

9.1 lopende golven:

Lopende golf: energie plant zich voort over afstand. de meest rechtse golf in de grafiek is de eerst ontstane golf.

evenwichtsstand: stand die in een periodieke grafiek het gemiddelde aangeeft. er ligt evenveel van de grafiek boven als onder de evenwichtsstand.

harmonische trilling: enkelvoudige trilling. de harmonische trilling is een zich herhalende beweging van een punt langs een rechte lijn rondom de evenwichtsstand. heeft de vorm van een sinus:

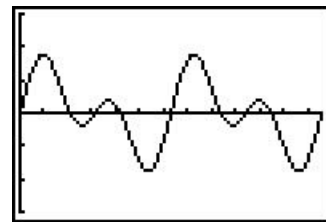
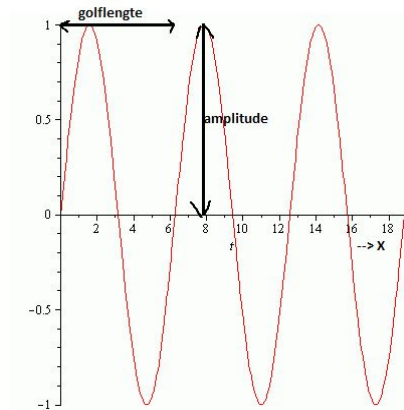
amplitude(A): maximale uitwijking van de golf. hoe groter de amplitude, hoe meer energie de golf doorgeeft.

golflengte(λ of lambda): lengte van de golf. de afstand waarover een patroon zich herhaalt. bij een harmonische trilling is dat één volledige sinus.

niet-harmonische trilling: trilling die niet de vorm van een sinus heeft, maar zich wel steeds herhaalt:

trillingstijd(T): de tijd die het kost om één trilling af te ronden.

golffront: de kop van de golf.



$$\lambda = v \times T$$

golflengte(in m) = voortplantingssnelheid(in m/s) x trillingstijd(in s)

$$\lambda = v/f$$

golflengte(in m) = voortplantingssnelheid (in m/s) x frequentie(in hz of s⁻¹(s⁻¹ is 1/s))

$$s = v \times t$$

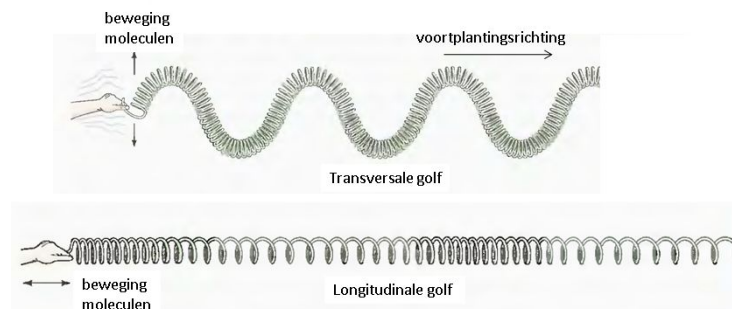
afstand(in m) = snelheid (in m/s) x tijd(in s)

met de 2=6/3 regel kun je deze formules ombouwen.

2 soorten lopende golven:

- **transversale golf:** golf waarbij de trillingsrichting van de windingen van de veer loodrecht op de voortplantingsrichting staat. er ontstaat een patroon van bergen en dalen.

- **longitudinale golf:** golf in een veer waarbij er verdichtingen(waar de ringen dicht op elkaar zitten) en verdunningen(waar de ringen van de veer verder van elkaar af zitten dan normaal)



een golf transporteert alleen energie, geen deeltjes.

verschil trilling en golf:

trilling gaat over tijd ((u,t)-diagram), golf over afstand((u,x)-diagram).

als de trillingstijd halveert, halveert de golflengte.

als de voortplantingssnelheid(v) verdubbeld, verdubbelt de golflengte.

soorten mechanische golven(verplaatsen zich door een medium):

watergolven:

- transversale, tweedimensionale golf
- voortplantingssnelheid hangt af van de diepte van het water.

snaren:

- eendimensionale, transversale golf
- de voortplantingssnelheid hangt af van:
 - X het materiaal waarvan de snaar is gemaakt
 - X de dikte van de snaar
 - X de spankracht van de snaar
- snaren van muziekinstrumenten hebben voortplantingssnelheden van ongeveer 100 m/s

geluidsgolven:

