

GYMNASIEKEMI FÖR LÄKARSTUDENTER

Material

Freja Renhammar, Uddevalla Gymnasieskola

Mustafa Al-Attar, Linköpings Universitet

”antonfsvensson”

”mamma doktor”

Sammanställning, renskrivning och komplettering

Nils Karlsson, lkarstudent.se

INDEX

MÅTT OCH BEGREPP.....	3
KEMISKA BINDNINGAR.....	4
Intramolekylära bindningar.....	4
Metallbindning.....	5
Intermolekylära bindningar.....	5
Formell laddning.....	5
ENERGI.....	6
KEMISKA REAKTIONER.....	7
Kemisk jämvikt.....	7
Syror, baser och buffertar.....	8
Oxidation och reduktion.....	9
ISOMERI.....	10
ORGANISK KEMI.....	11
Kolväten.....	11
Funktionella grupper.....	11
Organiska föreningar.....	12
BIOKEMI.....	14
Kolhydrater.....	14
Lipider.....	15
Proteiner.....	15
Kvävebaser och nukleinsyror.....	16
Proteinsyntes.....	17
Replikation.....	17
NAD och FAD.....	18
Andningskedjan.....	18
Oxidativ fosforylering.....	18
ATP.....	19
Glykolys.....	19
Betaoxidation.....	19
Citronsyracykeln.....	20
ANALYTISK KEMI.....	21
Elektrofores.....	21
Masspektrometri.....	21
Kromatografi.....	22
Spektroskopi.....	23
ADDENDA ET CORRIGENDA.....	24

MÅTT OCH BEGREPP

Substansmängd anger antalet (n) partiklar. En mol motsvarar $6,022 \times 10^{23}$ partiklar.

Atommassa anger hur stor massa en atom har, mätt med enheten u där $1 \text{ u} = 1,661 \times 10^{-24}$ gram (eller en tolfedel av massan hos kol-12).

Molmassa (M) anger hur stor massa (m) som en mol av ett ämne motsvarar. Enheten är gram/mol.

Koncentration (c) anger hur stor substansmängd (n) av ett löst ämne som finns i förhållande till volymen (V) av en vätska och mäts med enheten molar (M) där $1 \text{ M} = 1 \text{ mol} / \text{dm}^3$ (mol per liter). Ett annat mått på koncentration, molalitet, jämför istället det lösta ämnets substansmängd med lösningsvätskans massa; $1 \text{ m} = 1 \text{ mol} / \text{kg}$ (mol per kilogram).

pH mäter surhetsgraden hos en flytande lösning. Inom kemin anses ett pH-värde på 7 vara neutralt medan lägre värden är ”sura” och högre värden är ”basiska”. Inom medicinen gäller det dock att det mänskliga blodet ska ha ett pH på $7,40 \pm 0,05$ anses vara normalt; ett pH på 7,20 ses då som surt. Om $[\text{H}^+]$ är vätejonskoncentrationen i lösningen så gäller att:

$$\text{pH} = -\log[\text{H}^+]$$

$$[\text{H}^+] = 10^{-\text{pH}}$$

”Katjon” (katod-jon) syftar på en positivt laddad jon medan ”anjon” (anod-jon) syftar på en negativt laddad jon. Ett salt är en förening av katjoner och anjoner, med neutral laddning.

Metalljoner hydratiseras relativt lätt då de är små och kompakta med hög laddning.

Vattnets ”hårdhet” är ett mått på dess innehåll av mineraler; främst kalcium men även magnesium. Vattnets hårdhet mäts i hårdhetsgrader vilkas definitioner kan variera från land till land. I Tyskland är $1 \text{ }^\circ\text{dH} = 10 \text{ mg CaO} / \text{liter H}_2\text{O}$, i Frankrike är $1 \text{ }^\circ\text{fH} = 10 \text{ mg CaCO}_3 / \text{liter H}_2\text{O} = 0,56 \text{ }^\circ\text{dH}$ och i England är $1 \text{ }^\circ\text{eH} = 14,3 \text{ mg CaCO}_3 / \text{liter H}_2\text{O} = 0,80 \text{ }^\circ\text{dH}$.

KEMISKA BINDNINGAR

Det finns mer än en slags kemisk bindning. I detta stycke redovisas de olika typerna.

Intramolekylära bindningar

Elektronegativitet är ett mått på hur stark attraktion en atom utövar på en elektron. Skillnaden i elektronegativitet mellan två atomer i en molekyl avgör vilken slags bindning som råder mellan dem. Jonbindning är den starkaste kemiska bindningstypen.

Generellt har atomer högre elektronegativitetsvärden när de återfinns högre eller mer åt höger i det periodiska systemet (ädelgaser undantagna) medan atomer som återfinns lägre eller mer åt vänster har lägre elektronegativitetsvärden.

Polaritet i molekyler uppstår när de ingående atomernas placeringar medför en ojämn fördelning av elektronegativiteten. Ett vanligt exempel på detta är vattenmolekylen, H_2O , som blir polär eftersom syreatomen har högre elektronegativitet än väteatomerna samtidigt som de sistnämnda separeras av 104° (molekylen blir V-formad) snarare än att ligga i rak linje med syreatomen i mitten.

Kovalenta bindningar uppstår mellan atomer med en skillnad i elektronegativitet på mindre än 2,0 enligt Pauling-skalan. Om skillnaden i elektronegativitet överskrider 0,4 enligt Pauling-skalan så kallas bindningen för polär kovalent bindning eftersom den elektriska laddningen då blir ojämnt fördelad.

Jonbindningar uppstår mellan atomer med en skillnad i elektronegativitet på mer än 2,0 enligt Pauling-skalan. Föreningar som utgörs av jonbindningar kallas salter.

Komplex kännetecknas av att en central atom eller jon, ofta en metall, omges av bundna molekyler och anjoner. Dessa bundna molekyler och anjoner kallas för ligander. När minst en av liganderna har minst två koordinationsbindningar till centralatomen, så att en ringstruktur bildas, föreligger ett kelatkomplex. Kelatbildning innebär oftast att den centrala atomen har minskad frihet att reagera med andra ämnen.

