

Beweging in beeld

De verandering in plaats noem je de verplaatsing, Δx .

De afgelegde afstand, s , telt alle meters die je aflegt, ongeacht de bewegingsrichting.

Stel: je rijdt een aantal rondjes op de ijsbaan. Na precies één rondje is je verplaatsing 0 m, maar je afgelegde afstand is 400 m.

$$S = v \times t$$

(x,t)-grafiek:

- Steilheid = $v_{\text{gem}} = \Delta x / \Delta t$
- Momentane snelheid: steilheid van de raaklijn aan dat punt
- Begin altijd bij de oorsprong met een horizontaal stukje!

(v,t)-grafiek:

- Steilheid = $a_{\text{gem}} = \Delta v / \Delta t$
- Oppervlakte = verplaatsing Δx
- v_{gem} = horizontale lijn op een zodanige hoogte dat de oppervlakte onder de lijn even groot is als de oppervlakte onder de grafiek
- Momentane versnelling: steilheid van de raaklijn aan dat punt

Eenparige beweging: een beweging met constante snelheid, de s neemt gelijkmatig toe

- x, t = schuine, rechte lijn
- v, t = horizontale, rechte lijn

Eenparig versnelde beweging: een beweging met constante versnelling, de v neemt gelijkmatig toe

- v, t = schuine, rechte lijn
- a, t = horizontale, rechte lijn
- $v_{\text{gem}} = (v_{\text{begin}} + v_{\text{eind}}) / 2$

Eenparig vertraagde beweging: een beweging met constante vertraging, de v neemt gelijkmatig af

Vrije val: een eenparig versnelde beweging, zonder tegenwerkende kracht en alleen de zwaartekracht. De valversnelling/ gravitatieversnelling, $a = g$, is $9,81 \text{ m/s}^2$

Een val met luchtweerstand: een beweging die begint als een vrije val en eindigt als een eenparige beweging.

Elektriciteit

Tegengestelde ladingen, Q in coulomb C, trekken elkaar aan.

De grootte van de lading van een proton/ elektron in de kern is e , (-) $1,60 \times 10^{-19}$ C.

Ionen: als het aantal elektronen niet meer gelijk is aan het aantal protonen.

Influentie: geladen voorwerpen veroorzaken ladingsscheiding in neutrale voorwerpen.

Geleiders: lading stroomt er gemakkelijk doorheen. Isolatoren: lading kan er niet of heel moeilijk doorheen stromen.

Een metaal is een goede geleider omdat het bestaat uit een positief rooster met metaalionen met daartussen vrije elektronen die kriskras door het rooster bewegen.

Elektronen stromen van min naar plus.

Elektrische stroom gaat van plus naar min.

$$I \text{ (stroomsterkte in ampère)} = Q \text{ (lading in coulomb)} / t \text{ (tijdsduur in seconde)}$$

Elke spanningsbron heeft een pluspool, waar de stroom eruit komt, en een minpool, waar de stroom terug komt. Een spanningsbron levert elektrische energie; lading vervoert energie.

Gelijkspanningsbron: een bron met vaste plus- en minpool.

Wisselspanningsbron: een bron waarbij de plus- en minpool voortdurend wisselt.

Eisen voor stroom:

1. Een gesloten stroomkring
2. Een spanningsbron

Ampère-uren (Ah): bijv. 10 Ah betekent dat een accu 1 uur lang 10 A kan leveren.

$$U \text{ (spanning in volt, J/C)} = \Delta E \text{ (elektrische energie in joule)} / Q \text{ (in coulomb)}$$

Componenten kun je in een stroomkring op twee manieren aansluiten:

1. In serie (achter elkaar)
 - bijv. 3 batterijen van 1,5 V in serie geeft een spanningsbron van 4,5V.
 - $I_{\text{tot}} = I_1 = I_2$
 - $U_{\text{tot}} = U_1 + U_2$
 - $R_{\text{tot}} = R_1 + R_2$
 - $G_{\text{tot}} = 1 / R_{\text{tot}}$
 - De grootste spanning staat over de grootste weerstand
2. Parallel (naast elkaar)
 - hiermee krijg je een gelijke spanning maar een groter aantal Ah en meer stroom.
 - $U_{\text{tot}} = U_1 = U_2$
 - $I_{\text{tot}} = I_1 + I_2$
 - $G_{\text{tot}} = G_1 + G_2$
 - $R_{\text{tot}} = 1 / G_{\text{tot}}$

Hoe dikker een draad, hoe groter de geleidbaarheid.

Stroomsterkte *door* een component sluit je in serie aan. Voor spanning *over* een component, sluit je parallel aan.

De wet van Ohm: *ohm*se weerstanden die gelijke R hebben voor elke U : $U \sim I$

$$I \text{ (A = C/s)} = G \text{ (A/V = S)} \times U \text{ (V)}$$

$$G \text{ (in siemens S)} = 1/R \text{ (weerstand in ohm } \square)$$

$$U = I \times R$$

Hoe groter de weerstand, hoe kleiner de stroomsterkte.

(I,U)-grafiek:

- Steilheid = G

Bij constante T gedragen metaaldraden zich als ohmse weerstand:

$$\rho \text{ (}\Omega\text{m)} = (R \times A) / l$$

- $R \sim l$
- $R \sim 1/A$

Soorten weerstanden:

- Gloeilamp → de grootste waarde voor U geeft de grootste waarde voor R, omdat bij een hoge U de temperatuur stijgt, de metaalionen heftiger trillen en de geleidingselektronen moeilijker door het ionenrooster, en dus draad, stromen.
- PTC-weerstand → positieve temperatuur coëfficiënt, de weerstand neemt toe als de temperatuur stijgt.
- NTC-weerstand → negatieve temperatuur coëfficiënt, de weerstand neemt af als de temperatuur stijgt. Bijv. thermometer.
- LDR → light dependent resistor, de weerstand neemt af naarmate er meer licht is.

Een diode is een weerstand van halfgeleidermateriaal die de stroom in één richting doorlaat. De geleidbaarheid hangt af van de stroomrichting door de diode, in de doorlaatrichting is de G groot, als de spanning boven de drempelwaarde ligt. In de sperrichting is de G vrijwel 0.

