

2015-09-13

GYMNASIEFYSIK FÖR LÄKARSTUDENTER

Nils Karlsson

INDEX

STORHETER.....	2
De sju fundamentala storheterna.....	2
Geometriska storheter.....	3
Energi-, termodynamiska och optiska storheter.....	3
Mekaniska storheter.....	4
Elektromagnetism.....	5
Nukleärfysik.....	5
ENERGI OCH TERMODYNAMIK.....	6
Termisk kontakt.....	6
Termisk strålning.....	7
MEKANIK.....	8
Tryck.....	8
Rörelse.....	9
Påverkan av rörelse.....	9
Motverkan av rörelse.....	11
Arbete och mekanisk energi.....	12
Vridmoment.....	12
Centripetala och centrifugala skeenden.....	13
Mekaniska vågrörelser.....	13
Relativistisk mekanik.....	16
ELEKTROMAGNETISM.....	17
Symboler i elektriska scheman.....	17
Elektrisk laddning, ström, spänning och resistans.....	17
Elektrisk kapacitans.....	19
Elektriska kraftfält.....	19
Magnetiska kraftfält.....	20
Induktion.....	22
OPTIK.....	24
Reflektion och refraktion.....	24
Absorption och emission.....	25
Diffraction.....	26
NUKLEÄRFYSIK.....	27
Krafter i atomkärnan.....	27
Strålände sönderfall.....	28

STORHETER

En storhet beskriver en kvantitativ egenskap, möjligtvis en vektor, hos ett objekt.

De sju fundamentala storheterna

Tid betecknas t i fysikaliska ekvationer och har SI-enheten sekund (s). Halveringstid betecknas $t_{1/2}$ i fysikaliska ekvationer.

Längd betecknas l i fysikaliska ekvationer och har SI-enheten meter (m). De besläktade storheterna sträcka, avstånd, radie, höjd (eller djup) och våglängd betecknas s , d , r , h respektive λ .

Massa betecknas m i fysikaliska ekvationer och har SI-enheten kilogram (kg). Förhållandet mellan kilogram och atommassenheten u ges av ekvationen nedanför.

$$m_{kg} = m_u \cdot 1,660538 \cdot 10^{-27}$$

Substansmängd betecknas n i fysikaliska ekvationer och har SI-enheten mol.

Elektrisk ström betecknas I i fysikaliska ekvationer och har SI-enheten ampere (A, efter fysikern och matematikern [André-Marie Ampère](#)).

Temperatur betecknas T i fysikaliska ekvationer och har SI-enheten kelvin (K, efter fysikern och ingenjören [William Thomson Kelvin](#)). Förhållandena mellan kelvin, grader Celsius ($^{\circ}\text{C}$, efter fysikern, astronomen och matematikern [Anders Celsius](#)) respektive grader Fahrenheit ($^{\circ}\text{F}$, efter fysikern, ingenjören och glasblåsaren [Daniel Fahrenheit](#)) ges av ekvationerna nedanför.

$$T_K = 273,16 + T_C$$

$$T_K = 255,37 + T_F \cdot \left(\frac{5}{9}\right)$$

$$T_C = \left(-\frac{160}{9}\right) + T_F \cdot \left(\frac{5}{9}\right)$$

Ljusstyrka betecknas J i fysikaliska ekvationer och har SI-enheten candela (cd, från latin).

Geometriska storheter

Vinkel betecknas ofta med grekiska bokstäver, i denna text θ , och har SI-enheten radianer (rad). Förhållandet mellan radianer och grader ($^{\circ}$) ges av ekvationen nedanför.

$$\theta_{rad} = \frac{\theta_{\circ}}{180} \cdot \pi$$

Area betecknas A i fysikaliska ekvationer och har SI-enheten kvadratmeter (m^2).

Volym betecknas V i fysikaliska ekvationer och har SI-enheten kubikmeter (m^3).

Energi-, termodynamiska och optiska storheter

Energi betecknas E i fysikaliska ekvationer och har SI-enheten joule (J, efter ölbryggaren och fysikern **James Joule**). Den besläktade storheten arbete betecknas W . Joule är ett annat namn för wattsekund eller newtonmeter i energibemärkelse. Observera att "newtonmeter" inte bör användas om energi, detta för att undvika förväxling med SI-enheten newtonmeter för vridmoment. Förhållandet mellan joule och termokemiska kalorier ges av ekvationen nedanför.

$$E_j = E_{cal} \cdot 4,1868$$

Förhållandet mellan joule och elektronvolt (eV, energi på nukleär skala) ges av ekvationen nedanför.

$$E_j = E_{eV} \cdot 1,6022 \cdot 10^{-19}$$

Effekt betecknas P i fysikaliska ekvationer och har SI-enheten watt (W, efter uppfinnaren och ingenjören **James Watt**). Watt är ett annat namn för joule per sekund (j/s).

Verkningsgrad (effektivitet) betecknas η i fysikaliska ekvationer och är enhetslös.

Värmefflöde betecknas Q i fysikaliska ekvationer och har SI-enheten watt per kvadratmeter (W/m^2).

Emittans betecknas M i fysikaliska ekvationer och har SI-enheten watt per kvadratmeter (W/m^2).

Mekaniska storheter

Densitet betecknas ρ (rho) i fysikaliska ekvationer och har SI-enheten kilogram per kubikmeter (kg/m^3).

Tryck betecknas P i fysikaliska ekvationer och har SI-enheten pascal (Pa, efter matematikern, fysikern och teologen **Blaise Pascal**). Pascal är ett annat namn för newton per kvadratmeter (N/m^2). Förhållandet mellan pascal och atmosfärstryck ges av ekvationen nedanför.

$$P_{Pa} = 101325 \cdot P_{atm}$$

Förhållandet mellan pascal och millimeter kvicksilver (mmHg) ges av ekvationen nedanför.

$$P_{Pa} = 133,32 \cdot P_{mmHg}$$

Hastighet betecknas v i fysikaliska ekvationer och har SI-enheten meter per sekund (m/s). Förhållandet mellan meter per sekund och kilometer per timme ges av ekvationen nedanför.

$$v_{m/s} = \frac{1000}{3600} \cdot v_{km/h}$$

Kraft betecknas F i fysikaliska ekvationer och har SI-enheten newton (N, efter matematikern och fysikern **Isaac Newton**). Newton är ett annat namn för kilogrammeter per kvadratsekund (kgm/s^2).

Rörelsemängd eller momentum betecknas p i fysikaliska ekvationer och har SI-enheten kilogrammeter per sekund (kgm/s). Den besläktade storheten impuls betecknas I .

Acceleration betecknas a i fysikaliska ekvationer och har SI-enheten meter per kvadratsekund (m/s^2).

Vridmoment betecknas τ ("torque") i fysikaliska ekvationer och har SI-enheten newtonmeter (Nm).