- driedimensionaal en longitudinaal
- voortplantingssnelheid hangt af van:
 - X de samenstelling van de lucht
 - X de temperatuur van de lucht
 - X de dichtheid van de lucht
- voortplantingssnelheid van geluid/geluidssnelheid is in lucht bij 20 graden gelijk aan 343 m/s (zie tabel 15A binas)
- in gassen, vloeistoffen en vaste stoffen kunnen geluidsgolven lopen.

uitzondering die zich niet door een medium beweegt:

elektromagnetische golven:

- bijvoorbeeld licht of radiogolven: kunnen zich ook door vacuüm verplaatsen, hier is geen tussenstof voor nodig.
- voortplantingssnelheid in vacuüm: $2,99792 \times 10^8$ m/s (lichtsnelheid) (zie tabel 7A binas)

9.2 golven in diagrammen

(u,x)-diagram: hierin kun je de golflengte en de amplitude van een oneindig aantal punten aflezen. het zegt alleen iets over één enkel tijdstip en is dus een momentopname.

(u,t)-diagram: hierin kun je de trillingstijd en de amplitude aflezen van één enkel punt. het is een soort film van dat trillende punt.

9.3 informatieoverdracht

magnetisch veld: het veld om een magneet waarin die magneet invloed uitoefent.

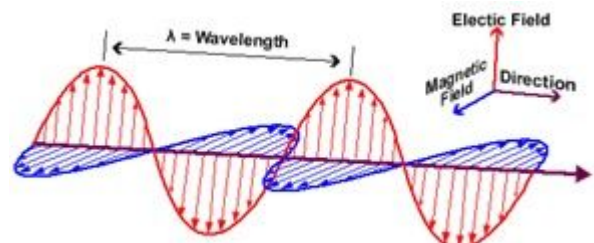
elektrisch veld: bevindt zich in de ruimte om een elektrisch geladen voorwerp. andere geladen deeltjes ondervinden er een elektrische kracht.

gravitatieveld: plek waar massa's gravitatiekracht ondervinden.

veld: is dus een ruimte waarin krachten op afstand werkzaam zijn. deze zijn niet zichtbaar met het oog.

elektromagnetische golf:

- voortplanting door de ruimte van elektrische en magnetische trillingen. bijvoorbeeld licht. Alle soorten elektromagnetische straling hebben in het vacuüm een snelheid gelijk aan de lichtsnelheid.
- deze wek je op en zend je uit door bijvoorbeeld een lading of magneet duizend keer per seconde op en neer te bewegen. de uitgezonden golf oefent vervolgens elektrische krachten uit op ladingen. passeert hij een ontvanger, een antenne, dan gaan de geleidingselektronen in de antenne 1000 keer per seconde op en neer. zo ontstaat een kleine wisselspanning die je kunt versterken. je hebt zo een signaal verzonden van een zender naar een ontvanger. dit wordt gebruikt door bijvoorbeeld mobiele telefoons en radiozenders.



basisprincipe zender radio:

1. zet geluidstrillingen(deeltjes die op en neer bewegen) met een microfoon om in elektrische trillingen(ladingen die op en neer bewegen).
2. voeg deze elektrische trillingen(bronsignaal) toe aan een draaggolf(een elektromagnetische golf waarvan de frequentie geschikt is voor het overbruggen van grote afstanden.) dit heet moduleren.
3. er is nu een samengestelde golf ontstaan die bestaat uit de draaggolf en het bronsignaal. de ontvanger stemt af op een draaggolf, filtert de draaggolf weg en geeft alleen het bronsignaal weer. dit heet demoduleren.

de draaggolf moet een veel hogere frequentie hebben dan het bronsignaal, omdat bij het demoduleren anders ook het bronsignaal verdwijnt.

twee manieren om een bronsignaal aan een draaggolf(moduleren):

