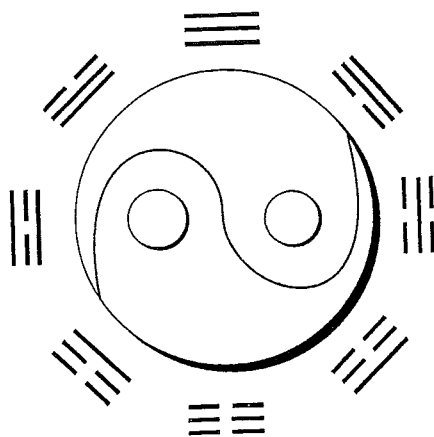


Vakuum Nytt

*Svenska
Vakuumsällskapet
Presenterar.....*



nr 57 september 1993

Innehåll i detta nummer:

	<i>sida</i>
<i>Det har regnat.</i>	3
<i>Kemins tidiga historia</i>	5
<i>Företagsnytt</i>	37
<i>Ny teknikpåg med mikrovågor</i>	39
<i>Multilager, vad är det?</i>	43
<i>Aktuella Adresser till Styrelsen</i>	48
<i>Från Redaktionen</i>	49

Det har regnat.

Det har regnat hela sensommaren. Det är bara att konstatera. Inte bara vatten har fallet ner, hela tiden regnar det ner annonser i våra liv. Båda delarna behövs, men med måtta, det är drömmen. Som ett led i att minska regnandet beslutades det på ett styrelsemöte att minska annonserna i denna tidning. Det smarta draget var att bibehålla priset men minska annonsenheten till en halv sida. Naturligtvis går det att göra anspråk på en hel sida, men då fodras det två annonser som får vara, om så önskas, sammankopplade!

Det har hänt mycket på företagssidan. Filialer har lagts ner, nya har bildats, mer information finns under rubriken företagsnytt. Under de gångna året har ett antal företag aktivt sökt nya medlemmar. Denna anstränging har givit riklig utdelning. Långt över ett hundrad nya medlemmar har tillkommit. Välkomna!

På årsmötet 15 juni valdes ny styrelse. Vi tackar de som har avgått och välkomnar de nya styrelsemedlemmarna.

I detta nummer hoppar vi tillbaka i tiden och får läsa om kemins tidiga historia. Det sägs att de som inte känner till historien kommer att upprepa förfädernas misstag. Som en naturlig fortsättning får vi en överblick i tunnfilmsframställning, som till en viss utsträckning kan betraktas som en del av dagens kemi. Gränsen mellan fysik och kemi är inte alltid solklar.

Mer historia kommer i nästa nummer av Vakuumnytt, där vakuumteknikens historia kommer att behandlas i en utförlig artikel. Vidare kommer vi att behandla kommande konferenser och en sydamerikansk rumba utlovas.

Med ett hopp om en angenäm läsning,

Björgvin.

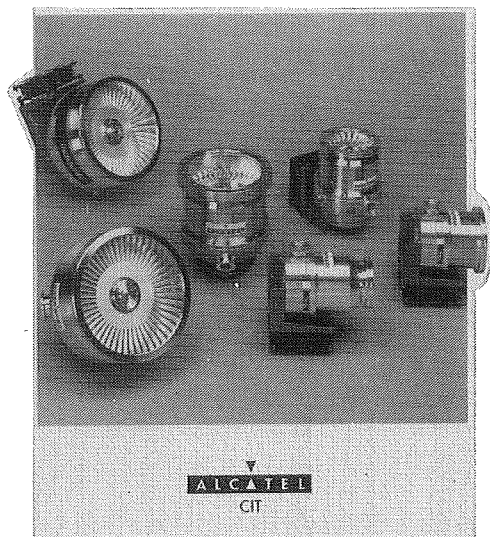
ALCATEL

Turbopumpar Dragpumpar
Hybridpumpar

Vi sänker priset upp till 30%

Självklart erbjuder vi oförändrad Hög Kvalitet
och fördelar som:

- Marknadens mest robusta.
- Lågvarvig, 27.000 rpm.
- Keramiska kullager
- Enkel service.



LÖWENER



VACUUMSERVICE

Stockholm:
Tel: 08-7442985
Fax: 08-7444462

Göteborg:
Tel: 031-7760605
Fax: 031-7760686

Kemins tidiga Historia

Författat av Dr. Gunnar Olovsson.

KEMINS BEGYNNELSE

I begynnelsen fanns ingenting... Inte materia, inte ens tid eller rum! Det universum vi ser idag föddes för uppskattningsvis 15 000 000 000 år sedan i en gigantisk ursmäll (enligt astronomens mest accepterade teori). Strax efter "den stora smällen" hade ännu inga atomer bildats eftersom temperaturen var för hög, men när universum svalnat tillräckligt bildades de första atomerna som till en början bara bestod av lätta grundämnen som väte och helium. Allteftersom universum svalnade, kunde så småningom stjärnor bildas och därmed också tyngre grundämnen upp till järn i deras inre. De grundämnen som är tyngre än järn bildades i exploderande stjärnor, sk. supernovor. Vår jord bildades för cirka 4500 000 000 år sedan. Kemiska processer har pågått så länge atomer har funnits, men när man talar om kemins begynnelse menar man vanligen kemin i människans tjänst.