Metallbindning

I metallbindningar delas valenselektronerna mellan metallatomer via ett gemensamt elektronmoln.

Intermolekylära bindningar

Van der Waals-kraften avser den attraktion eller repulsion som råder mellan två dipoler, där endera eller båda kan vara en permanent eller inducerad dipol.

Vätebindning syftar på attraktion mellan väteatomer i polära molekyler och starkt elektronegativa atomer (syre, kväve, fluor) i andra molekyler.

Den elektrostatiske attraktionskraften mellan molekyler avgör ifall de är hydrofila eller lipofila (hydrofoba). Molekyler som är polära, har polära grupper eller är elektriskt laddade attraheras till polära molekyler och är således hydrofila; samtidigt tränger de hydrofila molekyler undan de andra molekyler som då kan kallas lipofila (hydrofoba). Molekyler som har både en hydrofil och en lipofil (hydrofob) ände är lösliga i både vatten och fett och kallas således för amfifila. Tensider, även kallade surfaktanter, är amfifila ämnen.

Formell laddning

Formell laddning (FC) avser den laddning som tillskrivs en atom i en molekyl utifrån ett antagande om att elektroner delas lika mellan atomer, oavsett deras respektive elektronegativitet.

$$FC = V - N - B/2$$

V avser atomens normala antal valenselektroner, B avser antalet elektroner som delas via kovalenta bindningar (2 för varje sådan) med andra atomer och N avser antalet icke-bindande valenselektroner i atomen. För en molekyl bör summan vara lika med den elektriska laddningen (0 för icke-joner).

Formell laddningssystemet är bara en metod för att hålla reda på valenselektronerna när en molekyl bildas. Oxidationstal är ett annat sätt att betrakta fördelningen av laddningar inom molekyler. Formella laddningar överdriver de kovalenta bindningarna medan oxidationstal överdriver jonernas roll i bindningar; verkligheten ligger någonstans däremellan.

ENERGI

När man mäter temperaturen i ett ämne får man endast ett medelvärde; enskilda partiklar har mer eller mindre rörelseenergi.

Entropi syftar på mängden energi som inte (längre) är tillgänglig för arbete. Vid låg entropi är energin i ett system ojämnt fördelad och kan utföra arbete i samband med en utjämnande omfördelning; när energin är helt jämnt fördelad utförs inte längre arbete (en liknelse här kan vara ett vattenkraftverk – vatten som faller från en högre nivå till en lägre kan driva en turbin). Naturen går normalt mot högre entropi.

Entalpi syftar på mängden energi som finns inom ett system. Entalpi anges med enheten H men mäts via ΔH . Negativa värden för ΔH motsvarar en exoterm reaktion och positiva värden för ΔH motsvarar en endoterm reaktion. En exoterm reaktion avger energi när den sker medan en endoterm reaktion tar upp energi för att kunna ske. Naturen går normalt mot lägre entalpi.

”Gibbs fria energi” beskriver hur entropi och entalpi samspelar vid kemiska reaktioner. Om entropi betecknas med S, entalpi med H och temperatur med T så blir funktionen:

$$\Delta G = \Delta H - T \times \Delta S$$

Gibbs fria energi kan användas för att bedöma om en reaktion kan ske spontant eller ej. Om ΔG är negativt så sker reaktionen spontant; om ΔG är positivt så sker reaktionen inte spontant. Som kan utläsas av funktionen ovan så kan temperaturen avgöra ifall en reaktion kan ske spontant eller inte, till exempel vattnets övergång till gasform eller fast form.

Svett utnyttjar en endoterm reaktion; kroppen utsöndrar vatten på huden, varefter vattenmolekyler tar upp värme från kroppen och de med högst energi avdunstar, kvarlämnandes de vattenmolekyler som inte (ännu) hade tillräckligt mycket energi för att övergå i gastillstånd. Alltså: entalpin ökar (ΔH positivt) men avdunstningen medför en ökad entropi (ΔS) och ΔG blir därför ändå negativt.

KEMISKA REAKTIONER

Ämnen som reagerar kallas reaktanter och ämnen som bildas kallas produkter. I reaktionsformler skrivs reaktanterna till vänster om reaktionspilen och produkterna till höger. Eliminationsreaktioner bildar en dubbel- eller trippelbindning; additionsreaktioner avslutar dem. Substitutionsreaktioner byter en atom eller funktionell grupp mot en annan. Kondensationsreaktioner avger vatten. Elektrofiler attraherar elektroner och nukleofiler attraherar protoner.

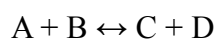
Vid en reaktion bryts och bildas bindningar. Övergångstillståndet kännetecknas av att det har högre energinivå än reaktanterna. Vid övergångstillståndet bildar reaktanterna ett aktiverat komplex. Det aktiverade komplexet faller sedan isär och övergår till ett lägre energitillstånd; resultatet blir då antingen en återgång till de ursprungliga reaktanterna eller en övergång till produkterna. Det krävs alltså att det finns tillräckligt med aktiveringsenergi för att en reaktion ska kunna äga rum. En katalysator gör det möjligt för det aktiverade komplexet att bildas med lägre aktiveringsenergi.

Reaktionshastigheten anger substansmängden som reagerar per tidsenhet, till exempel mol/minut.

Kemisk jämvikt

Kemiska reaktioner pågår ofta i båda riktningarna samtidigt. Jämvikt uppnås när det sker lika många reaktioner som går i den ena riktningen som det sker reaktioner som går i den andra. När jämvikt har uppnåtts är koncentrationerna av reaktanterna och produkterna konstanta; de bildas och förbrukas i samma takt och nettoförändringen blir då noll. Om en jämvikt rubbas så kommer reaktionen att förskjutas så att jämviktsläget återställs (Le Chateliers princip).

