

Kemiska reaktioner: Olika reaktionstyper och reaktionsmekanismer

Niklas Dahrén



7 olika reaktionstyper

1. Substitutionsreaktioner
2. Additionsreaktioner
3. Eliminationsreaktioner
4. Kondensationsreaktioner
5. Hydrolysreaktioner
6. Syra-bas-reaktioner
7. Redoxreaktioner

Reaktionstyper

- ✓ **Substitutionsreaktion:** Vid en substitutionsreaktion byts en atom eller en atomgrupp i en molekyl ut mot en annan atom eller atomgrupp.



- ✓ **Additionsreaktion:** Vid en additionsreaktion adderas en molekyl till en annan molekyl som från början har en eller flera dubbel- eller trippelbindningar.



- ✓ **Eliminationsreaktion:** Vid en eliminationsreaktion avskiljs två atomer eller atomgrupper från en molekyl vilket ger upphov till en dubbel- eller trippelbindning.



Reaktionstyper

- ✓ **Kondensationsreaktion:** Vid en kondensationsreaktion binds två molekyler samman under avspjälkning av en vattenmolekyl.



- ✓ **Hydrolysreaktion:** Vid en hydrolysreaktion sönderdelas ett ämne under upptagning av vatten.



- ✓ **Syra-basreaktioner (protolysreaktioner):** Vid en syra-basreaktion överförs minst en vätejon (proton, H^+) från ett ämne (en syra) till ett annat ämne (en bas).



- ✓ **Redoxreaktioner:** Vid en redoxreaktion överförs minst en elektron, fullständigt eller partiellt, från ett ämne till ett annat ämne.



3 viktiga begrepp för att förstå reaktionsmekanismer

- ✓ Nukleofiler
- ✓ Elektrofiler
- ✓ Karbokationer

Nukleofiler

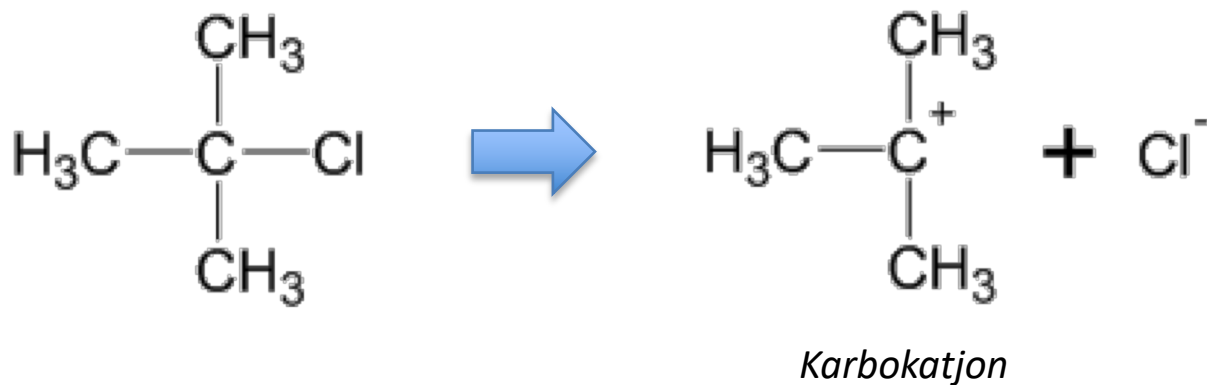
- ✓ **Nukleofiler:** Nukleofiler är molekyler/joner (eller egentligen specifika delar av dessa) som är mer eller mindre negativt laddade och därför attraheras av och attackerar positivt laddade delar av andra molekyler/joner och på det sättet startar en reaktion (t.ex. startar en substitutionsreaktion).
- ✓ **Exempel på nukleofiler:** OH^- (syreatomen) H_2O (syreatomen) NH_3 (kväveatomen) Br^-
- ✓ **Varför är syret i vattenmolekylen en nukleofil?:** Syreatomen har 2 par fria elektroner. Dessa fria elektroner är negativt laddade och ingår inte i någon bindning. Dessa elektroner kan därför attraheras av och attackera positiv laddning, t.ex. en proton (vätejon, H^+).
- ✓ **Nukleofil substitutionsreaktion:** När en nukleofil gör så att en atom eller en atomgrupp i en molekyl byts ut mot en annan så kallas det för en nukleofil substitutionsreaktion. Hur stark en nukleofil är mäts efter hur bra den är på att byta ut en annan grupp. Det har inte bara att göra med hur negativt laddad den är utan också hur lätt den "kommer åt" att attackera.

Elektrofiler

- ✓ **Elektrofiler:** Elektrofiler fungerar på samma sätt som nukleofiler fast tvärt om. De har mer eller mindre positiv laddning och attraheras därför av negativa delar av andra molekyler/joner.
- ✓ **Exempel på elektrofiler:** HBr (vätet) CS₂ (kolet) H⁺
- ✓ **Varför är kolet i CS₂ en elektrofil:** Kolatomen har lägre elektronegativitet jämfört med svavelatomerna och kommer därför bli positivt laddat.
- ✓ **Elektrofil substitutionsreaktion:** När elektrofiler attackerar en molekyl och byter ut en atom eller atomgrupp kallas det för elektrofil substitutionsreaktion.

