

Plast Teknologi

Udvalgt sektion

Kemisk opbygning af plast

Grundstoffer, atomer, molekyler og ioner

Grundstoffer

Alt stof i universet er sammensat af blot ganske få elementære bestanddele. Sådanne bestanddele kaldes grundstoffer. Man kender 107 grundstoffer, som formentlig udgør hele universet, i hvert fald den kendte del af det. De 92 grundstoffer er naturligt forekommende, mens de øvrige er kunstigt fremstillet. Et grundstof er et stof, som ikke ved almindelige kemiske metoder kan spaltes og ej heller kan fremstilles ved kemiske reaktioner.

Oxygen (ilt) er det grundstof, der forekommer hyppigst på Jorden. Reg-net efter vægt udgør oxygen ca. 50 % af jordskorpen. Den atmosfæriske luft omkring os indeholder ca. 20 % oxygen. Oxygen forekommer i mange kemiske forbindelser med andre grundstoffer. Vand er den mest udbredte kemiske forbindelse; i vand indgår oxygen i kemisk forbindelse med hydrogen (brint). Oxygen udgør omkring 89 % af vand. Silicium er det næsthypigste grundstof med en andel på omkring 25 %. Det forekommer fx i kemisk forbindelse med oxygen i mineralet kvarts, som udgør størsteparten af strandsand. Efter hyppighed kommer dernæst metallerne aluminium med ca. 7,5 % og jern med ca. 4,7 %.

Hovedparten af grundstofferne er metaller; jern, kobber, zink, tin, magnesium, calcium, chrom, bly, nikkel, kviksølv, natrium og kalium er blandt de mest kendte. Guld, sølv og platin kaldes ædel-metaller; de er også grundstoffer. Bronze og messing er derimod legeringer, dvs. de er sammensat af metalliske grund-stoffer.

Af grundstoffer, som ikke er metaller, kendes fx luftarterne helium, neon og argon. De kaldes ædelgasser, fordi de ikke kan indgå i kemisk forbindelse med andre grundstoffer.

Desuden er grundstoffer som chlor, brom og jod almindeligt kendte, ligesom svovl og phosphor er det. Grundstoffet carbon (kul-stof), som indgår i alt plante- og dyremateriale, udgør kun 0,1 % af jordskorpen. Nitrogen (kvælstof) udgør en forsvindende lille del af jordskorpen, selv om ca. 79 % af atmosfærisk luft er nitrogen.

Størsteparten af grundstofferne forekommer kun i meget ringe mængde i naturen – en gruppe kaldes ligefrem for de sjældne jordarter. 99,2 % af jord-skorpen udgøres af kun 10 grundstoffer, og de resterende 0,8 % af de øv-rige 82.

Atomer

Den mindste del af et grundstof, man kan have, kaldes et atom. Ordet er græsk og betyder udelelig, idet man dengang troede, at atomerne var udele-lige. Sidenhen har man dog fundet ud af at spalte atomer, hvorved der op-står andre atomer. Et atom er den mindste del af et grundstof, der kan indgå i en kemisk forbindelse. Alle kemiske forbindelser er sammensat af atomer. Forskel-len mellem kemiske forbindelser er netop de deltagende atomers natur, antal og arrangement.

For nemheds skyld bruger kemikerne enkelte bogstaver eller kom-bina-tioner af to bogstaver som

symboler for de enkelte grundstoffer. Man anvender for bogstavet alene eller for bogstavet efterfulgt af et andet, karakteristisk bogstav i grundstoffets latinske navn. H, C, N, O og F er kemiske symboler for hydrogen, carbon, nitrogen, oxygen og fluor, og Na, Mg, Al, Cl, Ca, Fe, As og Pb for natrium, magnesium, aluminium, chlor, calcium, jern (latin: ferrum), arsen og bly (latin: plumbum).

Molekyler

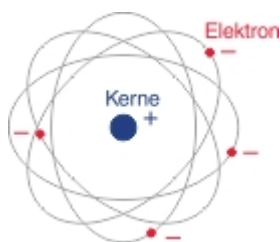
Når et atom indgår i kemisk forbindelse med et andet eller andre atomer, opstår molekyler. Molekyler er sammensat af atomer, som kan være ens eller forskellige. Et molekyle er den mindste enhed af et stof, som kan eksistere alene og bevare alle stoffets egenskaber.

Kemiske forbindelser

Hvis der indgår forskellige atomer i et molekyle, har man en kemisk forbindelse. En kemisk forbindelse er altså et stof, der indeholder flere end ét grundstof, og som har egenskaber, der i det store og hele er forskellige fra de indgående bestanddeles egenskaber. For eksempel er oxygen og hydrogen begge luftarter, mens vand, som er en kemisk forbindelse mellem oxygen og hydrogen, er en væske.