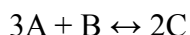
Jämviktskonstanten beskriver och bestäms av det kvantitativa förhållandet mellan reaktanter och produkter i en reaktion. Jämviktskonstanten beräknas genom att produktmängden divideras med reaktantmängden; detta kallas även för massverkans lag. Ifall det finns flera olika reaktanter eller produkter så multipliceras dessa med varandra (snarare än att adderas). Den kemiska reaktionen



får då nedanstående jämviktskonstant

$$K = [C] \times [D] / [A] \times [B]$$

medan den kemiska reaktionen

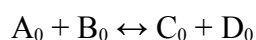


skulle få följande jämviktskonstant:

$$K = [C]^2 / [A]^3 \times [B]$$

K-värdet gäller endast för en specifik reaktion, vid en specifik temperatur och (om gaser medverkar i reaktionen) ett specifikt tryck .

Med hjälp av K kan man även beräkna hur en reaktion kommer att gå utifrån ett startläge där man blandar substanser som kan reagera med varandra. Vid startläget används bokstaven Q istället för K.



får då nedanstående jämviktsvariabel:

$$Q = [C_0] \times [D_0] / [A_0] \times [B_0]$$

Om Q skiljer sig från K så råder inte jämvikt. Om Q är mindre än K så är startläget relativt rikare på A och B (eller fattigare på C och D) än jämviktsläget och då kommer reaktionen att gå åt höger, det vill säga att A och B minskar medan C och D ökar. Om Q är större än K så gäller det omvända.

Syror, baser och buffertar

Syror kan avge väteatomer och baser kan ta upp dem. En syra som avger ett väte blir en bas och en bas som tar upp ett väte blir en syra. En stark syra motsvaras av en svag bas och vice versa. Amfolyter är molekyler som kan avge *eller* ta upp väteatomer, till exempel vätekarbonat: HCO_3^- .

Syrors styrka, det vill säga hur lätt de protolyseras, kan mätas med syrakonstanter. Ju högre värde på K_a , desto starkare är syran. Som starka syror räknas saltsyra, svavelsyra och salpetersyra. I nedanstående formler står A för en syra.

$$K_a = [\text{H}_3\text{O}^+] \times [\text{A}^-] / [\text{HA}]$$

På samma sätt kan man beräkna baskonstanter; dessa mäter hur protolyserade baser är. Den starkaste basen är hydroxidjonen.

$$K_b = [\text{OH}^-] \times [\text{HA}] / [\text{A}^-]$$

Vattnets jonprodukt blir då:

$$K_w = K_a \times K_b = [\text{H}_3\text{O}^+] \times [\text{OH}^-]$$

Protolysgraden anger hur många procent av en syra som har protolyserats.

Via titrering kan man undersöka okända koncentrationer i en vätska. Ekvivalenspunkten nås när det finns lika många mol av syra respektive bas. Flerprotoniga syror har en ekvivalenspunkt per proton.

Halvtitreringspunkten motsvarar halva ekvivalenspunkten. Halvtitreringspunkten kan användas för att bestämma pK_a för syran som man titrerar; vid halvtitreringspunkten är $pK_a = \text{pH}$. Denna process kan även användas för baser.

$$pK_a = -\log[K_a]$$

$$K_a = 10^{-pK_a}$$

$$pK_w = pK_a + pK_b = 14$$

Buffertlösningar kännetecknas av att de kan motstå pH-förändringar. Buffertlösningar innehåller en svag syra och en motsvarande bas (eller flera sådana par). Syror motverkar pH-höjningar (orsakade av tillförsel av baser) genom att de frisätter H^+ och baser motverkar pH-sänkningar (orsakade av tillförsel av syror) genom att de tar upp H^+ . Buffertlösningar fungerar som bäst kring halvtitreringspunkten, där pH-kurvans lutning blir relativt platt.

Vätekarbonatjonen är den viktigaste faktorn för människokroppens pH-buffertsystem.



Vid tillförsel av försurande ämnen kommer en del av vätejonerna att binda till vätekarbonat och bilda kolsyra som i sin tur omvandlas till vatten och koldioxid. Koldioxid andas sedan ut i fria luften via lungorna, vilket drar reaktionen vidare åt höger och bidrar ytterligare till bevarandet av den livsnödvändiga pH-balansen i kroppen. (Vid sviktande respiration i lungorna skulle däremot koldioxid öka vilket skulle trycka reaktionen åt vänster och försura blodet – ”respiratorisk acidosis”.)

Oxidation och reduktion

Reduktion innebär att elektroner tas upp (laddningen blir mer negativ) medan oxidation innebär att elektroner avges (laddningen blir mer positiv). Atomers oxidationstal motsvarar deras elektriska laddning. Inom molekyler anses de enskilda atomerna ha ett oxidationstal som motsvarar en möjlig jonladdning; summan motsvarar hela molekylens laddning. Oxidationstal sänks vid reduktion och ökar vid oxidation. Vid redoxreaktioner sker båda samtidigt. I text skrivs oxidationstal med romerska siffror, till exempel O(-II); i kemiska formler används arabiska siffror, till exempel O^{2-} .

ISOMERI

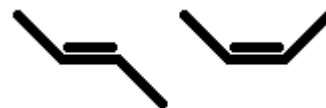
Isomeri beskriver hur olika molekyler kan ha samma molekylformel. Strukturisomeri omfattar kedjeisomeri, ställningsisomeri och funktionsisomeri medan stereoisomeri omfattar optisk isomeri och geometrisk isomeri.

Kedjeisomeri syftar på att molekylers "skelett" kan ha olika former – till exempel kan C_4H_{10} motsvara inte bara en molekyl med fyra kolatomer på rad (butan) utan även en molekyl med en central kolatom som binder till sig tre "perifera" kolatomer (isobutan).

Ställningsisomeri (eller positionsisomeri) syftar på att funktionella grupper i molekyler kan sitta på olika ställen. I butanol ($C_4H_{10}O$) kan OH-gruppen sitta inte bara på en av de yttersta kolatomerna (1-butanol) utan även på en av de näst yttersta kolatomerna (2-butanol).