- amplitudemodulatie: Overdracht van geluid door middel van Amplitude Modulatie gebeurt door de amplitude van de draaggolf geleidelijk te veranderen, in het ritme van over te brengen geluid.
heeft het bronsignaal een positieve amplitude(staat de amplitude boven de evenwichtsstand) dan verhoogd de amplitude van de draaggolf. bij een negatieve amplitude van het bronsignaal dan verlaagd de amplitude van de draaggolf.
een nadeel is dat het gevoelig is voor storingen, dit hoor je in de radio als ruis. deze storingen kunnen ontstaan door andere radiozenders.
dit wordt toegepast bij de AM-zenders.
- frequentiemodulatie: modulatie van trillingsgolven waarbij de frequentie van de draaggolf gevarieerd wordt terwijl de amplitude daarvan ongewijzigd blijft of in ieder geval geen informatie bevat.
hierbij heb je minder last van ruis
wordt toegepast bij FM-zenders.

bandbreedte: verschil tussen de hoogste frequentie en de laagste frequentie van een signaal. hoe groter de bandbreedte, hoe meer informatie, dus hoe beter de kwaliteit.

bij radio en televisie is er sprake van eenrichtingsverkeer tussen een zender en een ontvanger. bij telecommunicatie is dit tweerichtingsverkeer. hierbij moeten de golven elkaar niet overlappen.

als je belt gaat dat via een gsm-mast. hierin zit een basisstation dat twee kanalen toewijst:

uplinkkanaal: voor de communicatie van je mobiel naar de mast. deze heeft de laagste frequentie.

downlinkkanaal: van de mast naar je mobiel. deze heeft de hoogste frequentie.

het bronsignaal zit symmetrisch om de centrale frequentie van een kanaal heen.

als een downlinkkanaal met 850,00 MHz een bandbreedte heeft van 20 KHz dan is de hoogste verzonden frequentie $850 \times 10^6 + 10 \times 10^3 = 850,01$ MHz. want die 850 is de frequentie van het bronsignaal en die zit in het midden.

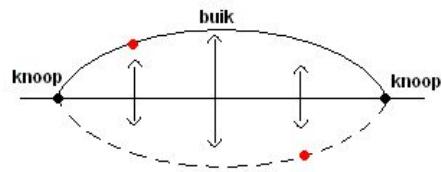
de afstand tussen het uplinkkanaal en downlinkkanaal is bij mobielen en telefonen standaard 45 MHz(kanaalscheiding)!

lage muziekfrequenties gaan makkelijker door of om obstakels heen, ze worden minder tegengehouden. ze hebben ook een groter bereik.

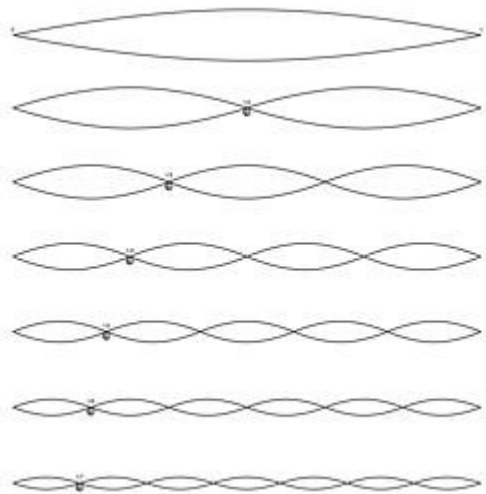
alle frequenties die gebruikt worden noemen we radiogolven, ook als ze niet voor de radio gebruikt worden.

9.4 staande golven

eigenfrequenties: de frequentie(s) waarmee het voorwerp van nature trilt.
resonantie: als je een voorwerp met een andere frequentie dwingt te trillen.
staande golf: een golfverschijnsel veroorzaakt door interferentie van twee golven met gelijke frequentie en amplitude maar tegengestelde voortplantingsrichting.
Daardoor ontstaat een regelmatig patroon van punten die stilstaan, de knopen, en punten die maximale uitslag vertonen, de buiken.
interferentie: het samenwerken (versterken of verzwakken) van golven.



