

Domein B. Golven

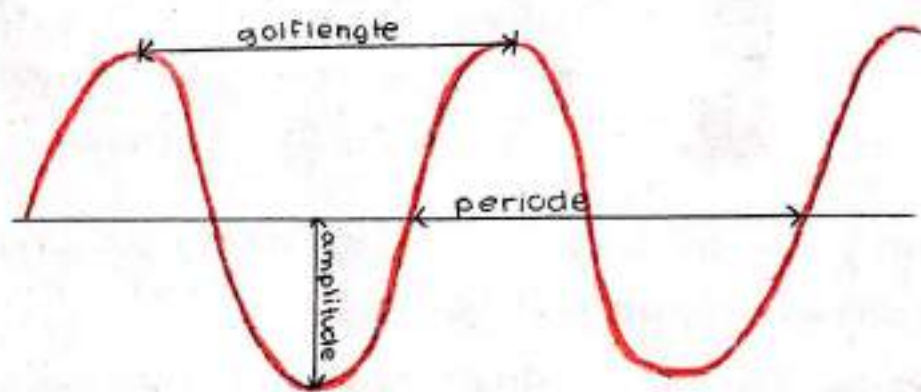
Subdomein B1. Informatieoverdracht

- Een **trilling** is een zich herhalende beweging rond een evenwichtsstand.
 - * **uitwijking**: de afstand van het trillende voorwerp tot de evenwichtsstand
 - * **frequentie** f : het aantal trillingen uitgevoerd in één seconde [Hz]
 - * **trillingstijd** T : de tijd die nodig is voor één trilling. (= periode)
 - * **amplitude** A : de maximale uitwijking
 - * **evenwichtsstand**: stand die een trillend voorwerp inneemt nadat het (door demping) is uitgetrild.

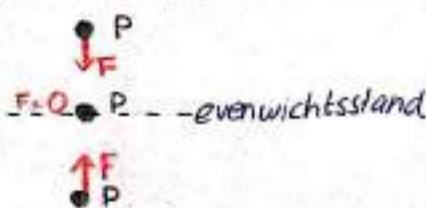
~ Twee kenmerken van een trilling:

- * beweging moet regelmatig terugkerend (*periodiek*) zijn
- * er moet een evenwichtsstand zijn
(beweging van aarde om de zon is geen trilling, want er is geen evenwichtsstand)

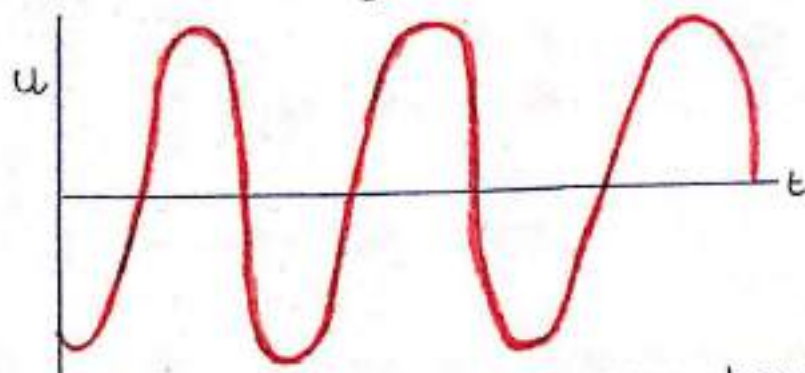
$$\sim T = \frac{1}{f} \text{ en } f = \frac{1}{T}$$



- **Harmonische trilling**: een zichzelf herhalende beweging van een punt langs een rechte lijn rondom een evenwichtsstand.
 - de F (kracht) is tegengesteld aan de uitwijking
 - de v, t -diagram is een sinusfunctie



Harmonische trilling



- * Het u, t -diagram van een harmonische trilling heeft de vorm van een sinus.
- * voorbeelden harmonische trilling:

~ slinger



~ massa-veersysteem



- Als de veer wordt uitgetrokken, dan gaat de massa op en neer trillen

- Er geldt:

$$F_{res} = -C \cdot u$$

- Voor de trillingstijd geldt:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{c}} \quad (\text{rekenmachine } \boxed{\text{rad}})$$

! Bij een trilling werkt altijd een resulterende kracht, die naar de evenwichtsstand is gericht.

! De resulterende kracht is altijd tegengesteld aan de uitwijking.

- Als een trilling een $T = 0,4$ s heeft en er zijn $1,0$ seconde verstreken, dan is de fase: $\varphi = \frac{1,0}{0,4} = 2,5$.
- Er zijn dus vier hele periodes verstreken en één halve.
- De **gereduceerde fase** is "het getal achter de komma" dus in dit voorbeeld geldt er $\varphi_{red} = 0,5$.
- Er geldt altijd $0 \leq \varphi_{red} < 1$

• Interferentie van golven

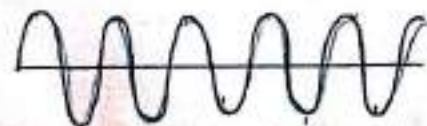
- ~ het samengaan van twee of meerdere golven die door elkaar heen lopen.
- ~ golven kunnen elkaar versterken of uitdoven:

* **constructieve interferentie**

- ↳ versterking
- ↳ treedt op wanneer de golven onderling in fase zijn

* **destructieve interferentie**

- ↳ uitdoving
- ↳ treedt op wanneer de golven onderling in tegenfase zijn.



constructieve interferentie



destructieve interferentie

• **Staannde golven**

Een golfverschijnsel veroorzaakt door interferentie van twee golven met gelijke frequentie en gelijke amplitude, maar een tegengestelde voortplantingsrichting.

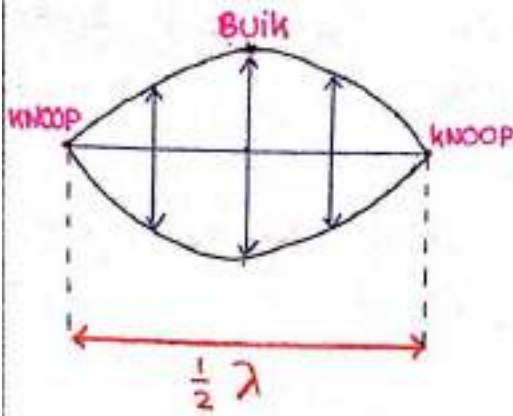
- Alle punten van de trillend voorwerp gaan tegelijk door de evenwichtspositie heen.

- Er ontstaat een patroon van **knopen** en **buiken**

Knopen: punten die de maximale uitwijking vertonen.

Buien: punten die stilstaan (geen uitwijking)

- De afstand tussen twee knopen en de afstand.

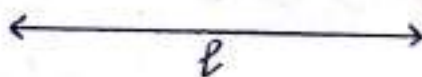
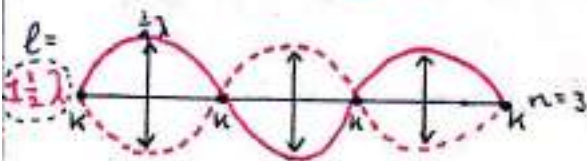
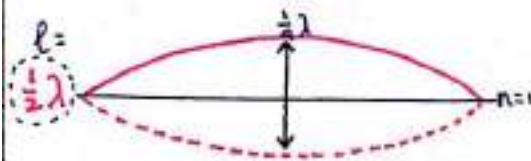


Afhankelijk van de golflengte in ℓ ontstaat een knoop-/bui patroon:

zie in:

$\sim n \cdot \frac{1}{2} \lambda$, en dan steeds $+\frac{1}{2} \lambda$ zit een buik.

\sim bij $0 \lambda, \frac{1}{2} \lambda, \pm \lambda$ en dan steeds $+\frac{1}{2} \lambda$ zit een knoop.



- * Voor een staande golf geldt voor de lengte:

$$l = n \cdot \frac{1}{2} \lambda \quad [1]$$

- * Voor de frequentie geldt:

$$f = \frac{v}{\lambda} \quad [2]$$

- * Formule [1] en [2] combineren geeft:

$$f = n \cdot \frac{v}{2l}$$

↳ hieruit volgt dat de frequentie en lengte omgekeerd evenredig zijn.

Een langere 'snaar' geeft een lagere frequentie en dus een lagere toon.

- De **eigenfrequentie** van een voorwerp is de frequentie waarmee het voorwerp gaat trillen wanneer het vanuit een evenwichtspositie wordt bewogen en vervolgens wordt losgelaten.

De **eigen trilling** is de trilling die een voorwerp zelf uitvoert nadat het uit de evenwichtsstand is gebracht.

- **Resonantie**

kenmerken

~ voorwerp gaat meetrillen

Resonantie vindt plaats als de frequentie van de gedwongen trilling gelijk is aan de eigenfrequentie van een voorwerp.

~ de amplitude van een trilling neemt steeds verder toe na enige tijd wordt de amplitude van een trilling constant.

↳ dan geldt:

energietoevoer per trilling = energieverlies per trilling.

dus:

Resonantie is een verschijnsel dat de amplitude van een trilling steeds groter wordt, omdat de energietoevoer telkens op het juiste moment komt.

Dit gebeurt wanneer de frequentie van de gedwongen trilling gelijk is aan de eigenfrequentie van een voorwerp.

- Een **oscilloscoop** is een instrument dat een u,t-diagram kan plotten. Een u,t-diagram wordt daarom ook wel een oscillogram genoemd.

- Formules bij een harmonische trilling:

Trillingstijd: $T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{c}}$

uitwijking: $U = A \cdot \sin\left(\frac{2\pi}{T} \cdot t\right)$

$U = A \cdot \sin(2\pi \cdot f \cdot t)$

maximale snelheid: $V_{\max} = \frac{2\pi \cdot A}{T}$

↳ een harmonische trilling heeft zijn maximale snelheid in de evenwichtsstand

GOLVEN

◦ Wanneer een trilling zich voortplant (ruimtelijk) is er sprake van een golf.

* **golflengte λ** : de afstand die de golf in één trillingstyd aflegt

golfsnelheid v : snelheid waarmee de golf zich voortplant

Er geldt:

$$v = \frac{\lambda}{T} \quad \text{of} \quad v = \lambda \cdot f$$

◦ Licht en geluid zijn ook golven.

* Geluid

↳ geluidsgolven

- met een bep. geluidssnelheid, Binus 15A.

- geluidsdrukniveau in decibel

* Licht

↳ 'lichtgolven'

- met lichtsnelheid

- De frequentie van de golf bepaalt de kleur van het licht

- Er geldt:

$$c = \lambda \cdot f \quad \left. \vphantom{c = \lambda \cdot f} \right\} \text{ dus } \lambda \text{ en } f \text{ zijn omgekeerd evenredig}$$

licht-snelheid

◦ **Fase**: het aantal trillingen dat een voorwerp/deeltje al heeft uitgevoerd.

* Indien er wordt gestart op $t=0$ s geldt er:

$$\varphi = \frac{t}{T}$$

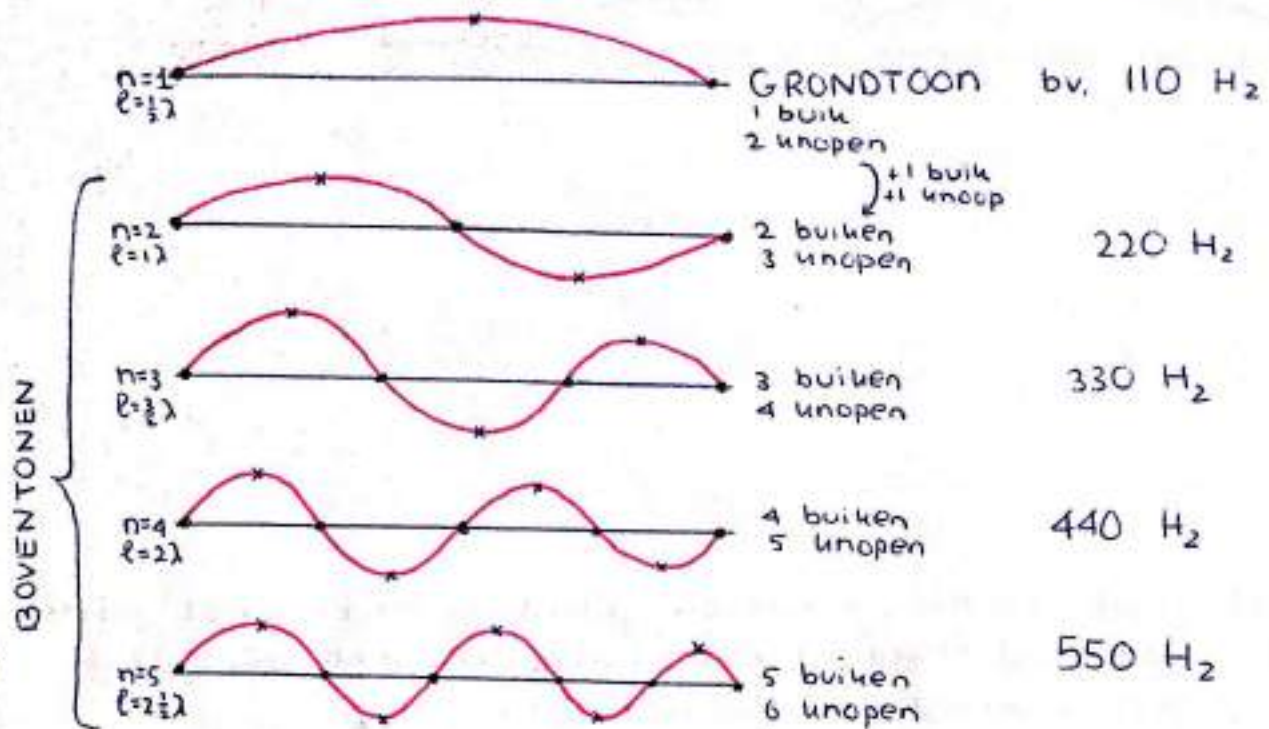
* Het faseverschil tussen twee golven:

~ Berekend m.b.v. lengte $\Delta\varphi = \frac{\Delta x}{\lambda}$ → afgelegde afstand

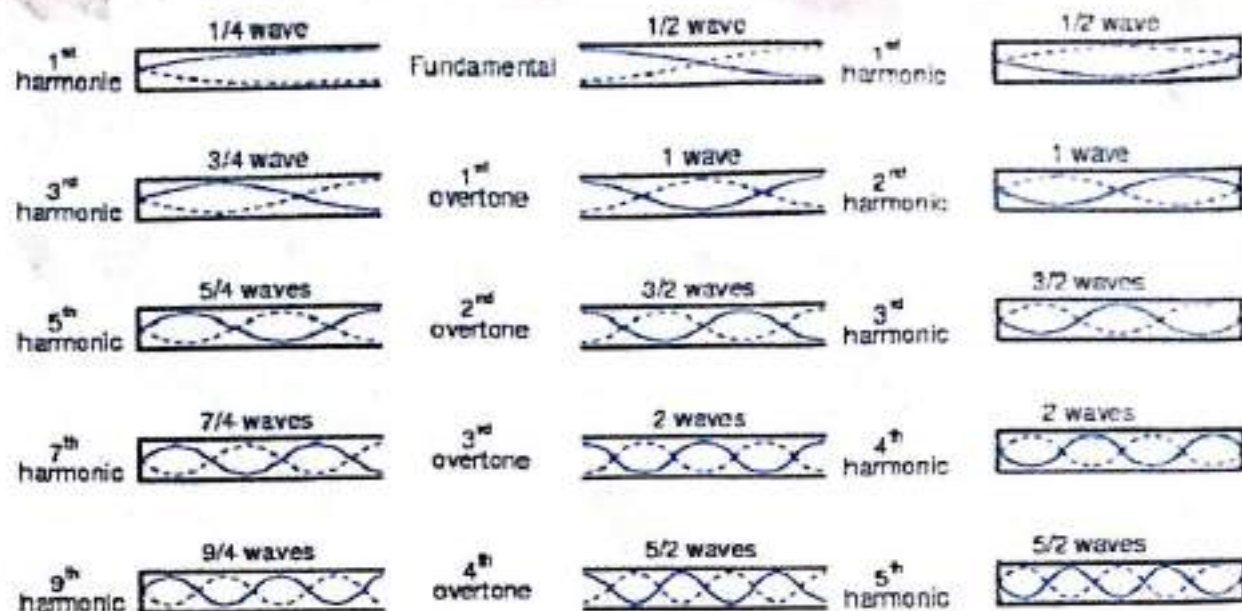
~ Berekend m.b.v. tyd $\Delta\varphi = \frac{\Delta t}{T}$ → tjdverschil

• Voor snaren geldt:

$$f = n \cdot \frac{v}{2l}$$



- Bij snaarinstrumenten trillen de snaren wanneer deze worden aangestagen. De lucht rond de snaar gaat trillen en zo ontstaat geluid.
- Wanneer een snaartrilling het uiteinde van de snaar bereikt, gaat de trilling terug naar het andere uiteinde. Deze beweging herhaalt zich en zo ontstaan er *staande golven*. Deze staande golven produceren het geluid.
- Een *grondtoon* ($n=1$) is de laagste toon die een instrument kan produceren. Een *boventoon* is een toon die hoger klinkt dan de grondtoon.
- Als een snaar langer is, dan wordt de golflengte groter. Omdat de golflengte groter is, zal de frequentie kleiner zijn. (uit $v=f \cdot \lambda$ volgt omgekeerd evenredig verband).
- Snaarlengte l wordt langer
 - ↳ $l = n \cdot \frac{1}{2}\lambda$ dus λ wordt ook groter
 - ↳ f en λ omgekeerd evenredig → dus f wordt kleiner.
$$v = f \cdot \lambda$$
- Als je $n+1$ doet dan komt er steeds één knoop en één buik bij.



