

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.

Nieronderzoek natuurkunde 1 examen 2001-I

Om het functioneren van nieren te onderzoeken, brengt men via het bloed een radioactieve stof in het lichaam. Deze stof verspreidt zich door het hele lichaam en wordt via de nieren weer uitgescheiden. Meestal gebruikt men hiervoor een isotoop van technetium, ^{99m}Tc . De „m” betekent metastabiel of isomeer.

In deze metastabiele toestand bezit het isotoop een extra hoeveelheid energie die in de vorm van γ -straling wordt uitgezonden. Het uitzenden van deze γ -straling is een proces met een halveringstijd van 6,0 uur. Daarbij ontstaat het normale ^{99}Tc .

Met een voor γ -straling gevoelige camera registreert men hoe het ^{99m}Tc zich in de loop van de tijd door de nieren verspreidt.

Bij een onderzoek wordt een hoeveelheid ^{99m}Tc met een activiteit van 39 MBq bij een patiënt ingebracht. Voor het verband tussen de activiteit A en het aantal radioactieve kernen N geldt op

elk moment: $A(t) = \frac{N(t) \ln 2}{t_{1/2}}$, waarin $t_{1/2}$ de halveringstijd is.

Neem aan dat de massa van een kerndeeltje gelijk is aan $1,67 \cdot 10^{-27}$ kg.

4p **8** Bereken de massa van het ingebrachte ^{99m}Tc .

Per kern ^{99m}Tc die vervalst, komt 140 keV vrij in de vorm van γ -straling.

De patiënt absorbeert 60% van de energie van de gammastraling.

Bij het onderzoek vervallen er in totaal $8,0 \cdot 10^{11}$ kernen ^{99m}Tc in het lichaam.

De massa van de patiënt is 70 kg.

Voor het dosisequivalent H geldt:

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

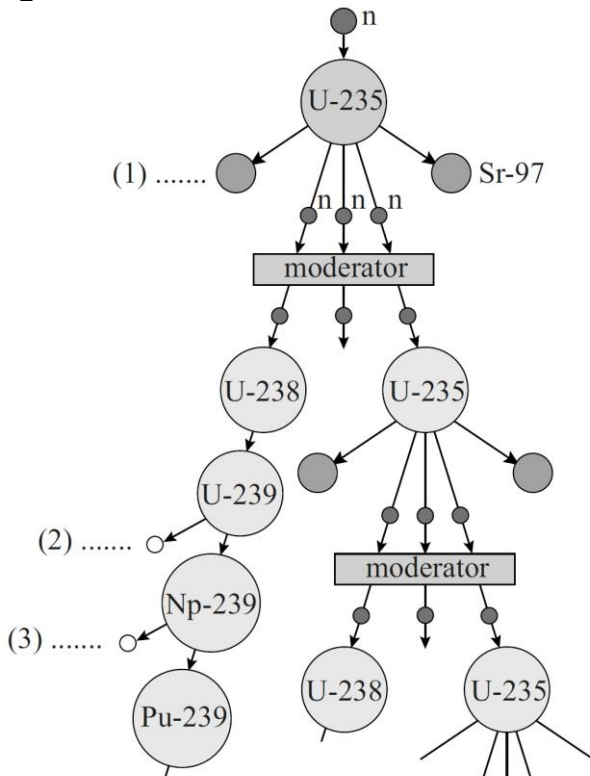
Hierin is:

- Q de kwaliteitsfactor (weegfactor). Deze is voor γ -straling gelijk aan 1;
- E de geabsorbeerde energie;
- m de bestraalde massa.

4p **9** Bereken het door de patiënt opgenomen dosisequivalent.

In figuur 1 is schematisch het proces van kernsplijting weergegeven dat zich in een kerncentrale afspeelt. In het schema staan op drie plaatsen stippeltjes. Figuur 1 staat vergroot op de uitwerkbijlage.

figuur 1



- 2p **23** Vul in de figuur op de uitwerkbijlage op de drie plaatsen van de stippeltjes de naam van de kern met zijn massagetal in of de naam van het betreffende deeltje.

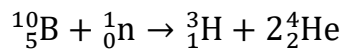
Per splijting van een uranium-235-kern komt gemiddeld een hoeveelheid energie vrij van 190 MeV. Deze energie wordt met een rendement van 35% omgezet in elektrische energie. In één jaar vinden $2,93 \cdot 10^{27}$ splijtingen in de kerncentrale plaats.

- 3p **24** Bereken het gemiddeld elektrisch vermogen in gigawatt dat de kerncentrale levert in dat jaar.

Bij een moderne kerncentrale vervult het koelwater onder meer de functie van moderator. In het schema van figuur 1 lijkt het dat in de moderator geen neutronen verdwijnen. Maar in werkelijkheid gebeurt dat wel, maar in geringe mate.

Er kunnen namelijk verschillende reacties optreden waarbij een neutron wordt geabsorbeerd: het kan een reactie zijn met het water zelf of een reactie met één van de stoffen die aan het water zijn toegevoegd.

Door boorzuur toe te voegen kan een neutron worden ingevangen door een kern van boor-10. De volgende reactie treedt op:



3p 25 Laat zien of bij deze reactie energie vrijkomt of dat er energie nodig is.

(RSG Lingecollege: deze vraag hoef je op het examen niet te weten want massadefect en berekeningen daaraan hoort niet meer tot de examenstof).

Ongeveer twee op de miljoen van de neutronen die vrijkomen bij de $2,93 \cdot 10^{27}$ splijtingen in één jaar, worden geabsorbeerd volgens bovenstaande reactie, waarbij tritium ontstaat.

Gebruikmakend van de formule $A(t) = \frac{\ln 2}{t_{\frac{1}{2}}} N(t)$ is de orde van grootte van de activiteit van het

tritium te berekenen.

Stel dat de kerncentrale na het opstarten één jaar continu draait.

Hieronder staan vier ordes van grootte van de activiteit na dat jaar.

a 10^8 Bq

b 10^{13} Bq

c 10^{18} Bq

d 10^{23} Bq

3p 26 In welke orde van grootte ligt de activiteit? Motiveer je keuze met een berekening.

Radioactief jodium natuurkunde 1 examen 2002-I-6

Lees het artikel.

Kernproeven in VS besmetten bevolking met radioactief jood

De kernproeven in de Nevada-woestijn van 1951 tot 1958 hebben de hele Amerikaanse bevolking besmet met radioactief jood, dat schildklierkanker kan veroorzaken. Dit blijkt uit een onderzoek door het Amerikaanse Nationale Kankerinstituut (NCI).

Onder andere door het drinken van besmette melk kreeg iedereen in de Verenigde Staten in die periode een hoeveelheid jood-131 binnen.

Nagenoeg al het jood-131 dat het lichaam binnenkomt, wordt door de schildklier opgenomen. De gemiddelde stralingsdosis bedroeg 2,0 rad.

Het gevaar van kanker geldt vooral voor mensen die tijdens de besmettingsperiode nog kind waren.

