

Dit examen bestaat uit 27 vragen.
Voor elk vraagnummer is aangegeven hoeveel
punten met een goed antwoord behaald
kunnen worden.
Voor de uitwerking van de vragen 16 en 18 is
een bijlage toegevoegd.

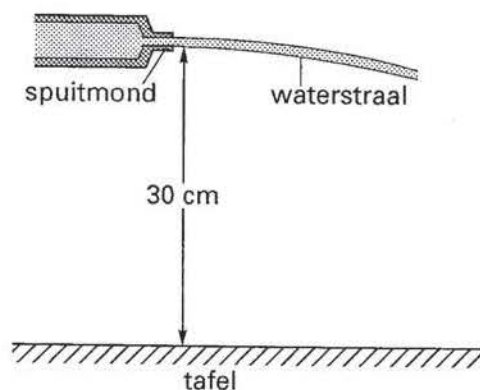
Als bij een vraag een verklaring, uitleg of
berekening gevraagd wordt, worden aan het
antwoord meestal geen punten toegekend
als deze verklaring, uitleg of berekening
ontbreekt.

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,
worden alleen de eerste twee in de
beoordeling meegeteld.

Opgave 1 Een waterstraal

Iemand doet een serie proeven met water dat uit een slang met een spuitmond stroomt. De snelheid waarmee het water uit de spuitmond komt, is bij alle proeven gelijk aan $4,0 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. De opening bevindt zich steeds 30 cm boven een tafel. De luchtweerstand op de waterstraal wordt verwaarloosd. Bij de eerste proef verlaat het water de spuitmond met een horizontaal gerichte snelheid. Zie figuur 1.

figuur 1



4 p 1 ☐ Bereken x .

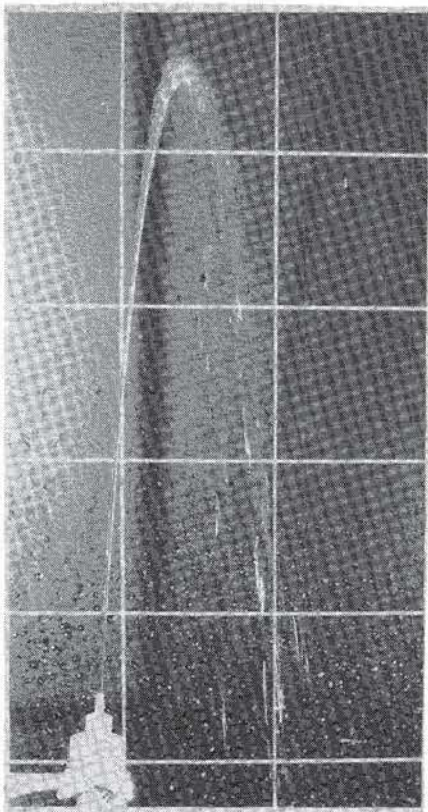
De waterstraal legt na het verlaten van de spuitmond een horizontale afstand x af voor hij de tafel treft.

Bij een tweede proef wordt de waterstraal omhoog gericht. We vergelijken de hoogte die de waterstraal bereikt met de hoogte die een voorwerp bereikt dat verticaal omhoog wordt gegoooid. De beginplaats van dit voorwerp is 30 cm boven de tafel. De beginsnelheid is $4,0 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.

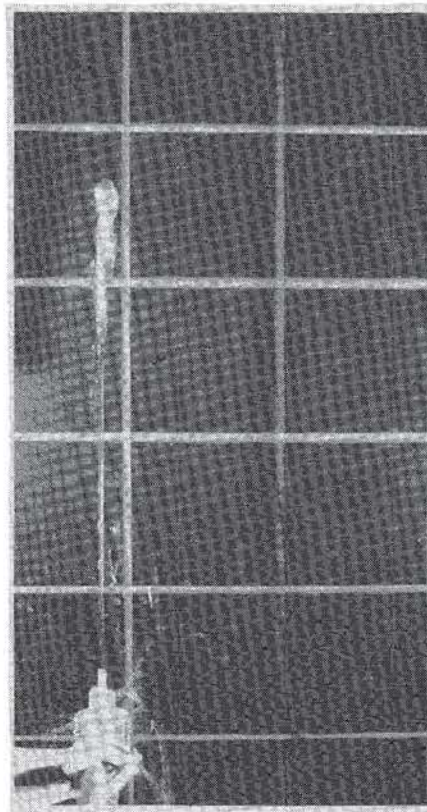
4 p 2 ☐ Bereken de hoogte boven de tafel die dit voorwerp bereikt. Verwaarloos ook hier de luchtweerstand.

