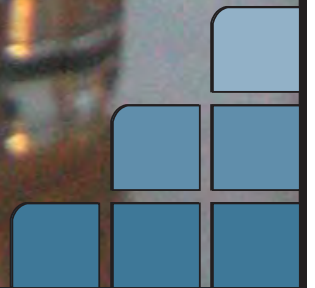
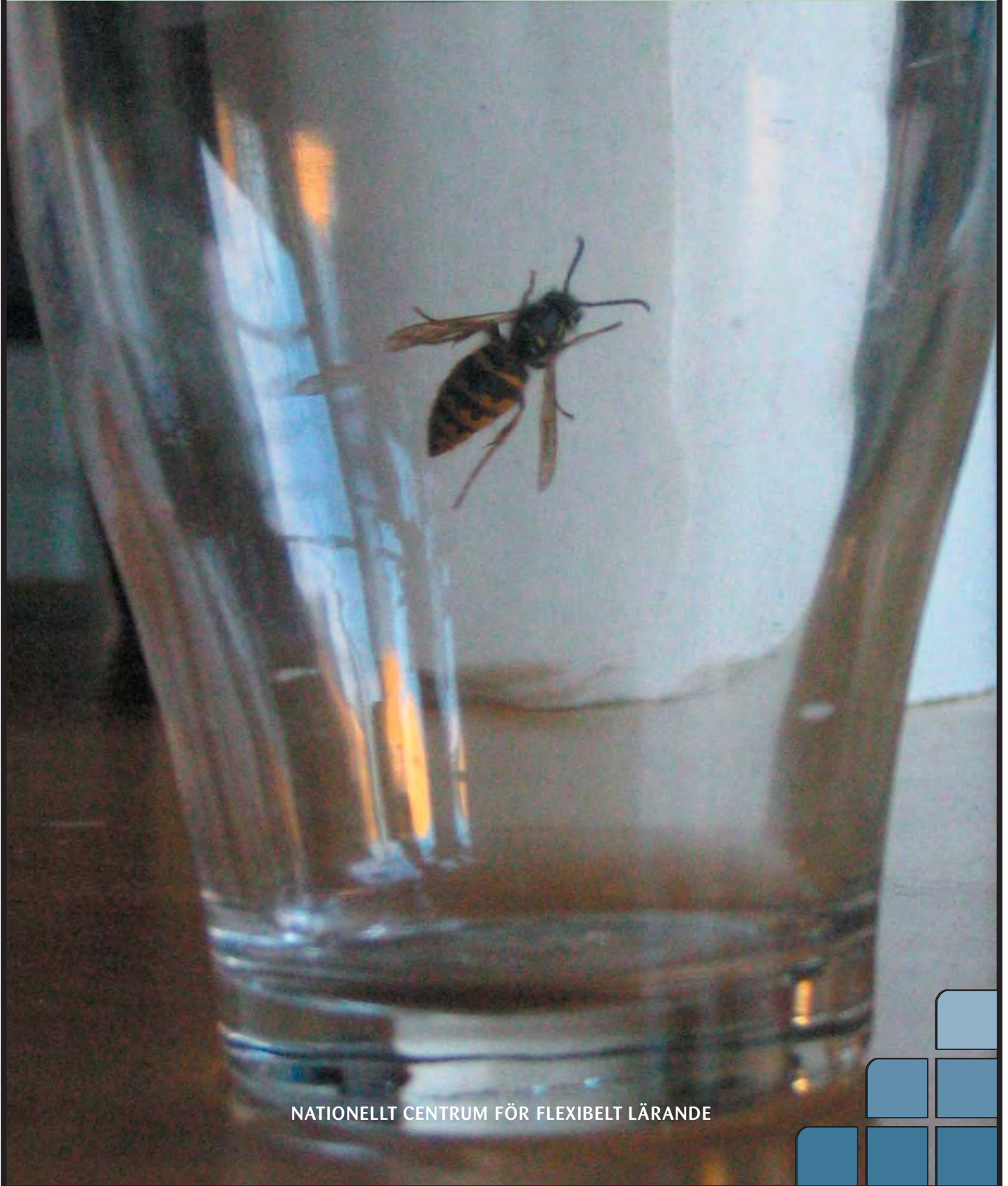


# Kemi B

NATURVETENSKAP



# Innehåll

## Allmänna råd och anvisningar

Välkommen.....	3
Mål och betygskriterier .....	5
Kursmaterial .....	7
Kursöversikt.....	8
Studietips .....	9
Litteraturtips .....	10
Internettips .....	10
Mall för laborationsrapport.....	11
Studieenhet 1 .....	13
Studieenhet 2.....	17
Studieenhet 3 .....	41
Studieenhet 4 .....	57
Studieenhet 5 .....	81
Studieenhet 6 .....	95
Svar och lösningar .....	97

CFL ansvarar inte för fortsatt uppdatering av kursmaterialet.  
Vuxenutbildare har full rättighet att återanvända materialet  
efter eget behov./09-2004

## Välkommen till studier i kursen

### Kemi B



Det är inte bara de här intressanta frågorna utan många fler som du får svar på då du läser Kemi B.

Kursen Kemi B vänder sig till dig som är intresserad och vill ha mer fördjupade kunskaper i kemi. Goda kunskaper i kemi behövs för att förstå kemins betydelse inom vardagsliv, industri och livsmiljö och kan ge de insikter som behövs för att du ska kunna ta ställning i viktiga samhällsfrågor.

Kemi B är den andra gymnasiekursen i kemi. Den omfattar 100 gymnasiepoäng och behandlar organisk kemi, biokemi och kemiska analysmetoder. I kursen studeras också kemisk reaktionshastighet och kemisk jämvikt.

## **Kursstart**

Kursen kan börja i och med att du fått denna studiehandledning och skaffat lärobok (se under "Kursmaterial"). Börja med att läsa den första delen av studiehandledningen dvs. de sidor som beskriver kursmaterial och ger kursöversikt och studietips.

Det är bra om du även läser igenom det som står i Skolverkets kursplan om målet med kursen innan du börjar studera. Genom att läsa betygskriterierna får du också veta vilka krav på kunskap som finns för de olika betygsnivåerna.

*Känn dig varmt välkommen!*

Vi hoppas att du kommer att trivas med att studera kemi på distans.

*Ur Skolverkets kursplan för Naturvetenskapsprogrammet*

## **Mål och betygskriterier**

Kurs: Kemi B

Kurskod: KE1202

Poäng: 100

### **Mål**

Mål som eleverna skall ha uppnått efter avslutad kurs

Eleven skall

ha förvärvat självständighet och vana vid laborativt arbete samt tillägnat sig förmåga att kritiskt granska och analytiskt behandla kemiska förlopp och egna mätresultat,

kunna förklara och tillämpa några vanliga analysmetoder samt kunna beskriva deras användningsområde och utveckling inom t.ex. sjukvård, miljöarbete, forskning och industri,

kunna tillämpa stökiometriska samband och utföra kemiska beräkningar,

ha kunskap om faktorer som påverkar en reaktions hastighet samt kunna diskutera och kvantitativt behandla kemisk jämvikt,

ha breddat sina kunskaper om olika organiska ämnesklasser, deras egenskaper, struktur och reaktivitet samt kunna diskutera principerna för några enkla organiska reaktionsmekanismer,

kunna schematiskt beskriva uppbyggnaden av och egenskaperna hos några biologiskt viktiga molekyler och beskriva de biokemiska huvuddragen i cellens metabolism och reproduktion,

ha fördjupat sina kunskaper inom några av kemins aktuella tillämpningsområden.

## **Betygskriterier**

### **Godkänd**

Eleven använder införda begrepp, modeller och formler för att beskriva företeelser och kemiska förlopp.

Eleven bidrar vid val av metoder och visar förtrogenhet och ansvar vid laborationer och undersökande uppgifter.

Eleven redovisar sina arbeten och medverkar i att tolka resultat och formulera slutsatser.

### **Väl godkänd**

Eleven kombinerar och tillämpar sina kunskaper i kemi för att belysa samband i vardagliga och vetenskapliga sammanhang.

Eleven medverkar vid val av metod och utformning av laborativa undersökningar.

Eleven bearbetar och utvärderar erhållna resultat utifrån teorier och ställda hypoteser och hanterar kemiska beräkningar med säkerhet.

### **Mycket väl godkänd**

Eleven integrerar sina kunskaper i kemi från olika delområden för att förklara fenomen i omvärlden.

Eleven tillämpar ett naturvetenskapligt arbetssätt, planerar och genomför undersökande uppgifter såväl teoretiskt som laborativt, tolkar resultat och värderar slutsatser samt bidrar med egna reflexioner.

Eleven analyserar och diskuterar problemställningar med stöd av kunskaper från olika delar av kemin.

## Kursmaterial

### Lärobok

Vi föreslår **Gymnasiekemi B**, författare Andersson, Sonesson, Stålhandske och Tullberg, Libers förlag.

Läroboksserien lämpar sig bra för distansstudier eftersom den är rik på illustrationer och har marginaltexter som framhäver det centrala i textavsnitten. Dessutom finns det så kallade utblickar som är intressanta artiklar om kemin i samhälle och forskning. I slutet av varje kapitel finns många övningar av varierande svårighetsgrad.

### Studiehandledning

Studiehandledningen är framtagen av Nationellt centrum för flexibelt lärande och ska hjälpa och vägleda dig under studierna.

Studiehandledningen tar upp frågeställningar och fakta som normalt kan ingå i en lärarledd lektion. Den hjälper dig genom att sammanfatta och belysa det mest väsentliga i kursen samt förtydliga sådant som läraren vet att de studerande brukar ha problem med.

Studiehandledningen är alltså lärarens röst men i tryckt form.

Denna studiehandledning är skriven på ett sådant sätt att man mycket väl kan ha glädje och nytta av studiehandledningen även om man hellre vill studera med hjälp av en annan kursbok än den vi föreslagit. Då måste man förstås bortse från de sidhänvisningar och tips om lämpliga uppgifter som finns i studiehandledningen.

## Laborationer

Som du läste i kursmålen lägger Skolverket tyngd vid laborationerna och de finns även omskrivna i betygskriterierna. För att du ska nå kursmålen men ändå behålla distansstudiernas frihet föreslås i denna kurs en kombination av hemlaborationer och laborationer i laborationsmiljö.

## Egen studieplanering

Att läsa på distans innebär att en stor del av ansvaret ligger på dig. Du måste själv göra en tidsplan. Glöm inte att ta hänsyn till datum för laborationer och prov när du gör din planering.

Du läser på eget ansvar men med hjälp av en studiehandledning och en distanslärare som du kan kontakta vid behov.

## Kursöversikt

Kemi B har sex olika studieenheter. I anslutning till dessa studieenheter finns studiearbeten som du ska lämnas läraren för kommentar. Detta gör du efter det att du läst och jobbat med de kapitel i läroboken som ingår i studieenheten.

Studieenhet	Innehåll	Kapitel i läroboken Gymnasiekemi B av Andersson m.fl.	Hemlaborationer och studiearbeten
1	Kemiska beräkningar	kap 2	Studiearbete 1
2	Kemisk reaktionshastighet Kemisk jämvikt Exempel på kemiska jämvikter <ul style="list-style-type: none"> <li>• Svaga syror/svaga baser</li> <li>• Löslighetsjämvikter</li> </ul>	kap 3-5	Hemlaboration 1A, 1B och 1C Studiearbete 2
3	Organisk kemi	kap 8-9	Hemlaboration 2 Studiearbete 3
4	Biokemi	kap 11-14 kap 15 (s. 298-301)	Hemlaboration 3A och 3B Studiearbete 4
5	Analytisk kemi	kap 6 (s. 104 -108) kap 10 kap 11 (s. 216, 234-235)	Hemlaboration 4A och 4B Studiearbete 5
6	Fördjupningsarbete (Betygsgrundande)		Studiearbete 6



## Här får du tips om hur du kan lägga upp dina studier

- **Börja med att ta reda på vilka av lärobokens kapitel som ingår i studieenheten.** Skaffa dig en överblick genom att läsa vad som står i studiehandledningen om studieenheten. Lagg särskilt märke till kursmålen. Därigenom vet du vad du ska kunna då du är klar med studieenheten.
- **Arbeta dig igenom lärobokens sidor.** Försök vara aktiv och reflekterande. Gör lärobokens uppgifter. Du får tips i läroboken om när det är lämpligt att göra de olika uppgifterna. Därefter gör du samma sak med de följande kapitlen i läroboken som ingår i den aktuella studieenheten.
- **Gå nu återigen till studiehandledningen och läs vad läraren skrivit om studieenheten.** Vad är centralt och vad bör du tänka extra på? De frågor som finns i studiehandledningen finns besvarade i läroboken. Ibland kanske du måste leta efter ett mer omfattande svar än det som står direkt i boken.
- **Repetera kapitlen** som ingår i studieenheten. Klarar du de kursmål som står i början av varje **studieenhet**?

### Eget kemilexikon

Studierna i kemi kommer att ge dig en mängd olika termer och begrepp. Många gånger kan det vara svårt att hantera allt detta. Ett bra sätt att få ordning på alla ”ord” är att göra en egen ordlista, där du skriver begreppet och en kortfattad beskrivning på vad det står för. Ett eget kemilexikon blir till god hjälp för dig. Du kan hitta en bra stomme till ett lexikon, på svenska, på Internet. Adressen är:

<http://www.anachem.umu.se/eks/glossary.htm>

## Litteraturtips

Vill du läsa mer eller tycker du att du vill ha en djupare förklaring av något speciellt begrepp eller ämnesområde?

I första hand kan du låna någon annan gymnasiekursbok på biblioteket eller använda ett vanligt uppslagsverk.

- Nummer 11 i uppslagsverket Focus heter Materien och den kan man ha god nytta av då man läser kemi.
- Gunnar Häggs ”Allmän och oorganisk kemi” är mycket innehållsrik.
- I boken ”Kemin i samhället” Andersson/Sonesson/Vannerberg från Libers förlag finns också intressant läsning.

## Internettips

På Skolverkets webbplats, [www.skolverket.se/](http://www.skolverket.se/) finns länkar till mycket intressant.

Kemilärarnas resurscentrum [www.krc.su.se](http://www.krc.su.se)

Kemifrämjandet, Kemikontoret, Svenska kemistsamfundet samt de olika universiteten ger också länktips.

På internetadressen [school.chem.umu.se/main.html](http://school.chem.umu.se/main.html)

hittar du bra länkar och dessutom presenteras flera trevliga experiment med diskuterande förklaringar. Analytisk kemi på Umeå universitet har en speciell avdelning kallad skolkemi [anachem.umu.se/](http://anachem.umu.se/) Där hittar du bland annat stommen till det kemilexikon som vi nämnde tidigare.

Du får också många träffar om du använder någon sökmotor och söker på olika kemibegrepp, exempelvis

[www.yahoo.se/Naturvetenskap\\_och\\_teknik/Kemi/](http://www.yahoo.se/Naturvetenskap_och_teknik/Kemi/)

*Lycka till med surfandet!*

**Ett gott råd – starta dina studier så snart du kan!** Forskning som gjorts kring distansstudier och avhopp visar tydligt att ju längre de studerande väntar desto större är risken att de inte kommer igång alls.

Börja idag!

## Mall för laborationsrapport

Det viktiga är inte alls att du skriver mycket utan att du försöker skriva en rapport på ett vetenskapligt sätt.

Använd därför följande rubriker då du redovisar dina laborationer.

### Rubrik

Sätt lämplig rubrik.

### Syfte

Identifiera syftet med laborationen. Vad ska undersökas?

### Teori

Ge här en teoretisk bakgrund till det som laborationen behandlar. Den som läser din laborationsrapport ska här kunna få lite bakgrundsinformation så att det blir lättare att förstå vad det hela handlar om.

### Metod

Här sammanfattar du kortfattat de metoder du utnyttjat, apparatur, teknik etc. En annan person ska kunna upprepa försöket med hjälp av din metodbeskrivning. Rita gärna en bild på försöksuppställningen. Observera att du ska redogöra för hur du utförde laborationen. Skriv i passiv form och i imperfekt.

(Exempelvis ”Vatten hälldes....”)

### Beräkningar

Här redovisas de mätfakta och beräkningar du gjort för att få fram resultatet. Kom ihåg att göra tydliga och snygga uppställningar.

### Resultat

Det resultat som erhållits redovisas under denna rubrik. Var kortfattad och försök göra redovisningen så lättläst och överskådlig som möjligt. Använd dig gärna av figurer och tabeller. Observera att du inte ska kommentera dina resultat här. Detta görs istället under nästa rubrik.

### Diskussion

Här får du kommentera och förklara dina resultat. Är resultaten förväntade eller ej? Stöder teorin de erhållna resultaten? Diskutera också tänkbara felkällor.



# Studieenhet 1

## Kemiska beräkningar

Gymnasiekemi B kapitel 2

---

### Inledning

Den första studieenheten handlar om kemiska beräkningar och är en fördjupning av de kunskaper du har från kurs A.

### Studieenhetens kunskapsmål

#### Skolverkets mål:

Eleven skall

- kunna tillämpa stökiometriska samband och utföra kemiska beräkningar

#### Konkreta mål:

##### Kemiska beräkningar

Du ska

- kunna utföra beräkningar med hjälp av reaktionsformeln
- kunna utföra beräkningar med annat utbyte än 100 %
- kunna utföra beräkningar med reaktant i överskott
- kunna utföra beräkningar med allmänna gaslagen
- kunna utföra beräkningar med användande av molvolymen
- känna till Daltons lag

Lämpliga övningsuppgifter: 2.1–2.6, 2.8-2.10, 2.12, 2.13, 2.16, 2.18-2.21, 2.23, 2.24

## Studiehjälp

### Kemiska beräkningar

Du gjorde redan i A-kursen en del kemiska beräkningar och nu är det dags att lära mer. Du kommer bland annat att lära dig ta hänsyn till molförhållanden mellan reaktanter och produkter och studera gaser mer ingående.

### Gaser och tryck

Gaser är speciella. De fyller alltid ut det kärl de är inneslutna i. Det är krångligt att väga gaser och därför används ofta tryck för att beskriva hur mycket gas som exempelvis finns i en gasflaska.

Ädelgaserna har atomen som minsta beståndsdel (de är "enatomiga gaser") medan övriga gaser består av fleratomiga molekyler. Grundämnen som är gaser vid rumstemperatur är tvåatomiga, t.ex. syre, väte, kväve och klor.

#### **Fundera på...**

Antag att du har en behållare, exempelvis en ballong vars volym du kan variera. I behållaren för du in en viss substansmängd vätgas dvs. ett visst antal vätemolekyler,  $H_2$ .

Fundera nu på hur trycket dvs. gaspartiklarnas kollisioner mot behållarens väggar kommer att påverkas om du ändrar vissa förutsättningar:

Vad händer med trycket om

- \* du höjer/sänker temperaturen?
- \* ökar/minskar behållarens volymen?
- \* ökar/minskar substansmängden gas?

Som du säkert kommit fram till är tryckets storlek beroende av tre storheter nämligen temperatur  $T$ , volym  $V$ , och substansmängd  $n$  (antalet partiklar).

Trycket  $P$  ökar om temperaturen ökar eller om volymen minskar eller om substansmängden ökar.

### Allmänna gaslagen

Detta leder fram till allmänna gaslagen,  $P \cdot V = n \cdot R \cdot T$ . Lär dig använda denna formel vid beräkningar. R står för allmänna gaskonstanten. Du hittar enhet och värde på R i lärobok och formelsamling.

Volymen och trycket ska anges i  $\text{m}^3$  respektive Pa eller  $\text{dm}^3$  respektive kPa. Temperaturen anges i enheten Kelvin förkortat K. Kelvinskalan har sin utgångspunkt i den absoluta nollpunkten, det vill säga  $-273,15 \text{ }^\circ\text{C}$ . Kelvingrader får du genom att addera 273 (egentligen 273,15) till temperaturen i Celsius- grader.

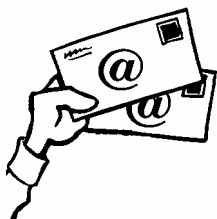
Exempel:  $20 \text{ }^\circ\text{C} = 273+20 = 293 \text{ K}$

### Ideala gaser

När man räknar på gaser antar man att alla gaser är ideala gaser dvs. att gasmolekylerna är punktformiga och att det inte finns några bindningar mellan gasmolekylerna. Enligt Avogadros lag har alla ideala gaser samma volymer om temperatur, tryck och gasernas substansmängder är lika.

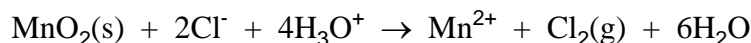
Använd allmänna gaslagen och beräkna volymen för en 1 mol av en gas vid temperaturen  $25 \text{ }^\circ\text{C}$  och trycket  $101300 \text{ Pa}$  (=normalt lufttryck).

