

**FACIT: REAKTIONSTYPER OCH REAKTIONSMEKANISMER****Introduktion till olika reaktionstyper och reaktionsmekanismer:**

## 1. Förklara följande begrepp:

## a) Eliminationsreaktion

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

## b) Additionsreaktion

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

## c) Substitutionsreaktion

Svar: Vid en substitutionsreaktion byts en atom eller en atomgrupp i en molekyl ut mot en annan atom eller atomgrupp.

## d) Kondensationsreaktion

Svar: Vid en kondensationsreaktion binds två molekyler samman under avspjälkning av en vattenmolekyl.

## e) Hydrolysreaktion

Svar: Vid en hydrolysreaktion sönderdelas ett ämne under upptagning av en vattenmolekyl.

## f) Syra-basreaktioner

Svar: Vid en syra-basreaktion överförs minst en vätejon (proton,  $H^+$ ) från ett ämne (en syra) till ett annat ämne (en bas).

## g) Redoxreaktioner

Svar: Vid en redoxreaktion överförs minst en elektron, fullständigt eller partiellt, från ett ämne till ett annat ämne.

## h) Nukleofil

Svar: 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).

**FACIT: REAKTIONSTYPER OCH REAKTIONSMEKANISMER**

## i) Elektrofil

Svar: Elektrofiler är molekyler/joner (eller egentligen specifika delar av dessa) som är mer eller mindre positivt laddade och därför attraheras av och attackerar negativt laddade delar (elektroner) av andra molekyler/joner och på det sättet startar en reaktion (t.ex. startar en substitutionsreaktion). Elektrofiler fungerar på samma sätt som nukleofiler fast tvärt om.

## j) Karbokation

Svar: En karbokation är en positivt laddad jon med laddningen koncentrerad vid en kolatom. Karbokationer 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. Karbokationer kan fungera som elektrofiler eftersom de har en positivt laddad kolatom.

## 2. Vad menas med reaktionsmekanismer?

Svar: En reaktionsmekanism beskriver stegvis hur en viss kemisk reaktion går till. Reaktionsmekanismerna innefattar hur de kemiska bindningarna förändras, hur det aktiverade komplexet uppstår, hur komplexet ser ut, hur produkterna uppkommer, vilka produkterna blir, samt strukturen av produkterna.

**Olika reaktionsmekanismer:**3. Förklara reaktionsmekanismen bakom substitutionsreaktionen mellan  $\text{CH}_3\text{Br}$  och  $\text{OH}^-$ . Ange även vilka produkter som bildas.

Svar: Bromatomen i  $\text{CH}_3\text{Br}$  är mer elektronegativt än kolet och drar därför till sig bindningselektronerna lite vilket gör att bromatomen blir partiellt negativt laddad och kolet partiellt positivt laddat.  $\text{OH}^-$  är en nukleofil eftersom den har en negativ laddning och fria elektronpar på syreatomen.  $\text{OH}^-$  attraheras av det positiva kolet i  $\text{CH}_3\text{Br}$  och gör en nukleofil attack. Ett av syrets fria elektronpar kommer börja skapa en bindning till kolatomen.

Det har nu bildats ett aktiverat komplex där en bindning mellan kolet och syret i  $\text{OH}^-$  börjar skapas samtidigt som bindningen mellan kolet och bromatomen börjar brytas. Bindningen mellan kolatomen och brom börjar brytas eftersom det blir för mycket elektroner runt kolatomen som repellerar varandra. Detta tillstånd är svårt att uppnå eftersom att det har hög energi p.g.a. alla elektroner. Det krävs alltså också mycket energi för att uppnå detta tillstånd. Reaktanterna måste träffa varandra i hög hastighet och i rätt vinkel.

$\text{OH}^-$  binder till kolatomen och brom släpper fullständigt i form av en bromidjon eftersom den tar med sig bindningselektronerna. Produkterna som bildats är då  $\text{CH}_3\text{OH}$  (metanol) och  $\text{Br}^-$  (bromidjon).

## FACIT: REAKTIONSTYPER OCH REAKTIONSMEKANISMER

4. Hur kan vi veta att  $\text{CH}_3\text{Br}$  och  $\text{OH}^-$  kommer reagera med varandra i en  $\text{S}_\text{N}2$ -reaktion (och inte i en  $\text{S}_\text{N}1$ -reaktion) genom att enbart studera de kemiska beteckningarna?

Svar: Man kan se det eftersom nukleofilen ( $\text{OH}^-$ ) kommer attackera ett primärt kol. Det är inte en massa atomgrupper i vägen vilket gör att en  $\text{S}_\text{N}2$  reaktion kan ske.

5. Förklara reaktionsmekanismen bakom  $\text{S}_\text{N}1$ -reaktionen mellan  $\text{CH}_3\text{C}(\text{CH}_3)_2\text{Cl}$  och  $\text{OH}^-$ .

Svar:

I  $\text{CH}_3\text{C}(\text{CH}_3)_2\text{Cl}$  är klor elektronegativt och drar åt sig bindningselektroner. Detta gör att det centrala kolet blir partiellt positivt laddat.