Karbokatjoner

- ✓ **En karbokatjon är en positivt laddad jon** med laddningen koncentrerad vid en kolatom. Karbokatjoner uppkommer som intermediärer (övergångsprodukter/mellansteg) i organiska reaktioner. De är mycket reaktiva p.g.a. den starka positiva laddningen och har därför väldigt kort livstid.



Substitutionsreaktionen

Substitutionsreaktioner

- ✓ **Vad menas med en substitutionsreaktion?:** Vid en substitutionsreaktion byts en atom eller en atomgrupp i en molekyl ut mot en annan atom eller atomgrupp.

- ✓ **En alkan reagerar med klorgas och bildar en en halogenalkan:**

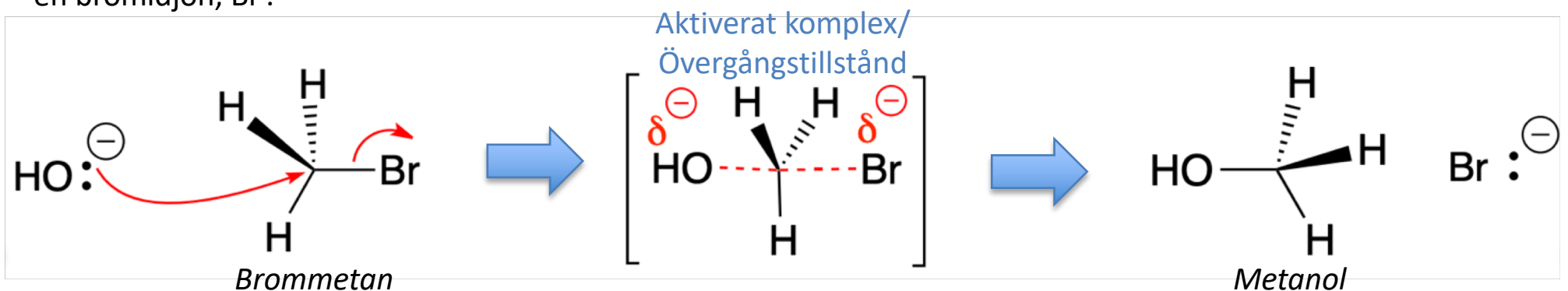


- ✓ **En halogenalkan reagerar med en hydroxidjon och bildar en alkohol:**



Reaktionsmekanismen bakom substitutionsreaktionen mellan CH_3Br och OH^-

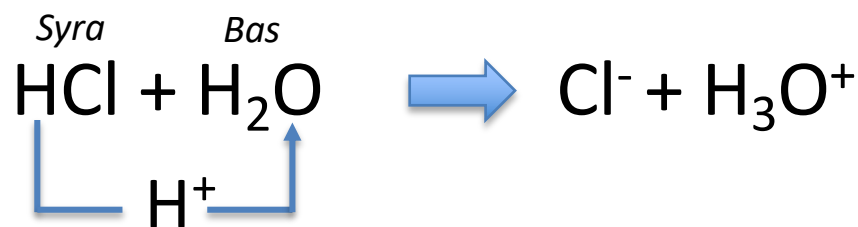
- ✓ **Positiv kolatom:** Bromatomen i CH_3Br är lite mer elektronegativ än kolatomen i samma molekyl och drar därför åt sig bindningselektronerna litegrann, vilket leder till att kolet blir lite partiellt positivt laddat.
- ✓ **Nukleofil attack:** OH^- fungerar som en nukleofil och attraheras av den partiellt positiva laddningen på kolatomen. OH^- utför en nukleofil attack på kolatomen vilket leder till att det skapas en polär kovalent bindning mellan syret i OH^- och kolatomen.
- ✓ **Brom knuffas iväg:** När detta sker blir det för mycket elektroner runt kolatomen (många negativa laddningar som repellerar varandra) vilket leder till att bromatomen (inkl. bindningselektronerna) knuffas iväg och lämnar i form av en bromidjon, Br^- .



Syra-basreaktioner (protolysreaktioner)

Syra-basreaktioner (protolysreaktioner)

- ✓ En syra-basreaktion (protolysreaktion) är en kemisk reaktion som innebär att protoner (H^+) avges respektive upptas (en protonöverföring sker alltså). Det ämne som avger protonen fungerar som en syra, medan det ämne som upptar protonen fungerar som en bas. När en syra har avgett sin proton (eller protoner) säger man att den är protolyserad.



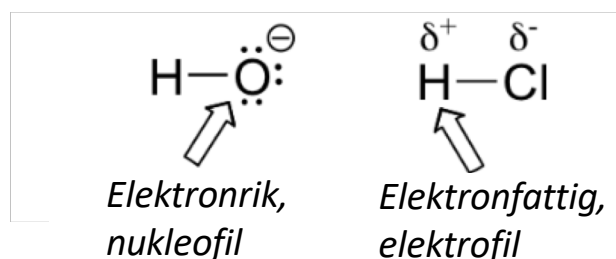
Vatten kan fungera som både en svag syra resp. svag bas, beroende på vilket ämne den reagerar med.