Frekvens betecknas f i fysikaliska ekvationer och har SI-enheten hertz (Hz, efter fysikern och ingenjören **Heinrich Hertz**). Hertz är ett annat namn för antalet upprepningar per sekund.

Ljudintensitet betecknas I i fysikaliska ekvationer och har SI-enheten watt per kvadratmeter (W/m^2). Den besläktade storheten ljudnivå betecknas L_p och har SI-enheten decibel (dB, efter uppfinnaren och ingenjören **Alexander Graham Bell**).

Elektromagnetism

Elektrisk laddning betecknas Q i fysikaliska ekvationer och har SI-enheten coulomb (C, efter fysikern **Charles-Augustin de Coulomb**). Coulomb är ett annat namn för amperesekund (As).

Elektrisk spänning betecknas U i fysikaliska ekvationer och har SI-enheten volt (V, efter fysikern och kemisten **Alessandro Volta**). Volt är ett annat namn för newtonmeter per coulomb (Nm/C). De besläktade storheterna elektrisk potential och elektromotorisk spänning betecknas V respektive e .

Elektrisk resistans betecknas R i fysikaliska ekvationer och har SI-enheten ohm (Ω , efter fysikern och matematikern **Georg Ohm**). Ohm är ett annat namn för volt per ampere (V/A).

Elektrisk resistivitet betecknas ρ i fysikaliska ekvationer och har SI-enheten ohmmeter (Ωm).

Elektrisk kapacitans betecknas C i fysikaliska ekvationer och har SI-enheten farad (F, efter fysikern och kemisten **Michael Faraday**). Farad är ett annat namn för coulomb per volt (C/V).

Elektrisk fältstyrka betecknas E i fysikaliska ekvationer och har SI-enheten newton per coulomb (N/C), alternativt volt per meter (V/m).

Magnetiskt flöde betecknas Φ i fysikaliska ekvationer och har SI-enheten weber (Wb, efter fysikern **Wilhelm Weber**). Weber är ett annat namn för voltsekund (Vs).

Magnetisk fältstyrka betecknas B i fysikaliska ekvationer och har SI-enheten tesla (T, efter fysikern och ingenjören **Nikola Tesla**). Tesla är ett annat namn för weber per kvadratmeter (Wb/m²).

Nukleärfysik

Radioaktivitet betecknas A i fysikaliska ekvationer och har SI-enheten becquerel (Bq, efter fysikern **Henri Becquerel**). Becquerel är ett annat namn för antalet sönderfall per sekund (sönderfall/s). Förhållandet mellan becquerel och curie (Ci, efter fysikerna **Pierre Curie** och **Marie Curie**) ges av ekvationen nedanför.

$$A_{Bq} = A_{Ci} \cdot 3,7 \cdot 10^{10}$$

ENERGI OCH TERMODYNAMIK

Det finns fyra termodynamiska lagar.

0. Om två kroppar är i termisk jämvikt med en tredje så är de även i jämvikt med varandra.
1. Energi kan inte skapas eller förstöras, bara omvandlas till andra former (energiprincipen).
2. Ett slutet systems entropi kan bara öka, aldrig minska.
3. Vid den absoluta nollpunkten har en perfekt kristall ingen entropi.

Arbete är den energimängd som omvandlas från en typ till en annan på grund av en krafts påverkan.

$$-\Delta E_1 = +\Delta E_2 = W$$

Effekt definieras som hur mycket arbete som uträttas per tidsenhet, det vill säga hur mycket energi som omvandlas från ett slag till ett annat.

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

Verkningsgraden utgör den andel av den tillförda energin som bidrar till det sökta resultatet istället för att "förloras" till ointressanta eller onyttiga bieffekter.

$$\eta = \frac{E_{nyttä}}{E_{tillförsel}}$$

Termisk kontakt

Vid direktkontakt beror mängden överförd energi till / från ett objekt på hur mycket dess temperatur förändras, dess massa samt beståndsämnets värmekapacitetskonstant (c , joule per kilogramkelvin).

$$Q = \Delta T \cdot m \cdot c$$

Ovanstående ekvation gäller dock endast så länge objektämnet behåller samma aggregationsform. Vid övergången mellan fast och flytande, respektive övergången mellan flytande och gas, åtgår energi till förändringen av tillstånd. Mängden energi som åtgår beror på ämnets massa respektive smältvärmekonstant (L_f , joule per kilogram) och förångningsvärmekonstant (L_v , joule per kilogram).

$$Q = m \cdot L_f$$

$$Q = m \cdot L_v$$

Termisk strålning

Om materia har en temperatur högre än 0 K så föreligger även rörliga laddningar som ger upphov till varierande elektriska och magnetiska kraftfält. Detta medför termiska emissioner från materian. Storleken på emissionernas effekt beskrivs i ekvationen nedanför.

$$P_e = \frac{W_e}{t}$$

Emittansen kan sedan beräknas utifrån ytan som emissionerna passerar.

$$M = \frac{P_e}{A}$$

Differensen mellan emittans och mottagen energi avgör om ett objekt blir varmare eller kallare.

En svartkropp är ett teoretiskt objekt som absorberar all elektromagnetisk strålning som träffar den, utan att reflektera någonting, för att sedan emittera energin som ny elektromagnetisk strålning.

Från Plancks strålningslag (efter fysikern [Max Planck](#)) kan Stefan-Boltzmanns lag härledas (efter fysikern, matematikern och poeten [Jožef Štefan](#) och fysikern och filosofen [Ludwig Boltzmann](#)).

Stefan-Boltzmanns lag (efter fysikern och matematikern [Jožef Štefan](#) samt fysikern och filosofen [Ludwig Boltzmann](#)) kan härledas från Plancks strålningslag (efter fysikern [Max Planck](#)). Den beskriver svartkroppsförhållandet mellan emittans, temperatur och Stefan-Boltzmanns konstant (σ).

$$M = \sigma \cdot T^4$$

$$\sigma = 5,670 \cdot 10^{-8} \text{ W/m}^2 \text{ K}^4$$

Från Plancks strålningslag kan man även härleda en annan svartkroppslag, Wiens förskjutningslag (efter fysikern [Wilhelm Carl Werner Otto Fritz Franz Wien](#)), som beskriver förhållandet mellan våglängden med störst emittans, objektets temperatur och Wiens förskjutningskonstant (b).

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

$$b = 2,898 \cdot 10^{-3} \text{ mK (meterkelvin)}$$

MEKANIK

Mekanik är fysikens äldsta gren och handlar om hur kroppar påverkas av krafter. Klassisk mekanik hanterar kroppar som är för långsamma för relativistisk mekanik och för stora för kvantmekanik.

Tryck

En kraft som verkar mot ett objekts yta utövar ett tryck. Tryck kan utövas av fasta föremål såväl som olika media (vätskor och gaser).

