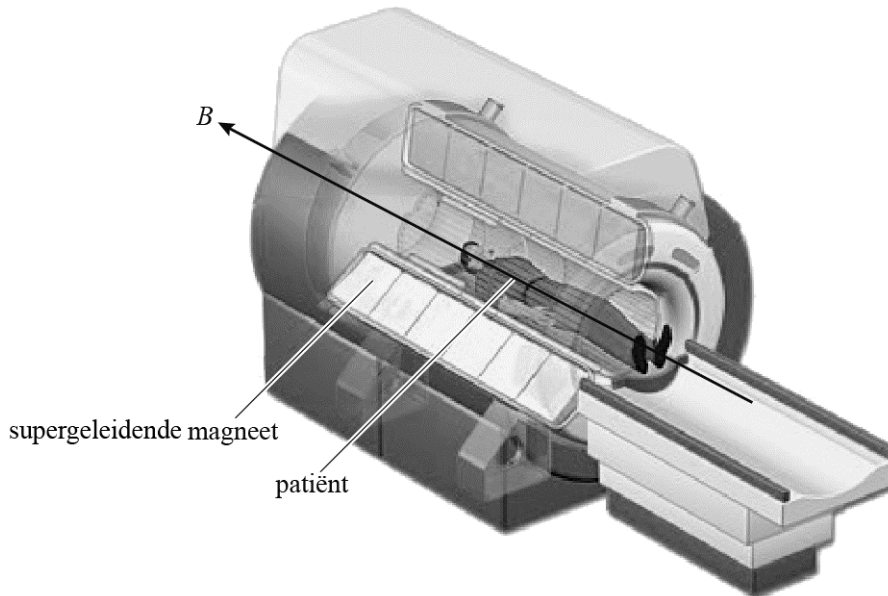


## MRI (Magnetic Resonance Imaging)

Een MRI-scanner kan 3D-beelden van het inwendige van een patiënt maken. Daarbij wordt gebruikgemaakt van een sterk magnetisch veld  $B$  en van radiogolven. Zie figuur 1 voor een opengewerkte afbeelding van een MRI-scanner.

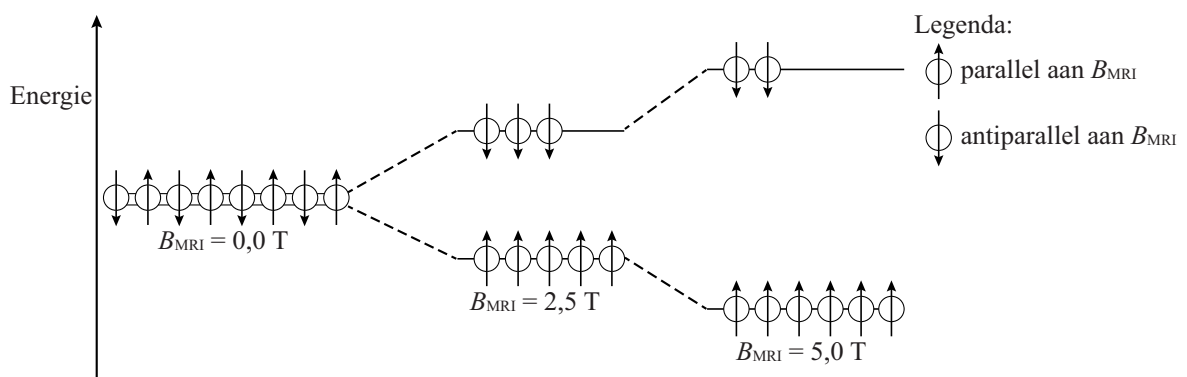
figuur 1



2p 17 Leg uit dat een MRI-scan veiliger is voor de patiënt dan een CT-scan.