- Led = light emitting diode, als er stroom doorheen loopt, geeft de led licht.

Stroomwet van Kirchhoff:

$$\sum I = 0$$

Spanningswet van Kirchhoff:

$$\sum U = 0$$

In een combinatieschakeling bereken je eerst de totale weerstand in serie en de totale geleidbaarheid parallel, die je omzet naar totale weerstand. Met $U = I \times R$ bereken je dan de stroomsterkte of spanning.

De fasedraad (230V) en de nuldraad (0V) komen het huis binnen. De kWh-meter meet de gebruikte hoeveelheid elektrische energie. De aardlekschakelaar vergelijkt continu de stroomsterkte door de fasedraad en de nuldraad. Als dit verschil te groot is schakelt het de hoofdstroom uit. Een randarde zorgt ervoor dat de metalen buitenkant van een draad geaard is, zodat als je hem aanraakt je niet onder stroom komt te staan.

Kortsluiting: een weerstandsloze verbinding tussen de polen van de spanningsbron waardoor er een te grote stroom door de draden loopt.

$$E \text{ (J)} = P \text{ (vermogen in watt, } W = \text{J/s)} \times t \text{ (s)}$$

Het vermogen is het tempo van de energieomzetting. Het vermogen van een spanningsbron is de geleverde elektrische energie per seconde.

Bij hoog energiegebruik kun je in plaats van joule kWh gebruiken: 1 kWh = 3,6 MJ

$$P_{\text{el}} \text{ (W = J/s)} = U \text{ (V)} \times I \text{ (A)}$$

$$1 \text{ A} = 1 \text{ C/s}$$

$$1 \text{ V} = 1 \text{ J/C}$$

$$1 \text{ V} \times 1 \text{ A} = 1 \text{ J/C} \times 1 \text{ C/s} = 1 \text{ J/s} = 1 \text{ W}$$

$$P_{\text{el}} = I^2 \times R \text{ want } P_{\text{el}} = U \times I \text{ en } U = I \times R$$

$$\text{Rendement: } \eta = E_{\text{nut}} / E_{\text{in}} \text{ of } \eta = P_{\text{nut}} / P_{\text{in}}$$

Kracht en beweging

Je ziet krachten niet, maar de gevolgen wel: vervorming en/ of bewegingsverandering.
Als de grootte en richting belangrijk is, is het een vector, zo niet dan is het een scalar.

1. Zwaartekracht: $F_z = m \times g$

$$\rho = m / V$$

2. Veerkracht: $F_v = C \times u$ (uitrekking in m)

Wet van Hooke: $F_v \sim u$, met uitzondering op elastiek.

(Fv,u)-grafiek:

- Steilheid = C, de veerconstante in N/m

3. Spierkracht: de kracht die spieren uitoefenen op een voorwerp

4. Spankracht: de draad oefent een verticaal omhoog gerichte kracht

5. Normaalkracht: staat loodrecht op de ondergrond en is verticaal omhoog gericht.

6. Schuifwrijvingskracht: $F_{w,s,max} = f$ (wrijvingscoëfficiënt) $\times F_n$

7. Rolweerstandskracht: wrijvingskracht van rollende voorwerpen over de grond

8. Luchtweerstandskracht: $F_{w,l} = \frac{1}{2} \rho$ (luchtdichtheid) $\times C_w \times A$ (frontale oppervlakte) $\times v^2$

9. Middelpuntzoekende kracht: de resulterende kracht gericht op het midden van de cirkel, loodrecht op de constante snelheid. De snelheid verandert voortdurend alleen van richting.

$$F_{mpz} = (m \times v^2) / r$$

F_{res} tekenen: parallellogrammethode of kop-staartmethode

F_{res} berekenen: pythagoras, SosCasToa

$F_{z//}$ werkt in één lijn met F_w en $F_{z \perp}$ met F_n

1e wet van Newton: een voorwerp heeft een constante snelheid langs een rechte lijn of is in rust als de resulterende kracht nul is.

Traagheid: de neiging van een voorwerp om zich tegen een snelheidsverandering te verzetten.

Hoe groter de massa hoe groter de traagheid.

2e wet van Newton: $F_{res} \sim a \rightarrow F_{res} = m \times a$.

Een vrije val is een valbeweging zonder luchtweerstand: $a = F_{res} / m \Rightarrow m \times g / m \Rightarrow g$

$$W \text{ (arbeid in Nm)} = F \times s \text{ (verplaatsing in de richting van de kracht)}$$

De totale arbeid kun je op twee manieren berekenen:

1. Bereken de arbeid van elke kracht en tel die bij elkaar op

2. Bepaal eerst de resulterende kracht en bereken daarvan de arbeid

Als er een hoek is tussen de kracht F en de verplaatsing s:

$$W = F \times s \times \cos \alpha$$

Als de totale arbeid positief is, neemt de snelheid toe.

Bij negatieve totale arbeid neemt de snelheid af.

(F,s)-diagram:

- Oppervlakte = W, arbeid

Gulden regel: als je de kracht F kleiner maakt, neemt de verplaatsing s toe. Je moet namelijk voor elke taak een vaste hoeveelheid arbeid W verrichten.

Trillingen en cirkelbewegingen

Een trilling is een periodieke beweging om een evenwichtsstand.

In de uiterste stand is de snelheid nul, in de evenwichtsstand is je snelheid het grootst.

Trillingstijd = periode = de tijdsduur van één volledige trilling.

$$T = 1/f \text{ of } f = 1/T$$

$$\varphi = \Delta t / T \text{ of } \varphi = f \times \Delta t$$

De tijdsduur wordt gemeten vanaf het moment dat het trillende voorwerp door de evenwichtsstand gaat in de positieve richting.

Gereduceerde fase: fase - geheel aantal uitgevoerde trillingen ($0 \leq \varphi_r < 1$)

Harmonische trilling: een trilling met een sinusvormige grafiek, sinusoïde, de resulterende kracht is recht evenredig met de uitwijking.