Det första som händer i reaktionen är att klor lämnar molekylen och blir en kloridjon. Det bildas då en karbokation av molekylen. Karbokationen är plusladdad och väldigt reaktiv.

Det som händer sen är att  $\text{OH}^-$  gör en nukleofil attack på karbokationen och binder till denna. Det bildas då 2-metyl-2-propanol.  $\text{OH}^-$  är en nukleofil eftersom den har en negativ laddning och fria elektronpar på syreatomen.

Produkterna blir alltså 2-metyl-2-propanol samt en kloridjon.

6. Hur kan vi veta att  $\text{CH}_3\text{C}(\text{CH}_3)_2\text{Cl}$  och  $\text{OH}^-$  kommer reagera med varandra i en  $\text{S}_\text{N}1$ -reaktion (och inte i en  $\text{S}_\text{N}2$ -reaktion) genom att enbart studera de kemiska beteckningarna?

Svar: Det kan man se genom att det är ett tertiärt kol.  $\text{S}_\text{N}1$ -reaktioner kan, i jämförelse med  $\text{S}_\text{N}2$ -reaktioner, ske med tertiära kol eftersom den nukleofila attacken vid  $\text{S}_\text{N}1$  sker efter att något har lossnat och lämnat molekylen (t.ex. en jon). Då är det steriska hindret mindre och nukleofilen kommer åt att attackera.

7. Förklara reaktionsmekanismen bakom syra-basreaktionen mellan  $\text{OH}^-$  och  $\text{HCl}$ . Ange även vilka produkter som bildas.

Svar:

I molekylen  $\text{HCl}$  är Cl elektronegativ och drar åt sig bindningselektronerna som den delar med väteatomen. Detta gör att klor blir partiellt negativt laddat och väte partiellt positivt laddat.  $\text{OH}^-$  är en kraftig nukleofil (kärnålskare) eftersom den dels är en negativt laddad jon och dels har fria elektronpar på syreatomen.

Syreatomen gör, med ett av sina fria elektronpar, en **nukleofil attack** på vätet, en bindning börjar skapas.

När syret börjar skapa en bindning till vätet, blir det för mycket elektroner runt vätet. Bindningselektronerna mellan H och Cl repelleras och förskjuts fullständigt till Cl.

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

## FACIT: REAKTIONSTYPER OCH REAKTIONSMEKANISMER

## Additionsreaktioner:

8. Eten och vatten kan användas för att tillverka (syntetisera) etanol. Men för att reaktionen ska kunna ske så måste man använda sig av en syra som katalysator.

a) Skriv en reaktionsformel för reaktionen.



b) Förklara varför en syra behövs för att reaktionen ska kunna ske.

Svar: Syran fungerar som en **katalysator** eftersom protonen från syran orsakar att en gammal bindning i eten bryts och att eten aktiveras inför steg 2. Därmed har syran påskyndat och i stort sätt möjliggjort att additionsreaktionen kan ske.

c) Vad heter den här typen av reaktion?

Svar: Additionsreaktion.

d) Förklara reaktionsmekanismen (varför och hur reaktionen sker).

Svar:

- Den positiva protonen fungerar som en **elektrofil** och gör en **elektrofil attack** på det ena elektronparet i dubbelbindningen.
- En bindning skapas och en **karbokation** uppstår eftersom den ena kolatomen blir av med valenselektroner.
- Syreatomen i vattenmolekylen gör sedan en **nukleofil attack** på karbokationen. Syreatomen är en **nukleofil** eftersom den dels är partiellt negativt laddad och dels har fria elektronpar som attraheras av positiv laddning.
- Syret "förlorar" en av sina egna valenselektroner vid bindningen till kolet och blir därmed lite positivt laddad (har en egen elektron mindre jämfört med det normala) och drar därför till sig elektronerna från den ena väteatomen extra mycket. Vätet lossnar då 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 (katalysatorer förbrukas inte!).

9. Förklara reaktionsmekanismen bakom additionsreaktionen mellan eten och brom. Ange även vilka produkter som bildas.

Svar:

När  $\text{Br}_2$  närmar sig eten så kommer elektronerna i dubbelbindningen göra så att den närmsta bromatomen i  $\text{Br}_2$  blir partiellt positivt laddad medan den bakre bromatomen blir partiellt negativt laddad (genom att valenselektronerna repelleras bakåt mot den andra

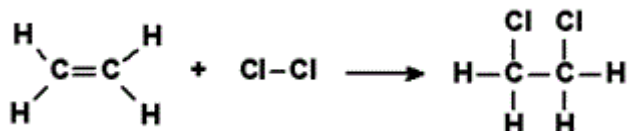
## FACIT: REAKTIONSTYPER OCH REAKTIONSMEKANISMER

bromatomen). Den partiellt positiva bromatomen fungerar nu som en **elektrofil** och gör en **elektrofil attack** på det ena elektronparet i dubbelbindningen hos eten. 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.