KEMIN I MÄNNISKANS TJÄNST: FORNTIDEN

Tidig tillämpad kemi på stenåldern

Tillagning av mat över öppen eld var nog den tidigaste formen av kemiska experiment. *Homo erectus* (den upprättgående människan) utvecklades i Afrika för ungefär 1500 000 år sedan och var den första människan som utvandrade från tropikerna och spred sig till Nordafrika, Europa och olika delar av Asien. De kunde leva i ett kyligt klimat eftersom de hade lärt sig att använda eld och bygga skydd. Den forntida människan använde som redskap vad naturen bjöd, t.ex. sten, ben, trä eller hudar. Så småningom lärde sig människan att bearbeta sina material för att få fram bättre användningsegenskaper. Man kunde t.ex. spräcka stenen för att få fram en skarp egg, och man kunde surra fast den vid ett trähandtag för att på så sätt få fram ett ännu effektivare redskap eller vapen. Sten förblev dock sten och trä förblev trä. Denna period kallar vi för stenåldern.

Elden utnyttjas

Ibland kunde materialens egenskaper förändras drastiskt, som t.ex. då blixten antände en skog. De svarta och grå resterna påminde inte alls längre om det ursprungliga träet. Matrester som blivit för gamla förändrades och fruktsafter som stått länge kunde få förändrad smak och påverka människor på ett intressant sätt. En grundläggande förändring av ett ämnes natur och byggnad kallas för en kemisk förvandling. *Kemin är*

läran om olika ämnens uppbyggnad, dess bildande från andra ämnen och dess omvandling till nya ämnen. Människan lärde sig att själv åstadkomma och dra nytta av kemiska förändringar från den stund hon lärt sig konsten att behärska elden. Hon blev med andra ord en praktiserande kemist. För att överleva måste hon ju lära sig vilka material som var brännbara och hur de skulle prepareras innan de var lämpliga som bränsle (t.ex. trä måste torkas innan det gick lätt att antända). Man lärde sig t.ex. hur kött och vegetabilier förändrades och blev lättare att äta genom värmebehandling i elden (kokning eller grillning). Vid eldstaden fick människan också många tillfällen att studera hur olika material fick kraftigt förändrade egenskaper genom eldens inverkan. Lera som råkat hamna i elden blev nästan lika hårt som sten. Keramiken var därmed uppfunnen. Man lärde sig snart att utnyttja eldens produkter kol, aska, rök och ånga.

Metaller upptäcks

De första metallerna man kände till hittades nog som klimpar av ren metall. Ordet "metall" kan troligen härledas från ett grekiskt ord som betyder "att leta efter", och det ger en antydning om hur värdefulla man ansåg att de var. Det var troligen klimpar av rent guld eller koppar som först fångade människans uppmärksamhet bl.a. genom sin speciella lyster och färg. De är bland de få metaller som man ibland kan hitta i naturen i ren metallisk form. Rent guld finns t.ex. i sanden och gruset på vissa flodstränder, och genom sin vackra gula glans stod den i stark kontrast till det övriga mer intetsägande gruset. Guld är mjuk och lätt att forma till smycken eller andra prydnadsföremål och genom sin sällsynthet blev den en eftertraktad bytesvara eller krigsbyte. Det blev förenat med stor status att äga guldföremål. Ren kopparmetall är också lätt att bearbeta och forma till smycken mm. men framför allt kom den att få stor användbarhet i verktyg och nyttföremål. De som arbetade med koppar upptäckte nog snart att kopparen kunde hamras ut till en mycket vassare och hållbarare kant än de stenredskap som de annars använde hade. När koppareggen blivit slö var den också mycket lättare att vassa än den på sten och flintaknivarna. Dessa egenskaper användes bl.a. i vapen, t.ex. i knivblad och spjutspetsar, och de jägare eller krigare som hade kopparvapen hade en enorm fördel jämfört med de som inte hade det. Dock var ren koppar väldigt sällsynt, och det var egentligen inte förrän man upptäckte att det gick att utvinna koppar ur vissa typer av stenar (kopparmalmer) som koppar blev såpass vanlig att man hade verklig nytta av den i redskap och vapen. Den slutgiltiga upptäckten att vissa gröna eller blåaktiga stenar gav ren koppar vid upphettning tillsammans med brinnande trä kan ha gjorts omkring år 4000 f.Kr. Kanske var det på Sinaihalvön strax öster om Egypten där kopparen finns lättillgänglig i mineralet malakit ($\text{Cu}_2\text{CO}_3(\text{OH})_2$), eller i det bergiga området öster om Sumerien (Mesopotamien), i våra dagars Irak. I en egyptisk gravkammare

har man funnit en stekpanna av koppar från 3200-talet f.Kr. Man hade lärt sig konsten att gjuta metaller. Sumererna och egyptierna var experter i arbetandet av guld, silver och koppar. En tidig kultur som var väldigt lik den Sumeriska (kanske identisk?) fanns i Indus-dalen vid Mohenjo-daro och Harappa. Koppar förekommer även i lämningar i Knossos och på andra ställen på ön Kreta i Egeiska havet. Denna koppar kan dateras ända tillbaka till år 3000 f.Kr. och kan ursprungligen ha kommit från Cypern. Kretensarna hade troligen lärt sig konsten att bearbeta metaller från egyptierna, som de hade kontakt med sedan mycket långt tillbaka i tiden.