(u,t)-grafiek:

- De maximale uitwijking is de amplitude A

$$u = A \sin (2\pi \times f \times t) \Rightarrow A \sin ((2\pi \times t) / T) \text{ IN RADIALEN}$$

$$u = A \sin (2\pi \times \varphi)$$

- De tijd van top naar top, evenwichtsstand naar evenwichtsstand etc is T
- De snelheid bereken je door de steilheid van de raaklijn te bepalen

$$v_{\max} = 2\pi \times A/T$$

Elektrische trillingen kun je zichtbaar maken op een oscillogram.

Hoe hoger de frequentie, hoe hoger de toon, hoe kleiner de trillingstijd: de sinus is in horizontale richting korter.

Hoe harder het geluid, hoe groter de amplitude: de sinus is in verticale richting hoger.

Eigenfrequentie: de frequentie waarmee een voorwerp van nature trilt.

Damping: het kleiner worden van de amplitude als gevolg van wrijving, energieverlies.

Resonantie: als het voorwerp een eigenfrequentie heeft die hetzelfde is als de gedwongen trilling van buiten en daardoor meetrilt.

In fase = synchroon, twee bewegingen hebben dan als faseverschil nul of een heel getal.

In tegenfase = met dezelfde eigenfrequentie maar op tegenovergestelde momenten: $\varphi_r 0,5$

De richtingen van u en F_{res} zijn steeds tegengesteld gericht; F_{res} naar de evenwichtsstand.

$$F_{\text{res}} = - C (\text{krachtconstante}) \times u (\text{uitwijking})$$

In de evenwichtsstand is de snelheid maximaal en de resulterende kracht nul.

In een massaveersysteem verandert de trillingstijd niet als je de amplitude verandert.

Een stuggere veer geeft een grotere C.

$$T = 2\pi \sqrt{m / C}$$

Baansnelheid van een cirkelbeweging: $v = (2\pi \times r) / T$

Middelpuntzoekende kracht: de resulterende kracht gericht op het midden van de cirkel, loodrecht op de constante snelheid. De snelheid verandert alleen voortdurend van richting.

Straling

Een geiger-müllerteller meet de straling van radioactieve stoffen.

Straling beweegt langs rechte lijnen vanuit een bron.

Ioniserend vermogen: het doen ontstaan van ionen in de bestraalde stof.

Doordringend vermogen: hoe diep kan de straling doordringen in een bepaalde stof.

Hoe meer energie, hoe groter het ioniserend vermogen.

Hoe groter het ioniserend vermogen, des te kleiner het doordringend vermogen.

Halveringsdikte $d_{1/2}$: de dikte waarbij de stralingsintensiteit tot de helft is afgenomen.

Dracht: de maximale afstand die een stralingsdeeltje kan afleggen in een materiaal. Dit is afhankelijk van het soort deeltje, de energie en de soort stof waar het doorheen gaat.

Soort straling	Doordringend vermogen	Ioniserend vermogen	Informatie
Röntgenstraling	Erg hoog	Neutraal	Opgewekt uit E_{el} . Bestaat uit fotonen: massa en lading-loze energiedeeltjes. $d_{1/2}$
Gammastraling	Meest doordringend	Minst ioniserend	Bestaat uit deeltjes van atoomkernen, fotonen. $d_{1/2}$
Alpha-straling	Minst doordringend	Meest ioniserend	Bestaat uit deeltjes van atoomkernen (van radioactieve stoffen). Dracht.
Bètastraling	Neutraal	Hoog	Bestaat uit deeltjes van atoomkernen. Dracht.

Bestraling kan zowel inwendig als uitwendig plaatsvinden, afhankelijk van de plaats van de bron.

Je bent **besmet** als radioactief materiaal zich binnen of op je lichaam bevindt. A_ZX

A (massagetal, #kerndeeltjes) = N (#neutronen in kern) + Z (atoomnummer, #protonen)

Isotopen: kernen van één element met dezelfde Z maar een verschillende A (neutronen).

Radioactief verval: bij het uitzenden van straling verandert de moederkern in een dochter.

α ${}^4_2\text{He}$ α -deeltje: Z neemt met 2 af, A neemt met 4 af.

β^- ${}^0_{-1}\text{e}$ β^- -deeltje, elektron: Z neemt met 1 toe, N neemt met 1 af dus A blijft gelijk.

β^+ ${}^0_{+1}\text{e}$ β^+ -deeltje, positron: Z neemt met 1 af, N neemt met 1 toe dus A blijft gelijk.

γ ${}^0_0\gamma$ neutron ${}^1_0\text{n}$ proton ${}^1_1\text{p}$

Activiteit: het aantal kernen dat per seconde vervalft, of aantal deeltjes/ fotonen dat per seconde wordt uitgezonden, in becquerel Bq. $A = N \times \ln(2) / t_{1/2}$

Activiteit is recht evenredig met instabiele kernen dus: $A = A_0 (1/2)^{t/t_{1/2}} \rightarrow N = N_0 (1/2)^{t/t_{1/2}}$

Halveringstijd $t_{1/2}$: de tijd waarin de helft van het aantal radioactieve kernen vervalft.

(N,t)-grafiek: vervalcurve.

- Steilheid = $A = -dN/dt$

Biologische halveringstijd: de tijdsduur waarin een mens langs natuurlijke weg de helft van de opgenomen hoeveelheid radioactieve stof weer uitscheidt.

$$D \text{ (stralingsdosis in Gray, Gy = J/kg)} = E_{\text{str}} \text{ (geabsorbeerde stralingsenergie) / m}$$

$$E_{\text{str}} = A \times E_{\text{deeltje}} \times t \text{ (tijd van blootstelling)}$$

De equivalente stralingsdosis geeft aan hoe groot de schade is, door de soort straling.

$$H \text{ (equivalente stralingsdosis in Sievert, Sv = J/kg)} = W_R \text{ (stralingsweegfactor)} \times D$$

Dosis tempo: hoe groot de dosis is die je per tijdseenheid ontvangt.

Dosimeter: een badge waarin een stof zit die verandert als er ioniserende straling op valt. Het dosislimiet is 20 mSv per jaar.