Atommodel

Den traditionelle model af atomers opbygning er den såkaldte planetmodel. Planeterne bevæger sig om kring solen, hvis masse er mange, mange gange større end planeternes. Et atom kan på lignende måde opfattes som bestående af en kerne, hvori langt hovedparten af atomets masse er samlet, og en eller flere, meget små og meget lette partikler, der bevæger sig i én bestemt eller i flere bestemte baner uden om kernen.



Klassisk atommodel

De negativt elektrisk ladede elektroner tænkes at bevæge sig i bestemte baner uden om den positivt ladede kerne.

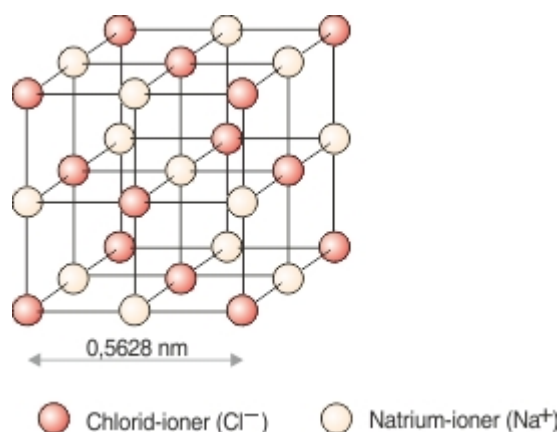
Der findes to slags kernepartikler, som er stort set lige store og med lige stor masse. Protonen har en positiv, elektrisk elementarladning og har massen 1 AMU (AMU = Atomic Mass Unit = atommasseenhed). Den anden kernepartikel, neutronen, har også massen 1 AMU, men er elektrisk neutral.

De lette partikler, der bevæger sig omkring atomkernen, har en negativ, elektrisk elementarladning (af nøjagtig samme størrelse som protonens positive ladning); de kaldes derfor elektroner.

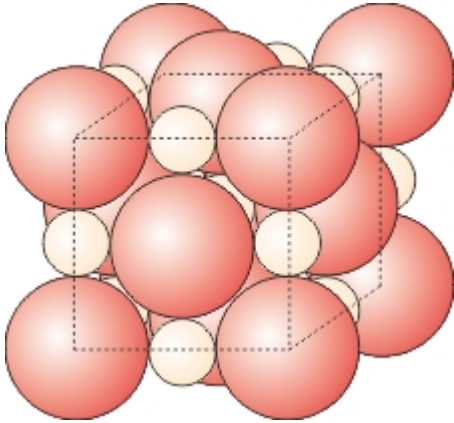
Kemiske bindinger

Når atomer forbinder sig med hinanden til molekyler eller på anden måde, sker det, ved at elektronerne arrangerer sig på særlige måder. Man kender tre forskellige typer af kemiske bindinger.

Ionbindingen er baseret på elektronoverførsel, idet en eller flere elektroner skifter plads fra et atom til et andet. Derved opstår elektrisk ladede atomer, som kaldes ioner. Da positivt og negativt ladede partikler tiltrækker hinanden, vil det også ske med positive og negative ioner. De lejrer sig i velordnede gitterstrukturer og danner krystaller. Et kendt eksempel er køkkensalt, som er natriumchlorid.



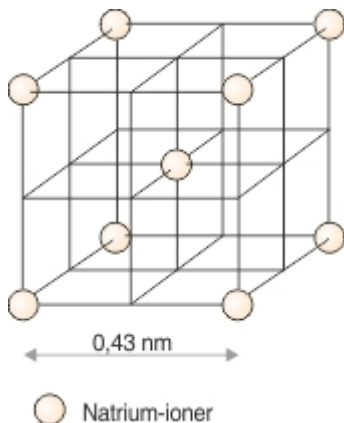
Ionernes placering i natrium-chlorids krystalgitter



Natriumchloridskrystal

Sådan udfyldes rummet af ionerne i en natriumchlorid-krystal. Alle saltene danner krystaller, som er opbygget af ioner.

Metalbindingen er baseret på elektronfrigørelse, idet nogle af elektronerne i metallernes atomer er så løst knyttet til atomets kerne, at de i en metalkrystal ikke kan siges at tilhøre et bestemt atom. Man må snarere forestille sig en metalkrystal som en samling tæt pakkede metalioner, hvorimellem elektronerne befinder sig overalt og på grund af deres løse tilknytning til bestemte atomer er frit bevægelige. Denne model kan forklare stoffernes metal-karakter, først og fremmest deres store elektriske ledningsevne.



