

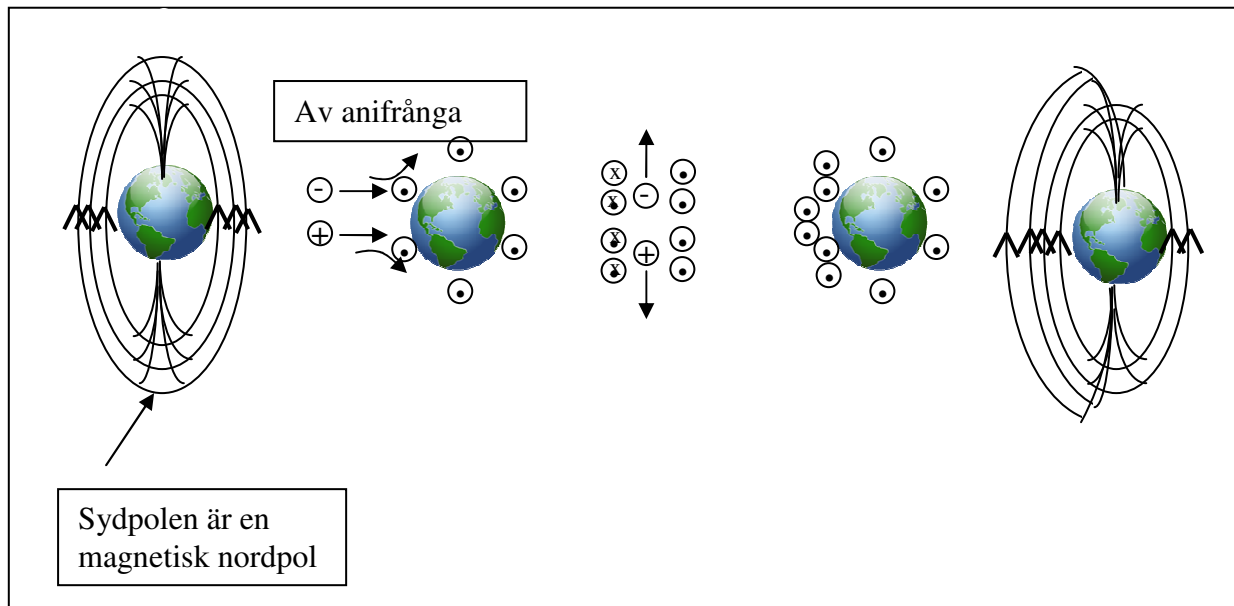
Miljö – anteckningar från boken

- På 15 km höjd har luftens täthet avtagit till 1/10 och på 30 km till 1/100 av värdet vid jordytan.
- Luftens sammansättning är de vanligaste kväve (78%), syre (21%), argon (0.9%), koldioxid (0.04%) och övrigt (0.003%).
- Fotosyntes tillsammans med metabolismen, förbränning och förmaltning bildar ett slutet system.
- $C_6H_{12}O_6 + 6O_2 \rightarrow 6CO_2 + 6H_2O + 2.9 \text{ MJ}$ (för en kropp i vila)
- Hållbar utveckling: inte urholka naturresurser, inte ge upphov till miljö och hälsofarliga utsläpp, är förenlig med ekonomisk och social rättvisa.
- Fossila bränslen, flödande energi och kärnbränsle anses vara primära energiresurser
- Flödande (förnybar) energi – solenergi men även kärnprocesser i jordens inre eller gravitation mellan himlakroppar
- Kärnenergi: 10^6 ggr mer energi ur ett kg klyvbart uran än ur ett kg fossilt bränsle.

Växthuseffekten

- Utan växthuseffekt (utan atmosfär) skulle $T = -18^\circ\text{C}$
- Treatomiga (vatten koldioxid, ozon) och fleratomiga (metan, ammoniak, freoner) molekyler kan absorbera IR-strålning, ty de kan få osymm laddningsfördelning. Det betyder att de kan sättas i vibration och rotation av elektromagnetiska vågor. Molekylen får på så sätt rörelseenergi som tas från EM-strålningen. Växthusgaserna absorberar alltså delvis den energi som strålar ut från jorden. Energin fördelas på mga molekylers rörelse, termaliseras, atmosfären får en högre temperatur och avger själv IR-strålning dels mot rymden och dels mot jorden → högre temperatur
- Med (100%) / Utan (0%) växthuseffekt: Instrålningen från solen och utstrålningen mot rymden är lika. Växthuseffekten påverkar bara det som sker mellan jorden och atmosfären. Om vi har växthuseffekt får jorden lika mkt återstrålning från atmosfären som direktstrålning från solen → totala instrålningen fördubblas. I den strålningsbalansen är utstrålningen dubbelt så hög som utan växthuseffekt → sid 56 där ekv 4.1 mult med 2.
- Medeltemp på Jorden är 15°C .
- Jämviktstemp beror av koncentrationen av absorberande gaser
- Intensiteten avtar exponentiellt när strålningen absorberas
- Egentligen är modellen inte så enkel ty vi har olika väder mm
- Temperaturförändringen på grund av all omsatt energi omvandlas till termisk är bara ngr tusendels grader och alltså helt försumbar jämfört med den tempför vi förväntar oss som konsekvens av koldioxidutsläppen
- En mkt kraftig antropogen effektökning kan ge ökad temp som i sin tur via återkopplingsmekanismer (ökad molnbildning etc) påverkar klimatet märkbart. På lokal nivå är detta tydligt i skillnaden mellan stadsklimat och omgivande landsbyggnadsklimat.
- 2/3 av absorptionen sker i vattenånga och större delen av återstoden i CO_2
- Den totala kolmängden i atmosfären är $740 \cdot 10^9$ ton, varje år binder fotosyntesen $110 \cdot 10^9$ ton. Hälften återgår till atmosfären genom respiration och hälften genom förmultning.
- Havet fungerar som en buffert som bromsar ökningstakten i atmosfären.
- Eldning med fossilbränslen och avbränning av regnskogar som inte växer upp igen orsakar ett tillskott på $7 \cdot 10^9$ ton CO_2 i atmosfären årligen

- Medeltemp ökar med 1-5 grader inom 100 år. Havsytan kommer att stiga med 0.1-0.9 m
-



Snabba laddade partiklar böjs av i jordens magnetfält → bara en liten del partiklar kommer in i atmosfären. Den kosmiska strålningen kan jonisera luftens molekyler.

