OPGAVE 1 EEN SNELKOOKPAN

a. Van de toegevoerde elektrische energie E is $\frac{Q_1 + Q_2}{E} \cdot 100\%$ gebruikt om de pan met inhoud op te warmen.
Hierin is:
Q_1 = de warmte die door het roestvrij staal (rvs) is opgenomen =
$= c_{rvs} \cdot m \cdot \Delta T = 4{,}6 \cdot 10^2 \cdot 1{,}95 \cdot 71 = 6{,}37 \cdot 10^4$ J (voor c_{rvs}: BINAS, tabel 9),
Q_2 = de warmte die door het water (w) is opgenomen =
$= c_w \cdot m \cdot \Delta T = 4{,}18 \cdot 10^3 \cdot 1{,}75 \cdot 71 = 51{,}9 \cdot 10^4$ J (voor c_w: BINAS, tabel 11) en
$E = P \cdot t = 1{,}2 \cdot 10^3 \cdot 12 \cdot 60 = 8{,}64 \cdot 10^5$ J.
Het percentage bedraagt dus: $\frac{6{,}37 \cdot 10^4 + 51{,}9 \cdot 10^4}{8{,}64 \cdot 10^5} \cdot 100\% = 67\%$

b. De klep in het ventiel staat op het punt open te gaan bij een druk
$p = b + p_{veer}$, waarin:
b = de buitenluchtdruk = $101 \cdot 10^3$ Pa en
p_{veer} = de druk die de veer op de klep uitoefent

Er geldt: $p_{veer} = \frac{F}{A}$, waarin F = de kracht die de veer uitoefent en
A = de doorsnede van de kleine opening
en $C_{veer} = \frac{F}{u} \rightarrow F = C_{veer} \cdot u$, waarin
C_{veer} = de veerconstante en
u = de indrukking van de veer

$$p_{veer} = \frac{C_{veer} \cdot u}{A} = \frac{2{,}3 \cdot 1{,}2}{2{,}8 \cdot 10^{-5}} \frac{N}{m^2} = 98{,}6 \cdot 10^3 \text{ Pa}$$

Invullen: $p = 101 \cdot 10^3 + 98{,}6 \cdot 10^3 = 199{,}6 \cdot 10^3 = 2{,}0 \cdot 10^5$ Pa

c. Als er alleen waterdamp ontsnapt is er kennelijk geen lucht meer in de snelkookpan. De heersende druk is dus de druk van de (verzadigde) waterdamp. De verzadigingsdruk is dus $2{,}0 \cdot 10^5$ Pa (zie antwoord b). Volgens BINAS, tabel 13 is de temperatuur van het water in de pan dan 393 K (= 120 ^{0}C).

d. De eerste hoofdwet van de warmteleer luidt: $Q = \Delta E_{kin} + \Delta E_{pot} + Wu$
Hierin is:
Q = de toegevoerde warmte = 0 (adiabatisch proces),
ΔE_{pot} = de verandering van de potentiële energie van de moleculen. $\Delta E_{pot} > 0$ (hoewel klein), doordat de afstand tussen de molekulen toeneemt en
Wu = de uitwendige arbeid die door het gas wordt verricht. $Wu > 0$, want de klep wordt verplaatst en de waterdamp expandeert tegen de druk van de buitenlucht in.

Hieruit volgt dat $\Delta E_{kin} < 0$, dus de temperatuur van de uitstromende waterdamp is lager dan de temperatuur in de pan.

e. Voor de massa m van de waterdamp die per seconde uit de pan ontsnapt geldt:
$m = \frac{Q}{r_v}$, waarin

Q = de warmte die per seconde aan het water wordt afgegeven =
$= 0{,}62 \cdot 1{,}1 \cdot 10^3$ J = 682 J en
r_v = de verdampingswarmte van water bij de kooktemperatuur = $2{,}2 \cdot 10^6$ J.kg^{-1}
Invullen: $m = \frac{682}{2{,}2 \cdot 10^6} = 3{,}1 \cdot 10^{-4}$ kg.