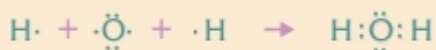
Metalgitter

Ladningstygdepunkter af ionerne i en natrium-krystal. Den principielle opbygning af et metalgitter, i dette tilfælde af metallet natrium. Det ses, at metallerne danner krystaller ligesom saltene.

Den tredje bindingstype kaldes den covalente binding eller atombindingen. Den covalente binding baseres på elektronfællesskab, idet et eller flere elektronpar er fælles mellem to nabo-atomers kerner.

Der-ved dan-nes molekyler. Luftarterne oxygen (O₂), hydrogen (H₂), nitro-gen (N₂) og chlor (Cl₂) består i virkeligheden ikke af atomer, men af toatomige molekyler, hvori atomerne er holdt sammen af covalente bindinger. Vand (H₂O) og ammoniak (NH₃) er eksempler på kemiske forbindelser af covalent bundne atomer.

I polymererne er det covalente bindinger, der dominerer.



Vandmolekyle

Dannelsen af et vand-molekyle, H₂O, ud fra to hydrogenatomer og et oxygenatom

Bindingskræfter

De tre beskrevne bindingstyper har nogenlunde samme styrke og repræsenterer de stærkeste bindingskræfter i kemien, de såkaldte primære bindingskræfter. De virker, som det fremgår af det foregående, mellem atomer og ioner ved at holde dem sammen i molekyler, atomgitre og iongitre. Der optræder imidlertid også bindingskræfter mellem de enkelte molekyler. Det er fx dem, der ved en temperatur under 100 °C holder vand-molekyler sammen til flydende vand og under 0 °C til is. De er meget svagere end de primære bindinger og kaldes sekundære bindingskræfter. De primære bindinger er ca. 30 gange så stærke som de sekundære bindinger.

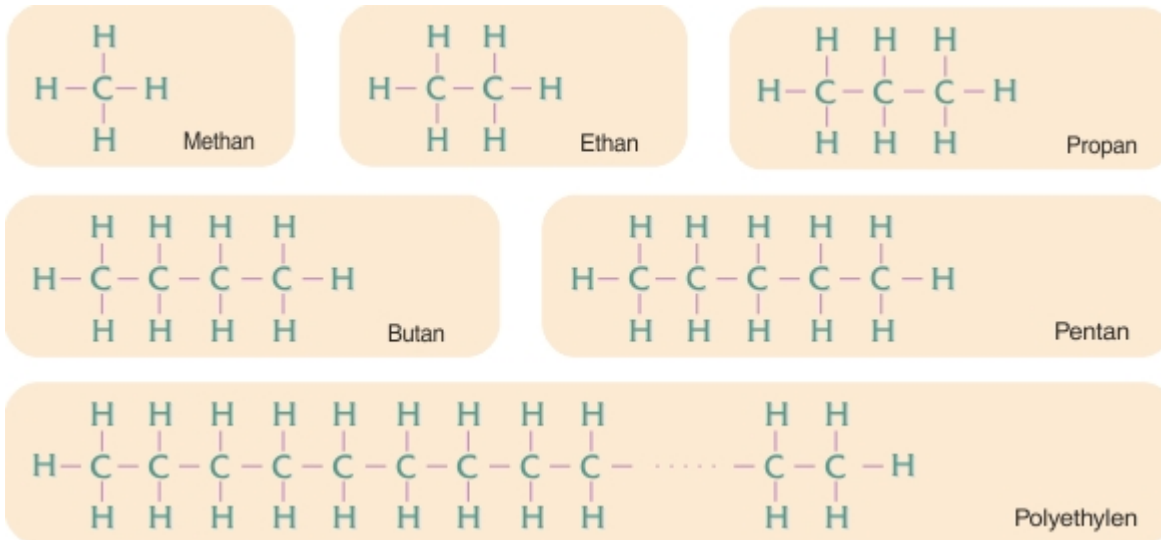
Organiske stoffers opbygning

Carbon er et karakteristisk eksempel på et grundstof, der danner covalente bindinger. Fire af carbonatomets elektroner kan ved parring med elektroner fra op til fire andre atomer indgå i covalente bindinger. Ved forbindelse med fire hydrogenatomer opstår stoffet methan (CH₄), som er en luftart og udgør hovedparten af naturgas.

Carbonatomer har en særlig evne til at forbinde sig med hinanden i lange rækker.

Til stoffet methan svarer en række stoffer med 2, 3 osv. carbonatomer i række.

De fire første stoffer er luftarter, de næste er væsker ved stuetemperatur. Derefter bliver stofferne mere og mere tungtflygtige og til sidst faste, jo længere molekylerne bliver. Når der bliver rigtigt mange carbonatomer i række, fx 1.000, har vi stoffet polyethylen, den plast, der har den enkleste opbygning.