Högre solaktivitet → * ökad solvind * magnetfält på jordens solsida förstärks * kosmisk strålning böjs av och mindre andel når jorden * mindre jonisering, färre kondens kärnor * mindre molnbildning * ökad solinstrålning * högre temp

- Vattenånga är en växthusgas och absorberar IR-strålning → ökad temp → mer vattenånga → ökad molnbildning → ökad reflektion av instrålning och utstrålning → ökad (en molning natt varmare än en klar) och minskad (en molnig dag kallare än en klar) temp
- Aerosoler = små partiklar i atmosfären och kan komma från vulkanutbrott och sandstormar och bränder. De kan reflektera instrålningen men också absorbera ljus. De fungerar även som kondensationskärnor vid molnbildning. Totalt räknar man att de har en avkylande effekt.
- Is och snö reflekterar en stor del av instrålningen. Ökad temp → ökad avsmältning → marken blottas – absorberar mer av instrålningen → ökad temp
- Haven är koldioxidsänka * gröna alger * kolsyrebildning * Isar som bildas → salthalten i vattnet ökar, hög salthalt → hög densitet och sjunker. Då för den med sig koldioxiden som den bundit
- Ozonskiktets förtunning → ökad UV-strålning (skadlig för celler)

UV C	$\lambda=200-280\text{nm}$	Absorb fullst i atmos	0 % vid jordytan	Stark skada
UV B	280-320 nm	Delvis	0,5 %	Betydlig
UV A	320-400 nm	Svag	4 %	Svag
Synligt	400-700 nm	Svag	53 %	
IR	>700 nm	Delvis	43 %	

UVA – brun hud, på lång sikt grå starr

UVB – hudrodnad, hudcancer, irritera hornhinnan ex snöblindhet, fotosyntesen kan minska och därmed tillväxten minska

UVC – samma som UVB fast starkare

- Koncentrationen av ozon störst 20-30 km ovanför jordens markyta, mäts i DU (Dobsonenheter) 100 DU = 1mm. Normalt mellan 250-450 DU
 - E på 5,1eV motsv $\lambda < 240$ nm: $O_2 \xrightarrow{\text{foton}} O + O$, $O + O_2 \rightarrow O_3 = \text{ozon}$ samtidigt sker $O_3 \xrightarrow{\text{foton}} O_2 + O$, $O + O_3 \rightarrow 2O_2$ dvs för ozon utgör stratosfären både en källa och sänka.
 - Ozon kan även bildas på marklig nivå mha synligt ljus $NO_2 \xrightarrow{\text{foton}} NO + O$, $O + O_2 \rightarrow O_3$ Detta ozon är även en miljö och hälsofara ty det ger huvudvärk, irriterade slämhinnor och andningsbesvär. Blad på växter blir brunfläckiga och känsliga växter dör.
 - CFC-gaser: freoner. Kemiskt stabila \rightarrow ogiftiga och icke brandfarliga. Dessa gaser sönderdelar ozonmolekyler. De är också ofta effektiva växthusgaser. Ozonnedbrytande förmåga: ODP (R12: ODP=1) Växthusgas: GWP (CO₂: GWP=1)
- $CCl_2F_2 \xrightarrow{\text{foton}(\lambda < 340\text{nm})} CClF_2 + Cl$, $Cl + O_3 \rightarrow ClO + O_2$, $Cl + O \rightarrow Cl + O_2$ nedbrytningen av ozon gynnas av extremt låga temp i ismoln i stratosfären. Vid sydpolen uppstår under vintern luftvindar som hindrar tillförsel av ozonrik luft från andra delar av jorden \rightarrow "ozonhål" bildas därför över Antarktis i sept-okt.

Fossila Bränslen

- Står för 90 % av världens och 40 % av Sveriges energitillförsel
- Förbränningsgaserna utträttar $\Delta W = F\Delta s$, Δs =sträckan som kolven förflyttas och F kraften på kolven. $\Delta W = \rho A \Delta s = \rho \Delta V$ (ΔV =volymförändringen) $\rightarrow W = \int \rho dV$

$$\eta_{\max} = \frac{T_{\text{motor}} - T_{u \text{ tan för}}}{T_{\text{motor}}} \approx 0,3$$

- Fossila bränslen ger hälsofarliga utsläpp. Ej fullst förbränning \Rightarrow Cooch HC vid höga temp, även NO och NO₂ (kan bilda marknära ozon). Dessa har dock minskat mha katalysatorer

Kol och I viss mån olja innehåller tungmetaller ex bly, kvicksilver, kadium och krom. De kan spridas som gas eller flygaska.

- Kol innehåller 5 % svavel \rightarrow förbränning SO₂ \Rightarrow H₂SO₃ eller H₂SO₄ i luftfuktighet \Rightarrow surt regn \Rightarrow skogsdöd, döda sjöar, även materialskador

80 % av svavelnedfallet beräknas komma med vindar från västEuropa

Hjälps åt med att rena bränsle innan förbränning, rena rökgaserna innan de släpps ut ur sorstenen

- kväveföreningar + vatten i luften \Rightarrow HNO₃ \Rightarrow försurning

När kväveföreningar nått jord och vatten fungerar de även som gödningsmedel. Sjöar och vattendrag blir övergödda och växer igen. De multnande växtdelarna \Rightarrow syrebrist \Rightarrow döda fiskar

- Dominerande i avgaserna är CO₂ och H₂O, CO₂ \Rightarrow växthuseffekt

Solenergi

- Instrålning, intensitet (S eller I) är den strålningsenergi som infaller mot en yta/areaenhet
- Direktstrålning: pyrheliometer fångar ej upp ljus från himlen

- Diffusstrålning: ljus från himmel, moln mm
- Totalinstrålningen mäts med pyranometer
- Globalinstrålningen: Totalinstrålning mot en horisontell yta
- Dag med sol: Total 1000W/m^2 vinkelrät mot solrikt

utanför atmosfären är instrålningen 1360W/m^2 (solarkonstanten)

Global i Sverige på ett år 1000kWh/m^2 och ekvatorn 2500kWh/m^2

- Intensiteten avtar exponentiellt genom atmosfären. $I=I_0e^{-\mu x}$

I_0 = intensiteten utanför atmosfären, x =sträckan genom atmosfären, I = intensitet efter sträckan x , μ =atmosfärens absorptionsfaktor

Ofta används luftmassan $m=1/\sin\alpha$, α =vinkeln mellan marken och strålen, som strålens väg genom atmosfären

- Vid ekvatorn står solen i zenit (solhöjd 90°) vid vårgadjämningen, mitt på dagen. Längre norrut avtar solhöjden med $90^\circ-b$, där b =ortenslatitud. Vid sommarsolståndet gör jordaxelns lutning, 22° , att solhöjden ökar till $90^\circ-b+22^\circ$.
- Negativt: finnsej när den behövs som mest – på vintern. Vi har behov av att lagra solenergi från dag till natt och sommar till vinter. (solen strålar lika starkt, men träffar jorden på annan plats/vinkel) ==> svårt att ta vara på energin ==> Man får överskott från sin solfångare

Solvärme

- passiv solvärmare: byggnader utformas för att utnyttja solinstrålningen

aktiv: vatten och luft värms upp i en solfångare ==> bostadsuppvärmen och hushållsvarmvatten

- Solfångare för vattenvärmning: Svarta plattor värms upp av solstrålning. Vattentrör ligger i kontakt med plåtarna och löper sen ner i en rörspiral i vattentank. En pump cirkulerar vattnet i ett slutet system från de hetsolbelysta plåtarna, ner genom rörslungan som fungerar som värmeväxlare och ut igen. Vattnet i vattentanken värms upp, vattnet i slungan kyls av och kan åter ta upp värme. De solbelysta plåtarna, absorberplåtarna sitter monterade i en låda med värmeisolering bakåt och glas framåt för att förhindra avkyllning.

Glykol är tillsatt för att vattnet inte ska frysa på vintern.

Optiska energiförluster uppkommer för att glaset inte är helt genomskinligt och absorberplåten reflekterar lite.

Absorberplåten kommer att värma upp omgivningen ==> energiförlust. Denna termiska energiförlust blir större ju högre temp på solfångaren är.