OPGAVE 2 DE CAPACITEIT VAN EEN CONDENSATOR

a1. Wet van Ohm: $V_{PQ} = I \cdot R$, waarin I = constant.
We meten dus de grootste waarde van V_{PQ} (= 4,5 V) als tussen P en Q de grootste weerstand is geschakeld ($R_1 + R_2$). De schakelaar S is dus open.

a2. Als S open is geldt: $I_1 = \dfrac{V_{PQ}}{R_1 + R_2} = \dfrac{4,5}{3,0 \cdot 10^3} = 1,5 \cdot 10^{-3}$ A
Als S gesloten is geldt: $I_2 = \dfrac{V_{PQ}'}{R_1} = \dfrac{1,5}{1,0 \cdot 10^3} = 1,5 \cdot 10^{-3}$ A
zie fig. 2 en 3

Dus: $I_1 = I_2$

b. Voor de gemiddelde energie die de stroombron per seconde afgeeft (P_{gem}) geldt:
$P_{gem} = V_{gem} \cdot I$, waarin
V_{gem} = de gemiddelde spanning (= $\dfrac{4 \cdot 4,5 + 1 \cdot 1,5}{5}$ = 3,9 V; bepaald uit het oscilloscoop beeld van figuur 3)
en $I = \dfrac{V_{PQ}}{R_1} = \dfrac{1,5}{1,0 \cdot 10^3} = 1,5 \cdot 10^{-3}$ A

Invullen: $P_{gem} = 3,9 \cdot 1,5 \cdot 10^{-3} = 5,9$ mW.

c1. Als de schakelaar open gaat, begint het laden van de condensator (de schuine lijnstukken in figuur 5). Het laden van de condensator duurt dus 2 . 2,0 ms = 4,0 ms.

Opmerking: Als de schakelaar dicht gaat, ontlaadt de condensator zich (de vertikale lijnstukken in figuur 5). Zolang de schakelaar dicht blijft, is de spanning tussen de platen van de condensator 0 V (de horizontale lijnstukken in figuur 5).

c2. Voor de capaciteit C van de condensator geldt: $C = \dfrac{Q}{V}$, waarin
Q = de lading op één plaat van de condensator = I . t en
V = de spanning tussen de platen van de condensator.

Als de condensator maximaal geladen is (t = 4,0 ms; zie antwoord c1),
geldt dus: $C = \dfrac{Q}{V} = \dfrac{I \cdot t}{V} = \dfrac{9,0 \cdot 10^{-6} \cdot 4,0 \cdot 10^{-3}}{4,3} = 8,4 \cdot 10^{-9}$ F (= 8,4 nF)
(V = 4,3 V afgelezen in figuur 5).

d. Voor de capaciteit C van een vlakke condensator in vacuüm geldt:
$C = \dfrac{\varepsilon_0 \cdot A}{d} \rightarrow \varepsilon_0 = \dfrac{C \cdot d}{A}$
Bij C = 1100 pF = $1100 \cdot 10^{-12}$ F lezen we af in figuur 6: $\dfrac{1}{d} = 650\ m^{-1} \rightarrow$
$\rightarrow d = \dfrac{1}{650}$ m
Verder is: $A = 0,50 \cdot 0,40\ m^2$

Invullen: $\varepsilon_0 = \dfrac{1100 \cdot 10^{-12} \cdot (1/650)}{0,50 \cdot 0,40} = 8,5 \cdot 10^{-12}\ F.m^{-1}$

Opmerking: Volgens BINAS, tabel 7: $\varepsilon_0 = 8,9 \cdot 10^{-12}\ F.m^{-1}$.

OPGAVE 3 EEN BUITELEND KARRETJE

a1. Voor de grootte van het krachtmoment M geldt: $M = |F \cdot r|$, waarin
$F = F_z = m \cdot g = 300 \cdot 10^{-3} \cdot 9,8$ N (voor g: zie BINAS, tabel 7) en
$r = AZ = 7,0 \cdot 10^{-2}$ m

Invullen: $M = 300 \cdot 10^{-3} \cdot 9,8 \cdot 7,0 \cdot 10^{-2}$ (= 0,206) = 0,21 N.m a2. Zie figuur 7.