Reaktionsmekanismen bakom syra-basreaktioner (liknar substitutionsreaktioner)

Reaktion:



Förutsättningar:

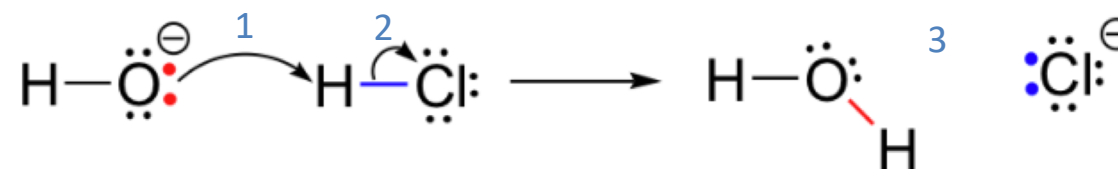


Cl är elektronegativ och drar i bindningselektronerna till vätet. Detta gör att vätet blir partiellt positivt laddat och kloratomen partiellt negativt laddat. På syreatomen finns fria elektronpar som attraheras av vätetts positiva laddning.

Reaktionsmekanism:

1. Ett av syrets elektronpar gör en nukleofil attack på protonen, en bindning börjar skapas.

3. Cl lämnar i form av en kloridjon och en vattenmolekyl bildas.



2. När syret binder blir det för mycket elektroner runt vätet.

Bindningselektronerna mellan H och Cl repelleras och förskjuts fullständigt till Cl.

Reaktionsmekanismen bakom additionsreaktioner

Additionsreaktioner

- ✓ **Vad menas med en additionsreaktion?:** Vid en additionsreaktion adderas en molekyl till en annan molekyl som från början har en eller flera dubbel- eller trippelbindningar. Polyaddition innebär att många omättade molekyler länkas samman till stora molekyler (polymerer).
- ✓ **En alken reagerar med bromgas och bildar en halogenalkan:**



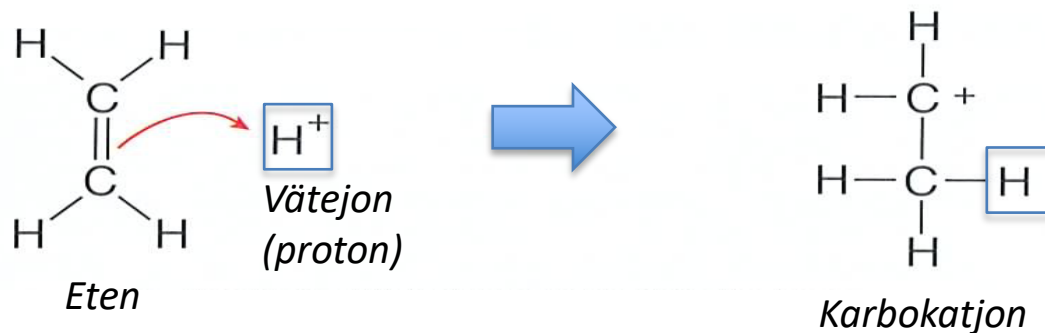
- ✓ **En alken reagerar med vatten och bildar en alkohol:**



Reaktionsmekanismen för additionsreaktionen mellan eten och vatten

Steg 1:

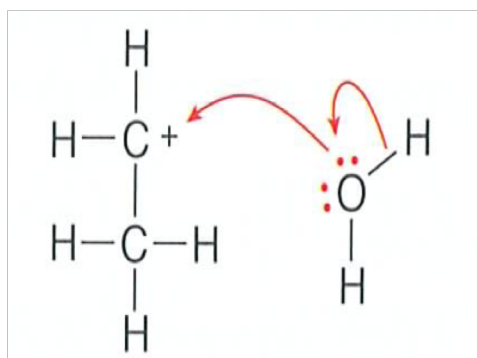
- En stark syra används som katalysator. Den starka syran avger en vätejon (proton). Etenmolekylen attraheras av den positiva vätejonen och därmed sätts hela reaktionen igång. Den starka syran fungerar därmed som en **katalysator**.
- Eten fungerar som en **nukleofil** eftersom eten har elektroner i dubbelbindningen som attraheras av den positivt laddade protonen, och därmed attackerar och skapar en bindning till denna. En kolatom förlorar då två elektroner och får en positiv laddning. Kolatomen blir alltså en **karbokation**. Syran har därmed fungerat som en katalysator eftersom den har brutit en gammal bindning, aktiverat reaktanten och därmed möjliggjort att additionsreaktionen kan ske. Utan syran skulle reaktionen gå mycket långsamt eller överhuvudtaget aldrig ske.