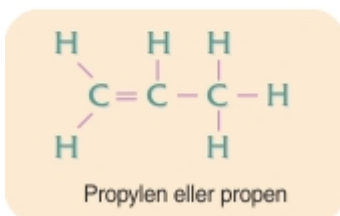
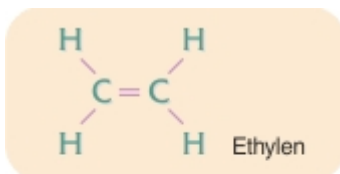


Methan, ethan, propan osv.

Afhængig af hvor mange carbonatomer, der sidder i række fås en mængde forskellige stoffer hvor det simpleste er gassen methan og hvor polyethylen er en polymer (plast)

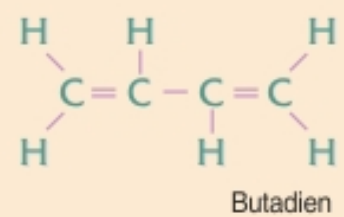
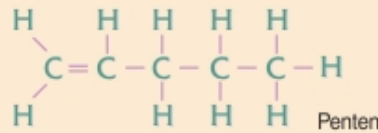
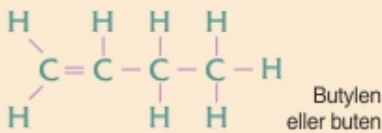
Der består således et nært slægtskab mellem plastpolymererne – dog især poly-ethylen og polypropylen – og stoffer i ovennævnte række.

Bindingerne mellem carbonatomerne i stofferne i denne række er en-keltbindinger. Der findes imidlertid også lignende stoffer, hvori der forekommer dobbeltbindinger mellem carbonatomer. Enkeltbindinger dannes af ét par elektroner, én elektron fra hvert af naboatomerne; mens dobbeltbindinger dannes af to elektronpar, to elektroner fra hvert af naboatomerne.

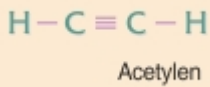


Carbon-carbon dobbeltbindinger

Det enkleste stof med en carbon-carbon-dobbeltbinding er ethylen. Også med en dobbeltbinding i molekylet kan der "hæftes" flere carbonatomer i række.



Forbindelser med flere dobbeltbindinger forekommer også, fx butadien. Tredobbeltbindinger dannet af tre elektronpar forekommer også. Det enkleste stof med en tredobbeltbinding mellem to carbon-atomer er acetylen.



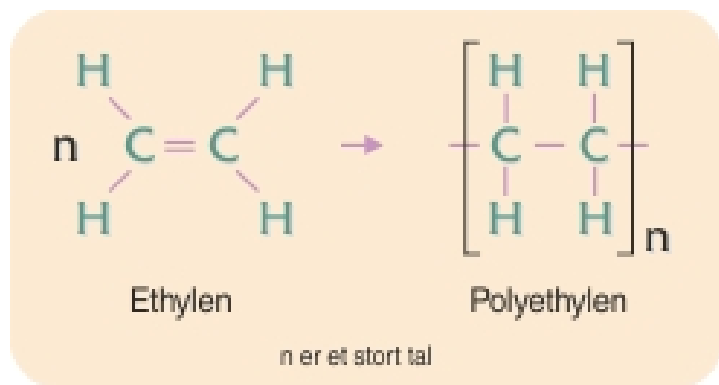
Acetylen

Det her beskrevne er grundlaget for hele den organiske kemi og dermed også for polymer- og plastkemi.

Forbindelser, der udelukkende indeholder enkeltbindinger mellem carbonatomerne, kaldes mættede, mens blot en enkelt dobbelt- eller tredobbeltbinding gør stoffet til en umættet forbindelse.

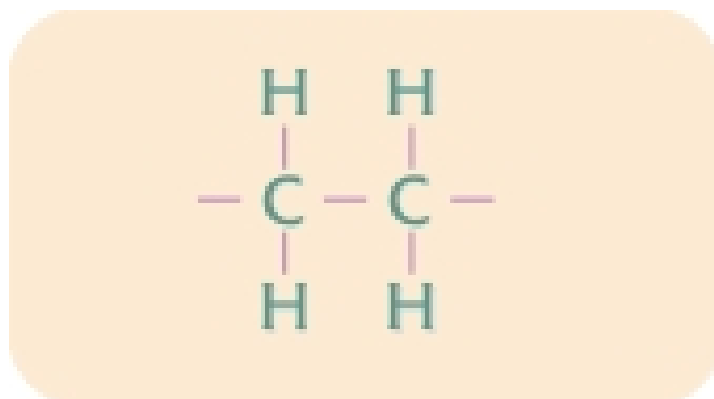
Højmolekylære stoffer

Adskillige af de højmolekylære stoffer er desuden polymerer eller højpolymerer. Ordet er græsk og kommer af poly (= mange) og mer (= del). Betegnelsen bruges om stoffer, hvis molekyler er sammensat af et stort antal ens dele eller enheder.