Het NCI adviseert iedereen die vreest in zijn kindertijd aan het radioactief jodium te hebben blootgestaan zijn schildklier te laten nakijken.

naar: de Volkskrant, augustus 1997

3p **20** Leg uit welk element ontstaat bij het verval van jood-131.

In het artikel wordt beweerd dat het gevaar van kanker vooral geldt voor mensen die tijdens de besmettingsperiode nog kind waren. Het argument dat kinderen meer melk drinken dan volwassenen ondersteunt die bewering.

2p **21** Geef de definitie van het begrip stralingsdosis en geef op grond van die definitie een ander, natuurkundig argument dat de bewering ondersteunt.

Een deel van de besmette melk werd verwerkt tot lang houdbaar melkpoeder.

4p **22** Bereken in hoeveel tijd de activiteit van het jood-131 100 keer zo klein werd.

De eenheid 'rad' voor de dosis geabsorbeerde straling is een oude eenheid die officieel niet meer gebruikt mag worden. In het informatieboek Binas kun je vinden hoe je de rad omrekent naar de officiële eenheid.

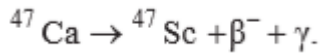
Ga ervan uit dat een schildklier met een massa van 25 g de in het artikel genoemde stralingsdosis heeft ontvangen. Verwaarloos de absorptie van gammastraling.

5p **23** Bereken hoeveel atomen jood-131 in deze schildklier zijn vervallen.

Onderzoek van bot met calcium examen 2016-I

In deze opgave bekijken we een patiënt waarbij de botten in de benen worden onderzocht. Hierbij gebruikt men calcium omdat dit gemakkelijk door het lichaam opgenomen en getransporteerd wordt naar de botten.

De patiënt krijgt een hoeveelheid van de instabiele isotoop calcium-47 toegediend, die bij verval een bèta-min-deeltje en gammastraling uitzendt:



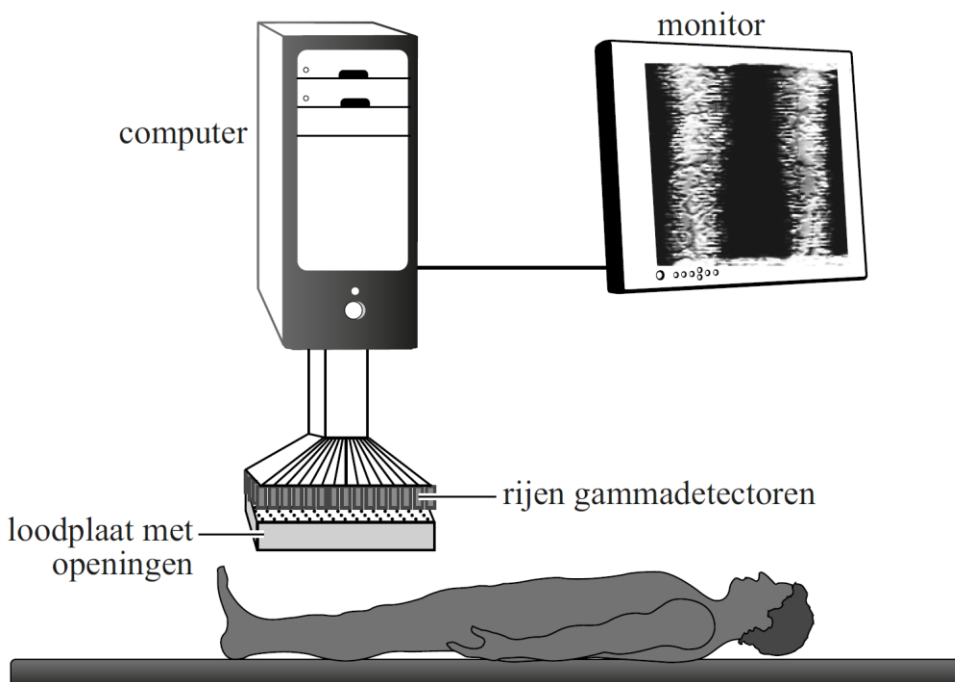
De gammastraling kan buiten het lichaam gedetecteerd worden. De arts kan zo zien of er met de botten iets bijzonders aan de hand is.

Bij het begin van het onderzoek krijgt de patiënt een hoeveelheid calcium-47 toegediend met een activiteit van 2,5 MBq.

4p 21 Bereken de massa in kg van het calcium-47.

De benen van de patiënt worden onder een apparaat gelegd dat gammastraling meet. Zie figuur 1.

figuur 1



In het apparaat zijn honderden gammadetectoren in rijen naast elkaar geplaatst. Onder de gammadetectoren bevindt zich een dikke loden plaat. Onder elke gammadetector zit in de plaat een smal gat.

Elke gammadetector registreert alleen de straling die uit het deel van het been **recht onder** de detector komt.

1p 22 Waarom is het gewenst dat die alleen van recht onder komt?

Voor het maken van het beeld van het bot worden de gegevens door de computer verwerkt.

Voor verschillende delen van de benen verschilt de absorptie van gammastraling in het spierweefsel en in de lucht tussen de detector en het been. Om de metingen van het been te kunnen vergelijken, moet voor die absorptie gecorrigeerd worden. Daarvoor vermenigvuldigt de computer de meetwaarde van elke detector met een correctiefactor.

Als er geen absorptie optreedt, levert dat een correctiefactor 1.

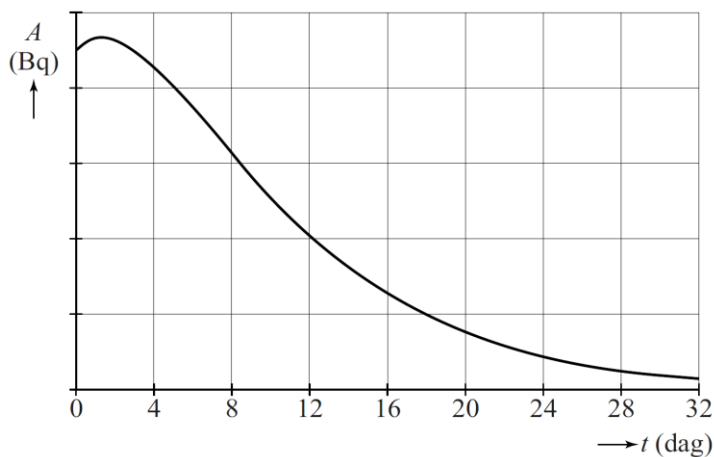
Neem aan dat zich tussen een gammadetector en het bot 10 cm lucht en 4,5 cm spierweefsel bevindt. De absorptie in spierweefsel is gelijk aan die in water. Ga uit van een gamma-foton met een energie van 1,0 MeV.

5p 23 Bereken de grootte van de correctiefactor voor die detector.

Een nadeel van deze onderzoeksmethode is de stralingsbelasting van het bot. Deze ontstaat voornamelijk door absorptie van bèta-min-deeltjes. Deze zijn niet alleen afkomstig van calcium-47 maar ook van scandium-47 (dat ontstaat bij het verval van calcium-47).