Bronsåldern

Troligen av en ren slump upptäckte man i Mesopotamien (nuvarande Irak) omkring 3000 f.Kr. att om man upphettade kopparmalm tillsammans med en annan typ av sten (tennmalm) fick man fram ett speciellt hårt kopparmaterial som kom att bestå av koppar och tenn i blandning. En sådan blandning av olika metaller kallas legering och i detta fall var det tennbrons (man säger vanligen bara *brons*) man hade upptäckt. Brons kom att bli allt vanligare och omkring år 2000 f.Kr. var den så vanlig att den bl.a. användes till vapen och rustningar. I det berömda sk. Trojanska kriget utkämpades striderna mellan bronsklädda krigare med bronssköldar som kastade spjut med bronsspetsar på varandra. "Bronskrigarna" var så gott som oöverbärliga när de mötte arméer som inte hade metallvapen. Smeden var en mycket betydande man och intog till och med en plats bland gudarna. Namnet "Smith" och dess språkliga motsvarigheter är än idag ett av de vanligaste släktnamnen i Europa.

Järn, bly och silver var känt i Egypten ca.3400 f.Kr. strax efter koppar och guld. Det finns bevarat avbildningar av tidigt egyptiskt metallhantverk (se fig. 1)

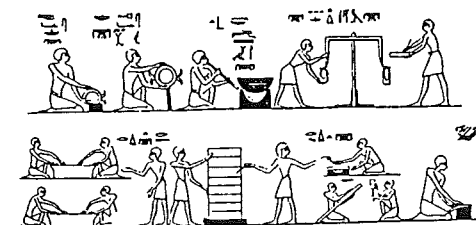


Fig. 1. Egyptiska guldsmeder som tvättar, smälter och väger guld. Beni Hasan, 1900 f.Kr.

Det tidiga järnet var sällsynt och användes mest i smycken. Järnet kom troligen (eftersom det innehåller nickel) från meteoriter som föll ned på jorden från rymden. Järnet fick en mer generell användning i Egypten och Mesopotamien ca. 1500 f.Kr. och kom då troligen från Hettiternas land i Mindre Asien i trakten kring Svarta Havet. Hettiterna var de första som kom på hemligheten med att smälta fram järn ur järnmalm. Man behöver en högre temperatur för att reducera fram järnet jämfört med koppar, och man åstadkom detta genom att klä smältugnen med träkol och tillföra syre (luft) via en blåsbälg. Rent järn är ganska mjukt (smidesjärn), men hettiterna upptäckte att järnföremålen blev betydligt hårdare när de hade upphettats tillsammans med träkol. Vi vet nu att detta beror på att det i järnets yttre skikt blandas in kol från träkolet, och att det då bildas ett skyddande skikt på ytan i form av en legering som kallas för stål (kolstål) som är mycket hård. En armé klädd i sådant härdat järn och med vapen av härdat järn skulle med all sannolikhet besegra en med brons utrustad armé. Assyrierna ca. 1400 f.Kr. hade en omfattande användning av järn i vapen och redskap, och de erövrade ett stort rike som på 600-talet f.Kr. bestod av Mesopotamien, Arabien och östra Nordafrika. Man har hittat mässing (en legering av koppar och zink) från ca. 1200 f.Kr. i Palestina. Mässing var välkänt i det romerska väldet och användes bl.a. i mynt utgivna år 25. Den grekiska halvön invaderades omkring 1100 f.Kr. av dorerna, en barbarisk grekisk stam som var utrustade med vapen av järn. De besegrade de mer civiliserade men endast bronsbeväpnade mykenska grekerna som var bofasta där. Järnåldern uppstod på så sätt i det antika Grekland ca. år 1000 f.Kr.

Alexander den store av Makedonien (356 -323 f.Kr.) skapade ett hellenskt världsvälde med den egyptiska staden Alexandria som centrum, genom att åren 334-323 f.Kr. erövra hela perserriket med Babylonien, Egypten mm. Han nådde till och med Indien, men där misslyckades hans fälttåg. Alexander öppnade Orienten för grekisk kultur varigenom en världskultur, hellenismen växte fram. Under den hellenska kulturens blomstring nådde den tillämpade kemin en hög nivå, och så var särskilt fallet i Egypten. Där fanns det ett starkt religiöst intresse för att balsamera och bevara människokroppen efter döden. Egyptierna var inte bara experter på metallurgi utan även på att framställa färgämnen ur mineralriket och dekokter och safter ur växtriket.