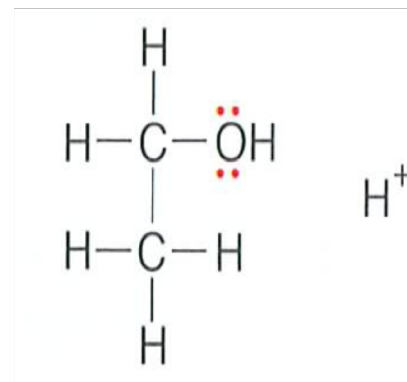
Reaktionsmekanismen för additionsreaktionen mellan eten och vatten

Steg 2:

- En vattenmolekyl fungerar sedan som en **nukleofil** eftersom syreatomen har ett fritt elektronpar som attraheras av, attackerar och binder till **karbokationen**. Syret "förlorar" då en av sina egna valenselektroner till kolet och blir därmed lite positivt laddad och drar därför till sig elektronerna från den ena väteatomen lite extra. Det leder till att vätet lossnar från syret och försvinner iväg som en proton (ingen elektron följer med). Vi har då bildat **etanol** samtidigt som syran har fått tillbaka sin proton och därmed återbildats.



Karbokatjon



Etanol

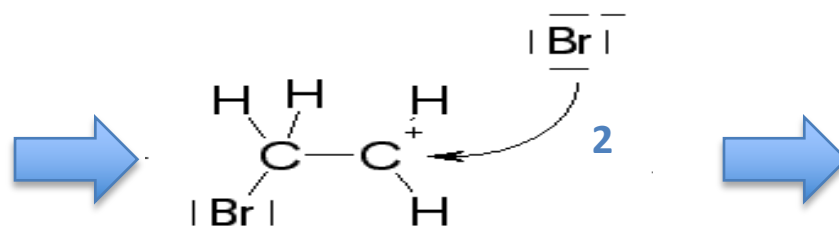
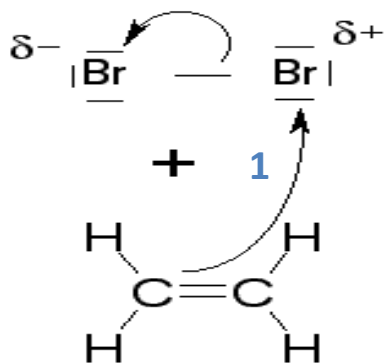
Reaktionsmekanismen för additionsreaktionen mellan eten och brom

Reaktionen:



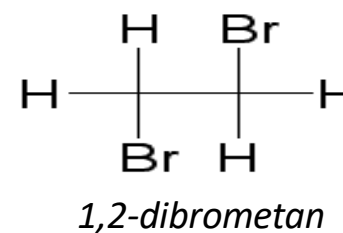
Reaktionsmekanism:

1. När Br_2 närmar sig eten så kommer elektronerna i dubbelbindningen göra så att den närmsta bromatomen i Br_2 blir partiellt positivt laddad medan den bakre bromatomen blir partiellt negativt laddad (genom att valenselektronerna repelleras bakåt mot den andra bromatomen). Sedan kommer elektroner i dubbelbindningen göra en **nukleofil attack** på den positiva bromatomen. En bindning skapas och en **karbokation** uppstår eftersom den ena kolatomen blir av med valenselektroner. Samtidigt lämnar den bakre bromatomen i form av en bromidjon.



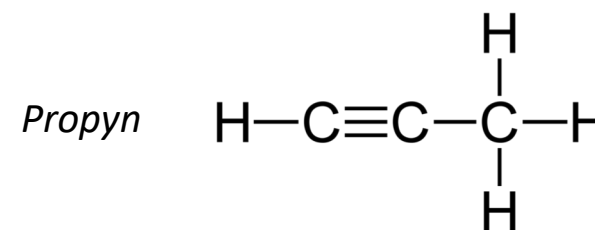
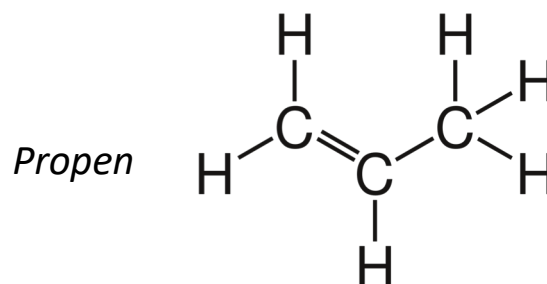
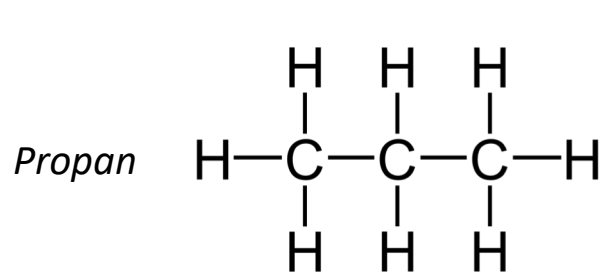
2. Bromidjonen attackerar karbokationen och en bindning skapas.

3. 1,2-dibromidetan har bildats.