Als de waterstraal bijna verticaal wordt gericht, benadert hij de in vraag 2 berekende hoogte. Als de waterstraal echter precies verticaal wordt gericht, haalt hij deze hoogte zelfs niet bij benadering. De waterstraal is in beide situaties gefotografeerd. Zie de foto's van de figuren 2 en 3.

figuur 2



figuur 3



2 p 3 ☐ Waardoor bereikt de waterstraal in het laatste geval niet de hoogte die in vraag 2 is berekend?

Een derde proef wordt uitgevoerd om de inwendige diameter van de (ronde) spuitmond te bepalen. De spuitmond wordt weer in de horizontale positie geplaatst. Het water wordt opgevangen in een bekeerglas. In 56 s komt er $1,00 \text{ dm}^3$ water in het glas.

- 4 p 4 ☐ Bereken de inwendige diameter van de spuitmond.

De inwendige diameter van de slang vóór de spuitmond is 5,0 maal zo groot als de inwendige diameter van de spuitmond. Het water dat van de slang naar de spuitmond gaat, wordt daarbij versneld.

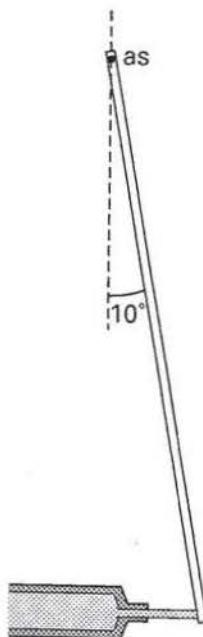
- 4 p 5 ☐ Bereken de stoot die in 1,0 s aan het water wordt gegeven dat van de slang naar de spuitmond gaat.

Bij een vierde proef blijft de spuitmond in de horizontale positie. Men houdt een homogeen latje voor de opening, zodat de waterstraal er horizontaal tegenaan spuit. Zie figuur 4. Het latje is draaibaar om een as aan de bovenkant van het latje. De wrijving in het draaipunt moet worden verwaarloosd. Het latje heeft een massa van 62 g. De waterstraal zorgt ervoor dat het latje een hoek van 10° maakt met het verticale vlak.

De kracht van de waterstraal op het latje is vrijwel horizontaal gericht. Verwaarloos de verticale component van deze kracht.

- 4 p 6 ☐ Bereken met behulp van de momentenwet de kracht die de waterstraal uitoefent op het latje.

figuur 4



Opgave 2 Transistor

In een bipolaire transistor bevinden zich twee p,n-overgangen. Een p,n-overgang ontstaat als een plaatje p-type halfgeleider tegen een plaatje n-type halfgeleider komt. We beschouwen één van deze twee typen halfgeleidermateriaal. Het is gemaakt door zuiver silicium te verontreinigen met aluminium.

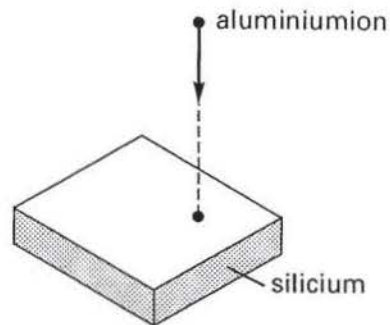
- 2 p 7 ☐ Leg uit of op deze wijze een p-type halfgeleider, danwel een n-type halfgeleider is ontstaan.