Figuur 2 toont het verloop van de gezamenlijke activiteit van beide isotopen in het bot van het bovenbeen.

figuur 2



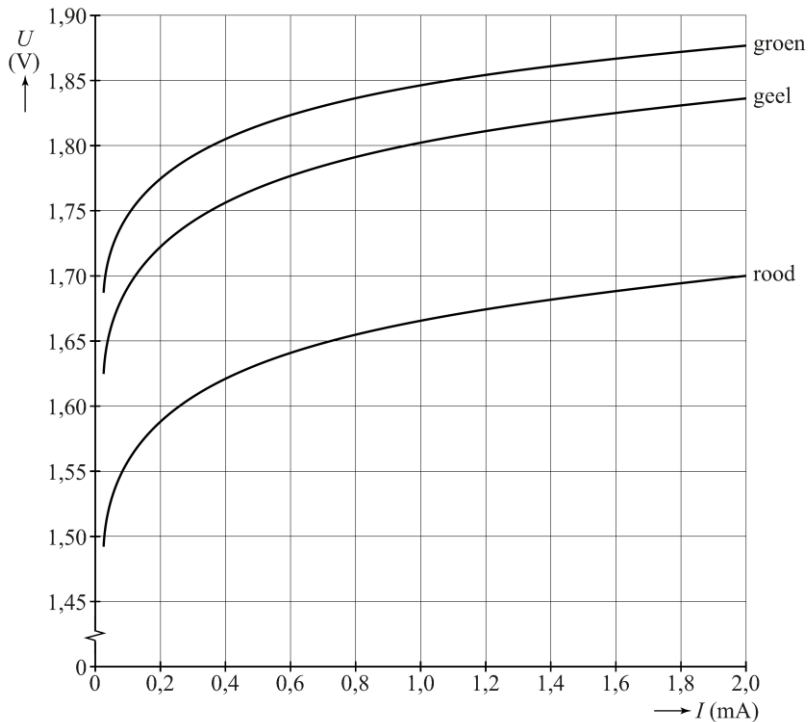
3p 24 Beredeneer aan de hand van het verloop van figuur 2 of de halveringstijd van scandium-47 groter of kleiner is dan de halveringstijd van calcium-47.

De nucleaire diagnostiek zoals die hierboven beschreven is, laat plaatsen van het bot zien waar iets bijzonders aan de hand is. Die informatie kan **niet** worden verkregen met behulp van **echoscopie** of een **MRI-scan**.

2p 25 Beargumenteer dit voor deze beide technieken.

Een LED (Light Emitting Diode) is een diode die licht uitzendt als deze in de doorlaatrichting geschakeld is. In figuur 1 staan de (U, I) -karakteristieken van een aantal LED's met verschillende kleuren.

figuur 1

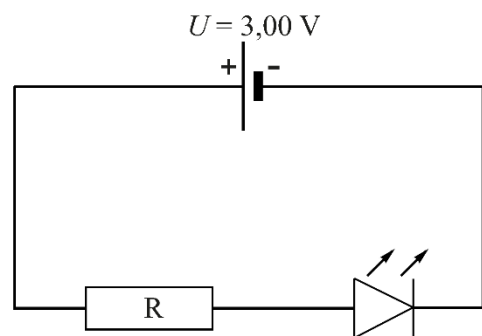


In figuur 2 is een schakeling getekend waarin een **rode** LED in serie geschakeld is met een weerstand.

De spanning $U = 3,00 \text{ V}$.

Door de **rode** LED in figuur 2 loopt een stroomsterkte van $0,60 \text{ mA}$.

figuur 2



3p 1 Bepaal de grootte van de weerstand R .

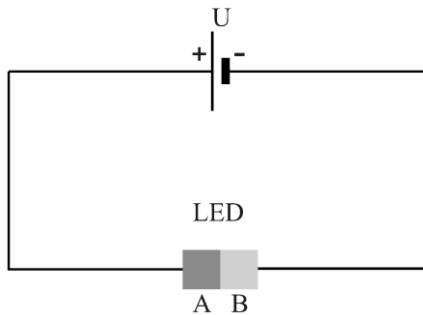
De **rode** LED in de schakeling wordt vervangen door een **groene** LED.

De stroomsterkte door de groene LED is ook $0,60 \text{ mA}$.

2p 2 Beredeneer of de waarde van de weerstand R dan groter of kleiner gekozen moet worden.

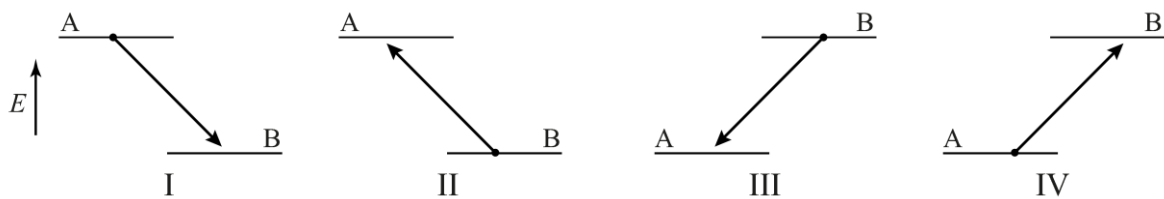
In figuur 3 is de bouw van een LED vereenvoudigd weergegeven. Een LED is opgebouwd uit twee materialen, A en B.
 In de materialen A en B hebben de geleidings-elektronen een verschillend energieniveau. De keuze voor de materialen A en B bepaalt de kleur van het licht dat de LED uitzendt.

figuur 3



In figuur 4 staan vier schema's met energieniveaus van de geleidings-elektronen weergegeven.

figuur 4



In één van de schema's is het proces waarbij in een LED licht ontstaat juist weergegeven.

2p **3** Leg uit in welk schema dat is.

Een bepaalde, blauwe, LED zendt fotonen uit met een golflengte van 470 nm en zendt een vermogen van 0,075 W aan licht uit. De stroomsterkte door de LED bedraagt 50 mA.

Uit deze gegevens volgt dat niet bij alle geleidings-elektronen die door deze LED gaan, een 'blauw' foton vrijkomt. Dit gebeurt slechts bij een bepaald percentage van de geleidings-elektronen.

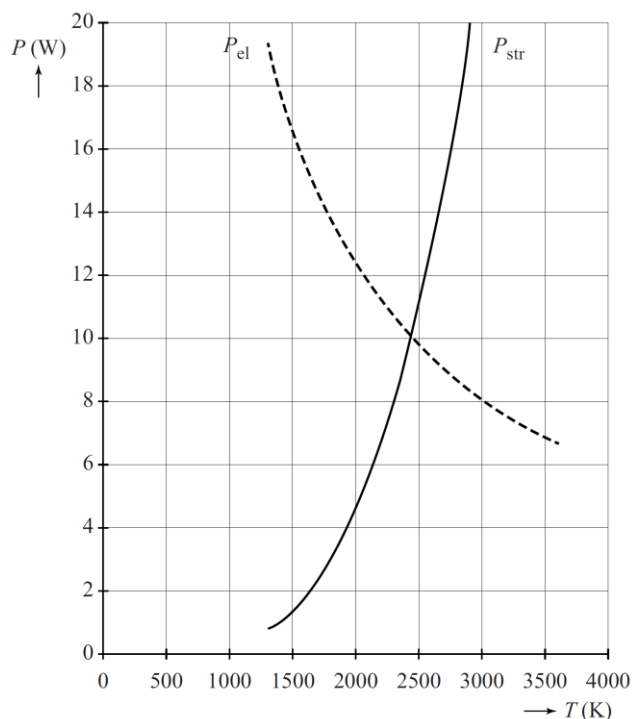
4p **4** Bereken dat percentage.