Funktionsisomeri syftar på att de funktionella grupperna kan skilja sig. $C_4H_{10}O$ motsvaras inte bara av butanol utan även av dietyleter (två kedjor, med två kolatomer vardera, som länkas av syre).

Geometrisk (cis-trans-) isomeri syftar på att molekyler kan vika sig åt olika håll vid dubbelbindningar: "emot" (E) respektive "tillsammans" (Z). 2-buten (C_4H_8) kan alltså finnas i två varianter: en där bindningarna



för kolatomerna i molekylens ändar är vridna bort från varandra (första figuren), (E)-2-buten eller trans-2-buten, respektive en där de är vridna så att de kommer närmare varandra (andra figuren), (Z)-2-buten eller cis-2-buten.

Optisk isomeri syftar på att två molekyler kan vara omvända spegelbilder av varandra; dessa kallas då för "enantiomerer". Alla optiska isomerer har minst ett asymmetriskt centrum; i strukturformler markeras dessa med en asterisk (*). Enantiomerer har samma fysikaliska egenskaper förutom att de vrider planpolariserat ljus åt olika håll (medurs eller moturs) och de interagerar inte heller med en annan enantiomer på samma sätt (*liknelse: ifall det fanns en spegelvänd kopia av dig så skulle denne ha en annan huvudhand och ni skulle då ha olika lätt att öppna samma dörr*). Enantiomerer kan benämnas utifrån vilken riktning de vrider sig åt, vänster (S) eller höger (R); 2-butanol finns som både (S)-2-butanol och (R)-2-butanol. En racemisk blandning innehåller lika mycket av båda enantiomererna och påverkar inte passerande ljus.

ORGANISK KEMI

Organisk kemi avser kolföreningarnas kemi och utgör grunden för biokemin.

Kolväten

Kolväten är kemiska föreningar som består enbart av kolatomer och väteatomer.

Alkaner är kolväten som är mättade – det vill säga, det finns inga dubbel- eller trippelbindningar mellan kolatomer. Etan är en alkan med två kolatomer. Cykloalkaner är alkaner som har bildat kolringar.

Alkener är kolväten som är enkelomättade – det vill säga, det finns minst en dubbelbindning mellan kolatomer men inte någon trippelbindning. Alkener med två dubbelbindningar kallas för diener, alkener med tre dubbelbindningar kallas för triener och så vidare. Eten är en alken med två kolatomer.

Alkyner är kolväten som är omättade och innehåller minst en trippelbindning mellan kolatomer. Etyn är en alkyn med två kolatomer.

Arener, ”aromatiska kolväten”, innehåller ringar av kolväten med omväxlande enkla och dubbla bindningar. Den enklaste arenen är bensen, C_6H_6 .

Funktionella grupper

En alkylgrupp består av en alkan där ett väte har ersatts av bindningen till den aktuella molekyl. Etyl är en alkylgrupp med två kolatomer.

En arylgrupp består av en aren där ett väte har ersatts av bindningen till den aktuella molekyl. Den enklaste arylen är fenyl, $-C_6H_5$.

En hydroxylgrupp utgörs av en syreatom och en väteatom, -OH.

En karboxylgrupp utgörs av en kolatom med en dubbelbindning till en syreatom, plus en OH-grupp.

En karbonylgrupp utgörs av en kolatom med en dubbelbindning till en syreatom.

En etergrupp utgörs av en syreatom som länkar två kolväten.

En esterbrygga utgörs av en karbonylgrupp som enkelbinder en ytterligare syreatom. Bryggans ena länkande ände är kolet i karbonylgruppen och den andra är den enkelbundna syreatomen.

Organiska föreningar

Ketoner har samma struktur som kolväten men någon av de inre kolatomerna ingår i en karbonylgrupp istället för att binda två vätejoner. Vattenlösliga.

Aldehyder (från latin: *alcohol dehydrogenatus*, dehydrogenerat alkohol) har samma struktur som kolväten men någon av de yttersta kolatomerna, eller den enda, ingår i en karbonylgrupp. De minsta aldehyderna är helt vattenlösliga men vattenlösligheten minskar med ökande längd.

Alkoholer har samma struktur som kolväten men med minst en väteatom utbytt mot en OH-grupp. De minsta alkoholerna är lösliga i vatten och vattenlösligheten ökar med antalet OH-grupper men minskar med kolkedjans längd. Beroende på hur många kolatomer som binder till kolatomen som binds av OH-gruppen klassas alkoholer som primära (1), sekundära (2) eller tertiära (3).

Fenol har samma struktur som bensen men med minst en väteatom utbytt mot en OH-grupp. Fenol är giftigt, frätande och utlöser allergiska reaktioner.

Karboxylsyror innehåller minst en karboxylgrupp. De minsta karboxylsyrorerna är helt vattenlösliga men vattenlösligheten minskar med ökande längd.

Estrar innehåller en esterbrygga som binder ihop två andra grupper, ofta kolväten. Mindre estrar är vattenlösliga. Alkohol och karboxylsyra bildar ester och vatten. Estrar har ofta tydliga dofter.

Etrar innehåller en etergrupp. Etrar är svårlösliga i vatten. Etrar kan bildas via dehydratisering av alkoholer utsatta för hetta; två alkoholer bildar eter och vatten. Etrar är flyktiga och brandfarliga samt fungerar som organiska lösningsmedel. Dietyleter har analgetiska (smärtlindrande) effekter.

Aminer kan liknas vid ammoniak (NH_3) fast med minst en väteatom utbytt mot en organisk grupp. En enkel amin är metylamin.

Aminosyror utgörs av en amingrupp och en karboxylgrupp. I lösningar med hög pH avges väte från karboxylsyragruppen och i lösningar med låg pH upptas väte av amingruppen. Ett pH-värde där aminosyran är oladdad kallas för dess isoelektriska punkt. Elektriskt laddade aminosyror är hydrofila medan elektriskt neutrala aminosyror är hydrofoba.