Glas

Samtidigt med den tidiga metallkonsten utvecklade egyptierna och sumererna med stor skicklighet konsten att tillverka glaserade keramikföremål och glas. I Egypten lärde sig krukmakaren snart att använda hjulet (drejskivan) för att forma leran till krukor och liknande. Man brände leran i höga slutna ugnar och inte öppna eldar som förut.

Storskalig tillverkning av glas förekom i Egypten ca. 1400 f. Kr. och ur resterna av en glasfabrik från den perioden kunde arkeologer komma fram till hela tillverkningsprocessen: Alkali (natron, natriumkarbonat Na_2CO_3 från sjöar nära Alexandria) smältes tillsammans med krossad kvarts i deglar. Egyptiskt glas exporterades till alla delar av det Romerska väldet även om det på sina ställen fanns inhemsk tillverkning. Man tillsatte ofta koppar eller koboltföreningar för att få en blå färg på glaset.

3. DE GAMLA GREKERNA

Grekerna och de fyra elementen

De första klara idéerna om materiens element (byggstenar) härrör från de grekiska filosofernas läror. Ca. 600 f.Kr. började de utforska universums natur och sammansättningen av materia som omgav dem. Dessa "vishetsälskare" ägnade sig mest åt teoretiska resonemang och inte så mycket åt praktiska tillämpningar.

Thales från Miletos (640-546 f.Kr.) ansåg att allt är bildat av vatten. Han representerar därmed den teoretiska kemins början. **Anaximenes** från Miletos (560-500 f.Kr.) ansåg däremot att allt är luft. **Herakleitos** från Efesos (536-470 f.Kr.) tyckte att allt borde komma från eld. **Empedokles** från Sicilien (490-430 f.Kr.) kombinerade dessa idéer och lade dessutom till ett fjärde element: jord. Han ansåg alltså att det fanns fyra "rötter" till tingen: eld, luft, vatten och jord. Dessutom ansåg han att det fanns två krafter: attraktion och repulsion som höll ihop eller separerade dem.

Platon från Aten (427-347 f.Kr.) var den förste att använda ordet element (*stoicheia*). Han antog att tingen är bildade ur en formlös primärmateria, kanske bara rymd, som tar "form". Platons dialog *Timaeus* har ett avsnitt där sammansättningen av oorganiska och organiska kroppar diskuteras, och är i själva verket en elementär avhandling om kemi.

Aristoteles

Den störste grekiske filosofen av alla, **Aristoteles** från Stagere (384-322 f.Kr.) summerade tidigare idéer och utvecklade åsikten att alla substanser var uppbyggda av en primärmateria som han kallade *hulé*. På denna primärmateria kunde olika former inpräglas, ungefär som en konstnär kan tillverka olika föremål ur samma klump lera. Aristoteles tänkte sig dock att denna form utvecklades inifrån, ungefär som i biologisk tillväxt. Formen kallades *eidos*. Dessa former kan ersättas av andra former, och härur uppstod idén om transmutation av elementen, vilket betydde att man t.ex. borde kunna tillverka guld ur ett annat ämne som t.ex. järn eller kvicksilver, bara genom att på lämpligt sätt byta "formen" på järnets eller kvicksilvrets primärmateria. Aristoteles ansåg att de fundamentala egenskaperna hos materia är värme, kyla, fuktighet och torrhet. Genom att kombinera dessa i par fick han fram Empedokles fyra element eld,

luft, jord och vatten. Aristoteles ansåg inte att elementen exakt motsvarade de nämnda ämnena, m.a.o. elementet vatten var inte exakt samma sak som vattnet vi kan ta på. Vatten är alltså fuktigt och kallt, eld är varm och torr osv. Till de fyra materiella elementen adderades senare ett femte immateriellt element "quinta essentia" kvintessensen, som hörde hemma i himlen och var det samma som *etern*. Aristoteles definierade ett element eller "enkel kropp" som "en av de kroppar som andra kroppar kan delas upp i, medan det själv inte kan delas upp i andra". Teorin om de fyra materiella elementen levde kvar ända till slutet av 1700-talet, och ända till slutet av 1800-talet ansågs etern vara ett nödvändigt medium för ljusets transport. Många sådana fundamentala idéer kom från det antika Grekland.

Demokritos och den grekiska atomismen

En fråga som sysselsatte många av de grekiska filosoferna var huruvida materien kunde delas upp i hur små delar som helst, eller om det fanns en gräns och en minsta odelbar enhet. Joniern **Leukippos** (ca. 450 f.Kr. och ungefär samtida med Platon) menade att om man sönderdelade materia i smådelar, skulle man till slut få bitar som var så små att de var odelbara. Hans elev **Demokritos** från Abdera (ca.470- ca.380 f.Kr.) vidareutvecklade denna idé. Han kallade dessa mycket små partiklar *atomos* som betyder "odelbar". Ordet lever kvar än idag som "atom". Läran om att all materia är sammansatt av ytterst små odelbara partiklar kallas *atomism*. Demokritos var inte anhängare av teorin om de fyra elementen. Han ansåg att det finns ett vakuum (tomt rum) var de odelbara atomerna befinner sig, men att dessa atomer är olika vad gäller form, storlek och därigenom också egenskaper. Han ansåg att det finns oändligt många olika slags atomer, som kan blandas och ge upphov till de olika slags ämnen vi har i vår värld. Ett ämne kan omvandlas till ett annat genom att ändra på blandningens sammansättning.