- Solfångare fungerar sämre ju varmare den är, dvs värmeförlusterna ökar. För att undkomma detta problem kan man använda snabbare flöde av vatten, men då har vattnet inte hunnit värmas till så hög temp.
- Tankens vatten ligger i skikt med varmare högre upp, värmeväxlaren ligger långt ned ==> solfångaren matas med relativt kallt vatten.

Högre upp i tanken placerar man kompletterande uppvärmare ex värmeväxlare från biobränsleeldad panna/elpatron.

Uttaget av hett vatten sker i toppen av tanken.

- En bra solfångaryta bör absorbera så mkt som möjligt men emittera så lite som möjligt till omgivningen. Problemet är då att en ytas förmåga att absorbera α är = dess förmåga att emittera ϵ . De är båda beroende av λ .
- I Sverige fanns 2005 över 200 000 m^2 solfångare, Europa 10 milj, Kina 40milj
- Familjehus 4-8 m^2 solfångare för att täcka varmvattenbehovet under sommarhalvåret. Installationen är dyr, men driftkostnaden är nästan 0 kr. Detta lönar sig efter 10 års

drift. Livstiden beräknas till 20 år. För att detta ska löna sig måste man utnyttja dem till max, dvs att dimensionera för vintern lönar sig inte.

- Om solfångarna låter överskottet av varmvatten gå till att cirkulera i borrhål för att värma upp ett värmelager bestående av 600 000 m³ berg ==> energin kan lagras från sommaren till sen höst
- Luften mellan absorbatoren och glas transporterar värme till glaset. Detta minskar man genom att använda vakuumsolfångare. De ger högre verkningsgrad, spec vid stor tempkillnad, men dyrare.
- Solfångare kräver utrymme ==> miljöförstöring. Därför strävar man efter att integrera dem i byggnader ex ersätta annat takmaterial
- Att solfångare kräver yta ==> måste hålla vegetationen någorlunda fri.

Värmebäraren i solfångare är oftast vatten med tillsats av frostskyddsmedel ex glykol och korrosionsförhindande medel. Vid eventuellt läckage kan de ge små skador på mark och vatten.

Vid ytbeläggning av absorbatörplåt och glas använder man kemiska processer som i princip kan medföra miljörisiker.

Absorbatörplåten tillverkas ofta av aluminium, vilket är energikrävande, men betalar sig på ett års användning.

- Verkningsgraden ligger i princip på 40-50%

Solel

- En solcell är en tunn platta av dopat halvledarmaterial (oftast kisel) med pn-övergång mellan översida och undersida. När den belyses kan ljusets fotoner ge energi till elektroner i solcellen så att de kan drivas runt som elektrisk ström i en ansluten krets.
- Solcellerna tillverkas ofta i 1dm² stora plattor ==> 0.5V och 3A vid full solbelysning ==> 15% verkningsgrad
- Solcellerna sammankopplas till solpaneler/solmodul
- De största: Californien 2MW (toppeffekt)
- Dyrare för i-länder, medan ofta billigare för ut ==> används mer och mer
- $U = U_0 - R_i I$, arbetspunkt ges av skärningen mellan belastning och den aktuella solcellskurvan. Belastningen som är optimal vid en viss instrålning kan vara långt ifrån optimal vid en annan
- En ideal solcell borde ha maximal effekt $U_0 I_0$

En solcell med bra kvalitet har en karaktär nära, medan sämre har flackare. Kvaliteten ges av fyllfaktorn $F_f = P_{max} / (U_0 I_0)$, ett bra värde på F_f är 0.8.

- Halvledarmaterialet som solcellen består av är i sig mycket dålig laddningsbärare. Sollysets fotoner överför energi till laddningsbärarna, elektroner, så att den blir fri och kan röra sig mellan atomerna. De fria laddningsbärarna måste separeras så att det skapas en plus och en minuspol där en yttre krets kan anslutas.
- Kisel har 4 valenselektroner. I en kiselkristall delar varje atom en elektron med 4 grannar. Energimässigt är elektroner hårt bundna till atomkollektivet.
- För att öka ledningsförmågan dopar man materialet med ex fosfor med 5 valenselektroner ==> n-dopat kisel och bor med 3 valenselektroner ==> p-dopat kisel.
- Precis i gränsen mellan skikten kan e^- diffundera från n till p ==> de fyller ut hålen i p-skiktet. Området kallas utarmningsområdet ==> p-skiktet blir negativt laddat och n-skiktet positivt laddat ==> polarisering
- Elektroner attraheras mot n-skiktet. Fältet ==> potential
- Elektroner kan befinna sig i olika energinivåer, valensband och ledningsband. I kisel är valensbandet fullt ==> e^- inte kan förflytta sig. Lägre e^- energi i n-skiktet än i p-

skiktet. Om en foton ger en e^- energitillskott kan den finna en ledig energinivå i det tomma ledningsbandet \implies Två fria laddningsbärare (e^- i ledningsbandet och hål i valensbandet)

Elektronerna kan via metallkontaktorna driva vidare till en yttre krets och skapa elektrisk ström. Strömmens storlek begränsas av antal e^- -hål-par som fotonerna producerar, dvs på instrålningens styrka.

Om R_{yttre} är stor kan inte alla laddningarna färdas runt i kretsen \implies strömmen blir liten. En del av paren rekombinerar i solcellen \implies värme.

- $E_g = E$ i ledningsbandet – E i valensbandet

Fotonens energi $E = hf$, $h = 6.6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$

$E = E_g = 1.1 \text{ eV} = 1.1 \cdot 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ J} \implies \lambda = 1.1 \mu\text{m}$ dvs IR ljus

$\implies 23\%$ har för låg energi. Men de flesta fotonerna har för hög. Då kan inte detta överskott på energi tas tillvara på utan mellanskillnaden \implies värme

- Optiska förluster: reflektion mot ovanytan, skuggning från ledningsmönstret på ovansidan, ofullst absorption (fotoner med energi under bandgapet), ofullst utnyttjande av fotoner med hög energi.
- Elektriska förluster: spänningsförluster i R_{inre} i solcellen och pga rekombination av e^- och hål

Elektriska förlusterna ökar resp minskar med ökande ström. Medan optiska förlusterna är konstanta för en viss solcell.

- Ovannämnda solcell är dyr att tillverka, men stabila och beräknad livslängd är 30 år. Teoretiskt max verkningsgrad är 29 % men 23 % i labb. De bästa som går att köpa ger 15%.
- Tandemsolceller (två olika celler på varandra för att utnyttja de med hög E)
- G-cellen (fotosyntesliknande)

Värmepumpen

- värme från ngt med låg temp till ngt med högre
- Uppvärmning av byggnader: tar E från uteluft, mark, berg, grundvatten eller vattendrag, dvs termisk E
- Termodynamikens 2:a huvudsats: värme fördelar sig lika
- Förångning är avkylande
- Värmepumpar är ex frysar och kulsåp. Där kyler man och får ut värmen på baksidan. Det motsatta kan man använda till uppvärmning
- Behövs lite elenergi
- Värmefaktorn $\eta_{\text{värme}} = \frac{Q_{\text{ViFår}}}{W_{\text{TillförElenergi}}} = \frac{T_{\text{efter}}}{T_{\text{efter}} - T_{\text{innan}}} = \frac{T_{\text{efter}}}{\Delta T}$
- 500 000 värmepumpar i Sverige, 20% av uppvärmningsbehovet
- På vintern är det bättre att ha bergvärmepump istället för luft-luft
- Dubbelnytta: kyla isbana samtidigt som värma bassäng
- Miljöprob: påverkar kloratomerna i köldmedlet av CFC-typ ozonskiktet? Normalt ska inget läcka ut ty slutet syst, dock läcker många stora anläggningar. Nyttillverkning använder ej klor.