Energie en beweging

Als iets energie bezit, kan het arbeid verrichten. Bij het verrichten van arbeid, wordt energie overgedragen, dat vaak verandert van soort: energieomzetting.

In een energie-stroomdiagram is er sprake van een energiebalans: de gebruikte energie is gelijk aan de uitgaande energie.

Potentiële energie is arbeid die verricht *kan* worden door een kracht.

Als je daalt neemt de zwaarte-energie af.

$$E_z = m \times g \times h = W_z$$

Als je daalt neemt de kinetische energie toe.

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

$$\Delta E_k = W$$

Veerenergie:

$$E_v = \frac{1}{2} \times C \times u^2 = W_v$$

Wet van behoud van energie: $E_{\text{tot,voor}} = E_{\text{tot,na}}$
 $\Delta E_k = W_{\text{tot}}$

Als F_{res} dezelfde richting heeft als de verplaatsing geldt $W_{\text{tot}} > 0$, $\Delta E_k > 0$ dus $E_{k,na} > E_{k,voor}$ dus neemt de snelheid toe.

Als F_{res} tegengesteld gericht is aan de verplaatsing geldt $W_{\text{tot}} < 0$, $\Delta E_k < 0$ dus $E_{k,na} < E_{k,voor}$ dus neemt de snelheid af.

Verbrandingswarmte: de warmte die vrijkomt bij verbranding

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

De energie of arbeid die per seconde geleverd of gebruikt kan worden: vermogen

$$P (W = 1 \text{ J/s}) = W (1 \text{ Nm} = 1 \text{ J}) / t (\text{s})$$

$$P = W \times s / t \rightarrow P = F \times v$$

Hemelmechanica

De afstand aarde-zon is de astronomische eenheid, AE = $1,49598 \times 10^{11}$ m.

Gravitatiewet van Newton:

- Twee voorwerpen met massa oefenen een aantrekkende kracht op elkaar uit; de gravitatiekracht;
- De gravitatiekracht is gericht langs de verbindinglijn tussen de zwaartepunten
- De twee massa's trekken elkaar even sterk aan (= gravitatiewisselwerking)

$$F_g = G \times (m \times M) / r^2$$

$$g = (G \times M) / R^2$$

*Als h hoger is dan 10 km, geldt voor R: $R + h$

Op de noordpool ondervind je een grotere zwaartekracht dan op de evenaar vanwege de draaiing en de afplatting van de aarde.

Wetten van Kepler:

1. Planeetbanen zijn ellipsen

Een ellips heeft twee brandpunten, waarvan eentje de zon is. De halve lange as a en de halve korte as b bepalen de vorm. **Perihelium**: punt waar de planeet zich het dichtst bij de zon bevindt, **aphelium**: punt waar de planeet zich het verst van de zon bevindt.

$$E_{\text{tot}} = - G \times m \times M / 2a$$

2. De baansnelheid is maximaal in het perihelium en minimaal in het aphelium

Echter kan je planeetbanen vaak opvatten als cirkelbanen. Er geldt dan $a = r$:

$$E_{\text{tot}} = - G \times m \times M / 2r$$

$$v = (2\pi r) / T$$

Voor een eenparige cirkelbeweging is er een middelpuntzoekende kracht vereist:

$$F_g = F_{\text{mpz}}$$

$$G \times (m \times M) / r^2 = (m \times v^2) / r$$

$$v^2 = G \times M / r$$

Derde wet van Kepler: $(4\pi^2 \times r^3) / T^2 = G \times M$ → $r^3 / T^2 = G \times M / 4\pi^2$

Op aarde geldt een constante zwaartekracht. W_z is dus $m \times g \times h$. De zwaarte-energie in een punt bepaal je dan door $\Delta E_z = m \times g \times h$ en één zwaarte-energie een nulniveau te geven.

$$E_g \text{ (gravitatie-energie)} = - G \times m \times M / r$$

(F_g, r) -grafiek

- Oppervlakte = arbeid verricht bij een verplaatsing

Als een voorwerp in de buurt van een planeet beweegt van B naar A geldt:

$$E_{k,B} + E_{g,B} = E_{k,A} + E_{g,A}$$

De ontsnappingssnelheid is de minimale beginsnelheid van een voorwerp om vanaf het oppervlak van een hemellichaam een oneindig grote afstand te bereiken.

$$v_0 = \sqrt{2G \times M / R}$$

*Geldt alleen als de wrijving en/ of luchtweerstand nul is.

*Als je een satelliet wilt lanceren gebruik je ipv de aardstraal de baanstraal r .

Open banen: $E_{\text{tot}} = E_g + E_k \geq 0$, hyperbool (>0) en parabool ($=0$)

Gesloten banen: $E_{\text{tot}} = E_g + E_k < 0$, planeetbanen → cirkels of ellipsen

D.m.v. een hohmannbaan/ transferbaan breng je een satelliet naar een andere hoogte.

Gravitatieslinger: een koerswijziging en een versnelling (of vertraging).

Golven

Golf: verschijnsel waarbij trillingsenergie wordt doorgegeven aan volgende punten.

Lopende golf: bij een harmonische trilling is de lengte van één sinus de golflengte λ , s van herhaling.

$$\lambda = v \times T \text{ of } v = f \times \lambda$$

Transversale golf: de trillingsrichting van de winding staat loodrecht op de voortplantingsrichting van de golf. Er ontstaat een patroon van bergen en dalen.

Longitudinale golf: de trillingsrichting is in dezelfde richting als de voortplanting. Er ontstaan verdichtingen en verdunning.

(u,x)-diagram:

- Golflengte en uitwijking afleesbaar
- Zegt iets over één enkel tijdstip: momentopname

(u,t)-diagram:

- Trillingstijd en uitwijking afleesbaar
- Zegt iets over één punt van de golf op verschillende tijdstippen

$$\Delta\phi \text{ (faseverschil)} = \Delta x / \lambda$$

Mobiele telefoons en radiozenders gebruiken lopende elektromagnetische golven om een signaal naar een ontvanger te zenden.

Bij informatieoverdracht voeg je een bronsignaal toe aan een draaggolf met een veel hogere frequentie (moduleren). Er ontstaan dan een samengestelde golf. De ontvanger filtert de draaggolf weg en houdt het oorspronkelijke signaal over (demoduleren).