• Blaasinstrumenten produceren geluid doordat in het instrument de lucht gaat trillen bij het blazen. De lucht die wordt ingeblazen brengt een luchtkolom in trilling.

- De lengte van de luchtkolom bepaalt de toon.

- Ook bij blaasinstrumenten ontstaan staande golven.

- open uiteinde: Buik
 gesloten uiteinde: knoop

• Voor een buis met twee open uiteindes geldt: $l = n \cdot \frac{1}{2} \lambda$

• Voor een buis met een open uiteinde en een gesloten uiteinde geldt:

$$l = (2n - 1) \cdot \frac{1}{4} \lambda$$

↳ de eerste boventoon is $n = 2$

↳ voor de grondtoon geldt $n = 1$

• Lopende golven

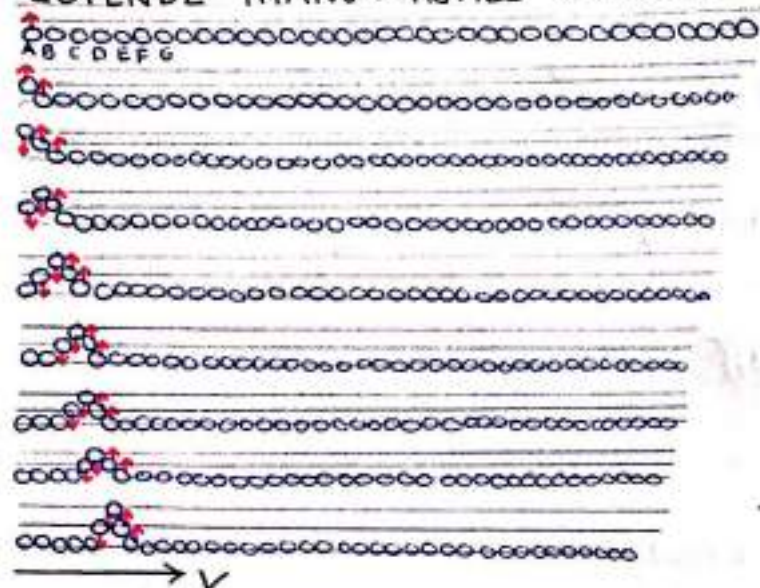
Een lopende golf is een zich voortplantende trilling.

Een lopende golf beweegt vooruit.

Alle punten gaan na elkaar door de evenwichtsstand en bereiken ook na elkaar de uiterste stand. Alle punten hebben dezelfde amplitude.

Elk punt voert dezelfde beweging uit als een voorgaand punt, maar dan met een faseverschil dus een beetje later.

LOPENDE TRANSVERSALE GOLVEN



• voor lopende transversale golven geldt:

~ de deeltjes moeten aan elkaar vastzitten, zo kan het ene deeltje het volgende deeltje mee omhoog of omlaag trekken.

↑ ↓ trilrichting deeltjes

→ voortplantingsrichting van de golf

• Er wordt trillingsenergie doorgegeven.

• De golf plant zich voort met een bepaalde snelheid; de *golfsnelheid*.

zie in bij lopende transversale golven:

~ alle deeltjes (/punten) voeren dezelfde soort beweging uit als A.

~ alle punten gaan eerst omhoog: er ontstaat een berg. Dit komt doordat A ook omhoog beweegt.

Als A omlaag zou bewegen, dan zou een dal ontstaan.

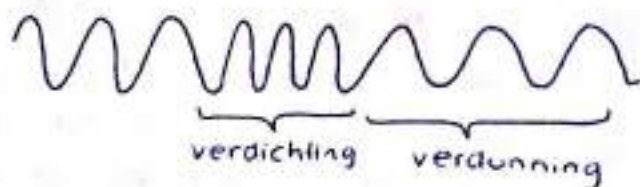
~ alle punten trillen met dezelfde frequentie f als A.

~ alle punten trillen met dezelfde amplitude A als A. (indien er geen demping is).

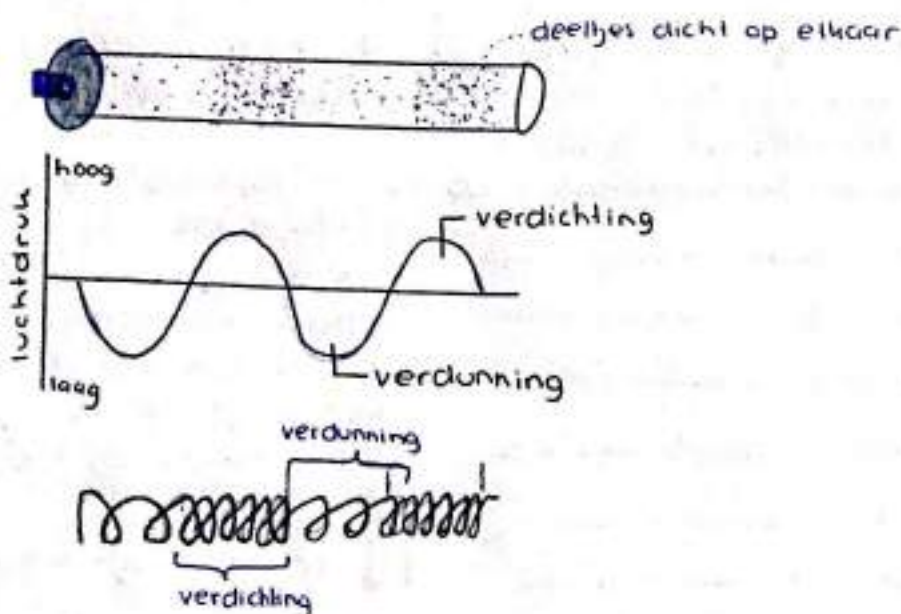
LOPENDE LONGITUDINALE GOLVEN

↔
Trillings-
richting

→
voortplantings-
richting



* Byvoorbeeld geluidsgolven.



- LOPENDE GELUIDSGOLVEN

• bestaan uit:

~ verzameling van trillende luchtmoleculen

↳ moleculen blijven gemiddeld op hun plaats, ze bewegen slechts om hun evenwichtsstand.

~ Een golf is het gevolg van het na elkaar bewegen van opeenvolgende moleculen.

~ Lopende geluidsgolven ontstaan uit geluidsbronnen.

De geluidsbron brengt luchtmoleculen vlak bij de bron aan het trillen; er ontstaan verdichtingen en verdunning. Deze verdichtingen en verdunningen planten zich voort.

• Belangrijke geluidsbronnen:

~ stembanden

~ luidspreker:

De conus ('trechter') van de luidspreker gaat heen en weer en produceert verdichtingen en verdunningen van lucht.



→ Frequentie: bepaalt de toonhoogte

→ amplitude: bepaalt de toonsterkte

• Informatieoverdracht

- informatie kan op twee manieren van een zender naar een ontvanger worden getransporteerd: analoog en digitaal.

* **Analoge signaalverwerking**

↳ informatie wordt verzonden door golven

bv. **radiogolven**

Een radiogolf is een vorm van elektromagnetische straling en kan een frequentie hebben van enkele honderden Hz tot honderden GHz.

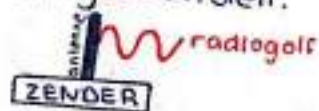
Om informatie over te brengen van een lagere frequentie wordt er gebruik gemaakt van een **draaggolf**.

Een **draaggolf** is een radiogolf die wordt gebruikt om informatie van een lage frequentie over te brengen van een zender naar een ontvanger.

- Bij informatieoverdracht wordt een draaggolf gecombineerd met een gegevenssignaal (bv. geluid). Dit heet **modulatie**.

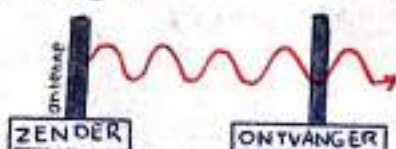
- Voor het draadloos verzenden van signalen wordt vaak radiostraling gebruikt.

Om een radiosignaal uit te zenden heb je een antenne nodig. Een antenne is een metalen staaf, wanneer je een hoogfrequente spanning op die metalen staaf zet dan wordt er een radiogolf uitgezonden. Deze radiogolf wordt in alle richtingen van de antenne uitgezonden.



Wanneer zich in het gebied waar de radiostraling komt een ontvanger zit die ook een antenne heeft. Dan wordt er in de antenne van de ontvanger een wisselspanning opgewekt, op het moment dat er radiogolven op valt.

Door het detecteren van de wisselspanning ontvangt de ontvanger het (radio) signaal.



openende golf
radiostraling $\left\{ \begin{array}{l} v = \text{lichtsnelheid} \\ f > 10 \text{ kHz} \\ \text{afgesproken frequentie} \end{array} \right.$
 $\lambda = \frac{v}{f}$

Een zender zendt een radiosignaal uit en een ontvanger ontvangt datzelfde radiosignaal. Hiervoor wordt één bepaalde afgesproken frequentie gebruikt. De radiogolf met deze afgesproken frequentie wordt een **draaggolf** genoemd.

↓
relatief hoge frequentie ($> 10 \text{ kHz}$)



Door de hoge frequentie is een draaggolf geschikt voor het overbruggen van grote afstanden.

Het signaal dat wordt overgezonden (van zender → ontvanger) heeft vaak een lagere frequentie. Het te verzenden signaal heeft een andere frequentie dan de draaggolf.

Hoe "verstop" je het signaal in de draaggolf?

Moduleren

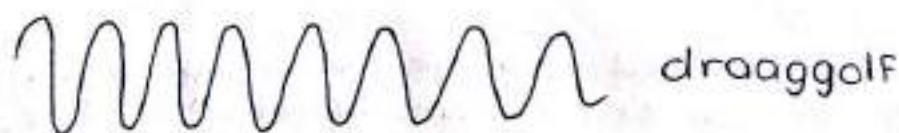
↳ het stoppen van een signaal in een draaggolf.

Bij informatieoverdracht wordt een draaggolf gecombineerd met een gegevenssignaal.

Dit gebeurt bij de zender.

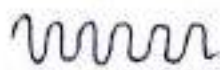
Demoduleren


↳ een gegevenssignaal halen uit een draaggolf. Dit gebeurt bij de ontvanger.



• Er zijn twee vormen van modulatie.

• Amplitude modulatie (AM)

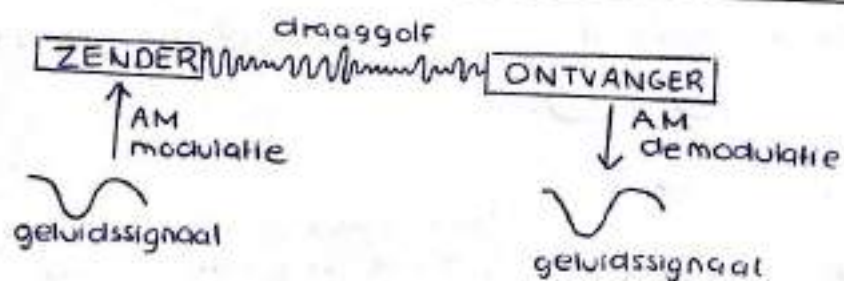
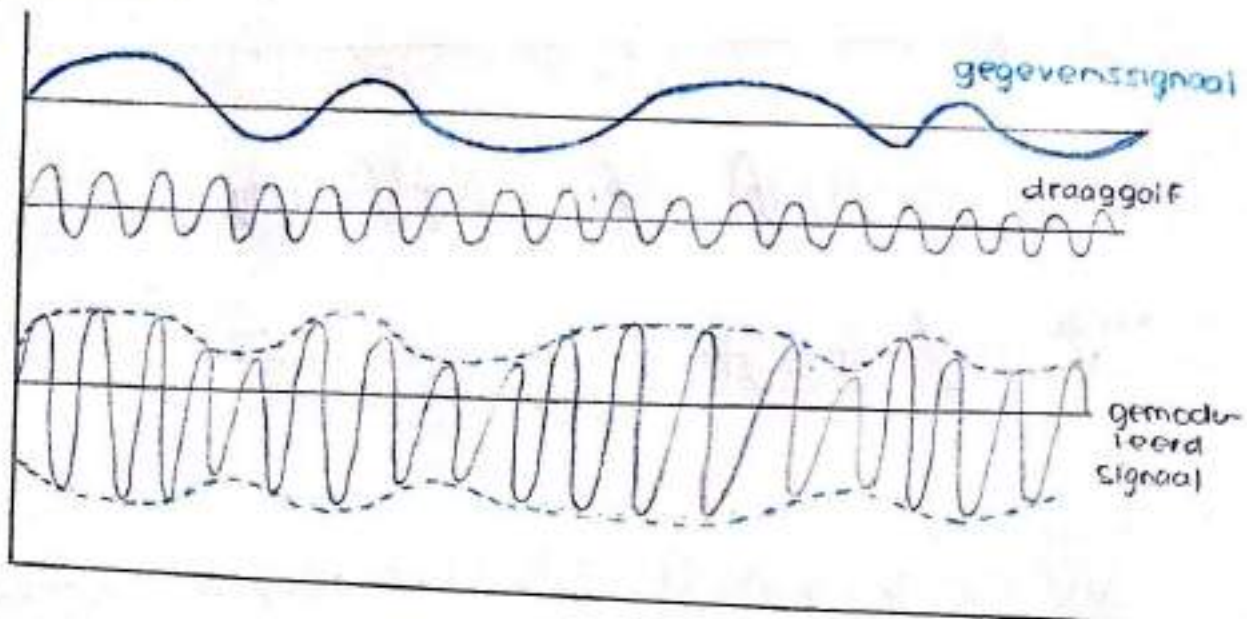
 draaggolf

 geluidssignaal

De draaggolf moduleren zodanig dat het geluidssignaal kan worden doorgegeven.

Bij amplitudemodulatie wordt de amplitude van de draaggolf gemoduleerd.

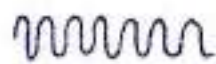
bijvoorbeeld:




-voordeel modulatie:

De hoogfrequente draaggolf kan gebruikt worden om een laagfrequent signaal te versturen.

* Frequentie modulatie (FM)

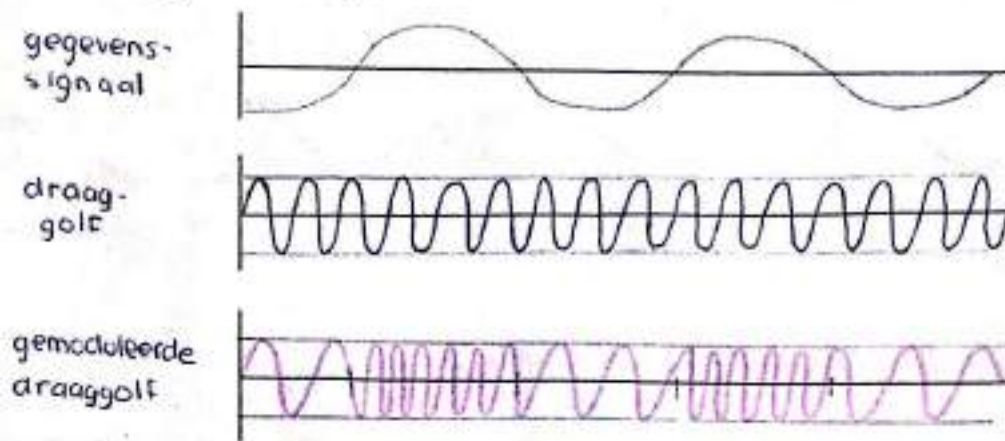
 draaggolf

 geluidssignaal

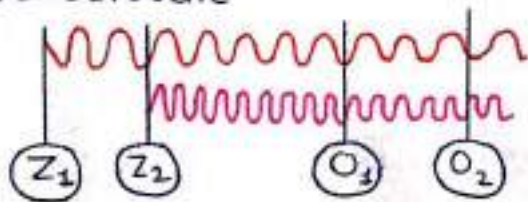
De draaggolf zodanig moduleren dat het geluidssignaal kan worden doorgegeven.