De waterstofkernen (protonen) in het lichaam van een patiënt gedragen zich als kleine magneetjes. Deze richten zich als er een magnetisch veld  $B_{\text{MRI}}$  wordt aangelegd. De waterstofkernen kunnen dan in dezelfde richting als  $B_{\text{MRI}}$  staan (parallel) of tegengesteld aan  $B_{\text{MRI}}$  (antiparallel). De waterstofkernen parallel aan  $B_{\text{MRI}}$  bevinden zich in een lager energieniveau dan de kernen antiparallel aan  $B_{\text{MRI}}$ . In het lage energieniveau zitten meer waterstofkernen dan in het hoge energieniveau. Bij een sterker magnetisch veld is er een groter overschot aan waterstofkernen in het lage energieniveau. Dit is schematisch weergegeven in figuur 2.

figuur 2



Voor het energieverval tussen de waterstofkernen die parallel aan  $B_{\text{MRI}}$  en de waterstofkernen die antiparallel aan  $B_{\text{MRI}}$  staan, geldt:

$$\Delta E = \gamma h B_{\text{MRI}}$$

Hierin is:

- $\gamma$  een constante die voor waterstof gelijk is aan:  $42,57 \text{ MHz T}^{-1}$ ;
- $h$  de constante van Planck in J s;
- $B_{\text{MRI}}$  de sterkte van het magnetisch veld in T.

Er wordt nu een RF-puls (Radio Frequente puls, puls van radiostraling) naar de patiënt gezonden met fotonen die precies de energie  $\Delta E$  hebben die nodig is om de waterstofkernen in het hoge energieniveau te brengen.

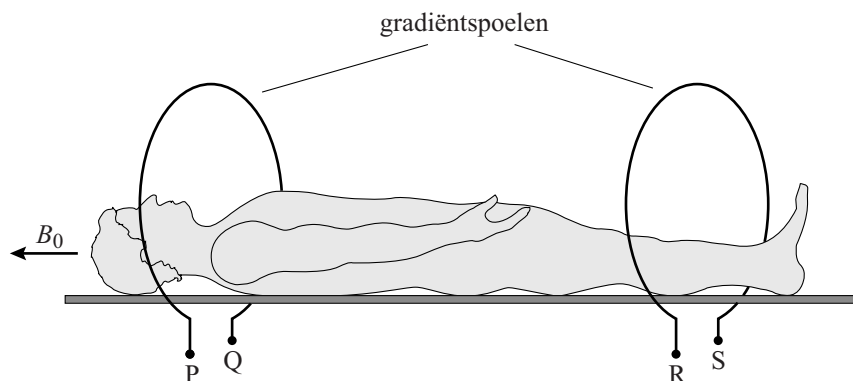
- 2p 18 Bereken de frequentie die de RF-puls moet hebben bij een magnetisch veld van 5,0 T.

Het magnetisch veld  $B_{\text{MRI}}$  bestaat uit een constant magnetisch veld  $B_0$  en het zogenaamde gradiëntveld  $B_g$ .  $B_g$  heeft dezelfde richting als  $B_0$  of is tegengesteld aan  $B_0$  en is niet op elke plaats even sterk.

Er geldt:  $B_{\text{MRI}} = B_0 + B_g$ .

Het gradiëntveld  $B_g$  wordt opgewekt door stroom te sturen door twee spoelen. Zie figuur 3 voor een schematische weergave. Figuur 3 staat ook op de uitwerkbijlage.