Manieren om een bronsignaal toe te voegen aan een draaggolf:

1. Amplitudemodulatie (AM): de amplitude van de draaggolf wordt aangepast aan die van het bronsignaal. (hoog laag) Dit is gevoelig voor storingen, ruis.
2. Frequentiemodulatie (FM): de frequentie van de draaggolf past zich aan aan de amplitude van het bronsignaal. (dicht en ver van elkaar)

Bandbreedte: verschil tussen de hoogste en laagste frequentie van een signaal.

Uplinkkanaal heeft de laagste frequentie. Downlinkkanaal heeft de hoogste frequentie.

Kanaalscheiding: de afstand tussen het uplink- en downlinkkanaal moet groter zijn dan de bandbreedte van het signaal om te voorkomen dat golven overlappen en verstoren.

Binair: bestaat uit nullen (uit) en enen (aan).

Een bronsignaal kun je digitaal verzenden met een vaste bemonsterfrequentie, waarna je digitale codering toepast. Hierdoor ontstaat een reeks bits die je verzendt met een data transfer rate. De ontvanger decodeert die bits weer tot het bronsignaal.

Lage frequenties gaan gemakkelijker door of om obstakels heen en hebben groter bereik.

Radiogolven planten zich voort met de snelheid van het licht, c.

Staande golf: een knoop is een punt dat altijd stilstaat, een buik heeft maximale amplitude.

Deze golf ontstaat door interferentie van lopende golven die versterken of verzwakken.

2 vaste of open uiteinden: grondtoon($n=1$) → één buik; 1e boventoon($n=2$) → twee buiken.

$$l \text{ (lengte)} = n \times \frac{1}{2} \lambda$$

vast-los of gesloten-open:

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

Bij lopende golven trillen alle punten met gelijke amplitude, maar op verschillende tijdstippen en dus met verschillende fase.

Bij staande golven voeren de punten *tussen* twee knopen in fase hun trillingen uit, maar met verschillende amplitude.

Medische beeldvorming

Alle elektromagnetische golven planten zich in vacuüm voort met de lichtsnelheid maar hebben een eventuele verschillende frequentie. Samen vormen ze het EM-spectrum.

Straling kun je beschouwen als een stroom van fotonen. $E_f \sim f$

$$E_f = h \times f$$

$$c = f \times \lambda$$

Monochromatisch = één golflengte

- Radiogolven
- Infrarood (ir)
- Zichtbaar licht
- Ultraviolet (uv)
- Röntgenstraling
- Gammastraling (gevaarlijkst). Het lichaam absorbeert vrijwel geen gammastraling

Laagste energie en frequentie

Röntgenfoto → gebaseerd op het verschil in absorptie met grijs tinten, botten absorberen meer.

CT-scan → maakt meerdere röntgenfoto's (3D) door röntgenstraling door een patiënt te sturen.

PET-scan → door gebruik van tracers zijn (afwijkende) processen zichtbaar.

Annihilatie: het vernietigen van botsende deeltjes en doen ontstaan van fotonen: massa wordt omgezet in energie.

PET-CT-scan → geeft de anatomie weer (CT) en de lichaamsfuncties (PET).

Echografie → ultrasone geluidsgolven worden uitgezonden en de teruggekaatste puls wordt opgevangen.

MRI-scan → elektromagneet in een homogeen magneetveld waar je lichaam(sdeel) in gaat.

Hoe groter het aantal windingen en hoe groter de stroomsterkte, hoe sterker de magneet.

De spoel is gewikkeld van materiaal dat supergeleidend is bij lage T (weerstand nul).

Waterstofkernen of protonen zijn gevoelig voor een magneetveld. Door radiogolven loodrecht uit te zenden met rf-spoelen, op de resonantiefrequentie van die protonen, kun je ze detecteren. De rf-puls geeft de protonen energie waardoor ze kort omklappen.

Dopplereffect: - Beweegt de teruggekaatste elektromagnetische golf naar je toe, dan neem je een hogere frequentie waar dan de oorspronkelijke frequentie.

- Beweeg je van de golfbron af, dan neemt de waargenomen frequentie af.

Creatie (paarvorming): een deeltje en zijn antideeltje ontstaan uit een gammafoton met genoeg energie, energie wordt omgezet in massa.

$$E = m \times c^2$$

Mate van absorptie hangt af van E_f , ρ en de dikte van het materiaal. Hoe kleiner de halveringsdikte hoe meer het materiaal absorbeert.

De kans op ionisatie is het grootst bij een hoge ρ omdat de kans groter is om een elektron tegen te komen waarmee het foton interactie heeft.

Doorlaatkromme: het verband tussen intensiteit van de doorgelaten straling en de dikte.

$$I = I_0 \left(\frac{1}{2}\right)^{d/d_{1.5}}$$

*Alleen voor röntgen- en gammastraling. Bij α - en β -straling spreek je over dracht.

Astrofysica

Wij doen alleen waarnemingen in het zichtbare gebied met λ tussen 380 en 760 nm.

Wij zien alleen objecten die lichtsterk genoeg zijn om met je oog waar te nemen.

Je kunt alleen objecten onderscheiden die onder een grotere hoek aan de hemel staan dan het scheidend vermogen: de kleinste hoek om twee punten te onderscheiden.

Het scheidend vermogen is evenredig met de golflengte. Door signalen van schotels op grote afstand van elkaar te combineren krijg je een groter scheidend vermogen.

Met een grotere lens op een telescoop kun je meer licht verzamelen dan het oog en dus lichtzwakkere objecten waarnemen.

$$1^\circ \text{ graad} = 60' \text{ boogminuten} = 3600'' \text{ boogseconden}$$

Het objectief (grote lens) verzamelt veel licht op het oculair (kleine lens).