De flesta filosofer och framför allt Aristoteles ansåg det befängt med en bit materia som inte skulle kunna delas upp i mindre bitar, och kunde därför aldrig acceptera atomismen. Dessutom ansåg Aristoteles att vakuum inte kunde existera i naturen. Den atomistiska synen på materien blev därför aldrig populär på den tiden, och den omtalades sällan under två tusen år efter Demokritos.

Atomismen dog dock aldrig helt ut, då den grekiske filosofen **Epikuros** (ca.372- 270 f.Kr.) upptog läran i sitt tänkande. Hans läror vann många anhängare under de närmaste århundradena, och en av dessa var den romerske diktaren **Titus Lucretius Carus** (ca.95- ca.55 f.Kr.) känd som Lucretius. Han utlade de atomistiska tankarna i ett långt skaldestycke med titeln "*De Rerum Natura*" (Om tingens natur), som anses vara en av de bästa lärodikter som någonsin skrivits. Demokritos och Epikuros skrifter förstördes till största delen, och numer återstår bara fragment och citat, men däremot Lucretius lärodikt överlevde, och därmed bevarades

Denna sida är INTE tom!

de atomistiska tankarna åt eftervärlden, som slutligen skulle föra dem till seger.

4. ALKEMIN TAR FORM

Alexandria

Alexander den store av Makedonien hade under Aristoteles livstid erövrat stora delar av världen. Hans imperium bröt samman efter hans död år 323 f.Kr., men greker och makedonier behöll herraväldet över stora områden i Mellersta Östern. Olika kulturer förenades på ett mycket fruktbart sätt under de följande seklerna i den sk. hellenistiska eran. **Ptolemaios I (d.283 f.Kr.)**, en av Alexanders generaler upprättade ett kungadöme i Egypten med Alexandria (grundat av Alexander) som huvudstad. Han och hans son (**Ptolemaios II**) grundade ett tempel i Alexandria till musernas¹ ära, Museion (jfr. "museum") vilket idag närmast skulle motsvaras av en forskningsinstitution eller ett universitet. Till detta tempel hörde ett bibliotek som skulle bli antikens största. Det egyptiska kunnandet i tillämpad kemi och den grekiska teorin möttes och sammansmälte. Detta möte var inte enbart av godo. De kemiska kunskaperna var i Egypten nära förbundna med mumifieringskonst och religiös kult. Lärdomens gud var för dem den ibishövdade *Thot*, som ansågs vara källan till all kunskap. Grekerna som var allmänt imponerade av egyptiernas överlägsna kemiska kunnande, igenkände i *Thot* sin egen *Hermes* och godtog på så sätt mycket av den egyptiska mystiken. *Hermes* namn lever kvar än idag i uttrycket "Hermetiskt tillslutet" för att beteckna en behållare som är gastät ("*Hermes* hans sigill" i de gamla böckerna). De gamla joniska filosoferna hade skilt på religion och vetenskap men deras återförening i Egypten hindrade allvarligt kunskapens vidare utveckling. Eftersom *khemeia*-konsten föreföll vara nära förbunden med religion, kom vanligt folk att frukta dess utövare i deras egenskap av invigda i hemliga konster och ägare av farliga kunskaper. De kom alltmer att betraktas som trollkarlar och magiker, med en skrämmande makt att förvandla ämnen. Dessa "magiker" fick nog en känsla av trygghet och makt genom den respekt och fruktan de skapade, och detta sporrade dem att i sina skrifter uttrycka sig med en mycket dunkel symbolism. Till exempel fanns det sju planeter ("vandrare") uppe i himlen och antalet kända metaller var också sju: guld, silver, koppar, järn, bly, tenn och kvicksilver. Det låg nära till hands att para ihop planeter och metaller. Det skulle komma en tid då guld ofta omnämndes som solen, silver som månen, järn som Mars osv. Fortfarande lever en del av detta kvar, som t.ex. i engelskans benämning "mercury" (Merkurius) för kvicksilver.

¹Muserna var i den grekiska mytologin de nio sånggudinnorna, konstens och vetenskapens beskyddarinnor.

Denna fördunkling av den kemiska vetenskapen hade tyvärr till följd att den nyttiga kunskapen hade svårt att föras vidare, och den gav också utrymme för allsköns skojare som kunde utge sig för att vara seriösa vetenskapare bara de uttryckte sig tillräckligt dunkelt. I mörker blir alla katter grå.

Bolos -den förste alkemisten?