Alkener och alkyner är mer reaktionsbenägna än alkaner

- ✓ **Alkener och alkyner har dubbel- resp. trippelbindningar vilket gör att dessa är mer reaktionsbenägna** i jämförelse med alkaner som enbart har enkelbindningar. Alkener och alkyner har dubbel- resp. trippelbindningar eftersom de är omättade kolväten (saknar väteatomer). De kan därför binda ytterligare atomer genom att det extra elektronparet i dubbelbindningen utnyttjas. T.ex. kan halogenerna klor och brom adderas mycket lätt till alkener men inte så lätt till alkaner. Reaktionen sker spontant utan att det behövs särskilt mycket aktiveringsenergi (hög värme eller UV-strålning).
- ✓ **I en dubbelbindning eller trippelbindning finns det alltid** ett resp. två elektronpar som är "över" och som därför kan binda till andra atomer.
- ✓ **Elektronerna i dessa elektronpar påverkas inte** heller så mycket av atomkärnorna (elektronerna befinner sig inte riktigt emellan kärnorna) och därför kan de lättare reagera med andra ämnen.



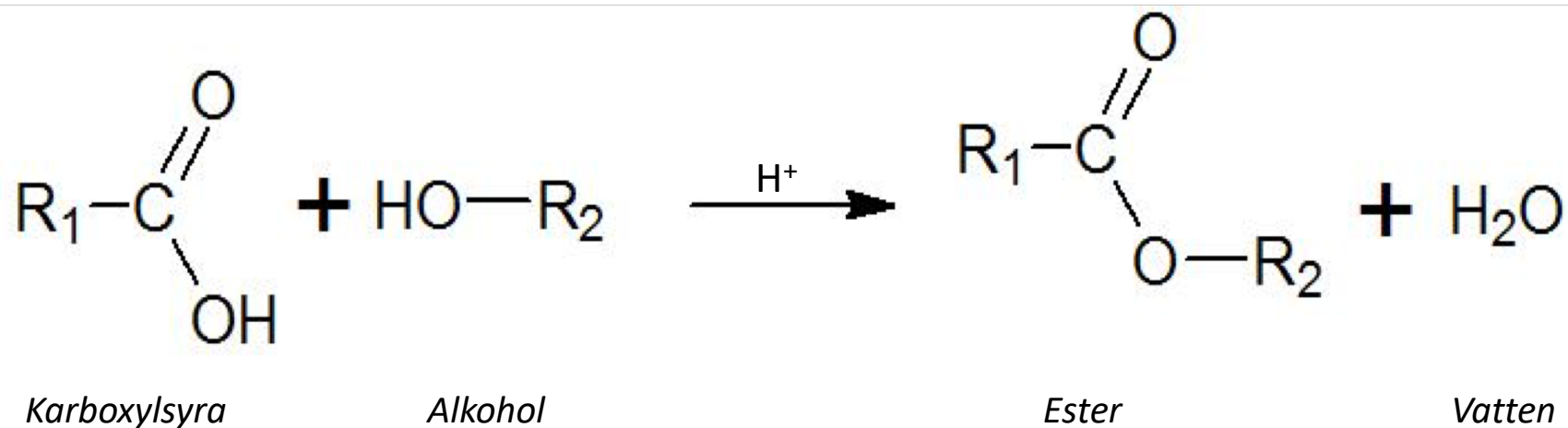
Kondensationsreaktionen

Etrar kan bildas i en kondensationsreaktion mellan alkoholer

- ✓ **Kondensationsreaktion:** Vid en kondensationsreaktion slås två molekyler samman och bildar en större molekyl, samtidigt som vatten spjälkas av. Vid kondensation mellan två alkoholer bildas vatten och en eter.
- ✓ Här ser vi kondensationsreaktionen mellan två etanolmolekyler. Produkten som bildas är en eter med namnet "dietyleter".