Lichtbundels komen onder een grotere hoek uit het oculair. **Hoekvergroting**: verhouding β/α .

$$\beta/\alpha = f_{\text{obj}}/f_{\text{ocu}} \text{ met } f \text{ de brandpuntsafstanden}$$

Twee golflengtegebieden waarin we op aarde waarnemingen kunnen doen:

1. Optische venster (zichtbaar licht en infrarood)
2. Radiovenster (radiogolven van 10^{-2} tot 10^1 m)

Ruimtetelescopen maken door de afwezigheid van atmosferische storingen zeer scherpe opnamen van golflengtegebieden buiten de twee bovenstaande doorlaatvensters.

Discreet (specifiek) spectrum: bepaalde golflengtes in het kleurenspectrum.

Continu (alles) spectrum: alle golflengtes.

Bohrmodel: verklaring van discrete gedrag: atomen komen alleen voor in stationaire toestanden met bepaalde waardes van de inwendige energie. Door absorptie of emissie van een foton kan het atoom overgaan naar een andere toestand.

$$E_n \text{ (waterstofatoom)} = -13,6 \text{ eV} / n^2$$

*Grondtoestand, *meest stabiel*: $n = 1$, 1e aangeslagen toestand: $n = 2$

Ionisatie-energie: de energie die je toevoegt om een elektron vrij te krijgen van de kern. Bij waterstof is dit 13,6 eV. Als je meer energie geeft wordt de rest kinetische energie.

$$E_f \text{ (energie foton)} = E_m \text{ (hoger niveau)} - E_n \text{ (lager niveau)}$$

Manieren om in een hogere toestand te komen: foton absorberen of door te botsen.

Spectroscopie detecteert de aanwezigheid van atoomsoorten aan de hand van lijnenspectra.

Emissiespectrum: fotonen die vrijkomen, hoofdzakelijk zwart.

Absorptiespectrum: continue kleurbanden met zwarte lijnen (**fraunhoferlijnen**).

De afstand van dichtbij staande sterren bereken je met parallaxmetingen. Het halve hoekverschil heet de **parallax** p . Hoekverschil is omgekeerd evenredig met de afstand.

Als de parallax gelijk is aan 1 boogseconde, is de afstand d gelijk aan 1 parsec.

Tangentiële snelheid: component loodrecht op de verbindingslijn ster-aarde.

Radiale snelheid: component in de richting van de verbindingslijn.

Blauwverschuiving: als een lichtbron je nadert, neemt de golflengte af (schuift naar blauw).

Roodverschuiving: als de lichtbron zich van je verwijderd, is de waargenomen golflengte kleiner (schuift naar rood in het kleurenspectrum).

$$v_{\text{bron, radiaal}} = \Delta\lambda \text{ (verschuiving spectraallijn)} : \lambda \times c$$

Wet van Hubble: $v \text{ (radiale snelheid)} = H_0 \times r \text{ (afstand)}$

We leven in een uitdijend heelal, alle sterren verwijderen zich van elkaar (roodverschuiving).

Ouderdom berekenen: $t = 1 / H_0$

Elk voorwerp zendt temperatuurstraling uit, en ontvangt ook straling uit de omgeving. Een voorwerp dat warmer is dan de omgeving koelt daardoor af.

Wet van Stefan-Boltzmann:

$$P \text{ (uitgestraalde vermogen)} = \sigma \times A \text{ (buitenoppervlak)} \times T^4 \text{ (absolute T in kelvin)}$$

*Geldt voor een perfecte zwarte straler: absorbeert alle EM-straling en zendt ook in alle λ uit

*Zwart blijkt meer straling uit te zenden dan wit en absorbeert ook meer licht.

Planckkromme: hoeveel intensiteit voorwerpen uitstralen bij verschillende golflengten en temperatuur.

$$I = \text{oppervlakte onder de grafiek}$$

Temperatuurstraling en de straling van een ster vertonen een continu spectrum.

Wet van Wien: voor hogere T schuift de top naar boven en naar links.

Hetere voorwerpen zenden dus meer kortere golflengten uit (van rood naar blauw).

$$\lambda_{\text{max}} \times T = k_W$$

Effectieve temperatuur: gemiddelde oppervlaktetemperatuur.

Kwadratenwet: het vermogen van een punt- of bolvormige stralingsbron verdeelt zich over een steeds verder uitdijende bol.

De helderheid van een ster komt overeen met de intensiteit in het zichtbare gebied.

$$I = P / A$$

$$I = P_{\text{bron}} / 4\pi r^2 \text{ (r is de afstand tot de bron)}$$

Lichtkracht (luminositeit L) = de totale P over alle golflengtes van het EM spectrum.

Voor een ster geldt: $L = P = \sigma \times 4\pi R^2 \times T^4$. Voor de zon geldt: $L_{\odot} = 3,85 \cdot 10^{26} \text{ W}$.

$$y = a^x \text{ geeft } x = {}^a\log(y)$$

Hertzsprung-Russell-diagram: x-as aflopende $\log T_{\text{eff}}$, y-as oplopende $\log(L / L_{\odot})$

1. Ster die even groot is als de zon: $\log(L / L_{\odot}) = 4 \cdot \log(T / T_{\odot})$

2. Ster met dezelfde T als de zon: $\log(L / L_{\odot}) = 2 \cdot \log(R / R_{\odot})$

De straal neemt toe van linksonder naar rechtsboven.

De energie die sterren uitstralen is afkomstig van kernfusie: kleine kernen smelten samen tot grotere. Hierbij geldt de wet van behoud van massa NIET. $E = m \times c^2 \rightarrow 1 \text{ kg} = 9,0 \cdot 10^{16} \text{ J}$

In de kern van sterren heerst een erg hoge temperatuur en druk om te zorgen dat de aantrekkende kernkracht het van de afstotende elektrische kracht wint.

Elektrische velden

$$\text{Wet van Coulomb: } F_{\text{el}} = (f \times q \times Q) / r^2$$

Je kan een elektrisch veld onderzoeken door middel van een testlading, die zó klein moet zijn dat ze het veld van Q niet verstoort, en de testlading moet positief zijn.

$$E_p = F_{\text{el,p}} / q$$

* $F_{\text{el,p}}$ van een + testlading is van een positief voorwerp afgericht, van een - testlading is naar een positief voorwerp toe gericht.

Veldlijnen gaan van positief naar negatief en geven de veldsterkte aan.