Het verontreinigen van silicium kan geschieden door middel van ionenimplantatie. Daarbij worden aluminiumionen met grote snelheid op het oppervlak van het silicium geschoten. We beschouwen een aluminiumion dat met een kinetische energie van 65 keV loodrecht het oppervlak van het silicium treft en in het silicium een vrijwel rechte baan doorloopt. Zie figuur 5.

Het ion legt in het silicium een afstand van 570 nm af en komt dan tot stilstand.

- 4 p 8 ☐ Bereken de gemiddelde grootte van de kracht die het aluminiumion in het silicium tijdens het afremmen ondervindt.

figuur 5



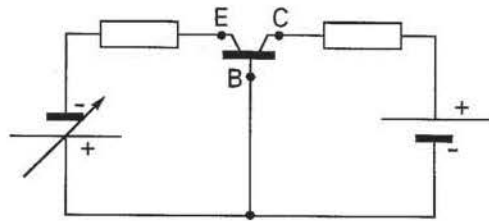
Een bipolaire transistor is opgenomen in de schakeling van figuur 6. In het symbool van de transistor ontbreekt het pijltje.

In deze schakeling kan de spanning tussen de basis en de emitter van de transistor (V_{BE}) worden gevarieerd.

Bij een lage waarde van V_{BE} loopt er een zeer geringe stroom I_C door de kring met de collector en de basis.

Als men V_{BE} geleidelijk groter maakt, neemt I_C vanaf een bepaalde waarde van V_{BE} sterk toe. Men zegt dan dat de transistor geleidt.

figuur 6

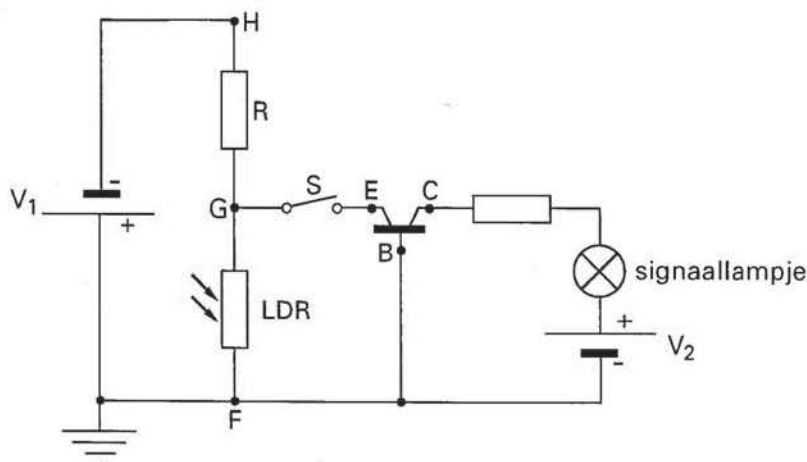


3 p 9 □ Leg uit of in de schakeling van figuur 6 een pnp-transistor dan wel een npn-transistor is opgenomen.

3 p 10 □ Beschrijf het proces in de transistor dat tijdens het toenemen van V_{BE} er uiteindelijk toe leidt dat de transistor gaat geleiden. Betrek bij het antwoord ook de afmeting van het basisgebied van de transistor.

Het hierboven beschreven proces houdt in dat een transistor kan werken als een schakelaar die gesloten wordt als V_{BE} voldoende groot wordt. Zo kan met behulp van een transistor bijvoorbeeld een signaallampje 'automatisch' aangedaan worden als het donker wordt. In figuur 7 is de transistor opgenomen in een schakeling waarmee dat mogelijk is. In deze schakeling zijn ook een weerstand R van $2,0\text{ k}\Omega$ en een lichtgevoelige weerstand (LDR) opgenomen.

figuur 7



We beschouwen twee uiterste situaties: 'licht' en 'donker'. In het 'licht' heeft de LDR een weerstand van $0,20\text{ k}\Omega$; in het 'donker' bedraagt de weerstand $59\text{ k}\Omega$. De spanningsbron V_1 levert een constante spanning van $5,0\text{ V}$. Het punt G kan via een schakelaar S worden verbonden met de emitter van de transistor. De schakelaar is aanvankelijk geopend.