Bromidjonen fungerar som en **nukleofil** och gör en **nukleofil attack** på karbokationen. Bromidjonen delar med sig av två elektroner så att en polär kovalent bindning kan skapas mellan brom och kol.

När bindningen är klar har 1,2-dibrometan bildats.

10. Studera nedanstående bild. Om eten blandas med klorgas så bildas en halogenalkan (1,2-dikloretan). Om istället etan blandas med klorgas (istället för eten) så händer ingenting. Varför då?



Svar: Etan är ingen alken med dubbelbindningar utan en alkan. Dubbelbindningarna behövs för att reaktionen ska ske. Eftersom samtliga bindningar i en alkan är upptagna med en annan atom, antingen ett väte eller en annan kolatom, så kan alkaner aldrig delta i en additionsreaktion.

**Estrars kondensationsreaktion:**

11. Beskriv översiktlig och kortfattat reaktionsmekanismen bakom en esters kondensationsreaktion inkl. vilken typ av ämnen som behövs för att reaktionen ska kunna ske.

Svar: Det behövs en alkohol, en karboxylsyra och en stark syra som katalysator. Karboxylsyran binder en proton och omvandlas till en karbokation. Alkoholen gör nu en nukleofil attack på karboxylsyran så att de binder till varandra. Det sker även en protonöverföring. En vattenmolekyl avspjälkas och det bildas en karbokation igen. En proton lossnar (katalysatorn återbildas) och vi har fått en ester.

12. En av estrarna som ingår i bananer heter pentylpentanoat. Som kemist har du fått till uppgift att syntetisera denna ester. Estern kommer sedan användas av en godisfabrik vid tillverkningen av skumbanuner.

a) Vilka ämnen behöver du för din syntes?

Svar: Pentanol, pentansyra och en stark syra som katalysator (ofta koncentrerad svavelsyra).

## FACIT: REAKTIONSTYPER OCH REAKTIONSMEKANISMER

- b) Vid syntesen av estrar krävs en stark syra som katalysator. Förklara översiktligt varför syran behövs för att reaktionen ska kunna ske.

Svar: Den starka syran avger en proton/vätejon till karboxylsyrans dubbelbundna syreatom. Det kommer innebära att karboxylsyran omvandlas till en karbokatjon. Karbokatjoner är positivt laddade och därför kommer nu syret i alkoholens OH-grupp kunna attraheras av och reagera med den. En bindning uppstår därför mellan karboxylsyran/karbokatjonen och alkoholen. Utan den starka syran sker inte detta, vilket betyder att den behövs för att starta reaktionen.

- c) Beskriv ingående och steg för steg hur esterreaktionen går till.

Svar:

- **Karboxylsyran binder en proton:** Ett fritt elektronpar på karboxylsyrans dubbelbundna syreatom attraheras av protonen från en stark syra (ofta koncentrerad svavelsyra), attackerar och skapar en bindning till denna genom en **nukleofil attack**. Karboxylsyror avger i vanliga fall protoner (och tar inte upp dessa!), men den starka syran är mycket bättre än den svaga karboxylsyran på att avge protoner, så här vinner den starka syran "matchen" om att få avge en proton. Karboxylsyran blir därför mottagare av protonen i denna reaktion. När protonen fäster till syreatomen blir syreatomen positivt laddat eftersom syreatomen nu endast har 5 egna valenselektroner (eftersom den har "lånat ut" en elektron till väteatomen). Man säger att den "formella laddningen" är +1.
- **Karboxylsyran omvandlas till en karbokatjon:** Det partiellt positiva syret kommer nu attrahera 2 bindningselektroner från dubbelbindningen med kolatomen. Detta leder till att kolatomen förlorar elektroner och istället blir positivt laddat. Den formella laddningen på kolatomen är +1. 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 fått karboxylsyran aktiverad och redo för att reagera med alkoholen!
- **Alkoholmolekylen gör en nukleofil attack på karbokatjonen och en protonöverföring sker:** En alkoholmolekyl (metanol i det här exemplet) binder till karbokatjonen genom att ett fritt elektronpar på syreatomen i OH-gruppen attraheras av den positiva kolatomen, gör en **nukleofil attack**, och skapar en bindning till denna. Nu blir dock syreatomen positivt laddad eftersom den bara har 5 egna valenselektroner. Den formella laddningen på syreatomen är +1. Nu sker en protonöverföring 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.

## FACIT: REAKTIONSTYPER OCH REAKTIONSMEKANISMER

- **En vattenmolekyl avspjälkas:** När syret tar upp protonen blir syret positivt laddat eftersom den nu endast har 5 egna valenselektroner. Den formella laddningen på syreatomen är +1. Den positiva laddningen på syret kommer dra åt sig bindningselektronerna som sitter mellan kolet och syret vilket leder till att syret och de två väteatomerna (en vattenmolekyl) släpper. Kvar blir då återigen en positivt laddad karbokation.
- **En proton lossnar (katalysatorn återbildas) och vi har då fått vår färdiga ester:** Det positiva kolet drar åt sig elektroner från syret, vilket nu istället innebär att syret blir positivt laddat. 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 från syran) 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!