Den första betydelsefulla representanten för den grekisk-egyptiska *khemeia*-konsten som vi känner namnet på var **Bolos** från Mendes (en stad i Nildeltat) som levde omkring år 200 f.Kr. Han kallas ibland Bolos Demokritos eftersom han i sina skrifter använde namnet Demokritos. Bolos ägnade sig framför allt åt att försöka lösa transmutationens gåta, dvs. att omvandla en metall till en annan och då särskilt att försöka omvandla järn eller koppar till guld. Med tiden skulle denna uppgift bli en av *khemeia*-konstens viktigaste. Bolos var med andra ord den förste "alkemisten" och hans skrifter tillhör de allra tidigaste.

Under romartiden jämsides med den grekiska kulturens förfall gick det utför med *khemeia*-konsten. Efter ca. år 100 e.Kr. tillkom egentligen ingen ny kunskap utan man lade i stort sett bara till alltmer mystiska tolkningar av de tidigare författarna.

Zosimos skrifter

Omkring år 300 e.Kr. tog sig **Zosimos** från Egypten an den enorma uppgiften att försöka teckna ned allt det vetande om *khemeia*-konsten som samlats under de närmast föregående fem eller sex seklerna. Resultatet blev ett digert uppslagsverk om tjugoåtta band där Zosimos bland annat beskriver många kemiska processer såsom: lösning, filtrering, smältning, sublimering, destillering mm., samt flera kemiska föreningar (t.ex. blyacetat och något som kan vara arsenik) och reaktioner. På det hela taget innehöll dock verket mycket litet av egentligt värde.

Kemiska papyrus

Omkring år 300 e.Kr. nedtecknades på papyrus (som senare genom arkeologiska utgrävningar hamnade i Leyden och Stockholm) en sammanfattning av den tidens tekniska kunskap om metallurgi, färgning, imitation av ädelstenar mm. De är skrivna på grekiska och innehåller recept som troligen kopierats från mycket äldre egyptiska källor. Det är möjligt att skriften representerar anteckningsboken hos en bedragare till guldsmed. Recepten i *Leyden-papyrusen* beskriver huvudsakligen hur man imiterar en legering mellan guld och silver kallad *asem*, och hur man tillverkar legeringar och pläteringar som kan tas för de äkta ädla metallerna och som till och med var "bättre än den äkta varan". Utan tvivel var denna författare helt och hållet medveten om att de imitationer han beskriver, inte på något sätt var äkta vara. Ett citat får illustrera detta:

"Man pulveriserar guld och bly tills det blir fint som mjöl, 2 delar bly för en del guld, och efter att ha blandat dem arbetar man ihop det med kåda. Man täcker en ring av koppar med blandningen; sedan värmer man. Man upprepar flera gånger tills föremålet har antagit *färgen*. Det är svårt att upptäcka förfalskningen eftersom proberstenen ger ett märke av äkta guld. Värmen konsumerar blyet men inte guldet."

Stockholm-papyrusen handlar mest om ädelstenar och värdefulla färgämnen och om hur man imiterar dem. Receptet som visas i fig.2 kan översättas:

"Blanda samman och lägg i en kruka 2 gram malakit, 2 gram azurit, 130 ml urin från en ung pojke, och 180 ml lösning av oxgalla. Lägg i krukans alla de tjugofyra stenbitarna, som var och en väger 0.27 gram. Lägg på locket på krukans och kittla runt med lera. Upphetta i sex timmar över en lugn eld från olivträ. När ni ser att locket har blivit grönt, värm ej mera utan låt det svalna och ta ut stenarna, varvid ni upptäcker att de blivit smaragder."

Receptet handlar om färgning av sten, kanske bergskristall (kvarts) eller någon typ av zeolit eller annan porös sten, med kopparföreningar i en ammoniakal lösning.



Fig. 2. En sida ur Stockholm-papyrusen (år 300 e.Kr.). Receptet i mitten av sidan berör "tillverkningen av smaragder" (m.a.o. imitation)

Dödsstöten för *khemeia*-konsten utlöstes av fruktan. Den romerske kejsaren Diocletianus fruktade att det redan vacklande kejsardömet ekonomi helt skulle komma att raderas om *khemeia*-konsten skulle lyckas i sina ansträngningar att framställa billigt guld. I ett edikt av Diocletianus år 296, beordras därför egyptiernas (i Alexandria) böcker om "*khemeia*" rörande framställning (dvs. imitering) av guld och silver att brännas. Det är en förklaring till att så litet finns bevarat in i vår tid. Ett annat skäl är att boklig lärdom föll i onåd då kristendomen bredde ut sig. Under kristna upplopp i början på 400-talet skadades museet och biblioteket i Alexandria svårt. Särskilt utsatt blev *khemeia*-konsten med sina rötter i den gamla egyptiska religionen, och dess anhängare fick bokstavligt talat gå under jorden. Kristenheten hade dock delats upp i sekter, och en av dem, den sk. nestorianska (som följde den syriske munken Nestorios läror) förföljdes av den ortodoxa kristna kyrkan i Konstantinopel. Många av nestorianerna flydde österut till Persien, där de behandlades med stor vänlighet (kanske i hopp om att kunna använda dem mot Rom). Till Persien förde de med sig grekisk lärdom, inbegripet många böcker om alkemi. Nestorianernas ställning och inflytande nådde sin kulmen omkring år 550 e.Kr.