Een gloeilamp moet van de juiste gloeidraad voorzien worden. Daarbij wordt rekening gehouden met het elektrisch vermogen dat de gloeidraad opneemt en het vermogen dat de gloeidraad uitstraalt.

Beide zijn afhankelijk van de temperatuur van de gloeidraad.

Het elektrisch vermogen dat de gloeidraad zal opnemen bij een bepaalde temperatuur, kan van tevoren worden berekend als de afmetingen en de elektrische eigenschappen van de draad bekend zijn. In figuur 1 staat het resultaat van die berekening voor een bepaalde draad weergegeven als P_{el} . Het gaat over een gloeilamp met een vermogen van 10 W bij een spanning van 12 V.

figuur 1



Op de uitwerkbijlage staat een diagram. De weerstand van de gloeidraad bij één temperatuur is weergegeven door een punt.

Neem aan dat het verband tussen de weerstand en de temperatuur lineair is.

4p **8** Voer de volgende opdrachten uit:

- Bepaal met behulp van figuur 1 de weerstand van de gloeidraad bij 1500 K en teken in het diagram op de uitwerkbijlage het bijbehorende punt.
- Bepaal de weerstand van de gloeidraad bij kamertemperatuur.

Het vermogen dat de gloeidraad uitstraalt, kan berekend worden met de stralingswet van Stefan-Boltzmann.

In figuur 1 staat dat weergegeven als P_{str} . Daarbij is aangenomen dat de gloeidraad als een Planckse straler ('zwarte straler') beschouwd mag worden en dat de stralende oppervlakte gelijk is aan de oppervlakte van de buitenkant van de gloeidraad.

3p **9** Bepaal met behulp van figuur 1 de oppervlakte van de buitenkant van de gloeidraad.

De spanning van 12 V wordt op de gloeilamp aangesloten.

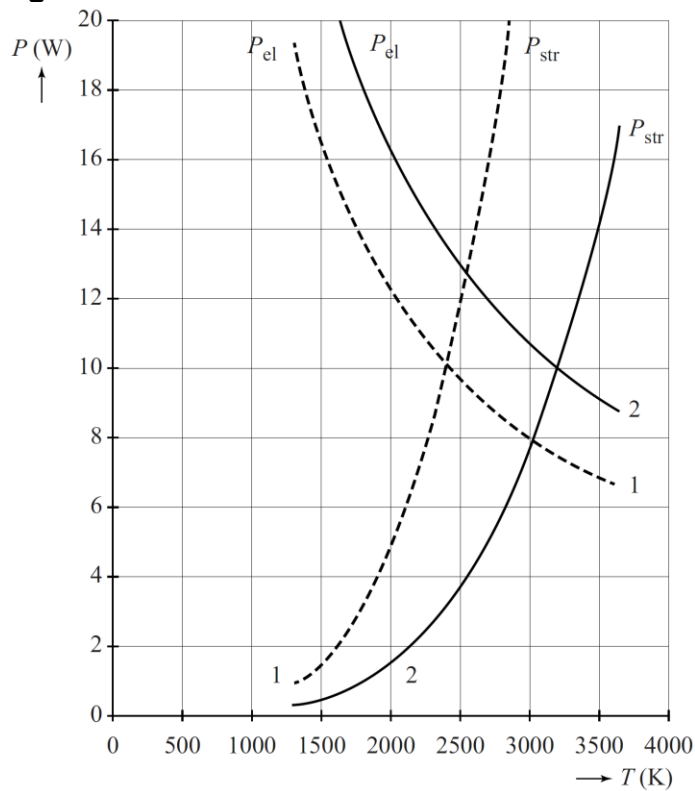
3p 10 Beantwoord de volgende vragen:

- Waarom zal het vermogen van de lamp direct na het inschakelen groter dan 10 W zijn?
- Waarom heeft de lamp na enige tijd een constant vermogen?
- Waarom wordt de temperatuur van de gloeidraad niet hoger dan 2400 K?

Soortgelijke berekeningen zijn ook voor de gloeidraad van een halogeenlamp gemaakt. De temperatuur van de gloeidraad is bij een halogeenlamp hoger dan bij een (gewone) gloeilamp.

In figuur 2 zijn de resultaten van een halogeenlamp van 12 V; 10 W weergegeven met getrokken lijnen. (De resultaten uit figuur 1 voor de gloeilamp zijn weergegeven met stippellijnen.)

figuur 2

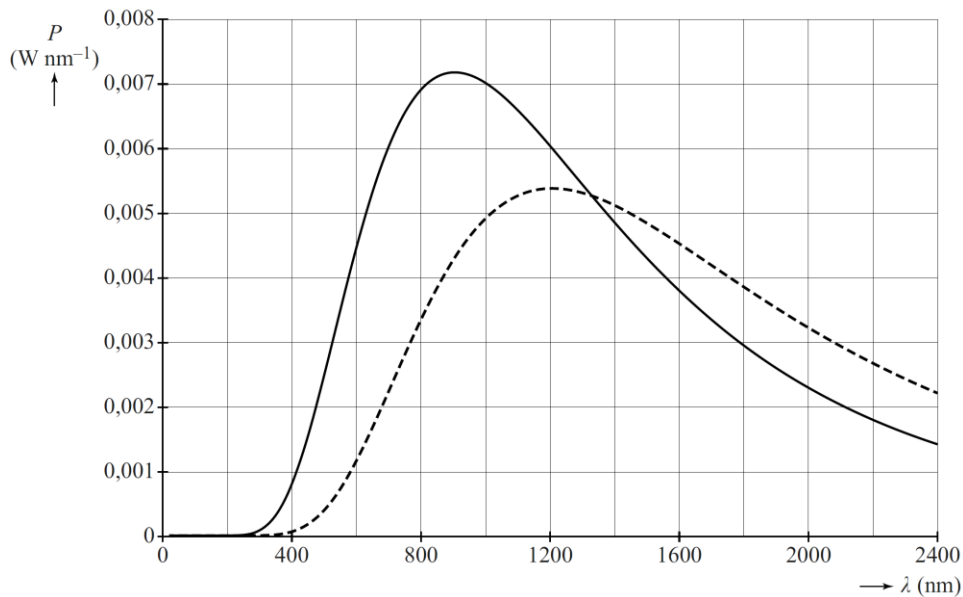


We vergelijken de gloeidraad van een brandende halogeenlamp met de gloeidraad van een brandende gloeilamp. De beide gloeidraden zijn van hetzelfde metaal gemaakt. De diameter van de gloeidraad in de gloeilamp is 1,3 maal die van de gloeidraad in de halogeenlamp.