Bullret från kompressorn, pumpar och fläktar kan vara störande

Termisk påverkan på källan \implies vårens vegetation försenas ca 3 veckor

Energibetalningstid är mindre än 2 år

Miljöpåverkan från elen som behövs, att elenergi används för termisk uppvärmning kan ses som slöseri med högkvalitativ el

Vattenenergi

- \Rightarrow 50% av Sveriges el och 18% av världens el och 3% energi.
 - Pot \rightarrow kin \rightarrow vattenenergi $W = mgh = \rho Vgh$, $P = \frac{W}{t}$
 - Konstgjorda dammar
 - Verkningsgrad 80-90%. Produceras 65TWh i Sverige (Vattenel)
 - Går att tidsreglera med dammar, regleringsmagasin
 - Miljöpåverkan: älvar förändras, landområden sätts under vatten \Rightarrow ekologiska effekter på djur, växtliv och sociala effekter
- De fuktiga områdena \Rightarrow anaerob nedbrytning av biologiskt material \Rightarrow metangas = effektiv växthusgas
- Produceras i norr och transporteras söderut \Rightarrow långa högspänningsledn \Rightarrow magnetfält

Vindenergi

- 1% av Sveriges el
 - $P_{vind} = \frac{W}{t} = \frac{\rho V v^2}{2t} = \left[\frac{V}{t} = vA \right] = \frac{\rho v A v^2}{2} = \frac{\rho A v^3}{2}$ det betyder att effekten ökar kvadratisk med ökad radie och kubiskt med vindens hastighet. Densiteten i luft är väldigt liten ca $\rho_{vatten}/1000 \Rightarrow$ Energitätheten i luft är mkt liten \Rightarrow Vindkraft ger förhållandevis liten effekt
 - Ofta dimensionerade för maximal effekt vid 12-15 m/s. Vid höga vindhastigheter vider man propellbladen för att undvika överbelastning. Vid 25 m/s bromsar man verket och vrider propellen ur vindrikt.
 - Vid bra placering under ett år kan man räkna med att vindkraftverket ger energi motsv 2000 h i full effekt, jmf solinstrålningens 1000 W/m² under 1000 h
 - Vindkraft kan ej använda all vind (luften hade i så fall stått stilla bakom propellen)
 - x hastighet efter propellen
- $$P = \frac{W}{t} = \frac{m(v^2 - x^2)}{2t} = \frac{\rho V(v^2 - x^2)}{2t} = \left[\frac{V}{t} = \frac{(v+x)A}{2} \right] = \frac{\rho A(v+x)(v^2 - x^2)}{4}$$
- $$\frac{dP}{dx} = \frac{\rho A}{4} (2(v+x)(v-x) - (v+x)^2) = \frac{\rho A}{4} (v+x)(2v - 2x - v - x) = \frac{\rho A}{4} (v+x)(v - 3x)$$
- $$\frac{dP}{dx} = 0 \Rightarrow v - 3x = 0 \Rightarrow x = \frac{v}{3} \Rightarrow P_{max} = \frac{\rho A}{4} \left(v + \frac{v}{3} \right) \left(v^2 - \left(\frac{v}{3} \right)^2 \right) = \frac{8\rho A v^3}{27} = \frac{16}{27} P_{vind} \approx 0,59 P_{vind}$$

Det betyder att vi maximalt kan utnyttja 59% av luftens rörelse E. Men i praktiken är effekten ännu lägre, ty turbulens / ej konst vindhastighet över hela arean A / Mekaniska och elektriska förluster i turbinen och generatorer

- 700 vindkraftverk i Sverige \Rightarrow totalt 400 MW jmf Tysklands 10 000 MW, Danmark 3000 MW motsv 16% av totala elanvändningen
- utvecklingen går fort \rightarrow större (R=80-100m, h =90m, P_{max}= 2-3MW och en årsproduktion på 5GWh)
- Miljö: ej utsläpp/avfall. Energiåterbetalningen ett halvår. Påverkar landskapsbilden, ljud från växellåda och generatorer verkar inte påverka djurlivet.

Bioenergi

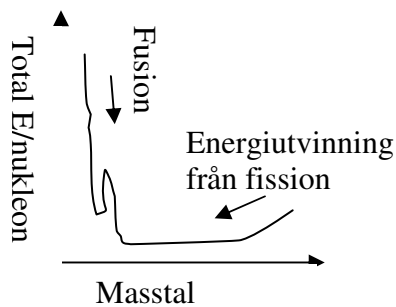
- Bränslet kan lagras och användas senare. Skogsprodukter, energiskog, jordbruksprod, avfall, gödsel, torv kan användas som bränsle direkt (ved) eller efter mekanisk bearb (flis, pellets) eller efter kemisk/biologisk omvandling (biogas, bioetanol)
- I Sverige: bark, gallringsvirke, kvistar, toppar + Massfabriker använder sina egna råvarurester, svartluten, som bränsle i tillverkningen av pappersmassa
- Sverige utnyttjar 100TWh /år från biobränsle ~20% av totala energianv varav ca hälften utgörs av industrierna och sågverken anv av egna råvaruresurser. Småhusuppvärmning används träbränsle i formar av pellets/flis
- Användning av biobränsle har ökat med en faktor 3 från 1995-2005
- Oftast utnyttjas inte delen högkvalitativ el utan all energi går till värme. Men numer har kraftvärmeverk byggts där energin producerar vattenånga som driver turbiner och generatorer → el. Då ångan sedan kondenserar ger den värme till fjärrvärmesystemet, samtidigt som lågkvalitativ energi tas tillvara på.
- I över 50 kommuner tar man tillvara på metangas från soptippar som också används till fordonsdrift → biogas: avfall läggs i röt-kammare för anaerob (syrefri) nedbrytning → innehåller 50% metan, resten koldioxid med små mängder svavelväte och ammoniak
- Bioalkoholer har stor energitäthet och är flytande → lämpliga fordonsbränslen. Vanligast E-85: 85% etanol och 15% bensin
- Etanolen tillverkas av socker/stärkelser i tex sockerbeta, majs eller potatis. På sikt räknar man kunna använda cellulosa från skogsavfall
- Miljöpåverkan: Eldning med koldioxid → CO₂ lika mkt som växterna tagit upp, biobränsle ingår i ett kretslopp → påverkar et växthuseffekten
Vedeldning i liten skala kan ge stora utsläpp av miljöfarliga ämnen om inte förbränningen blir fullst → elektrofilter, cyklonfilter, vattenskrubber och katalysator för att rena rökgaserna i större anläggningar
Askhalten 1-3%, där återfinns näringsämnen vilket bör ges tillbaka till jorden för att den inte ska utarmas. Askan är basisk och kan därför motverka försurning. Däremot kan stora Ph-förändringar ge negativa konsekvenser på marken ex urkalkning av nitrat. Dock finns bra metoder för återföring av askan. Om man eldar ex plast som kommer från fossila oljor kommer det att bli nettoökning av CO₂.
Vid användning av metangas från soptippar hindrar man denna från att spridas i atmosfären → hejdar ökningen av växthuseffekten
- Bränslecellen skapar energi direkt från bränslet, processen liknar omvänd elektrolys. Vätgas oxideras till vatten mha syre. Restprodukten: rent vatten. Oxidationen sker i närvaro av katalysator. Även biobränsle som metan kan utnyttjas som bränsle.
 $H_2 \rightarrow 2e^- + 2H^+$. De elektroner som frigjorts vid anoden upprätthåller en elektrisk spänning mot katoden. Denna kan ge en ström genom en yttre krets. H⁺ vandrar mot katoden och reagerar med syrgas. $2e^- + 2H^+ + \frac{1}{2}O_2 \rightarrow H_2O$. Verkningsgraden är teoretiskt 80-90% men i praktiken 60%.
- Bränsleceller är dyra, men bra för man kan reglera effekten och kan även användas för drift i bilar och bussar, dock är priset ännu högt