Bij Frequentiemodulatie wordt de frequentie van de draaggolf gemoduleerd.

bijvoorbeeld:



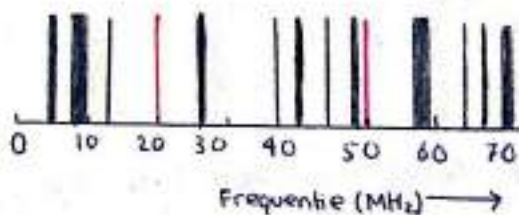
• Bandbreedte



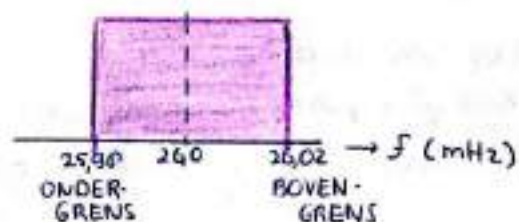
Z_1, O_1 : bep. afgesproken frequentie bv. 20 MHz

Z_2, O_2 : bep. afgesproken frequentie bv. 50 MHz

Frequentiespectrum



het gebied dat een zender in beslag neemt in het frequentiespectrum



De grootte van de bandbreedte is afhankelijk van het gegevenssignaal.

ondergrens: $f_{\text{draaggolf}} - f_{\text{gegevenssignaal}}$

bovengrens: $f_{\text{draaggolf}} + f_{\text{gegevenssignaal}}$

- **Kanaalscheiding** is het scheiden van verschillende bandbreedten, zodat deze elkaar niet verstoren.

* Digitale signaalverwerking

↳ gegevens worden uitgedrukt in bits

- Een bit heeft twee mogelijke waarden:

0 = geen signaal

1 = wel signaal

- met n bits zijn er 2^n mogelijkheden.

- Een bit is de kleinste eenheid van de computer.

* Digitaliseren:

analoge signalen worden gecodeerd tot digitale signalen

- * De **bemonsteringsfrequentie** is het aantal keer per seconde dat de waarde van het analoge signaal wordt bepaald

Hoe groter de bemonsteringsfrequentie, hoe nauwkeuriger wordt het digitale signaal.

- 1 byte = 8 bits

- **Data transfer rate**: de snelheid waarmee data wordt verzonden van het ene naar het andere apparaat.

- Het digitale signaal is een benadering van het analoge signaal.

Subdomein B2: medische beeldvorming

- Een **atoom** bestaat uit een kern met **protonen** en **neutronen**, met daaromheen een elektronenwolk met **elektronen**.

protonen: positief geladen

neutronen: geen lading

elektronen: negatief geladen

} een **neutraal** geladen atoom heeft evenveel protonen als elektronen. Een atoom is dus **elektrisch neutraal**, omdat de totale positieve lading gelijk is aan de totale negatieve lading.

- Door het aantal **elektronen** te veranderen, is het mogelijk om een atoom een **lading** te geven.

Als er elektronen bij komen of af gaan in een elektronenwolk, wordt het atoom geladen. Het geladen atoom wordt dan een **ion** genoemd.

• **Atoomnummer**: het aantal protonen

• **Massagetal**: aantal protonen + aantal neutronen

• **Atoommassa**: de massa van het atoom uitgedrukt in u

- Atomen van hetzelfde element (met hetzelfde aantal protonen), maar waarin het aantal neutronen verschilt, worden **isotopen** genoemd.

(u =
atomaire
massa-eenheid)

Een isotoop is dus een variant van dezelfde atoomsoort met vergelijkbare eigenschappen, maar met een verschillende massa.

• Straling

- **Emissie**: de straling wordt uitgezonden.

wanneer er straling wordt uitgezonden en het op een ander voorwerp terechtkomt, kunnen er 3 dingen met die straling gebeuren:

~ **Transmissie**. De straling kan door het voorwerp heen gaan.

~ **Reflectie**. De straling kan worden teruggekaatst

~ **Absorptie**. De straling kan door het voorwerp worden opgenomen.

- **Ioniserende straling**: straling die een lading aan een atoom kan geven
Dit kan de ioniserende straling door het wegslaan van elektronen. Het atoom krijgt een positieve lading en is dus **geïoniseerd**: het wordt een ion.

Er zijn vier soorten ioniserende straling:

* Röntgenstraling

- ~ elektromagnetische straling
- ~ röntgenstraling gaat door zachte stoffen, zoals menselijk weefsel heen. Het dringt moeilijk door in bv botten / tanden
- ~ Het ioniserend vermogen is klein.
- ~ Het doordringend vermogen is groot.

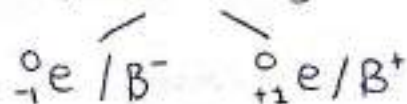
* Alfastraling (α)

- ~ deeltjesstraling, komt vrij bij alfaverval van atoomkernen.
- ~ alfastraling bestaat uit heliumkernen.
- ~ alfastraling: ${}^4_2\text{He}$
- ~ Het ioniserend vermogen is zeer groot
- ~ Het doordringend vermogen is zeer klein

* Betastraling (β)

- ~ deeltjesstraling, komt vrij bij bètaverval van stoffen, waarbij een positief of negatief geladen elektron door een atoomkern wordt uitgezonden.

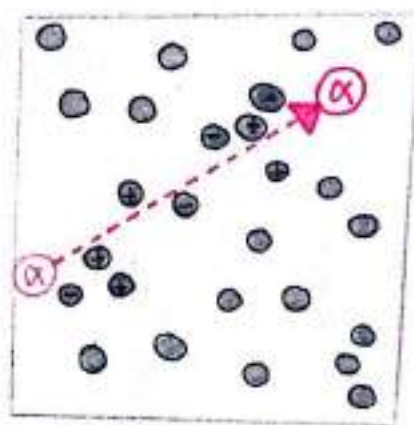
~ Betastraling



* Gammastraling (γ)

- ~ elektromagnetische straling
- ~ Gammastraling is samengesteld uit fotonen met een hoge energie en een zeer kleine golflengte.
- ~ Het ioniserend vermogen is klein
- ~ Het doordringend vermogen is groot.

- Wanneer er ioniserende straling door een stof gaat, zullen er atomen worden geïoniseerd.



- Bv
- ~ Een alfadeeltje ioniseert atomen die het deeltje onderweg tegenkomt
 - ~ Het ioniseren kost energie, deze energie gaat ten koste van de E_{kin} van het α -deeltje.
 - ~ Uiteindelijk wordt de snelheid van α -deeltje 0. Het α -deeltje kan niet meer verder ioniseren. Hoever zo'n deeltje gemiddeld komt in een stof wordt dracht of doordringend vermogen genoemd.
 - ~ Langs het pad van de alfa-straling worden atomen geïoniseerd. Het aantal atomen dat wordt geïoniseerd wordt aangegeven met het ioniserend vermogen.

* **Doordringend vermogen**: geeft aan hoever de straling door een stof heengaat.

~ De **dracht** geeft aan hoever alfa- en betastraling door een stof kunnen gaan.

~ Het doordringend vermogen is afhankelijk van:

- de stof

- de straling

↳ α -straling : - -

β -straling : -

röntgenstraling : +

γ -straling : + +

* **Ioniserend vermogen**: geeft aan hoe goed een deeltje in staat is om atomen te ioniseren.

~ Het ioniserend vermogen is afhankelijk van:

- de stof

- de straling

α -straling : + +

β -straling : +

röntgenstraling : -

γ -straling : - -

• Een geigerteller (= GM-buis) is een klein apparaat waarmee ioniserende straling kan worden gemeten.

• Bij sommige beroepen komen mensen in aanraking met ioniserende straling.

Om te controleren of deze mensen niet teveel straling ontvangen, is er een speciale **badge**.

Een badge (= **dosimeter**) meet de ontvangen straling.

• Röntgen-, bèta- en gammastraling kunnen worden gemeten met verschillende soorten badges.

Alfastraling kan niet met een badge worden gemeten, want alfastraling komt amper door lucht heen.

• Wanneer je buiten loopt, vang je altijd een klein beetje ioniserende straling op. Deze ioniserende straling wordt **achtergrondstraling** genoemd.

Achtergrondstraling is afkomstig van natuurlijke bronnen, zoals de aardkorst of **kosmische straling** uit het heelal. Het is relatief weinig.

• **Radioactiviteit** is het verschijnsel dat instabiele atoomkernen α -, β - of γ -straling uitzenden, omdat deze kernen vervallen tot kernen met een andere samenstelling.

Deze straling komt uit de kern van de reactieve stof en heet daarom **kernstraling**.

Als de atoomkern vervalt, is er sprake van **radioactief verval**.

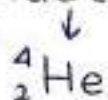
↳ hierbij hoort een **vervalvergelijking**.

↳ opstellen m.b.v. informatie uit Binas 25.

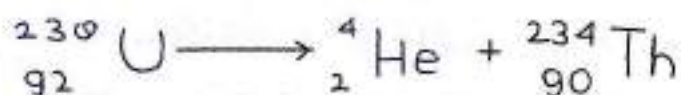
• radioactief verval

* **Alfaverval**

- ~ Bij alfaverval zendt een instabiele atoomkern een alfadeeltje uit.

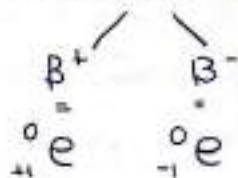


- ~ ^{bv:} Een uranium-238 kern zendt een alfadeeltje uit bij het verval. De vervalvergelijking wordt:

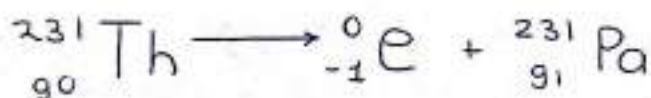


* **Bèta verval**

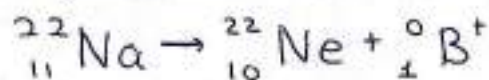
- ~ Bij bètaverval zendt een instabiele atoomkern een bètadeeltje uit



- ~ ^{bv:} Een thorium-231 kern vervalt en zendt hierbij een β^- deeltje uit. De vervalvergelijking wordt:



↳ bij **β^+ verval** wordt er een ${}^0_{+1}\beta^+$ deeltje uitgezonden.

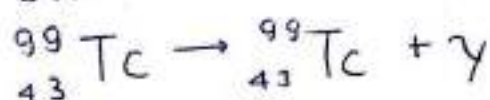


* **Annihilatie**

* **Gammaverval**

~ Bij gammaverval verliest de atoomkern energie in de vorm van een foton.

~ bv.:



! Het atoomnummer en massagetal blijven gelijk.

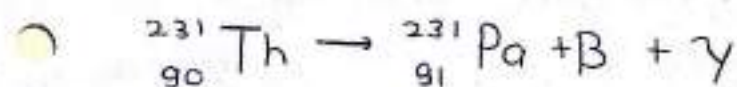
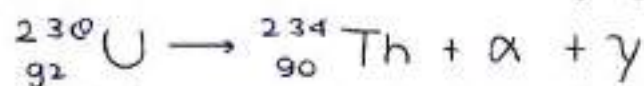
° Bij kleine en middelgrote atoomkernen (met een atoomnummer < 83) → α verval en gammaverval

° Bij grote atoomkernen (met atoomnummer > 83)

↳ alfaverval en bètaverval

☉ De dochterkernen die ontstaan bij alfaverval of bètaverval hebben een overschot aan energie en de kern bevindt zich in **aangeslagen toestand**. Deze energie wordt kwijtgeraakt via gammaverval. Zowel alfa- als bètaverval kunnen worden opgevolgd door gammaverval.

Deze twee vervalprocessen kunnen worden weergegeven als één vervalvergelijking:



° Bij het rekenen met hele kleine energieën kan de eenheid elektronvolt eV worden gebruikt.

° De **activiteit A** van een stof is het aantal radioactieve atoomkernen dat per seconde vervalft.

↳ eenheid: Bq

↳ de activiteit wordt vaak weergegeven in een (N, t) -diagram; N = het aantal kernen.

↳ hiermee kun je de gemiddelde activiteit berekenen.

$$A(t) = A_0 \cdot \left(\frac{1}{2}\right)^n \quad \text{met} \quad n = \frac{t}{t_{1/2}}$$

activiteit in Bq activiteit op $t=0$ s t → de tijd in s $t_{1/2}$ → de halveringstijd in s

- Wanneer je de activiteit moet berekenen en er is gegeven hoeveel kernen zijn vervalLEN, dan kun je één van de volgende formules gebruiken:

$$A = - \left(\frac{\Delta N}{\Delta t} \right) \text{ of } A = \frac{\ln 2}{t_{\frac{1}{2}}} \cdot N$$

activiteit in Bq verandering van aantal kernen verandering van tijd halverings-tijd aantal kernen

- Berekenen van de massa van een specimen.
Een **specimen** is de samenstelling van atomen.

$$m = \mu \cdot N \cdot A$$

atomaire massa aantal kernen massagetal

- De **halveringstijd** ($t_{\frac{1}{2}}$) geeft aan hoelang het duurt voordat de helft van de oorspronkelijke aantal radioactieve atomen is vervalLEN.
- Het aantal radioactieve kernen:

$$N(t) = N_0 \cdot \left(\frac{1}{2}\right)^n \text{ met } n = \frac{t}{t_{\frac{1}{2}}}$$

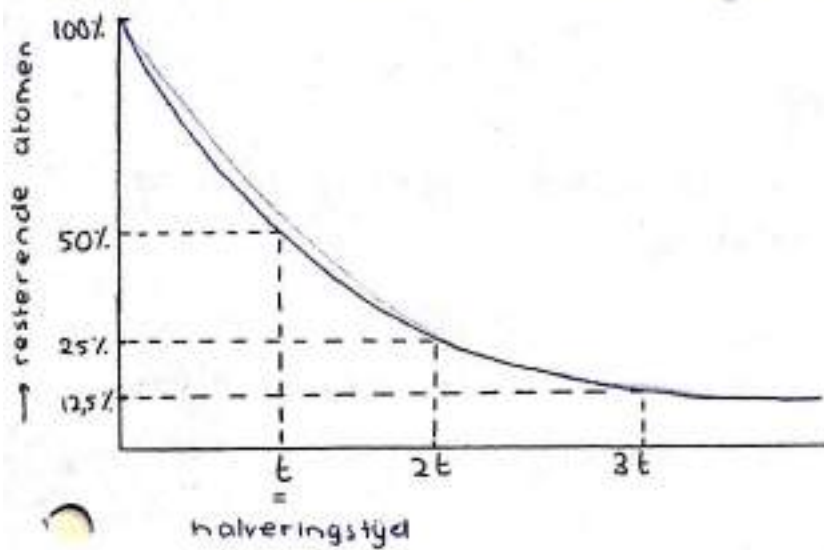
- De **halveringsdikte** ($d_{\frac{1}{2}}$) van een materiaal is de dikte waarbij de helft van de radioactieve straling wordt tegengehouden.

- Voor de **intensiteit**

$$I(x) = I_0 \cdot \left(\frac{1}{2}\right)^n \text{ met } n = \frac{x}{d_{\frac{1}{2}}}$$

intensiteit op diepte x intensiteit opvallende straling dikte van materiaal halveringsdikte

- De **doorlaatkromme** ontstaat wanneer je de intensiteit uitzet tegen de halveringsdikte.
- De **vervalkromme** ontstaat wanneer je het percentage resterende atomen uitzet tegen de tijd.



• Risico's van straling

- * Bij **bestraling** bereikt een ioniserende straling het lichaam.
 - ↳ de cellen in het lichaam kunnen worden aangetast
 - bv.
 - ~ bestraling bij kanker
 - ~ huidkanker door langdurige blootstelling aan straling zon.
- * Bij **besmetting** zitten er radioactieve deeltjes in of op het lichaam. Deze deeltjes blijven straling afgeven en daardoor straalt je zelf ioniserende straling uit.
 - ↳ externe besmetting: radioactieve deeltjes zitten op je lichaam
 - ↳ interne besmetting: radioactieve deeltjes zitten in je lichaam.

~ Straling kan door ionisatie het weefsel van levende wezens beschadigen.

~ **Stralingsdosis geabsorbeerde dosis** = een maatstaf om te meten hoeveel straling je hebt binnengekregen.

$$D = \frac{E}{m}$$

E = energie in J (geabsorbeerd)
 m = massa in kg
 Stralingsdosis in Gy (= J/kg)

- Voor de energie E geldt:

$$E = A \cdot E_{\text{deeltje}} \cdot t$$

opgenomen energie in J activiteit energie per uitgezonden deeltje in J
 [= isotopentabel] verstreken tijd

(de stralingsdosis)
 Bovenstaande formule houdt geen rekening met de verschillende soorten straling.

- Het **dosis equivalent** is een maatstaf om te meten hoeveel straling je hebt binnengekregen, gecorrigeerd voor de verschillende soorten straling.

$$H = W_R \cdot D$$

dosequivalent in Sv (J/kg) weegfactor stralingsdosis in Gy.

\downarrow
 $\alpha = 20$
 $\beta / \gamma / \text{röntgen} = 1$

- De stralingsbeschermingsnormen geven aan hoeveel straling een mens maximaal mag ontvangen.

↳ Binas 27D

- Hoe beperk je de stralingsdosis?

- ~ afstand houden van de stralingsbron
- ~ de bestralingstijd zo kort mogelijk houden.
- ~ afscherming: materiaal gebruiken die de straling (gedeeltelijk) tegenhoudt.