Du finner att molvolymen för en gas vid dessa förhållanden är c:a  $24 \text{ dm}^3$ . Detta värde används ofta även om det inte gäller exakt i verkligheten eftersom gaser inte är "ideala".



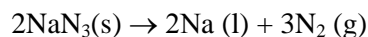
## Studiearbete 1

1. Vid reaktionen



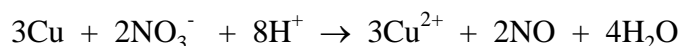
bildas som du ser manganjoner och klor. Hur många  $\text{dm}^3$  klorgas vid  $25^\circ\text{C}$  och  $100\text{ kPa}$  bildas av  $200\text{ g MnO}_2$ ?

2. För att ge bilförare ett bättre skydd har man börjat förse bilar med ”air bags”, krockkuddar. Denna skyddsutrustning består av tre delar: en uppblåsbar kudde (i rattcentrum), en gasgenerator och en krocksensor. Gasgeneratoren innehåller ett ämne som heter natriumazid och har formeln  $\text{NaN}_3$ . Om detta ämne upphettas kraftigt faller det sönder i en oerhört snabb reaktion:



När sensorn registrerar en krock, utlöses reaktionen genom en gnisturladdning. Den utvecklade kvävgasen blåser upp kudden. Allt sker så snabbt att kudden är fylld efter  $0,025\text{ s}$ . Kvävgasen skall fylla en kudde, som har volymen  $60\text{ dm}^3$ . Trycket i kudden skall bli  $120\text{ kPa}$  och gasens temperatur antas bli  $40^\circ\text{C}$ . Beräkna massan natriumazid som finns i krockkudden.

3. Koppar reagerar med varm utspädd salpetersyra i överskott enligt reaktionsformeln



Beräkna hur många gram kväveoxid det bildas då  $2,52\text{ g}$  koppar reagerar om utbytet är  $78\%$ .

4. Vilken volym svavelsyra med koncentrationen  $0,20\text{ mol/dm}^3$  behövs för att neutralisera  $38,5\text{ cm}^3$   $0,15\text{ mol/dm}^3$  NaOH-lösning?

Lycka till!



# Studieenhet 2

## Kemisk reaktionshastighet Kemisk jämvikt

Gymnasiekemi B kapitel 3 – 5

---

### Inledning

Den här studieenheten handlar om kemisk reaktionshastighet och kemisk jämvikt. Du kommer bl.a. att lära dig vilka olika faktorer som påverkar hastigheten på en kemisk reaktion och du får dessutom lära dig principen bakom jämviktsreaktioner.

### Studieenhetens kunskapsmål

#### Skolverkets mål:

Eleven skall

- ha kunskap om faktorer som påverkar en reaktions hastighet samt kunna diskutera och kvantitativt behandla kemisk jämvikt

#### Konkreta mål:

##### Kemisk reaktionshastighet:

Du

- ska kunna ange och ge en förklaring till olika faktorer som påverkar reaktionshastigheten för en kemisk reaktion.
- ska också veta vad en katalysator har för inverkan på en kemisk reaktion och du kan principen för en katalysators verkningsätt.
- känner till begreppet aktiveringsenergi.

Lämpliga övningsuppgifter: 3.1-3.4

### **Kemisk jämvikt:**

Du

- har förståelse för vad som menas med en dynamisk jämvikt och jämviktsförskjutningar.
- kan med givna förutsättningar ange hur en jämvikt påverkas av koncentrationsändring, tryckändring och temperaturändring.
- kan också utföra beräkningar på jämvikter och kan avgöra om jämvikt råder eller ej genom att studera koncentrationkvoten.

Lämpliga övningsuppgifter: 4.1, 4.3-4.10, 4.12, 4.13, 4.15, 4.17, 4.19-4.21

### **Syror och baser**

Du

- känner till begreppen stark syra, svag syra och kan relatera begreppen till  $K_a$ ,  $K_b$  och  $K_w$ .
- vet skillnaden mellan titrerkurvans utseende när en stark respektive svag syra titreras med en stark bas.
- kan beräkna  $K_a$  och  $K_b$  i en lösning med känd koncentration och känt pH.
- kan beräkna pH i lösningar av starka syror, svaga syror, baser och i blandningar.
- kan bedöma, eventuellt beräkna, pH i vattenlösningar av salter.
- kan skriva protolysformler för salter.

Lämpliga övningsuppgifter: 5.1-5.6, 5.8, 5.9, 5.11, 5.12, 5.14-5.21, 5.23, 5.25

## Studiehjälp

### Kemisk reaktionshastighet

*Vilka faktorer påverkar en reaktions hastighet och varför?*

Reaktionshastigheten ökar om koncentrationerna ökar. Det finns då större chans till kollisioner eftersom antalet reagerande partiklar (atomer, joner eller molekyler) är större. Reaktionshastigheten ökar också om temperaturen höjs. Det beror på att partiklarna i ämnet rör sig fortare då och chansen att de krockar blir större.

En katalysator höjer reaktionshastigheten eftersom katalysatorn möjliggör en reaktionsväg som har lägre aktiveringsenergi än reaktionen utan katalysator.

I en reaktion mellan två ämnen som är i olika aggregationstillstånd, exempelvis ett fast ämne (metall) och en vätska (syra), ökar reaktionshastigheten också om kontaktytan ökar det vill säga metallen får reagera i pulverform.

### Kemisk jämvikt

Du har tidigare, i kursen Kemi A, studerat och gjort beräkningar på kemiska reaktioner där ett eller flera av de reagerande ämnena förbrukats helt. Nu kommer du att studera reaktioner som ställer in sig i ett stabilt läge utan att någon av reaktanterna förbrukats helt. Sådana reaktioner kallas jämviktsreaktioner.

I jämviktsreaktioner återstår alltså en del av de reagerande ämnena tillsammans med nybildade produkter då reaktionen ser ut att ha avstannat. Men i verkligheten är reaktionshastigheten lika stor åt båda hållen. En kemisk reaktion som leder till jämvikt förses därför med reaktionspil som pekar både åt höger och vänster. Det innebär att koncentrationerna av reaktanter och produkter vid jämvikt är konstant.

*Vad innebär egentligen jämviktsekvationen?*

Vi skrev tidigare att vid jämvikt är reaktionshastigheten åt höger lika stor som reaktionshastigheten åt vänster och koncentrationerna av ämnena ändras alltså inte. Detta gör att det finns ett matematiskt samband mellan ämnens koncentrationer, den så kallade jämviktsekvationen eller massverkans lag (Guldberg-Waages lag). Formeln hittar du i din lärobok och i formelsamlingen.

Formeln säger inget om hur mycket det finns av varje ämne vid jämvikt, utan bara förhållandet mellan jämviktsblandningens koncentrationer. Hur mycket det finns av varje ämne vid jämvikt beror förstås på hur mycket man startade med av respektive ämne och dessutom på temperaturen. Det finns ett givet värde på jämviktskonstanten för varje jämviktsreaktion vid varje temperatur. Så länge temperaturen är konstant, behåller jämviktskonstanten sitt värde.

*Hur kan man ta reda på om det råder jämvikt eller inte?*

Om man känner till jämviktskonstanten för en reaktion och har värden på koncentrationerna kan man kontrollera om jämvikt råder eller inte. Detta gör man genom att sätta in de värden man har på koncentrationerna i jämviktsformeln. Man räknar då ut koncentrationskvoten förkortat  $Q$ . Om värdet på  $Q = K$  är systemet i jämvikt om inte kommer reaktionen att gå vidare till dess att jämvikt råder. Är  $Q < K$  måste det bildas mer av de ämnen som står till höger om pilen innan jämvikt råder men om  $Q > K$  måste koncentrationen av ämnena till vänster öka för att jämvikt ska uppnås.

I en av hemlaborationerna får du se vad som händer då man påverkar ett jämviktssystem, man brukar säga att man "stör" jämvikten. Det du kommer att märka då är att en ny jämvikt alltid ställer in sig och att det nya jämviktsläget är förskjutet i förhållande till det gamla. Det är förskjutet på så sätt att förändringen motverkas. Detta är Le Chateliers princip. Glöm inte att jämviktskonstantens värde är oförändrad. Temperaturen har ju inte ändrats.

I läroboken har du flera exempel på hur man löser olika typer av jämviktsproblem.

Det händer att jämviktsproblemen leder fram till att en andragradsekvation måste lösas. Enklast löser du den om det är möjligt att ta kvadratroten ur båda leden och sedan gå vidare med de två rötterna. Bara ett av svaren (rötterna) är rimligt. Ibland måste du dock lösa en fullständig andragradsekvation. Formeln för den hittar du i formelsamlingen. Tänk efter vilken av dina rötter som är rimlig. Ett negativt värde på en substansmängd är omöjligt.

## Resonerande exempel på jämviktsproblem

### Exempel 1

Vi tänker oss att vi blandar  $6,14 \cdot 10^{-4}$  mol vätgas och  $4,94 \cdot 10^{-4}$  mol jodgas i en behållare. Dessa två gaser kommer att reagera med varandra och bilda vätejodid.

I början är koncentrationerna av väte och jod stora och reaktionshastigheten för bildandet av vätejodid är också stor. (Reaktionshastigheten är ju koncentrationsberoende). Men hastigheten för bildandet av vätejodid avtar allteftersom koncentrationerna av väte och jod minskar. Däremot kommer reaktionshastigheten för den omvändbara reaktionen, sönderfall av vätejodid som är noll från början att öka allteftersom koncentrationen av vätejodid ökar.

Gasblandningen upphettas till  $458\text{ °C}$  och då jämvikt inställt sig (det vill säga då reaktionshastigheten för bildandet av vätejodid är lika stor som reaktionshastigheten för sönderfallet av vätejodid till jod och väte) finner man att det bildats  $8,44 \cdot 10^{-4}$  mol vätejodid.

Bestäm nu värdet på jämviktskonstanten för bildandet av vätejodid vid  $458\text{ °C}$ .

Lösning: Det är praktiskt att redovisa med ett schema så här:

<b>Reaktionsformeln:</b>	$\text{H}_2(\text{g})$	+	$\text{I}_2(\text{g})$	$\leftrightarrow$	$2\text{HI}(\text{g})$
<b>Mängdförhållande:</b>	1 mol $\text{H}_2$		1 mol $\text{I}_2$		2 mol HI
<b>Substansmängd från början:</b>	$6,14 \cdot 10^{-4}$ mol		$4,94 \cdot 10^{-4}$ mol		0 mol
<b>Ändring av substansmängd:</b>	minskar med $4,22 \cdot 10^{-4}$ mol		minskar med $4,22 \cdot 10^{-4}$ mol		ökar med $8,44 \cdot 10^{-4}$ mol
<b>Substansmängd vid jämvikt:</b>	$(6,14 \cdot 10^{-4} - 4,22 \cdot 10^{-4})$ mol		$(4,94 \cdot 10^{-4} - 4,22 \cdot 10^{-4})$ mol		$(0 + 8,44 \cdot 10^{-4})$ mol
<b>Koncentration vid jämvikt (mol/dm<sup>3</sup>):</b>	$\frac{1,92 \cdot 10^{-4}}{\text{Volymen}}$		$\frac{0,72 \cdot 10^{-4}}{\text{Volymen}}$		$\frac{8,44 \cdot 10^{-4}}{\text{Volymen}}$

Jämviktsekvationen för bildandet av vätejodid är:  $\frac{[HI]^2}{[H_2] \cdot [I_2]} = K$

Då ovanstående värden sätts in i ekvationen får vi:  
Volymen kan förkortas bort.

Jämviktkonstanten är 51,5.

K har i detta fall ingen enhet eftersom divisionen ”förkortar bort” alla enheter. Svar: K = 51,5.

$$\frac{\left[ \frac{8,44 \cdot 10^{-4}}{\text{Volymen}} \right]^2}{\left[ \frac{1,92 \cdot 10^{-4}}{\text{Volymen}} \right] \cdot \left[ \frac{0,72 \cdot 10^{-4}}{\text{Volymen}} \right]}$$

### Exempel 2

I en tom behållare med volymen 5,0 dm<sup>3</sup> införs 3,0 mol karbonylklorid COCl<sub>2</sub>.

Behållaren upphettas till 1000 K och jämvikten

COCl<sub>2</sub> (g) → CO (g) + Cl<sub>2</sub> (g) ställer in sig.

Jämviktskonstantens värde för denna reaktion vid 1000 K är 0,329 mol/dm<sup>3</sup>.

Bestäm substansmängden av klor, kolmonoxid och karbonylklorid i behållaren då jämvikten ställt in sig.

Det ögonblick då reaktionen startar har vi bara karbonylklorid i behållaren men då jämvikt ställt in sig har en del karbonylklorid gått åt eftersom det har bildats kolmonoxid och klor.

Vi antar att det bildats x mol klorgas då jämvikten ställt in sig. Då måste det även ha bildats x mol kolmonoxid. Det ser du av reaktionsformeln.

1 mol karbonylklorid sönderfaller ju till 1 mol kolmonoxid och 1 mol klorgas.

**Reaktions-  
formeln:**



**Mängdförhållande:** 1 mol COCl<sub>2</sub>                      1 mol CO                      1 mol Cl<sub>2</sub>

**Substansmängd  
från början:**

3,0 mol                      0 mol                      0 mol

**Ändring av  
substansmängd:**

minskar med                      ökar med                      ökar med  
x mol                      x mol                      x mol

**Substansmängd  
vid jämvikt:**

(3,0 - x) mol                      x mol                      x mol

**Koncentration  
vid jämvikt:**

$\frac{3,0-x}{5,0} \text{ mol} / \text{dm}^3$                        $\frac{x}{5,0} \text{ mol} / \text{dm}^3$                        $\frac{x}{5,0} \text{ mol} / \text{dm}^3$

Jämviktsekvationen för bildandet av kolmonoxid och klor (temperaturen 1000 K).

$$K = \frac{[CO] \cdot [Cl_2]}{[COCl_2]} = 0,329$$

Då ovanstående värden sätts in i formeln får vi en ekvation att lösa.

$$\frac{\left[ \frac{x}{5,0} \right] \cdot \left[ \frac{x}{5,0} \right]}{\left[ \frac{3,0 - x}{5,0} \right]} = 0,329$$

$$\left[ \frac{x}{5,0} \right]^2 = 0,329 \cdot \left[ \frac{3,0 - x}{5,0} \right]$$

$$\frac{x^2}{5,0} = 0,987 - 0,329x$$

$$x^2 = 5,0 \cdot (0,987 - 0,329x)$$

$$x^2 + 1,645x - 4,935 = 0$$

Ekvationen löses med hjälp av formeln för fullständig lösning av andragradsekvationer. *Se formelsamlingen.*

$$x = -0,8225 \pm \sqrt{0,6765 + 4,935}$$

$$x = -0,8225 \pm 2,379$$

$$x_1 = 1,56$$

( $x_2 = -3,20$ ) Denna rot förkastas eftersom värdet är orimligt.

Substansmängden klorgas och kolmonoxid är vid jämvikt 1,56 mol medan substansmängden karbonylklorid är (3,0-1,56) mol = 1,44 mol.

Svar: Substansmängderna klorgas och kolmonoxid är vid jämvikt 1,6 mol vardera och substansmängden karbonylklorid är 1,4 mol.

(Svaret anges med två siffror eftersom det finns storheter i uppgiften som anges med endast två siffrors noggrannhet.)

## Några exempel på vanliga jämvikter

### Syror och baser

Du har redan lärt dig grunderna om syror och baser i kursen Kemi A. Nu är det dags att bygga vidare.

**FUNDERA PÅ...**

Hur är kopplingen mellan definitionerna av en syra respektive bas och begreppet syra-baspar?

En syra definieras, enligt Brönstedt, som ett ämne som kan avge protoner och en bas är ett ämne som kan ta upp protoner. Detta leder fram till att ett syra-baspar utgörs av två ämnen som kan övergå i varandra genom att ta upp respektive avge en proton.  
Syra  $\leftrightarrow$  Bas + proton

**FUNDERA PÅ...**

Vad menas med en protolys?

En reaktion där protoner övergår från ett ämne till ett annat kallas protolys.

Ett exempel på protolys är  $\text{HCOOH} + \text{H}_2\text{O} \leftrightarrow \text{HCOO}^- + \text{H}_3\text{O}^+$ .  
Protoner övergår från myrsyra till vatten.

Formiatjonen,  $\text{HCOO}^-$  är den korresponderande basen till myrsyra medan myrsyra är den korresponderande syran till basen, formiatjon. Oxoniumjonen och vatten är det andra syrabasparet i reaktionen.

I formelsamlingen hittar du, i tabellen ”syra-bas konstanter”, många syra-baspar.

**FUNDERA PÅ...**

Vad är det för speciellt med en amfolyt?

Amfolyter är ämnen som kan fungera både som syra och bas. Det är omgivningen som avgör vilken roll amfolyten får. Den vanligaste amfolyten är vatten.

Vattenmolekylernas dubbla roller gör att vatten kan protolysera sig själv, autoprotolyseras. Somliga vattenmolekyler agerar då som syra medan andra är bas.



**FUNDERA PÅ...**

Vad står begreppen pH och pOH för och hur kan de beräknas?

Vad är skillnaden mellan en svag och en stark syra (eller bas) och vad händer då en syra (bas) protolyseras?

En stark syra protolyseras fullständigt i en vattenlösning medan en svag syra bara protolyseras till en viss del då den löses i vatten. Det innebär att i en flaska med en vattenlösning av den starka syran salpetersyra finns bara nitratjoner och oxoniumjoner eftersom alla salpetersyramolekyler avgivit sina protoner till vattenmolekyler och bildat joner (oxoniumjoner och nitratjoner).

En flaska med vattenlösning av den svaga syran myrsyra innehåller däremot myrsyramolekyler förutom formiatjoner och oxoniumjoner. Protolysreaktionen i detta fall är en jämviktsreaktion och jämviktslagen gäller precis som för alla andra jämvikter. Det finns alltså ett matematiskt samband mellan de ingående partiklarnas koncentrationer. Det är här begreppet syrakonstant kommer in.

En syras syrakonstant är ett mått på hur stor del av den svaga syrans molekyler som protolyseras i en vattenlösning. Ju större värde på syrakonstanten en svag syra har desto mer protolyserad är den svaga syran. De starka syrorna har oändligt stora värden på sina syrakonstanter. Syrakonstanter för starka syror finns därför inte upptagna i tabeller. Liknande gäller för svaga och starka basers baskonstanter.

Om du ska bestämma pH-värdet i en lösning av en svag syra eller en svag bas måste du studera ämnets protolysreaktion.

*Exempel på hur pH-värdet i en svag syra beräknas:*

Detta exempel gäller den svaga syran ättikssyra och beskriver hur man resonerar då man beräknar pH-värdet i en ättikssyralösning som har koncentrationen  $0,1 \text{ mol/dm}^3$ .

Det ögonblick då reaktionen startar har vi bara ättikssyra med koncentrationen  $0,1 \text{ mol/dm}^3$  i bägaren. Men då jämvikt ställt in sig har antalet ättikssyramolekyler minskat eftersom en del av dem protolyserats. Oxoniumjoner och acetatjoner har bildats.

Vi antar att koncentrationen av oxoniumjoner är  $x \text{ mol/dm}^3$  då jämvikten ställt in sig. Då måste även koncentrationen av acetatjoner vara  $x \text{ mol/dm}^3$ . Det ser man av reaktionsformeln.