Een condensator bestaat uit twee evenwijdige platen met tegengestelde lading. Het elektrisch veld heeft dus in elk punt tussen de platen dezelfde richting en grootte.

Veldsterkte buiten de bol bereken je met de formule $E = (f \times Q) / r^2$ met $r \geq R$

$$\text{Veldlijndichtheid: } N / 4\pi r^2$$

$$\Delta E_{\text{el}} = q \times U$$

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

Kathode Negatief (elektronen vrij die naar + bewegen) Anode Positief

Magnetische velden

Magnetische influentie: als je een voorwerp van ijzer, kobalt of nikkel in de buurt van een magneet houdt, wordt het door influentie zelf een magneet.

Magnetische veldlijnen gaan van de noordpool naar de zuidpool en binnen de magneet van de zuid- naar de noordpool.

De richting van het magnetisch veld bepaal je door de raaklijn aan die veldlijn te tekenen.

Declinatie: zijwaartse afwijking van het kompas met het geografische noorden.

Inclinatie: de hoek die de magnetische veldsterkte maakt met het aardoppervlak.

Rechterhandregel:

- *als je duim in de richting van de stroom wijst, dan geven de gebogen vingers de richting van de magnetische veldlijnen aan;*
- *als je de gebogen vingers in de richting van de stroom door de windingen houdt, wijst je duim in de richting van het magnetisch veld binnen de spoel.*

De elektronbaan heeft een bijbehorend baanmagnetisme. Met de RHR vind je de richting van dit magneetveld.

*De stroomrichting is tegengesteld aan de bewegingsrichting van het elektron door de -.

$$F_L = B \times I \times l$$

*Alleen als de stroom loodrecht op de magnetische veldlijnen staat

Linkerhandregel: *als de magnetische veldlijnen naar de palm wijzen en je vingers in de richting van de stroom, dan wijst je duim in de richting van de lorentzkracht.*

$$F_L = B \times q \times v$$

*Alleen als v loodrecht op de magnetische veldlijnen staat

Positief deeltje → richting stroomsterkte gelijk aan richting snelheid

Negatief deeltje → richting stroomsterkte tegengesteld aan richting snelheid

Een geladen deeltje in een homogeen magnetisch veld met een snelheid loodrecht op de veldlijnen, voert een eenparige cirkelbeweging uit in een vlak loodrecht op de veldlijnen.

$$F_{mpz} = F_L$$
$$m \times v = B \times q \times r$$

Cyclotron: vul $v = (2\pi \times r) / T$ in bij bovenstaande formule en deel door r.

In één halve cirkel is de verblijftijd dan $\tau = \frac{1}{2} T = (\pi \times m) / (B \times q)$ en de frequentie constant.

Voor de hallspanning geldt dat $F_{el} = F_L$ waaruit volgt dat $E = B \times v$.

Geleidingselektronen bewegen tegengesteld gericht aan de stroom.

Magnetische flux is een maat voor het aantal magnetische veldlijnen.

$$\Phi = B_{\perp} \times A \times \cos \alpha$$

Met een veranderend magnetisch veld kan je elektrische stroom opwekken.

Inductiespanning: als in de spoel de magnetische flux verandert, ontstaat er een spanning.

$$U_{ind} = N \text{ (aantal windingen)} \times \Delta\Phi / \Delta t$$

*Dit is de gemiddelde inductiespanning. Voor de momentane bereken je de afgeleide.

Als de uiteinden van de spoel geleidend zijn verbonden geldt ook: $I_{ind} = U_{ind} / R$

Wet van Lenz: *als in een stroomkring de flux verandert, heeft de inductiestroom een zodanige richting dat deze de verandering van de flux tegenwerkt.*

De stroomrichting keert dus om als je de noordpool van de spoel weg beweegt of de spoel nadert met een zuidpool.

Mechanica

Eenparige beweging: horizontale lijn bij (v,t)-grafiek; schuine lijn (x,t)-grafiek;

Eenparig versnelde beweging: horizontale lijn bij (a,t)-grafiek; schuine lijn (v,t); parabool (x,t).

De snelheid is negatief als de (x,t)-grafiek daalt en positief als hij stijgt.

In de omkeerpunten van de (x,t)-grafiek is de snelheid nul en de versnelling maximaal.

Eenparig versnelde beweging: $v(t) = a \times t + v$

Derde wet van Newton: wisselwerking $\rightarrow F_{AB} = - F_{BA}$ ofwel: actie = - reactie

Voorwerpen oefenen krachten op elkaar uit door deeltjes uit te wisselen (wisselwerkingsdeeltjes).

Volgens de wisselwerkingswet moet er een tegenhanger zijn van de normaalkracht: het gewicht/ de gewichtskraft.

De intensiteit is omgekeerd kwadratisch evenredig met de afstand tot de bron. Dit geldt voor licht, radioactiviteit en geluid.

De richting van de resulterende kracht is gelijk aan die van de snelheidsverandering.

Impuls = hoeveelheid beweging = $m \times v$

Soorten botsingen:

1. Volkomen onveerkrachtig $\rightarrow$ er veert niets terug, je hebt dezelfde v als het voorwerp
2. Veerkrachtig $\rightarrow$ na de botsingen hebben de voorwerpen verschillende snelheid
3. Volkomen veerkrachtig $\rightarrow$ korte droge tik waarbij geen energie verloren gaat (bijv. biljartballen). Je berekent de snelheden door naast impulsbehoud ook behoud van kinetische energie toe te passen.

S (stoot) = $F \times \Delta t = m \times a \times \Delta t = m \times \Delta v = \Delta p$

Absolute behoudswetten gelden in alle omstandigheden. Relatieve alleen onder bepaalde voorwaarden.