• **Kernenergie** is energie die wordt opgewekt door **kernreacties**

- Bij **kernsplijting** absorbeert een uraniumkern een langzaam bewegend neutron. Hierdoor wordt de uraniumkern instabiel en splijt de kern zich in twee kleinere atoomkernen. Ook ontstaan er 2 à 3 snel bewegende neutronen en er komt veel energie vrij.

Een **moderator** is een stof in een kernreactor die ervoor zorgt dat snel bewegende neutronen afremmen. (veel gebruikte moderators: water en grafiet), hierdoor kan er kernsplijting plaatsvinden.

• Er is sprake van een **nucleaire kettingreactie** als een kernreactie een andere kernreactie veroorzaakt.

• Als het aantal splijtingen per seconde constant is, dan is de kettingreactie **kritiek**.

↓
van de neutronen die vrijkomen bij de splijting is er gemiddeld één neutron die een nieuwe splijting veroorzaakt, hierdoor blijft de kettingreactie in stand.

• **Medische beeldvormingstechnieken**

• toepassing van ioniserende straling in de gezondheidszorg is medische beeldvorming.

* **Röntgenfoto**

~ röntgenstraling (dringt ver in het lichaamweefsel door).

~ röntgenstraling wordt opgewekt in een röntgenapparaat.

Een röntgenapparaat is een buis bestaande uit twee elektrodes: kathode (pos.) en een anode (neg.).

~ Bij het maken van een röntgenfoto staat de persoon tussen het röntgenapparaat en de fotografische film. De fotonen van het röntgenapparaat gaan door de persoon heen en komen op de film terecht.

* CT-scan

~ Een CT-scan maakt een serie röntgenfoto's, die door een computer worden samengevoegd tot een dwarsdoorsnede van het menselijk lichaam.

~ voordeel:

CT-scan levert snel een 3D-beeld

~ nadeel:

patiënt wordt blootgesteld aan een hoop röntgenstraling

* PET-scan

~ PET = positron emissie tomografie

~ Radioactieve stoffen worden in het lichaam gedaan, deze stoffen worden vervolgens zichtbaar gemaakt zodat er bekeken kan worden waar de radioactieve stoffen zich ophopen.

~ PET-scan geeft informatie over:

- welk hersengedeelte het meest actief is

- hersentumoren

- epilepsie

* MRI-scan

~ MRI = Magnetic Resonance Imaging

~ Een MRI-scan maakt gebruik van een sterk magnetisch veld.

~ gebaseerd op de "spin" van de kern van een H-atom

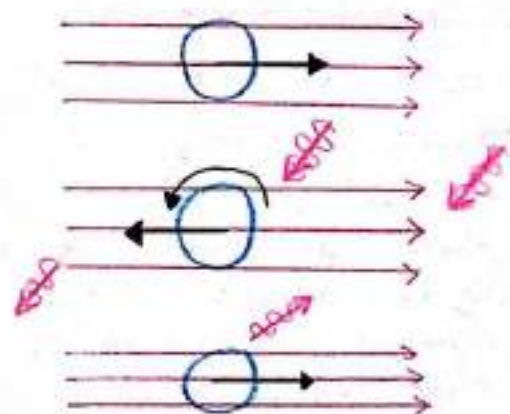
~ In een MRI-scan zit een stroomspoel die een uitermate sterk homogeen magnetisch veld opwekt.

Een proton (kern van een waterstofatoom) draait om zijn eigen as, heeft dus een 'spin'.

* In een sterk magnetisch veld richten de kernen zich naar het magnetische veld.

* Door radiogolven met een geschikte frequentie uit te zenden, draaien de kernen 180° om.

* Na uitschakeling van de radiogolven klappen de protonen weer terug en zenden hierbij radiogolven uit.



- Er worden dus radiogolven uitgezonden. De sterkte van het uitgezonden radiosignaal wordt gemeten.

Hoe sterker het signaal, des te meer waterstofatomen zijn er in het weefsel.

De metingen van de radiogolven worden in 3D-beeld omgezet.

* Echografie

- ~ Een transducer zendt geluidsgolven uit (ultrasoon geluid), het lichaam van de baby weerkaatst in meer of mindere mate het geluid. De teruggekaatste golven worden weer opgevangen met de transducer.
- ~ Geluid wordt weerkaatst bij een overgang tussen twee verschillende stoffen.

* Nucleaire diagnostiek

- ~ De nucleaire geneeskunde gebruikt radioactieve stoffen voor het stellen van diagnoses, en voor het behandelen van ziekten. Deze radioactieve stoffen worden tracers genoemd.
- ~ Een tracer is een radioactief isotoop die wordt gebruikt om bepaalde
- ~ Er wordt een kleine hoeveelheid van een radioactieve stof in het lichaam gebracht. Deze stof zal straling gaan uitzenden. De uitgezonden straling wordt gemeten met een gammacamera, die de straling kan omzetten in beelden.
- ~ Zo wordt er een afbeelding, een scintigram, gemaakt van de werking van verschillende organen.
- ~ Er wordt voornamelijk gebruik gemaakt van isotopen met een snelle halveringstijd.

DOMEIN C: Beweging en wisselwerking

SUBDOMEIN C1: kracht en beweging

- **Snelheid**: afstand die wordt afgelegd in een bepaalde tijd

$$1 \text{ m/s} = 3,6 \text{ km/h}$$

- **Afgelegde weg**: de werkelijk afgelegde afstand

↳ **verplaatsing**: netto afgelegde afstand



bv. je rent precies één rondje van 50 meter

↳ de afgelegde weg is 50 meter,

de verplaatsing is 0 meter

(je begon op dezelfde plek als waar je eindigt)

- Afgelegde weg:

$$s = v_{\text{gem}} \cdot t$$

De gemiddelde snelheid:

$$v_{\text{gem}} = \frac{\Delta x}{\Delta t} \begin{matrix} \text{verplaatsing} \\ \text{tijdsduur} \end{matrix}$$

- Bij een eenparig (constant) versnelde beweging, geldt:

$$v_{\text{gem}} = \frac{v_{\text{eind}} + v_{\text{begin}}}{2}$$

- eenparige rechtlijnige beweging

- **Versnelling** in m/s^2

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

- Een **vrije val** is een val die geen luchtweerstand heeft, er werkt dus alleen zwaartekracht.

Bij een vrije val valt alles met dezelfde versnelling; de massa heeft hier geen invloed op.

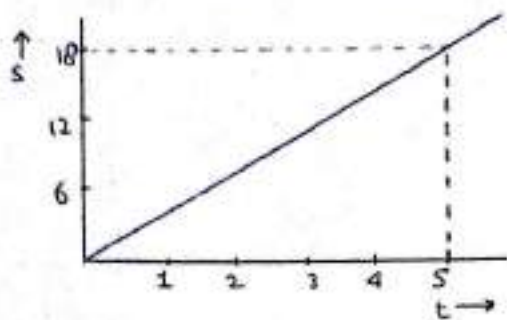
De versnelling; **de valversnelling** is $9,81 \text{ m/s}^2$

Er geldt: $v = g \cdot t$

GROOTHEID	SYMBOOL	EENHEID
tijd	t	s
afstand	s	m
verplaatsing	x	m
snelheid	v	m/s
valversnelling	g	m/s^2
versnelling	a	m/s^2

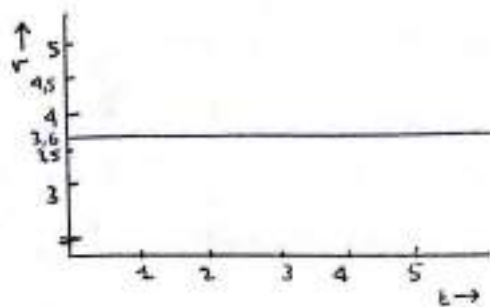
* Grafieken

* Constante snelheid (s,t)-diagram

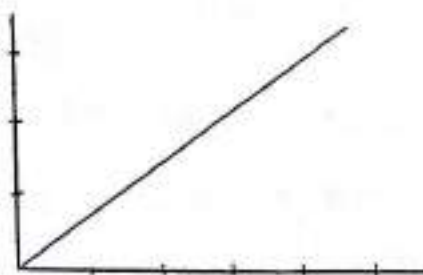
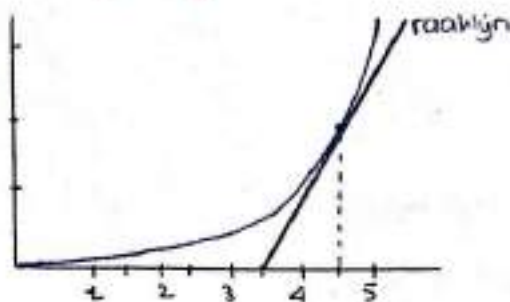


$$v = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{18}{5} = 3,6$$

(v,t)-diagram

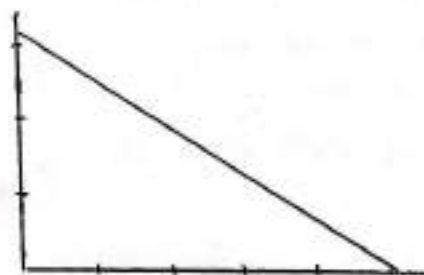
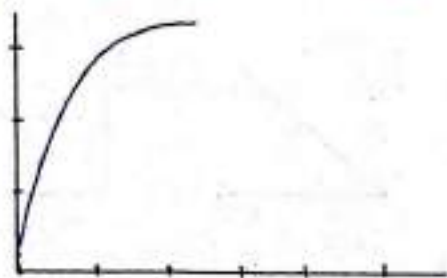


* Eenparig versneld



Om de snelheid te bepalen op een bepaald tijdstip. Teken je een raaklijn en van deze raaklijn bepaal je de τ_c

* Eenparig vertraagd



Om de snelheid te bepalen op een bepaald tijdstip. Teken je een raaklijn en van deze raaklijn bepaal je de τ_c .

- De versnelling a bepaal je door de τ_c in een v,t -diagram te bepalen ($a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$)

• **Plaats x** [in m]

~ geeft de positie van een voorwerp aan t.o.v. de oorsprong (= startpunt)

• **Verplaatsing s** [in m]

~ de netto afgelegde afstand

~ $s = v \cdot t$ geldt indien $v = \text{constant}$

$s = v_{\text{gem}} \cdot t$ geldt altijd

• **Snelheid v** [in m/s]

~ $v = \frac{s}{t}$ geldt indien $v = \text{constant}$

$v_{\text{gem}} = \frac{\Delta x}{\Delta t}$ geldt altijd

• **Versnelling a** [in m/s²]

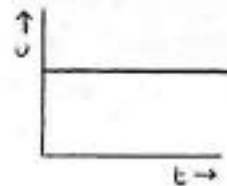
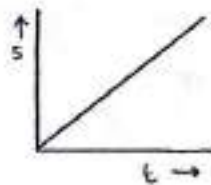
~ $a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$ geldt bij eenparig versnelde beweging

~ Versnelling wordt veroorzaakt door een kracht.

SOORTEN BEWEGINGEN

* **Eenparige beweging**

~ de snelheid blijft constant

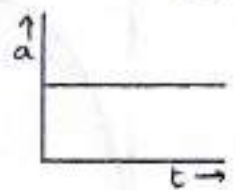
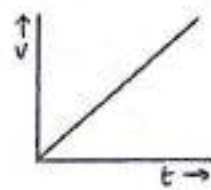
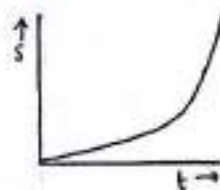


* **Eenparig versnelde beweging**

~ de snelheid neemt toe

~ er is een versnelling

~ de versnelling blijft constant

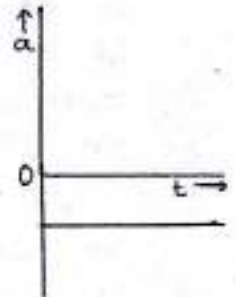
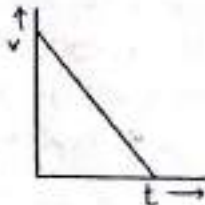
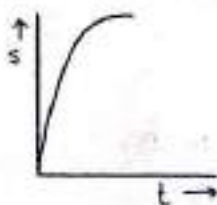


* **Eenparig vertraagde beweging**

~ de snelheid neemt af

~ er is een 'vertraging' (negatieve versnelling)

~ de vertraging blijft constant



WETTEN VAN NEWTON

De eerste wet van Newton

~ Als een voorwerp stilstaat of met een constante snelheid beweegt, dan is de nettokracht op het voorwerp 0 ($\Sigma F = 0$)

$$v = \text{constant} \\ v = 0 \quad \longleftrightarrow \quad \Sigma F = 0$$

~ Zonder kracht blijft een voorwerp stilstaan of bewegen met een constante snelheid.

~ **Traagheid**: er is een kracht nodig om een voorwerp van snelheid of richting te doen veranderen.

De tweede wet van Newton

~ Als er een nettokracht op een voorwerp werkt, dan zal de snelheid van dit voorwerp veranderen; er werkt een versnelling.

~ De massa en versnelling zijn omgekeerd evenredig, de massa zal de versnelling tegenwerken. ($a = \frac{F_{\text{res}}}{m}$)

$$F_{\text{res}} = m \cdot a$$

De derde wet van Newton

~ Als voorwerp A een kracht uitoefent op voorwerp B, dan oefent voorwerp B een even grote, maar tegengestelde kracht uit op voorwerp A.

~ actie = -reactie

$$\sim F_{\text{actie}} = -F_{\text{reactie}} \quad \text{ofwel} \quad F_{AB} = -F_{BA}$$

Toepassingen

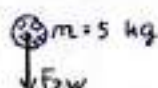
1^e wet van Newton



$$\left. \begin{array}{l} F_{\text{motor}} = 5 \text{ N} \\ F_w = 5 \text{ N} \end{array} \right\} \text{krachten zijn tegengesteld dus: } \Sigma F = 0 \text{ N}$$

↳ dus de auto beweegt met een constante snelheid

2^e wet van Newton

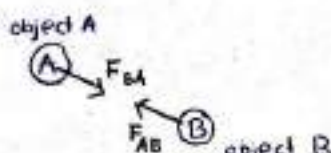


$$F_{zw} = m \cdot g = 5 \cdot 9,81 = 4,905 \text{ N}$$

$$F = m \cdot a \quad \text{dus} \quad a = \frac{F}{m}$$

$$a = \frac{4,905}{5} = 9,81 \text{ m/s}^2$$

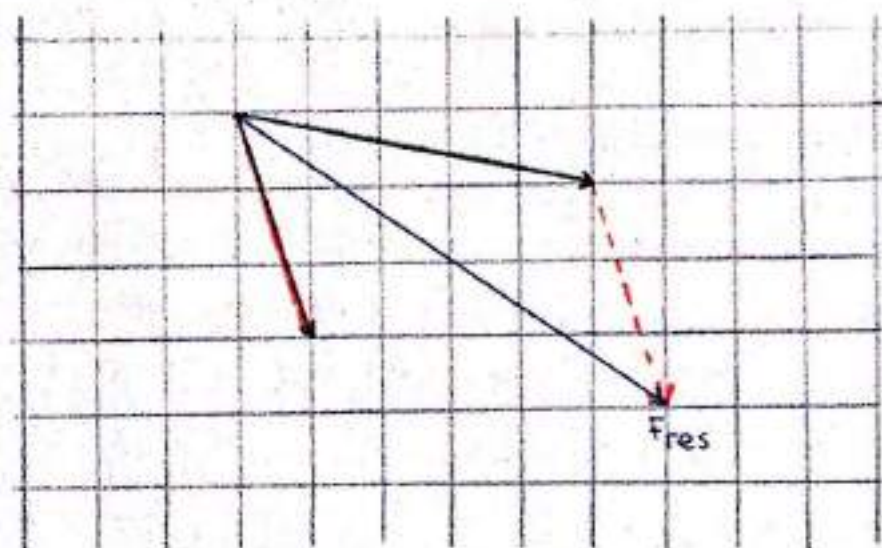
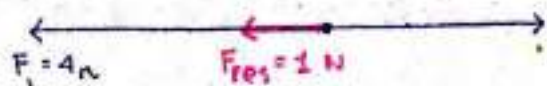
3^e wet van Newton



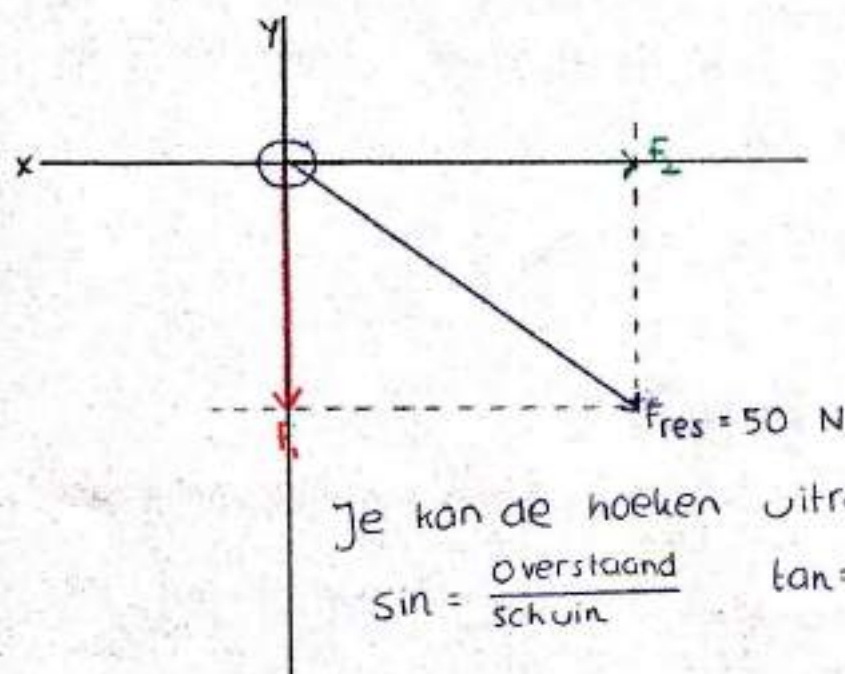
Kracht F

- kracht is een vector (heeft grootte en richting)
- eenheid: Newton
- De kracht is een oorzaak van een versnelling op een voorwerp
Een kracht van 1 N op 1 kg geeft $a = 1 \text{ m/s}^2$

NETTO KRACHT



Kop-staartmethode



Je kan de hoeken uitrekenen met je geodriehoek.

$$\sin = \frac{\text{overstaand}}{\text{schuin}} \quad \tan = \frac{\text{overstaand}}{\text{aanliggend}} \quad \cos = \frac{\text{overstaand}}{\text{schuin}}$$

$$\text{Pythagoras: } AB^2 + BC^2 = AC^2$$

• Soorten krachten

* Zwaartekracht

~ De kracht die de aarde op een voorwerp uitoefent

$$\sim F_{zw} = m \cdot g$$

(m kg) (9,81 m/s²)

~ Een voorwerp valt ten gevolge van de zwaartekracht. In het begin is de versnelling gelijk aan g . Door de toenemende snelheid wordt de luchtweerstand steeds groter. Hierdoor neemt de versnelling af. Na enige tijd is de luchtweerstand gelijk aan de zwaartekracht. De snelheid is dan constant, want $\Sigma F = 0$.