Kärnenergi

- 450 kärnreaktorer, störst i USA, Frankrike och Ryssland, Fission
- Kärnreaktor: 600-1000MW: vatten hettas upp till kokning i ångpannan. Ångan leds till en turbin där termisk energi delvis omvandlar rörelse till el.
- Turbinen kräver även truckdifferens mellan inlopp och utlopp. Man kyler därför ångan med havsvatten i en värmeväxlare (kondensator) → vatten som pumpas tillbaka till

reaktorn. För att turbinens verkningsgrad ska bli hög är det viktigt att ångans tryck och temp är hög (285°C och 70) Verkningsgrad $\approx 30\%$

- Atomkärnan råder 2 krafter; starka kärnkraften och elektriska kraften (mellan protoner). Vid klyvning kommer kärnkraften att släppa sitt grepp ty den har väldigt kort räckvidd. Då tar den repulsiva kraften överhand och fragmenten kastas iväg \rightarrow energin (urankärna ca 200MeV jmf förbränning ur en kolatom 4eV). Energin som frigörs $Q=\Delta mc^2$
- Bindningsenergi: energin kärnan förlorar när den skapas från enskilda partiklar (protoner och neutroner). Hög bindningsenergi \rightarrow stabil kärna



I kärnreaktorn beskjs U^{235} med långsamma neutroner och då kan neutronerna absorberas och kärnan komma i vibration \rightarrow kärnkraften får tillslut inte tillräcklig räckvidd \rightarrow Fragmenten delar på sig = kärnan klyvs

Vibrationerna kommer från att neutronens bindningsenergi frigörs

- Vid fission av U-235 frigörs 2-3 neutroner. Dock finns ändå många

neutroner. Fragmenten justerar i efterhand sitt neutronöverskott genom att avge β -strålning, varvid en neutron omvandlas till en proton. Detta sker ofta i många steg \rightarrow klyvningsprod är starkt radioaktiva

- De neutroner som avges kan i princip klyva var sin ny U \rightarrow kedjereaktion
- Ytterst sällan kan uran fissionera självt
- I reaktorn används en blandning av radium och beryllium i en spec neutronstråle. Radium avger α -strålning (kan) \rightarrow reaktion med beryllium \rightarrow en neutron sänds ut
- Då urankärnor klyvs bildas en stort och ett litet fragment. Det mest sannol masstalen är 95 resp 140. Det bildas även ett stort antal nya grundämnen som fissionsprod
- Fragmenten repellerar varandra och får mkt hög kinetisk energi, men de bromsas fort i uranstaven pga sin starka elektriska laddning.
- Naturligt uran 0,7% ^{235}U och 99,3% ^{238}U . Endast ^{235}U kan klyvas i en reaktor. Halten måste öka 3%, vilket sker i en anrikningsprocess oftast med diffusionsmetod
- Diffusionsmetoden: uranet \rightarrow uranhexafluorid UF_6 som är i gasform. Gasen får diffundera genom ett membran med små hål. Lättare molekyler diffunderar snabbare och halten ökar. Eftersom masskillnaden mellan isotoperna är så liten måste diffusionen genomföras i många steg innan halten höjts tillräckligt. Det anrikade uranet $\rightarrow UO_2$
- Av UO_2 tillverkas bränslekutsar, bränslestavar och bränsleelem. I svenska är kutsarna ca 10mm i diameter och ungefär lika långa (cylindrar). Kutsarna samlas i 3,7m långa rör av zirkoniumlegering (låg absorptionsförmåga av neutroner och hög smältpunkt). Bränslestavarna samlas i bränsleelem med 63 stavar. Mellan stavarna kan kylvattnet cirkulera. Härden kan bestå av 444 bränsleelem (80 ton uran) i en medelstor reaktor $\rightarrow 600MW$
- En gång om året byts en femtedel av bränslet ut. Utbrända bränslet (innehåller radioaktiva fissionsprod.) förs till en kylbassäng i reaktorbyggnaden.
- Neutroner som avges vid klyvningen har hög rörelse $E \sim 1MeV$. Sådana neutroner passerar oftast rakt genom kärna utan att absorberas. För att kedjereaktionen ska

fortskrida behöver neutronerna bromsas ned.

- Moderatorn bromsar ned neutronerna genom krock, därför är det viktigt att moderatorn ej får absorbera vare sig snabba eller långsamma neutroner. Stöten ska vara elastisk och neutronerna ska studsas tillbaka. Moderatorn ska ta så mycket E från neutronerna som möjligt. Detta sker bäst om moderatorns atomkärnor har ungefär lika stor massa som elektronen dvs. de lättaste grundämnena.
- Moderatorn har också till uppgift att ta upp värma från kärnklyvningarna, att transportera bort värmen från reaktorn och att fungera som ånga i turbinen. Vatten har goda egenskaper för detta.
- Väte är vanligast i vatten, så kallat lättvatten, kan dock absorbera en neutron och förvandlas till tungt väte. För att klara denna neutronförlust måste en lättvattenreaktor ha en relativt hög andel klyvbart uran – 3%. Om vi har lägre andel uran går detta bra om vi använder tungt vatten eller grafit som moderator. Om anrikningen ökar till 20% kan reaktorn fungera utan moderator.
- Neutroner kan förloras från kedjereaktionen:
 1. I moderatorn (spec. i lättvatten)
 2. i kärnklyvningen bildas många olika nuklider, några av dem har tendenser att absorbera snabba neutroner, så kallade reaktorgifter.
 3. U-238 i bränslet kan ta upp en neutron och bilda U-239
 4. Neutronen kan få en rörelseriktning så att den missar härden – därför finns en minsta mängd uran man har – kritisk massa – som måste överskridas för att kärnreaktionen överhuvudtaget ska vara möjlig. För U-235 är kritiska massan 50 kg.
 5. Styrstavarna som kan föras in mellan knippena av bränslestavar innehåller Bor eller Kadmium som har stor neutronabsorberingsförmåga.
- Kriticitetsfaktorn: $k = \frac{\# \text{neutroneriengeneration}}{\# \text{neutroneriföregående generation}}$ Frigjord effekt ökar exponentiellt, om $k > 1$ överkritisk, om $k = 1$ kritisk, om $k < 1$ underkritisk (då stannar reaktionen)
- Faktorn som påverkar kriticitetsfaktorn ändras under körning. Reaktorgifter ökar → sänker k , allteftersom mängden uran förbrukas minskar chansen för neutronerna att klyva en sådan kärna → k avtar. U-238 kan absorbera en neutron och sönderfaller till Pu-239 genom β -sönderfall. Pu-239 kan absorbera en neutron och klyvas. Pu ger i medeltal ngt större antal neutroner → k ökar
- Vid normal drift $k = 1$, men vid start $k > 1$ och vid avstängning $k < 1$. Styrstavarna reglerar k genom att de kan förskjutas ut ur eller in i härden. De innehåller bor/kadmium som har stor benägenhet att absorbera neutroner.
- Energin som frigörs vid klyvning fördelar sig på E_k hos fissionsfragmenten och neutroner samt gammastrålning som avges vid klyvning. Urankärnan har betydligt fler neutroner än protoner → fragmenten får överskott av neutroner i förhållande till stabila nuklider med samma masstal. Totala energin för nuklider som är stabila är lägre än för icke-stabila. Överskottet → nukliderna är β^- stabila och sönderfaller fort. Döttrar och dotterdöttrar är också instabila, men kan ha lägre halveringstid. De radioaktiva fragmenten avger alltså energi och joniserande strålning vid en rad β -sönderfall. Bränslestavarna, som innehåller fissionsprod, kommer därför att avge värme även om kärnklyvningen stängs av (mha styrstavarna) → Uranstavarna måste kylas under lång tid efter avstängning
- ”Barriärer” för att hindra att avfallsprod kommer ut i omgivningen:
 1. Bränslet i sig självt binder fissionsprod – förutsatt att bränslet ej smälter av