- de rode punten trillen verticaal en zijn in fase
- de afstand tussen twee knopen of twee buiken is een halve golflengte



grondtoon: $l = 1 \times \frac{1}{2} \lambda$

eerste boventoon: $l = 2 \times \frac{1}{2} \lambda$

tweede boventoon: $l = 3 \times \frac{1}{2} \lambda$

derde boventoon: $l = 4 \times \frac{1}{2} \lambda$

vierde boventoon: $5 \times \frac{1}{2} \lambda$

vijfde boventoon: $6 \times \frac{1}{2} \lambda$

zesde boventoon: $7 \times \frac{1}{2} \lambda$

formule om te berekenen hoeveel golven je hebt:

$$l = n \times \frac{1}{2} \times \lambda \text{ oftewel } l = n \times \frac{1}{2} \times (v/f)$$

n = aantal buiken

λ = golflengte (m)

v = voortplantingssnelheid (m/s)

f = frequentie (Hz of s^{-1} (=1/s))

bij een staande golf met een open uiteinde moet je rekenen in $\frac{1}{4}$ delen, want het uiteinde is $\frac{1}{4}$ van een golf.

bij lopende golven trillen alle punten met gelijke amplitude, maar op verschillende tijdstippen. bij staande golven trillen de punten tussen twee knopen in fase, maar met verschillende amplitude.

9.5 muziekinstrumenten

enkele instrumenten laten alleen een grondtoon horen. de golfvorm is dat sinusvormig. uiteinden van muziekinstrumenten kunnen zowel vast als open zijn.

klankkleur: toon, De soort klank van de instrumenten, dat afhankelijk is van de klankbron, speelwijze, materiaal en de vorm van het instrument.

geluid heeft zowel fysische eigenschappen als perceptuele.

fysische eigenschappen: kun je rechtstreeks meten, bvb frequentie, intensiteit grondtoon en boventoon.

perceptuele eigenschappen: ontstaan in de hersenen en kun je niet (rechtstreeks) meten. bvb toonhoogte, luidheid en klankkleur.

10.1 elektromagnetische straling

straling: is voortdurend om je heen aanwezig, afkomstig uit de omgeving en van elektrische apparatuur.

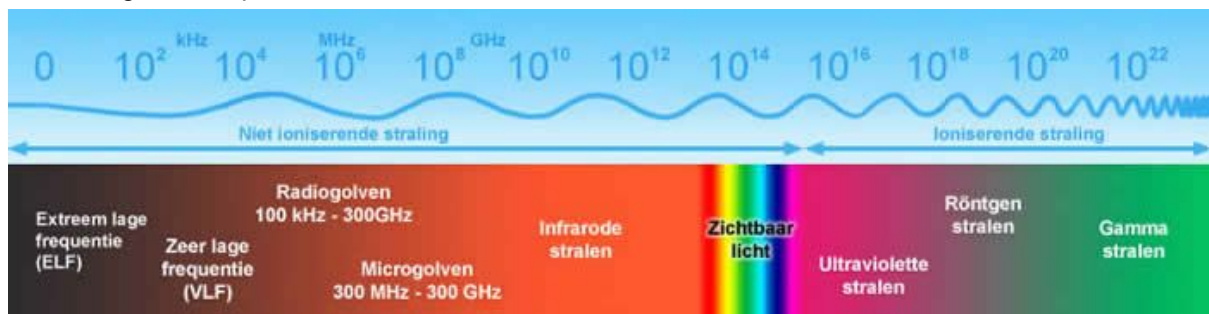
je kunt straling meestal niet zien of voelen. vaak kun je wel de effecten merken.

straling die je wel kunt voelen: warmte van de zon of iemands lichaam

straling die je wel kunt zien: zichtbaar licht

straling wordt zwakker wanneer je verder van de bron komt en lichamelijk weefsel kan straling absorberen of doorlaten. dit zorgt ervoor dat je met straling in je lichaam kunt kijken.

elektromagnetisch spectrum:



de straling staat gerangschikt op energie en frequentie. de straling met de grootste energie en de hoogste frequentie staat het meest rechts.

soorten straling:

radiogolven,

microgolven,

infrarood(IR)

zichtbaar licht

ultraviolet(UV)

röntgenstraling

gammastraling. TABEL 19B BINAS

fotonen: - de deeltjes waaruit straling bestaat. pakketje stralingsenergie zonder massa.
- een golf bestaat uit heel veel fotonen die achter elkaar aan bewegen.

energie en frequentie zijn recht evenredig met elkaar.

$$E_f = h \times f$$

E_f = energie van het foton (in J)

h = constante van Planck (= 6,62607 x 10⁻³⁴ J/s)

f = frequentie (hz)

zichtbaar licht: - wordt geproduceerd door de zon, vuur, lampen, en sommige dieren(glimwormen)
- het menselijk oog is gevoelig voor zichtbaar licht.
- wit licht: opgebouwd uit verschillende kleuren.