Voor de draaistoot L geldt: $L = M \cdot \Delta t$, waarin

M = de grootte van het krachtmoment = 0,206 N.m (zie antwoord a1) en

Δt = de tijdsduur dat het krachtmoment werkt =

$$= \frac{\Delta s}{v} = \frac{AB}{v} = \frac{14{,}0 \cdot 10^{-2}}{2{,}6} = 5{,}38 \cdot 10^{-2}\ \text{s.}$$

Invullen: $L = 0{,}206 \cdot 5{,}38 \cdot 10^{-2}\ (= 1{,}11 \cdot 10^{-2}) = 1{,}1 \cdot 10^{-2}$ N.m.s

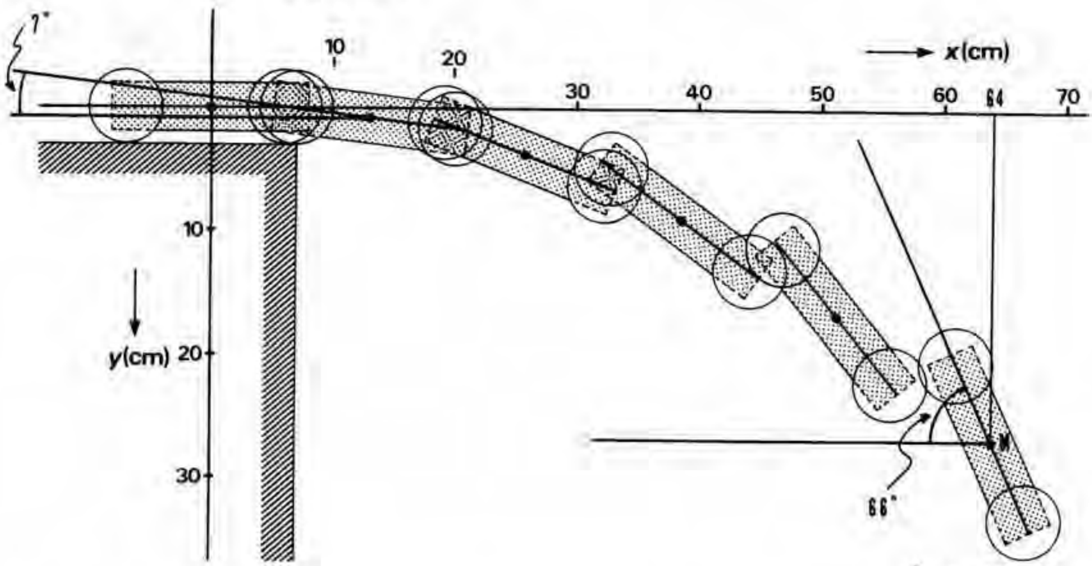
b. Voor de flitsfrequentie f van de stroboscoop geldt: $f = \frac{1}{\Delta t}$, waarin

Δt = de tijdsduur tussen twee flitsen.

In een tijdsduur $t = 5 \cdot \Delta t$ heeft het zwaartepunt M van het karretje zich met een constante snelheid $v = 2{,}6\ \text{m.s}^{-1}$ horizontaal verplaatst over een afstand $\Delta s = 64\ \text{cm} = 64 \cdot 10^{-2}$ m. (Trek voor de bepaling van Δs door M in de laatste opname een vertikale lijn, zie tekening 1).

$$t = \frac{\Delta s}{v}\text{, dus } \Delta t = \frac{t}{5} = \frac{1}{5} \cdot \frac{\Delta s}{v} = \frac{1}{5} \cdot \frac{64 \cdot 10^{-2}}{2{,}6} = 4{,}92 \cdot 10^{-2}\ \text{s}$$

Invullen: $f = \frac{1}{4{,}92 \cdot 10^{-2}} = 20\ \text{s}^{-1}$.



TEKENING 1

c. Zie tekening 1

Vanaf het moment dat het karretje loskomt van de tafel (tweede opname), werkt er geen krachtmoment meer op het karretje, dus vanaf dat moment is de rotatie eenparig.

Voor de hoeksnelheid ω tijdens de vrije val geldt dan: $\omega = \frac{\Delta\phi}{t} = \frac{\phi_2 - \phi_1}{t}$, waarin:

ϕ_2 = de hoek die AB maakt met het horizontale vlak in de laatste opname ($= 66^0 = 66/180 \cdot \pi$ rad $= 1{,}15$ rad),

ϕ_1 = de hoek die AB maakt met het horizontale vlak in de <u>tweede</u> opname ($= 7^0 = 7/180 \cdot \pi$ rad $= 0{,}12$ rad) en

$t = 4 \cdot 0{,}0492 = 0{,}197$ s (zie antwoord b).