Fettsyror utgörs av karboxylsyra med en alifatisk (ogrenad, icke-cyklisk) kolvätesvans som innehåller minst 4 kolatomer. Mättade fettsyror saknar dubbelbindningar mellan kolatomer medan enkelomättade fettsyror har en och fleromättade fettsyror har flera. "Omega x-fettsyra" anger hur långt från en fleromättad fettsyras metylände som den närmaste dubbelbindningen återfinns, räknat i antal kolatomer (3 kolatomer för omega 3-fettsyror, 6 kolatomer för omega 6-fettsyror). Mättade fettsyror är svårare att bryta ned än omättade.

BIOKEMI

Biokemi är vetenskapen om kemiska processer som är av särskild betydelse för levande varelser. Vid katabola reaktioner bryts stora, energirika molekyler ned och energi frigörs (exoterm reaktion). Vid anabola reaktioner byggs nya föreningar upp utifrån metaboliter (endoterm reaktion).

Kolhydrater

Kolhydrater innehåller minst två alkoholer samt minst en keton eller aldehyd. De flesta kolhydrater har den kemiska formeln $C_m(H_2O)_n$.

Monosackarider består av kolkedjor, oftast oigenade. En enkel monosackarid består av en kolkedja med en karbonylgrupp samt en OH-grupp per återstående kolatom. De är oftast cykliska och har asymmetriska centra. Trioser har tre kolatomer, tetrosor har fyra och så vidare. De är vattenlösliga och smakar ofta sött. I mänsklig föda återfinns monosackariderna glukos, fruktos och galaktos.

Disackarider består av två sammanfogade monosackarider. Disackarider kan delas genom hydrolys. I mänsklig föda återfinns disackariderna laktos, sackaros och maltos. Maltos består av två D-glukos, sackaros består av D-glukos plus D-fruktos och laktos består av D-glukos plus D-galaktos.

Oligosackarider består av tre till nio sammanfogade monosackarider, polysackarider består av minst tio. Polysackarider är inte lösliga i vatten och saknar smak. I mänsklig föda återfinns stärkelse, glykogen och kostfibrer (de polysackarider som den mänskliga tarmen inte förmår bryta ned, till exempel cellulosa och kitin). Glykogen byggs upp av glukos-6-fosfat (fosfaterat glukos) och fungerar som energireserv hos djuren. Stärkelse (växternas energireserv) byggs upp av α -glukos och har spiralform. Cellulosa (växternas "skelett") byggs upp av 3.000-5.000 enheter β -glukos och har en lång, trådliknande form; dessa trådar tvinnas samman till starka fibrer.

Många monosackarider och disackarider har reducerande egenskaper och kan då påvisas genom Trommers prov. Trommers prov utnyttjar att Cu^{2+} är blått medan Cu^+ är rött. Lösningen som ska undersökas, till exempel urin, tillförs sex droppar kopparsulfat och natriumhydroxid. När lösningen har färgats blå värms den upp; ifall den då färgas röd så tolkas det som närvaro av monosackarider.

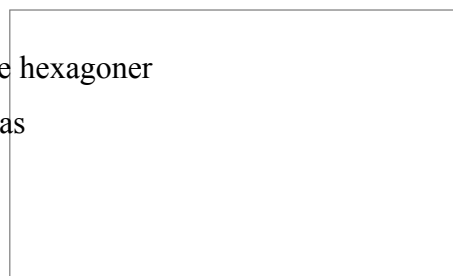
Lipider

Som regel är lipider opolära och hydrofoba. Det finns tre huvudgrupper av lipider: triglycerider, fosfolipider och steroider.

En triglycerid är en ester av en glycerol (trevärd alkohol) och tre fettsyror. Fettsyror har i ena änden en hydroxylgrupp med vilken de kan bindas till glycerolmolekylens OH-grupper; i övrigt varierar fettsyornas längd och struktur. En fettsyra kallas för mättad eller omättad beroende på dess förmåga att ta upp väteatomer, vilket i sin tur beror på hur många dubbelbindningar som finns i dess kolskelett. En mättad fettsyra har inga dubbelbindningar i kolskelettet, en enkelomättad fettsyra har en dubbelbindning och en fleromättad fettsyra har flera dubbelbindningar. Triglycerider har ungefär dubbelt så mycket kemisk energi per viktenhet som kolhydrater och proteiner.

En fosfolipid är en ester av en glycerol, två fettsyror och en fosfatgrupp. Fosfolipidens huvud är polärt och hydrofilt medan fettsyrorerna bildar en opolär, hydrofob svans. I vatten vänds fosfolipidernas opolära, hydrofoba ändar mot varandra medan de polära, hydrofila ändarna vänds utåt mot det omgivande vattnet; detta fenomen ger upphov till cellmembran.

Steroidernas kolskelett bildar fyra sammanhängande ”ringar”; tre hexagoner (sex vinklar) och en pentagon (fem vinklar). Olika steroider bildas genom att olika ytterligare grupper binds till kolskelettet. Exempel på steroider inkluderar testosteron och östrogen.



Proteiner

Proteiner och peptider består av kedjor av aminosyror. En dipeptid innehåller två aminosyror, en tripeptid innehåller tre och så vidare. Gränsen mellan peptid och protein dras mellan 50 och 51 aminosyror.

Med ”essentiella aminosyror” avses de aminosyror som organismer inte kan bilda själva. Det finns 20 naturliga aminosyror, varav människokroppen kan tillverka 12; resterande 8 är essentiella och måste tillföras via födan.

”Primärstruktur” syftar på vilka aminosyror som ingår i proteinet och i vilken ordning de sitter.

”Sekundärstruktur” syftar på former som kan uppstå i proteiner, till exempel alfa-helix (symmetrisk spiral, vätebindning uppstår mellan aminergrupper och karboxylgrupper) eller betaflak (proteinet veckar sig, det uppstår en vätebindning mellan två hydrofoba delar av proteinet).