Polyethylen

Polyethylen er opbygget ved sammen-sætning af et stort antal ethylenmolekyler.



Ethylgruppen

Repetitionsenheden i polyethylen er ethylgruppen.

Hvis der fx går 1.000 ethylenmolekyler til et polyethylen-molekyle, er polymerisationsgraden 1.000.

De stoffer, som polymerer fremstilles af, benævnes monomerer. Til en bestemt polymer svarer altså en bestemt monomer eller eventuelt flere bestemte monomerer. Den monomer, der svarer til polyethylen, er ethylen.

Den enhed, der gentages i et polymermolekyle, kaldes en repetitionsenhed, og antallet af repetitionsenheder i et molekyle kaldes molekylets polymerisationsgrad.

Repetitionsenheden i polyethylen er ethylgruppen.

Hvis der fx går 1.000 ethylenmolekyler til et polyethylen-molekyle, er polymerisationsgraden 1.000.

Højpolymerers molekyler kaldes ofte for kædemolekyler, fordi de kan minde om lange kæder med ens led.

Adskillige af de højmolekylære stoffer, der forekommer i naturen, er også højpolymere, fx plantefibre, uld, silke og cellulose.

Højpolymerer

Polymerisation

Processer, hvorved der, som beskrevet i det foregående, dannes polymerer ud fra én eller flere monomerer, kaldes polymerisationsprocesser.

Hvorledes de i naturen forekommende højpolymerer forbindes, har man ofte kun en vag formodning om. Derimod er mekanismerne i de syntetiske polymerisationsprocesser veldokumenteret.

Kun nogle få plastmaterialer er baseret på polymerer, der forekommer i naturen, fx celluloseplast og kaseinplast. De øvrige er polymeriseret syntetisk, dvs. af mennesket.

Polymerisation kan foregå med én eller flere forskellige mono-merer som udgangsstoffer og med eller uden dannelse af biprodukter foruden den polymere, som er hovedproduktet.

For at en monomer kan polymerisere, må dens kemiske natur være sådan, at molekylet kan reagere med mindst to andre molekyler. Hermed er der mulighed for, at molekylvæksten kan ske i mindst to retninger principielt i det uendelige.

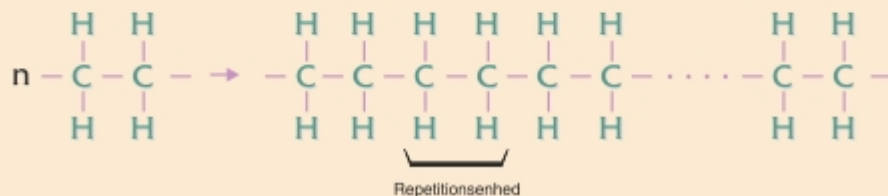
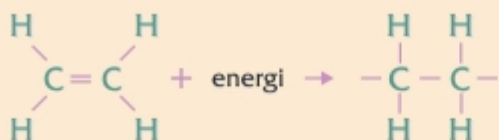
Polymerisationsprocesserne falder naturligt i to hovedgrupper: additions-polymerisation eller polyaddition, hvor der ikke dannes biprodukter, og kondensationspolymerisation eller polykondensation, hvor der fraspaltes biprodukter.

Additionspolymerisation

Additionspolymerisation eller polyaddition baseres på det forhold, at visse stoffer blot ved tilførsel af tilstrækkelig mængde energi kan bringes i en tilstand, hvor stoffets molekyler indgår kemisk forbindelse med hinanden under dannelse af polymere molekyler uden dannelse af biprodukter.

Umættede forbindelser, altså forbindelser med mindst én dobbeltbinding, vil have en almindelig tendens til at polymerisere ved polyaddition.

Dannelsen af polyethylen er et typisk eksempel.



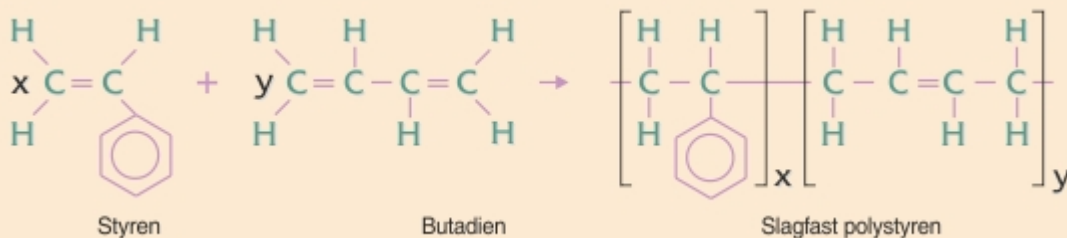
Dannelse af polyethylen ved additionspolymerisation

Ved tilførelse af energi kan monomeren bringes i en tilstand, hvor stoffets molekyler indgår kemisk forbindelse med hinanden og danner polymere

Af de almindelige plastmaterialer er også polypropylen, polyvinyl-chlorid (PVC), polystyren, acrylplast og polyoxymethylen produkter af en polyadditionsproces.