Invullen: $\omega = \frac{1{,}15 - 0{,}12}{0{,}197}\ (= 5{,}23) = 5{,}2\ \text{rad.s}^{-1}$

d. Voor het traagheidsmoment J van het karretje geldt: $L = \Delta(J \cdot \omega) = J \cdot \omega \rightarrow J = \frac{L}{\omega}$

Hierin is:

L = de draaistoot die het karretje heeft ondervonden ($= 1{,}11 \cdot 10^{-2}$ N.m.s; zie antwoord a2) en

ω = de hoeksnelheid van het karretje tijdens de vrije val ($= 5{,}23\ \text{rad.s}^{-1}$; zie antwoord c).

Invullen: $J = \frac{1,11 \cdot 10^{-2}}{5,23} = 2,1 \cdot 10^{-3}\ kg.m^2$

Opmerking:
J kan ook berekend worden met: $M = J \cdot \alpha \rightarrow J = \frac{M}{\alpha}$, waarin

M = het krachtmoment dat het karretje ondervindt (= 0,206 N.m; antw. a1) en
α = de hoekversnelling die het karretje ondervindt van de eerste tot de tweede opname (zie figuur 8).
Er geldt: $\phi_{\Delta t} = \frac{1}{2} \cdot \alpha \cdot (\Delta t)^2 \rightarrow \alpha = \frac{2 \cdot \phi_{\Delta t}}{(\Delta t)^2} = \frac{2 \cdot (7/180) \cdot \pi}{(0,0492)^2} =$

$= 101\ rad.s^{-2}$

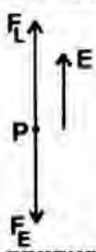
(Voor $\phi_{\Delta t} = 7^0$: zie tekening 1 en voor $\Delta t = 0,0492$ s: zie antwoord b).

Invullen: $J = \frac{0,206}{101} = 2,0 \cdot 10^{-3}\ kg.m^2$

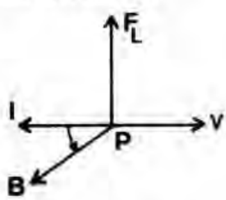
OPGAVE 4 ELEKTRONENBANEN

a. De elektronen slaan de gasatomen aan, d.w.z. zij brengen de buitenste elektronen van deze gasatomen in een hogere energietoestand. Als deze elektronen vervolgens terugvallen naar een lagere energietoestand, gebeurt dat onder het uitzenden van straling.

b.



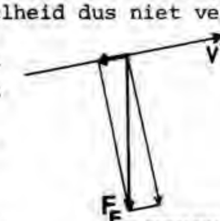
TEKENING 2a



TEKENING 2b

Zie tekening 2a:
In punt P is de elektrische veldsterkte $\vec{E}$ omhoog gericht, dus de elektrische veldkracht $\vec{F_E}$ op de elektronen is omlaag gericht.
In het punt P zijn $\vec{F_E}$ en $\vec{F_L}$ tegengesteld gericht, dus $\vec{F_L}$ is omhoog gericht.
Zie tekening 2b:
De elektronen hebben een snelheid $\vec{v}$ naar rechts; dit komt overeen met een stroom I naar links. $\vec{F_L}$ is omhoog, dus het magnetisch veld $\vec{B}$ is volgens de I,B-regel naar ons toe gericht (papier uit).

c1. De lorentzkracht $\vec{F_L}$ staat steeds loodrecht op de baan van de elektronen; ten gevolge van de lorentzkracht kan de grootte van de snelheid dus niet veranderen. De elektrische kracht $\vec{F_E}$ heeft een component die tegengesteld gericht is aan de snelheid $\vec{v}$ van de elektronen (zie tekening 3). Daardoor worden de elektronen afgeremd.



TEKENING 3

Opmerking: De elektrische kracht $\vec{F_E}$ is gericht in de negatieve y-richting (zie antwoord b). Uit figuur 9 blijkt dat de elektronen in de positieve y-richting worden afgebogen. Volgens de wet van kinetische energie en arbeid geldt dan:
$W_{op} = \Delta E_{kin} = F_E \cdot y \cdot \cos\alpha = F_E \cdot y \cdot -1 < 0 \quad (\alpha = 180^0 \rightarrow \cos\alpha = -1)$
Dus de snelheid van de elektronen wordt kleiner.

c2. We vinden de grootte van de snelheid van de elektronen (v_2) in het punt Q met de wet van kinetische energie en arbeid:

$W_{op} = \Delta E_{kin} = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_2^2 - \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_1^2 = F_E \cdot y \cdot \cos\alpha = e \cdot E \cdot y \cdot -1 = -e \cdot E \cdot y$
(zie opmerking bij antw. c1)

$\rightarrow \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_2^2 = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_1^2 - e \cdot E \cdot y \quad \rightarrow \quad v_2 = \sqrt{v_1^2 - \frac{2 \cdot e \cdot E \cdot y}{m}}$

Hierin is:
$v_1 = 1,0 \cdot 10^7\ m.s^{-1}$,
e = het elementair ladingsquantum (= $1,6 \cdot 10^{-19}$ C; zie BINAS, tabel 7),
E = de elektrische veldsterkte (= $7,0 \cdot 10^3\ N.C^{-1}$),
y = y_Q = 13 mm = $13 \cdot 10^{-3}$ m (zie tekening 4) en
m = de massa van een elektron = $9,1 \cdot 10^{-31}$ kg (zie BINAS, tabel 7)

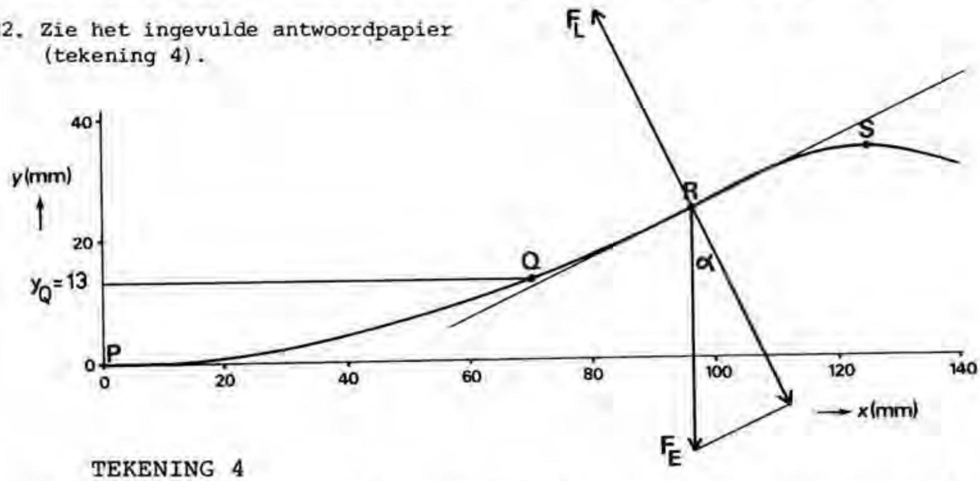
Invullen: $v_2 = \sqrt{(1{,}0 \cdot 10^7)^2 - \dfrac{2 \cdot 1{,}6 \cdot 10^{-19} \cdot 7{,}0 \cdot 10^3 \cdot 13 \cdot 10^{-3}}{9{,}1 \cdot 10^{-31}}}$

$= 0{,}82 \cdot 10^7 \text{ m.s}^{-1}$

d1. Bij het doorlopen van de baan geldt voor de elektrische kracht F_E:

$F_E = e \cdot E = 1{,}6 \cdot 10^{-19} \cdot 7{,}0 \cdot 10^3$ $(= 1{,}12 \cdot 10^{-15}$ N$) = 1{,}1 \cdot 10^{-15}$ N.

d2. Zie het ingevulde antwoordpapier (tekening 4).



TEKENING 4

Toelichting: De elektrische veldkracht F_E is omlaag gericht, terwijl de lorentzkracht F_L loodrecht op de baan werkt. Daar de baan van de elektronen in de direkte omgeving van R niet gekromd is, is de som van de krachten die loodrecht op de bewegingsrichting werken gelijk aan nul. Dus de lorentzkracht is gelijk aan en tegengesteld gericht aan de component van F_E loodrecht oo de bewegingsrichting.

d3. We vinden de sterkte van het magnetisch veld B met behulp van de lorentzkracht F_L in het punt R van de baan.