1 mol ättikssyra omvandlas ju enligt formeln till 1 mol oxoniumjoner och 1 mol acetatjoner. (Vattnets koncentration ingår i syrakonstantens värde.)  
Ställ upp uppgifter av denna typ så här:



**Molförhållande:** 1 mol  $\text{CH}_3\text{COOH}$       1 mol  $\text{H}_3\text{O}^+$       1 mol  $\text{CH}_3\text{COO}^-$

**Koncentration från början:** 0,1 mol/dm<sup>3</sup>      0 mol/dm<sup>3</sup>      0 mol/dm<sup>3</sup>

**Ändring av koncentration:** minskar med  $x$  mol/dm<sup>3</sup>      ökar med  $x$  mol/dm<sup>3</sup>      ökar med  $x$  mol/dm<sup>3</sup>

**Koncentration vid jämvikt:** (0,1 -  $x$ ) mol/dm<sup>3</sup>       $x$  mol/dm<sup>3</sup>       $x$  mol/dm<sup>3</sup>

**Jämviktsekvationen:** 
$$\frac{[\text{H}_3\text{O}^+] \cdot [\text{CH}_3\text{COO}^-]}{[\text{CH}_3\text{COOH}]} = K_a$$

I formelsamlingen ser man att  $K_a$  för ättikssyra är  $1,8 \cdot 10^{-5}$  mol/dm<sup>3</sup>

Då ovanstående värden sätts in i formeln får vi en ekvation att lösa.

$$\frac{(x) \cdot (x)}{(0,1 - x)} = 1,8 \cdot 10^{-5}$$

$$x^2 = 1,8 \cdot 10^{-5} \cdot (0,1 - x)$$

$$x^2 = 1,8 \cdot 10^{-6} - 1,8 \cdot 10^{-5} x$$

$$x^2 + 1,8 \cdot 10^{-5} x - 1,8 \cdot 10^{-6} = 0$$

Löses med hjälp av formeln för fullständig lösning av andrags-ekvationer. Har du glömt formeln, titta i formelsamlingen.

$$x = -0,9 \cdot 10^{-5} \pm \sqrt{8,1 \cdot 10^{-11} + 1,8 \cdot 10^{-6}}$$

$$x = -0,9 \cdot 10^{-5} \pm 1,34 \cdot 10^{-3}$$

$$x = 1,34 \cdot 10^{-3}$$

Ekvationen har två rötter (svar) men den negativa roten förkastas eftersom en koncentration inte kan ha ett negativt värde.

$$\text{pH} = -\log 1,34 \cdot 10^{-3}$$

$$\text{pH} = 2,87$$

Svar: pH-värdet i 0,1 mol/dm<sup>3</sup> ättiksyra är 2,9.

OBS. pH-beräkningar skall alltid bara besvaras med en decimal. Det är nämligen så att syrakonstanterna är inga riktiga konstanter. De ändrar värde med jonkoncentrationen i lösningen, varför ett fel uppkommer redan i första decimalen på det beräknade pH-värdet.

### Alternativ lösning

Andragradsekvationen ovan kan lösas på en mycket enklare sätt:

$$\frac{x^2}{0,1 - x} = 1,8 \cdot 10^{-5}$$

Antag att  $x \ll 0,1$  (tecknet  $\ll$  betyder mycket mindre än) Detta antagande kan oftast göras eftersom vätejonkoncentrationen ( $x$  mol/dm<sup>3</sup>) i en svag syra är mycket mindre än syrans totalkoncentration (i detta fall 0,1 mol/dm<sup>3</sup>).

Då gäller att  $(0,1 - x) \approx 0,1$  och ekvationen förenklas till

$$\frac{x^2}{0,1} = 1,8 \cdot 10^{-5}$$

$$x^2 = 1,8 \cdot 10^{-5} \cdot 0,1$$

$$x = \pm \sqrt{1,8 \cdot 10^{-6}}$$

$$x = 1,34 \cdot 10^{-3}$$

$$\text{pH} = 2,9$$

Denna senare lösningsmetod duger för de problem som Du kan få under kursen.

Övning 1. Beräkna pH i en 0,012 mol/dm<sup>3</sup> citronsyralösning

Övning 2. Man löser 2,05 g NH<sub>4</sub>Cl i vatten och späder så att lösnings volym blir 1 dm<sup>3</sup>. Beräkna lösningens pH.

Svar och lösningar till dessa övningar hittar du längst bak i studiehandledningen.

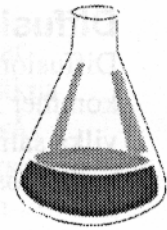
## Buffert

Det är viktigt att du förstår principen för hur ett buffertsystem verkar. Buffertförmågan beror på ett samspel mellan en svag syra och en svag bas. Genom att utnyttja dina kunskaper om jämviktsreaktioner kan du räkna ut pH-värdet i en buffertlösning om du vet koncentrationen av de två samverkansparterna, dvs. syran och dess korresponderande bas.. De hjälps åt och kan på så sätt neutralisera både surt och basiskt men bara till en viss mängd.

Läs också om naturens buffertsystem och hur dessa på vissa platser håller på att sättas ur spel.

Vill du veta mer om försurningens effekter kan du hitta intressant läsning i biologi- och miljöböcker.

Till denna hemlaboration behöver du särskilt laborationsmaterial.



## Hemlaboration 1A med facit

### Kemisk reaktionshastighet

#### FÖRSÖK 1

---

##### Materiel

12 brunnarsplatta, provrör med hållare, kastrull med c:a 80 gradigt vatten, termometer, pipett med 1 mol/dm<sup>3</sup> HCl, pipett med 0,5 mol/dm<sup>3</sup> HCl, zinkbitar och zinkpulver.

##### Utförande

Tillsätt ingredienser enligt följande:

Brunn 1: 1 mol/dm<sup>3</sup> HCl och zinkbitar

Brunn 2: 1 mol/dm<sup>3</sup> HCl och zinkpulver

Brunn 3: 0,5 mol/dm<sup>3</sup> HCl och zinkpulver

Fyll också ett provrör till hälften med 1 mol/dm<sup>3</sup> HCl, lägg i några zinkbitar och värm provöret i kastrullen med varmvatten

*Vilken slutsats drar du av dina experiment?*

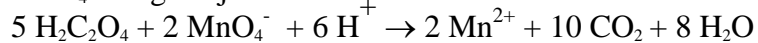
##### Risakanalys

Saltsyran är frätande. Använd skyddsglasögon!

#### FÖRSÖK 2

---

Oxalsyra H<sub>2</sub>C<sub>2</sub>O<sub>4</sub> reagerar i sur lösning med permanganatjoner MnO<sub>4</sub><sup>-</sup> enligt följande reaktionsformel:



Permanganatjonen MnO<sub>4</sub><sup>-</sup> är färgad. Övriga reagerande ämnen och reaktionsprodukter är färglösa. Tiden för avfärgning av permanganatlösningen är därför ett mått på reaktionshastigheten.

##### Uppgift

Att undersöka hur reaktionshastigheten kan påverkas.

### Materiel

12 brunnarsplatta, tidtagarur (klocka med sekundvisare), pipetter med  $0,2 \text{ mol/dm}^3$  oxalsyra,  $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ ,  $0,5 \text{ mol/dm}^3 \text{ H}_2\text{SO}_4$ ,  $0,02 \text{ mol/dm}^3 \text{ KMnO}_4$ , samt  $\text{MnSO}_4(\text{s})$

### Risikanalyt

Sedvanlig försiktighet ska iakttas vid hantering av syror, i detta fall svavelsyra och oxalsyra. Se upp för stänk och behåll skyddsglasögonen på! Kaliumpermanganat ger fläckar. Torka upp allt spill omedelbart.

### Utförande

Ställ brunnplattan på ett vitt papper. Fyll 2 av brunnarna (A och B) med 15 droppar  $0,5 \text{ mol/dm}^3 \text{ H}_2\text{SO}_4$  och tillsätt därefter 3 droppar  $0,2 \text{ mol/dm}^3 \text{ H}_2\text{C}_2\text{O}_4$  i vardera brunn. Rör om.

**A.** Tillsätt i brunn A: 2 droppar  $0,02 \text{ mol/dm}^3 \text{ KMnO}_4$ . Rör om. Mät tiden från blandningsögonblicket till dess att lösningen är avfärgad.

En del av oxalsyran i brunn A har nu förbrukats. Tillsätt ytterligare 5 droppar kaliumpermanganatlösning till brunn A och mät tiden för avfärgning.

**B.**

Lös i brunn B en knivsudd (en ytterst liten mängd) kristaller av saltet  $\text{MnSO}_4$ , mangan(II)sulfat. Tillsätt därefter 5 droppar  $0,02 \text{ mol/dm}^3 \text{ KMnO}_4$  och mät tiden för avfärgning.

### Resultat

Genom försök 1 har du sett att reaktionshastigheten ökar då koncentrationen ökar. I vilket av försöken i brunn A var koncentrationen av oxalsyra störst? I vilken av dessa försök borde reaktionen gått snabbast? Gjorde den det?

Genom att jämföra det första försöket i brunn A med det i brunn B kan du hitta förklaringen till det resultat du fick andra gången i brunn A. Vilket ämne har du satt till brunn B men ej till brunn A? Den positiva jonen i detta ämne påskyndar reaktionen. Vad kallas ämnen med sådana egenskaper?

Studera också reaktionsformeln för reaktionen mellan oxalsyra och permanganatjon. Förklara med ledning av reaktionsformeln och försöket i brunn B varför det andra försöket i brunn A gick snabbare än det första.

*Vilka faktorer kan påverka en reaktions hastighet?*



**Till denna hemlaboration behöver du särskilt laborationsmaterial.**

## Hemlaboration 1B med facit

### Förskjutning av jämviktsläget

#### Materiel

Fem pipetter med olika kemikalier (se nedan) och en tom pipett. Du behöver också ett provrör, en liten 6-brunnars platta samt två plastbitar som kan fungera som omrörare.

- $0,1 \text{ mol/dm}^3$  järn(III)nitratlösning  $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$
- $0,1 \text{ mol/dm}^3$  kaliumtiocyanatlösning  $\text{KSCN}$
- $0,1 \text{ mol/dm}^3$  silvernitratlösning  $\text{AgNO}_3$
- $0,1 \text{ mol/dm}^3$  dinatriumvätefosfatlösning  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$
- destillerat vatten

#### Risikanalyt

Silvernitratt ger mörka fläckar som är svåra att få bort. Silvernitratt och kaliumtiocyanat är gifter. Skyddsglasögon och allmän försiktighet rekommenderas.

## Teori

Den här laborationen går ut på att du ska studera vad som händer då du ”stör” en jämviktsreaktion.

Det jämviktssystem som du ska studera är



Reaktionen är mycket lämplig att använda i detta sammanhang på grund av att jämvikten ställer in sig momentant och färgen på jämviktsblandningen ändrar sig då jämviktsläget förskjuts.

Det är viktigt att du har klart för dig vad en jämvikt är innan du börjar laborera och att du vet att en jämviktsreaktion alltid ställer in sig så att den uppfyller jämviktsvillkoret. Det betyder att kvoten mellan produkterna av koncentrationerna på höger sida och produkterna av koncentrationerna på vänster sida alltid är lika med värdet på jämviktskonstanten.

Värdet på jämviktskonstanten är alltid detsamma så länge inte temperaturen ändras. Endast genom temperaturändring får jämviktskonstanten ett nytt värde.

Då man stör en jämvikt förskjuts alltid jämvikten så att förändringen motverkas.

I den reaktion som du ska studera kommer färgen att bli rödare då jämviktsläget förskjuts åt höger, mer  $\text{FeSCN}^{2+}$  bildas. Men då jämviktsläget förskjuts åt vänster, dvs. mer  $\text{Fe}^{3+}$  och  $\text{SCN}^-$  bildas, blir färgen ljusare.

## Förberedelser

Börja med att göra den jämviktsblandning som du senare ska störa. Jämviktsblandningen gör du genom att blanda 2 droppar  $0,1 \text{ mol/dm}^3$  järn(III)nitratlösning,  $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$ , och 2 droppar  $0,1 \text{ mol/dm}^3$  kaliumtiocyanatlösning,  $\text{KSCN}$ , i provröret och därefter späda ut med vatten så att 3/4 av provröret är fyllt. Jämvikten ställer in sig momentant.

Fördela därefter jämviktsblandningen i de sex små brunnarna.

Brunnarna blir ungefär halvfulla och det är lagom.

Markera på något sätt de olika brunnarna A-F.

Den sista brunnen F ska du inte göra något med. Den är en jämförelselösning som används under hela laborationen för att se hur färgen förändras.



**Inledande uppgifter**

1. Vilka partikelslag – förutom vattenmolekyler – finns i jämviktsblandningen?

2. Studera jämviktsreaktionen



Teckna jämviktsvillkoret för reaktionen och bestäm enhet för jämviktskonstanten.

### Genomförande och frågeställningar som ska besvaras

- A. Tror du att lösningens färg kommer att bli ljusare, mörkare eller vara oförändrad om du tillsätter lite  $\text{Fe}^{3+}$ -joner (järn(III)nitratlösning,  $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$ ) till lösningen i brunn A? Skriv ner ditt svar och motivera det.

Tillsätt två droppar järn(III)nitratlösning till brunn A. Iaktta lösningens färg och anteckna ev. färgändringar. Jämför med det svar du skrev nyss.

Redogör för det som hände med jämviktsläget då du tillsatte järn(III)nitratlösningen.

- B. Vad tror du kommer att hända med lösningens färg om du tillsätter lite kaliumtiocyanatlösning, KSCN till brunn B? Skriv ner och motivera ditt svar.

Tillsätt sedan två droppar kaliumtiocyanatlösning till brunn B och se efter vad som händer. Anteckna och jämför det med det svar du nyss skrev. Förklara vad som hände med jämvikten när du tillsatte kaliumtiocyanatlösningen.

- C. Silverjoner bildar en vit, svårslöslig fällning med tiocyanatjoner:  $\text{Ag}^+ + \text{SCN}^- \rightarrow \text{AgSCN}(\text{s})$

Vad tror du kommer att hända om du tillsätter en droppe silvernitratlösning till brunn C? Kommer lösningens färg att bli rödare, ljusare eller vara oförändrad? Motivera ditt svar.

Tillsätt droppen, iaktta färgen och anteckna vad som sker. Jämför med det svar som du nyss skrev. Förklara vad som sker då silverjoner tillförs din jämviktsblandning.

- D. Både hydroxidjoner och fosfatjoner bildar svårslösliga fällningar med järn(III)joner.

Vad tror du kommer att hända med lösningens färg om du tillsätter en lösning av dinatriumvätefosfat till brunn D? Skriv ner ditt svar och motivera det.

Tillsätt en droppe dinatriumvätefosfat till brunn D. Iaktta färgen och anteckna vad som sker. Jämför med svaret som du nyss skrev.

Ge en förklaring.

**Sammanfattning:**

Åt vilket håll försköts jämvikten vid tillsats av:

- A. järn(III)nitratlösning?
- B. kaliumtiocyanatlösning?
- C. silvernitratlösning?
- D. dinatriumvätefosfat?
- E. Vad tror du kommer att hända med färgen på lösningen i brunn E om du späder lösningen med vatten så att volymen fördubblas? Skriv ner och motivera ditt svar.

Tillsätt nu så mycket vatten du kan till brunn E utan att det svämmar över. Hur stämmer resultatet med det du trodde?

Är det bara fråga om en utspädning eller förskjuts jämviktsläget? (Undersök genom att räkna på koncentrationskvoten  $Q$ , se lärobok )

När du är klar med försöket suger du upp lösningarna i din tomma pipett, tillsluter den och alla andra pipetter som det fortfarande finns lösningar kvar i. Därefter sköljer du ur provröret och den lilla 6-brunnarsplattan med vatten och stoppar därefter tillbaka alltsammans i kassettdralet.

**Till denna hemlaboration behöver du särskilt laborationsmaterial.**

Denna hemlaboration ingår som en av uppgifterna i Studiearbete 2 (uppgift 5) och redovisas som en laborationsrapport.

## Hemlaboration 1C



### Jonföreningars protolys i vatten

#### Materiel

Fem små plastburkar med natriumvätesulfat  $\text{NaHSO}_4$ , natriumkarbonat  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , ammoniumklorid  $\text{NH}_4\text{Cl}$  natriumacetat  $\text{NaAc}$  och koksalt  $\text{NaCl}$  samt en pipett med destillerat vatten. Du behöver också BTB, en liten 6-brunnars platta och 5 plastbitar som du ska använda som sked och omrörare. Slå även upp sidan med syra/baskonstanter i din formelsamling.

#### Risikanalyt

I laborationen använder du salter med måttliga syra/basegenskaper. Du uppmanas till allmän försiktighet och att använda skyddsglasögon.

#### Teori

Du har läst i läroboken att pH-värdet i vattenlösningar av olika salter inte nödvändigtvis är 7. pH-värdet beror på om de joner som saltet är uppbyggt av har neutrala, sura eller basiska egenskaper. I denna hemlaboration ska du undersöka syrabasegenskaperna hos joner och skriva reaktionsformler för salters protolys i vattenlösning.

#### Inledande uppgifter

- Vad händer då jonföreningar löses i vatten?
- Vilka joner består respektive jonförening av? (Studera de fem burkarna med olika jonföreningar.)
- Har någon av jonerna sura eller basiska egenskaper?
- Är någon av jonerna amfolyt (dvs. kan agera både som syra och bas)?

I formelsamlingen (och läroboken) hittar du värdet på syrakonstant respektive baskonstant för jonerna i den jonförening du ska undersöka.

Gör ett ställningstagande (Teori) med ledning av konstanternas värde om du anser att jonföreningarna ger vattenlösningar med sur, neutral eller basisk karaktär. Du får en bättre överblick av dina svar om du skriver dem i en tabell.

### Genomförande och frågor som ska besvaras

Använd ”skeden” och lägg några korn av det första saltet i en av brunnarna och tillsätt destillerat vatten. Rör om så att saltet löser sig.

Upprepa detta för samtliga jonföreningar och glöm inte att byta plastsked/omrörare mellan varje jonförening.

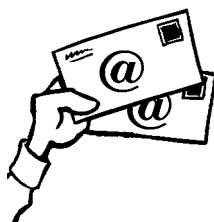
I den sjätte brunnen ska du ha destillerat vatten utan något salt som en jämförelselösning.

Tillsätt nu en droppe grön BTB till de sex brunnarna.

- Vilken färg har BTB i rent destillerat vatten och hur färgas BTB i de olika salternas vattenlösningar?

Jämför resultatet med dina antaganden.

- Skriv protolysformeln för de fem jonföreningarna med ledning av ditt resultat.



## Studiearbete 2

En av uppgifterna är försedda med asterisk (\*) efter numreringen. Det betyder att denna uppgift är frivillig och eventuellt lite svårare (av VG-/ MVG- karaktär). Försök gärna att lösa även den uppgiften.

1. Nämn fyra faktorer som kan påverka hastigheten på en kemisk reaktion. Förklara också på vad sätt påverkan sker.
2. Tänk dig att du har en behållare på  $1,0 \text{ dm}^3$  som du fyller med  $1,0 \text{ mol}$  kvävgas  $\text{N}_2$  och  $1,0 \text{ mol}$  syrgas  $\text{O}_2$ . Behållaren upphettas och vid  $350^\circ\text{C}$  har jämvikt ställt in sig. Jämviktskonstantens värde för bildandet av  $\text{NO}$  vid denna temperatur är  $100,0$ .
  - a) Vad innebär det att det råder jämvikt?
  - b) Skriv formeln för jämviktsreaktionen och teckna jämviktsekvationen.
  - c) Hur mycket  $\text{NO}$  finns vid jämvikt vid denna temperatur?
  - d) Du ska störa denna jämvikt och därigenom förskjuta jämviktsläget. Beskriv tre olika förfaranden som leder till jämviktsförskjutning och vad konsekvensen blir av ditt agerande.
- 3\*. Svaveldioxid från eldning med fossila bränslen har sänkt pH-värdet i en sjö till  $4,0$  på grund av tillförsel av svavelsyra. Man vill genom att tillsätta kalciumhydroxid,  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , höja vattnets pH till  $7,0$ . Sjöns area är  $1,0 \text{ km}^2$  och medeldjup  $6,0 \text{ m}$ . Vilken är den minsta massa kalciumhydroxid som går åt för pH-höjningen?
4. Beräkna pH i en buffertlösning som är  $0,30$  med avseende på  $\text{HAc}$  och  $0,20 \text{ mol/dm}^3$  med avseende på  $\text{A}^-$ . Syrakonstanten har värdet  $2,0 \cdot 10^{-4} \text{ mol/dm}^3$ .
5. Skriv en laborationsrapport till Hemlaboration 1C.

*Lycka till!*





# Studieenhet 3

## Organisk kemi

### Gymnasiekemi B kapitel 8 - 9

---

## Inledning

Denna studieenhet handlar om organisk kemi. I A-kursen lärde du dig några grundläggande ämnesklasser. Ämnesklassen beror på vilka grundämnen ämnet består av och hur dessa grundämnen är sammanfogade. Du lärde dig också en rationell och bra metod för namngivning av olika organiska ämnen.

## Studieenhetens kunskapsmål

### Skolverkets mål

Eleven skall

- ha breddat sina kunskaper om olika organiska ämnesklasser, deras egenskaper, struktur och reaktivitet samt kunna diskutera principerna för några enkla organiska reaktionsmekanismer.

### Konkreta mål

Du ska

- känna till var organiska ämnen förekommer runt omkring oss, både naturliga och syntetiska.
- ha klart för dig skillnaden mellan molekylformel och strukturformel och förstå begreppet isomeri. Du ska också kunna ge exempel på olika typer av stereoisomeri och strukturisomeri.
- veta att kolväten delas in i alkaner, cykloalkaner, alkener, alkyner och arener samt halogenalkaner
- kunna namnge ovanstående grupper av kolväten och känna till vad som är typiskt för grupperna samt ge exempel.
- för etrar, aminer, alkoholer, aldehyder, ketoner och karboxylsyror ska du kunna den funktionella gruppens byggnad och hur föreningarna namnges. Du ska också känna till någon typisk egenskap, något användningsområde och hur de framställs. Du ska också kunna ange reaktionstyperna för dessa synteser.