Vrije val: $E_{z,boven} = E_{k,beneden}$

Als op een voorwerp een resulterende kracht werkt verandert de snelheid en dus ook de kinetische energie:

$$\text{Totale arbeid} = \Delta E_k$$

Manieren om de totale arbeid te berekenen:

1. Som van de arbeiden van alle krachten met de arbeid van 1 kracht: $W = F \times s \times \cos$
2. Arbeid van de resulterende kracht met s de verplaatsing en α de hoek tussen de vectoren
3. Bepaal de arbeid uit de oppervlakte onder het (F,s)-diagram

Tijdsduur niet van belang? $\rightarrow$ wet van behoud van energie

Tijdsduur doet er wel toe? $\rightarrow$ kinematica formules en wetten over kracht en impuls

Quantumwereld

Interferentie (zelfde soort quanta & λ) en buiging zijn specifieke eigenschappen van golven.

Buiging treedt op bij openingen of objecten die $\leq$ zijn dan de golflengte.

Foto-elektrisch effect: verschijnsel dat bepaalde straling elektronen vrijmaakt uit een metaal.

Uittree-energie: de energie die nodig is om een vrij elektron los te maken.

Meet dit effect door kathodemetaal te beschijnen met licht $\rightarrow$ foto-elektronen die zijn losgemaakt gaan naar anode $\rightarrow$ fotostroom die de ampèremeter laat uitslaan.

Infrarood licht $\rightarrow$ geen enkel foto-elektron. UV-licht $\rightarrow$ veel foto-elektronen ($f >$ grensfrequentie).

Fotonen reizen met c : $E = h \times f = (h \times c) / \lambda$ en worden geheel uitgezonden of geabsorbeerd.

Compton-effect: kinetische energie en impuls ($p = h / \lambda$) zijn eigenschappen van licht als deeltjes.

Als licht (golven) deeltjeseigenschappen heeft, dan hebben elektronen (materiedeeltjes) ook golfeigenschappen. Elektronen vertonen golfgedrag als een bundel op een opening of op een voorwerp valt dat ongeveer even groot is als de golflengte van de bundel.

Als een entiteit zowel deeltjeseigenschappen als golfeigenschappen heeft, spreek je van een *quant* of een *golfpakket*.

- Als je quanta (fotonen/elektronen/atomen/moleculen) één voor één door de dubbele spleet stuurt, dan gedragen ze zich als golf. Deze golf gaat door beide spleten tegelijk en interfereert met zichzelf.
- Als je meet door welke spleet ieder quant gaat, dwing je deeltjesgedrag af. Ieder quant gaat dan nog maar door één spleet en het interferentiepatroon verdwijnt.

Bij golfgedrag strekt een quant zich uit over grote afstand.

Bij deeltjesgedrag is het quant gelokaliseerd in één punt.

Een *waarschijnlijkheidsverdeling* laat zien dat je niet kunt voorspellen waar iets ontstaat, maar wel waar er zelden of nooit iets zal ontstaan of waar er juist veel ontstaat.

Het kwadraat van de amplitude geeft de kans aan dat het quant zich op die plek manifesteert bij een botsing.

Je lokaliseert een quant op één plek als je de positie wilt meten. Als je dit niet doet, zal de golf functie zich uitstrekken en over grote afstand invloed uitoefenen.

Door fotonen met een zo klein mogelijke golflengte te kiezen, krijg je wel een grotere impuls en je weet door de waarschijnlijkheidsverdeling niet precies waar en hoe het foton op het elektron botst en hoeveel impuls overgedragen wordt.

Onbepaaldheidsrelatie van Heisenberg: $\Delta x \cdot \Delta p \geq h / 4\pi$

Deze relatie laat zien dat je niet zowel de positie als de impuls tegelijkertijd kunt meten: meet je de positie nauwkeurig is de onbepaaldheid in de impuls groot en andersom.

Als je quanta opsluit ontstaan staande golven: het zit in een doos met **oneindig starre wanden**.

$$L = \frac{1}{2} n \cdot \lambda \rightarrow \lambda = 2L / n$$

Het elektron bezit dan alleen kinetische energie, waarvoor geldt:

$$\begin{aligned} E_k = E_{\text{totaal}} &= \frac{1}{2} m \cdot v^2 &= (p \cdot L) / 2m \\ &= (h/\lambda)^2 / 2m &= (h / (2L/n))^2 / 2m \\ &= (h^2 n^2 / 4L^2) / 2m &= n^2 \cdot h^2 / (8m \cdot L^2) \\ E_n &= n^2 \cdot h^2 / (8m \cdot L^2) \end{aligned}$$

*Zolang je NIET meet, beschrijf je een opgesloten elektron met een **staande** golf functie, een waarschijnlijkheidsverdeling. Bij een knoop is de kans op botsen nul, bij een buik is de kans op botsen het grootst

Bij 0 K staat niet alles stil, maar zit alles in het laagst mogelijk energieniveau: de *nulpuntsenergie*. Een opgesloten deeltje heeft dus altijd energie.

Als je een deeltje in een doos met **eindig starre wanden** opsluit, dat wil zeggen vanaf een bepaalde E_k , kan het deeltje erin doordringen: een *eindig diepe potentiaalput*.

Tussen $x = 0$ en $x = L$ zit het deeltje in de doos en is vrij: $E_p = 0$.

Buiten de doos is de potentiële energie $E_p = E_{p,0}$ waarbij $E_{p,0} > E_k$, anders zou het deeltje niet opgesloten zitten.

De sinusvormige golf functies hebben iets lagere energieniveaus in een eindig diepe potentiaalput dan een oneindig diepe potentiaalput: de golven zijn iets verder uitgespreid.

Hoe kleiner het verschil tussen E_k en $E_{p,0}$, hoe dieper de e-macht de wand indringt en dus hoe verder de golven zullen uitspreiden.

Buiten de doos is de golffunctie NIET nul.

Tunnelen: een golffunctie met E_k en een barrière E_p , en $E_p > E_k$ kan het quant toch de barrière doordringen, het is net alsof een quant door een geheime tunnel is gegaan.

Tijdens het tunnelen, als het quant dus in de barrière zit, is er niet voldaan aan de wet van behoud van energie: $\Delta E \cdot \Delta t > h / 4\pi$.

De tunnelkans hangt af van:

- de dikte van de barrière, de kans neemt exponentieel af met de dikte
- de massa van het deeltje, hoe zwaarder hoe kleiner de kans
- het verschil tussen de potentiële energie en de kinetische energie, hoe groter het verschil, hoe kleiner de kans