4p 11 Leg uit met behulp van figuur 2 welke gloeidraad langer is: die van de gloeilamp of die van de halogeenlamp.

In figuur 3 is van beide lampen de Stralingskromme weergegeven.

figuur 3



Jan beweert dat deze figuur niet kan kloppen, omdat de twee lijnen elkaar snijden en Planck-krommen elkaar nooit snijden. Zie BINAS tabel 23.

2p **12** Leg uit of Jan gelijk heeft.

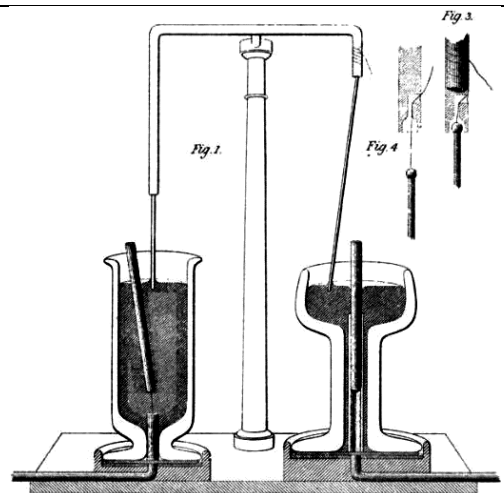
Het rendement van een elektrische lamp wordt gedefinieerd als de verhouding van de energie van het uitgestraalde licht in het zichtbare gebied (400 tot 800 nm) en de elektrische energie.

4p **13** Leg uit hoe de verhouding van de rendementen van de halogeenlamp en de gloeilamp uit figuur 3 te bepalen is. (De bepaling zelf hoeft niet te worden uitgevoerd.)

Lees onderstaand artikel.

Een van de eerste elektromotoren ooit werd ontwikkeld door Michael Faraday. In 1821 publiceerde hij zijn idee. In deze publicatie stond nevenstaande figuur.

De opstelling bestaat uit twee bekers gevuld met kwik. In de rechter beker bevindt zich in het midden een magneet. In het kwik hangt een koperen staaf. Door een elektrische stroom te laten lopen door de opstelling (koperen staaf en kwik) beweegt de koperen staaf rondom de magneet. (In het linker gedeelte beweegt de magneet om de koperen staaf.)



figuur 1

Sanne wil met eenvoudige hulpmiddelen zelf een Faradaymotor maken als in het rechter gedeelte in de afbeelding hierboven.

In figuur 1 is schematisch de opstelling weergegeven die Sanne maakt.

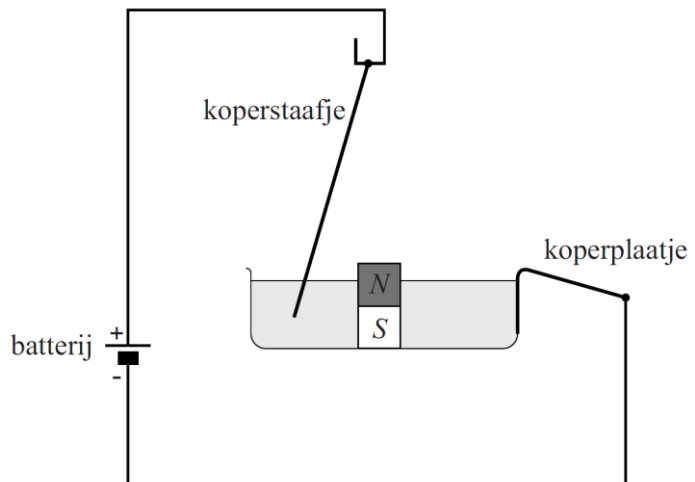
Midden in een glazen bakje legt ze een magneet.

In het bakje giet ze water.

Verder verbindt ze een 9,0 V-batterij via twee koperdraden met een koperstaafje en een koperplaatje. De koperdraden hebben elk een

diameter van 0,20 mm en een lengte van 30 cm. Het koperstaafje heeft een diameter van 1,0 mm en een lengte van 10 cm.

Sanne berekent dat de weerstand van het koperstaafje $2,2 \text{ m}\Omega$ is en beredeneert dat de weerstand van één koperdraad een factor 75 groter is dan de weerstand van het koperstaafje.



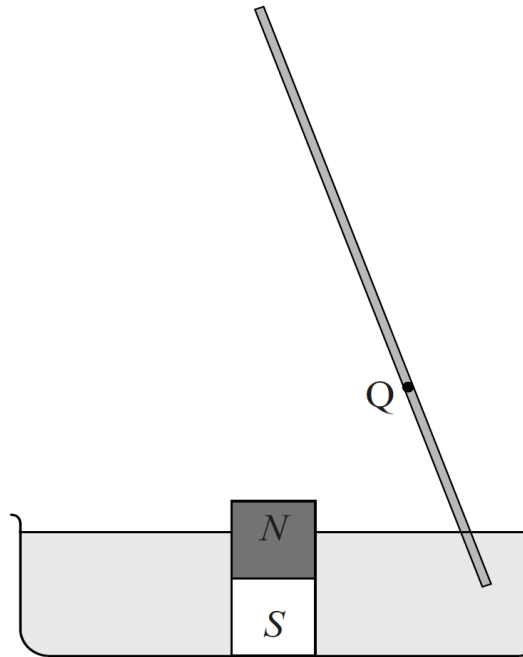
4p 18 Voer de berekening uit en geef de redenering van Sanne om te laten zien dat deze waarden juist zijn.

Sanne voegt een hoeveelheid zout toe aan het water. Het zoute water tussen het koperplaatje en het koperstaafje heeft een weerstand van $4,5 \Omega$. Het koperplaatje in de opstelling heeft een verwaarloosbaar kleine weerstand. Ook worden eventuele contactweerstand verwaarloosd.

3p 19 Bereken de stroomsterkte die nu door haar opstelling loopt.

figuur 2

Als de stroom loopt, begint het koperstaafje om de magneet heen te draaien. Er werkt dus een kracht op het staafje. In figuur 2 is de situatie schematisch getekend. In punt Q staat het magneetveld loodrecht op het staafje. Figuur 2 staat vergroot weergegeven op de uitwerkbijlage.