Trycket i vätskor eller gaser beror på deras densitet som beräknas enligt ekvationen nedanför.

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

Trycket i en fri vätska eller gas i ett gravitationsfält beror på densiteten, djupet och gravitationen.

$$P = \rho \cdot h \cdot g$$

Alla bidragande tryck adderas; till exempel utgör atmosfärstrycket en del av trycket i havet.

Archimedes princip (efter [Archimedes av Syrakusa](#)) säger att en vätskas lyftkraft på en kropp är lika stor som vikten av den vätska som kroppen tränger undan. Nettolyftkraften blir därmed lika med skillnaden mellan den (helt) nedsänkta kroppens egna vikt och den undanträngda vätskans vikt.

$$F = m_{kropp} \cdot g = m_{vätska} \cdot g = V_{kropp} \cdot \rho_{vätska} \cdot g$$

För gas i en sluten behållare gäller att förhållandet mellan trycket, volymen och temperaturen är konstant eftersom substansmängden (n) inte kan ändra sig och gaskonstanten (R) är konstant. Om temperaturen förändras så måste produkten av trycket och volymen också förändras.

$$p \cdot V = T \cdot (n \cdot R)$$

$$R \approx 8,314 \text{ J/molK}$$

Om en instängd volym av gas eller vätska utsätts för en kraft så beror tryckförändringen på hur stor area som förmedlar kraften. Om en annan förskjutbar area (ett annat lock) är större än den första så utövar trycket då också en större kraft där. Detta utnyttjas bland annat i hydrauliska domkrafter.

$$\Delta P = \frac{F}{A} \text{ vilket alltså även medför att } \frac{F_1}{A_1} = \Delta P = \frac{F_2}{A_2}$$

Rörelse

Som regel är krafter och rörelsestorheter vektorer, vilket innebär att de inte bara har en storlek utan även en riktning som man måste ta hänsyn till. Om flera vektorer samspelar så behöver man alltså beräkna resultanten för att förutse resultatet.

Medelhastighet definieras som förhållandet mellan färdad sträcka och åtgången tid.

$$v_m = \frac{\Delta s}{\Delta t}$$

Momentanhastighet avser den hastighet och riktning som förflyttningen har vid ett visst ögonblick, det vill säga när Δt går mot 0 i ekvationen ovanför. I ett diagram med tid som x -axel och hastighet som y -axel motsvarar arean under kurvan den sträcka som objektet har förflyttats.

Rörelsemängd är ett mått på hur mycket total kraft (kraft multiplicerad med tid) som har utövats på ett objekt för att ge det dess aktuella hastighet. Rörelsemängden är därmed även ett mått på hur stor total kraft som skulle krävas för att helt stoppa objektets rörelse, alternativt hur stor kraft som det skulle kunna utöva på andra objekt vid en kollision. Ett objekts rörelsemängd är proportionell mot dess massa och hastighet.

$$p = m \cdot v$$

Påverkan av rörelse

Med impuls avses att ett objekt utsätts för en kraft under en viss tid. Impulsens storlek är detsamma som förändringen av objektets rörelsemängd.

$$I = \Delta p = F \cdot t$$

Newton formulerade tre rörelselagar som beskriver hur krafter och objekt samspelar.

1. Ett objekts rörelse förändras inte om vektorsumman av de påverkande krafterna är noll.
2. Ett objekts massa multiplicerad med accelerationsvektorn ger krafternas vektorsumma.
3. När ett objekt utövar en (aktions)kraft på ett annat objekt så utövar det andra objektet en lika stor och motsatt (reaktions)kraft på det första objektet (reaktionskraften betecknas F_R).

En konsekvens av dessa lagar är att rörelsemängden är konstant i ett slutet system (utan påverkan från externa krafter). Om två objekt kolliderar så kommer vektorsumman av deras rörelsemängder att förbli densamma även efter kollisionen, om än omfördelad mellan dem. Observera att detsamma inte gäller för rörelseenergin.

Accelerationen hos ett objekt som utsätts för en kraft avgörs av hur stor kraften är relativt massan hos det påverkade objektet.

$$a = \frac{F}{m}$$

Medelacceleration definieras som förhållandet mellan hastighetsförändring och åtgångs tid.

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

Momentanacceleration avser den acceleration och riktning som förflyttningen har vid ett visst ögonblick, det vill säga när Δt går mot 0 i ekvationen ovanför. Med "likformigt accelererad rörelse" avses att accelerationen är konstant och inte varierar under den angivna tidsperioden.

Tyngdaccelerationen avser den acceleration som fritt fallande objekt utsätts för i tyngdkraftens riktning. Tyngdacceleration betecknas g istället för a .

$$g = \frac{F}{m}$$

$$g_{suecia} = 9,82 \text{ m/s}^2 \text{ gäller vid Sveriges yta}$$

$$g_{terra} = 9,78 \text{ m/s}^2 \text{ gäller vid jordens yta vid ekvatorn}$$

$$g_{luna} = 1,63 \text{ m/s}^2 \text{ gäller vid månens yta}$$

Alla objekt med massa utövar en attraherande kraft på varandra. Gravitationskraftens storlek mellan de två objekten beror på deras respektive massor (m_1 och m_2) och avståndet mellan deras tyngdpunkter (d) samt gravitationskonstanten (G).

$$F = G \cdot \frac{m_1 \cdot m_2}{d^2}$$

$$G \approx 6,674 \cdot 10^{-11} \text{ Nm}^2 / \text{kg}^2$$

Om man i ekvationen för F dividerar båda sidorna med den ena massan så erhåller man det andra objektets g -värde.

$$g_1 = \frac{F}{m_2} = G \cdot \frac{m_1}{d^2}$$

En kaströrelse i ett gravitationsfält ger objektet en utgångshastighet (v_0). Under hela objektets färd påverkas dess hastighet i höjdlid av den nedåtriktade gravitationen samtidigt som dess hastighet i sidled förblir konstant (om man bortser från luftmotstånd). Kastrelsens komponenter i höjdlid och sidled kan alltså beskrivas som funktioner av tiden.

$$v_x = v_{x0}$$

$$v_y = v_{y0} - g \cdot t$$

De motsvarande lägesfunktionerna utgörs av de primitiva funktionerna för respektive funktion.

Gravitationsaccelerationen är dock en funktion av höjden. Ifall höjden ökar för snabbt i förhållande till retardationen av hastigheten som objektet försägs med så kommer objektet aldrig att återvända. Flykthastighetens storlek beror på gravitationsaccelerationen och avståndet till gravitationskällans tyngdpunkt i enlighet med nedanstående ekvation (se även den tidigare ekvationen för g_1).

$$v_e = \sqrt{2 \cdot g \cdot d}$$

Motverkan av rörelse

För att ett fysiskt objekt ska kunna vila på ett annat fysiskt objekt utan att falla in i det, till exempel ett äpple på jorden, fordras en motsatt riktad kraft. Inom mekaniken går man inte in på närmare detaljer om hur den uppkommer, man nöjer sig bara med att kalla den för normalkraften (F_N) och konstaterar att den är riktad vinkelrätt ut från underlaget. Förhållandet mellan kraft, normalkraft och underlagets lutningsvinkel (θ) beskrivs i ekvationen nedanför.

$$F_N = F \cdot \cos(\theta)$$

Eftersom normalkraften är en vektor kan den delas upp i komponenter, till exempel en som är direkt motstående den påverkande kraften och (ifall underlaget lutar) en som är riktad utmed underlaget.

