Licht het antwoord toe.

De elektrische veldsterkte E tussen de platen K en L op de plaats van de stippellijn is te berekenen met de formule: $E = \Delta U/d$. Hierin is ΔU het potentiaalverschil tussen de platen en d de afstand tussen de platen.
Elektronen met een bepaalde kinetische energie E_k voeren langs de stippellijn tussen K en L een eenparige cirkelbeweging uit.
Voor de kinetische energie E_k van de elektronen geldt: $E_k = ½ (\Delta U \cdot e \cdot R) / d$
Hierin is: R de straal van de (kwart-)cirkel, die de elektronen beschrijven, e het elementaire ladingsquantum.

1p c1. Geef de naam van de kracht die hier optreedt als middelpuntzoekende kracht.
3p c2. Leid de bovenstaande formule voor de kinetische energie E_k van de elektronen af.

In de opstelling is: d = 2,00 cm en R = 10,0 cm. Men stelt de spanning ΔU in op 20,00 V.

1p d. Toon aan dat de kinetische energie E_k van de elektronen die nu langs de stippellijn bewegen 50 eV bedraagt.

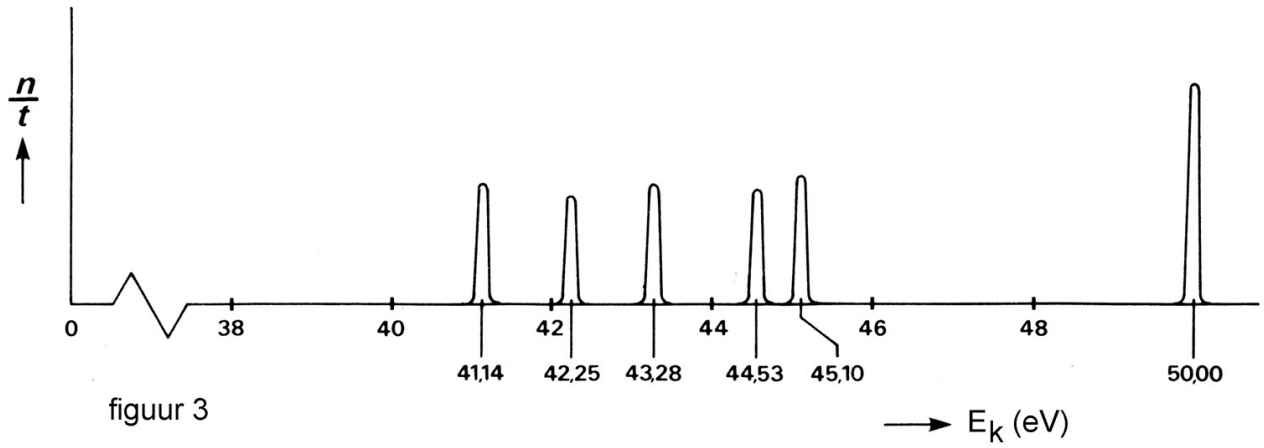
lees verder op de volgende bladzijde ☞

 Copyright © 2017 CCVX

De elektronen die uit bron B (zie figuur 1) komen, hebben allemaal een energie van 50,00 eV. De botsingen van deze elektronen tegen de kwikatomen in ruimte I kan men onderscheiden in:

1. Elastische botsingen. Hierbij veranderen de elektronen wel van richting, maar ze behouden vrijwel hun gehele kinetische energie.
2. Niet-elastische botsingen. Hierbij veranderen de elektronen niet alleen van richting, maar ze dragen ook energie over aan de kwikatomen.

Om te zien hoeveel energie de elektronen bij een niet-elastische botsing aan de kwikatomen overdragen, verandert men geleidelijk de spanning tussen K en L. De elektronen die bij de ingestelde spanning langs de stippellijn bewegen worden opgevangen via een derde spleet S_3 in een detector D. Zie figuur 1.
Het aantal elektronen dat, bij verschillende spanningen, per seconde D bereikt is weergegeven in figuur 3.



figuur 3

Het aantal door D per seconde getelde elektronen n/t is langs de verticale as uitgezet; de (met behulp van de formule van vraag c berekende) kinetische energie E van de opgevangen elektronen is langs de horizontale as uitgezet.

Volgens de atoomtheorie van Bohr kunnen kwikatomen slechts bestaan in zeer bepaalde energietoestanden.

3p e. Leg uit dat het resultaat van het boven beschreven experiment (zie figuur 3) een ondersteuning is van deze theorie.