- vad beträffar alkoholerna, veta vad som menas med flervärda alkoholer, veta skillnaden mellan primära, sekundära och tertiära alkoholer samt veta vad en fenol är.
- ha kunskap om vad som bildas vid oxidation av olika alkoholer
- veta vad som menas med aromatisk karboxylsyra, omättad karboxylsyra och flerprotonig karboxylsyra.
- ha goda kunskaper om estrar dvs. kunna ange användningsområde, egenskaper, namngivningsregler, framställning och känna till vad som sker vid hydrolys av estrar.
- veta vad som menas med en aminosyra och känna till att aminosyrorna liksom hydroxysyrorna har två funktionella grupper.
- kunna identifiera ett asymmetriskt centrum och känna till betydelsen av det
- känna till varför aromatiska molekyler är speciella
- veta vad som menas med nukleofila och elektrofila reagens
- kunna skriva reaktionsmekanism för några enklare substitutions- ( $S_N1$  och  $S_N2$ ) och additionsreaktioner
- känna till översiktligt vad som händer på partikelnivå vid eliminations-, kondensations- och polymerisationsreaktioner

Lämpliga övningsuppgifter: 8.1,8.2, 8.5, 8.9, 8.10, 8.12, 8.15, 8.18, 8.20-8.24, 8.29, 8.30, 8.33, 8.34, 8.36, 8.39, 8.42-8.44, 9.1-9.8, 9.10.

## Studiehjälp

När man läser organisk kemi är det näst intill nödvändigt att ha en molekylbyggsats vid sin sida. Ett alternativ om du inte har tillgång till en molekyllåda är att installera ett ”byggprogram” som kallas E-Chem i en dator och bygga molekylmodellerna där. Adressen till programmet E-chem är <http://hi-ce.org/sciencelaboratory/eChem/download.html>.

Arbeta aktivt genom att bygga de molekyler du läser om. Reflektera över vad som är det typiska för den molekyl du bygger dvs. försök känna igen den funktionella gruppen.

Även då du läser och försöker förstå hur olika ämnen framställs, syntetiseras, är det bra om du kan se molekylerna och hur de förändras. Bygg de ämnen som deltar i reaktionen och flytta atomerna på precis samma sätt som vid den verkliga reaktionen. Då ser du att inga atomer blir över utan att atomerna bara flyttas om. Kom ihåg, ju fler sinnen som aktiveras desto bättre inläring!

## Ämnesklasser

A-kursen tog upp ämnesklasserna kolväten, halogenkolväten, alkoholer och organiska syror.

Du ska nu titta närmare på några fler ämnesklasser och deras reaktioner: Aldehyder, ketoner, etrar, estrar, aminer och fenoler. Du ska också lära dig dela upp alkoholerna i primära-, sekundära-, och tertiära alkoholer. Lär dig känna igen de olika funktionella grupperna och studera deras typiska reaktioner. På insidan av pärmen i boken Gymnasiekemi B hittar du en bra sammanställning över de olika ämnesklassernas reaktioner (”Ett organiskt stamträd”).

## Namngivning

Det är viktigt att man förstår de rationella namn som de organiska ämnena har fått. Namngivningen följer speciella regler och mönstret är tydligt.

Börja med att lära dig namngivningsprincipen för alkanerna. Därifrån bygger du sedan vidare för att kunna få fram de rationella namnen på andra organiska ämnen som tillhör andra ämnesklasser.

Namnet består ofta av prefix, huvud och suffix.

Prefixet anger substituenterna (utbytesgrupperna), huvudet är namnet på den längsta kolkedjan och suffixet den funktionella gruppens ändelse.

*Identifiera funktionella grupper*

Tag ut den längsta kolkedjan som innehåller den funktionella gruppen. Om flera alternativ ger lika långa kolkedjor väljs den med flest substituent (t.ex. metyl- och etylgrupper).

Numrera denna längsta kolkedjas kolatomer i riktning från den funktionella gruppen. Om funktionell grupp saknas numreras kolen så att kolatomen vid den första förgreningen får så lågt nummer som möjligt.

Skriv ut namnet med substituenterna i bokstavsordning följt av huvudet och suffixet. Numret på varje substituent och funktionell grupp ska vara med.

## Isomeri

Isomeri är ett annat centralt begrepp. Även här är molekylbyggsatsen till stor hjälp. Börja med att bygga ”grundmolekylen”. Sedan är det bara att byta plats på olika atomer eller delar av molekylen. Då ser du att man alltid utgår från samma antal atomer men att de sitter på olika platser och det är det som är isomeri. Alltså samma molekylformel men olika strukturformel!

Det finns flera olika sorts isomeri. Dessa kan delas in enligt följande träd.

### Strukturisomeri

Kedjeisomeri

(hur kedjan är grenad)

### Stereoisomeri

cis-trans-isomeri

(uppkommer vid vridstyva bindningar.)

Ställningsisomeri

(var den funktionella gruppen sitter)

stereoisomeri

(höger och vänster ”hand”)

Funktionsisomeri

(vilken den funktionella gruppen är)

## Reaktionsmekanismer

Hittills har vi nöjt oss med de kemiska reaktionernas starttillstånd och sluttillstånd. Kemister är ofta intresserade av en mer detaljerad kunskap om hur reaktioner sker steg för steg när man bygger upp (syntetiserar) molekyler, man studerar **reaktionsmekanismer**. Om man känner till reaktionsmekanismen kan man förutsäga vilken väg en reaktion ska ta och därmed vilka produkter som kommer att bildas, vilket är oerhört viktigt inom exempelvis läkemedelsindustrin.

Vi ska nu titta lite närmare på ett par vanliga reaktionstyper och se vad som händer på partikelnivå.

Vid kemiska reaktioner med organiska föreningar uppträder ofta mellanformer (intermediärer) som är mycket reaktionsbenägna, kortlivade och därmed svåra att isolera. Exempel på intermediärer är karbanjon (negativt laddad), karbokatjon (positivt laddad) och radikaler med oparade elektroner.

Organiska kemister hade länge anat att reaktiva intermediärer existerade men inte lyckats påvisa dem. Men med hjälp av en supersyra lyckades man till slut få fram ett karbokatjonskomplex med så lång livslängd att man kunde studera det. För denna bedrift utdelades nobelpris 1994 och 1999 års nobelpris i kemi gick till en kemist som utvecklat en metod att fotografera intermediärer.

## Elektrofil - nukleofil

När molekyler ska byggas om och nya molekyler ska bildas måste bindningar brytas. Molekylerna delas och vid hopsättningen kombineras smådelarna till nya molekyler. Eftersom kovalenta föreningar hålls samman av att atomerna har gemensamma elektronpar innebär en kemisk reaktion förändringar i elektronfördelningen. Med reaktionsmekanismen visar man hur bindningar bryts och bildas och de pilar som används visar de aktiva elektronerna och hur dessa rör sig i reaktionen.

Begreppen elektrofil ("elektronälskare") och nukleofil ("kärn-älskare") är viktiga för att förstå reaktionsmekanismer.

En kovalent bindning kan brytas på två sätt.

- 1) *Elektronparet håller ihop och går till den ena av de två atomerna.*

Om molekylen som bryts isär är oladdad blir den halva som fick elektronparet negativt laddad medan den som förlorade elektronparet blir positivt laddad. De två halvorna är mycket reaktiva dvs har stor vilja att bilda nya bindningar. Den halva som fick elektronparet med sig kallas nukleofil. Den halva som tappade elektronparet kallas elektrofil.

- 2) *Elektronparet delas och de två elektronerna går till varsin atom.*

Det bildas oladdade partiklar med udda elektroner, s. k. radikaler. Radikalerna leder ofta till kedjereaktioner som kan resultera i jättemolekyler, exempelvis polyetenplast.

**Nukleofilen** som är elektronrik söker sig till ett elektronfattigt ställe i en förening. Ett sådant ställe kan vara en atom som omges av endast tre elektronpar eller den positiva änden av en dipol.

**Elektrofilen** som är elektronfattig söker sig till elektronrika platser. Ett fritt elektronpar som i  $\text{NH}_3$  eller den negativa änden i en dipol är exempel på sådana platser.

## Substitutionsreaktioner

Vid en *substitutionsreaktion*, ersätts/substitueras, en atom eller atomgrupp av en annan atom.

Man skiljer på två sorters substitutionsreaktioner,  $\text{S}_{\text{N}}1$  och  $\text{S}_{\text{N}}2$ . Denna indelning är gjord utifrån vad som styr reaktionshastigheten hos substitutionsreaktionen.

$\text{S}_{\text{N}}^2$  – Substitutionsreaktion med Nukleofil attack. Reaktionshastigheten beror på koncentrationen av **2** ämnen. Reaktionen går via ett aktiverat komplex innan substitutionen är slutförd.

$\text{S}_{\text{N}}^1$  - Substitutionsreaktion med Nukleofil attack. Reaktionshastigheten beror av koncentrationen av **1** ämne. Den nukleofila attack leder till att en atom avspjälkas och en intermediär, ofta en karbokation, bildas. I nästa steg adderas nukleofilen till karbokationen.

Radikalreaktioner startar genom att det gemensamma elektronparet delas lika mellan de båda bindande atomerna. Reaktionsförloppet är svårt att kontrollera och avstannar först när två molekyler med oparade elektroner reagerar med varandra.

**Fundera på...**

*Vad menas med resonansformel?*

*Varför ger resonans ökad stabilitet?*

*Varför varierar syrastyrkan hos olika ämnen?*

*Varför reagerar arener genom substitutionsreaktion och inte additionsreaktion?*

### **Eliminationsreaktion**

Eliminationsreaktion kallas en reaktion då det från en molekyl avlägsnas två närliggande atomer eller grupper av atomer och en dubbelbindning uppstår. Elimination är motsatsen till addition.

Eliminationsreaktionen startar med en nukleofil attack mot en positiv del av molekyl. Den attackerande nukleofilen drar till sig den atom som den attackerat men de bindande elektronerna blir kvar och kommer att ingå i dubbelbindningen. Samtidigt avspjälkas en annan atom tillsammans med sitt bindande elektronpar. Följ reaktionsmekanismen i din lärobok.

### **Additionsreaktion**

Vid en additionsreaktion bryts en dubbel eller trippelbindning och en ny molekyl läggs till, adderas, till den ursprungliga molekyl.

En additionsreaktion kan starta med en elektrofil eller nukleofil attack. Om attacken ska bli elektrofil eller nukleofil beror på reaktanternas egenskaper. I läroboken tas bara elektrofila reagens såsom halogener eller vätehalogenider upp.

Vid broms elektrofila attack på eten används ett av elektronparen i dubbelbindningen och ett av de fria elektronparen i brommolekylen till att skapa bindningar mellan eten och brom. En karbokatjon bildas därefter genom att en bromidjon avspjälkas. Slutsteget, då den negativa jonen reagerar med karbokatjonen, är mycket snabbt.

Studera också hur en osymmetrisk alken adderar en vätehalogenid. Notera den regel som säger att då en vätehalogenid adderas till en osymmetrisk alken går väteatomen till den kolatom som har flest väteatomer vilket beror på att bildningen av en sekundär karbokatjon kräver mindre energi än bildningen av en primär karbokatjon.

### **Kondensationsreaktion**

Vid en kondensationsreaktion reagerar två molekyler med varandra och kopplas samman till en större under det att en eller flera mindre molekyler spjälkas bort.

Exempel på kondensationsreaktion är uppbyggnaden av proteiner i cellerna som sker genom att aminosyramolekyler kopplas ihop.



I läroboken visas hur en ester bildas ur en alkohol och en karboxylsyra. Sedan gammalt vet man att vätejoner behövs för att få ett bra utbyte i reaktionen. Reaktionsmekanismen avslöjar att det är genom katalysatorns inverkan som karboxylsyran omvandlas till en reaktionsbenägen karbokatjon! Karbokatjonen attackeras av alkoholen och en intermediär bildas som avspjälkar en vattenmolekyl så att en annan intermediär bildas. I slutsteget avspjälkas den katalyserande vätejonen. Katalysatorns uppgift är alltså som man säger, ”att påskynda reaktionen utan att själv förbrukas”.

Använd en molekylmodellåda eller programmet eChem och bygg olika isomerer. Gör på samma sätt när du utför molekyluppgiften som följer.

Det är betydligt lättare att se att två molekyler är varandras spegelbilder dvs. är spegelbildsisomerer om man kan se molekylerna i tre dimensioner.

Till denna hemlaboration behöver du molekylbyggsats eller programmet eChem.

## Hemlaboration 2 med facit

### Bygga molekylmodeller

Detta är en övning som går ut på att bygga molekylmodeller. Om du vill arbeta med eChem och har en internetuppkopplad dator gör du så här:

Börja med att hämta hem och installera eChem. Du finner detta program under adressen:

<http://hi-ce.org/sciencelaboratory/echem/download.html>

### Alkaner

Starta eChem. Klicka på rutan *Construct* och skriv in ett namn på den molekyl du vill skapa. Skriv "metan".

Nu kommer det en ruta där man kan välja atomer. Klicka på *C* och därefter den övre vänstra varianten av kolatomer ( $sp^3$ ). Klicka en gång i konstruktionsfönstret och det kommer fram en kula med fyra "pinnar". Om du har muspekaren i fönstret, håller vänster musknapp nertryckt samtidigt som du flyttar musen så kan du vrida och vända på kulan.

Vrid så att de fyra pinnarna syns. Klicka på *H* för att välja väte. Klicka därefter på ändarna av pinnarna. Väteatomer kommer att sättas på ändarna och du har byggt en metanmolekyl. Undersök den från olika håll och jämför med strukturformeln.

Spara modellen. Klicka på *File* i menyraden och därefter *Save molecule as..* Döp filen till metan.alc.

Nästa uppgift är att bygga en etanmolekyl.

Klicka på *File* i menyraden och välj *New molecule*. Döp molekyl till etan. Klicka på *Atoms, C*. Välj  $sp^3$ -kolet och placera kolet i konstruktionsfönstret. Koppla samman en kolatom till den befintliga genom att klicka längst ut på någon av kolets pinnar. Fyll på med väteatomer på de tomma pinnarna på samma sätt som då du byggde metanmolekylen. (Ett snabbt sätt att fylla på med väteatomer på lediga bindningar är att klicka på *Extras* och därefter *Fill in hydrogens*. Jämför den skapade modellen med strukturformeln.

I de nu skapade modellerna är atomerna av samma storlek och bindningarna överdrivna i längd för att vara tydliga. Ett annat sätt, som bättre stämmer med verkligheten, är att visa så kallade kalottmodeller. Klicka på *Visualize*, välj i blädderfönstret ner till höger *Space Fill*.

Spara etan molekylerna under namnet etan.alc.

Fortsätt på samma sätt som ovan att bygga och undersöka propan, butan, pentan. Glöm inte att spara molekylerna med filattributet .alc

Lägg märke till den i strukturformlerna raka kolkedjan och jämför denna med hur den ser ut i molekylmodellerna.

Alkanerna hexan, heptan, oktan och nonan finns färdiga och kan hämtas från blädderfönstret i konstruktionsfönstret välj *Open a file* I katalogen *Samples* finns ett antal färdiga molekyler. Hämta hem oktan.

## Halogenalkaner

En halogenalkan är en alkan där en eller flera väteatomer har bytts ut mot en halogen (fluor, klor, brom eller jod).

Uppgiften är att bygga en monokloretan- och en dikloretanmolekyl.

Välj *Build a new molecule...* i blädderfönstret eller *File* i menyraden. Kalla molekylerna *kloretan*. Bygg en metanmolekyl men ersätt en av väteatomerna med en kloratom. Vrid och vänd på molekylerna för att övertyga dig om att det inte spelar någon roll vilken väteatom som ersatts med en kloratom.

Bygg en ny etanmolekyl men placera in två kloratomer istället för två av väteatomerna. Kalla molekylerna 1,1-dikloretan och placera båda klorerna på samma kolatom.

Bygg en liknande molekyl som du kallar 1,2-dikloretan där det sitter ett klor på vardera kolatomen.

Nu ska du jämföra de två olika molekylerna. Klicka på *Visualize* och *Views*. Välj *2 Views*. Lägg in de båda varianterna i varsitt fönster och jämför. Observera att kring en enkelbindning så råder full vridbarhet dvs du kan rotera den ena kolatomen i förhållande till den andra

Uppgift: Hämta fram oktanmolekylen och försök avgöra hur många olika monokloroktaner som kan åstadkommas genom att byta en väteatom mot en kloratom i molekylen. Skicka in svaret till din lärare med hjälp av e-post.

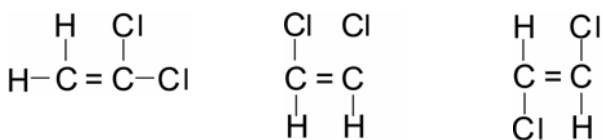
### Alkener

Bygg en etenmolekyl. Gå till väga på samma sätt som tidigare men då du skall välja kolatom skall du nu välja den som heter sp<sup>2</sup>. Då den andra kolatomen skall kopplas till den första kan du klicka på den bindning som är en dubbelbindning. Fyll därefter på med väteatomer.

Propen byggs på samma sätt som eten, men den tredje kolatomen skall väljas som ett sp<sup>3</sup>-kol (skall ha fyra enkelbindningar).

### Halogenalkener

Uppgiften är att bygga de tre dikloretenerna



Döp dem till 1,1-dikloreten, cis-1,2-dikloreten resp trans-1,2-dikloreten.

Öppna fyra fönster i *Visualize* och lägg in de tre olika modellerna och jämför. Kring en dubbelbindning råder ingen vridbarhet utan denna är ”stel”. Är de tre molekylerna identiska?

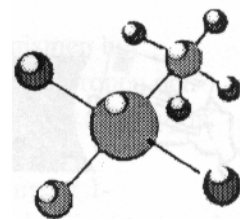
## Alkyner

I alkyner delar två kolatomer på tre elektronpar. Ändelsen –an i alkaner är utbytt mot –yn.

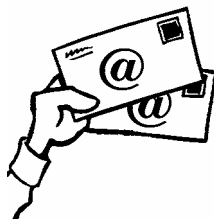
Uppgiften är att bygga en etyn- och en propynmolekyl. Börja med etynmolekylen. Som kolatom skall du välja den vänstra av de två kolatomer som heter sp. Då du skall koppla på den andra kolatomen skall du klicka på trippelbindningen. Fyll därefter på med väteatomer på de tomma platserna.

Då du skall bygga propynmolekylen kan du med fördel utgå från etynmolekylen du nyss skapade. Radera en av väteatomerna och ersätt detta atom med ett sp<sup>3</sup>-kol, dvs. en kolatom med fyra olika bindningsriktningar. Komplettera med väteatomer.

## Molekyluppgift med facit



- 1 Bygg en etan- och en propanmolekyl.
- 2 Låt etan och propan var för sig reagera med klormolekyl i en substitutionsreaktion till monokloretan respektive monoklorpropan.
- 3 Skriv reaktionsformler för bildning av alkylradikaler genom reaktioner mellan natrium och etan och mellan natrium och propan.
- 4 De två alkylerna reagerar med varandra. Vilken alkan bildas?
- 5 Undersök vilka isomerer den bildade alkanen har. Namnge dem. Vad kallas denna typ av isomeri?
- 6 Bygg en etanolmolekyl. Undersök vilka isomerer den har. Vad kallas denna typ av isomeri?
- 7 Bygg en aminopropanmolekyl och undersök vilka isomerer den har. Vad kallas denna typ av isomeri?
- 8 Bygg två identiska mjölksyramolekyler.  
 $\text{CH}_3\text{-*CH(OH)-COOH}$ ; \* markerar ett kiralt kol.  
Försök nu tillverka en optisk isomer till mjölksyran.



## Studiearbete 3

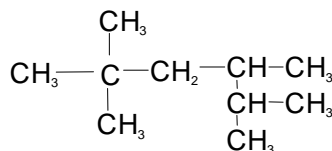
Uppgiften med en \* framför är lite svårare.

1. Du ska ange funktionell grupp, en egenskap eller något användningsområde samt ge exempel på ett ämne från vardera av följande organiska ämnesklasser.

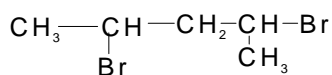
- alkoholer
- karboxylsyror
- etrar
- estrar
- aldehyder
- ketoner
- aminer
- aminosyror

2. Ange rationella namnen på följande föreningar:

a)



b)



3\*. Rita och namnge samtliga isomerer med summaformeln  $\text{C}_4\text{H}_{10}\text{O}$ .