Om ett objekt rör sig utmed ett underlag så kommer rörelsen att bromsas av en motsatt riktad friktionskraft (F_μ). Friktionskraftens storlek beror på storleken hos normalkraften respektive det rådande friktionstalet (μ). Friktionstalet beror på objektets och underlagets ytegenskaper.

$$F_\mu = \mu \cdot F_N$$

För att ett stillastående objekt ska börja röra sig utmed en yta fordras alltså en kraft större än F_μ .

Arbete och mekanisk energi

Med mekanisk energi avses lägesenergi respektive rörelseenergi. Med arbete avses mängden energi som överförs när ett objekt utsätts för en kraft under en viss sträcka.

$$W = F \cdot s$$

Ett objekts lägesenergi (E_p , potentiell energi) beräknas enligt ekvationen nedanför.

$$E_p = m \cdot g \cdot h$$

Ett objekts rörelseenergi (E_k , kinetisk energi) beräknas enligt ekvationen nedanför.

$$E_k = \frac{m \cdot v^2}{2}$$

Vid kollisioner övergår en del av rörelseenergin till andra energiformer, till exempel värme. Andelen rörelseenergi som försvinner avgör ifall kollisionen kallas för elastisk (all rörelseenergi bevaras), oelastisk (en del rörelseenergi försvinner) eller fullständigt oelastisk (all rörelseenergi försvinner). Vid en fullständigt oelastisk kollision förblir de två objekten i fysisk kontakt med varandra efter kollisionen.

Vridmoment

Jämvikt definieras som att vektorsumman av de påverkande krafterna är 0 (ingen acceleration) och att summan av vridmoment från de påverkande krafterna också är 0 (ingen rotationsförändring).

Ett vridmoments storlek beror på den påverkande kraften, momentarmens längd (avståndet mellan kraftens påverkanspunkt och den valda vridningspunkten) och kraftens vinkel mot momentarmen.

$$\tau = F \cdot l \cdot \sin(\theta_F)$$

Alla vridmoment som påverkar ett objekt beräknas enligt ovan, utifrån samma vridningspunkt, och summeras sedan. För att underlätta beräkningarna kan man välja att placera vridningspunkten så att den sammanfaller med en eller flera krafters påverkanspunkt, så att dessas vridmoment därmed är 0 och således kan bortses ifrån.

Centripetala och centrifugala skeenden

Om ett objekt utför en (mer eller mindre) cirkulär rörelse med konstant hastighet runt ett centrum så innebär det att resultanten av de krafter som verkar på objektet går i riktning mot detta centrum. Storleken på den centripetala kraftresultanten, av slentrian ofta bara kallad för "centripetalkraften", beskrivs i ekvationen nedanför. En motsatt riktad, reaktiv "centrifugalkraft" ses för centrumobjektet.

$$F_{cr} = \frac{m \cdot v^2}{r}$$

Den centripetala accelerationen som förknippas med denna beskrivs i ekvationen nedanför.

$$a = \frac{v^2}{r}$$

Om centripetalkraften verkar på ett objekt som mekaniskt håller kvar ett annat objekt, som inte är påverkat av centripetalkraften, så kommer det andra objektets tröghet (se Newtons rörelselagar) att ge upphov till en ständig kraftverkan mellan de två objekten. Från det andra objektets perspektiv är det som att objektet är utsatt för en ständig acceleration utåt och detta kan misstolkas som att det finns en "centrifugalkraft"; det som egentligen händer är dock inte att det andra objektet dras utåt utan snarare att det första objektet förmedlar centripetalkraften genom att dra / knuffa det andra objektet i sin färdriktning. "Centrifugalkraften" ses bland annat när man rör om snabbt i ett glas och i attraktioner på tivolin. Den kan även användas för att efterlikna gravitation i rymdskepp.

Mekaniska vågrörelser

En rörelse som regelbundet upprepar sig på samma sätt kallas för periodisk. Tiden som åtgår under ett varv kallas då för en period, alternativt en omloppstid.

Exempel på mekaniska vågrörelser är rörelser hos pendlar eller fjädrar. Även ljud och andra vågor som fortplantar sig genom medium är exempel på mekaniska vågrörelser. Vattenvågor är exempel på transversella vågor, där vågen ger upphov till en förskjutning av mediet vinkelrätt mot vågens fortplantningsriktning. Ljudvågor är exempel på longitudinella vågor, där vågen ger upphov till en komprimering och utsträckning av mediet i vågens fortplantningsriktning.

Vågor som fortplantar sig genom ett medium uppstår när en händelse överför mekanisk energi till mediet. När vågrörelsen sedan når mediets andra ände kan den mekaniska energin reflekteras eller utföra något arbete mot nästa medium – vågor i luft kan utöva tryck på örats trumhinna, vattenvågor kan lyfta upp vatten på land som normalt är högre beläget än vattenytan och vågor i en oxpiska kan skapa en ljudbang. Nota bene: vågen består inte av mediet, den fortplantas bara genom det via tillfälliga förskjutningar och mediets delar återgår till ursprungsläget efter att vågen har passerat.

Vågrörelser kan beskrivas med sinuskurvor. Med radianer som vinkelenhet kan svängningens läge beskrivas som en vågrörelsefunktion av t med amplitud (A) och frekvens (f) som konstanter.