”Tertiärstruktur” syftar på hur hela proteinkedjan slutligen viks ihop, avseende sekundärstrukturer och andra aspekter.

”Kvartärstruktur” syftar på hur flera peptidkedjor sitter ihop för att tillsammans bilda ett protein; ingår en prostetisk grupp? Ett exempel på prostetisk grupp är hemgruppen i proteinet hemoglobin.

Denaturation innebär att ett proteins tertiärstruktur (eller kvartärstruktur) förändras och proteinet förlorar sin funktion. Denaturation kan orsakas av värme, syra eller metalljoner.

Enzymer är proteiner som katalyserar kemiska reaktioner. Reaktionerna äger rum vid enzymets aktiva yta, till vilket substratet (molekylen som ska förändras) binder sig. Inhibitorer kan också binda till den aktiva ytan och därmed blockera den. Kofaktorer (”koenzymer” om de är organiska) kan påverka enzymet så att dess funktion förbättras – eller kan rentav krävas för att enzymet ska fungera till att börja med.

Kvävebaser och nukleinsyror

När en kvävebas (adenin, cytosin, guanin, tymin eller uracil) förenas med någon av pentoserna (monosackariderna) ribos eller deoxiribos bildas nukleosider. Adenins motsvarande nukleosid är adenosin, cytosins motsvarande nukleosid är cytidin, guanins motsvarande nukleosid är guanosin, tymins motsvarande nukleosid är tymidin och uracils motsvarande nukleosid är uridin. När en nukleosid fosforyleras bildas en nukleotid; till exempel omvandlas adenosin till adenosinmonofosfat (AMP, även ”adenylsyra”).

Kedjor av nukleotider bildar nukleinsyror. RNA står för ”ribonukleinsyra” och DNA står för ”deoxiribonukleinsyra”. RNA innehåller kvävebaserna A, C, G och U medan DNA innehåller kvävebaserna A, C, G och T. Mänskligt DNA är ordnat i en dubbelspiral med bindningar A-T, G-C.

Proteinsyntes

Transkriptionen av DNA påbörjas genom att DNA-helikas bryter vätebindningarna mellan de två spiralernas kvävebaspar. Med hjälp av ett mediator-komplex och transkriptionsfaktorer, till exempel enzymet RNA-polymeras II, skapas sedan en RNA-sträng utifrån de nukleotider som har blottlagts. RNA-strängen utgör en "spegelbild" av de blottlagda nukleotiderna; C i DNA-strängen motsvaras av G i RNA-strängen, G motsvaras av C, T motsvaras av A och A motsvaras av U. Den färdiga RNA-strängen kallas för mRNA, "messenger RNA".

Translationen av mRNA kan påbörjas efter att proteiner har fört mRNA-strängen ut i cytosolen, till en ribosom. Ribosomer består av ett femtiotal proteiner och rRNA, "ribosom-RNA". De tre första kvävebaserna i mRNA-strängen binds av tRNA, "transfer-RNA", som bär på modifierat metionin (fMet, en aminosyra). Ribosomen blir sedan färdigmonterad, med den första tRNA-molekylen i position P, och de tre nästa kvävebaserna i mRNA-strängen exponeras i position A. De exponerade kvävebaserna binder första bästa tRNA-molekyl som passerar och råkar ha rätt trio av kvävebaser; denna tRNA-molekyl bär dock på en annan aminosyra – specifika aminosyror paras ihop med specifika trior av kvävebaser. Den tidigare aminosyran binds samman med den nya och löskopplas från sin tRNA-molekyl. RNA-strängen flyttas fram tre steg, så att tre nya kvävebaser exponeras i position A, och den förförre tRNA-molekylen sätts fri från position P (som nu ockuperas av den senaste tRNA-molekylen). Proceduren fortsätter tills RNA-strängen uppvisar ett stoppkodon i position A, varvid kedjan av aminosyror frisätts.

Slutligen utförs posttranslationella modifieringar för att vecka, beskära och kemiskt modifiera proteinet så att det får rätt form och funktion.

Replikation

DNA-kopieringen inleds med att DNA-helikas börjar separera strängarna med start vid specifika platser som kallas Ori (efter "origin of replication"). Proteinets SSB hindrar strängarna från att återförenas. DNA-polymeras börjar sedan arbeta med att bilda den nya dottersträngen och ser till att dess nukleotider matchar originalsekvensen. Efter replikation jämförs den kopierade strängen med originalet för att förhindra uppkomsten av fel.

NAD och FAD

NAD⁺ (nikotinamidadenin dinukleotid) är ett koenzym som fungerar som vätebärare i glykolysen och citronsyracykeln. Med hjälp av enzymer tas två elektroner och en proton (väteatom) upp och då bildas NADH. Genom oxidation återställs sedan NADH till sitt ursprungsläge.

FAD (flavinadenin dinukleotid) är en kofaktor som utför oxidativ fosforylering och medverkar i betaoxidationen och citronsyracykeln. FAD tar upp två elektroner och två protoner (väteatomer) och bildar då FADH₂, som sedan återställs till sitt ursprungsläge genom oxidation.

Andningskedjan

Andningskedjan är en ”elektrontransportkedja”; en annan sådan är fotosyntesen. Mitokondrierna har ett inre och ett yttre membran och mellan dessa finns ett intermembranutrymme med en hög koncentration av protoner (vätejoner). Andningskedjan sker genom mitokondriernas inre membran.

NADH eller FADH₂ överlämnar i mitokondriens matrix (inre) sina elektroner till proteinkomplex som sitter i det inre membranet och frisätter samtidigt de upptagna protonerna. Proteinkomplexen transporterar elektronerna och driver samtidigt utpumpning av protoner från mitokondriens matrix till intermembranutrymmet. Slutligen överförs elektronerna till syre som, tillsammans med protoner, då bildar vatten. En NADH kan driva utpumpning av 10 protoner och en FADH₂ kan driva utpumpning av 6 protoner.