Araberna

På 600-talet e.Kr. började araberna inspirerade av profeten Muhammeds läror att erövra omvärlden för Islam. Deras starka arméer erövrade stora områden i västra Asien och norra Afrika. År 641 e.Kr. invaderades Egypten. De erövrade också hela dåvarande Persien och där kom de i kontakt med och förundrades över den grekiska vetenskapen. När t.ex. araberna belägrade Konstantinopel, förstördes den arabiska flottans träfartyg av sk. "grekisk eld", som bestod av någon kemisk blandning som brann med mycket het låga och inte kunde släckas med vatten. I Europa hände inget av betydelse på kemins område mellan år 300 e.Kr. och 1100 e.Kr. Mellan år 650 och 1100 e.Kr. var det bara araberna som förvaltrade och utvecklade den grekisk-egyptiska alkemin. Den arabiska alkemin var som bäst i början på sin storhetstid. Från arabiskan har vi fått arva många namn, som t.ex. alkali, alkohol, nafta, zirkon mm.

Geber

Den främsta utövaren bland de arabiska alkemisterna var **Jabir ibn Hayyan**. Han levde ca. **760-815 e.Kr.** och bodde i Bagdad. I Europa var han känd under namnet "**Geber**". Han efterlämnade många skrifter som oftast var skrivna på ett lättfattligt sätt, varför de också blev lästa av många. Han beskrev och framställde bl.a. salmiak (ammoniumklorid), blyvitt och utspädd salpetersyra. Han behärskade även konsten att destillera vinäger och framställde på så sätt koncentrerad ättiksyra, den starkaste kända syran under antiken. Mest känd blev han dock för sina

arbeten om metallers transmutation (omvandling till varandra). Han ansåg att den förnämsta metallen av alla måste vara kvicksilver, eftersom den är flytande och följaktligen måste innehålla den minsta halten av elementet "jord". Förundrad blev han också av svavel, som var helt brännbart och hade samma färg som guld. Han drog slutsatsen att alla metaller bestod av olika blandningar av kvicksilver och svavel. Man borde alltså söka efter ett ämne som underlättade blandning av kvicksilver och svavel i rätta proportioner för att på så sätt kunna framställa guld. Detta ämne skulle vara ett torrt pulver (jordartade egenskaper) och kallades av Grekerna för "xerion", som betyder "torr". Araberna ändrade namnet till "al-iksir", och hos européerna blev det "elixir". "De vises sten" är en annan europeisk benämning på detta ämne, vilket betonar dess torra och jordartade egenskaper. Detta elixir kunde också fungera som ett botemedel mot alla sjukdomar och t.o.m. ge odödlighet ansåg man. Man talade om "livselixiret". Alkemin hade alltså två vägar att följa: en mineralogisk, med framställning av guld som slutmål, och en medicinsk, där framställningen av ett livselixir var det väsentliga.

Rhazes

Nästan lika kunnig och ryktbar var den persiske alkemisten **al-Razi (866-925e.Kr)**, senare kallad "**Rhazes**" i Europa. Han intresserade sig mer för medicin än vad Djabir hade gjort. Han beskrev bl.a. mycket noga hur man framställer gips och hur man kunde använda det i förband för att stödja brutna ben. Han bl.a. studerade och beskrev metallisk antimon och han ansåg att fasta kroppar bestod av kvicksilver (flyktigt), svavel (brännbart) och salt (varken flyktigt eller brännbart).

Avicenna

Abul-Hasan Ibn Sina, vanligen kallad "**Avicenna**" (980-1036) född nära Bokhara- fortsatte den medicinska traditionen inom alkemin. Han tvivlade dock på att man kunde framställa guld ur andra metaller och hörde alltså till undantagen bland alkemisterna. Han var den mest betydande läkaren i perioden mellan det romerska riket och de moderna naturvetenskapernas födelse.

Den arabiska naturvetenskapen efter Avicenna förföll snabbt. Det blev oroliga tider bland araberna då barbariska turkar och mongoler invaderade den arabiska världen. På 300 år förlorade araberna ledarskapet inom det naturvetenskapliga området till Västeuropa.

Korstågen: Europa upptäcker alkemin

År 1096 initierades de första korstågen, och Jerusalem erövrades år 1099 av de kristna. I nästan 200 år fanns vid Syriens kust ett litet kristet samhälle omgivet av ett muslimskt "hav". Genom dessa korsfararstater fick västeuropéer under många decennier rikliga tillfällen till fredliga och intima kontakter med österlandets kultur och vetenskap, många gånger

överlägsen den egna. Hem till Europa förde man med sig en mycket positiv syn på den arabiska vetenskapen. Ungefär samma tid återtog de kristna i Spanien landområden som araberna erövrat under första delen av 700-talet. Härigenom fick Européerna ytterligare kunskap om den högtstående moriska civilisationen. Man upptäckte att araberna ägde skrifter av mycket hög vetenskaplig klass, som t.ex. översättningar av grekiska originaltexter som Aristoteles arbeten mm. och rent arabiska verk som t.ex. Avicennas. Framför allt den franske vetenskapsmannen **Gerbert (ca.940-1003)** som år 999 valdes till påve under namnet **Sylvester II**, stödde tidigt rörelsen som verkade för att dessa viktiga arbeten skulle översättas till latin. Europeiska vetenskapsmän kunde sålunda från omkring år 1200 börja ta till sig och utveckla alkemistisk kunskap från äldre tider.