4. Olika organiska reaktionstyper.

Utgå från halogenalkanen 1-brompropan.

a) Genom en substitutionsreaktion bildas en alkohol.

- Vilken?
- b) Utgå från den bildade alkoholen och låt den oxideras till en aldehyd. Vilken aldehyd får du?
  - c) Aldehyden oxideras vidare till en karboxylsyra. Vilken?
  - d) Genom en kondensationsreaktion av alkoholen och karboxylsyran bildas en ester. Vilken?
  - e) Du kan också genom en kondensationsreaktion bilda etern di-propyleter. Vad utgår du från då?
  - f) Genom en eliminationsreaktion kan propen bildas. Vilka två av ovanstående ämnen ger genom elimination, alkenen propen?
  - g) Varför kan det inte bildas någon keton om man utgår från 1-brompropan?
5. Beräkna hur många mol ester som finns vid jämvikt om man utgår från 4,0 mol etanol och 1,5 mol propansyra.  $K=4$ .
6. Skriv reaktionsmekanismen för addition av HBr till propyn. Reaktionen sker i två steg.

*Lycka till!*



# Studieenhet 4

## Biokemi

Gymnasiekemi B kapitel 11-14, 15 sid. 298-301.

---

### Inledning

Biokemi är den del av kemin som handlar om byggnad och funktion hos biologiskt viktiga molekyler. Proteiner, kolhydrater, nukleinsyror och lipider (bl.a. fetter) är exempel på ämnesgrupper som du kommer att bekanta dig med.

### Studieenhetens kunskapsmål

#### Skolverkets mål

Eleven skall

- kunna schematiskt beskriva uppbyggnaden av och egenskaperna hos några biologiskt viktiga molekyler och beskriva de biokemiska huvuddragen i cellens metabolism och reproduktion.

Anm: Metabolism betyder ämnesomsättning och innefattar bl.a. de kemiska reaktioner som svarar för organismernas energiomsättning och deras reproduktion (förökning).

#### Konkreta mål

##### Aminosyror

Du ska

- känna till aminosyrornas allmänna formel
- veta vad som menas med den isoelektriska punkten
- kunna beskriva sidokedjans betydelse
- veta vad som menas med en peptidbindning
- känna till någon metod för separation av aminosyror

##### Kolhydrater

Du ska

- känna till schematiska formler för ribos, deoxiribos, glukos, maltos, amylos och cellulosa
- känna till kondensationsreaktionen för bildning av oligosackarid

### **Nukleotider och lipider**

Du ska

- känna till uppbyggnad av nukleosider och nukleotider
- känna till lipidernas och fosfolipidernas byggnad
- också veta vad som menas med hydrofil och hydrofob

Lämpliga övningsuppgifter: 11.1, 11.2, 11.4, 11.5, 11.7-11.9, 11.12-11.15.

### **Proteiner**

Du ska

- kunna någon metod för separation av proteiner
- kunna förklara skillnad i uppbyggnad och egenskaper hos fiberproteiner och globulära proteiner
- känna till vad  $\alpha$ - och  $\beta$ -struktur innebär
- känna till globulära proteiners fyra strukturnivåer
- kunna redogöra för bindningstyperna inom och mellan proteinmolekyler.
- känna till vad ett enzym är samt några övriga funktioner hos proteiner

Lämpliga övningsuppgifter: 12.1-12.3, 12.5, 12.7, 12.9, 12.10

### **Ämnesomsättningen**

Du ska

- känna till ATP-molekylens funktion
- känna till bärarmolekylerna NAD, FAD och CoA och deras uppgifter
- kunna redogöra för syrets betydelse vid ämnesomsättningen
- kunna översiktligt beskriva glykolys, citronsyracykel, väte- och elektrontransportkedjan, betaoxidation, transaminering och deaminering
- känna till cellens uppbyggande reaktioner, t.ex. fotosyntesen

Lämpliga övningsuppgifter: 13.1-13.4, 13.7, 13.11

### **Nukleinsyror**

Du ska

- känna till uppbyggnad och funktion av DNA och RNA
- kunna redogöra för proteinsyntesen
- känna till cellens informationsflöde och begreppet ”den genetiska koden”.

Lämpliga övningsuppgifter: 14.1-14.3, 14.5-14.9, 14.11-14.13, 14.15

### Genteknik

Du ska

- känna till något om bioteknik och genteknik

## Studiehjälp

I nedanstående text finner du en sammanfattning av byggnad och funktion för de fyra ämnesgrupperna.

### Biomolekyler

#### Proteiner

**Byggnad:** Proteinerna i våra celler är uppbyggda av 20 olika aminosyror. Mellan aminogruppen och karboxylgruppen i aminosyrornas molekyler finns en kolatom. Till denna kolatom är en atomgrupp bunden som är specifik för varje aminosyra. I enklaste fallet är sidokedjan en väteatom och aminosyran heter glycin el. aminoetansyra.

De funktionella gruppernas laddning varierar vid olika pH:  
 -  $\text{NH}_2$  i basisk, -  $\text{NH}_3^+$  i sur och -  $\text{COOH}$  i sur resp. -  $\text{COO}^-$  i basisk lösning. Detta utnyttjas vid separation av aminosyror i ett elektriskt fält, elektrofores.

I cellerna byggs proteinerna stegvis genom att karboxylgruppen i en aminosyra kopplas till aminogruppen i nästa (peptidbindning bildas).

#### Fyra rymdstrukturer (uppbyggnadsnivåer) hos proteiner

*Primärstruktur* - aminosyrornas ordningsföljd.

*Sekundärstruktur* - ihopvridning till  $\alpha$ -helix eller veckning till  $\beta$ -struktur p.g.a. vätebindningar.

*Tertiärstruktur* - sekundärstrukturens ihopveckning p.g.a. olika bindningstyper. Ger molekyl sin bestämda form.

*Kvartärstruktur* - flera proteinmolekyler hålls samman med vätebindningar.

Hemoglobin är ett exempel på protein som inrymmer alla fyra uppbyggnadsnivåerna. En hemoglobinmolekyl består av fyra

proteinmolekyler sammanhållna av vätebindningar. Tertiärstrukturen hos de fyra molekylerna ger den form som är en förutsättning för hemoglobins funktion.

Värme (mer än 60 grader), syra, organiska lösningsmedel och tungmetaller denaturerar proteinerna. Då bryts svagare bindningar, proteinmolekylernas form ändras och proteinet förlorar sin funktion.

### **Proteiner har nyckelfunktioner i organismerna**

*Biokatalysatorer* = enzymer (påskyndar cellernas kemiska reaktioner)

*Fiberproteiner* för uppbyggnad av hud, muskler, blodkärl, hår, naglar m.m.

*Blodproteiner* t.ex. albumin motverkar osmotiska vattenförluster och transporterar fettsyror, metalljoner och läkemedel.

*Transportproteiner*, t.ex. hemoglobin (syretransport).

*Antikroppar* till försvar mot inkräktare.

*Receptorer* på cellytor, t.ex. på leverceller så att (i det fallet) adrenalin binds och cellen släpper ut glukos.

*Många hormoner* (ämnesomsättnings- och könshormoner).

*Näringsämnen* t.ex. kasein i mjölk.

Varje cell innehåller många miljoner proteinmolekyler, varje sort med sin uppgift. Nya tillverkas ständigt.

Varje protein har en genetiskt inbyggd adresslapp – ett antal aminosyror i bestämd följd – som styr molekylens transport och slutliga lokalisering i cellen. För upptäckten av aminosyraskvenser i proteinmolekyler, som dirigerar proteinmolekylerna till rätt plats i cellerna, fick Günter Blobel 1999 års nobelpris i medicin.

### **Egenskaper**

Aminosyrorna ger proteinerna mer eller mindre laddade sidosgrupper vilket ger möjlighet till separation genom elektrofores. Efter separation kan man bestämma halter av några av de över hundra olika blodproteinerna. Med kännedom om halterna kan man ställa sjukdomsdiagnoser för t.ex. olika cancertyper.

Proteinmolekyler varierar i storlek från c:a 100 till 3000 aminosyramolekyler. På dessa skillnader bygger separationsmetoderna gelfiltrering och ultracentrifugering.

Många enzymmolekylsorter har vitaminer eller metalljoner kopplade till sig (prostetiska grupper). Utan dessa grupper fungerar inte enzymerna vilket förklarar orsaken till vårt behov av dessa ämnen.

Gifter kan blockera enzymer. Vid allvarliga förgiftningar kan giftet ha fastnat mer eller mindre hårt i enzymets aktiva centrum. Om enzymet är en länk i cellernas energiproduktion dör cellerna ganska snart som följd av detta. Vid kompetitiv inhibering "tävlar" giftet med ett annat ämne (substrat) om platsen i enzymets aktiva centrum men kan drivas ut ur enzymmolekylerna genom tillförsel av stora mängder substrat (t.ex. etanol mot metanolförgiftning).

Penicillin och sulfapreparat är kompetitiva enzymhämmare. De blockerar enzymer som bara finns hos bakterier och förhindrar därmed bakteriers tillväxt (sulfa) eller uppbyggnad av bakteriers cellväggar (penicillin).

Kaliumcyanid (deckarfavorit under namnet cyankalium) är en irreversibel inhibitor som förstör enzymer permanent (irreversibelt).

## Kolhydrater

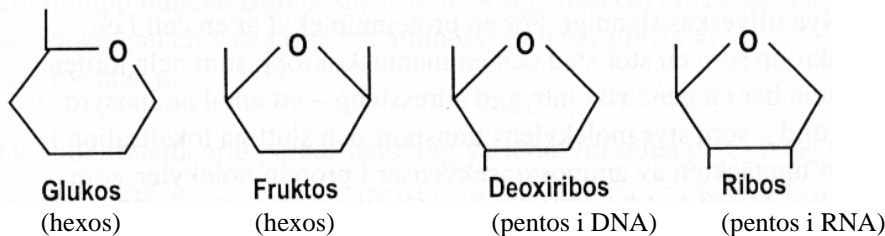
### Byggnad

Grundämnen i kolhydrater är kol samt väte och syre, de två senare ofta i samma proportioner som i vatten (därför namnet).

Mer än 99% av de *enkla sockerarterna (monosackariderna)* är ring-formiga och oftast pentoser (fem kolatomer) eller hexoser (sex kolatomer). I ringen ingår kolatomer och en syreatom. Väteatomer och hydroxidgrupper utgör sidogrupper på kolatomerna.

I stället för de detaljerade formlerna ritas man ofta schematiska.

*Exempel på enkla sockerarter:*



### Fundera på...

Vad betyder de lodräta strecken i de schematiska formlerna?

### *Sammansatta sockerarter, disackarider*

Varje molekyl består av 2 hexosmolekyler. Sackaros (glukos + fruktos), maltos (2 glukos), laktos (glukos + galaktos).

### *Polysackarider*

Stärkelse (250 – 300 alfaglukosmolekyler), cellulosa (300 – 3000 betaglukosmolekyler), glykogen (upp till 500 000 alfaglukosmolekyler).

### Funktion och egenskaper

Glukos är ”universalsockret” som tillverkas i fotosyntesen och bygger upp de flesta andra sockerarter och polysackarider, t.ex. stärkelse. Stärkelse är den viktigaste upplagsnäringen hos växterna och vårt viktigaste basfödoämne. Stärkelse sönderdelas till glukos i matsmältningen. Av glukos tillverkar cellerna fetter, hälften av alla aminosyror och viktiga beståndsdelar i nukleinsyror. Den största delen av den glukos vi äter (i form av stärkelse) används som energikälla och bryts då ner till koldioxid och vatten.

Glykogen, som byggs upp i levern av glukos, är djurens motsvarighet till växternas stärkelse.

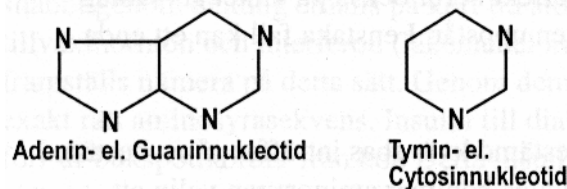
Cellulosa är materialet i växternas cellväggar.

### Nukleinsyror

#### Byggnad

DNA = deoxiribonukleinsyra. DNA är uppbyggd av nukleotider. En nukleotid består i sin tur av en deoxiribosmolekyl, en fosfatgrupp och en av de fyra kvävebaserna adenin, guanin, cytosin och tymin. Kvävebasen och fosfatgruppen är kopplade till deoxiribosmolekylens första respektive femte kolatom.

*Schematiska formler för kvävebaser (sidogrupper utelämnade):*



Det finns alltså fyra olika nukleotider beroende på vilken kvävebas som ingår. Nukleotiderna är DNA-kedjornas länkar.

En DNA-molekyl består av två spiralformade nukleotidkedjor, oftast kallade nukleotidsträngar, som löper parallellt. C i den ena strängen är bunden till G i den andra och A i den ena är bunden till T i den andra. Strängarna hålls ihop av vätebindningar mellan kvävebaserna. Eftersom skillnaden mellan nukleotiderna beror på kvävebaserna illustreras ofta en bit av en DNA-molekyl t.ex. så här (varje bokstav symboliserar en hel nukleotid):

```
CCCGTCCAGTGGCTACGGGTTGCAAACTGC
GGGCAGGTCACCGATGCCCAACGTTTTGACG
```

En kromosom är en DNA-molekyl upplindad kring runda proteinmolekyler. Dessa bildar tillsammans nukleosomer. En kromosom är så tätt hoppackad att den är synlig i ett ljusmikroskop. I den formen visar sig DNA-molekylerna strax före och under celledelning.

RNA = Grundelement är nukleotider som i DNA men i stället för tymin finns uracil. RNA är enkelsträngad. Det finns tre sorters RNA: Ribosom-RNA (rRNA), messenger-RNA (mRNA, ”den genetiska koden”) och transfer-RNA (tRNA).

En RNA-sekvens som kan ha uppkommit (transkriberats) med den översta av de två DNA-strängarna ovan som ”mall”, illustreras så här:

GGGCAGGUCACCGAUGCCCAACGUUUUGACG

### **Funktion och egenskaper**

Före en celledelning kopieras DNA-molekylerna så att de räcker till två celler. Förloppet kallas replikation. Ett arvsanlag (gen) är en del av en DNA-molekyl som (via en RNA-molekyl) svarar för tillverkningen av en sorts proteinmolekyler.

Vid tillverkning av ett protein i cellen kopieras först motsvarande arvsanlag till mRNA (transkription) i cellkärnan. Vid en ribosom (byggd av rRNA) i cellplasman, fogas aminosyror samman till protein med mRNA:et som mall (translation). Aminosyror transporteras till mRNA-molekylen av tRNA-molekyler. Nukleotidtripletter i mRNA och i tRNA kodar mot varandra vid proteinsyntesen. Kodningen avgör proteinets aminosyrasekvens.

### **Mutationer**

DNA-molekylerna skyddas mot skador av ett flertal cellmekanismer. Trots det kan förändringar, mutationer, uppstå. Om förändringen drabbar köns cell som senare deltar i befruktning, eller om befruktad äggcell drabbas, får den nya individen förändringen i alla sina celler och mutationen blir ärftlig.

Förändringen kan bestå av allt från omärkliga utbyten eller bortfall av en av tusentals nukleotider i ett arvsanlag till bortfall eller tillkomst av en hel kromosom. Mutationens effekt beror också på vilket arvsanlag och var i arvsanlaget förändringen uppstår. I enstaka fall kan ett enda kvävebasbyte få allvarlig följd.



### Exempel på mutationer

En mutation kan bli märkbar hos en individ om den inträffar i en av de könsceller som ger upphov till individen. Samma sak gäller om en befruktad äggcell drabbas av mutation eller om mutationen inträffar när den nya individen består av några få celler. I följande exempel tänker vi oss en av dessa tre situationer.

1. Om ett utbyte av en bestämd kvävebas inträffar på en bestämd plats i anlaget för hemoglobinsyntes kommer aminosyran valin att placeras i hemoglobinmolekylerna på den plats där glutaminsyra normalt ska finnas. Denna sekvensförändring i hemoglobinmolekylerna orsakar missbildade röda blodkroppar med försämrad syreförsörjning som följd (sickle-cell anemi). Mutationen är vanlig på den Afrikanska kontinenten och sprids snabbt bl.a. beroende på att förändringen också ger ökad motståndskraft mot malaria.
2. Normalt bildas könsceller hos oss människor genom s.k. reduktionsdelning av en cell. De 23 kromosomparen delas upp på de två könscellerna så att dessa får en kromosom från varje par dvs. sammanlagt 23 kromosomer. Ett fel i celldelningsmekanismerna kan leda till att en av könscellerna får 24 och den andra 22. Den könscell som får 22 kromosomer dör men könscellen med 24 kromosomer kan sammansmälta med en normal könscell. Den befruktade äggcellen som uppkommer på detta sätt får, liksom alla celler i de kommande cellgenerationerna, 47 kromosomer. Om den ”udda” kromosomen härstammar från det 21:a kromosomparet (kromosomerna är numrerade efter storlek) uppstår egenskapsförändringar som benämns Down's syndrom. Äldre benämning på denna avvikelse är mongolism. Stigande ålder ger ökande antal fel av detta slag hos könscellerna.

### DNA-analys

Jämförelser mellan DNA från personer och några celler från en brottsplats kan med mycket stor säkerhet binda/fria en brottsmisstänkt även om man bara har tillgång till några få celler från brottsplatsen. Analysen kräver tillgång till ett stort antal kopior av de gener man vill kartlägga. Med hjälp av PCR-metoden (Polymerase Chain Reaction) mångdubblas DNA-molekylerna. Metoden utnyttjar DNA-kopierande DNA-polymeras från en bakterie som lever i varma källor. Vid kopieringen växlar man nämligen mellan hög och låg temperatur. Enzymet kan mångdubbla ett arvsanlag till en miljon kopior på en timme. Därefter används s.k. restriktionsenzymer (läs mer om dessa nedan) som ”klipper av” DNA-molekylen vid kända nukleotidsekvenser. Slutligen

analyseras de uppkomna bitarna med elektrofores och jämförs med den brottsmisstänktes motsvarande DNA-bitar.

### Fler exempel på genteknik

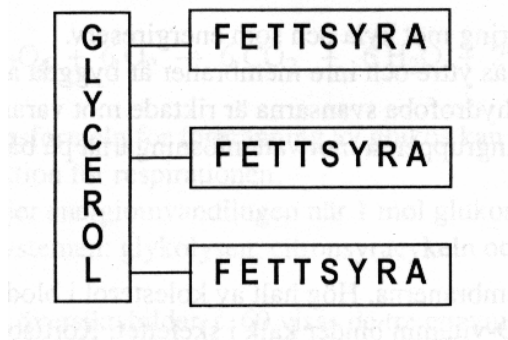
Restriktionsenzymer framställs ur bakterier som använder enzymer till att försvara sig mot inträngande virus genom att klippa sönder virus' arvs massa. Hundratals restriktionsenzymer har renframställts ur bakterier, varje enzym med förmågan att klippa av DNA-molekyler där det finns en speciell nukleotidsekvens. Inom gentekniken används de för att "klippa ut" gener från människo-DNA, gener som svarar för produktion av protein. Arvsanlaget kan "klistras in" i en bakteries DNA med hjälp av enzymet ligas (uttalas ligás). I bakterien producerar genen det mänskliga proteinet. Eftersom bakterien förökar sig snabbt genom delning erhålls på kort tid stora mängder protein. Insulin, tillväxthormon och interferon (läkemedel mot virusinfektioner) framställs numera på detta sätt. Genom denna metod får proteinerna exakt rätt aminosyrasekvens. Insulin till diabetespatienter tillverkades förr ur bukspottkörtlar från kor. Detta insulin kan ge biverkningar då det ej är identiskt med människoinsulin. Tillväxthormon för behandling av personer med dvärgväxt togs ur avlidnas hypofyser. Detta var besvärligt inte minst på grund av att varje hypofys innehåller väldigt lite hormon.

Transgena djur och växter framställs genom att egenskapsförbättrande gener från en art överförs till könsceller eller befruktade äggceller i en annan art. Debatten kring denna teknik gäller bl.a. riskerna med oavsiktlig frisättning i naturen av "nya" organismer som kan rubba sedan årmiljoner utmejslade jämvikter i ekosystemen.