**figuur 3**

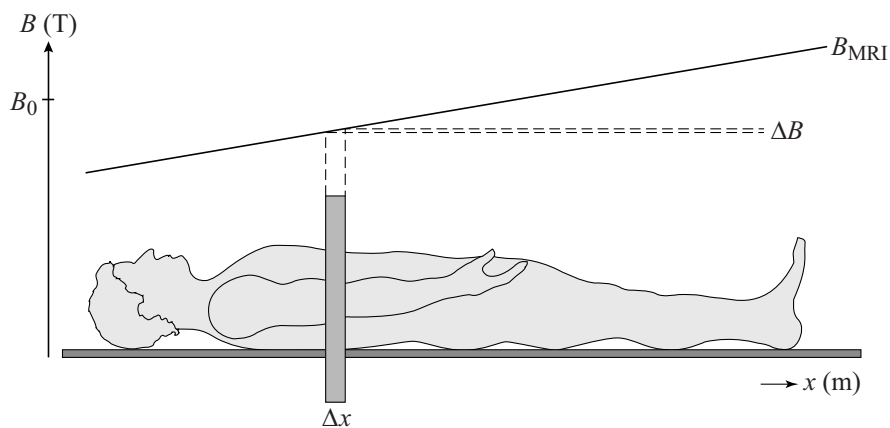


Op een bepaald moment stelt men het gradiëntveld in figuur 3 zodanig in dat het totale magnetisch veld  $B_{\text{MRI}}$  bij het hoofd van de patiënt minder sterk is dan  $B_0$  en bij de voeten sterker is dan  $B_0$ .

- 3p 19 Geef in de figuur op de uitwerkbijlage voor elke gradiëntspool aan:
- de richting van het magnetisch veld dat het gradiëntveld levert;
  - de richting van de stroom;
  - de polariteit van de aansluitingen (plus of min bij P, Q, R en S).

In figuur 4 staat het verloop op een bepaald moment van het totale magnetisch veld  $B_{\text{MRI}}$  schematisch weergegeven. De patiënt blijft op dezelfde plaats liggen. Figuur 4 staat ook op de uitwerkbijlage.

**figuur 4**



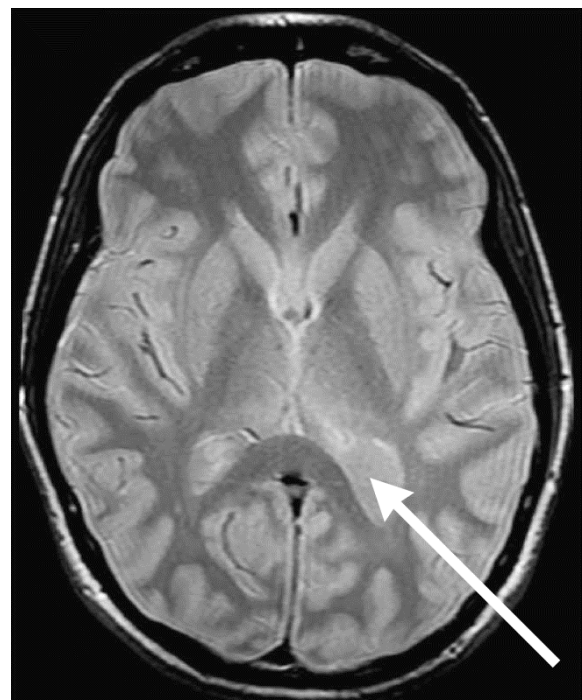
De RF-puls heeft een vaste frequentie zoals in vraag 18 berekend en een vaste bandbreedte. Door deze vaste bandbreedte worden waterstofkernen in een gebiedje  $\Delta B$  naar het hoge energieniveau gebracht. Hierdoor worden fotonen geabsorbeerd en even later geëmitteerd door waterstofkernen uit een plakje  $\Delta x$ . De plaats in het lichaam en de dikte van het plakje  $\Delta x$  zijn in te stellen door het gradiëntveld  $B_g$  te variëren. Het veld  $B_0$  blijft daarbij constant.

Men verandert het gradiëntveld  $B_g$  zodat het plakje  $\Delta x$  dunner wordt en bij het hoofd van de patiënt komt te liggen.

2p 20 Teken in de figuur op de uitwerkbijlage hoe  $B_{\text{MRI}}$  daartoe nu verloopt.

Na het uitschakelen van de RF-puls zenden de waterstofkernen gedurende een aantal milliseconden een signaal uit. Weefsels met veel waterstofkernen geven een signaal met een hoge intensiteit en zijn het witst op een MRI-beeld. Zie figuur 5. Hersenweefsel heeft ongeveer 80% van de waterstofkernendichtheid van water. Andere weefsels hebben een kleinere waterstofkernendichtheid.

**figuur 5**



2p 21 Leg uit of er bij de pijl in figuur 5 hersenweefsel zit of ander weefsel.