- överhettning, dock kan iaf fissionsprod i gasform frigöras från bränslelutarna
2. Bränslestavarna är inkapslade i rör av en zirkoniumlegering. Kapslingen smälter dock vid betydligt lägre temp än bränslet.
 3. Reaktortanken är gjord av 20 cm tjock stålplåt
 4. Reaktorinneslutningen är tillverkad av metertjock betong med inskjuten stålplåt. Strålningen vid själva reaktordriften dämpas dessutom av vattnet i reaktor och en 3 m tjock stålskyddskärm av betong.
- Ngra av de farligaste fissionsprod är I-131, Cs-134 och Cs-137 med halveringstider på 8 dygn, 2 år resp 30 år → (relativt kort) → stor fara för strålskador. Cs samlas i muskelvävnad, Jod i sköldkörteln. Om man äter jodtabletter (icke-radioaktiv jod) kommer sköldkörteln vara mättas på jod och inte ta upp ngt radioaktivt jod.
 - En del av avfallet är sk transuraner, ex neptunium, plutonium och curium, dvs ämnen som bildats genom att uran absorberar en/flera neutroner och efter beta-sönderfall omvandlas till andra ämnen, alltså ej genom fission. Pu-239 är en mkt stor strålfara och har halveringstiden 24 000 år. Utgör även säkerhetsrisk då Pu är klyvbart och kan användas till kärnvapen.
 - Dessutom skapas aktiveringsprodukter då material i reaktor absorberar neutroner och nya ämnen skapas ex. tungtvatten, krom-, mangan-, järn- och koboltisotoper.
 - Planer för förvaring:
 1. Utbrända bränsleelement förflyttas inom kärnkraftverket till bassänger där de vattenfylles under minst ett halvår.
 2. Element förs i speciella transportbehållare med båt till ett mellanlager vid Oskarshamn. Där förvaras de i bassänger i berggrum i minst 40 år. Hittills förvaras allt Svenskt avfall på detta sätt.
 3. Element gjuts in i en slutförvaringskapsel av koppar och stål. Kapslarna sänks ner i en särskild sprickfri berggrund på 500 meters djup och omges av vattentät lera. Lagret förseglas. Det dröjer 100 000år innan alla aktivitet avtagit till omgivningens nivå.
 - En lättvattenreaktor är självstabiliserande → liten rubbning av styrstavarna inte har någon dramatisk konsekvens (även om rubbningen medför att $K > 1$). Om effekten av någon anledning ökar kommer kokningen bli häftigare, andelen ångbubblor i vattnet ökar, vattnets densitet minskar, vattnets moderande förmåga minskar, andelen termiska neutroner minskar, kriticitetsfaktorn minskar och effekten minskar. Alltså får man en negativ återkoppling.
 - Man sköter effektregeringen genom att reglera flödet av vatten runt bränsleelement. Lägre flödemedför → temperaturen ökar → effekten minskar och temperatur och effekt finner ett nytt jämviktsläge.
 - Vid stor olycka, där bränslestavarna smälter och reaktorkärl och inneslutning ej håller tätt kommer radioaktiva fissionsprodukter från bränslestavarna följa med den heta ångan upp i luften. Där sprids de med vinden. De kan falla ner som stoft eller med regn. Gas formiga ämnen finns kvar i luften. A_{tot} är oerhört stor och kan göra mycket stora områden obebodiga på mycket lång tid.
 - 1986 Tjernobyl: Tester, kopplat från nödstoppssystem. Reaktor var grafitmodererad och hade därför ingen självstabiliserande negativ återkoppling. Härden överhettades pga. Experimenten och effekten steg okontrollerat härden smälte och ångtrycket blev så stort att reaktortanken exploderade. Zirkonium i bränslekapslingen reagerade med vattenångan till vätgas vilket exploderade → grafiten antändes. Stora delar av härden brann och avfallet spreds i atmosfären.

Reaktorn saknade reaktorinneslutning vilket underlättade spridningen. Regn i Norrland innehöll 200 Bq/m².

- Säkerhetssyst för ev olycka:
 1. Elförsörjningen till vattenpumparna är säkrad med dieselmotordrivna och gasturbindrivna reservverk, även ett stort batteribestånd.
 2. Styrstavarna kan vid snabbstopp skjutas in med gastryck (i vanliga fall skruvas de in och ut). Om de ej går att få på plats kan man spruta in borrhösningsvätska i vattnet → kärnklyvningen avstannar
 3. Hårdstrilar kan duscha vatten över bränsleelement (om vattnet skulle koka bort). Reaktor inneslutningen innehåller kvävgas för att förhindra knallgasexplosion
 4. Avblåsningsventiler kan öppnas så att ånga från tanken leds ner och kondenseras i bassänger i inneslutningens botten (ifall bränsle skulle droppa ned i tankens botten)
 5. I inneslutningens botten under reaktortanken finns en bassäng som kan vattenfyllas så att nedfallet bränsle kyls.
 6. Om vattnet i botten på reaktorinneslutningen skulle börja koka finns inneslutningsstrilar som kan duscha vatten → ångan kondenseras → trycket sjunker.
 7. I filtertanken kondenserar ångan mot stenar och i vatten. Den största mängden av de radioaktiva ämnena stannar i filtret radioaktiva ädelgaser samt kväve och kvävgas fördröjs, varvid aktiviteten avtar, men släpps sedan ut i atmosfären.
- Risk för terrorangrepp → Svenska kärnkraftverken ska göras säkrare. Skyddet mot intrång ska förstärkas och om kontrollrummen blir otillgängliga ska det gå att styra reaktorn från annan plats.
- Upparbetning: Pu-239 som bildats från U-238 är klyvbart och genom upparb (kemisk process som separerar) kan man ta tillvara på Pu-239 och återanvända i reaktorn. I en vanlig reaktor finns ganska lite Pu-239 men om man har en sk bredreaktor som har bättre neutronkemi får man mer Pu. Pu klyvs alltså både under körning direkt och även efter upparb. Risker för spridning av Pu, som i ren form kan användas för bombtillv, har gjort att man i Sverige valt bort upparb.
- Forskning på transmutationsreaktorer i vilka långlivade avfallsprod omvandlas till mer kortlivade. Den drivs av accelererade protoner med mkt hög energi. När de träffar ett strålmål av bly uppstår kärnreaktioner där neutroner frigörs. Detta mkt intensiva neutronflöde kan användas för att initiera följande kärnreaktioner.
 - U-235 klyvs och E frigörs (som i en vanlig)
 - Långlivade fissionsprod och transuraner absorberar neutroner och förvandlas till mera kortlivade nuklider. (Räkna med att långtidsförvaringen kan kortas ner till <100 år)
 - Th-232 absorberar 1 neutron och sönderfaller till klyvbart U-233 med 2 beta-sönderfall. $\text{Th-232} + n \rightarrow \text{Th-233} \rightarrow \text{Pa-233} + \beta^- + \bar{\nu}_e \rightarrow \text{U-233} + \beta^- + \bar{\nu}_e$