4 p 11 □ Bereken de waarden waartussen de potentiaal van punt G onder deze omstandigheden kan variëren.

De schakelaar wordt gesloten, zodat er een stroom gaat lopen van E naar G.

4 p 12 □ Leg uit of de potentiaal van punt G hierdoor stijgt, daalt, danwel gelijk blijft.

Opgave 3 Een treinrit

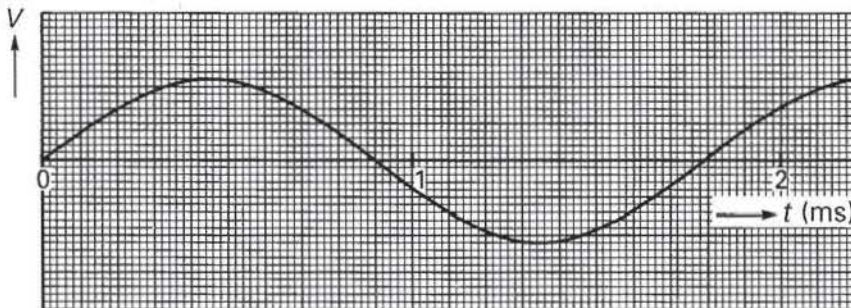
Bij het station van een klein dorp staat een trein stil. De spoorbaan is over enige afstand recht. Een waarnemer bevindt zich op 700 m afstand van het station naast de spoorbaan. De trein geeft een fluitsignaal op het moment van vertrek. Na 50 s rijden, vlak voordat de trein de waarnemer passeert, geeft de trein een tweede fluitsignaal.

Het tijdsverschil tussen het horen van beide fluitsignalen bedraagt niet 50 s. De luchttemperatuur is $20\text{ }^{\circ}\text{C}$.

4 p 13 ☐ Bereken dit tijdsverschil.

De frequentie van het uitgezonden fluitsignaal is 510 Hz. De waarnemer heeft de beschikking over een microfoon, aangesloten op een oscilloscoop. Hij meet hiermee de waargenomen frequentie van het fluitsignaal dat wordt gegeven vlak voordat de trein hem passeert. In figuur 8 is weergegeven, hoe dan het door de microfoon afgegeven signaal als functie van de tijd verandert.

figuur 8

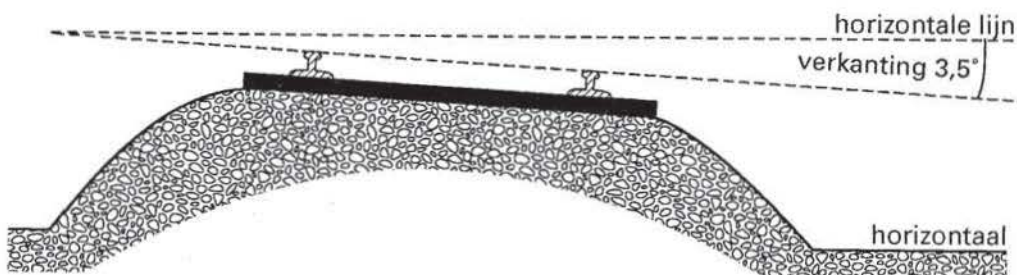


2 p 14 ☐ Bepaal de waargenomen frequentie van de toon van de treinfluit.