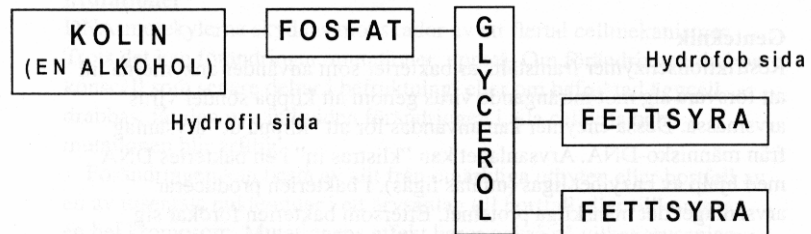
### Lipider

#### Byggnad

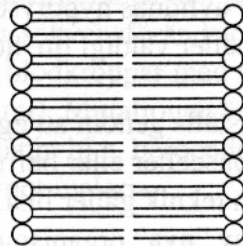
*Fetter:* OH-grupperna i 1,2,3-propantriol (glycerol) är förestrade med tre molekyler, oftast omättade, karboxylsyror som vanligen har 16 eller 18 kolatomer (kallas fettsyror):



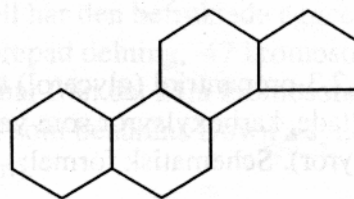
*Fosfolipider:* Två av OH-grupperna i 1,2,3-propantriol är föresttrade med karboxylsyror. Den tredje OH-gruppen är förestrad med en fosfatgrupp som i sin tur förestrats med en alkohol, ofta kolin:



I *cellmembraner* som består av två lager fosfolipider är fosfolipidernas fettsyramolekyler (strecken i figuren nedan) riktade mot varandra, bort från vattenlösningarna utanför och inuti cellerna medan molekylernas kolin-fosfatdelar (kulorna i figuren) är riktade mot vattenmolekylerna på in- och utsidan av cellen:



*Steroider:* Kolesterol, D-vitamin och hormonerna kortison, testosteron och östrogen m.fl. Gemensamt för dessa är att molekylerna byggs upp av fyra kolringar:



### Funktion och egenskaper

Fetterna används som isolering mot kyla och som energireserv. Cellens och cellorganellernas yttre och inre membran är byggda av fosfolipider i två lager.

*Exempel på steroider:*

Kolesterol ger stadga åt membranerna. Hög halt av kolesterol i blodet kan bidra till åderförkalkning. D-vitamin binder kalk i skelettet. Kortison reglerar socker- och mineralomsättningen och används som läkemedel vid många sjukdomar. Testosteron och östrogen är könshormoner.

### Fundera på...

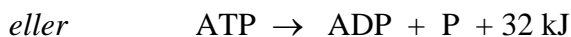
Mellan de fyra ämnesgrupperna proteiner, kolhydrater, fetter och nukleinsyror finns en likhet mellan tre av dem medan den fjärde ”ska bort” med tanke på molekylernas byggnad. Vilken?

## Ämnesomsättning

### Nedbrytande reaktioner

De flesta celler är ständigt sysselsatta med sin egen förökning. Energin till detta uppbyggnadsarbete (anabolism) frigörs genom att enzymer bryter de energirika kovalenta bindningarna i kolhydrater, fetter och proteiner (katabolism). Energin från näringsämnenas bindningar används inte direkt utan lagras i form av andra kovalenta bindningar i molekylsorter som är mer lättåtkomliga än näringsämnena. Mest utnyttjas den kovalenta bindningen mellan de två fosfatgrupperna längst till höger i AMP – P – P –molekylen. AMP (adenosinmonofosfat) är en förkortning för den tidigare nämnda adeninnukleotiden (adenin + ribos + fosfat).

AMP – P – P förkortas ATP, adenosintrifosfat. När den högra bindningen bryts återstår AMP – P eller ADP, adenosindifosfat. Då frigörs 32 kJ/mol som används till alla energikrävande göromål i celler bl.a. cellernas uppbyggnadsarbete:



För att ’ladda upp’ ADP-molekyler med fosfat behövs förstås 32 kJ/mol.

Energiöverföringen från kolhydrater, fetter och proteiner till bindningar i ATP (respirationen) utförs i tre enzysystem som är länkade till varandra i cellerna. Glykolysen utförs i cellplasman, citronsyracykeln och andningskedjan utförs i mito-

kondrierna. Enzymerna arbetar enligt löpande-band-principen och behandlar substratet under stegvis oxidation.

En mol glukos som förbränns till koldioxid och vatten frigör c:a 2900 kJ:



Reaktionsformeln för förbränning av glukos kan alltså ses som en totalreaktion för respirationen.

På följande sidor skildras energiomvandlingen när 1 mol glukos bryts ner till koldioxid och vatten i de tre enzymsystemen glykolysen, citronsyracykeln och andningskedjan. Målsättningen är att du ska få en inblick i reaktionsförloppet och en uppfattning om cellens möjlighet att omvandla den tillförda energin till nyttig och mindre nyttig energi.

På en översiktsbild i slutet av studieenheten visas de tre enzymsystemen glykolysen, (vänstra delen av bilden) citronsyracykeln (cirkeln till höger) och andningskedjan (längst ner till höger) som svarar för energiutvinning ur glukos i cellerna. De omfattar ett tiotal reaktionssteg vardera. Klipp ut sidan med översikten ("Cellens energiproduktion") och följ med på den när du läser följande text!

### Glukosnedbrytning

Vi börjar med nedbrytningen av glukos till pyruvat i glykolysen. Som framgår av bilden används 2 mol ATP när 1 mol glukos (6-kolförening) i en serie reaktioner omlagras till 1 mol fruktos-1,6-difosfat (också 6-kolförening). Denna mängd delas sedan till 2 mol 3-kolförening (glyceraldehyd-3-fosfat). När 3-kolföreningen omvandlas till pyruvat bildas ATP i två av reaktionerna, sammanlagt 4 mol ATP. Nettot i glykolysen blir 2 mol

ATP/mol glukos vid anaeroba förhållanden (=syrefritt). Denna typ av ATP-bildning kallas fosforylering på substratnivå till skillnad från de oxidativa fosforyleringar som sker i andningskedjan.

På ett ställe i glykolysen tar koenzymet  $\text{NAD}^+$  upp väteatomer från glyceraldehyd-3-fosfat. Reaktionstypen kallas dehydrogenering och enzymet är ett dehydrogenas. De "väteladdade"  $\text{NAD}^+$ -molekylerna betecknas NADH. Det bildas 2 mol NADH/mol glukos, 1 mol för varje mol glyceraldehyd.

$\text{NAD}^+$  är som koenzym i ett av andningskedjans dehydrogenaser (glyceraldehyd-3-fosfatdehydrogenas) den aktiva delen i detta enzym. Andningskedjan utgör en elektrokemisk spänningsserie. Genom högre och högre elektronegativitet hos andningskedjans dehydrogenaser överförs väteatomer (i slutet av andningskedjan uppdelade i vätejoner och elektroner) från enzym till enzym under utveckling av energi. Vätejoner och elektroner reagerar slutligen med syremolekyler. Dessa har högst elektronegativitet och reaktionens produkt är förstås vatten. ATP bildas ur  $\text{ADP} + \text{P}$  genom tre oxidativa fosforyleringar under vätetets väg genom andningskedjan.

Väteatomerna i de två mol  $\text{NADH}$  som bildas i glykolysen fosforylerar alltså 6 mol  $\text{ADP}$  till  $\text{ATP}$ . Inklusiva de två tidigare nämnda mol  $\text{ATP}$  är alltså netto- $\text{ATP}$ -produktion i glykolysen vid aeroba förhållanden (syretillgång): 8 mol  $\text{ATP}$ /mol glukos.

Pyruvatjonerna avger koldioxidmolekyler och omvandlas till acetylgrupper ( $\text{CH}_2 - \text{CO} -$ ), se översiktsskildringen överst vid citronsyracykeln.

Även i denna reaktion avges väteatomer till  $\text{NAD}^+$ . Väteatomerna fortsätter genom andningskedjan där de på slutet förenas med syre under bildning av 6 mol  $\text{ATP}$  räknat per mol glukos (eftersom det bildas 2 mol pyruvat av 1 mol glukos).

Acetylgrupperna träder in i citronsyracykeln genom att förenas med oxalättiksyra (4-kolförening) till citronsyra (6-kolförening). Vid tre enzymreaktioner i citronsyracykeln tar  $\text{NAD}^+$  upp väteatomer (i två av reaktionerna utvecklas koldioxid). I en annan av citronsyracykelns reaktioner tas väte upp av  $\text{FAD}$ , ett koenzym med liknande förmåga som  $\text{NAD}^+$ . Skillnaden är att  $\text{FADH}_2$  avlämnar väteatomerna en bit in i elektrontransportkedjan så att 1 mol  $\text{FADH}_2$  ger 2 mol  $\text{ATP}$  (i stället för 3 mol som  $\text{NADH}$  ger).

2 mol  $\text{ATP}$ /mol glukos bildas också direkt 'på substratnivå' i citronsyra-cykeln när succinyl-CoA (succinylkoenzym A) omvandlas till succinat.

### **Sammanfattning och beräkning av respirationens ATP-produktion räknad per mol glukos, aeroba förhållanden**

#### Glykolysen

Fosforylering på substratnivå ger netto 2 mol  $\text{ATP}$

2 mol glyceraldehyd-3-fosfat dehydrogeneras:

2 mol  $\text{NADH}$  ger 6 mol  $\text{ATP}$  i andningskedjan.

Citronsyrcykeln

2 mol pyruvat dehydrogeneras (sker strax före citronsyrcykeln): 2 mol NADH ger 6 mol ATP i andningskedjan.

3 dehydrogeneringar: 6 mol NADH ger 18 mol ATP i andningskedjan.

2 mol succinat dehydrogeneras och bildar fumarsyra: 2FADH<sub>2</sub> ger 4 mol ATP i andningskedjan.

Omvandling av 2 mol succinyl-CoA till succinat ger 2 mol ATP direkt i citronsyrcykeln (fosforylering på substratnivå).

Summering av ATP-molekylerna enligt ovan ger vid handen att nedbrytning av 1 mol glukos i cellerna ger 38 mol ATP. Men andningskedjans enzymer befinner sig i mitokondriernas innermembran medan glykolysen utförs i cellplasman. In-transporten i mitokondrierna av de två mol NADH/mol glukos som bildas i glykolysen sker genom aktiv transport som kostar 2 mol ATP. Nettot av ATP-bildningen vid respiration av 1 mol glukos är därför 36 mol ATP.

Fosforylering av ATP kräver som nämnts 32 kJ/mol ATP. Eftersom det bildas 36 mol ATP per mol glukos innebär det att  $36 \times 32 \text{ kJ} = 1152 \text{ kJ}$  av det totala energiinnehållet i glukos (2900 kJ/mol) används till ATP-produktion (c:a 40%). Resten blir värme som cellerna också behöver. Som bekant avges dock mycket av värmen till omgivningen.

Om ett av citronsyrcykeln eller andningskedjans enzymer blockeras stoppas alla deras reaktioner. Blockering av något av dessa enzymer är orsaken till en del ämnens giftverkan.

**Jämförelse mellan anaerob och aerob energiutvinning**

Anaerob energiutvinning ger 2 mol ATP/mol glukos och aerob ger 36 mol ATP/mol glukos, dvs. anaerob nedbrytning ger knappt 6% av vad den aeroba ger.

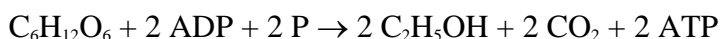
Muskelceller, mjölksyrabakterier och jästsvampar är exempel på celler som kan utföra jäsning vid syrebrist. Det innebär i alla tre fallen samma reaktionskedja som glykolysen men slutar i våra muskler och i mjölksyrabakterier med att pyruvatet omvandlas till laktat (mjölksyrans salt). Vid syresättning av musklerna ("andra andningen") återbildas pyruvatet ur mjölksyran och bryts ner i citronsyrcykeln till koldioxid och väte vilket ger ATP i andningskedjan på vanligt sätt.

Totalreaktionen för mjölksyrabildning:



Mjölksyrabakterier finns i luften och är orsaken till att mjölk surnar (de förökar sig som tur är dåligt i kyla).

Jästsvampar utför en annan jäsningsprocedur: Glukos blir alkohol. Samtidigt bildas koldioxid (egenskap som används vid bakning):



Mjölksyrabildning resp. etanolbildning ”kostar” 6 ATP (2 mol NADH räknat per mol glukos) som återbildas vid de motsatta reaktionerna – se översikten.

Även fetter och proteinernas aminosyror utnyttjas för energiutvinning.

### **Fettnedbrytning**

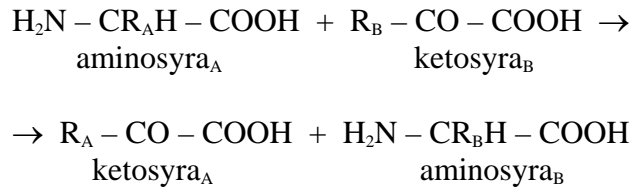
Fetterna sönderdelas i matsmältningen till glycerol och fettsyror. Glycerolen omvandlas av enzymer i två steg till dihydroxiacetonfosfat och därefter vidare till glyceraldehyd-3-fosfat, (se glykolysen i översiktsbilden) som bryts ner genom resten av glykolysen och citronsyracykeln på vanligt sätt med ATP-bildning i andningskedjan. Fettsyrorna genomgår en reaktionsserie, betaoxidationen, med stort ATP-utbyte. Den går ut på att acetylgrupper klipps av och transporteras med CoA till citronsyracykelns enzymer följt av sedvanlig oxidation och ATP-bildning. För varje acetylgrupp som klipps av hydrogeneras (förses med väteatomer) dessutom en FAD-molekyl och en NAD<sup>+</sup> i betaoxidationen.

### **Proteinnedbrytning**

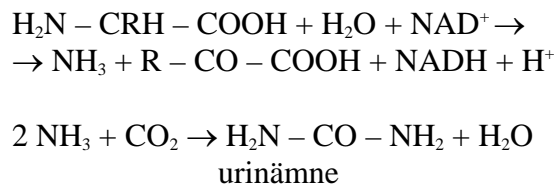
Proteinerna bryts ner till aminosyror i matsmältningen. Först och främst används aminosyrorna till att bygga upp artergna proteiner i proteinsyntesen men 10 – 15% av energin i våra celler kommer från aminosyranedbrytning.



Nedbrytningen kan ske på två sätt. Det ena sättet är transaminering då aminosyran (A) avger sin aminogrupp till en ketosyra (B) och själv blir ketosyra (A):



Ketosyran bryts sedan ner av enzymerna i citronsyracykeln. Det andra sättet är deaminering då aminogruppen blir ammoniak som oskadliggörs som urinämne. Vid deamineringen bildas NADH som ger ATP i andningskedjan:



Transaminering är den mest ekonomiska metoden för organismen eftersom aminogruppen återanvänds. Den processen är en framställningsmetod för nya aminosyror. Den ketosyra som tar emot aminogruppen blir nämligen själv aminosyra.

### Uppbyggande reaktioner

Dessa är ofta nedbrytningens baklängesreaktioner.

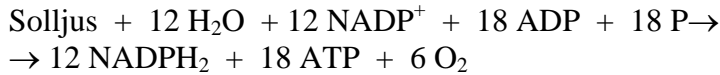
#### Kolhydrater

Vid glukosöverskott går glykolysen ”baklänges”. De flesta enzymer är identiska (ett enzym påskyndar reaktionen åt båda hållen, jämvikten ställs in snabbt). Mer stabil lagring av kolhydrater (än glukos) görs genom att sätta ihop glukosmolekylerna till glykogen (djur, människor) och stärkelse eller cellulosa (växter).

Fotosyntesen är förstås den viktigaste kolhydratuppbyggande reaktionen. Den har en ljuskrävande och en icke-ljuskrävande del.

### Den ljusinfångande reaktionen (Ljusreaktionen)

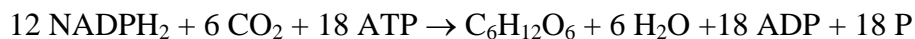
Ljusenergi sönderdelar vatten till syrgas och väte. Samtidigt fosforeras ADP i thylakoidernas membraner där klorofyllet finns.



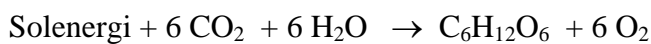
NADP<sup>+</sup> betyder nikotinamidadenindinukleotidfosfat. Dess uppbyggnad liknar NAD<sup>+</sup> men molekylen har ytterligare en fosfatgrupp. NADP<sup>+</sup> transporterar väteatomerna till andra delar av kloroplasterna där mörkerreaktionen sker.

### Den koldioxidbindande reaktionen (Mörkerreaktionen)

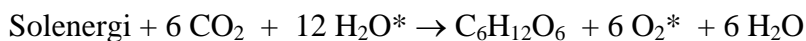
Vätet från ljusreaktionen förenar sig med koldioxid till glukos i en serie energikrävande reaktioner som kan sammanfattas:



All syrgas som bildas i fotosyntesen kommer från vattenmolekyler, vilket inte framgår av den översiktsformel som man vanligen använder för fotosyntesen:



Den borde därför skrivas:



där syrgasen och det syre som är upphovet till syrgasen markerats. Syret som bygger upp glukosen och de samtidigt bildade vattenmolekylernas syre kommer från koldioxiden.

### Fetter

Vid fettsyntes i cellerna hopfogas acetylgrupper från glykolysen till fettsyror. Dessa förestras med glycerol som bildas ur dihydroxiacetonfosfat – en sidolänk i glykolysen. (På översiktsbilden ser du i detalj var dihydroxiacetonfosfat bildas).

### Proteiner

10 av de 20 aminosyrorna som vi behöver kan byggas i våra celler. De syntetiseras ur citronsyrcykelnas ketosyror genom transaminering. Återstående 10 måste ingå i födan (essentiella aminosyror). Proteinmolekyler syntetiseras genom den tidigare omtalade translationen (se kapitlet Nukleinsyror).

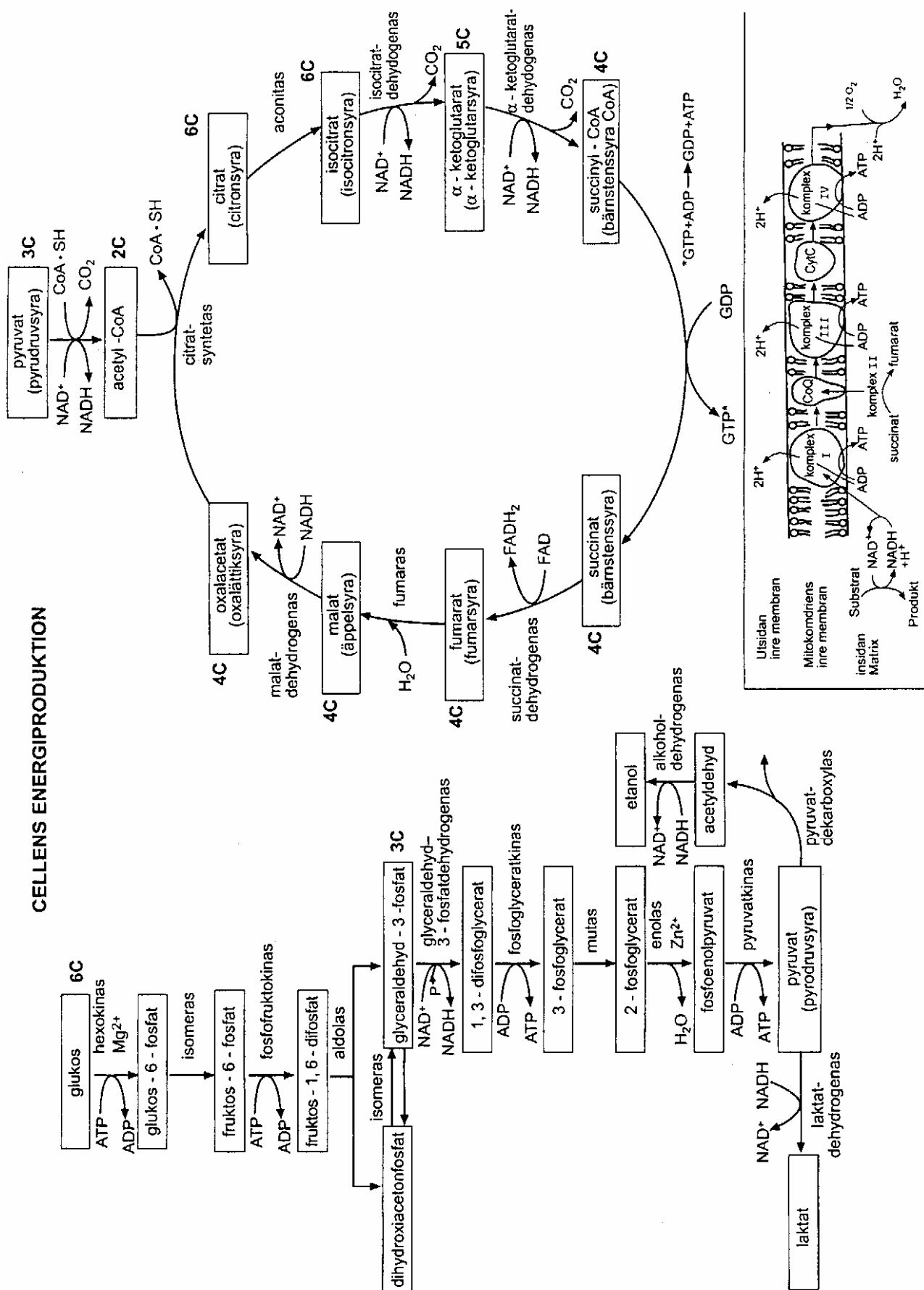
Uppbyggnads- och nedbrytningsverksamheten i kroppen balanseras av särskilda ämnesomsättningshormoner. En annan regle-

rande faktor är många produkters enzympåverkan: Stor produktmängd hämmar enzymets aktivitet medan produktbrist främjar enzymaktiviteten.