Hvis to eller flere forskellige, umættede monomerer blandes sammen, kan de undertiden indgå forbindelse med hinanden, således at molekyler af begge monomerer indgår i det polymere produkt. Sådanne produkter kaldes copolymerer, og processen kaldes copolymerisation.

Slagfast polystyren er et sådant eksempel, hvor styren og butadien begge indgår i det polymere produkt.



Slagfast polystyren

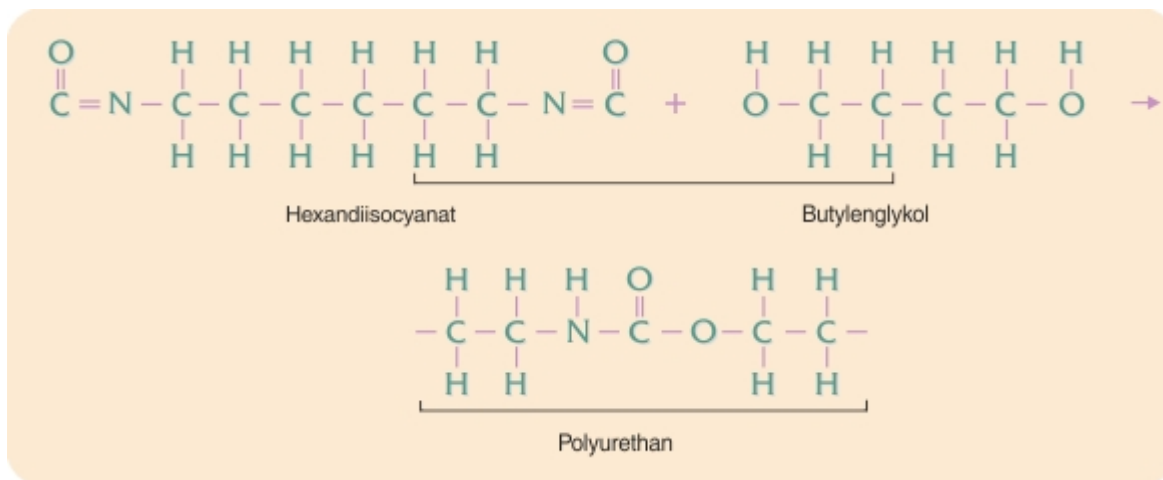
Copolymerisation af to umættede monomerer, her, styren og butadien. Slagfast polystyren er et sådant eksempel, hvor butadiengruppen gør materialet slagfast.

Styren-acrylnitril-copolymer (SAN) og ABS er andre eksempler.

Polyaddition kan også foregå mellem to stoffer, der ikke begge har dobbeltbindinger, hvis det ene fx indeholder to dobbeltbindinger, som begge kan brydes under processen under reaktion med atomgrupper i det andet stof.

Herved kan der ske overflytning af et hydrogenatom fra det ene stof til det andet under dannelse af en polymer uden fraspaltning af biprodukter.

Dannelse af polyurethan ud fra en di-isocyanat og en glykol er et eksempel herpå.

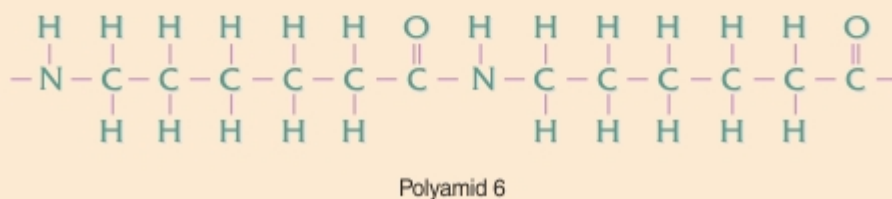
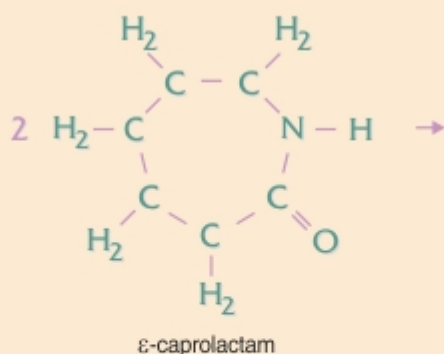


Dannelsen af polyurethan ved polyaddition

Her sker overflytning af et hydrogenatom fra di-isocyanaten til glykolen under dannelse af en polymer uden fraspaltning af biprodukter.