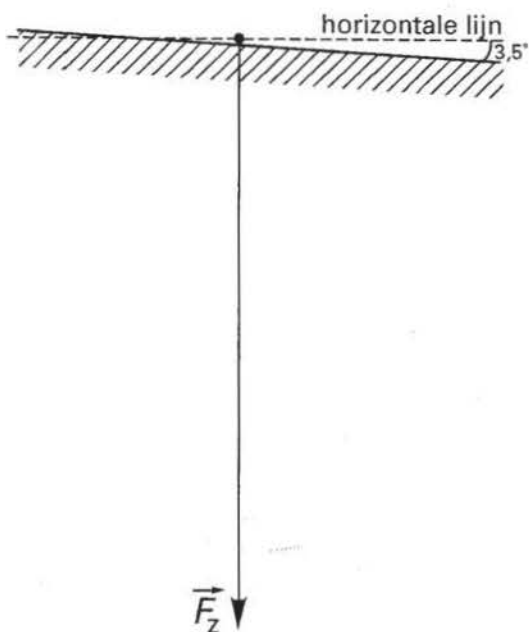
3 p 15 ☐ Bereken met behulp van deze frequentie de snelheid van de trein op het moment dat het tweede fluitsignaal wordt gegeven.

Even later gaat de trein met een constante snelheid van 32 m/s door een cirkelvormige bocht. In deze bocht ligt elke rail horizontaal. De rail in de buitenbocht ligt wat hoger dan die in de binnenbocht. In figuur 9 is een dwarsdoorsnede van de spoorbaan in de bocht getekend. De zogenaamde verkanting bedraagt $3,5^{\circ}$.

figuur 9



figuur 10



Hoewel de trein in de bocht een scheve stand inneemt, blijft een balletje op een tafel in de rijdende trein op dezelfde plaats liggen. De situatie is geschetst in figuur 10. De zwaartekracht $\vec{F}_z$ op het balletje is in de figuur aangegeven. De wrijvingskracht is te verwaarlozen. Figuur 10 staat ook op de bijlage.

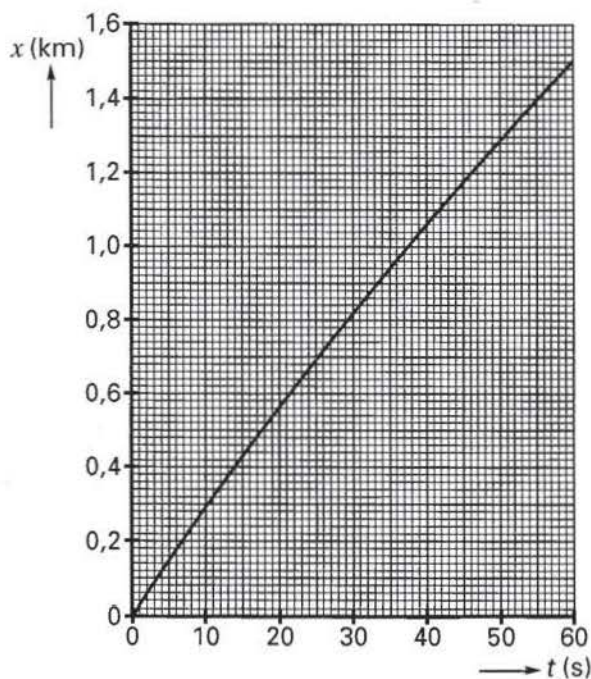
3 p 16 ☐

Construeer in de figuur op de bijlage de resulterende kracht op het balletje.

4 p 17 ☐

Bereken of bepaal de straal van de bocht.

figuur 11



Als het volgende station in zicht komt, wordt op $t = 0$ de aandrijving van de trein uitgeschakeld.

In figuur 11 is het x,t -diagram van de trein weergegeven.

Figuur 11 staat ook op de bijlage.

Op $t = 0$ is de snelheid van de trein gelijk aan 32 m/s. De massa van de trein is $4,7 \cdot 10^4$ kg.

3 p 18 ☐

Bepaal met behulp van de figuur op de bijlage de snelheid van de trein op $t = 60$ s.

3 p 19 ☐

Bereken de gemiddelde wrijvingskracht op de trein tussen $t = 0$ en $t = 60$ s.