* Spankracht

~ De kracht die een gespannen koord uitoefent op een voorwerp.

* Normalkracht

~ Reactiekracht van een ondersteunend vlak

~ De F_N staat altijd loodrecht op het vlak

* Veerkracht $F_{veer} = -C \cdot v$

~ De kracht in elastische voorwerpen, zoals veren

~ kracht waarmee een voorwerp probeert zijn oorspronkelijke vorm weer in te nemen.

* Wrijvingskracht

~ wrijving (=weerstand) ontstaat wanneer twee oppervlakten langs elkaar schuiven.

~ De F_w werkt altijd in tegengestelde richting van de beweging.

~ Er zijn drie soorten wrijvingskrachten:

* **Schuifwrijving** ontstaat wanneer twee oppervlakten langs elkaar schuiven.
 $F_{w,s} = f \cdot F_N$

* **Rolweerstand** ontstaat wanneer een rond voorwerp rolt over een oppervlak.
 $F_{w,r} = C_r \cdot F_N$

* **Luchtweerstand** ontstaat wanneer een voorwerp zich in de lucht bevindt.
 $F_{we} = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot C_w \cdot A \cdot v^2$

• Dichtheid: de massa van een volume van 1 m^3 .

$$\rho = \frac{m}{V}$$

Subdomein C2: Energie en wisselwerking

• De wet van behoud van energie:

~ zegt dat energie niet verloren gaat, maar blijft behouden

~ het is alleen mogelijk om energie van de ene vorm om te zetten naar een andere vorm: **energieomzetting**

$$\sim \sum E_{\text{in}} = \sum E_{\text{uit}}$$

• Energievormen

* **zwaarte-energie**

~ de energie die een voorwerp ondervindt doordat het een zwaartekracht ondervindt.

$$\sim E_z = m \cdot \underbrace{g}_{9,81 \text{ m/s}^2} \cdot h$$

* **kinetische energie**

~ de energie die een voorwerp heeft doordat het beweegt

$$\sim E_k = \frac{1}{2} m v^2$$

* **veerenergie**

~ de energie die een veerkrachtig voorwerp ondervindt, wanneer het wordt ingeduwd of uitgerekt.

$$\sim E_{\text{veer}} = \frac{1}{2} C \cdot u^2$$

* **stralingsenergie**

~ de energie die in elektromagnetische straling zit

* **elektrische energie**

~ de energie die in elektrisch geladen voorwerpen zit

* **chemische energie**

~ de energie die zit opgeslagen in een stof

$$E_{\text{ch}} = r_m \cdot m \quad \text{of} \quad E_{\text{ch}} = r_v \cdot V$$

verbrandings-
warmte: J/kg verbrandings-
warmte: J/m^3 verbrandingswarmte
stookwaarde

* **warmte** (E_w of Q)

↓
Binas 28A

• Arbeid

- ~ Energie is het vermogen om arbeid te verrichten
- ~ **Arbeid** is het omzetten / overdragen van energie
- ~ Arbeid is het product van kracht en verplaatsing

Berekenen van de arbeid

I) De kracht heeft dezelfde richting als de verplaatsing

$$W = F \cdot s$$

II) De kracht heeft een andere richting dan de verplaatsing

$$W = F \cdot s \cdot \cos(\alpha)$$

III) De kracht is zwaartekracht / wrijvingskracht

$$W_{zw} = \pm F_{zw} \cdot \Delta h$$

$$W_w = -F_w \cdot s$$

- ~ Als er meer dan één kracht werkt op een voorwerp, dan reken je met netto arbeid. Er geldt dan:

$$\sum W = \Delta E_k$$

- ~ Als de hoek tussen de kracht en de verplaatsing 90° is, dan is de arbeid 0.

• Bewegingen

* vrije val

- ~ Een object in een vrije val staat alleen o.r.v. zwaartekracht (de luchtweerstand wordt verwaarloosd)

~ Er wordt zwaarte-energie omgezet in kinetische energie.

~ Er geldt: $E_k + E_{zw} = \text{constant}$

* valbeweging met wrijving / worp / trillingen / stuitbewegingen

~ Er geldt: $E_k + E_{zw} + E_w = \text{constant}$

- Bereken de snelheid van een vallend voorwerp.

$$\frac{1}{2} m v^2 = m g h$$

$$\frac{1}{2} v^2 = g h$$

$$v^2 = 2 g h$$

$$v = \sqrt{2 g h}$$

- Voertuigen en energie

~ Een auto zet (chemische / elektrische) energie om in arbeid en warmte.

- ~ **Vermogen**: - de hoeveelheid energie die per seconde wordt omgezet / overgedragen
- de hoeveelheid arbeid die per seconde wordt verricht.

Het vermogen berekenen:

$$P = \frac{\Delta E}{t}$$

$$P = \frac{W}{t}$$

$$P = \frac{Q}{t}$$

Het vermogen van een voertuig dat met constante snelheid rijdt:

$$P = \frac{W}{t} \left. \begin{array}{l} \text{waarin:} \\ W = F \cdot s \end{array} \right\} P = \frac{F \cdot s}{t} \left. \begin{array}{l} \text{waarin} \\ v = \frac{s}{t} \end{array} \right\} P = F \cdot v$$

- Een hybride auto slaat kinetische energie op in elektrische energie (in de accu). Deze opgeslagen energie kan weer gebruikt worden.

• Hoe hoger de snelheid, des te groter de luchtweerstand.

- ~ **Rendement**: het percentage energie dat nuttig wordt gebruikt

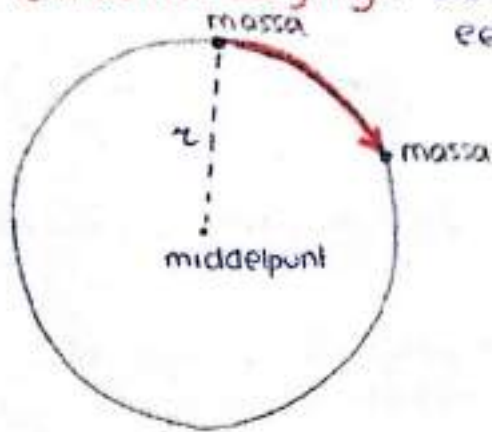
(bv. In een auto gaat vanuit de verbrandingsmotor 30% van de energie wordt omgezet in bewegingsenergie. Er wordt dus 30% nuttig omgezet. De rest van de energie gaat verloren als warmte en aan geluid)

$$\eta = \frac{E_{\text{nuttig}}}{E_{\text{in}}} \cdot 100\%$$

$$\eta = \frac{P_{\text{nuttig}}}{P_{\text{in}}} \cdot 100\%$$

Subdomein C3: Gravitatie

- **Cirkelbeweging**: een massa maakt een cirkelbeweging om een middelpunt.



- * **Baanstraal**
 - blijft gedurende de cirkelbeweging constant
 - afstand middelpunt-massa
- * **Baansnelheid**
 - de snelheid van de massa langs de cirkelbaan
- * **Toerental** (= RPM)
 - aantal rondjes per minuut
- * **Omlooptijd**
 - de tijd die nodig is om één rondje te maken.

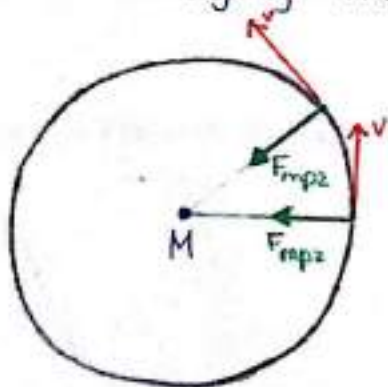
Voor de baansnelheid geldt:

$$v = \frac{(2\pi \cdot r) \text{ omtrek cirkel}}{T \text{ omlooptijd}}$$

- ~ Een voorwerp dat verandert van snelheid of van richting ondervindt een versnelling. Een voorwerp dat een cirkelbeweging maakt, verandert continu van richting. Er is dus een versnelling:

- * **a_{mpz}** : **middelpuntzoekende versnelling**
 - gericht naar het middelpunt.

- ~ De a_{mpz} wordt veroorzaakt door de **middelpuntzoekende kracht F_{mpz}** . De F_{mpz} zorgt ervoor dat het voorwerp een cirkelbeweging maakt.



De \vec{F}_{mpz} is loodrecht op \vec{v}

Voor de middelpuntzoekende kracht geldt:

$$= \frac{mv^2}{r}$$

- ~ Als een voorwerp met een constante snelheid een cirkelbeweging maakt, dan is het een **eenparige cirkelbeweging**

- Als we het hebben over de kracht die de aarde op een massa uitoefent, noemen we dit **zwaartekracht**.
- Als we het hebben over planeten die elkaar aantrekken, dan noemen we dit **gravitatiekracht**.
- **Gravitatie** is de aantrekkende kracht die massa's op elkaar uitoefenen.
- De gravitatiewet van Newton: **alle voorwerpen met een massa trekken elkaar aan.**

De kracht die ervoor zorgt dat massa's elkaar aantrekken wordt de **gravitatiekracht** genoemd.

- **Gravitatie wisselwerking**: het principe dat twee voorwerpen met een massa elkaar aantrekken.
- Voor de gravitatiekracht geldt:

$$F_g = G \cdot \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2}$$

constante

zie in:

- De gravitatiekracht is evenredig met de massa's.
Hoe groter de massa's van de voorwerpen, des te groter is de gravitatiekracht.
- De gravitatiekracht is omgekeerd evenredig met de r^2 .
Hoe groter de afstand tussen de voorwerpen, des te kleiner is de gravitatiekracht.
- De r is de afstand tussen de middelpunten van de objecten.

- De gravitatiekracht treedt op bij het rondcirkelen van satellieten om een planeet.

Satellieten zijn alle voorwerpen die zich in een baan rond een hemellichaam bewegen.

satellieten $\left\{ \begin{array}{l} \text{natuurlijke satellieten (bv. de maan)} \\ \text{kunstmatige satellieten (bv. ruimtestations)} \end{array} \right.$

- * Aarde-maan:

De aantrekkingskracht tussen de aarde en de maan ($= F_g$) zorgt ervoor dat de maan in een baan rond de aarde blijft draaien.

- **Geostationaire satellieten**

↳ De omlooptijd van een geostationaire satelliet is ong. hetzelfde als de omlooptijd van de aarde

- **Ontsnappingsnelheid**

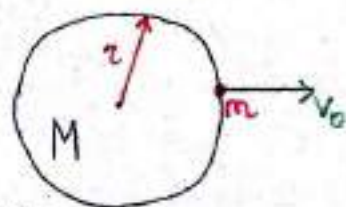
↳ de minimale snelheid die een voorwerp moet hebben om te ontsnappen aan de gravitatie-aantrekkings van een massief object (planeet, maan)

- * Een voorwerp krijgt een beginsnelheid en beweegt zich daarna voort zonder voortstuwing.
(dus voor een raket geldt de ontsnappingsnelheid niet, want een raket heeft voortstuwing nodig)

* Luchtweerstand wordt verwaarloosd.

* Voor de ontsnappingsnelheid geldt: $v = \sqrt{2gR}$

Afleiden $v = \sqrt{2gR}$



Een massa met massa m wordt weggeschoten met v_0 vanaf een object met massa M .

Als de v_0 te klein is om te ontsnappen, dan zal $E_{kin} = 0$ worden en door de gravitatiekracht komt het voorwerp m weer terug.

Als de v_0 groot genoeg is om te ontsnappen, dan wordt de z tussen m en M ∞ .

Als $z = \infty$ dan is $E_{kin} = 0$ en $E_g = 0$

BEGIN:

$$E_g = -\frac{GMm}{R} \quad \& \quad E_{kin} = \frac{1}{2}mv^2$$

EIND ($z = \infty$):

$$E_g = 0 \quad \& \quad E_{kin} = 0$$

$$\text{dus } \sum E_{in} = \sum E_{uit}$$

$$\sum E_{in} = \sum E_{uit}$$

$$\frac{1}{2} m v_e^2 + - \frac{GmM}{R} = 0$$

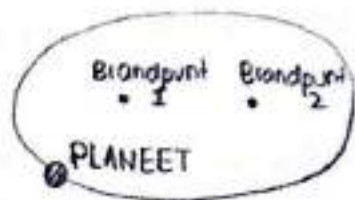
$$\frac{1}{2} m v_0^2 = \frac{GmM}{R}$$

$$\frac{1}{2} v_0^2 = \frac{GM}{R}$$

$$v_0^2 = \frac{2GM}{R}$$

$$v = \sqrt{\frac{2GM}{R}}$$

- Een **planeet** beschrijft een ellipsbaan rond een hemellichaam
Een ellipsbaan is niet cirkelvormig



De som van de afstanden tussen een punt op de ellips naar de beide brandpunten is voor ieder punt op de ellips hetzelfde.

Voor de **gravitatie-energie** geldt:

$$E_g = -G \cdot \frac{m \cdot M}{r}$$

- verband gravitatie-energie:

$$E_g = -G \cdot \frac{m \cdot M}{r} = -F_g \cdot r$$

Domein D: Lading en veld

Subdomein D1: Elektrische systemen

- **Elektrische stroom**: verplaatsen van ladingdragers door een (half) geleider.

Een **ladingdrager** is een vrij bewegend deeltje dat een elektrische lading draagt.

- ↳ elektronen
- ↳ ionen

By de meeste metalen kunnen elektronen losraken van hun eigen atoomkern en zich vrij bewegen binnen het metaalrooster van atomen, zulke elektronen zijn de **vrije elektronen**. Om de elektronen vrij te maken van een atoom is er energie nodig.

De energie die nodig is om een elektron vrij te maken van het atoom wordt de **ionisatie-energie** genoemd.

- Een **geleider** is een materiaal waar elektronen zich vrij in kunnen bewegen



- Een proton heeft een lading van $+e$ en een elektron heeft een lading van $-e$. De e staat voor **elementaire lading**, dit is gelijk aan $1,6022 \cdot 10^{-19} \text{ C}$. De eenheid van lading is Coulomb

- De elektrische stroom wordt weergegeven met de letter I en kan worden beschreven als de verplaatsing van elektrische lading per tijdseenheid.

$$I = \frac{Q}{t}$$

stromsterkte [A] lading [C] tijd [s]

- **Spanning** zorgt voor een verschil in energie tussen twee plaatsen in een elektrische schakeling. Door dit verschil in elektrische energie zullen elektronen de neiging hebben zich te verplaatsen.

Een **spanningsbron** is een apparaat wat tussen twee punten een bepaalde spanning zet.

↳ bv. een batterij of een accu.