Fusion

- 7 MeV/nukleon mer än vid fission, ca 1MeV
Man försöker bygga reaktorer av $^2_1\text{D} + ^3_1\text{T} \rightarrow ^4_2\text{He} + n + Q \rightarrow Q=17,6\text{MeV}$ dock fodras dels att elektronerna skalas av så att man får plasma av laddade partiklar, dels att kärnorna fås att komma i kontakt med varandra trots den starka elektriska repulsionen. Vid termionkärnfusion ökar man temp tills $= 10^7\text{ }^\circ\text{C}$. Då går det inte att hålla bränslet på plats med materia. Vid tröghetsinneslutning håller man ihop bränslet med

laserstrålar. Med magnetisk inneslutning hindrar man de laddade part att ta sig ut mha magnetfält. För att reaktionen ska hållas vid liv fordras dels tillr stor part täthet, dels att plasmat hålls samman tillr lång tid.

- Deuterium finns i naturligt vatten (0,015%)
Tritium har halveringstid 12,3 år – bildas kontin i atmos genom kärnreakt orsakade av kosmisk strålning. Man räknar med att framställa ${}^6_3\text{Li} + {}^1_0\text{n} \rightarrow {}^4_2\text{He} + {}^3_1\text{T}$. Litium finns i stora mängder i hav och jordskorpa. På längre sikt planerar man att framställa tritium från deuterium.

Energiomvandlingar

- För att omvandla termisk till kinetisk måste man ha en tryckhetskallnad
- Carnotverkningsgrad: Man kan bara omvandla en del av den termiska energin Q_1 i den heta ångan till kinetisk energi W . Resten omvandlas till spillvärme Q_2 .

$$\text{Verkningsgraden } \eta = \frac{W}{Q_1} \text{ och } W=Q_1-Q_2, \text{ alltså: } \eta = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1}$$

Ju större tryckskillnaden är desto större är tryckskillnaden över turbinen och desto mer

kinetisk energi kan man få ut. $\eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1} = \frac{\Delta T}{T_1}$ **OBS! Temp i Kelvin**

- Exergi = nyttoenergi, X , anergi = spillvärme, totala energin $Q \rightarrow q = \frac{X}{Q}$

Carnotverkningsgraden η_{\max} anger hur mkt E_k man maximalt kan få ut ur en viss

energimängd. Kvalitetsfaktorn kan därför beräknas som $q = \frac{T_1 - T_2}{T_1} = \frac{\Delta T}{T_1}$ som innan.

- Vi behöver endast lågkvalitativ energi för bostadsuppvärmning \rightarrow dåligt att använda el, ($q=1$)

Vatten, vind > kärnenergi > bränslen > solvärme > omgivningsvärme

Transporter, mekanisk bearb > Elektronisk informationsbehandling > kemiska processer, materialframställning, tillv > Belysning > Värme vid rel hög temp ex matlagning > varmvatten > bostadsvärme

- Värmeövergången $P = \left(\sum \frac{1}{\alpha} + \sum \frac{d}{\lambda} \right) A (T_{inne} - T_{ute})$, $\lambda =$ materialets

värmekonduktivitet, $\alpha =$ värmeövergång

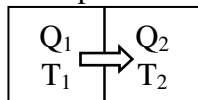
- Trots lågt q kan man höja verkningsgraden för man kan använda spillvärmerna
- Entropi: temp ökar \rightarrow molekylernas v ökar \rightarrow oordning ökar, dvs entropin ökar.

$$\text{Entropiändringen } \Delta S = \frac{\Delta Q}{T}$$

- Entropin ökar alltid vid spontana processer

Energin sprider sig

Entropin förbrukas



$$\Delta S_1 = \frac{-Q_1}{T_1} \text{ (- ty avges), } \Delta S_2 = \frac{Q_2}{T_2}$$

$$\text{Entropin ökar: } \Delta S_1 + \Delta S_2 = \frac{Q_2}{T_2} - \frac{Q_1}{T_1} \geq 0 \Rightarrow \frac{Q_2}{T_2} \geq \frac{Q_1}{T_1} \Rightarrow \frac{Q_2}{Q_1} \geq \frac{T_2}{T_1}$$

$$\eta = \frac{W}{Q_1} = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} = 1 - \frac{Q_2}{Q_1} \leq 1 - \frac{T_2}{T_1} = \frac{T_1 - T_2}{T_1} = \frac{\Delta T}{T_1} \Rightarrow \eta_{\max} = \frac{\Delta T}{T_1}$$

- $1 \text{ eV} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$
- Elektrisk energi: $W = U \cdot I \cdot t$, $U = \text{spänning}$, $I = \text{ström}$, $t = \text{tid}$
Termisk värme: energi $Q = mc \cdot \Delta T$, $c = \text{värmekapaciteten}$
Förångningsenergi (krävs energi) $Q = m I_y$, $I_y = \text{specifik ångbildningsvärme} = 2260 \text{ J/kg}$ för vatten
Smältningsenergi (får energi när vi fryser) $Q = m I_s$, $I_s = \text{specifik smältvärme} = 333 \text{ kJ/kg}$
Kärnenergi $E = mc^2$
- Energiflöde $\Phi = \frac{W}{t}$ ($= P$) beskriver transport och p omvandlas
Intensitet $S = \frac{\Phi}{A}$
- Värmetransport (λ kommer in) ~energiflöde
värmeövergång (α) är ett ytfenomen
- $U = \frac{W}{q}$, $I = \frac{q}{t}$, $U = RI$ – Ohms lag, $P = UI$
- $U = U_o - R_i I$, $R_i = \text{inre resistansen}$, $U = \text{polspänningen}$, $U_o = \text{kallas egen spänning} = \text{emk}$
- $F = QvB$ (högerhandsregeln gäller för e^-)
Ledare: $F = BIL$
Rörlig ledare: $U = vBl$, där $U = \text{inducerad spänning}$
- Materia: karak av tröghet+gravitationskraft på annan materia
Tyngd: materia attraherar materia
Storheten som bestämmer tröghet och tyngd = massa
Avogadros konstant $N_A = 6,02214 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$
- Totala massan och totala energin är bevarade. I kärnreaktioner är dock detta inte fallet utan massan och energin är tillsammans bevarade, ty på micronivå.
- En atom exciteras då en elektron ändrar sin energinivå. Hoppas snart tillbaka och avger då energin den fick som en foton.
Elektronens laddning = $1,602 \cdot 10^{-19} \text{ C}$
- Total energi/nukleon = nuklidmassan omräknad till E/ # nukleoner: 1u motsv 931,5 MeV
Klyvning = fission, Sammansättning = fusion
Stor energi \rightarrow instabil kärna
- ${}^4_2\text{He}$ är extra stabil, även kallad alfa-partikel
Alfa-sönderfall vanligast bland tunga nuklider
- Om en kärna har för många neutroner kan den förvandla sig till en mera stabil kärna genom betaminus-sönderfall = en neutron förvandlas till en proton och en elektron (och en antineutrino $\bar{\nu}$)
Kärnor med för högt protontal kan genomgå betaplus-sönderfall: en proton förvandlas till en neutron och en positron (=elektronens antipartikel)
- Efter sönderfall är dotterkärnan i ett oordnat tillstånd, exciterad, och när kärnan deexciteras avger den sitt energiöverskott som en foton = gammastrålning
- $\frac{dN}{dt} = -\lambda N$, $N = \text{antal kärnor i provet} \rightarrow N(t) = N_o e^{-\lambda t}$
 $A = -\frac{dN}{dt} \Rightarrow A = A_o e^{-\lambda t}$ och $A = \lambda N$, $\lambda = \frac{\ln 2}{t_{1/2}}$