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

Svängningsrörelsens hastighet vid tidpunkten t ges av funktionen nedanför.

$$f'(t) = 2\pi \cdot f \cdot A \cdot \cos(2\pi \cdot f \cdot t)$$

Svängningsrörelsens acceleration vid tidpunkten t ges av funktionen nedanför.

$$f''(t) = -(2\pi \cdot f)^2 \cdot A \cdot \sin(2\pi \cdot f \cdot t)$$

Perioden för en matematisk pendel med trådlängden l ges av ekvationen nedanför.

$$T = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{l}{g}}$$

Hookes lag (efter fysikern och arkitekten **Robert Hooke**) säger att kraften som krävs för att trycka ihop eller dra ut en fjäder en viss sträcka beror dels på sträckans längd (l) och dels på den aktuella fjäderns uppbyggnad, representerad av dess fjäderkonstant (k). Den motstående kraften kallas för fjäderkraften och är alltid riktad mot fjäderns jämviktsläge.

$$F = l \cdot k$$

Om en fjäder släpps efter komprimering eller utdragning så kommer den att sträcka och dra ihop sig i en svängande rörelse där rörelseenergi och lägesenergi omvandlas fram och tillbaka. Svängningens energi kan beräknas med ekvationen nedanför.

$$E = \frac{l^2 \cdot k}{2}$$

Om en vikt hängs i en fjäder så styrs frekvensen av viktens massa och fjäderkonstanten.

$$2\pi \cdot f = \sqrt{\frac{k}{m}}$$

Förhållandet mellan en vågs rörelsehastighet, våglängd och frekvens ges av ekvationen nedanför.

$$v = \lambda \cdot f$$

Interferens uppstår när flera vågor passerar en punkt samtidigt och innebär att amplituderna adderas. När vågorna befinner sig i fas uppstår konstruktiv interferens där vågornas amplituder samverkar och ger upphov till en större total amplitud.

$$\Delta l = \lambda \cdot n$$

Vågor i motfas ger istället upphov till destruktiv interferens, med dämpad eller utsläckt amplitud.

$$\Delta l = \lambda \cdot (n + 0,5)$$

"Svävning" är ett exempel på interferens och innebär att om två ljudfrekvenser ligger nära varandra och har samma intensitet så kommer örat istället att uppfatta en ljudfrekvens som har en varierande ljudnivå. Musiker kan utnyttja detta fenomen för att stämma sina instrument till exakt rätt frekvens.

Om två periodiska vågor med samma våglängd skickas mot varandra så kan stående vågor uppstå. Stående vågor utgörs av punkter som står stilla (noder) mellan svängande områden (bukar), där maximal amplitud hela tiden nås på samma ställe, och varje buks längd motsvarar en halv våglängd. Om en periodisk transversell våg istället skickas iväg mot en barriär och reflekteras tillbaka av denna så kommer det mellan avsändaren och barriären att finnas ett helt antal halva våglängder.

$$l = \frac{\lambda}{2} \cdot n$$

Om en periodisk longitudinell våg ger upphov till en stående våg i ett rör så kommer ovanstående samband även att uppstå där; det finns då bukar i vardera mynning av röret. Om röret däremot är slutet i den ena änden så kommer det istället att finnas en nod där, men fortfarande en buk i den öppna mynningen, och då minskas ovanstående samband med en fjärdedels våglängd.

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

Ljudvågors intensitet anger ljudeffekten i förhållande till ytan. Vid sfärisk spridning är $A = 4 \cdot \pi \cdot r^2$.

$$I = \frac{P}{A}$$

Ljudnivån beskriver ljudintensiteten i förhållande till den lägsta ljudintensitet som örat kan uppfatta.

$$L_p = 10 \cdot \lg\left(\frac{I}{I_0}\right)$$

$$I_0 = 10^{-12} \text{ W/m}^2$$

Ljudnivå är alltså en relativ exponent för ljudintensitet, multiplicerad med 10. Därmed innebär en ökning med 15 decibel att ljudstyrkan ökar med faktor 31, en ökning med 20 decibel att ljudstyrkan ökar med faktor 100 och en ökning med 39,6 decibel att ljudstyrkan ökar med en faktor över 9000.

Relativistisk mekanik

Relativistisk mekanik behandlar mekanik som utspelar sig i hastigheter som är så höga att de kan relateras (konstlat) till ljusets hastighet. Ljusets hastighet i vakuum spelar således en central roll i den relativistiska mekaniken och betecknas c i fysikaliska ekvationer.

$$c = 2,9979 \cdot 10^8 \text{ m/s}$$

Ljusets hastighet i vakuum är alltid densamma, oavsett hastigheten hos avsändaren eller mottagaren. Eftersom två observatörer med olika hastigheter inte kan uppfatta olika ljushastighet så kommer de därför istället att uppfatta olika sträckor och tid hos det som de observerar.

Längdkontraktion innebär att det som passerar med hög hastighet kommer att verka sammantryckt i rörelseriktningen, sett ur den yttre observatörens perspektiv (l).

$$l = l_0 \cdot \sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2}$$

Tidsdilatation innebär att det som passerar med hög hastighet även kommer att uppvisa utdragna tidsförlopp, sett ur den yttre observatörens perspektiv (t).

$$t = \frac{t_0}{\sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2}}$$

ELEKTROMAGNETISM

Elektromagnetism behandlar elektriska och magnetiska fenomen, däribland fotonerna som utgör det vi uppfattar som ljus.

Symboler i elektriska scheman

Några vanliga symboler i elektriska kopplingsscheman:

glödlampa	× (i cirkel)
amperemeter	A (i cirkel)
voltmeter	V (i cirkel)
resistor	rektangel, motståndets storlek anges vanligen i anslutning till denna

Schematiska teckningar kan använda nedanstående symboler för att ange riktningar mot eller bort från läsaren. Detta underlättar beskrivningar av tredimensionella förhållanden.

mot läsaren	•
bort från läsaren	×

Elektrisk laddning, ström, spänning och resistans

Den totala nettoladdningen i ett slutet system är konstant; om nya laddningar skapas så utgörs dessa av positiva och negativa laddningar i lika stora delar. Objekt kan dock urladdas genom att kopplas till ett större objekt, till exempel jorden (jordning). Laddningar kan även vara ojämnt fördelade inom ett objekt på grund av influens från ett annat, laddat objekt.

Protoner och elektroner har lika stora elektriska laddningar men med motsatta tecken.

$$Q_{\text{proton}} = 1,6022 \cdot 10^{-19} \text{ C}$$

$$Q_{\text{elektron}} = -1,6022 \cdot 10^{-19} \text{ C}$$

Laddningar av samma typ repellerar varandra och laddningar av olika typ attraherar varandra. Ekvationen nedanför kallas för Coulombs lag och beskriver hur Coulombkraftens storlek beror på laddningarnas storlekar och avstånd från varandra, samt Coulombs konstant (k_e).

$$F = \frac{Q_1 \cdot Q_2}{d^2} \cdot k_e$$

$$k_e = 8,9876 \cdot 10^9 \text{ Nm}^2 \text{C}^{-2}$$

Förhållandet mellan ström, laddning och tid beskrivs i ekvationen nedanför.

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

Observera att storheten ström är ett positivt flöde i motsatt riktning till elektronernas faktiska flöde!

Vid seriekopplingar har I samma värde överallt men vid parallellkopplingar är I lika med summan av delströmmarna.

Spänning kan definieras som det arbete som uträttas när en laddning förs mot en likadan laddning.

$$U = \frac{W}{Q}$$

Med polspänning avses spänningen mellan polerna i ett batteri. Vid seriekopplingar är U lika med summan av delspänningarna men vid parallellkopplingar har U samma värde överallt.