Spanning is een maat voor de hoeveelheid elektrische energie per één lading / Coulomb.

$$U_{\text{spanning [V]}} = \frac{\Delta E}{Q}$$

De eenheid van spanning is Volt $1 \text{ V} = 1 \text{ J/C}$

- **Weerstand** R is een eigenschap van een materiaal om de doorgang van elektrische stroom te belemmeren.
- Er is alleen stroom als er een gesloten circuit is.

• wet van Ohm

$$I = \frac{U}{R}$$

- * de spanning en stroom zijn evenredig
- * de stroomsterkte en weerstand zijn omgekeerd evenredig

• Een **isolator** blokkeert de stroom.

• De **elektrische geleidbaarheid**:

$$G = \frac{1}{R}$$

De geleidbaarheid en weerstand zijn omgekeerd evenredig.

• $I = \frac{U}{R}$ en $G = \frac{1}{R} \rightarrow R = \frac{1}{G}$ geeft $I = \frac{U}{\frac{1}{G}} = \frac{U \cdot G}{1} = U \cdot G$

• Een ohmse weerstand is constant.

• Weerstanden

* **ohmse weerstand**: blijft constant

* **NTC - weerstand**

↳ Als de temperatuur toeneemt, dan neemt de weerstand af.

* **PTC - weerstand**

↳ Als de temperatuur toeneemt, dan neemt de weerstand ook toe. (bv. gloeilamp)

* **LDR - weerstand**

↳ Als er meer licht op valt, dan neemt de weerstand af.

• **Soortelijke weerstand** is de mate waarin een materiaal stroom geleidt of weerstaat.

De soortelijke weerstand is afhankelijk van de temperatuur.

soortelijke weerstand \sim temperatuur

Berekenen van de soortelijke weerstand

$$\rho = \frac{R \cdot A}{l} \quad \left. \begin{array}{l} R: \text{ weerstand} \\ A: \text{ oppervlakte van de draad} \rightarrow A = \pi r^2 \\ l: \text{ lengte van de draad} \end{array} \right\}$$

• Wetten van Kirchhoff

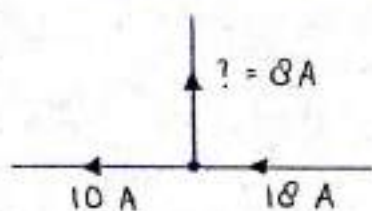
I) **stroomwet van Kirchhoff**

$$\sum I_i = 0 \quad \text{of} \quad \sum I_{in} = \sum I_{uit}$$

De som van de stromen naar elk knooppunt is 0.

- Een knooppunt is een punt in een schakeling waar meerdere draden samenkomen.

~ De stroom die van een knooppunt af loopt wordt negatief genomen.



$$10 - 8 - 10 = 0 \quad \text{dus} \quad \sum I = 0$$

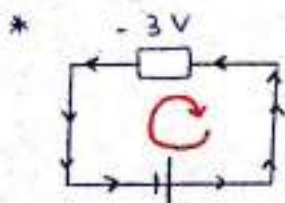
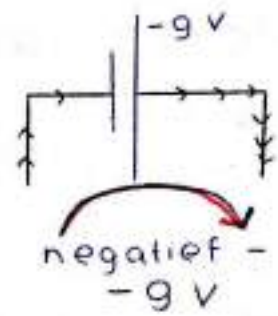
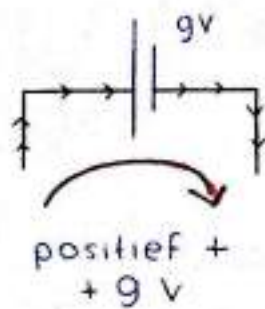
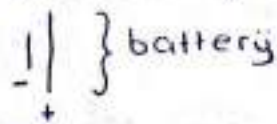
II) Spanningswet van Kirchhoff

$$\sum U_i = 0$$

Voor een gesloten kring binnen een schakeling geldt dat de spanning in het beginpunt van de kring gelijk is aan de spanning van het eindpunt.

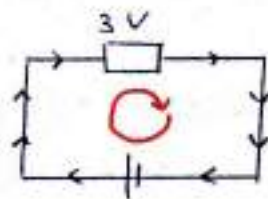
afspraken:

* stroom gaat van + pool naar de - pool



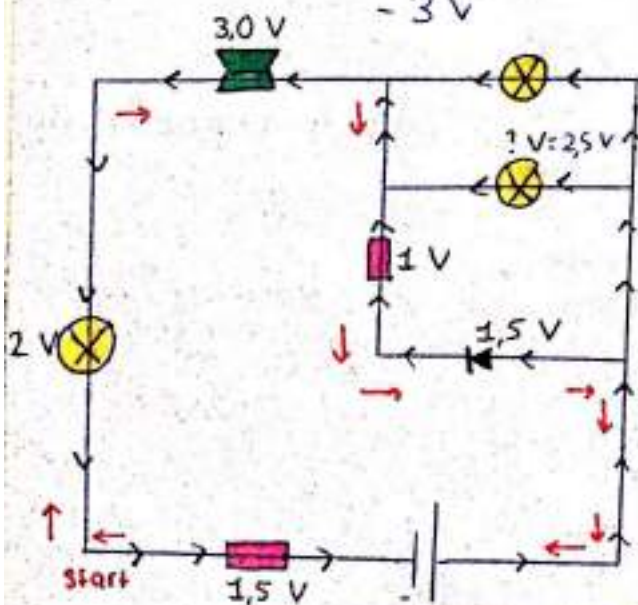
Stroom van + naar -

↓
tegengesteld
dus
negatief -
- 3V



richting

↓
zelfde richting
dus
positief +
+ 3V



I) Stroomrichting

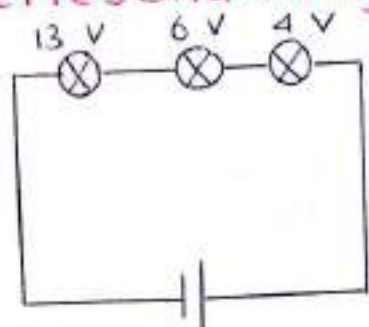
II) de afleesrichting is tegen-gesteld aan de stroomrichting, dus de spanningen van de componenten worden negatief genomen.

III) De batterij is , dus eerst bij positieve kant, dus de spanning van de batterij wordt positief: + 9V.

90V IV) $\sum I = -2V - 3V - 1V - 1,5V + 9V = 0$

• Schakelingen

Serieschakeling



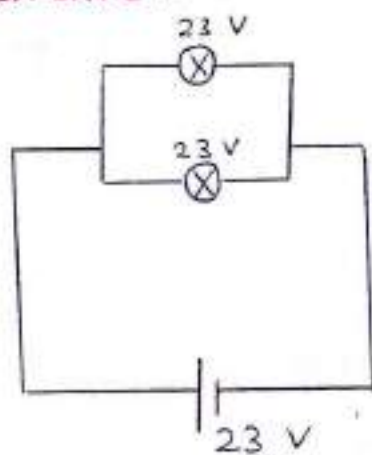
$$U_{\text{totaal}} = U_1 + U_2 + U_3$$
$$I_{\text{totaal}} = I_1 = I_2 = I_3$$

* De stroomsterkte is door elke component gelijk.

* De spanning wordt verdeeld over de componenten
↳ afh van de weerstand

* $R_V = R_1 + R_2 + \dots$
(Bij meerdere weerstanden)

Parallelschakeling



$$U_{\text{totaal}} = U_1 = U_2$$
$$I_{\text{totaal}} = I_1 + I_2$$

* De spanning is in elke component even groot als de spanning van de bron (batterij)

* De stroomsterkte wordt verdeeld over de componenten.

* $\frac{1}{R_V} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots$
(Bij meerdere weerstanden)

• Als er meerdere weerstanden in een stroomkring zijn, dan kunnen deze weerstanden vervangen worden door één weerstand: **de vervangingsweerstand**

• De stroomsterkte kan gemeten worden met een stroommeter / ampèremeter.

De ampèremeter wordt in serie geplaatst

• De spanning kan gemeten worden met een spanningsmeter / voltmeter.

De voltmeter wordt parallel geplaatst.

• weerstanden in de meters:

Een ampèremeter heeft een oneindig kleine weerstand.

Een voltmeter heeft een oneindig grote weerstand.

- Als je een lampje van 6V wilt aansluiten op een spanningsbron van 9V, dan heb je een weerstand nodig waarover 3V staat. De spanning wordt verdeeld over het lampje en de weerstand.

Een schakeling die de spanning in delen verdeelt, (=weerstand bv.) wordt een **spanningsdeler** genoemd

- **Elektrische energie** komt vrij uit een chemische reactie. De elektrische energie wordt omgezet in allerlei andere energievormen.

Het **vermogen** is de hoeveelheid energie die per seconde wordt omgezet.

$$P = \frac{E}{t}$$

vermogen $\frac{\text{J}}{\text{s}}$ $\frac{\text{Joule}}{\text{seconde}}$

$$E = P \cdot t = 1000 \cdot 3600 = 3600\,000 \text{ J} = 1 \text{ kWh}$$

- verband tussen vermogen, spanning en stroom:

$$P = U \cdot I$$

- De kWh-meter meet het energieverbruik van het huishouden.
- De electriciteit is in een huis verdeeld in een aantal groepen. Elke groep is beveiligd door een zekering.

Functies zekering:

- voorkomen van overbelasting (= te grote stroom)
- voorkomen van kortsluiting (= te weinig weerstand aanwezig in kring, waardoor stroomsterkte erg groot is.)
- **Aardlekschakelaar** vergelijkt de inkomende en de uitgaande stroom in je huis. Als deze niet aan elkaar gelijk zijn is er een lek.

• Aarding

zorgt ervoor dat apparaten en installaties zijn verbonden met de aarde, zodat stroom kan wegvloeien in de grond.

• Verwarmingselement: elektrische energie \rightarrow warmte

• motor: elektrische energie \rightarrow bewegingsenergie

• Een gloeilamp bestaat uit een bol van glas en een gloeidraad. Door de elektrische energie wordt de gloeidraad zo heet dat deze licht produceert. Een gloeilamp heeft een laag rendement, doordat een groot percentage energie wordt omgezet in warmte.

Een halogeenlamp heeft ook een gloeidraad, maar deze gloeidraad wordt veel warmer waardoor er een andere kleur licht ontstaat.

Een LED-lamp heeft een diode, een onderdeel dat stroom slechts in één richting doorlaat.

Een spaarlamp heeft een veel hoger rendement dan een gloeilamp.

• lamp: elektrische energie \rightarrow licht = stralingsenergie (& warmte)

Subdomein D2: Elektrische en magnetische velden

• Aantrekking / afstoting



• **Elektrische kracht:**

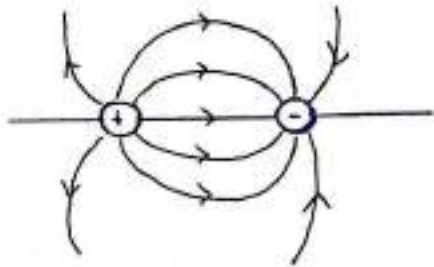
de kracht die tussen twee geladen voorwerpen werkt

• De elektrische kracht kan berekend worden met de **wet van Coulomb**

$$F_{el} = \underset{\text{constante}}{f} \cdot \frac{q \cdot Q}{r^2}$$

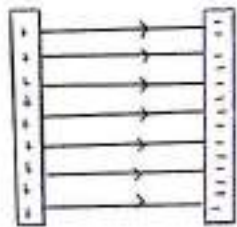
- Een **elektrisch veld**: het gebied rondom een elektrische lading, waar de lading invloed heeft.

Een elektrisch veld is onzichtbaar. In tekeningen kan een elektrisch veld worden weergegeven met veldlijnen. De veldlijnen lopen van de +-kant naar de -kant.



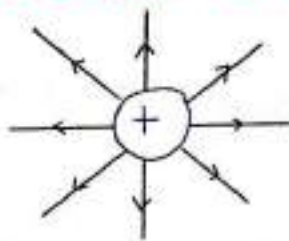
Hoe dichter de veldlijnen op elkaar zitten, des te sterker is het elektrische veld.

- **Homogeen elektrisch veld**



- * De veldlijnen lopen evenwijdig
- * bv. een condensator

- **Radiaal elektrisch veld**



- * De veldlijnen lopen naar buiten toe.

- Op een lading in een elektrisch veld werkt een elektrische kracht.

Voor de **elektrische veldsterkte** geldt:

$$E = \frac{F_{el}}{q} \quad \frac{N}{C}$$

- Wanneer elektronen in een elektrisch veld komen, gaan ze versnellen. De elektrische energie wordt omgezet in kinetische energie. De elektrische kracht levert een arbeid:

$$W = q \cdot U$$

De arbeid is gelijk aan de omzetting van elektrische energie in E_{kin} .

$$W = \Delta E_{el} = q \cdot U = \Delta E_{kin}$$

$$= \frac{1}{2} m v_{eind}^2 - \frac{1}{2} m v_{begin}^2$$

• Elektromagneet:

een magneet waarvan het magnetische veld door een elektrische stroom wordt veroorzaakt

Een elektromagneet werkt alleen als er stroom doorheen loopt

• Een spoel is een elektromagneet. Het magneetveld kan sterker worden gemaakt door een yzeren kern in de spoel te stoppen. Het yzer wordt ook een magneet.

Ook kan het magneetveld sterker worden gemaakt door een grotere stroom door de spoel te laten lopen.

• Lorentz kracht:

De kracht die een bewegende lading ondervindt in een magnetisch veld.

• De Lorentzkracht ontstaat wanneer geladen elektrische deeltjes door een magneetveld bewegen.

• Voor de Lorentzkracht geldt:

$$F_L = B \cdot I \cdot l$$

magnetische veldsterkte stroomsterkte lengte van stroomdraad

• Voor de richting van de Lorentzkracht, kan de linkerhandregel worden gebruikt.
= FBI-regel.

• Neem je linkerhand

↳ wys met je wijsvinger in de richting van het magneetveld (B)

↳ wys met je middelvinger in de richting van de stroom

↳ je duim wijst nu in de richting van de Lorentzkracht.

• Voor een positief geladen deeltje geldt:

$$F_L = B \cdot q \cdot v$$

lading snelheid

↳ linkerhandregel

De I (middelvinger) is in tegengestelde richting van de beweging van elektronen

• Elektromotor

bestaat uit een spoel die tussen twee polen van een magneet draait.

~ Een elektromotor zet elektrische energie om in bewegingsenergie

• Dynamo

~ Een dynamo zet bewegingsenergie om in elektrische energie

• Luidspreker

Binnen een spoel wordt een magneetveld aangelegd, een radiaal magnetisch veld. De spoel beweegt, afhankelijk van de stroom die door de spoel loopt.

• Elektromagnetische inductie:

het opwekken van een elektrische stroom in een circuit door dit in een veranderend magnetisch veld te plaatsen.

~ Het magnetisch veld en de elektrische stroom wisselen energie uit.

• Magnetische flux Φ

geeft de hoeveelheid magnetische veldlijnen aan die een oppervlak doorkruisen.

Voor de magnetische Flux geldt:

$$\Phi = B \cdot A$$

wb

• Inductiespanning

* Elektromagnetische inductie:

Verschijnsel dat wanneer een magnetisch veld en een spoel ten opzichte van elkaar bewegen, er over de uiteinden van de spoel een spanning U_{ind} wordt opgewekt. De Flux in de spoel verandert.

$$U_{ind} = N \cdot \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} \quad \left. \vphantom{U_{ind}} \right\} \text{hierin is } N \text{ het aantal windingen van de spoel.}$$

• Een elektronvolt eV is een eenheid.

$$1 \text{ eV} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

$$\Delta E_k = -\Delta E_{el}$$

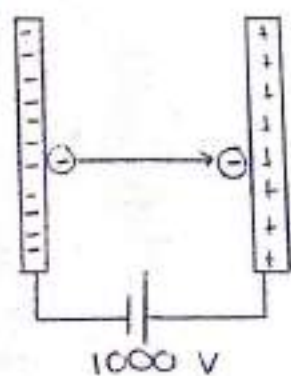
• Toepassingen:

* Röntgen buis.

elektronen worden versneld en met een grote snelheid op een metalen plaat geschoten. Hierby ontstaat röntgenstraling.

De elektronen bewegen van de negatieve elektrode (=kathode) naar de positieve elektrode (=anode).