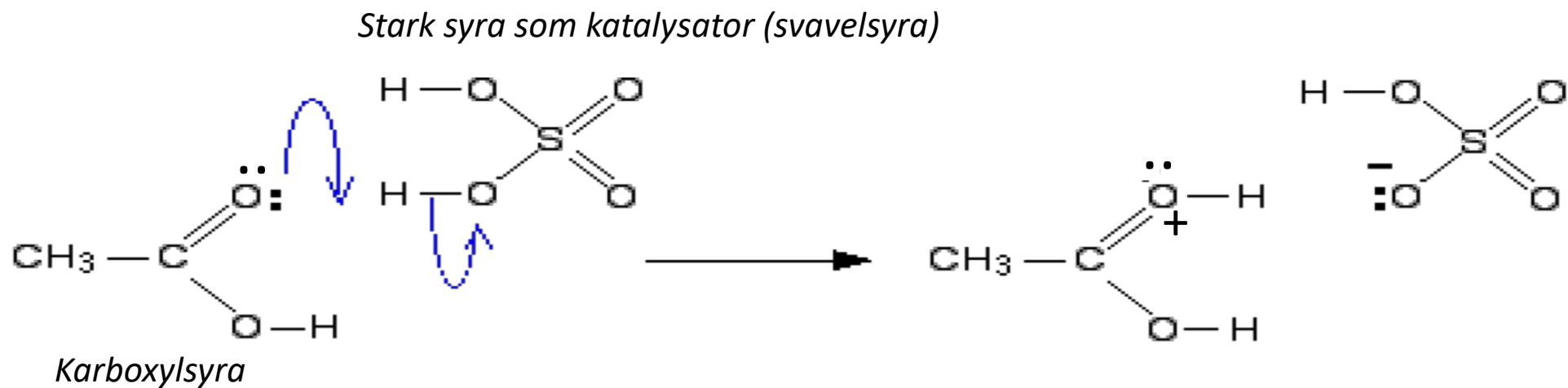


Exempel på en kondensationsreaktion: Syrakatalyserad reaktion mellan en alkohol och karboxylsyra för att bilda en ester



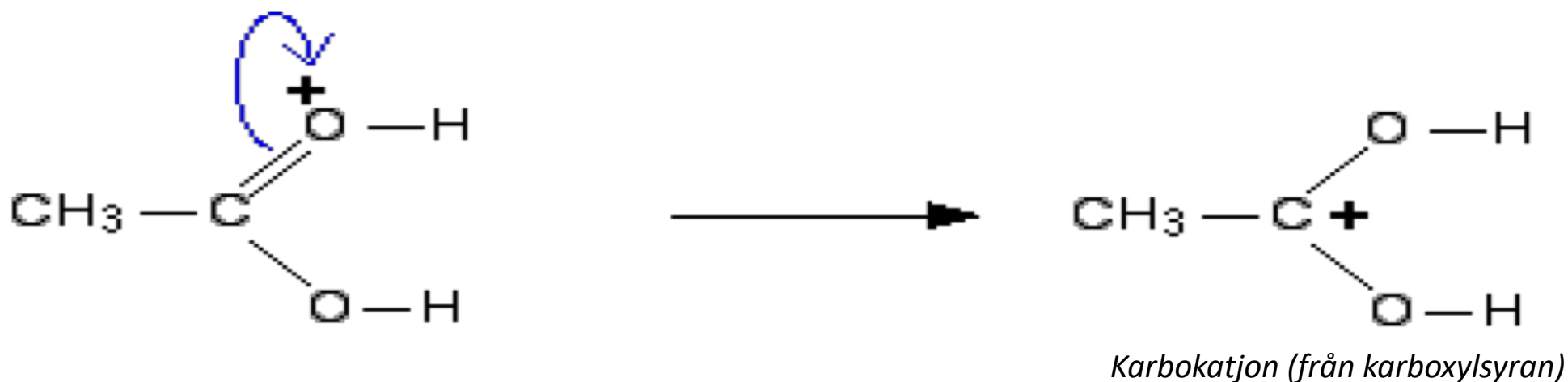
- ✓ **I ovanstående reaktion binds en karboxylsyra och en alkohol ihop med varandra** och bildar då en ester. I reaktionen bildas även en vattenmolekyl. För att reaktionen ska kunna ske krävs det att vi har en katalysator i form av en stark syra. Katalysatorns uppgift är att bryta en gammal bindning i karboxylsyran och göra karboxylsyran "mottaglig" för alkoholen.

Reaktionsmekanismen - Steg 1:



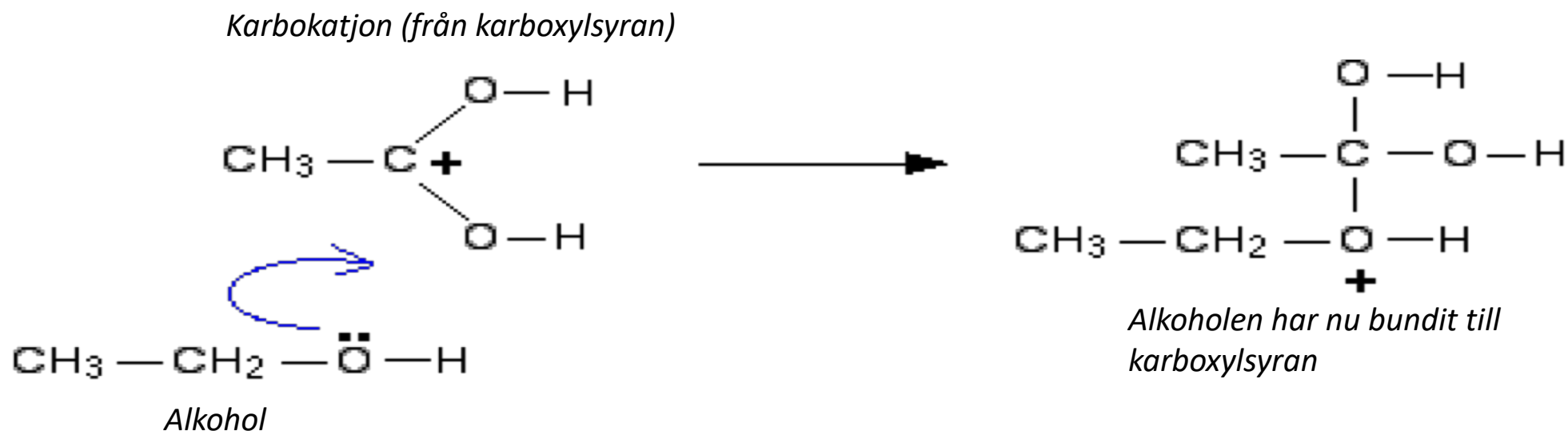
- Karboxylsyran binder en proton som den starka syran har avgivit:** Det fria elektronparet på syreatomen attraheras av protonen från den starka syran, attackerar och skapar en bindning till denna. När protonen fäster till syreatomen blir syreatomen partiellt positivt laddat eftersom syreatomen nu endast har 5 egna valenselektroner (eftersom den har "lånat ut" en elektron till väteatomen).