- lichttherapie:therapie die gebruik maakt van blauw licht waardoor je je fitter voelt.

ultraviolet: - heeft een hogere energie dan infrarood.

- de straling die doordringt in je huid en ervoor zorgt dat de huid pigment en vitamine D aanmaakt.

- ziekmakende micro-organismen kunnen kapot gemaakt worden met deze straling.
- ultraviolet gaat niet door glas heen.

infrarood: - bestaat uit fotonen met een lagere energie dan zichtbaar licht.

- voel je als warmte.

- het lichaam straalt ook infrarood uit.

radiogolven: - veel van ons communicatieverkeer gaat via radiogolven.

- hebben een lage energie en frequentie

röntgenstraling: - ontstaat in een röntgenbuis en wordt toegepast in de röntgenapparatuur in het ziekenhuis.

- is gevaarlijk door de hoge energie.

- de zachte delen van je lichaam (met een lage dichtheid) laten de straling grotendeels door, terwijl zwaarder weefsel, zoals botten, de straling meer absorberen

- heeft een grote ioniserende werking en is daarom niet gezond.

gammastraling: - afkomstig uit de kosmos en radioactieve kernen.

- heeft de hoogste frequentie en energie en is het gevaarlijkst.

- deze straling dringt nog verder door en heeft een groter ioniserend vermogen dan

röntgenstraling.

10.2 fotonen

interfereren: wanneer twee golven botsen waarvan de ene golf zich in een dal bevindt en de ander in een berg. (uitdoving van de golf)

interferentiepatroon: door interferentie ontstaat een nieuw golfpatroon. dit verschijnsel is uniek voor golven.

licht gedraagt zich als een golf en bestaat uit deeltjes.

foto-elektrisch effect/foto-emissie: Verschijnsel dat een metaal elektronen afgeeft als er UV-licht op valt.

lichtsnelheid(c): 299 792 458 m/s

alle elektromagnetische golven planten zich met lichtsnelheid voort in vacuüm.

$$c = f \times \lambda$$

c = lichtsnelheid (m/s)

f = frequentie (hz)

λ = golflengte (m)

doordringend vermogen: de mogelijkheid van straling om door een stof te dringen.

absorptie: de opslorping van licht en andere straling door materie.

de absorptie van de straling wordt bepaald door:

- de fotonenergie,

- de dichtheid van het materiaal,

- de dikte van het materiaal.

ioniserend vermogen: dat de straling het vermogen heeft om een elektron weg te kaatsen bij atomen van de stof waar de straling doorheen gaat.

de kans op ionisatie het grootst bij een stof met een hoge dichtheid.

UV-straling kan bij een langdurige blootstelling of hoge intensiteit schadelijke gevolgen hebben. deze straling dringt niet zo ver door, maar de straling kan wel bindingen in moleculen kapot maken.

wanneer dat in je huid gebeurt kunnen er reacties op gang komen waarbij schadelijke stoffen ontstaan of je DNA beschadigd.

10.3 beelden door absorptie

halveringsdikte: de dikte van een materiaal, waarbij de intensiteit van de straling tot op de helft wordt teruggebracht.

doorlaatkromme: wanneer je de intensiteit en de halveringsdikte uit zet in een grafiek. hieruit kun je aflezen tot hoever een stof straling doorlaat.

intensiteit: De intensiteit is het vermogen dat een bron op een bepaalde oppervlakte uitoefent. het gaat om de hoeveelheid energie.

$$I = I_0 \times \left(\frac{1}{2}\right)^n$$

I = stralingsintensiteit na n halveringsdikten in (W/m²)

I₀ = intensiteit bij dikte 0 cm. dit is 100%

n = aantal halveringsdikten

$$n = d/d_{1/2}$$

d = dikte in m

$d_{1/2}$ = halveringsdikte in m (zie binas 28F)

als je bij beide diktes dezelfde eenheid gebruikt mag je bijvoorbeeld ook de eenheid centimeter gebruiken.