**Fundera på...**

Vilka är för- och nackdelarna med anaerob respektive aerob-energiutvinning?

CELLENS ENERGIPRODUKTION





Hemlaboration med särskilt laborationsmaterial

## Hemlaboration 3A

### Proteiner

Laborationen består av två delar, proteiners struktur och enzymer.

#### 1. Proteiners struktur

##### Materiel

Äggvitelösning (1 msk hönsäggvita rörs ut i 0,5 dl vatten)

Stektermometer

Provrör

0,5 mol/dm<sup>3</sup> HCl

Ammoniumsulfat

0,5 mol/dm<sup>3</sup> Kopparsulfatlösning

##### Risikanalyt

Saltsyran som du använder i försöket är starkt frätande. Kopparsulfat är giftigt. Använd skyddsglasögonen och iakttag sedvanlig försiktighet.

##### Utförande

Visa att en äggvitelösning koagulerar vid upphettning.

Har du en stektermometer kan du bestämma vid vilken temperatur äggvitan koagulerar.

Häll någon milliliter, (ett teskedsmått rymmer 5 ml) äggvitelösning i provröret eller i ett glas. Tillsätt ammoniumsulfat till dess att lösningen blir mättad. Vad händer? Tillsätt därefter vatten till lösningen. Vad sker?

Diska ditt kärl och ta ny äggvitelösning i provröret/glaset. Tillsätt någon milliliter kopparsulfatlösning. Iakttagelse?

Diska ditt kärl och ta ny äggvitelösning i provröret/glaset. Tillsätt ett par droppar 0,5 mol/dm<sup>3</sup> saltsyra. Vad händer?

##### Frågor att fundera på:

Förklara termerna primär, sekundär och tertiärstruktur.

Vad händer då ett protein denatureras? Vad kan denaturera ett protein?

## 2. Enzymer

### Materiel

provrör  
två pipetter med väteperoxidlösning  
liten bit rå potatis  
liten bit kokt potatis

### Risikanaly

Väteperoxid är frätande. Använd skyddsglasögon.

### Utförande

Häll hälften av väteperoxidlösningen i provröret. Lägg i en liten bit rå potatis. Vad iakttar du? Upprepa försöket men lägg i en liten skiva kokt potatis. Iakttagelser?

Peroxider (vanliga biprodukter vid cellens kemiska reaktioner) sönderdelas till två helt ofarliga ämnen av enzymet katalas, som finns i de flesta celler.

### Redovisning

Skriv en laborationsrapport på hemlaboration 3A (både del 1 och 2). Laborationsrapporten hör till Studiearbete 3 och är den sista av uppgifterna i studiearbetet.



## Hemlaboration med "vardagskemikalier"

### Hemlaboration 3B med facit

Till denna laboration finns "facit". Du ska göra laborationen enligt anvisningarna och jämföra dina iakttagelser med studiehandledningens förklaring till laborationen. Laborationen ska inte skickas till din distanslärare. Får du problem med att utföra den eller tolka resultatet tar du kontakt med läraren.

#### Anaerob nedbrytning

##### Materiel

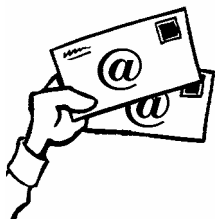
strösocker  
5-10 g jäst  
ballong  
glasburk  
vatten

##### Risakanalys

Några påtagliga olycksrisker föreligger inte i denna laboration.

##### Utförande

Lös upp ungefär 1 msk strösocker i 0,5 dl ljummet vatten. Rör ut jästen i sockerlösningen. Häll blandningen i ballongen. Knyt igen ballongen och placera den i ett vattenbad med fingervarmt vatten. Låt ballongen ligga i 0,5 – 1 timme. Iakttagelser? Hur förklarar du detta?



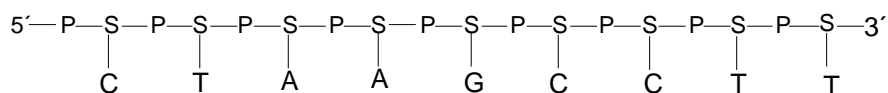
## Studiearbete 4

1. Aminosyran glycin är inte optiskt aktiv men det är däremot aminosyran alanin. Visa detta genom att rita strukturformler för de båda molekylerna. Markera också asymmetriska centrumet.
2. Skriv formeln för den form av metionin ( $pI = 5,7$ ) som dominerar vid

pH 2

pH 5,7

3. En sträng i en DNA-molekyl har följande utseende:



Hur ser motsvarande avsnitt av den andra strängen ut?

4.
  - a) Aminosyror är amfolyter. Förklara detta.
  - b) Rita strukturformeln för en tripeptid som består av aminosyrorna glycin, alanin och serin (i denna ordning).
  - c) Ange en möjlig nukleotidsekvens i mRNA för syntes av tripeptiden.
5. Ett avsnitt av en mRNA-kedja har följande bassekvens:
 
$$5'CUAUGCUUACUUUUGCAUAACGU3'$$
  - a) Avsnittet innehåller en startkodon. Vilken är denna?
  - b) Avsnittet innehåller en stoppkodon. Vilken är denna?
  - c) Vilken peptid ger mRNA-avsnittet upphov till?

*Lycka till!*



# Studieenhet 5

## Analytisk kemi

### Gymnasiekemi B

kapitel 6 (sid 104-108), 10, 11, 12 (sid 216, 234-235)

---

## Inledning

I denna studieenhet kommer du att läsa om den analytiska kemins olika metoder och i vilka sammanhang de används.

## Studieenhetens kunskapsmål

### Skolverkets mål

Eleven skall:

- kunna förklara och tillämpa några vanliga analysmetoder samt kunna beskriva deras användningsområde och utveckling inom t.ex. sjukvård, miljöarbete, forskning och industri

### Konkreta mål

Se ovanstående mål från Skolverket.

## Studiehjälp

Inom analytisk kemi ställs frågorna

- *vilket* är ämnet? (kvalitativ bestämning)
- *hur mycket* av ämnet är det? (kvantitativ bestämning)

För att kunna avgöra detta har en mängd olika analysmetoder arbetats fram. Vissa metoder är rent kvantitativa men många är både kvantitativa och kvalitativa. Det finns dessutom analysmetoder som talar om hur molekyler är uppbyggda dvs. deras *struktur*.

Den analytiska kemin är oerhört viktig och används bl.a. inom sjukvård och miljövård. Den utnyttjas också vid kvalitetskontroll av råvaror eller färdiga produkter inom kemisk industri, vid bestämning av olika produkters sammansättning (exempel fetthalt i livsmedel) samt vid forskning och utveckling inom all typ av kemisk industri (läkemedel, plaster, lim, färg)

## Analysmetoder

En mängd olika analysmetoder ingår i kursen Kemi B. Syftet är att du ska skaffa dig kunskaper om de olika analysmetoderna och veta i vilka sammanhang de används. Du ska också kunna beskriva översiktligt hur de olika metoderna går till, vilken apparatur som används samt vilken information man kan få ut av respektive analysmetod. Studera sedan minst en analysmetod i detalj inom vardera av områdena, titrimetri, kromatografi och spektroskopi. Reflektera, exemplifiera och försök strukturera upp metoderna. Ett tips är att du skapar dig en överblick innan du studerar de olika metoderna mer detaljerat.

Ett problem då man vill analysera en viss förening kan vara att den är blandad med andra föreningar och därför kan det första steget bli att separera ämnena från varandra. Separationsmetoder bygger ofta på fördelningsjämvikter.

### Översikt över analysmetoder som tas upp i kursen

#### Gravimetriska metoder

#### Titrimetriska metoder

- syrabastitrering
- redoxtitrering
- fällningstitrering
- komplexometrisk titrering

#### Kromatografiska metoder

- vätskekromatografi (pappers-, tunnsikt-, jonbytkromatografi, gelfiltrering samt HPLC)
- gaskromatografi

#### Masspektrometri

#### Spektroskopiska metoder

- spektrofotometri
- atomabsorbtionsspektrofotometri, AAS
- emissionsspektrofotometri
- infrarödspektroskopi IR
- kärnmagnetisk resonansspektroskopi, NMR

#### Elektrokemiska metoder

- elektrolytiska metoder
- potentiometriska metoder
- konduktometriska metoder

## Gravimetri

*Metodens syfte* är att bestämma ett ämnes koncentration genom vägning.

*Principen* är att det sökta ämnet bildar en mycket svårslöslig förening med ett annat jonslag. Som exempel kan kloridjoner fällas ut med silverjoner och sulfatjoner fällas ut med bariumjoner. När det sökta jonslaget fällts ut fullständigt filtreras, tvättas och torkas fällningen. Därefter vägs fällningen och mätvärdet används för beräkning av koncentrationen av det sökta jonslaget i den ursprungliga lösningen.

### Fundera på ...

Vilka svårslösliga föreningar bildas i ovanstående exempel?

## Titringar

*Metodens syfte* är att bestämma ett ämnes koncentration.

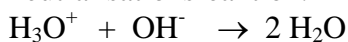
*Principen* är att ett ämnes (titrandens) koncentration kan bestämmas genom tillsatts av ett annat ämne (titrator), med en bestämd koncentration. En indikation t.ex. färgomslag indikerar då ämnena föreligger i ekvivalenta mängder (ekvivalenspunkten). Volym tillsatt titrator avläses vid ekvivalenspunkten och dess substansmängd kan beräknas med formeln  $c = n/V$ . Med ledning av reaktionsformeln bestäms molförhållandena mellan titrand och titrator och därmed blir också titrandens substansmängd känd. Eftersom dess volym är bestämd från början kan koncentrationen beräknas.

*Apparaturen* är en byrett som innehåller titrator och en E-kolv med titranden, placerad på en magnetomrörarplatta samt eventuellt en indikator.

Lär dig i vilka sammanhang de olika titrermetoderna används och lär dig förstå de kemiska reaktioner som metoderna baseras på.

### Syra-bas titrering

Reaktion sker mellan oxoniumjoner och hydroxidjoner, alltså en neutralisationsreaktion.



Om titranden är en syra är lösningen från början sur. Då titratoren tillsätts kommer dess hydroxidjoner att reagera med oxoniumjonerna till vattenmolekyler. Vid ekvivalenspunkten har lika många hydroxidjoner tillsatts som det finns oxoniumjoner, och nästa droppe av basen medför en kraftig förhöjning av lösningens pH. En indikator med lämpligt omslagsintervall ändrar därmed färg. Basens positiva jon och syrans negativa jon är de enda jonerna (förutom vattnets autoprotolys-produkter) vid ekvivalenspunkten. Deras eventuella sura eller basiska egenskaper bestämmer pH vid ekvivalenspunkten och därmed val av indikator.

*Exempel:* Om titranden är ättiksyra och titratoren natriumhydroxid kommer lösningen vid ekvivalenspunkten bestå av acetatjoner och natriumjoner. Acetatjonen är en svag bas (se formelsamlingen) och reagerar därmed med vatten och bildar hydroxidjoner. Lösningen i ekvivalenspunkten är alltså basisk och en indikator som slår om på den basiska sidan måste väljas.

### Fundera på ...

Vilken indikator är lämplig att välja vid

- titrering av stark syra med stark bas
- titrering av svag bas (exempelvis ammoniaklösning) med stark syra?

**Tips!** Är lösningen sur, neutral eller basisk vid ekvivalenspunkten?

### Redoxtitrering

Det finns många redoxreaktioner som kan utnyttjas för titrering. I läroboken behandlas två olika metoder, permanganattitrering och jodometrisk titrering. I kapitel 6 kan du läsa om hur man skriver redoxformler.

**Permanganattitrering:** Om man vill bestämma koncentrationen av ett reduktionsmedel dvs. det sökta ämnet ska oxideras vid titreringen gör man en permanganattitrering. Metoden är självindikerande, vilket innebär att man inte behöver tillsätta någon indikator utan ekvivalenspunkten syns genom att permanganatjonen är kraftigt färgad medan manganjonen är färglös. Denna metod kan b.l.a. användas för att bestämma järnhalten i ett prov eller halten väteperoxid eller oxalsyra i en lösning.

**Jodometrisk titrering:** Om man istället ska bestämma koncentrationen av ett oxidationsmedel dvs det sökta ämnet ska reduceras vid titreringen gör man en jodometrisk titrering. Ekvivalenspunkten indikeras med en stärkelseslösning eftersom stärkelse är ett tydligt och bra reagens på jod. Metoden används inte enbart för att bestämma koncentrationen av jod utan framförallt för att analysera jonslag som kan oxidera jodidjoner till jod. Men då måste titreringen föregås av en annan reaktion. Exempel på sådana ämnen är kopparjoner och klorgas.

### Fällningstitrering (Mohrs metod)

Silverjoner används som reagens på kloridjoner, silverklorid bildas. Ett alternativ till att analysera kloridjoner med gravimetri är att göra fällningstitrering och indikera ekvivalenspunkten genom tillsats av kromatjoner. Det är detta som kallas Mohrs metod. Kromatjonerna bildar precis som kloridjonerna en svårslöslig förening med silverjoner men silverkromat som är rödfärgad fälls inte ut förrän alla kloridjoner "tagit slut".

### Komplexometrisk titrering med EDTA

EDTA binds starkt till metalljoner och så kallade EDTA-komplex bildas. Metoden kan användas för att bestämma halten av metalljoner såsom  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$  och  $\text{Al}^{3+}$ . Som indikatorer används olika metall-indikatorer. Man kan använda EDTA-titrering om man exempelvis vill bestämma hårdheten på vatten.

### Kromatografiska analysmetoder

- adsorption = vätska binds till en fast fas
- absorption = vätska löses i annan vätska

Kromatografi är en metod som används för att separera olika ämnen från varandra. Metoden bygger på ett tvåfasssystem där en fas är fast (stationär) och den andra är rörlig (mobil). Ämnena som skall separeras är lösta i ett lösningsmedel. Föreningarnas olika egenskaper gör att de kommer att fördelas olika mellan den stationära och den mobila fasen och därmed att transporteras olika fort genom det kromatografiska systemet.

Den *fasta fasen* kan vara en

- fast fas t.ex papper, krita eller aluminiumoxid
- högviskösvätska som sitter fast på en fast stödfas.

Den *rörliga fasen* kan vara:

- vätska
- gas

Den rörliga fasen passerar genom den fasta fasen och de olika kemiska föreningarna som skall separeras ”bromsas” olika mycket och lämnar därmed den fasta fasen vid olika tidpunkter. Sättet att ”bromsa” de olika molekylerna bygger på:

- adsorptionsjämvikter
- fördelningsjämvikter (absorption)
- storleken av molekylerna som skall separeras (gelfiltrering)

Analysens resultat presenteras i ett kromatogram. Olika föreningar lämnar den fasta fasen vid olika tidpunkter. En topp på kromatogrammet visar en förening. Det tar alltid lika lång tid för en viss förening att passera genom samma stationära fas. Toppens storlek dvs arean under toppen är direkt proportionell mot ämnets koncentration (kvantitativ analys).

Adsorption är ett ytfenomen som beror på elektrostatiska krafter. För varje ämne (X), i den rörliga fasen, inställer sig en jämvikt mellan den stationära och rörliga fasen:



Olika ämnen binds olika hårt och passerar därmed den stationära fasen olika fort.

Ämnen är olika lösliga i varandra. Ämnena i den rörliga fasen fördelar sig mellan lösningsmedlet i den rörliga fasen och den fasta fasens vätska, en jämvikt uppstår. Olika ämnen fördelar sig olika beroende av fördelningskoefficientens värde, och passerar därför den fasta fasen olika fort.

### Jonbyteskromatografi

Jonbytarmassan består av en olöslig stödfas med en nätliknande struktur till vars yta antingen positiva eller negativa joner kan bindas. Man skiljer på jonbytare som kan byta ut positiva joner, katjonbytare och jonbytare som kan byta ut negativa joner, anjonbytare. En kombination av anjonbytare och katjonbytare kan användas för framställning av avjonat vatten.

*En anjonbytare* är från början mättad på negativa joner exempelvis hydroxidjoner. Genom att låta en lösning passera genom anjonbytaren kommer lösningens negativa joner att ta hydroxidjonernas plats i den fasta fasen. De hydroxidjoner som lossnar gör att den lösning som kommer ut är basisk.

*En katjonbytare* är från början mättad på positiva joner exempelvis vätejoner eller natriumjoner. Genom att låta en lösning passera genom katjonbytaren kommer lösningens positiva joner att ta natriumjonens eller vätejonens plats i den fasta fasen.

Med regenerering menas att jonbytaren återställs till ursprungligt skick.

### Fundera på...

Vad är det för skillnad mellan avjoniserat respektive destillerat vatten?

Strukturera nu själv upp de övriga kromatografiska metoderna som tas upp i läroboken:

- papperskromatografi
- tunnskikt-kromatografi
- HPLC
- gaskromatografi
- gelfiltrering

### Fundera på...

Vilken typ av rörlig respektive fast fas gäller för de olika metoderna? Efter vilken princip separeras ämnena?

## Masspektrometri, MS

Metodens syfte är att påvisa kemiska föreningar.

Principen är att ett prov förgasas, joniseras och sönderfaller till mindre jonfragment. De bildade jonerna accelereras i ett elektriskt fält, och deras banor böjs av med ett magnetiskt fält. På detta sätt separeras partiklarna och avböjningens storlek registreras av en detektor. Genom kunskap om hur molekylerna sönderfaller och därmed vad som kommer att detekteras i detektorn, kan ett provs innehåll analyseras.

Apparaturen är en masspektrometer ofta kombinerad med en gaskromatograf. Gaskromatografen separerar ett provs olika kemiska föreningar.

## Spektroskopiska analysmetoder

Spektroskopiska metoder bygger på växelverkan mellan elektromagnetisk strålning och materia. Olika våglängdsområden på-



verkar materia på olika sätt. Alla spektroskopiska metoder bygger på samma princip, skillnaden är att man utnyttjar elektromagnetisk strålning av olika våglängder och därmed får man olika information. Någon typ av elektromagnetisk strålning från en källa faller in mot ett prov. I en detektor som är placerad efter provet analyseras den strålning som passerat genom provet.

Börja med att repetera det elektromagnetiska våglängdsområdet. Vilka våglängder utgörs av synligt ljus? Vilka våglängder utgörs av UV-ljus och inom vilket våglängdsområde finns det infraröda ljuset?

Repetera också begrepp såsom exciterad atom jämfört med joniserad.

### **Atomabsorptionsspektrometri, AAS** våglängdsområde 200-700nm

*Metodens syfte* är att påvisa och kvantitativt bestämma enskilda grundämnen.

*Principen* är att olika grundämnen exciteras på olika sätt dvs., elektroner hoppar mellan energinivåerna på olika men bestämda sätt i olika grundämnen. Varje grundämne absorberar därmed olika energimängder och för varje grundämne används en speciell lampa som *sänder ut ljus av bara en våglängd*.

*Apparaturen* är en atomabsorptionspektrofotometer. I denna finns en lampa som alstrar ljus med en viss energimängd. Ljuset riktas och passerar provet som omvandlats till fria atomer. Om det i provet finns atomer som tar upp just denna energimängd kommer en mindre ljusmängd än den utsända att komma fram till detektorn som ligger bakom provet. (När atomerna återgår till sitt grundtillstånd utsänds det absorberade ljuset i alla riktningar). Hur mycket som är kvar av ljuset när det når detektorn är direkt proportionellt mot ämnets koncentration.

### **Spektrofotometri baserat på synligt ljus eller UV-ljus** Våglängdsområde 200-700 nm. *Metodens syfte* är att påvisa och kvantitativt bestämma olika kemiska föreningar.