De trein, waarvan de massa niet is veranderd, vertrekt vervolgens van het station voor een nieuw geheel horizontaal liggend traject met een lengte van 12 km. De trein wordt aangedreven door een dieselmotor. Bij de verbranding van 1 liter dieselolie komt $3,6 \cdot 10^7$ J vrij. Het nuttig effect (rendement) van de dieselmotor is 22%. Na het optrekken rijdt de trein opnieuw 32 m/s. De gemiddelde wrijvingskracht op de trein gedurende de tijd dat de motor de trein aandrijft, is $8,5 \cdot 10^3$ N. De laatste 2,5 km tijdens het uitrijden en afremmen wordt de motor niet gebruikt; het dieselolieverbruik is dan te verwaarlozen.

- 4 p 20 ☐ Bereken hoeveel dieselolie is verbruikt over dit traject.

Opgave 4 Radiotherapie

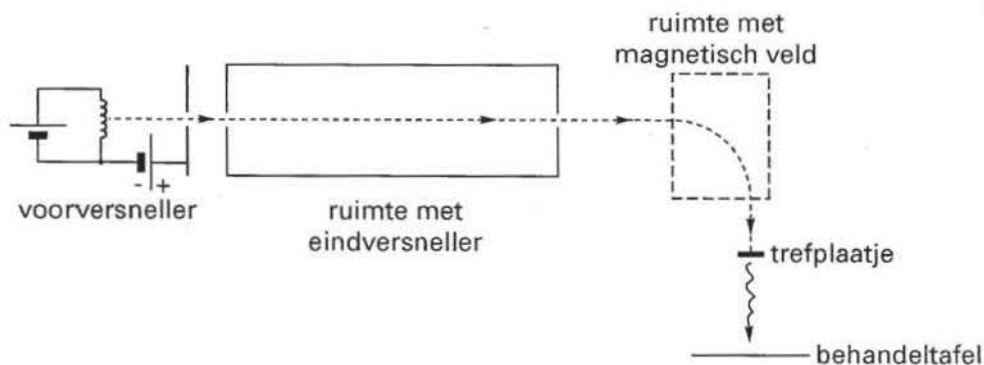
De röntgenstraling die wordt gebruikt voor medische doeleinden, wordt opgewekt met behulp van energierijke elektronen. In een bepaald soort röntgenapparaat worden die elektronen eerst door een voorversneller gevoerd. De energie van de elektronen bij het binnentreden van de voorversneller is verwaarloosbaar. Bij het verlaten van de voorversneller is de kinetische energie van de elektronen 16 keV. Het elektrische veld in de voorversneller is homogeen.

De elektronen leggen een afstand van 18 mm af in de voorversneller.

- 3 p 21 ☐ Bereken de elektrische kracht op de elektronen in de voorversneller.

Vervolgens worden de elektronen door een eindversneller gevoerd. De elektronen worden daarna door een magnetisch veld van richting veranderd. Ze kunnen dan op een trefplaatje botsen; hier ontstaat de röntgenstraling, waarmee een patiënt kan worden bestraald. Zie figuur 12.

figuur 12



De eindversneller is aanvankelijk niet ingeschakeld. De straal van de baan van de elektronen in het magnetische veld is dan slechts 0,40 mm.

- 3 p 22 ☐ Leg met behulp van een schets uit, welke richting het magnetische veld heeft.

- 4 p 23 ☐ Bereken de sterkte van het magnetische veld.

De eindversneller wordt ingeschakeld. Elektronen met een energie van 6,0 MeV bereiken dan het trefplaatje.

Er ontstaat röntgenstraling met uiteenlopende waarden voor de energie van de fotonen. In het lichaam van een patiënt kan de röntgenstraling op twee manieren energie verliezen: door botsing met elektronen in het weefsel van de patiënt, of door paarvorming.

Als bij de eerste manier een röntgenfoton van straling met een golflengte van $3,9 \cdot 10^{-13}$ m tegen een stilstaand elektron botst, heeft het foton na de botsing een energie van $1,8 \cdot 10^{-13}$ J.

- 3 p 24 ☐ Bereken de kinetische energie die een elektron krijgt.

Bij de tweede manier van energieverlies moet een röntgenfoton voldoende energie hebben om paarvorming van een elektron en een positon mogelijk te maken.