Resistans beskriver det motstånd som laddningar möter vid förflyttning genom ett ämne. Sambandet mellan ämnets resistivitet respektive ledarens längd och genomsnittsarea beskrivs av Pouilletts lag (efter fysikern **Claude Pouillet**) som redovisas i ekvationen nedanför.

$$R = \rho \cdot \frac{l}{A}$$

Ohms första lag beskriver förhållandet mellan spänning, ström och resistans.

$$U = R \cdot I$$

Vid seriekopplingar är R lika med summan av alla delresistanser och vid parallellkopplingar är inverterade R (R^{-1}) lika med summan av alla inverterade delresistanser.

Om elektrisk ström möter motstånd bildas värme. Från spänningsstycket vet vi att $U \cdot Q = W = E$.

$$E_R = U \cdot Q = (R \cdot I) \cdot (I \cdot t) = R \cdot I^2 \cdot t$$

$$P_R = \frac{E_R}{t} = R \cdot I^2$$

Elektrisk kapacitans

En kondensator (på engelska "capacitor") har förmågan att hålla elektrisk laddning som snabbt kan frisättas. Ett medicinskt exempel på kondensatorer är defibrillatorer. En enkel kondensator utgörs av två plattor med motsatta laddningar, placerade nära men inte i kontakt med varandra. Förhållandet mellan kapacitans, laddning och spänning beskrivs i ekvationen nedanför.

$$C = \frac{Q}{U}$$

Kapacitansens storlek beror på ytarean per platta, avståndet mellan plattorna samt permittiviteten i vakuum (ϵ_0) och den relativa materialpermittiviteten mellan plattorna (ϵ_R), som för luft är ungefär 1.

$$C \approx \frac{A}{d} \cdot \epsilon_0 \cdot \epsilon_R$$

$$\epsilon_0 \approx 8,854 \cdot 10^{-12} \text{ F/m}$$

Hur mycket energi som hålls i en laddad kondensator beskrivs i ekvationen nedanför.

$$E = \frac{QU}{2}$$

Elektriska kraftfält

Att elektriska laddningar kan utöva krafter på varandra utan direktkontakt beror på att de omges av elektriska kraftfält. Elektriska kraftfält kan illustreras med tänkta / ritade fältlinjer, där linjerna går i samma riktning som kraften på ett hypotetiskt, positivt laddat objekt som befinner sig i kraftfältet; kraftfält från negativa laddningar får således inåtgående fältlinjer medan kraftfält från positiva laddningar får utåtgående fältlinjer.

$$E_{källa} = \frac{F}{Q_{objekt}}$$

Förhållandet mellan elektrisk potential, lägesenergi och laddning ges av ekvationen nedanför.

$$V = \frac{E}{Q}$$

Skillnaden i elektrisk potential mellan två punkter utgör den elektriska spänningen mellan dessa.

$$\Delta V = U$$

Icke-uniforma kraftfält uppstår bland annat runt laddade, centrala kroppar och kännetecknas av att kraftvektorn för det laddade objektet beror på var det befinner sig i kraftfältet.

Uniforma kraftfält uppstår istället exempelvis mellan parallella ytor med motsatta laddningar och kännetecknas av att kraftvektorn är densamma för det laddade objektet oavsett var det befinner sig i kraftfältet. En uniform fältstyrka beskrivs i ekvationen nedanför, där U och d representerar spänningen respektive avståndet mellan ytorna.

$$E = \frac{U}{d}$$

Det tidigare givna förhållandet mellan elektrisk fältstyrka, laddning och kraft kan kombineras med förhållandet mellan kraft, massa och acceleration för att definiera förhållandet mellan massa, fältstyrka, laddning och acceleration (i uniforma kraftfält är det i förhållande till de laddade ytorna).

$$a = \frac{Q \cdot E}{m}$$

En medicinsk tillämpning av elektriska kraftfält är elektroencefalografi (EEG) som används för bland annat diagnostik av epilepsi, sömnrubbingar, encefalopatier (hjärnsjukdomar) och koma.

Magnetiska kraftfält

En viktig skillnad mellan elektriska och magnetiska kraftfält är att elektriska kraftfält är positiva eller negativa medan magnetiska kraftfält är bipolära (eller multipolära). Elektriska kraftfältslinjer tenderar också att antingen gå rakt ut eller mellan två motsatt laddade objekt medan magnetiska kraftfältslinjer går mellan magnetfältets respektive poler.

Elektriska laddningar i rörelse ger upphov till magnetiska kraftfält runt ledaren. Om strömmens riktning vore vinkelrätt ut ur en betraktad yta så skulle de magnetiska flödeslinjerna gå moturs. En enkel tumregel är att om man på höger hand reser tummen och böjer fingrarna så representerar tummen strömmens riktning och fingrarna det magnetiska kraftfältets flödeslinjer.

Magnetisk flödestäthet (fältstyrka) i vakuum på ett visst avstånd från en rak, oändligt lång och strömförande ledare beskrivs i ekvationen nedanför.

$$B = \frac{\mu_0}{2\pi} \cdot \frac{I}{d}$$

$$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ Wb/Am}$$

Om en strömförande ledare placeras i ett homogent magnetiskt kraftfält, vinkelrätt mot det magnetiska kraftfältets flödeslinjer, så kommer den att utsättas för en kraft som är riktad vinkelrätt mot det magnetiska kraftfältets riktning respektive strömmens riktning. En enkel tumregel är att om man på höger hand reser tummen och sträcker ut fingrarna så representerar tummen strömmens riktning, fingrarna det magnetiska kraftfältets flödeslinjer och riktningen som handflatan är vänd åt representerar den resulterande kraftens riktning. Kraften på den strömförande ledaren beror på hur stor längd ledaren har i det magnetiska kraftfältet och beskrivs i ekvationen nedanför.

$$F = I \cdot l \cdot B$$

Kraften på enskilda laddade partiklar under samma omständigheter beskrivs i ekvationen nedanför.

$$F = q \cdot v \cdot B$$

Glöm dock inte bort att de tidigare nämnda tumreglerna gäller strömmens färdriktning, det vill säga positiva laddningar. För negativa laddningar använder man istället vänster hand.

Om två ledare placeras parallellt med varandra och är strömförande i samma riktning så kommer deras magnetiska kraftfält, vilkas flödeslinjer går runt ledarna, därför att leda till att kraften på respektive ledare pekar i riktning mot den andra ledaren (och, som tidigare, beror på längden som de befinner sig i varandras magnetiska kraftfält). Krafterna på respektive ledare, beroende på avståndet mellan dem (d), beskrivs i ekvationerna nedanför.

$$F_1 = B_2 \cdot I_1 \cdot l = \left(\frac{\mu_0}{2\pi} \cdot \frac{I_2}{d} \right) \cdot I_1 \cdot l = \frac{\mu_0}{2\pi} \cdot \frac{I_2 \cdot I_1 \cdot l}{d}$$

$$F_2 = B_1 \cdot I_2 \cdot l = \left(\frac{\mu_0}{2\pi} \cdot \frac{I_1}{d} \right) \cdot I_2 \cdot l = \frac{\mu_0}{2\pi} \cdot \frac{I_1 \cdot I_2 \cdot l}{d}$$

En medicinsk tillämpning av magnetiska kraftfält är magnetoencefalografi (MEG) som används för att kartlägga hjärnaktivitet. MEG används särskilt vid diagnostik av epilepsi men det finns lovande tecken på att fler sjukdomar skulle kunna diagnosticeras med MEG i framtiden.