Oxidativ fosforylering

Protonkoncentrationsskillnaden mellan matrix och intermembranutrymmet utnyttjas sedan för att utvinna energi, genom att protoner släpps in i matrix igen via ett protonkomplex (ATP-syntas) som samtidigt driver fosforylering av ADP till ATP. För varje NADH som oxideras bildas 3 ATP och för varje FADH₂ som oxideras bildas 2 ATP. En mol glukos ger 38 mol ATP.

(När adenosin fosforyleras en gång bildas adenosinmonofosfat, AMP. Med ännu en fosforylering bildas ADP och med en tredje fosforylering bildas ATP.)

ATP

ATP är människokroppens främsta energibärare. Energin kan frigöras genom hydrolysis där ATP omvandlas till ADP och en fri fosfatgrupp. Särskilda enzymer, ATPaser, katalyserar denna reaktion och använder då samtidigt den lagrade energin för att driva andra kemiska reaktioner (annat arbete). ATP omsätts hela tiden och används inte för energilagring; energi lagras istället i glykogen eller fett.

Glykolys

Glykolysen sker i cytoplasman. Processen består av flera steg men kan sammanfattas som:



NADH utgår till andningskedjan medan pyruvat genomgår länkreaktionen:



Acetyl-CoA utgår sedan till citronsyracykeln; denna reaktion länkar alltså den och glykolysen.

Vid syrebrist upphör andningskedjan; istället reduceras pyruvat till laktat (mjölksyra) och oxideras NADH till NAD^+ av laktatdehydrogenas. I bakterier kan jäsningsen av glukos istället bilda etanol.

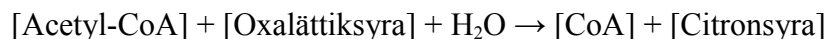
Betaoxidation

Triglycerider spjälkas först till glycerol och fria fettsyror. Spjälkningen utförs av lipaser (enzymer) i fettceller. Glycerolen omvandlas till glycerolaldehyd och hanteras därefter av glykolysen. Fettsyrorna transporteras från fettcellerna till kroppens celler med hjälp av albumin, ett protein som kan binda hydrofoba ämnen. Fettsyrorna kommer sedan in i mitokondriernas matrix genom att bilda en ester med koenzym A (CoA eller CoA-SH), "fettsyra-CoA". Betaoxidationen kan sedan påbörjas.

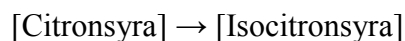
Betaoxidationen börjar med att FAD tar två väteatomer från fettsyra-CoA, vilket bildar FADH_2 (utgår till andningskedjan) och skapar en dubbelbindning mellan fettsyrans α - och β -kolatomer (#1 och #2 från karboxylgruppen). Sedan adderas H_2O till $\alpha\beta$ -dubbelbindningen och β får OH-gruppen. Därefter oxideras β av NAD^+ vilket bildar NADH (utgår till andningskedjan) och H^+ . Slutligen bortspjälkas acetyl-CoA (utgår till citronsyracykeln) varefter ett nytt CoA binder till fettsyran och processen upprepas tills fettsyran är borta. Varje upprepning förkortar fettsyran med två kolatomer.

Citronsyracykeln

Citronsyracykeln sker i mitokondriernas matrix och har åtta steg.



Efter det första steget utgår CoA.



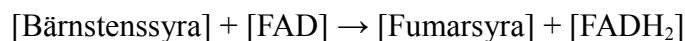
Efter det tredje steget utgår NADH till andningskedjan och en ny CoA-molekyl tas in.



Efter det fjärde steget utgår NADH till andningskedjan.



Efter det femte steget utgår CoA och GTP. GTP medverkar på annat håll i bildningen av nytt ATP.

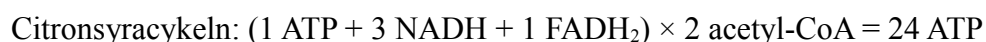
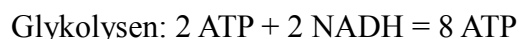


Efter det sjätte steget utgår FADH₂ till andningskedjan.



Efter det åttonde steget utgår NADH till andningskedjan och med den återbildade oxalättiksyran kan citronsyracykeln börja om på nytt.

Varje varv i citronsyracykeln bildar alltså 2 CO₂ (steg 3 och 4), 3 NADH (steg 3, 4 och 8), 1 FADH₂ och 1 ATP (via GTP). Således kan totalt 12 ATP utvinnas från varje acetyl-CoA. När man summerar glykolysen, länkreaktionen och citronsyracykeln ses att 38 ATP kan bildas från en glukosmolekyl.



I verkligheten utvinns snarare cirka 30 ATP per glukosmolekyl på grund av läckande membran och energikostnader för att få in pyruvat och ADP i mitokondriernas matrix.

ANALYTISK KEMI

Syftet med analytisk kemi är att undersöka prover för att fastställa ämnens egenskaper, uppbyggnad, innehåll och mängder.

En kvalitativ analys utreder vilka ämnen som finns medan en kvantitativ analys utreder hur mycket det finns av dem. När man ska göra en kvantitativ analys kan det vara behändigt att först göra en kalibreringskurva med mätvärden från prover med kända koncentrationer; när man sedan bedömer ett prov med okänd koncentration så kan man utifrån det erhållna mätvärdet enkelt avläsa vilken koncentration som det motsvarar.

”Absorption” syftar på att en lösning tas upp medan ”adsorption” syftar på att den fäster på något. Till exempel kan en tvättsvamp absorbera vatten medan grädde adsorberas.

(Latinsk förklaring: ”ab” betyder ”bort” medan ”ad” betyder ”till” och man kan då tänka sig att absorption motsvarar ”suga bort” medan adsorption motsvarar ”suga till sig”.)

Elektrofores

Principen vid elektrofores är att elektriskt laddade partiklar vandrar när de utsätts för ett elektriskt fält. Tiden det tar för en partikel att vandra över det elektriska fältet beror på dess massa och dess elektriska laddning. Om man vill undersöka oladdade partiklar så kan man binda dem till laddade tensider (amfifila ämnen). Med elektrofores kan man även undersöka pH-beroende egenskaper.