* Lineaire versneller



$$\sim E_{el} \rightarrow E_{kin}$$

~ volt = energieverval

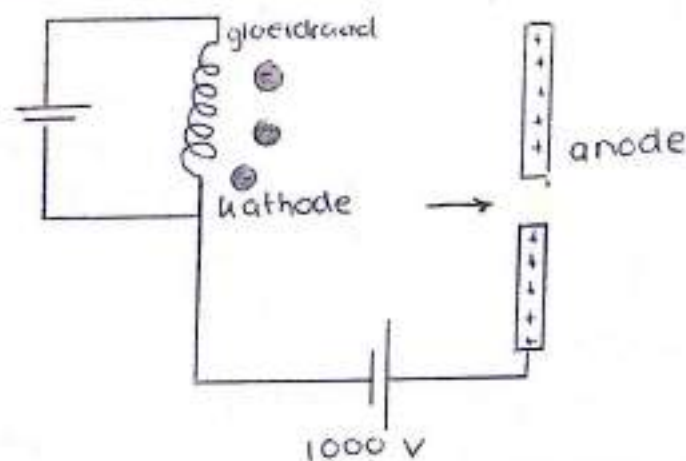
$$\sim E_{el} = q \cdot U$$

$$E_{kin} = \frac{1}{2} m v^2$$

hierin:

$$q = 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ C}$$

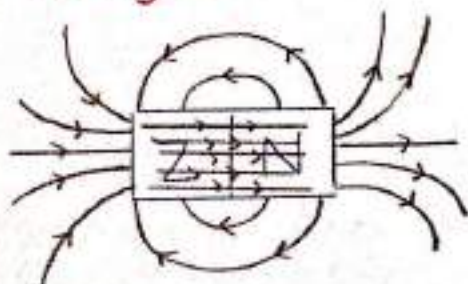
$$m = 9,109 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$$



* vacuüm

↳ anders botsen elektronen met lucht moleculen en verliezen ze hun snelheid.

• Magnetisme



- elke magneet bestaat uit heel veel kleine magneetjes. In een magneet staan deze elementaire magneetjes dezelfde kant op. hierdoor krijgt een magneet een noord- / en zuidpol.

buiten magneet $N \rightarrow S$
binnen magneet $S \rightarrow N$

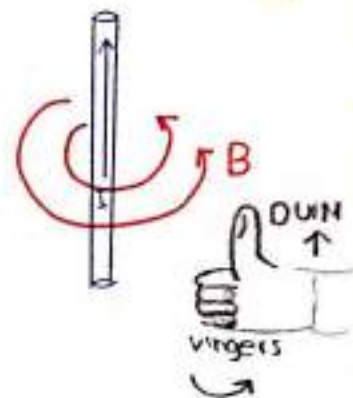
- **Magnetisch veld**: het gebied rondom een magneet, waarin de magnetische krachten werken.
- In en rond de aarde bevindt zich het **aardmagnetisch veld**, dit zorgt voor de werking van een kompas. De noordpool wijst naar het noorden en de zuidpool wijst naar het zuiden.
- De richting van een magnetisch veld kun je bepalen met de rechterhandregel.
 - neem je rechterhand
 - ↳ wijs met je duim in de richting van de stroom
 - ↳ je vingers geven de richting van het magnetische veld aan.

• Spoel



stroomgeleidend

~ rechterhandregel bij spoelen ook mogelijk



- Homogeen magnetisch veld
 - ↳ het magnetisch veld is overal even groot en heeft dezelfde richting.

- Inhomogene magnetische velden
 - ~ Magnetisch veld waarin de kracht van één van de polen groter is dan die van de andere pool. Hierdoor worden deeltjes afgebogen en er werkt een nettokracht.

- **Magnetische veldsterkte** = magnetische inductie

B : symbool

T : eenheid

(Tesla)

• Elektromagnetisme

een verandering in een elektrisch veld veroorzaakt een magnetisch veld. bv. wanneer er elektrische stroom door een stroomdraad gaat, ontstaat er rond de draad een magnetisch veld.

Domein E. Straling en materie

Subdomein E1: Elektromagnetische straling en materie

- **Elektromagnetische straling** is een verzamelnaam voor alle soorten straling bestaande uit elektromagnetische golven.
- Alle soorten elektromagnetische straling planten zich voort met de lichtsnelheid.

Elektromagnetische golven: **Fotonen**

$$E_f = h \cdot f$$

constante
van
Planck

De energie van een foton is evenredig met de frequentie van licht.

- Er geldt: $c = \lambda \cdot f$

dus

$$f = \frac{c}{\lambda}$$

invullen in $E_f = h \cdot f$ geeft:

$$E_f = h \cdot \frac{c}{\lambda} \quad \text{dus} \quad E_f = \frac{h \cdot c}{\lambda}$$

- Het elektromagnetisch spectrum is de verzameling van alle soorten elektromagnetische golven.

↳ verschillende soorten elektromagnetische golven:

- * radiogolven
- * microgolven
- * infrarode straling
- * zichtbaar licht
- * ultraviolette straling
- * Röntgenstraling
- * Gammastraling

- Een **zwarte straler** zendt fotonen uit van alle golflengtes. De temperatuur van de zwarte straler bepaalt waar de piek van de λ ligt. ("koud": IR-licht / "heet": rood / roodgloeiend-witheet)

• Telescopen:

* **Optische telescoop**

↳ vergroot objecten die ver van de waarnemer zijn verwijderd m.b.v. optiek.
("verrekijker")

* **Radiotelescoop**

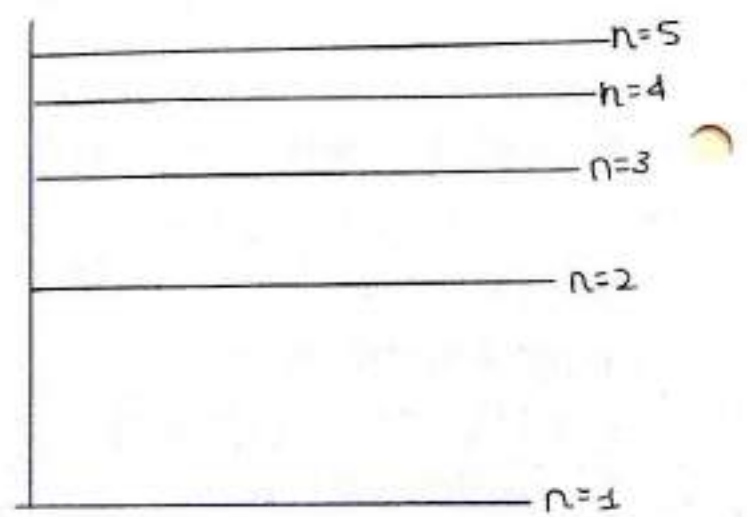
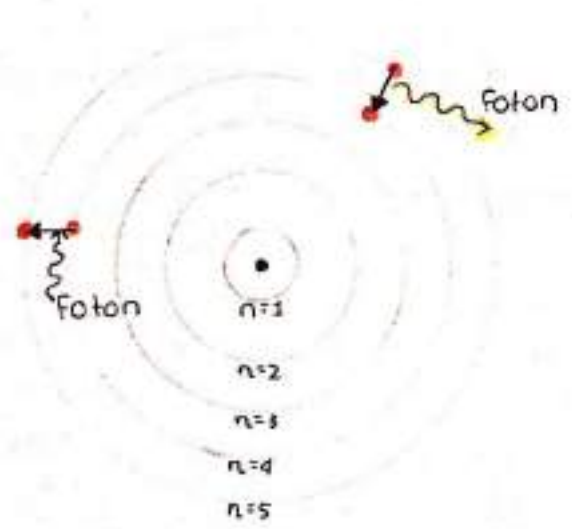
↳ vangt radiogolven op die afkomstig zijn van astronomische objecten. Zo kan ruimtestraling worden gemeten.

* **Ruimte telescoop**

↳ bevindt zich buiten de dampkring van de aarde.

• Atomen kunnen in een bepaald aantal energie-toestanden voorkomen.

Grondtoestand: de laagste energietoestand van het atoom. Wanneer een atoom energie opneemt (bv. stralingsenergie of thermische energie), kan het atoom overgaan naar een hogere energietoestand. Dit wordt de **aangeslagen toestand** genoemd.



Als het elektron terugvalt naar een lager energieniveau, dan wordt er een foton uitgezonden. Voor de energie van dit uitgezonden foton geldt:

$$E_f = |E_m - E_n|$$

in eV

Dit kan ingevuld worden in:
 $E_f = \frac{h \cdot c}{\lambda}$ (in J)

• De energieniveaus van een atoom worden bepaald door de plaats van elektronen.

* Grondtoestand :- energie van het atoom is minimaal
- de elektronen bevinden zich zo dicht mogelijk bij de kern

* 1^e aangestlagen toestand :- Het elektron bevindt zich in de eerst volgende hoger gelegen schil.

* **Geïoniseerde toestand** :- Het buitenste elektron heeft zich losgemaakt van het atoom; het atoom is nu geïoniseerd.

↓
ionisatie-energie
De energie die nodig is om het buitenste elektron van een atoom los te maken.

• Bij uitzending van een foton keert het atoom terug van een hoger energieniveau naar een lager energieniveau.

• Eenatomige gassen leveren een **lijnspectrum**. Eén atoom kan slechts een beperkt aantal kleuren uitzenden. Dit aantal wordt bepaald door het aantal mogelijke sprongen van het hogere energieniveau terug naar lagere energieniveaus.

• Vloeistoffen / vaste stoffen leveren een **continu spectrum**. Dit komt doordat de atomen elkaars energieniveau beïnvloeden. In een continu spectrum komt straling op alle golflengtes voor.

• In een lijnspectrum:

* **emissielijn** : Atoom gaat van een hogere energietoestand over naar een lagere energietoestand en zendt hierbij een foton met een bepaalde golflengte uit.

* **absorptielijn** : Als een atoom d.m.v. fotonen energie absorbeert dan kan het atoom overgaan in een hogere (aangeslagen) energietoestand. Wanneer een foton ($E=h \cdot \nu$) exact de energie bevat die nodig is om een atoom in een hogere energietoestand te brengen, dan kunnen deze fotonen worden geabsorbeerd. Op de plekken waar absorptie kan plaatsvinden, wordt een absorptielijn weergegeven.

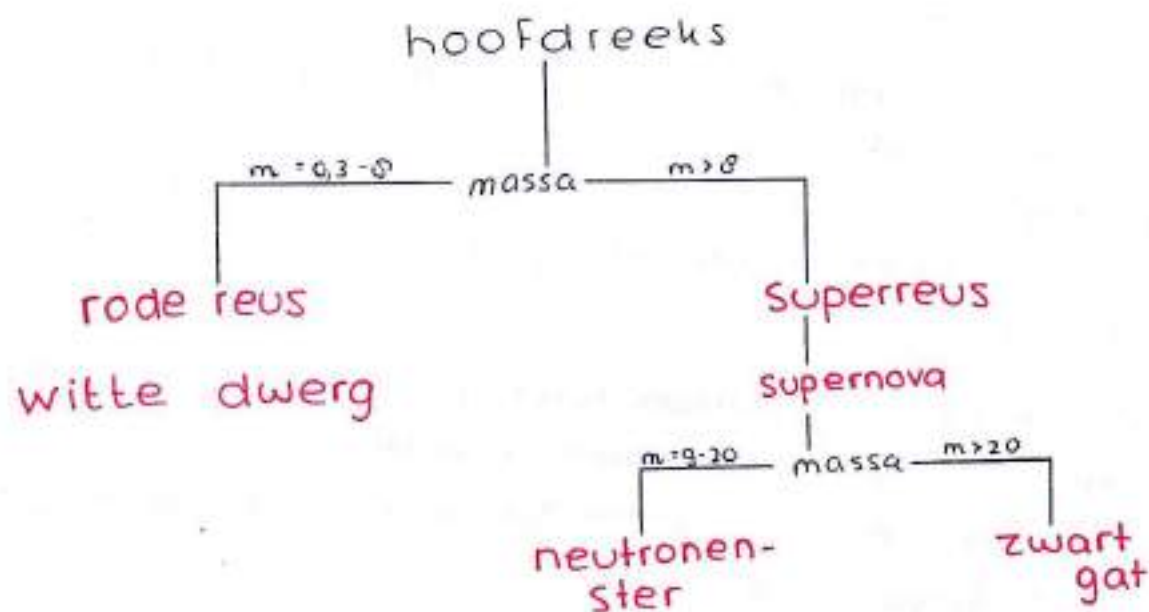
* Een **ster** is een hemellichaam dat licht uitstraalt.

* **Hertzsprung-Russel diagram**

* De lichtkracht is uitgezet tegen de temperatuur

* Een ster heeft een bepaalde levensfase.

De stabiele fase wordt de **hoofdreeks** genoemd, hierna evolueert de ster verder. (afhankelijk van de massa)



• Door te kijken naar het spectrum van een ster, is het mogelijk om de aanwezigheid van elementen in een ster te achterhalen.

Spectroscopie : apparaat om het spectrum van sterren mee te bestuderen.

• Elke stof heeft unieke spectraallijnen.

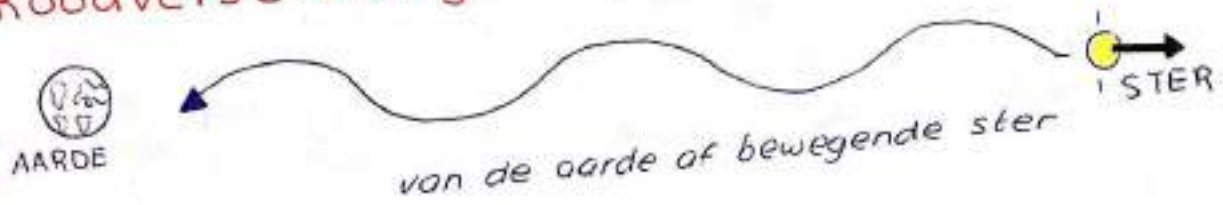
- Als een ster ten opzichte van de aarde beweegt, dan verschuift het kleurenspectrum van de ster. Dit heeft te maken met het **Doppler effect**

De veranderende frequentie van een golf afkomstig van een bewegende bron.

- * Wanneer de ster in de richting van de aarde beweegt, dan worden de golven samengedrukt en wordt de golflengte kleiner.
- * Wanneer de ster van de aarde af beweegt, dan worden de golven uitgerekt en wordt de golflengte groter.

- * $v = \lambda \cdot f$ → De snelheid waarmee de golven zich voortplanten blijft constant. Als de λ toeneemt, dan zal de f afnemen en vice versa.

* Roodverschuiving



* "Normaal"



* Blauwverschuiving



- Er is een verband tussen de snelheid van de ster en de verschuiving.

Hierby gaat het om de radiële snelheid.

De radiële snelheid is de beweging van een ster naar de aarde toe of van de aarde af.

- * De radiële snelheid is positief als een ster van de aarde af beweegt.
- * De radiële snelheid is negatief als een ster naar de aarde toe beweegt.
- * Voor het verband tussen de radiële snelheid en de verschuiving geldt: Hoe groter de snelheid, des te groter is de verschuiving.

$$v = \frac{\Delta\lambda}{\lambda} \cdot c$$

hierin is:

v : radiële snelheid

$\Delta\lambda$: verschil in golflengte

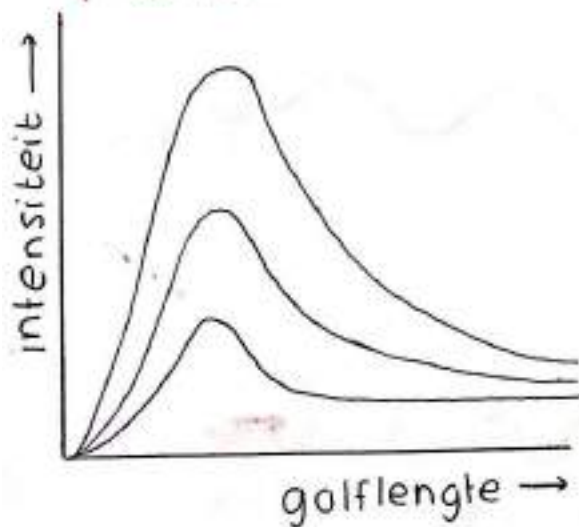
λ : de oorspronkelijke golflengte

c : de lichtsnelheid

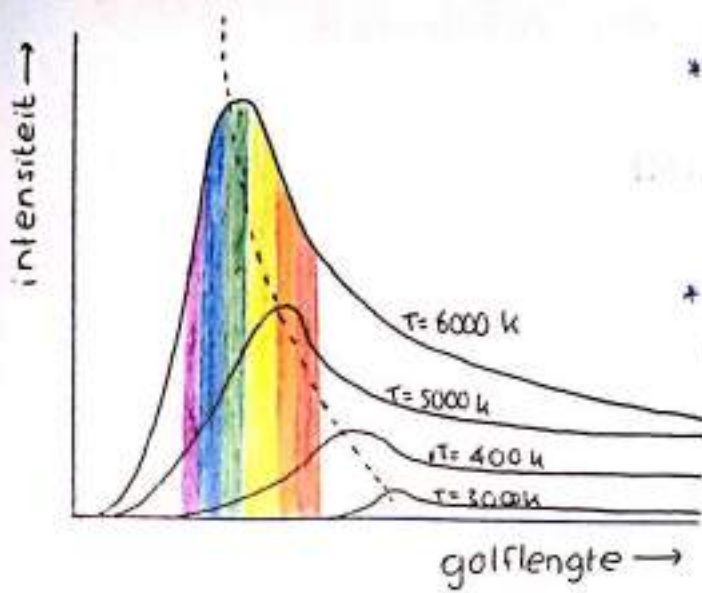
$$v = \frac{\Delta\lambda}{\lambda} \cdot c$$

- positieve v : de ster beweegt van de aarde af, dus is er roodverschuiving.
- negatieve v : de ster beweegt naar de aarde toe, dus is er blauwverschuiving.