Reaktionsmekanismen - Steg 2:



2. **En karbokatjon bildas:** Det partiellt positiva syret kommer nu attrahera 2 bindningselektroner från dubbelbindningen med kolatomen. Detta leder till att kolatomen förlorar elektroner och istället blir partiellt positivt laddat. Karboxylsyran har då omvandlats till en s.k. karbokatjon (jon med en positiv laddning på en kolatom). Karbokatjonen är väldigt reaktiv och därför säger vi nu att reaktanten är aktiverad. Den starka syran har alltså fått karboxylsyran aktiverad och redo för att reagera med alkoholen!

Reaktionsmekanismen - Steg 3:



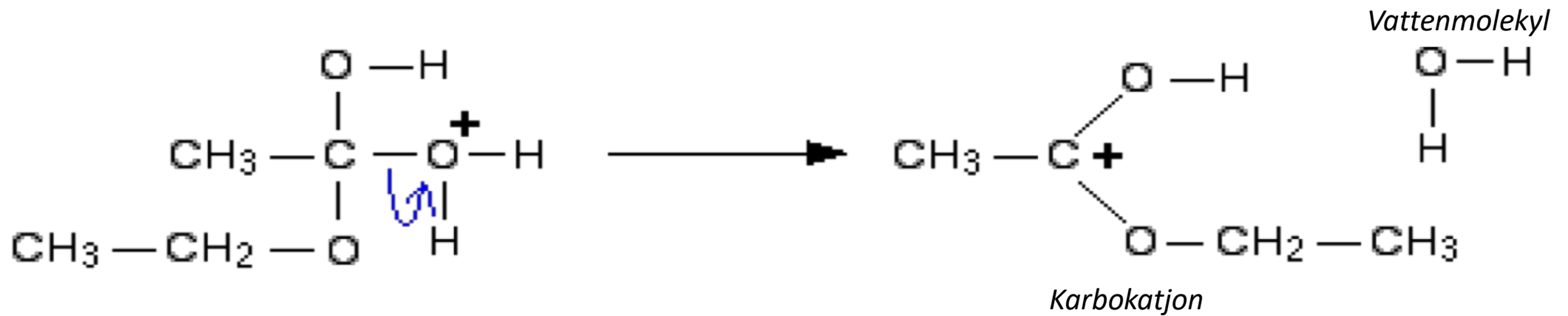
3. **Alkoholmolekylen gör en nukleofil attack på karbokatjonen:** I detta steg kommer en alkoholmolekyl (etanol i det här exemplet) binda till karbokatjonen. Det sker genom att ett fritt elektronpar på syreatomen i OH-gruppen attraheras av den positiva kolatomen, attackerar och skapar en bindning till denna. Denna typ av reaktion kallas för en "nukleofil attack". Nu blir dock syreatomen positivt laddad eftersom den bara har 5 egna valenselektroner (eftersom den har "lånat ut" en elektron till kolatomen).

Reaktionsmekanismen - Steg 4:



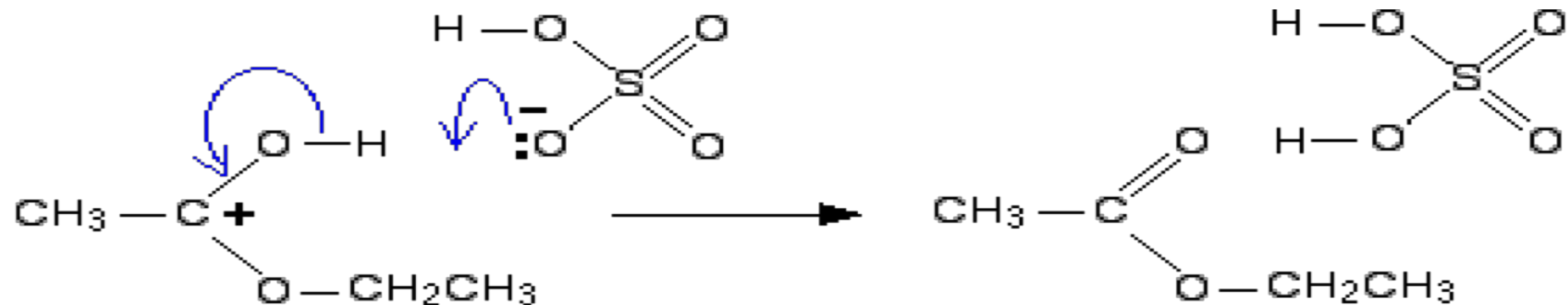
4. **Protonöverflyttning:** I detta steg sker en protonöverflyttning från en syreatom till en annan. Det positiva syret drar åt sig elektronerna från protonen vilket försvagar bindningen till protonen och gör att protonen ganska enkelt kan "lossna". Det andra syret kommer sedan attraheras av protonen och skapa en bindning till denna.