*Principen* är densamma som vid atomabsorption dvs. excitering av atomer men med den skillnaden att det är hela molekyler som tar upp bestämda energimängder, olika för olika molekyler. Detta är emellertid en förenklad bild då molekylerna även tar upp energi som omvandlas till vibrations- respektive rotationsenergi hos molekylerna.

*Apparaturen* är en spektrofotometer. Ljus alstras, delas upp i olika våglängder, riktas och passerar provet. En efter en passerar våglängderna provet och den bakomliggande detektorn. Man kan därvid bestämma vid vilken våglängd absorptionen är som störst och använda denna vid den kvantitativa bestämningen. Eftersom mängden absorberat ljus är direkt proportionell mot ämnets koncentration kan ämnet bestämmas kvantitativt om man först tagit fram en kalibreringskurva.

### **IR-spektroskopi**, våglängdsområde 2.5-15 $\mu$ m

*Metodens syfte* är att påvisa kemiska föreningar. Metoden kan också användas kvantitativt.

*Principen* är att molekyler absorberar elektromagnetisk strålning som omvandlas till ”vibrationsenergi”, olika för olika molekyler. Den frekvens med vilken atomerna svänger beror dels på bindningens styrka och dels på atomernas massa. Olika bindningar absorberar alltså olika stora energipaket ur IR-strålningen. Genom att ta upp ett IR-spektrum och jämföra med tidigare framtagna spektrum från en databank får man veta vilka funktionella grupper och bindningar som finns i provet.

*Apparaturen* är en IR spektrometer.

### **NMR-spektroskopi**, våglängdsområde 0.5-5 m

*Metodens syfte* är att ge strukturell information om olika föreningar. Metoden är den viktigaste strukturbestämningssmetoden inom den organiska kemin men används också i sjukhusens magnetkameror. Metoden kan även användas för kvantitativa bestämningar

*Principen* är, mycket förenklad, att genom att lägga på ett yttre magnetfält och därefter skicka radiovågor genom provet kommer atomkärnor att absorbera olika energimängder, olika i olika omgivningar (typ av närliggande atomer).

*Apparaturen* är en NMR-spektrometer.

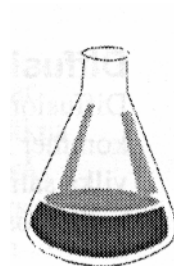
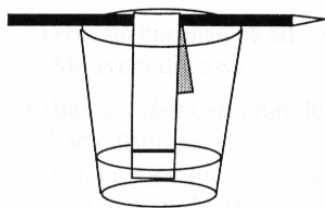
## **Elektrokemiska metoder**

Det räcker att du känner till att det även finns elektrokemiska analysmetoder. Du behöver inte fördjupa dig i metoderna eller utföra beräkningar på dessa.

**Redovisning:**

Det ingår i studiearbete 5 att skriva en laborationsrapport på hemlaboration 4A och 4B.

Hemlaboration med vardagskemikalier

**Hemlaboration 4A****Papperskromatografi****Materiel:**

Kromatografipapper (ev. kaffefilter), dricksglas eller liten glasburk, vattenlöslig tuschpenna (gärna svart, brun, lila eller grön).

**Risikanalyt:**

Lacknafta och T-sprit är skadliga att inandas och förtära, söj för god luftväxling.

**Genomförande:**

Klipp kromatografipapperet (kaffefiltret) så att du får en dubbelvikt remsa som lagom får plats i dricksglasen eller burken. Papperet ska inte vara så brett att det går emot glasets sidor.

Rita ett smalt streck med tuschpennan på kaffefiltret ungefär 1,5 cm från nederkant. Håll vatten i glaset upp till 0,5 cm höjd.

Sätt försiktigt ner papperet med tuschstrecket nedåt i glaset. Papperet ska stå så rakt som möjligt i glaset. Om det är svårt att få papperet att stå kan du hänga papperet över en penna som du lägger på överkanten av glaset. Det är viktigt att inte papperet dränks utan att vattnet vandrar uppåt, långsamt.

Det är inte säkert att du lyckas separera de olika färgerna i din tillsy-nes enfärgade tuschpenna vid första försöket utan var beredd på att göra det fler gånger. Upprepa gärna försöket med flera olika färger.

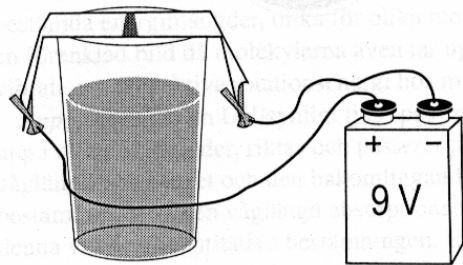
Vissa pennfärger separeras bättre om man använder ett annat lösningsmedel. Prova samma utförande men med T-sprit och/eller lacknafta.

*Iakttagelser?*

Hemlaboration med särskilt laborationsmaterial och vardagskemikalier”

## Hemlaboration 4B

### Elektrofores



Elektrofores liknar i första anblicken t.ex. vätskekromatografi men elektrofores är inte en kromatografisk metod eftersom partiklarna inte separeras genom fördelningsjämvikter mellan mobil och fast fas. Elektrofores är istället en metod där laddade partiklar separeras beroende på olika vandringshastighet i ett elektriskt fält. Separation m.h.a elektrofores i stor skala är ryggraden bakom mycket biokemisk- och molekylär forskning för bl.a. separation och isolering av proteiner och polynukleotider.

### Uppgift:

Att separera grön karamellfärg i två olika komponenter.

### Materiel:

Kromatografipapper (ev. kaffefilter), 9 V batteri, batteriknäppa och två krokodilklämmor (alternativt en bit aluminiumfolie) och ett glas med saltvatten.

### Risicanalys:

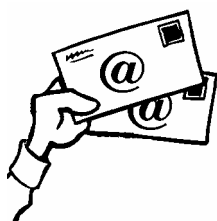
Några särskilda risker föreligger inte.

### Utförande:

Klipp till en ca. 10 cm lång och 1 cm bred remsa av kaffefiltret. Doppa remsan i ett glas med saltvatten (ca. 2 matskedar salt till 2 dl. vatten). Lägg remsan över glaset enl. fig. (se till att remsan inte doppas i vattnet). Lägg en rand med grön karamellfärg mitt på remsan och koppla på batteriet genom att sätta en krokodilklämma i varje ända på remsan. Nu är det bara att vänta.

### Resultat:

Efter ca. 1/2 timme bör du kunna se att två olika färger har separerats helt från varandra.



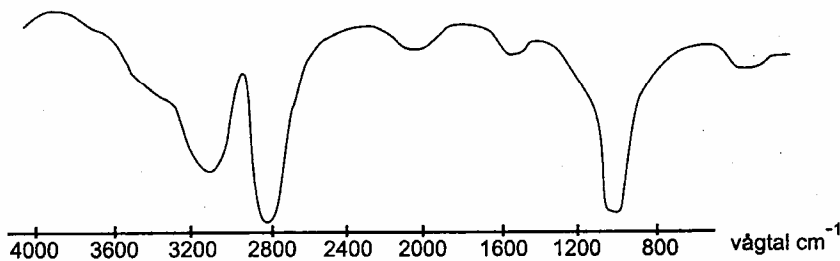
## Studiearbete 5

- Du har två prov. Det ena är en *utspädd* natriumsulfatlösning och det andra är en *utspädd* ättiksyra lösning. Du vet inte vilket som är vilket.
  - Föreslå hur man på ett *enkelt* och snabbt sätt kan skilja dem åt. Motivera ditt svar.
  - Beskriv *detaljerat* hur du skulle gå till väga för att bestämma de båda lösningarnas koncentrationer. I din beskrivning ska även beräkningar redovisas varför du måste anta vissa fakta själv som du sedan utgår ifrån då du löser uppgiften.
  
- Man bestämmer halten syre i vatten med enligt Winklers metod. Syret får reagera med mangan(II)joner enligt reaktionsformeln
 
$$4 \text{Mn}^{2+} + 8 \text{OH}^- + \text{O}_2 \rightarrow 4 \text{MnO}(\text{OH})(\text{s}) + 2\text{H}_2\text{O}$$
 Den manganoxidhydroxid som bildas får oxidera jodidjoner till jod enligt reaktionsformeln
 
$$2 \text{MnO}(\text{OH})(\text{s}) + 6 \text{H}^+ + 2\text{I}^- \rightarrow 2 \text{Mn}^{2+} + \text{I}_2 + 4 \text{H}_2\text{O}$$
 Mängden jod bestäms genom titrering med en lösning av natriumtiosulfat. Reaktionen sker enligt formeln
 
$$2 \text{S}_2\text{O}_3^{2-} + \text{I}_2 \rightarrow 2\text{I}^- + \text{S}_4\text{O}_6^{2-}$$
 Man valde att analysera  $0,100 \text{ dm}^3$  vatten. Det gick åt  $15,0 \text{ cm}^3$  natriumtiosulfatlösning med koncentrationen  $0,0100 \text{ mol/dm}^3$ . Beräkna massan av det syre som var löst i  $1,00 \text{ dm}^3$  vatten.
  
- Beskriv noggrant hur du går tillväga för att bestämma koncentrationen av en kaliumpermanganatlösning med hjälp av en spektrofotometer.

4. Nedanstående kurva visar en IR-spekroskopisk bild av en organisk förening. Vilken av följande föreningar kan tänkas motsvara bilden? Svaret måste motiveras!

- a) karboxylsyra
- b) alkohol
- c) ester
- d) aldehyd
- e) alken

C=O absorberar i området 1650-1820  $\text{cm}^{-1}$   
 O-H absorberar i området 3000-3700  $\text{cm}^{-1}$   
 C-OH absorberar i området 1050-1150  $\text{cm}^{-1}$   
 C=C absorberar i området 2100-2250  $\text{cm}^{-1}$   
 C-O absorberar i området 1100-1200  $\text{cm}^{-1}$   
 C-H absorberar i området 2700-3200  $\text{cm}^{-1}$



5. Redogör för en spektroskopisk och en kromatografisk apparat. Hur är den uppbyggd? Vilken princip arbetar den efter? Vilka analyser är den lämplig till? osv.
6. Skriv en laborationsrapport till Hemlaboration 4A och en laborationsrapport till Hemlaboration 4B, följ mallen som finns i denna studiehandledning.

*Lycka till!*

# Studieenhet 6

## Fördjupningsarbete

---

### Inledning

Kemin har stor betydelse för vårt dagliga liv. Plaster och metalllegeringar är exempel på material som utvecklats för att uppfylla olika krav. Mycken forskning bedrivs för att förbättra analysmetoder för olika ändamål, t.ex. inom sjukvård och miljöarbete. Cellforskningen är ett område där man med biokemins hjälp kommit till mycket värdefulla resultat. I denna studieenhet ska du specialstudera ett område inom kemin som du tycker verkar intressant. Denna fördjupning kan ske antingen som en teoretisk eller som en praktisk uppgift. Ditt arbete betygsätts och räknas som en del av dina resultat för det slutliga betyget i kursen.

### Studieenhetens kunskapsmål

#### Skolverkets mål

Eleven skall

- ha fördjupat sina kunskaper inom några av kemins aktuella tillämpningsområden.

#### Konkreta mål

Se ovanstående ”Skolverkets mål”.

### Studiehjälp

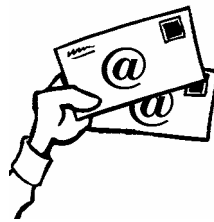
#### Teoretisk eller praktisk fördjupningsuppgift

En modell kan vara att börja i en tidskriftsartikel (t.ex. Forskning och Framsteg, Illustrerad Vetenskap) och därefter mer i detalj söka vidare i litteratur och granska bakgrunden till artikeln. En annan variant är att presentera ett tillämpningsområde med utgångspunkt från ett av de senaste decenniernas nobelpris i kemi eller medicin.

Du skulle också kunna genomföra fördjupningsuppgiften praktiskt och exempelvis fördjupa dig inom den analytiska kemin.

Ta kontakt med din distanslärare för att diskutera tillvägagångssätt och valet av fördjupningsuppgift.

## Studiearbete 6



Välj mellan att göra en teoretisk uppgift eller en praktisk uppgift.

### **Teoretisk uppgift**

Välj ett område inom kemien som du är intresserad av. Huvudsaken är att innehållet hör hemma inom något av kemins ämnesområden och behandlar någon tillämpning av ”kemins landvinningar”.

Du ska skriva en rapport på 3 – 4 maskinskrivna sidor (det viktiga är inte mängden sidor utan innehållets kvalitet) där du presenterar resultatet av dina efterforskningar. Sist i rapporten ska anges vilka källor (böcker, tidskrifter, tidningsartiklar m.m.) du använt för att utföra ditt fördjupningsarbete.

Du måste också vara beredd att muntligt diskutera de tankar som ligger till grund för ditt fördjupningsarbete.

### **Praktisk uppgift**

Du skall skriva laborationsrapporter enligt mallen som finns i detta häfte. Lägg ner lite arbete på att fundera över och diskutera dina resultat. Hämta information från Internet. Med hjälp av någon sökmotor bör du få mycket information. Protokollen betygsätts och räknas som en del av slutprovet.



## Svar och lösningar

**Studieenhet 2**  $K_a$  för citronsyra är enligt tabell 7,1 · 10<sup>-4</sup>

Övning 1.

Vi betecknar citronsyra med HA

	HA	$\rightleftharpoons$	H <sup>+</sup>	+	A <sup>-</sup>
konc före protolys	0,012		0		0
ändring	-x		+x		+x
konc vid jämvikt	0,012 - x		x		x

$$7,1 \cdot 10^{-4} = \frac{x^2}{0,012 - x}$$

Antag att  $x \ll 0,012$  då gäller att  $(0,012 - x) \approx 0,012$  och ekvationen förenklas till

$$7,1 \cdot 10^{-4} = \frac{x^2}{0,012}$$

$$x^2 = 7,1 \cdot 10^{-4} \cdot 0,012$$

$$x = \pm \sqrt{8,52 \cdot 10^{-6}}$$

$$x = 2,91 \cdot 10^{-3}$$

$$pH = 2,5$$

Svar: pH = 2,5 (OBS pH skall bara anges med en decimal)

**Studieenhet 2**  $\text{NH}_4\text{Cl}$  är ett salt och delar upp sig fullständigt i joner  $\text{NH}_4^+$  och  $\text{Cl}^-$ . Av dessa två joner är det bara  $\text{NH}_4^+$  som deltar i någon protolys.

Övning 2

Molmassan för  $\text{NH}_4\text{Cl}$  är 63,5 g/mol

2,05 g  $\text{NH}_4\text{Cl}$  utgör substansmängden 0,03228 mol. Eftersom denna substansmängd löstes i 1 dm<sup>3</sup> vatten så blir lösningens totalkoncentration 0,03228 mol/dm<sup>3</sup> och  $[\text{NH}_4^+] = 0,03228 \text{ mol/dm}^3$ .

$K_a$  för ammoniumjonen är  $5,5 \cdot 10^{-10}$

	$\text{NH}_4^+$	$\rightleftharpoons$	$\text{H}^+$	+	$\text{NH}_3$
konc före protolys	0,03228		0		0
ändring	-x		+x		+x
konc vid jämvikt	0,03228 - x		x		x

Antag att  $x \ll 0,03228$  då gäller att  $(0,03228 - x) \approx 0,03228$  och ekvationen förenklas till

$$5,5 \cdot 10^{-10} = \frac{x^2}{0,03228}$$

$$x^2 = 5,5 \cdot 10^{-10} \cdot 0,03228$$

$$x = \pm \sqrt{1,775 \cdot 10^{-11}}$$

$$x = 4,21 \cdot 10^{-6}$$

$$pH = 5,37$$

Svar: pH = 5,4

## Förklaring till Hemlaboration 1A i studieenhet 2

### Försök 1

Det bubblar mer när vi använder en starkare syra, zinkpulver eller värmer.

- Reaktionshastigheten ökar vid ökad konc. HCl, p.g.a. av fler partiklar som kan krocka och därmed reagera.
- Reaktionshastigheten ökar vid finfördelad zink, p.g.a. större ytor möts och möjligheten till reaktion ökar.
- Reaktionshastigheten ökar med högre temperatur, p.g.a. av att partiklarna rör sej snabbare och antalet krockar ökar. Dessutom har fler krockar tillräckligt med energi för reaktion.

### Försök 2

Jämförelse mellan första försöket i brunn A och försöket i brunn B visar att en katalysator avsevärt ökar reaktionshastigheten. Andra försöket i brunn A borde enligt resultatet från försök 1 ske långsammare eftersom koncentrationen oxalsyra har minskat. Reaktionen går dock snabbare andra gången detta beror på att det vid reaktionen har bildats manganjoner vilka enligt försöket i brunn B katalyserar reaktionen.

Vi har alltså i första reaktionen i brunn A tillverkat en katalysator vilket gör att reaktionshastigheten i andra försöket ökar trots att koncentrationen oxalsyra minskar.

## Förklaring till Hemlaboration 1B i studieenhet 2

### Förskjutning av jämviktsläget

#### Svar till de inledande uppgifterna:

1. Vilka partikelslag - förutom vattenmolekyler- finns i jämviktsblandningen?

Förutom vattenmolekyler finns

$\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{SCN}^-$ ,  $\text{FeSCN}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$  och  $\text{NO}_3^-$ .

2. Jämviktsvillkoret:  $K = [\text{FeSCN}^{2+}] / ([\text{SCN}^-] \cdot [\text{Fe}^{3+}])$

och enheten på jämviktskonstanten är  $\text{M}^{-1}$

#### Resultat:

Brunn	Tillsats	Förändring	Jämviktslägets förskjutning
A	Järn (III) nitratlösning	Mörkare färg	Åt höger
B	Kaliumtiocyanatlösning	Mörkare färg	Åt höger
C	Silvernitratlösning	Ljusare färg	Åt vänster
D	Natriumfosfatlösning	Ljusare färg	Åt vänster
E	Vatten	Ljusare färg	Åt vänster
F	Jämförelselösning		

#### Diskussion:

Jämviktsläget förskjuts så att förändringen motverkas, helt enligt Le Chatliers princip.



I brunn A och B tillsätter vi jonslag som finns på vänster sida i jämviktsformeln, ökar alltså koncentrationen av något på vänster sida därmed sker en förskjutning åt höger för att motverka detta.

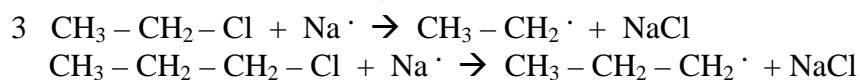
I brunn C och D är det så att de tillsatta jonerna binder till sig ett av jonslagen på vänster sida vilket gör att koncentrationen av fria joner minskar på vänstersida vilket leder till en jämviktsförskjutning åt vänster.

Även i brunn E är det en förskjutning av jämviktsläget som ger den ljusare färgen (alltså inte en utspädningseffekt).

Volymen ökar då extra vatten tillsätts. Om vi tänker oss att volymen fördubblas kommer koncentrationen av respektive jonslag i jämviktsblandningen att halveras.

Om du i jämviktsformeln först antar att koncentrationen av respektive jonslag är  $X \text{ M}$  och utifrån detta bestämmer jämviktskonstantens värde får du värdet på  $K$  till  $1/X \text{ M}^{-1}$ . Om du sedan studerar  $Q$  och då antar att koncentrationen av respektive jonslag efter tillsats av vatten är  $0.5X \text{ M}$  får du fram ett värde på  $Q$ .  $Q = 2/X \text{ M}^{-1}$ .  
 $Q > K$  vilket leder till förskjutning av jämviktsläget åt vänster.

### Facit till molekyluppgift i studieenhet 3



4 pentan

5 n-pentan, 2-metylbutan, 2,2-dimetylpropan; kedjeisomeri

6 Även dimetyleter; funktionsisomeri

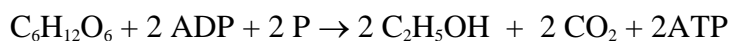
7 De två isomererna är 1-aminopropan och 2-aminopropan, ställningsisomeri

8 Optisk isomer erhålls genom att byta plats på två motstående grupper som sitter på det kirala kolet.

### Förklaring till Hemlaboration 3B i studieenhet 4

Om ballongen är helt tom förutom jästen och sockerlösningen när försöket startar, arbetar jästen anaerobt, dvs. utan syre.

Det innebär att sockret (som först spjälkas till glukos) bryts ner med hjälp av glykolysens enzymer. Pyruvatet som bildas i glykolysen sönderdelas till etanol och koldioxid istället för till koldioxid och vatten som vid aerob respiration:



Detta är jästens metod att utvinna energi ur näringsämnet vid anaeroba förhållanden. Vid aeroba förhållanden kan jäst utföra ”hela respirationen”.

Passa på att studera i boken: Energiutvinning hos mjölksyrabakterier och muskelceller vid både anaeroba och aeroba förhållanden.