deze formule gebruik je alleen bij röntgen-en gammastraling.

bij alfa en betastraling spreek je van dracht, de maximale afstand die deze deeltjes afleggen in een stof.

schillenmodel van een atoom: de elektronen bevinden zich in schillen rondom de kern. hoe verder de schil zich van de kern bevindt, hoe hoger de energie van het elektron in de schil.

röntgenbuis: vacuümbuis met daarin een positieve anode(van wolfram) en een negatieve kathode met daartussen een instelbare spanning van 10 tot 100 kV

aan de kathode worden door hitte elektronen vrijgemaakt, die vervolgens versnellen tot ongeveer de helft van de lichtsnelheid.

deze snelle elektronen dringen de anode in en daarbij komt röntgenstraling vrij. dit kan op twee manieren:

- een snel elektron kan diep doordringen in een atoom en bij botsing een elektron uit de binnenste schil wegstoten. de lege plaats in de atoom wordt opgevuld door een elektron uit een schil met hogere energie. het daarbij vrijkomende röntgenfoton heeft een vaste energiewaarde die karakteristiek is voor het metaal
- ook kan een elektron worden afgebogen en afgeremd tijdens het passeren van de atoomkern. daarbij komt ook een röntgenfoton vrij. deze straling heet remstraling. door nu een grotere of kleinere spanning te gebruiken kun je de energie van de vrijgekomen remstraling variëren.

fluoroscopie: verzamelnaam voor de techniek waarbij je gedurende langere tijd een lage dosis röntgenstraling richt op een lichaam om een bewegend beeld te kunnen maken.

door nu contrastvloeistof in te spuiten kan een chirurg zien waar bepaalde bloedvaten lopen. deze vloeistof absorbeert röntgenstraling heel goed.

katherisatie: is het door middel van een katheter en contrastvloeistof in kaart brengen van bepaalde bloedvaten.

angiografie: een röntgenonderzoek van de slagaderen.

CT-scan: manier om met röntgenstraling ook de weke delen van het lichaam zichtbaar te maken.

bestaat uit een röntgenbron die om het lichaam heen draait met aan de andere kant röntgendetectors. je maakt zo een driedimensionaal beeld. wordt veel gebruikt om tumoren op te sporen en de ontwikkeling ervan te volgen. het nadeel is dat je heel veel straling binnen krijgt in vergelijking met een gewone röntgenfoto.

10.4 MRI

MRI-scan: magnetic resonance imaging. het is een grote elektromagneet.

zo'n grote magneet kun je maken door een spoel te winden met geleidend draad en er vervolgens stroom doorheen te laten lopen. hoe groter het aantal windingen en hoe groter de stroomsterkte, hoe sterker de magneet.

de sterkte van een magneetveld geef je aan met de eenheid Tesla(T).

een MRI heeft een sterkte van 1,5 T en dat is ongeveer 10^5 keer sterker dan het magneetveld van de aarde.

veldlijnen: hiermee geef je de sterkte en de richting van het magneetveld aan. hoe dichter de lijnen bij elkaar liggen, hoe sterker het magneetveld is.

homogeen veld: de lijnen liggen allemaal even ver van elkaar af(aan de binnenkant van een elektromagneet)

supergeleidend: geleid heel erg goed. er is geen weerstand.



waterstofatomen: overal in je lichaam zitten ze, maar de meesten behoren tot watermoleculen

- ze zijn gevoelig voor een magneetveld.

- heeft in de kern een positief geladen proton. een MRI kan bepalen waar de protonen van deze waterstofatomen zich in jouw lichaam bevinden:

het proton in de atoomkern heeft magnetische eigenschappen. in een magneetveld kan het proton zich gaan richten, als een kompasnaald. door nu met rf-spoelen(radiofrequentiespoelen) kortdurend energie met een specifieke radiofrequentie uit te zenden, geef je de protonen als het ware een harde duw. de protonen worden niet verplaatst in het magneetveld, ze zitten vast in het watermolecuul. de rf-puls geeft de protonen energie waardoor ze omklappen. de frequentie en daarmee de energie van de rf-puls moet wel precies passen bij de hoeveelheid energie die het proton nodig heeft voor het omklappen: de resonantiefrequentie

door een korte puls zal de proton maar kort omklappen. daarna draait deze weer terug. terwijl ze zich weer richten naar het magneetveld zenden ze de opgenomen energie weer uit in de vorm van een rf-signaal dat een elektrische stroom in een spoel kan genereren. dat wordt dan omgezet in beeld.