Masspektrometri

Masspektrometri (MS) är inte en spektroskopisk analysmetod då den inte analyserar ljus. MS utgår istället från joner, erhållna via jonisering av analysprovet, som studeras avseende deras förhållande mellan massa och laddning. Detta kan göras genom att de först accelereras till en viss hastighet och sedan utsätts för ett kraftfält; förhållandet mellan massa och laddning avgör hur mycket de avviker från sina banor. Avvikelsena mäts av en elektronmultiplikator eller annan lämplig utrustning och kan sedan jämföras med mätresultat från tidigare studerade substanser.

Kromatografi

Alla kromatografiska metoder inbegriper en mobil (rörlig) respektive stationär fas. En blandning löses i den mobila fasen som sedan passerar genom den stationära fasen och vid kontakten med den kommer blandningens komponenter att separeras från varandra.

Vid papperskromatografi används remsor av ren cellulosa. En droppe av analyssubstansen placeras nära en av papprets kanter och samma kant doppas sedan i ett lösningsmedel i en behållare med ett tätt slutande lock. I behållaren ska det finnas så mycket av lösningsmedlet att luften i behållaren är mättad av dess ångor. Lösningsmedlet suges upp i pappret och passerar fläcken på vägen mot den borte kanten. Fukten som vidhäftar pappret utgör här den stationära fasen medan lösningen är den mobila fasen. De olika beståndsdelarna i fläcken är olika lösliga och kommer därför att vandra olika långt med lösningsämnet på dess väg uppför pappret. Sedan kan fläckens gradienter synliggöras med olika reagens eller ultraviolett ljus och deras vandring kan då jämföras med lösningsmedlets.

Vid tunnskiktskromatografi (TLC) täcks en plattas ena sida med ett tunt lager av adsorbent, till exempel kiselgel; detta är stationärfasen. Därefter placeras provet på plattan och slutligen fås ett lösningsmedel (mobilfasen) att vandra uppför stationärfasen. Provets beståndsdelar kommer då att skiktas utifrån deras löslighet i mobilfasen och adsorption till stationärfasen.

Vid högupplösande vätskekromatografi (HPLC) injiceras provet i lösningsmedlet som sedan pumpas genom en kolonn med tätt packade partiklar. Provets beståndsdelar bildar då en gradient utifrån deras adsorption till partiklarna kontra deras löslighet i lösningsmedlet. På andra sidan registrerar en detektor vad som kommer ut ur kolonnen.

Vid gelfiltreringskromatografi (GPC) används en gel, ofta en polysackarid, i form av små kulor som innehåller många små, fina kanaler. Dessa gelkulor suger lätt upp vätska och sväller då, varefter de placeras i en kolonn. Partiklar / proteiner med olika storlekar kommer sedan att vandra olika fort genom kolonnen; små partiklar kommer att tendera att röra sig genom de små kanalerna medan de större partiklarna istället går runt gelkulorna och därför kommer fram snabbast.

Vid gaskromatografi (GC) är den mobila fasen en inert, icke-reaktiv gas (ofta vätgas, kvävgas eller helium) medan den stationära fasen utgörs av en kiselpolymer (eller annat ämne) på insidan av en lång (upp till 100 meter, kanske packad i spiralform) och smal (ned till 0,1 millimeter) kolonn.

Provet injiceras i gasströmmen och förångas. Hastigheten med vilken provets beståndsdelar därefter vandrar genom kolonnen beror på deras kokpunkt och ångtryck; högre kokpunkt innebär längre tid. När ämnena når fram till kolonnens mynning registreras de av en detektor, eventuellt en masspektrometer. Gaskromatografi är den kromatografiska metod som har bäst separationsförmåga.

Spektroskopi

När atomer bestrålas med ljus av rätt våglängder så exciteras elektroner till ett ”skal” (K, L, M och så vidare) som motsvarar en högre energinivå. Energin som fordras för att excitera en elektron motsvarar skillnaden till nästa högre energinivå. När elektronen sedan återgår till sin normala energinivå emitterar den ljus med en våglängd som motsvarar skillnaden mellan energinivåerna. Om excitationen beror på absorption av strålning så kallas processen fluorescens.

Atomabsorption (AA) går ut på att ett prov belyses med ett visst spektrum av ljus. Vid granskning av ljuset som passerat kan man se svarta streck i spekrat. Eftersom olika ämnen absorberar olika våglängder av ljuset kan man, utifrån de svarta strecken, utläsa vilka ämnen som ingår i provet.

Vid UV-VIS-spektrofotometri (UV = ultraviolet, VIS = visuellt / synligt) analyseras provet först med ett brett spektrum. Våglängderna som absorberar mest ljus studeras sedan utifrån redan kända ämnen för att skapa en kalibreringskurva, utifrån vilken det okända provets mätvärden kan tolkas.

IR-spektrofotometri (IR = infrarött) går ut på att provet bestrålas med infrarött ljus. Funktionella grupper absorberar specifika våglängder av infrarött ljus, beroende på bindningens styrka och massan av de atomer som ingår i bindningen. Ett infrarött spektrum kan således användas för att avläsa vilka funktionella grupper som förekommer i provet.

Kärnmagnetisk resonans (NMR) ger bland annat information om hur många väteatomer som sitter på kolatomer, hur långt väteatomer sitter ifrån varandra i molekylerna och vilka funktionella grupper som ingår i molekylerna. NMR-spektrum kan ge information om både struktur och rörelse.

ADDENDA ET CORRIGENDA

Tillägg, korrigeringar och andra förändringar som har gjorts sedan originalversionen.

2014-04-19

I stycket ”organiska föreningar” har nedanstående historiska utvikning om dietylers analgetiska effekter tagits bort:

”... vilka upptäcktes på 1500-talet av alkemisten, läkaren, botanikern och astrologen Philippus Aureolus Theophrastus Bombastus von Hohenheim, även känd som Paracelsus eller ”toxikologins fader”.”