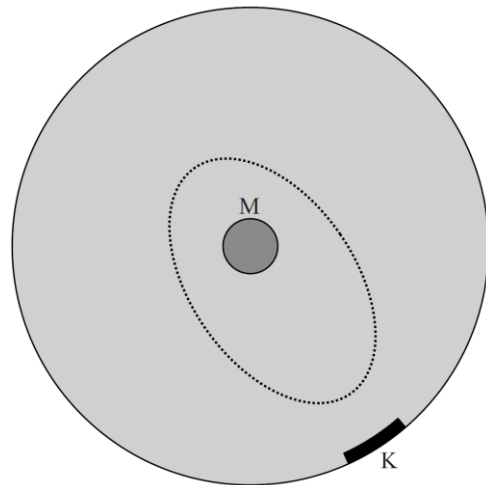
4p **20** Voer de volgende opdrachten uit:

- Teken in de figuur op de uitwerkbijlage de richting van het magneetveld en van de kracht in punt Q.
- Geef daarmee aan of het staafje, van bovenaf gezien, een draaibeweging maakt met de wijzers van de klok mee of tegen de wijzers van de klok in.

figuur 3

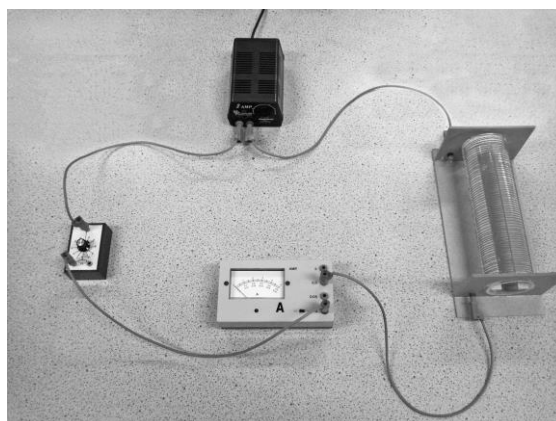
Als Sanne van bovenaf naar het draaiende staafje kijkt, valt het haar op dat de baan ellipsvormig is en niet cirkelvormig. In figuur 3 is dit schematisch weergegeven. In deze figuur is ook de positie van de magneet M en het koperplaatje K aangegeven.

3p **21** Leg uit waarom de baan **niet** cirkelvormig is.



figuur 1

Jeroen en Baukje voeren een onderzoek uit dat als doel heeft de sterkte van het magneetveld van de aarde te bepalen. Ze maken hiervoor een opstelling met een serieschakeling van een voeding, een regelbare weerstand, een stroommeter en een spoel van koperdraad. Zie figuur 1. Een aantal gegevens staat hieronder weergegeven.



voedingsspanning	9,0 V
aantal windingen van de spoel	60
diameter van de spoel	7,2 cm
dikte van de koperdraad van de spoel	0,14 mm
lengte van de spoel	24 cm
maximaal vermogen in de spoel	0,18 W
weerstand van de spoel	15 Ω

4p **15** Toon met een berekening aan dat de grootte van de weerstand van de spoel overeenkomt met de andere gegevens uit de tabel.

De stroomsterkte door de spoel mag maximaal 0,11 A bedragen.

2p **16** Toon dat aan met een berekening.

De schakeling bevat daarom een variabele weerstand. Jeroen en Baukje hebben vier variabele weerstanden tot hun beschikking met verschillend bereik. Zie hiernaast.

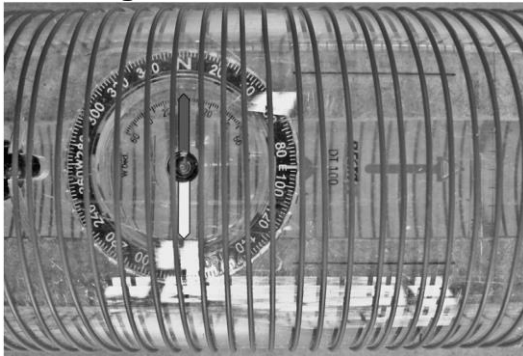
Ze willen de stroomsterkte zo gevoelig mogelijk regelen. Eén van de variabele weerstanden is het meest geschikt.

$R_A = 0$ tot 0,030 kΩ
$R_B = 0$ tot 0,30 kΩ
$R_C = 0$ tot 3,0 kΩ
$R_D = 0$ tot 30 kΩ

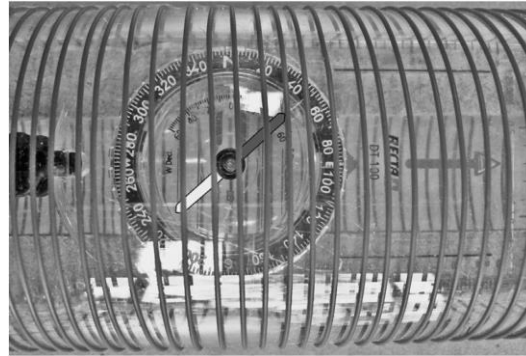
4p **17** Leg uit welke dat is. Bereken daarvoor de waarde waarop de variabele weerstand moet worden ingesteld.

Als Jeroen en Baukje beginnen, loopt in de spoel geen stroom. Ze leggen een kompas in de spoel en leggen de spoel zo neer dat de kompasnaald loodrecht op de spoel staat. De spoel ligt dan in oost-west-richting. Figuur 2 is een bovenaanzicht van deze situatie. Daarna wordt de voeding ingeschakeld. De kompasnaald draait dan. Zie figuur 3.

figuur 2



figuur 3



De situatie van figuur 3 is op de uitwerkbijlage schematisch en vanuit een bovenaanzicht weergegeven. Hierbij zijn de grootte en richting van het totale magneetveld B_{tot} getekend. Met lijnen zijn de stroomdraden aangegeven die boven over het kompas lopen.

3p **18** Voer de volgende opdrachten uit op de uitwerkbijlage:

- Teken de richting van het gemeten aardmagneetveld.
- Teken de richting van het magneetveld van de spoel.
- Teken de richting van de stroom in de getekende stroomdraden.

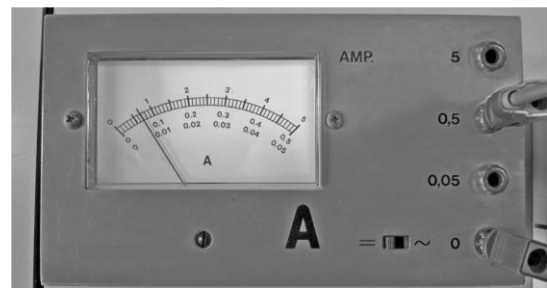
Als de variabele weerstand zo wordt ingesteld, dat de kompasnaald draait over een hoek van 45° , is de gemeten waarde van het aardmagneetveld gelijk aan de waarde van het magneetveld in de spoel.

3p **19** Leg dit uit.

figuur 4

In figuur 4 zie je de stroommeter in de situatie van figuur 3.

3p **20** Bepaal de gemeten waarde van het aardmagneetveld.



In de literatuur vinden Jeroen en Baukje een grotere waarde voor het aardmagneetveld.