shieldingspoelen: in deze spoelen loopt de stroom de andere kant op, zodat deze spoelen het magneetveld buiten de magneet compenseren.

detectoren vangen de radiogolven op die de waterstofkernen uitzenden. de opgevangen radiogolven kun je omzetten in een beeld met grijs tinten. de hoeveelheid waterstofatomen en de omgeving bepalen de grijs tint. doordat de concentratie waterstofatomen per weefsel verschilt en de waterstofkernen in verschillende weefsels verschillend reageren is het mogelijk mooie contrastbeelden te maken.

gradiëntspoelen: Met een extra spoel (gradiëntspoel) kan de sterkte van het magneetveld in een bepaald deel van het lichaam beïnvloed worden.

in MRI scans kun je contrasten vergroten door het toevoegen van contrastvloeistof zoals gadolinium.

10.5 medische beelden

röntgenstraling kun je gebruiken om de botdichtheid te meten. een kleinere botdichtheid uit zich op de foto als minder wit bot.

het soort weefsel en de risico's van een techniek spelen een rol bij het kiezen van de beste techniek.

echografie: deze techniek maakt gebruik van ultrasone geluidsgolven die op grensvlakken van zachte en hardere structuren reflecteren. Deze techniek stelt medici onder meer in staat om organen in beeld te brengen.

ultrasone geluidsgolven: dit zijn geen elektromagnetische golven. geluid waarvan de frequentie te hoog is om gehoord te worden door het menselijk oor. rond de 3,0,Mhz.

transducer: het apparaatje dat de geluidsgolven voor de echografie produceert. deze zet je op het lichaamsdeel dat je wilt onderzoeken. omdat geluidsgolven in ieder medium een andere snelheid hebben, zal op ieder grensvlak met ander weefsel een deel van het geluid terugkaatsen en een deel van het geluid verder gaan met een andere snelheid. dit zal zich steeds herhalen. het teruggekaatste geluid wordt opgevangen. de geluidsgolven worden gestuurd in korte pulsen.

een echoscopist brengt een laagje gel tussen de huid en de transducer aan om direct contact te kunnen maken. wanneer dit niet gebeurt zullen er al geluidsgolven terugkaatsen op de huid.

dopplereffect: Een fenomeen dat karakteristiek is voor golfverschijnselen. wanneer de bron en de waarnemer zich ten opzichte van elkaar bewegen. De waargenomen frequentie lijkt hoger als de bron zich naar de waarnemer toe beweegt en lager wanneer de bron zich van de waarnemer verwijderd.

nog twee andere technieken:

- nucleaire diagnostiek: hierbij krijgt de patiënt radioactieve stof toegediend(een gammastraler). deze stof wordt als tracer(spoorvolger) gebruikt. die hoopt zich op in tumorweefsel, omdat dat weefsel heel actief en snelgroeiend is. deze gammastraling kun je vervolgens weer opvangen met detectoren.

- PET-scan: positron emission tomografiescan: om tumoren te detecteren. je krijgt dan glucose waarin een aantal atomen fluor-18 ingebracht zijn. in gebieden met tumorweefsel is de stofwisseling en dus het glucoseverbruik hoger dan in omliggend weefsel. de fluor-18 atomen zenden positronen uit (positief geladen deeltjes met dezelfde massa als elektronen). de positronen komen enkele millimeters ver, omdat ze zodra ze een elektron tegenkomen verdwijnen door annihilatie onder uitzending van gammastraling. deze straling bestaat uit 2 fotonen die in precies tegengestelde richtingen bewegen, hiervan maak je gebruik bij de detectie. rondom de patiënt bevindt zich een ring van detectoren.

als op twee precies tegenover liggende detectoren een foton terecht komt zijn deze fotonen afkomstig van de annihilatie, dus van het fluor. uit het tijdsverschil van aankomst kun je bepalen waar het fluor zat.