Er geldt: $F_L = B \cdot e \cdot v \quad \rightarrow \quad B = \dfrac{F_L}{e \cdot v}$

Hierin is:

$F_L = (3{,}6/4{,}0) \cdot F_E = (3{,}6/4{,}0) \cdot 1{,}12 \cdot 10^{-15}$ N $= 1{,}01 \cdot 10^{-15}$ N (opgemeten in tekening 4*; voor F_E: zie antwoord d1),

$e = 1{,}6 \cdot 10^{-19}$ C (BINAS, tabel 7) en

$v = 0{,}63 \cdot 10^7$ m.s^{-1}

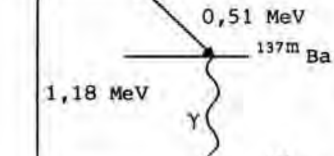
Invullen: $B = \dfrac{1{,}01 \cdot 10^{-15}}{1{,}6 \cdot 10^{-19} \cdot 0{,}63 \cdot 10^7} = 1{,}0 \cdot 10^{-3}$ T.

*Opmerking:

Ook mogelijk met $\cos \alpha = \dfrac{F_L}{F_E}$ en α opmeten.

OPGAVE 5 RADIOACTIEF CESIUM EN BARIUM

a.



Zie tekening 5.

Bij het verval van ^{137m}Ba naar ^{137}Ba komt $(1{,}18 - 0{,}51)$ MeV $= 0{,}67$ MeV energie vrij in de vorm van γ-straling.

We vinden de golflengte λ van deze γ-straling met:

$\Delta E = h \cdot f = \dfrac{h \cdot c}{\lambda} \quad \rightarrow \quad \lambda = \dfrac{h \cdot c}{\Delta E}$

TEKENING 5

Hierin is:
h = de constante van Planck (= $6,6 \cdot 10^{-34}$ Js; BINAS, tabel 7),
f = de frequentie van de γ-straling,
c = de lichtsnelheid (= $3,0 \cdot 10^{8}$ $m.s^{-1}$; BINAS, tabel 7) en
$\Delta E = 0,67$ MeV = $0,67 \cdot 10^{6} \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}$ J

Invullen: $\lambda = \dfrac{6,6 \cdot 10^{-34} \cdot 3,0 \cdot 10^{8}}{0,67 \cdot 10^{6} \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}} = 1,8 \cdot 10^{-12}$ m = 1,8 pm

b. $^{137}Cs \rightarrow {}^{137}Ba + {}_{-1}^{0}e + 1,18$ MeV

De massa van een ^{137}Cs-kern is dus groter dan de massa van een ^{137}Ba-kern.

Voor het massaverschil Δm geldt: $\Delta m = m_e + m'$, waarin:

m_e = de massa van een elektron = $9,1 \cdot 10^{-31}$ kg (zie BINAS, tabel 7) en
m' = de massa die correspondeert met een energie van 1,18 MeV

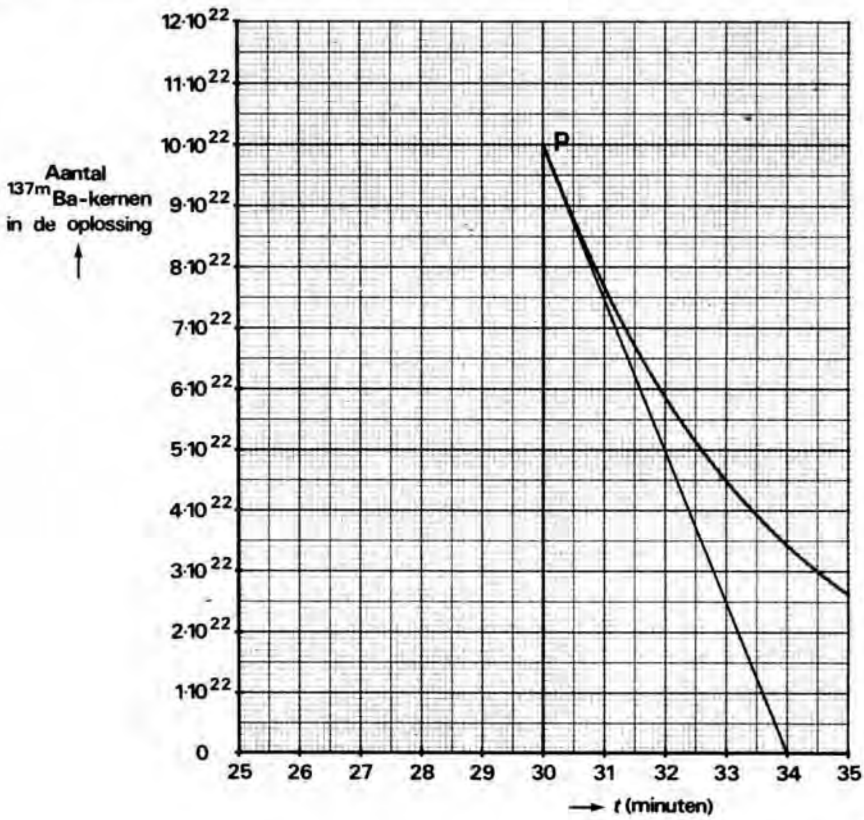
Er geldt: $\Delta E = m' \cdot c^2 \rightarrow m' = \dfrac{\Delta E}{c^2} = \dfrac{1,18 \cdot 10^{6} \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}}{(3,0 \cdot 10^{8})^2} =$