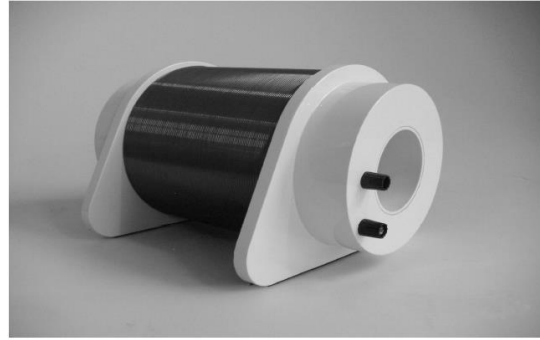
2p **21** Beantwoord de volgende vragen:

- Wat is de reden van het verschil?
- Wat moet er nog meer bepaald worden om de literatuurwaarde voor het aardmagneetveld te krijgen?

Opgave 3 Spoel van koperdraad

Henk en Nina krijgen van hun natuurkundeleraar een spoel van geïsoleerd koperdraad met de opdracht de lengte van de draad te bepalen. De spoel mag niet afgewikkeld worden. De spoel heeft twee aansluitpunten. Zie figuur 1.

figuur 1



Proef A

Hun eerste plan is om de weerstand van de draad te bepalen en met behulp daarvan de lengte van de draad uit te rekenen. Ze hebben een gelijkspanningsbron, een stroommeter en een spanningsmeter. Hiermee maken zij een schakeling. Op de uitwerkbijlage staan deze onderdelen getekend.

2p 12 Teken in de figuur op de uitwerkbijlage de verbindingssnoeren zodat een schakeling ontstaat om de weerstand van de draad te bepalen.

Ze lezen de meters af:

- spanningsmeter: 0,56 V;
- stroommeter: 0,23 A.

Verder meten ze de diameter van de koperdraad: 1,5 mm.

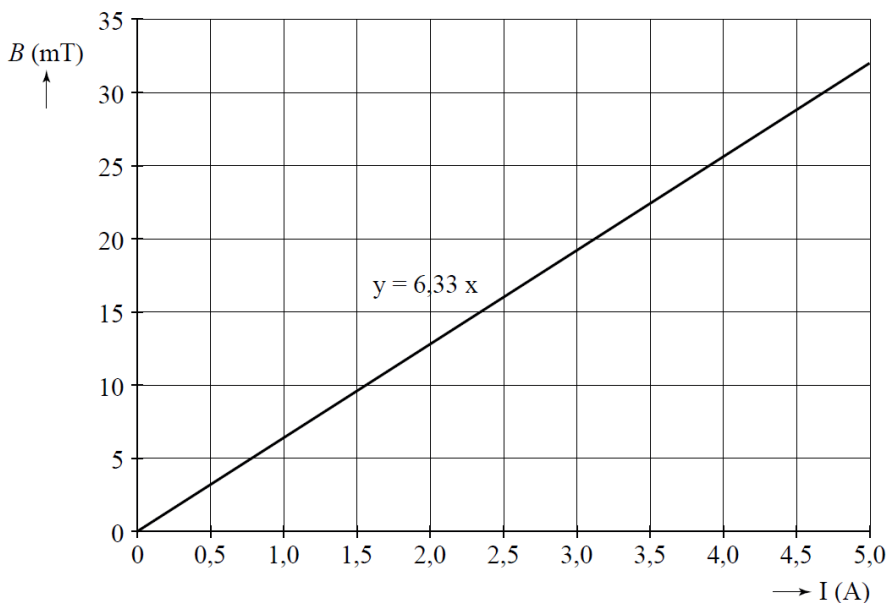
4p 13 Bereken de lengte van de koperdraad.

Proef B

Hun tweede plan is om de magnetische veldsterkte van de spoel te meten en met behulp daarvan ook de draadlengte te berekenen. Ze gebruiken de schakeling van proef A en schuiven een magneetveldsensor midden in de spoel.

Ze meten de magnetische veldsterkte B als functie van de stroomsterkte I . De meetpunten staan in de grafiek van figuur 2.

figuur 2

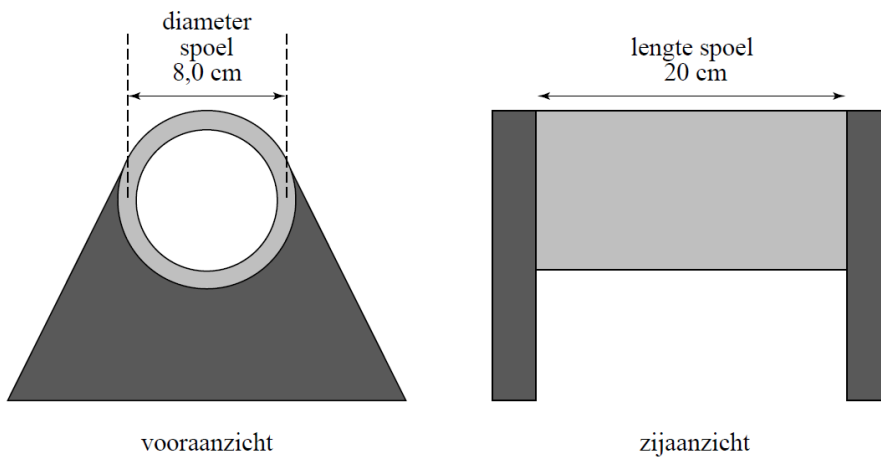


Door de meetpunten is een rechte lijn door de oorsprong getrokken.

2p 14 Leg uit op grond van de theorie (een formule uit BINAS) waarom dit de juiste keuze is.

De vergelijking van de getrokken lijn (trendlijn) staat bij de grafiek van figuur 2. Om hiermee de lengte van het koperdraad te berekenen is het nodig om de afmetingen van de spoel te weten. Deze staan weergegeven in figuur 3.

figuur 3



4p **15** Bepaal hoe groot de draadlengte is die uit deze gegevens volgt.