Induktion

Om en ledare förs genom ett magnetiskt kraftfält så induceras en spänning i den. Om ledaren ingår i en sluten krets så uppstår elektrisk ström. Sambandet mellan den inducerade elektromotoriska spänningen respektive ledarens rörelsehastighet, ledarens längd i kraftfältet och kraftfältets styrka beskrivs i ekvationen nedanför.

$$e = v \cdot l \cdot B$$

Strömförande ledare i magnetiska kraftfält utsätts dock, som bekant, för en kraft. Vid induktion är kraften riktad i motsatt riktning relativt ledarens rörelse genom kraftfältet. Kraften har alltså en bromsande verkan på den rörelse som inducerar strömmen, vilket är innebörden av Lenz lag (efter fysikern [Heinrich Lenz](#)). Tumregeln för den inducerade strömmens riktning blir alltså att höger hands fingrar pekar i det magnetiska kraftfältets riktning medan handryggen är vänd i rörelsens riktning (så att den resulterande kraften pekar åt den andra, ut ur handflatan); strömmens riktning ges av den resta tummen.

Induktion kan även åstadkommas genom ändring av det magnetiska flödet. Förhållandet mellan det magnetiska flödet och det magnetiska kraftfältets styrka respektive arean som omsluts av ledaren beskrivs i ekvationen nedanför.

$$\Phi = B \cdot A$$

Den inducerade elektromotoriska spänningen beror då på hur snabbt det magnetiska flödet ändras.

$$e = -\frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$$

Den inducerade elektromotoriska spänningen i spolar med n varv beskrivs i ekvationen nedanför.

$$e = -n \cdot \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$$

Ovanstående ekvationer sammanfattar Faradays induktionslag.

Generatorer skapar växelström genom att använda induktion, ofta med hjälp av mekanisk energi. Vid rotation av en spole i ett magnetiskt kraftfält induceras en elektromotorisk spänning vars storlek vid en viss tidpunkt beskrivs i ekvationen nedanför.

$$e = \hat{e} \sin(2\pi \cdot f \cdot t) \text{ där } \hat{e} \text{ är amplituden för den elektromotoriska spänningen}$$

Växelströmmens och växelspänningens effektivvärden anger vilken likström och likspänning som utvecklar samma effekt vid samma resistens och beskrivs i ekvationerna nedanför (symbolerna med hatt representerar återigen amplituden vid växelström).

$$U = \frac{\hat{e}}{\sqrt{2}}$$

$$I = \frac{\hat{i}}{\sqrt{2}}$$

Transformatorer kan användas för att omvandla elektrisk spänning och ström mellan olika nivåer. En enkel transformator består av två spolar som omger varsin del av en kärna. När ström passerar genom den mottagande (första) spolen skapas ett magnetfält i kärnan som då skapar en spänning i den vidareförande (andra) spolen. Förhållandet mellan spänning före och efter transformatorn motsvarar förhållandet mellan antalet varv i spolarna; om den vidareförande spolen har dubbelt så många varv som den mottagande så kommer den även att producera en dubbelt så hög spänning (i teorin, under helt felfria omständigheter).

$$\frac{U_m}{U_v} = \frac{N_m}{N_v} = \frac{I_v}{I_m}$$

OPTIK

Optik behandlar egenskaper och beteende hos ljus; hur det breder ut sig, hur det bryts och hur det absorberas och emitteras. Ljus utgörs av fotoner och dessa har egenskaper som motsvarar både partiklar och vågrörelser.

Reflektion och refraktion

Reflektionslagen säger att ljus som färdas genom ett medium och träffar en reflekterande yta av ett annat medium har en lika stor reflektionsvinkel som infallsvinkel (där 0° vore rätvinkligt mot ytan).

$$\theta_r = \theta_i$$

Refraktionslagen (Snells lag, efter astronomen och matematikern [Willebrord Snellius](#)) säger att ljuset även kan brytas vilket innebär att en andel av ljuset, istället för att reflekteras, fortsätter vidare in i det andra mediet med en mindre vinkelförändring av banan. Vinkelförändringen beror på ljusets hastighet i respektive medium, mätt som andel av ljusets hastighet i vakuum.

$$n_b \cdot \sin(\theta_b) = n_i \cdot \sin(\theta_i)$$

$$n_b = \frac{c}{c_b}$$

Om ljuset går från ett medium med högre brytningsindex till ett medium med lägre brytningsindex så kan en tillräckligt hög infallsvinkel ge brytningsvinkeln 90° vilket innebär att inget ljus bryts och allt ljus reflekteras. Den kritiska infallsvinkeln kan beräknas utifrån refraktionslagen genom att sätta brytningsvinkeln till 90° .

$$\sin(\theta_i) = \frac{n_b \cdot \sin(90)}{n_i} \text{ det vill säga } \theta_i = \sin^{-1}\left(\frac{n_b}{n_i}\right)$$

Absorption och emission

Atomer absorberar och emitterar fotoner av vissa specifika energimängder som motsvarar stegen mellan de olika energitillstånd som atomen (elektronerna) kan befinna sig i. En fotons frekvens motsvarar dess energimängd och proportionen mellan dessa utgörs av Plancks konstant (h).

$$W = h \cdot f$$

$$h = 6,626 \cdot 10^{-34} \text{ Js}$$

Det är vanligt att fotoners energi beskrivs med enheten elektronvolt. Den bör dock inte användas i fysikaliska ekvationer eftersom den inte är en SI-enhet.

Många metaller avger elektroner när de belyses, vilket kallas för den fotoelektriska effekten. Den förklaras med att fotoner som överskrider en viss gränshfrekvens kan överföra tillräckligt mycket energi till en elektron för att utföra det utträdesarbete som krävs för att den ska kunna "slita sig". Den energi som inte åtgår till utträdesarbetet blir till rörelseenergi hos elektronen.

$$h \cdot f = W_u + E_k$$

Om istället elektroner träffar metall så kan energirika fotoner emitteras. Emissionerna kan bero på inbromsning av elektroner (bromsstrålning) eller på att atomer exciteras och sedan emitterar fotoner när de exciterade elektronerna återgår till en lägre nivå / bana. Olika anodmaterial ger upphov till olika strålningsprofiler, dock ses bromsstrålningen hos alla. Fotoner med en våglängd mellan 0,01 och 10 nanometer kallas för röntgenstrålning (efter fysikern **Wilhelm Röntgen**).