Reaktionsmekanismen - Steg 5:



5. **En vattenmolekyl avspjälkas:** När syret tar upp protonen blir syret positivt laddat eftersom den nu endast har 5 egna valenselektroner. Den positiva laddningen på syret kommer dra åt sig bindningselektronerna som sitter mellan kolet och syret vilket leder till att syret och de två protonerna (en vattenmolekyl) släpper. Kvar blir då återigen en positivt laddad karbokatjon.

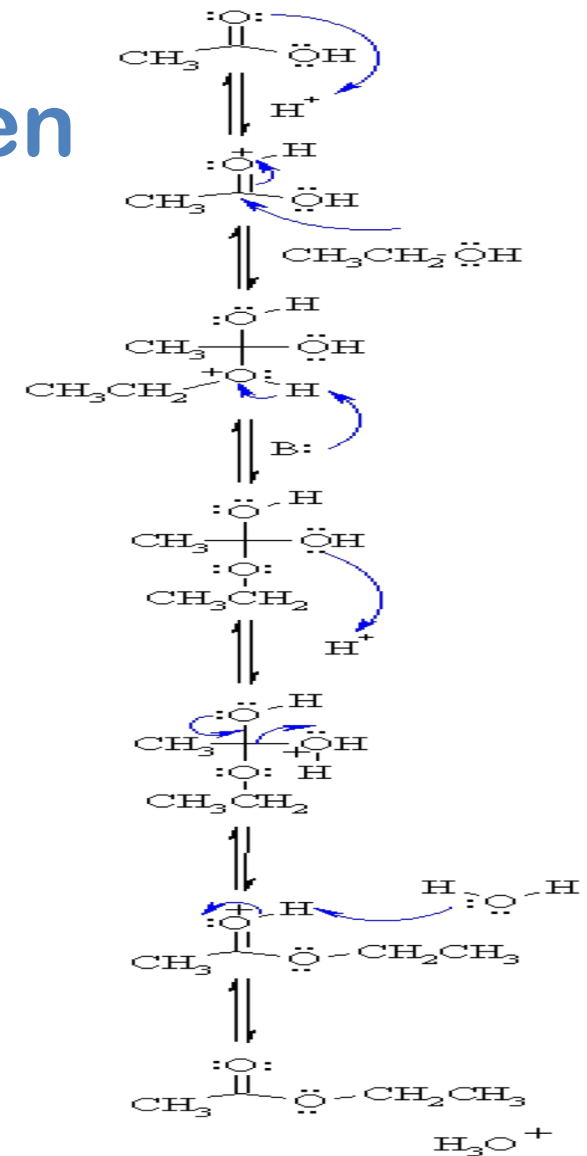
Reaktionsmekanismen - Steg 6:



6. **En proton lossnar och syran återbildas:** Det positiva kolet drar åt sig elektroner från syret, vilket nu istället innebär att syret blir positivt laddad. Det positivt laddade syret kommer nu dra åt sig bindningselektronerna mellan syret och vätet vilket gör att vätet lossnar i form av en proton (eftersom elektronen stannar kvar hos syret). Anjonen från syran (den negativa jonen som återstår efter att en proton har lossnat) kan nu plocka upp protonen och återbildas till en vanlig syra igen. Vi har därmed fått vår ester och vi kan även se att syran inte förbrukas utan fungerar enbart som en katalysator!

Sammanfattning av esterreaktionen

1. Karboxylsyran binder en proton som den starka syran har avgivit.
2. Karboxylsyran omvandlas till en karbokation som är väldigt reaktiv.
3. Alkoholmolekylen gör en nukleofil attack på karbokationen och binder till denna. Karboxylsyran och alkoholen är nu bundna till varandra.
4. En proton förflyttas från ett syre till ett annat.
5. En vattenmolekyl avspjälkas.
6. En proton lossnar (och katalysatorn återbildas). Vi har fått vår ester!



Länk till några gamla undervisningsfilmer som jag har gjort (estersyntes, substitutionsreaktion och additionsreaktion):

- https://www.youtube.com/playlist?list=PLP8ccGKSvcqql7YHggCeXFI_ZTsoKP5i7u

Se gärna fler filmer av Niklas Dahrén:

<http://www.youtube.com/Kemilektioner>

<http://www.youtube.com/Medicinlektioner>