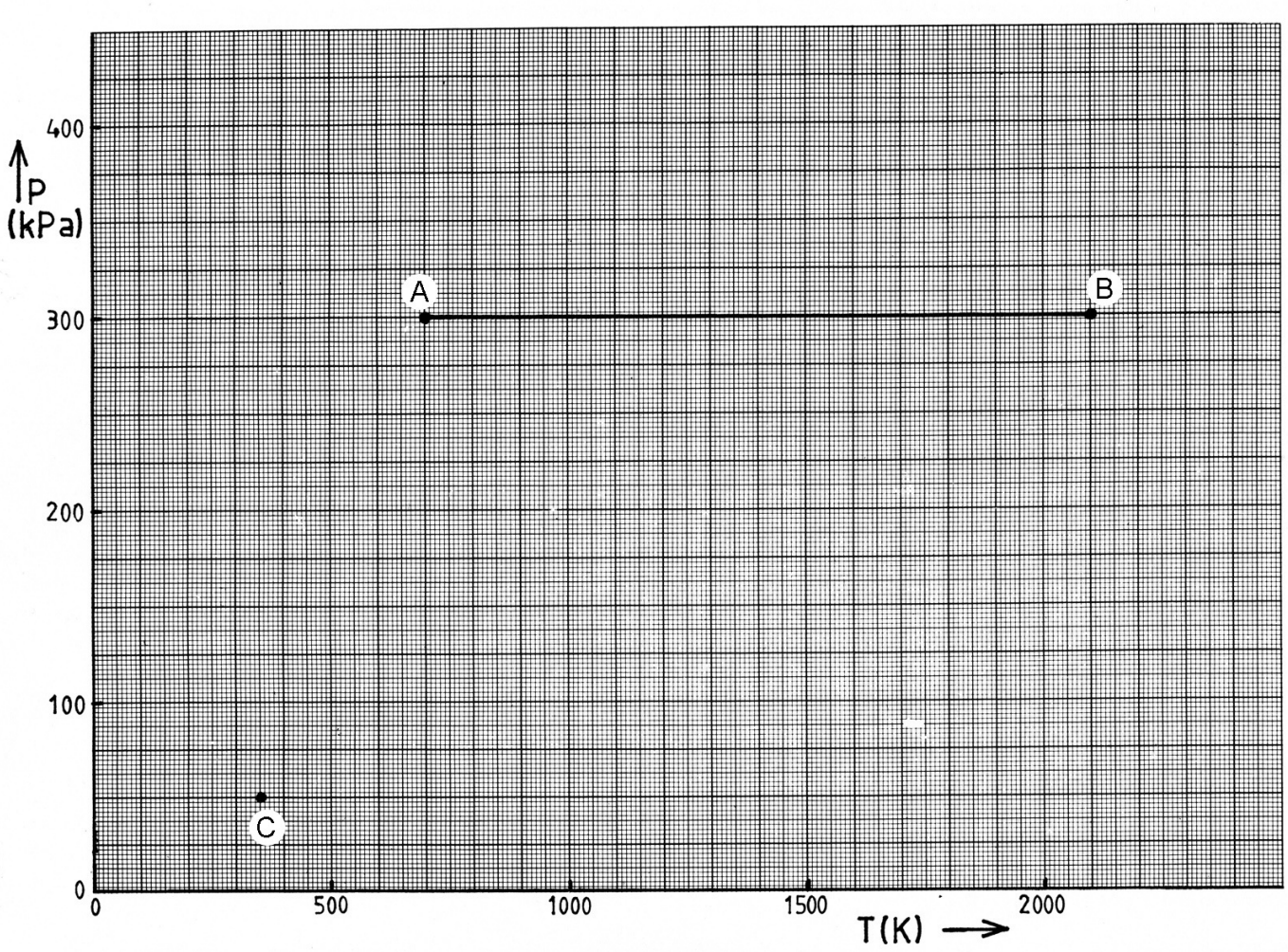
3p f. Teken het energieniveauschema van kwik, zoals het uit dit experiment kan worden afgeleid.

De kwikdamp geeft licht. Eén van de lijnen in het lijnenspectrum is geel en heeft een golflengte van 579 nm.

2p g1. Bereken de energie van een foton van dit gele licht.
2p g2. Geef in het schema van vraag f met een pijl aan, hoe het uitzenden van dit gele licht tot stand komt en licht het antwoord toe. Of leg dit uit met behulp van figuur 3.

EINDE

Copyright © 2017 CCVX

ANTWOORDBLAD BIJ OPGAVE 2

Naam : .....