Desuden kan en række ringformede molekyler polymerisere ved addition, selvom de ingen dobbeltbinding indeholder. Ved brud af en enkeltbinding åbnes ringen, uden at der derved sker et fuld-stændigt brud af molekylets indre sammenhæng. Der dannes to frie bindinger, således at molekylet i begge ender kan reagere med et andet molekyle af samme slags.

Polyamid 6 er et eksempel på et polyadditionsprodukt, der er dannet ud fra en ringformet monomer, nemlig stoffet ϵ -caprolactam (ϵ = epsilon).

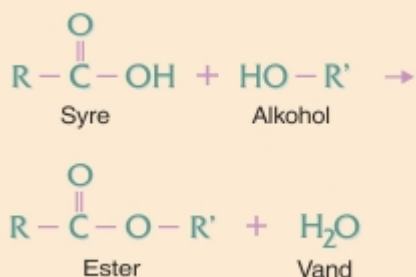


Polyamid 6

Polyamid 6 er dannet ud fra en ringformet monomer, nemlig stoffet ε-caprolactam

Kondensationspolymerisation

Kondensationspolymerisation eller polykondensation er den anden type polymerisationsproces. Den bygger på almindelig kemisk reaktion mellem to kemiske forbindelser. Fx vil en hvilken som helst syre og en hvilken som helst alkohol reagere med hinanden under dannelse af en ester og samtidig fraspaltning af vand.



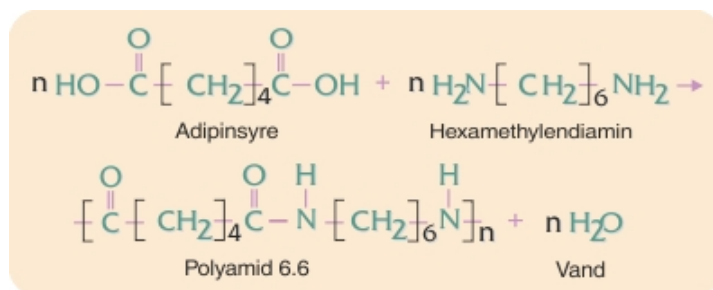
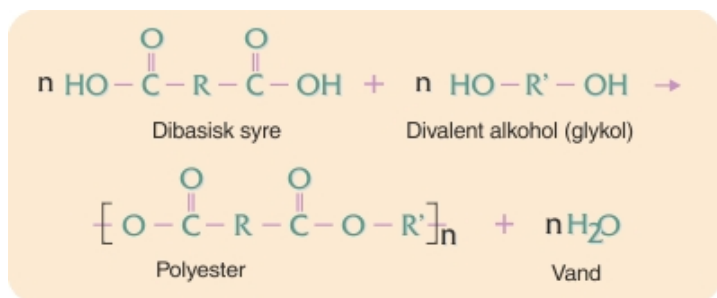
Kondensationspolymerisation

I sin simpleste form er kondensationspolymerisation reaktionen mellem syre og alkohol. Det danner en ester og fraspalter vand.

Hvis man blander en dibasisk syre, dvs. en syre, som indeholder to syregrupper, med en divalent alkohol, dvs. en alkohol med to alkoholgrupper, kan der som en kædereaktion dannes esterbindinger i begge

ender af begge mono-mer-molekyler. For hver ester-binding, der dannes, dannes samtidig et molekyle vand.

Den række af polyamider, der betegnes med to tal, fx PA 6.6 og PA 6.10, dannes på tilsvarende måde ud fra en dibasisk syre og en diamin (et stof med to amingrupper: – NH₂).