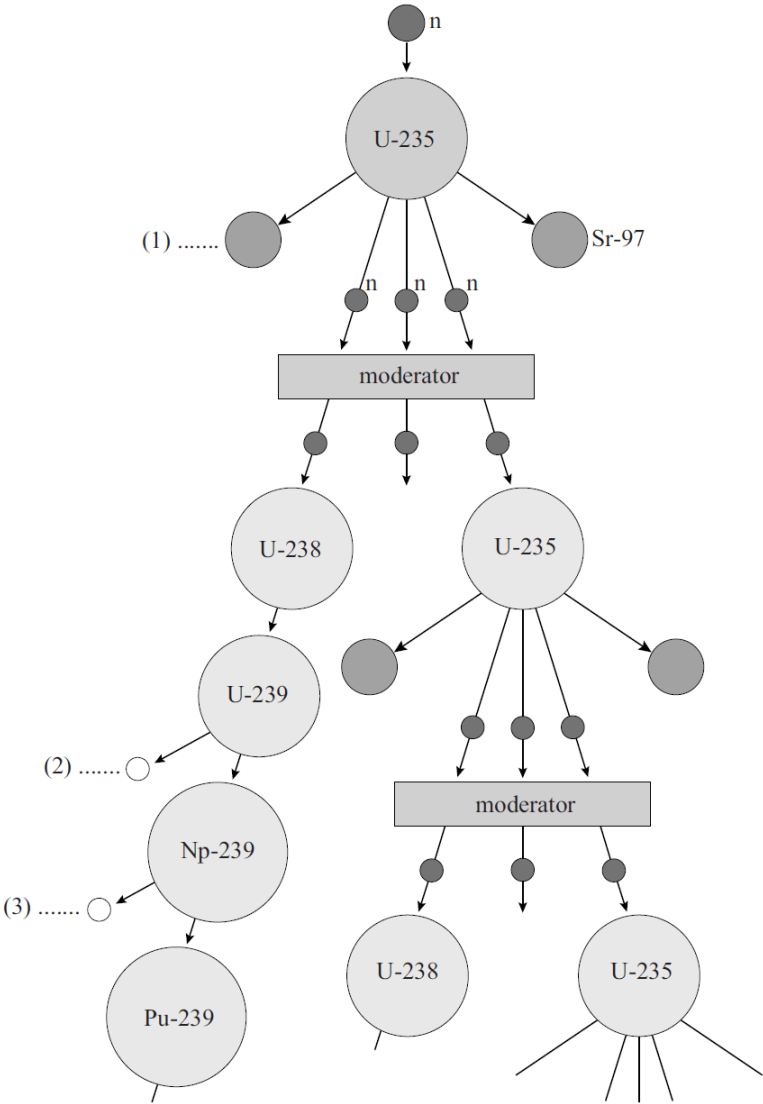
Henk en Nina noteren in hun verslag: "De metingen bij 4 A en 5 A waren lastig te doen. We hadden de spanning opgedraaid zodat we de gewenste stroom hadden. Maar dan begon de stroom te zakken en moesten we de spanning nog iets opdraaien."

2p **16** Verklaar dit.

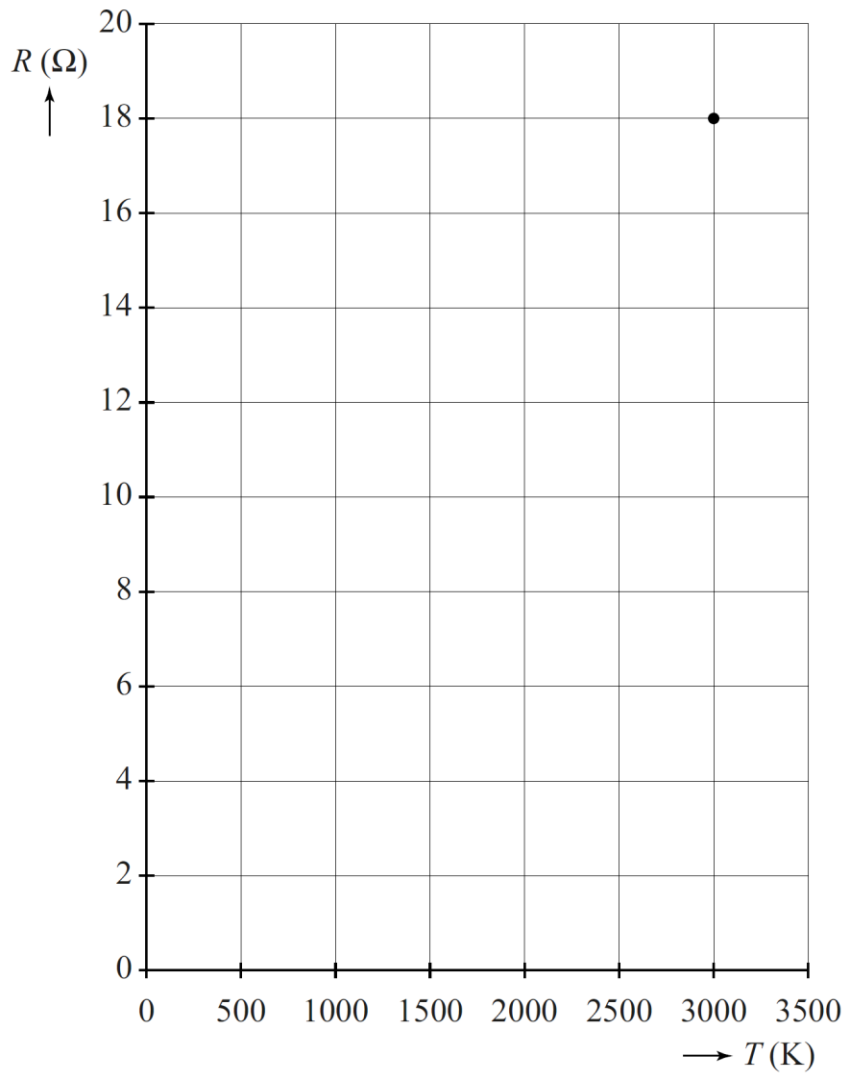
uitwerkbijlage

Naam kandidaat _____ Kandidaatnummer _____

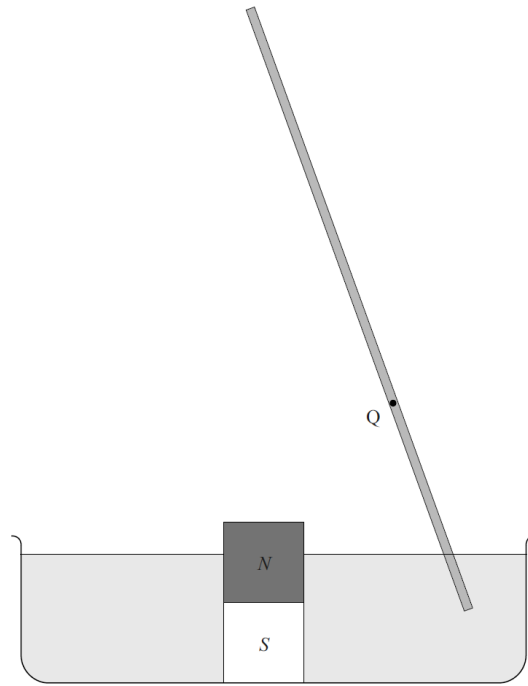
2015-2-vraag 23



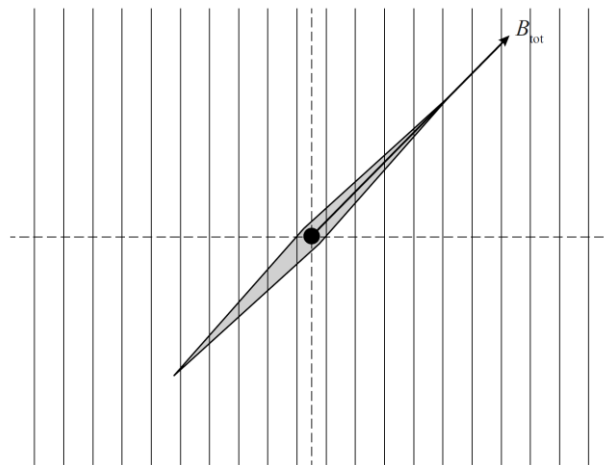
2014-1-vraag 8



Faradaymotor



Magneetveld van de aarde



Spoel van koperdraad

12