Joniserande strålning kännetecknas av att den är tillräckligt energirik för att frigöra elektroner från atomer och därigenom göra dem till joner, snarare än att bara orsaka en övergående excitation. Ett vanligt exempel på joniserande strålning inom medicin är ovan nämnda röntgenstrålning.

Att olika ämnen absorberar fotoner av olika frekvenser är något som utnyttjas inom spektroskopi. Om man ser mörka linjer i ett spektrum som omfattar hela ljusskalan så kan man identifiera vilka ämnen som motsvarar dessa. Därmed kan man inte bara avgöra vilka ämnen som finns i avlägsna stjärnor utan även vilka ämnen som finns lösta i ett provrör.

Diffraction

Att ljus beter sig som en vågrörelse kan ses när det passerar en spalt (smal öppning) på vägen mot en yta. Istället för att ljuset fördelar sig på ytan som ett enkelt ljusfält, med avtagande ljusstyrka mot kanterna, framträder ett centralt maximum som omges av omväxlande minima och maxima – ett diffraktionsmönster. Vinkeln mellan centralmaximum och ett sidominimum, sett från spaltens mitt, beror på avståndet mellan spaltens kanter, ljusets våglängd och vilket nummer (n) i ordningen som sökt sidominimum har. Ju bredare spalt, desto tätare blir diffraktionsmönstret.

$$\sin(\theta_n) = \frac{\lambda \cdot n}{d}$$

Om ljus istället skickas genom flera spalter (ett gitter) så erhålls interfererande diffraktionsmönster. Vinklarna mellan centralmaximum och sidomaxima beror på avståndet mellan spalternas mittpunkter, ljusets våglängd och vilket nummer (n) i ordningen som sökt sidomaximum har.

$$\sin(\theta_n) = \frac{\lambda \cdot n}{d}$$

För att erhålla sidominima subtraherar man 0,5 från n . Observera att detta inte kan göras för att hitta sidomaxima för ensamma spalter – de är inte belägna exakt i mitten mellan omgivande sidominima. Vid andra infallsvinklar mot gittret än 0° adderas en infallsvinkelterm (θ_i) i sinusuttrycket.

Gitter som utgörs av spalter kallas för transmissionsgitter. Ett annat slags gitter är reflektionsgitter där ytan omväxlande reflekterar respektive inte reflekterar ljus. Ett mycket vanligt exempel på ett reflektionsgitter är cd-skivor, där solljus ger upphov till färgspektra eftersom det innehåller ljus av många olika våglängder.

NUKLEÄRFYSIK

Nukleärfysik behandlar de beståndsdelar och krafter som verkar i och på atomkärnor.

Viloenergin hos materia (massa) beskrivs i ekvationen nedanför.

$$E_{vila} = m \cdot c^2$$

Olika isotoper av ett grundämne beskrivs utifrån dess kemiska tecken. I nedanstående exempel kan vi utläsa att kolatomen innehåller 14 nukleoner varav 6 är protoner och 8 (14 minus 6) är neutroner.



Krafter i atomkärnan

Coulombkraften innebär att atomkärnans protoner repellerar varandra. En annan kraft, den starka kärnkraften, attraherar nukleoner. Ju starkare en atomkärnas inre Coulombkrafter är i förhållande till den starka kärnkraften (allting annat lika), desto kortare tid tar det innan atomkärnan faller sönder till mindre enheter. Den starka kärnkraften avtar snabbare än Coulombkraften med avståndet; alltså tenderar mindre atomkärnor att vara mer stabila än större.

Vilomassorna för några vanliga subatomära partiklar anges nedanför.

$$m_{neutron} = 1,008664 \text{ u}$$

$$m_{proton} = 1,007276 \text{ u}$$

$$m_{elektron} = 0,000549 \text{ u}$$

Skillnaden mellan atomers summor av dessa och atomers faktiska massa kallas för massdefekten.

$$m_{defekt} = m_{summa} - m_{faktisk}$$

Insättning av m_{defekt} i $E_{vila} = m \cdot c^2$ ger bindningsenergin som frigjordes genom bildandet av kärnan. Ju större massdefekt (bindningsenergi), desto stabilare är kärnan.

Vid låga masstal sjunker massan per nukleon med stigande masstal. Atomen med störst massdefekt per nukleon är nickel-62. Massdefekten avtar därefter med ökande masstal. Alltså kan energi utvinnas genom klyvning av tunga ämnen (fission) och sammanslagning av lätta ämnen (fusion).

Strålände sönderfall

Atomkärnor kan falla sönder på tre olika sätt: α , β och γ .

α -sönderfall skickar ut α -partiklar (heliumkärnor).

β -sönderfall skickar ut β -partiklar (elektroner, positroner) och neutriner.

γ -sönderfall skickar ut γ -strålning (fotoner med mycket hög energi).

α -partiklar saknar elektroner och är alltså positivt laddade. Detta innebär att de blockeras ganska enkelt; de förmår inte ta sig förbi de yttre hudlagren och utgör inte någon stor hälsofara så länge strålningskällorna inte inandas eller inmundigas – i sådana fall är α -partiklar den mest destruktiva joniserande strålningen.

β^- -sönderfall innebär att en neutron omvandlas till en proton, en elektron och en antineutrino. Protonen stannar kvar medan elektronen (β -partikeln) och antineutrino skickas ut.

β^+ -sönderfall innebär att en proton omvandlas till en neutron, en positron (anti-elektron) och en neutrino. Neutronen stannar kvar medan positronen (β -partikeln) och neutrino skickas ut.

β -partiklar blockeras enkelt av solida material men de förmår att penetrera de yttre hudlagren och nå inre delar av kroppen. De är ännu farligare ifall strålningskällorna har inandats eller inmundigats.

γ -sönderfall förändrar inte atomkärnans sammansättning; den blir bara mindre exciterad (den har kvar mindre överskottsenergi). γ -strålning har lättare för att penetrera människokroppen men är mindre joniserande än ovan nämnda strålningspartiklar. Vid låga stråldoser föreligger en risk för stokastiska (slumpmässiga) skadeverkningar, till exempel mutationer och cancer, medan höga stråldoser förknippas med deterministiska (dosberoende) skadeverkningar, till exempel celledöd.

Sönderfallslagen beskriver hur många atomkärnor (N) av ett visst ämne som ännu återstår efter en viss tid, beroende på ämnets halveringstid och mängden atomkärnor vid tideräkningens början (N_0).

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

Radioaktivitet beskriver hur många sönderfall som äger rum per sekund och kan beräknas som en funktion av antalet radioaktiva atomkärnor (N) och ämnets halveringstid.

$$A = N \cdot \frac{\ln(2)}{t_{1/2}}$$