3 p 25 ☐ Bereken hoeveel deze energie minimaal moet zijn.

Het is de bedoeling dat zo weinig mogelijk van de straling in de behandelkamer doordringt tot buiten de kamer. De kamer is daarom voorzien van betonnen wanden van 1,5 m dikte. Als een evenwijdige bundel röntgenstraling op deze wand zou vallen, is de sterkte van de straling achter deze wand $1,0 \cdot 10^4$ maal zo zwak als die vóór de wand. Met de halveringsdikte van een materiaal voor een bepaald soort straling wordt de dikte bedoeld, die het materiaal moet hebben om de sterkte van deze straling te halveren. Voor de sterkte van de straling I_x na het doorlopen van een afstand x door een bepaalde stof geldt

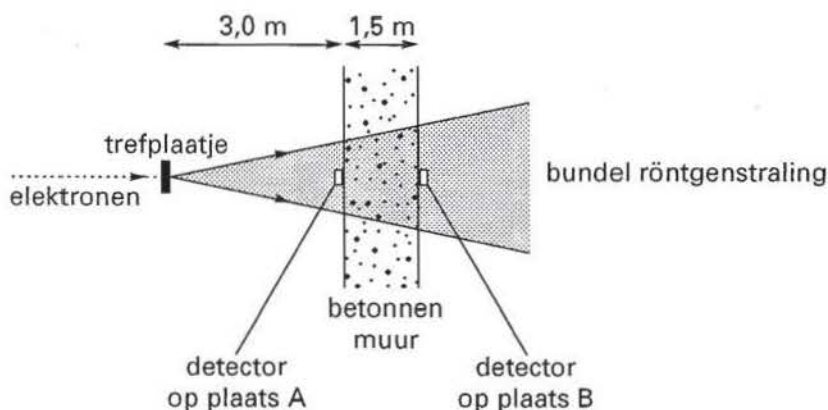
$$I_x = I_o \cdot \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{x}{d}}$$

Hierin is I_o de sterkte van de opvallende straling en d de halveringsdikte.

3 p 26 ☐ Bereken de halveringsdikte van het beton voor deze straling.

Uit het trefplaatje komt geen evenwijdige, maar een divergerende bundel straling. Hierin is de stralingssterkte omgekeerd evenredig met het kwadraat van de afstand tot het trefplaatje. Het trefplaatje staat op 3,0 m afstand van de muur. De straling uit het plaatje wordt loodrecht op de muur gericht. Zie figuur 13.

figuur 13



3 p 27 ☐ Bereken de verhouding van de stralingssterkte voor en achter de muur zoals deze gemeten wordt op plaats A en plaats B.

Einde

Natuurkunde

Examen VWO 1992

Tijdvak 2

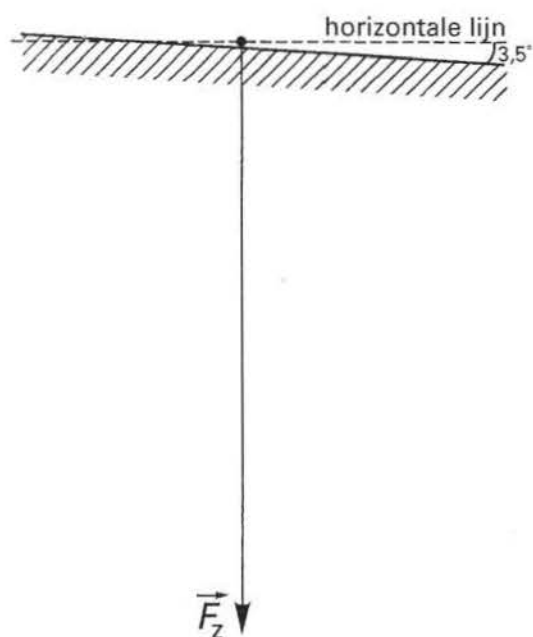
Vrijdag 19 juni

13.30–16.30 uur

Examennummer

Naam

Vraag 16



Vraag 18