• Planck-kromme



- * stralingsspectrum: De vorm is afhankelijk van de temperatuur.



- * De Planckcurve verschuift naar links bij een hogere temperatuur, dit is niet afhankelijk van de massa.
- * De λ_{max} is de golflengte met de grootste stralingsintensiteit.
- * "blauwe" ster: relatief heet
"rode" ster: relatief minder heet
- zie in: Een heetere (blauwe) ster zendt veel meer licht uit.

De wet van Wien

$$\lambda_{max} = \frac{k_w}{T}$$

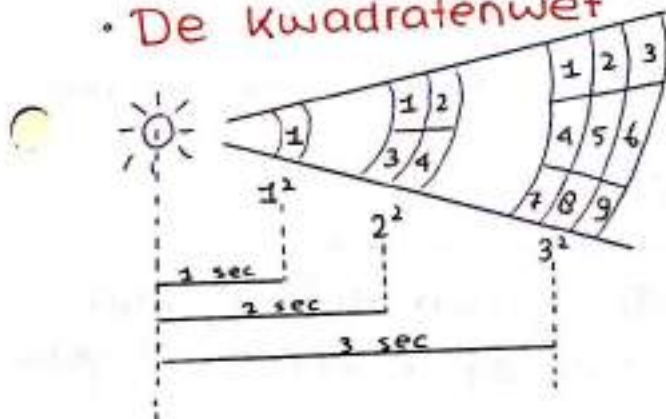
constante van Wien
piek temperatuur

De wet van Stefan-Boltzmann

$$P_{uitgestraald} = \sigma \cdot A \cdot T^4$$

uitgezonden vermogen constante oppervlakte temperatuur

De kwadratenwet



$$I = \frac{P_{bron}}{4 \cdot \pi \cdot r^2}$$

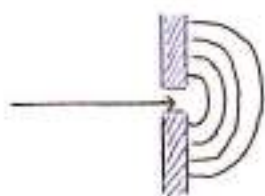
- hierin is:
- I : intensiteit van straling
 - P_{bron} : uitgezonden vermogen
 - r : afstand ontvanger-bron

Het uitgezonden vermogen verspreidt zich over een steeds groter wordend oppervlak.

Domein F. Quantumwereld en relativiteit

Subdomein F1: Quantumwereld

- Licht \rightarrow **golf-deeltjes dualiteit**: licht heeft zowel golf- als deeltjes eigenschappen
 - ~ golfmodel: buiging en interferentie
 - ~ deeltjesmodel: foto-elektrisch effect
- Licht is een golfverschijnsel en heeft een golflengte en een frequentie. Zichtbaar licht heeft een frequentie die ons oog kan waarnemen.
- Licht beweegt zich in rechte lijnen: **lichtstralen**
- Golfkarakter van licht



* **DiffRACTIE / breuing**

\hookrightarrow het afbuigen van golven

* Breuing reedt op als licht op een spleet valt.

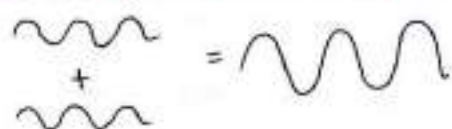
* Er geldt:

Hoe kleiner de spleet, des te meer wordt het licht gebogen.

* **Interferentie**

~ Twee golven die op één plek samenkomen, kunnen elkaar beïnvloeden.

~ **Constructieve interferentie** [versterking]

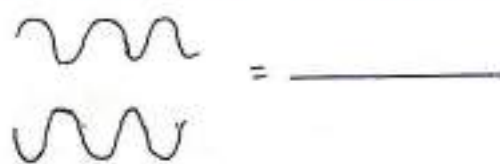


- treedt op als:

De golven in fase zijn.

Het $\Delta\phi$ is een geheel getal.

~ **Destructieve interferentie** [uitdoving]



- treedt op als:

De golven in tegenfase zijn.

Het $\Delta\phi$ is geen geheel getal,

maar $\Delta\phi = 0,5$

$\Delta\phi = 1,5$

$\Delta\phi = 2,5$

etc.

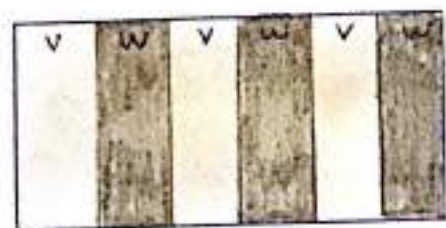
• Licht bestaat uit **fotonen**; een pakketje elektromagnetische stralingsenergie, ook wel **energiequantum** ("energiehoeveelheid")

• Golf-deeltje-dualiteit

• De golf-deeltje-dualiteit is aangetoond met het:

Dubbelspleet-experiment

Hierby wordt een lichtbundel op een plaat met daarin twee smalle spleten geschoten. Achter de plaat staat een projectiescherm, hierop wordt een interferentiepatroon zichtbaar.



Bij donkere strepen: weinig fotonen
Bij lichte strepen: veel fotonen

Je kan van tevoren niet voorspellen waar afzonderlijke fotonen terechtkomen, maar je kan wel iets zeggen over de kans om een foton aan te treffen op een plek.

Het interferentiepatroon geeft een **waarschijnlijkhedenverdeling**.

Hoe groter de amplitude, des te groter is de kans dat het foton daar te vinden is.

Het dubbelspleet-experiment is uitgevoerd met fotonen, maar ook met bv. elektronen.

• De Broglie kwam erachter dat deeltjes ook zowel een golf- als deeltjeskarakter hebben.

De Broglie-golflengte

- de golflengte van een materie-deeltje
- afhankelijk van de massa en de snelheid van deeltje
- impuls $p = m \cdot v$
- voor de Broglie-golflengte geldt:

$$\lambda = \frac{h}{p} = \frac{h}{m \cdot v}$$

• Elektronenmicroscop

Het bekijken van objecten m.b.v. een elektronenmicroscop, er wordt gebruik gemaakt van een bundel elektronen. De golflengte van elektronen kan veel kleiner worden dan de golflengte van licht, hierdoor zijn met een elektronenmicroscop veel kleinere structuren te bekijken.

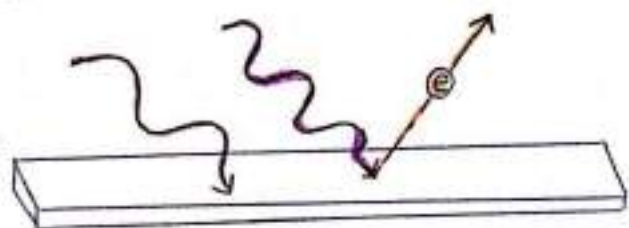
• Kwantummechanica:

- * bestudeert de beweging van atomen en andere kleine deeltjes.
- * Kwantum: de kleinste hoeveelheid van een grootte die bij een interactie betrokken kan zijn.
- * Elektromagnetische straling is gekwantiseerd: de straling kan alleen worden uitgezonden of geabsorbeerd in pakketjes met een bepaalde hoeveelheid energie.

• Foto-elektrisch effect

Het verschijnsel dat elektronen die niet zo sterk gebonden zijn aan een atoom, loskomen nadat ze voldoende energie hebben opgenomen van invallend licht.

- ~ Elektronen verlaten het metaal alleen als de frequentie van het invallende licht hoog genoeg is.



- * Foton: een energiepakketje (= quantum) van elektromagnetische straling.
- * Voor de energie van een foton geldt:
$$E_f = h \cdot f$$
- * Om een elektron te laten loskomen uit materiaal, is een bepaalde hoeveelheid energie nodig, namelijk de **uitree-energie** [Binas 24]

- Het vrijgemaakt elektron beweegt en heeft een kinetische energie:

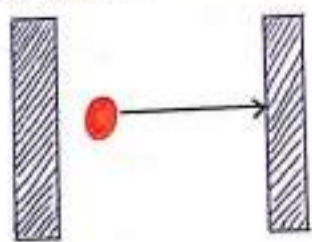
$$E_{\text{kin}} = E_{\text{foton}} - E_{\text{uitree}}$$

$(\frac{1}{2}mv^2)$ $(\frac{h\nu}{\lambda})$

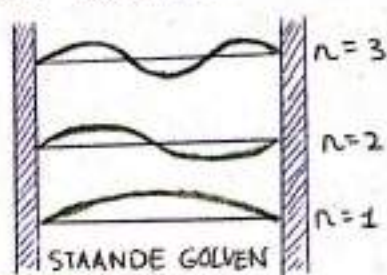
- Eén foton kan, mits het voldoende energie heeft, één elektron losmaken uit het materiaal.
 - ↳ Hoe hoger de intensiteit van het licht, hoe meer elektronen er kunnen worden losgemaakt.
 - * Er worden alleen elektronen losgemaakt als de energie van de opvallende fotonen groter is dan de uitree-energie.
 - * Is de energie lager, dan zal het elektron in een aangeslagen toestand raken.

- Quantumtheorie: deeltjes hebben ook golfeigenschappen.
- Een deeltje kan vaak in een beperkte ruimte bewegen. Zo is een elektron gebonden aan een atoom en dit atoom kan gebonden zijn aan bv. een kristalrooster. Het feit dat een deeltje slechts in kleinere ruimtes kan bewegen, heeft gevolgen voor de mogelijke quantumgolven.

- Deeltje in een één-dimensionale energieput:
 - Beschouw een deeltje in een energieput met wanden:



Doordat het deeltje golfeigenschappen heeft, ontstaat er ook een golf. Deze golf weerkaatst tegen de wanden, er ontstaan staande golven met een patroon van knopen en buiken.



De energie van een staande kwantumgolf:

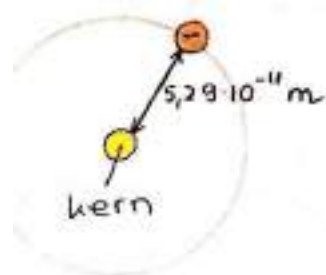
$$E_n = n^2 \cdot \frac{h^2}{8mL^2}$$

- Een opgesloten deeltje in een doos met lengte L kan slechts een beperkt aantal vaste waarden voor de energie bezitten. Deze vaste waarden noem je **energieniveaus**.
- Het energieniveau met de laagst mogelijke energie heet de **grondtoestand**.
- Toestanden met een hogere energie heten **aangeslagen toestanden**.
- Het deeltje kan alleen maar de hoeveelheden energie opnemen of afstaan die bij deze energieniveaus passen.

* Het waterstofatoom

- Een waterstofatoom heeft 1 elektron, die in de grondtoestand om de kern keendraait.
- Er is een minimale waarde voor de energie van een elektron in het H-atoom: de **nulpuntsenergie**.
De laagst mogelijke energie die een elektron in het H-atoom kan bereiken is: **-13,6 eV**

- **Bohr-straal**: de afstand tussen de kern bij de laagste energie (grondtoestand, $n=1$) en elektron en



$$E_n = - \frac{13,6}{n^2}$$

* Onzekerheidsrelatie van Heisenberg

- ~ Deze onzekerheidsrelatie drukt uit dat er paren van grootheden bestaan, waarvan de waarden tegelijkertijd niet exact vast kunnen liggen. Een voorbeeld van zo'n paar is plaats en impuls.
- Het is onmogelijk om de exacte plaats en de exacte impuls tegelijk te kennen.

Hoe nauwkeuriger je de plaats weet, des te minder nauwkeurig weet je de impuls en vice versa.
($\text{m} \cdot \text{v}$)

$$\Delta x \Delta p \geq \frac{h}{4\pi}$$

onzekerheid in plaats onzekerheid in impuls constante van planck

- De kwantummechanica stelt dat we alleen de waarschijnlijkheid van iets kunnen bepalen.

* Tunneleffect

- **Barrière** : een deeltje heeft een bepaalde hoeveelheid energie nodig om de barrière te kunnen passeren

* "klassieke benadering"

- De energie van een deeltje bepaalt of het deeltje over de barrière kan komen.
- Volgens de klassieke benadering zijn er twee mogelijkheden:
 - I) Energie van deeltje > Potentiële energie bij barrière: het deeltje gaat over de barrière
 - II) Energie van deeltje < Potentiële energie bij barrière: het deeltje gaat niet over de barrière.

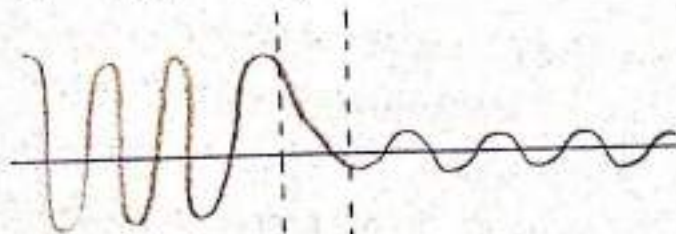
* Kwantummechanica

- **Tunneleffect** : het effect waarbij een deeltje door een barrière heen gaat, terwijl het niet genoeg energie heeft om over de barrière heen te komen.

- Toepassing:

- Een radiologisch medewerker draagt een loden schort, ter bescherming voor de straling.
- Het schort is een barrière voor de straling
- De straling neemt exponentieel af:

$$I = I_0 \cdot \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{x}{d}}$$



Deeltje valt op de barrière

↳ intensiteit neemt exponentieel af

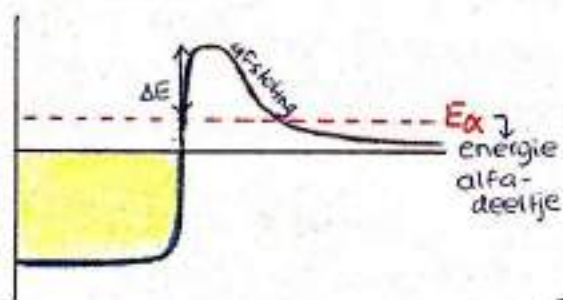
↳ voorbij de barrière treedt het deeltje weer naar buiten, de intensiteit is nu veel kleiner

↳ Een kleinere intensiteit betekent ook dat er een kleinere kans is om het deeltje daar aan te treffen.

- De kans op het *tunneleffect* is afhankelijk van:
 - ~ de hoogte van de barrière
 - ~ de dikte/breedte van de barrière
 - ~ de massa van het quantumdeeltje

• Tunneleffect bij alfaverval

- De meeste zware atoomsoorten vervallen door het uitzenden van een alfadeeltje ($\alpha = \frac{4}{2} \text{He}$) = alfaverval
- Bij alfaverval spelen twee krachten een rol:
 - Elektrische kracht
De elektrische kracht tussen de positief geladen dochterkern en het positief geladen α -deeltje zorgt voor een afstotende kracht. $[F_c = k \cdot \frac{(q_1 \cdot q_2)}{r}]$
 - Kernkracht
Er is ook een aantrekkende kracht die de kerndeeltjes bij elkaar houdt.
- De resulterende kracht geeft aantreking op korte afstanden en afstoting op langere afstand.



De energie van het deeltje is kleiner dan de benodigde energie om te ontsnappen.

Het alfadeeltje zit dus vast in een "potentiële" muur.



- Als het alfadeeltje vastzit in de kern, hoe is dan alfaverval mogelijk?
Dit is mogelijk door het *tunneleffect*. Volgens de kwantumtheorie is er een kans dat het alfadeeltje door de barrière heengaat, terwijl het niet voldoende energie heeft om over de barrière te komen.

• Scanning tunneling microscoop

- ↳ Een dunne naald wordt vlak boven een object gehouden. Tussen de naald en het object legt men een spanning aan, er zal tunneling van elektronen optreden. Er komt een stroom, de grootte van de stroom zegt iets over afstand naald-

Domein G. Natuurwetten en modellen

Subdomein G1: Natuurwetten en modellen

- Bij natuurkunde wordt veel gewerkt met natuurwetten.
- Sommige wetten maken gebruik van een natuurconstante
- Het kan zijn dat er een bepaalde voorwaarde, de beginvoorwaarde geldt waaraan voldaan moet worden om de wet te kunnen toepassen.
- Een natuurwet kan worden geformuleerd aan de hand van waarnemingen, berekeningen en experimenten. De uitkomsten mogen niet op toeval berusten, maar moet altijd hetzelfde zijn. Er moet een vorm van **universaliteit** zijn. Dat houdt in dat een natuurwet onder alle omstandigheden moet gelden. Ook is een universele schaalwet **schaalonafhankelijk**; de wet geldt op alle schalen (van microscopisch tot kosmisch)
- Een model is een vereenvoudigde nabootsing van de realiteit.

Er zijn verschillende soorten modellen:

* Denkmodel

↳ model dat je in je hoofd kan bedenken

* Schaalmodel

↳ kopie van een voorwerp in verkleinde vorm.

* Numeriek model

↳ wiskundig model (grafieken / diagrammen)

* Computermodel

↳ de computer stimuleert wat er gebeurt in een bepaalde situatie.