$= 2,10 \cdot 10^{-30}$ kg (voor c: zie BINAS, tabel 7).

Invullen: $\Delta m = 9,1 \cdot 10^{-31} + 2,1 \cdot 10^{-30} = 3,0 \cdot 10^{-30}$ kg.

c. Het aantal ^{137}Cs-kernen dat per seconde vervalt tot ^{137m}Ba is vrijwel constant. Het aantal ^{137m}Ba-kernen dat per seconde vervalt neemt echter steeds toe, omdat er steeds meer ^{137m}Ba-kernen ontstaan. Vlak voor t = 30 minuten worden er per seconde evenveel ^{137m}Ba-kernen gevormd, als er ^{137m}Ba-kernen worden omgezet in ^{137}Ba-kernen. Het aantal ^{137m}Ba-kernen blijft dan constant.

d1. Zie het ingevulde antwoordpapier (tekening 6).



TEKENING 6

Het aantal ^{137m}Ba-kernen dat per seconde vervalt is $|\frac{dN}{dt}|$. Teken daarom in het punt P een raaklijn aan de grafiek.
Onmiddellijk na t = 30 min vinden we dan:

$|\frac{dN}{dt}| = |\frac{0 - 10 \,.\, 10^{22}}{(34-30) \,.\, 60}|$ (= $4{,}17 \,.\, 10^{20}$) = $4{,}2 \,.\, 10^{20}$ deeltjes per seconde.

Opmerking: Het aantal ^{137m}Ba-kernen dat onmiddellijk na t = 30 min per seconde vervalt ($|\frac{dN}{dt}|$) is ook te berekenen met de formule:

$N(t) = N(0) \,.\, e^{-\lambda.t} \rightarrow |\frac{dN}{dt}| = |-\lambda \,.\, N(0) \,.\, e^{-\lambda.t}| = \lambda \,.\, N(0) \,.\, e^{-\lambda.t}$, waarin

N(0) = het aantal ^{137m}Ba-kernen op t = 30 min,

λ = de desintegratieconstante = $\frac{\ln 2}{\tau}$, met:

τ = de halveringstijd (= (32,6 - 30) min = 2,6 . 60 s; zie tekening 6 of BINAS, tabel 25) en

t = 0 s.

Invullen: $|\frac{dN}{dt}| = \frac{\ln 2}{2{,}6 \,.\, 60} \cdot 10 \,.\, 10^{22} \,.\, e^{0} = 4{,}4 \,.\, 10^{20}$ deeltjes per seconde.

d2. Op t = 30 minuten is het aantal ^{137m}Ba-kernen dat per seconde wordt gevormd uit ^{137}Cs gelijk aan het aantal ^{137m}Ba-kernen dat per seconde vervalt (antwoord c). Dit aantal bedraagt $4{,}17 \,.\, 10^{20}$ deeltjes per seconde (antwoord d1).
94% van de ^{137}Cs-kernen vervalt via deze tussenstap. Dan bedraagt het aantal ^{137}Cs-kernen dat per seconde in het preparaat vervalt: $\frac{100}{94} \cdot 4{,}17 \,.\, 10^{20}$ = $4{,}4 \,.\, 10^{20}$.

e. De halveringstijd van ^{137}Cs is 30 jaar (zie BINAS, tabel 25). Na een aantal jaren bevat het preparaat dus minder cesium. Daardoor zal het langer duren om, na behandeling met zoutzuur, $5{,}0 \,.\, 10^{22}$ ^{137m}Ba-kernen te vormen.