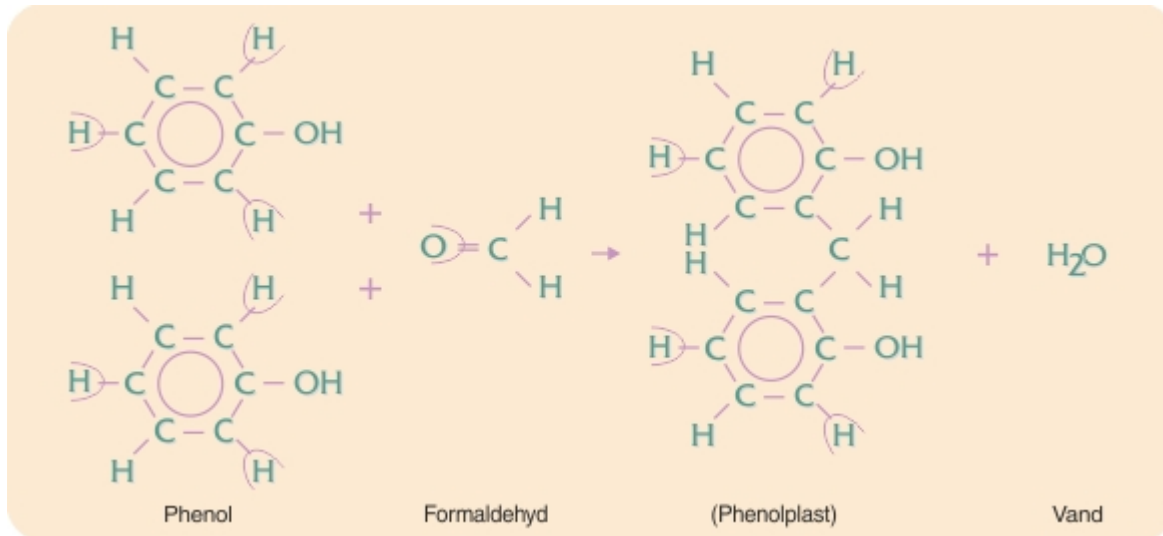
Kondensationpolymerisation af polyester

Polyester dannes ved kondensationpolymerisation af dibasisk syre og divalent alkohol under fraspaltning af vand

Fremstilling af polyamider

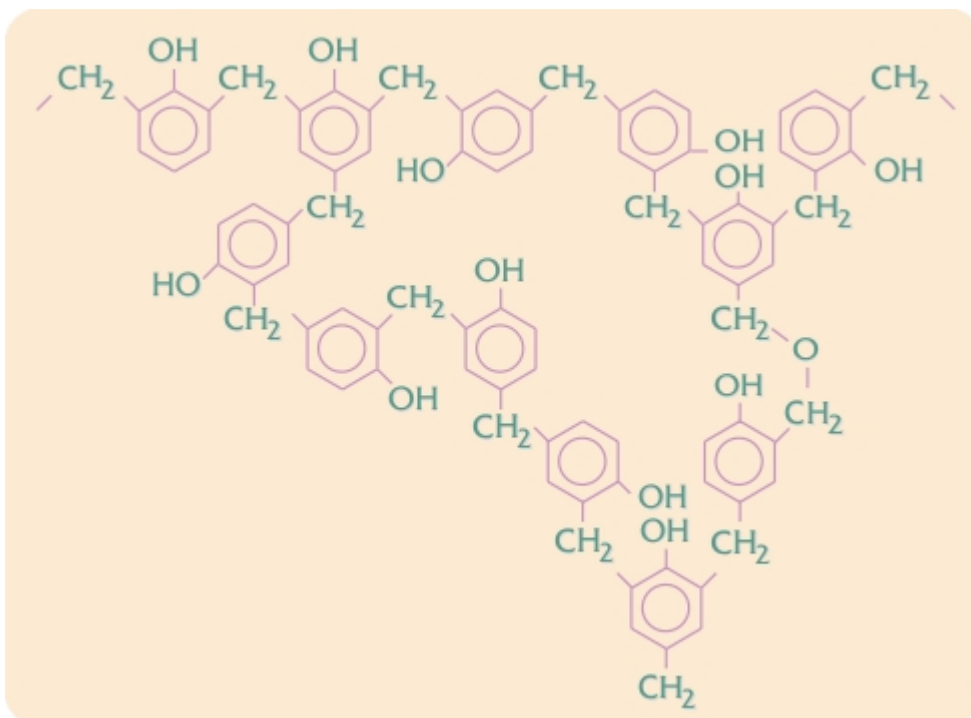
Polyamider dannes ud fra en dibasisk syre og en diamin (et stof med to amingrupper: – NH₂).

Ved polykondensation kan der ud fra en trifunktionel forbindelse, dvs. stof med tre reaktive atomgrupper, dannes tredimensionale polymerer med en netværksstruktur, som er karakteristisk for de såkaldte hærde-plast. Dannelsen af phenolplast ud fra phenol og formaldehyd er et eksempel (se formel nederst på siden).



Dannelse af Phenolplast

Dannelsen af phenolplast ud fra phenol og formaldehyd i phenolmolekylet er de tre markerede hydrogenatomer meget reaktionsvillige. Det fraspaltede vandmolekyle dannes ud fra oxygenatomet fra formaldehydmolekylet og et hydrogenatom fra hvert af to phenolmolekyler. Flere bindinger vil dannes ved de øvrige, markerede hydrogenatomer med en netværksstruktur til følge.



Phenolplast struktur

Principiel strukturformel for phenolplast