- Strålning innebär att energi transporteras från en positron till en annan utan att något medium behöver medverka.
- Joniserande: tillräckligt hög E för att jonisera
Icke-joniserande: lägre energi
- Elektromagnetisk: exciterad atom sänder ut ljus: UV/IR när elektronen återgår till en lägre energinivå. En exciterad atomkärna utsänder gamma-strålning när den deexciteras.
- EM-strålning har sitt ursprung i vibrerande eller på andra sätt också elektriska laddningar. Runt sådana bildas ett elektriskt och magnetiskt fält, som varierar i styrka

och riktn – som sinusvåg. $c = \frac{\lambda}{T} = \lambda f$, $E = hf = h \frac{c}{\lambda}$, $h = 6,626 \cdot 10^{-34} \text{ Js}$

$\lambda_\gamma < \lambda_{\text{UV}} < \lambda_{\text{synligt}} < \lambda_{\text{IR}} < \lambda_{\text{micro}} < \lambda_{\text{mobil}} < \lambda_{\text{FM, TV}} < \lambda_{\text{kort, mellanvågs, långvågs}}$

f: > > > > > >

eV: > > > > > >

- Temperaturstrålning (emissionen): varje kropp med temp över absoluta nollpunkt utstrålar energi i form av EM-strålning. (UV, synligt, IR)
Intensiteten: $S = \sigma T^4$, $T = \text{temp}$, $\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-4}$

$\lambda_{\text{max}} = k \frac{1}{T}$, $k = 2,90 \cdot 10^{-3} \text{ mK}$

Ska ej förväxlas med att föremål kan reflektera

- Inkommande intensitet I_0
Absorberande instrålning ΔI (negativt def tal ty intensiteten avtar)
 $\Delta I = -\mu I \Delta x$, $I = \text{infallande instrålning}$, $\Delta x = \text{absorberande skiktets tjocklek}$,
 $\mu = \text{absorptionskoeff}$

$\frac{\Delta I}{\Delta x} = -\mu I, \Delta x \rightarrow 0 \Rightarrow \frac{dI}{dx} = -\mu I \Rightarrow I = I_0 e^{-\mu x}$

- Ämnen i fast form är inte längre bundna till bestämda energitillstånd utan till energiband → De kan ta upp och avge E av varierande mängd

- Stefan-Boltzmanns lag: $\frac{P}{A} = \epsilon \sigma T^4$, $\epsilon = \text{emittans} \in (0,1)$

Värmeövergång för strålning $\alpha_{\text{rad}} \approx \epsilon \sigma 4T^3$

- Alfapartiklar: 4-8 MeV, kommer mot materia och attraherar då elektroner och attraheras av elektroner i materia. → ett stort antal elektroner kommer att ryckas bort → jonisering. Energin som förbrukas för joniseringen tas från alfapartikelns E_k → alfapartikelns bromsas in och efter en kort sträcka är den i vila. Till slut tar den upp två e^- och bildar en neutral och reaktionsbenägen heliumatom.

Under bromsningen har den orsakat mkt: materia är kraftigt joniserad, kemiska bindningar har kollapsat och biologiska strukturer har förstörts.

I luft är bromssträckan 2-4 cm

All energi avges på kort sträcka = tätjoniserande

- Betapartikel: 100 keV – 10 MeV, repellerar e^- i materia och e^- moln → jonisation. Beta är 2000 ggr lättare än alfa → $v_{\text{beta}} > v_{\text{alfa}}$ trots $E_{\text{beta}} = E_{\text{alfa}}$. $Q_{\text{beta}} = 1/2 Q_{\text{alfa}}$ → svagare växelverkan med omgivande laddningar → betydligt lägre räckvidd. Den tränger in några mm i de flesta material, i luft åtskilliga m = glesjoniserande

- Gammastrålning kan vid radioaktivt sönderfall ha energi med 100 keV och 10 MeV då dominerar fotonens partikelegenskaper. En gammafoton passerar opåverkad genom materia ända tills den kolliderar med en elektron. Vid kollisionen, fotoelektrisk effekt, kan den avge hela sin energi till elektronen. Fotonen upphör då att existera.

Elektronen joniserar sedan pss som beta → gamma är glesjoniserande.

$$I = I_0 e^{-\mu x}, x_{1/2} = \frac{\ln 2}{\mu}, \mu = \text{absorbtionskoeff}$$

- Absorberad dos $D = \frac{Q}{m}$, Q=energimängd den joniserande strålningen överfört, enheten [Gy]=[J/kg]
H= $w_R D$, w_R =viktningsfaktor: 20 för alfa, 1 för beta och gamma, enhet [J/kg]=[Sv]
Olika organ är olika känsliga för strålningen, därför inför man w_T . Effektiva dosen: $E = w_T H = w_T w_R D$ även här [J/kg]=[Sv]
- Jonisation innebär att det skapas fria radikaler som är mkt reaktiva. De kan leda till reaktioner som förändrar eller förstör cellens ftk.
- Strålningssjuka: symtom såsom trötthet, illamående, diarré, huvudvärk och feber. Doser under 1Gy ger i allmänhet inga märkbara omedelbara effekter (kan däremot ge cancer och genetiska skador på sikt). Med ökande dos stiger dödsrisken snabbt och är vid 4Gy ca 50%, vilket gäller om hela dosen ges under kort tid
- En skada på cellens DNA, en mutation kan leda till att cellen ytv till en cancercell. Vägen från mutation till utvecklad cancer är lång och kan ta 5-20 år. Eftersom det kan finnas mga andra orsaker till cancer är det i praktiken omöjligt att veta om ett specifikt fall beror på bestrålningen
En mutation av könscellerna kan förändra en moders eller faders arvs massa → förändringen förs vidare till barnet
- Stråldosen avtar med kvadraten på avståndet.
- U Sverige är genomsnittsdosen per pers och år 4mSv