Ursprunget till ordet "kemi"

Det gamla Alexandriskt-grekiska ordet *khemeia* kommer troligen ursprungligen från grekiskans "khumos" som betyder "växtsaft" (en annan något mindre trolig hypotes är att ordet *khemeia* skulle härröra från "Kham", som egyptierna själva kallade sitt land, och i det fallet skulle *khemeia* därför kunna betyda "den egyptiska konsten").

Ordet "khemeia" förekommer för första gången i ett edikt av den Romerska kejsaren Diocletianus år 296, i vilken egyptiernas (i Alexandria) böcker om "khemeia", rörande framställning (dvs. imitering) av guld och silver beordras att brännas.

När sedan araberna tog över utvecklingen av kemin blev "khemeia" på arabiska *al-kimya* (förstavelsen *al* är bestämd artikel). Detta blev så småningom "alkemi" (på svenska), och när alkemin slutligen utvecklades till en modern experimentellt undersökande vetenskap (på 1600-talet) utelämnade man till slut prefixet *al*-, och vetenskapen kom nu i fortsättningen att heta "kemi" (på svenska). Det var den berömda irländske kemisten Robert Boyle (1627-1691) som var först att utelägna prefixet "al" i alkemi i sin bok "*The sceptical Chymist*" som publicerades 1661.

"Kemi" skulle med andra ord ursprungligen kunna betyda "konsten att framställa safter". Dessa "safter" skulle också kunna vara smält metall, och då blir kemi "läran om metallerna".

Termen "alkemi" betecknar numera perioden från omkring 300 f.Kr. till omkring 1600 e.Kr., alltså nästan två årtusenden.

Alkemi i Kina

Boken *I Ching*, "förändringarnas bok" skrevs på 1200-talet f.Kr. av kinesen **Wen Wang**. I boken introduceras begreppen Yin och Yang som ursprungligen nog stod för ljust och mörkt, eller feminint och maskulint, respektive. Senare kom Yin och Yang att illustrera alla typer av dualiteter (motsatser), och kom att inkluderas i vetenskapliga och medicinska

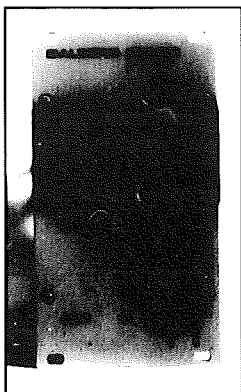
teorier. Senare ansågs de uppstå som "reglerare" från ett "stort ursprung" (t'ai chi). Shu Ching "journalboken" från Chou-dynastin (722-221 f.Kr.) anger "fem ting" eller "fem påverkare" (wu hsing): vatten, eld, trä, metall och jord. Dessa brukar vanligen kallas de "fem elementen". De omvandlas till varandra i en ständig cykel och ibland sägs de komma från Yin och Yang. De fem elementen blev senare associerade med områden, smaker, lukter, färger, årstider, kroppsdelar, djur, planeter mm. Den Grekiska fyra-element teorin nådde Kina med Buddismens intåg från Indien i början på den kristna epoken. Brons förekom från ca. 1300 f.Kr. och järn från ca. 500 f.Kr. Kineserna framställde stora mängder gjutet järn under Han-dynastin (202 f.Kr.-221 e.Kr.). Kanoner och andra föremål av gjutjärn, togs i bruk av kineserna före Västerlandet. Mässing (t'ou shi) tillverkades från koppar och zinkmalm redan på 600-talet e.Kr. Metalliskt zink framställdes genom upphettning av malm med kol i deglar, varvid metallen kondenserade på degellocken. Denna process finns beskriven och illustrerad i boken T'ien kong k'ai wu, som skrevs 1637.

Kinesisk zink importerades till Europa på 1600-talet. Kvicksilver (hung) var känt omkring 150 f.Kr. Destillation av alkohol gjordes först under Mongol-dynastin (1260-1368). Papper framställdes nog först ca. år 100 e.Kr., och porslin ca. 600 e.Kr. Salpeter var känt ganska tidigt i Kina, och krut tillverkades för fyrverkerier kanske redan ca. 1150 e.Kr. och det var då fortfarande okänt i västvärlden. Alkemin uppstod i Kina med den senare utvecklingen av *Taoismen*, en filosofi som uppkom genom **Lao Tzu** ca. 350 f.Kr., men som blev rejält modifierad av hans senare lärjungar. Inom Taoismen funderade man mycket på livet, och hur man skulle kunna förlänga det. Senare degenererade Taoismen mot Ockultismen, och man sysselsatte sig främst med att försöka framställa ett livselixir "tan". Ägde man "tan" kunde man förhindra döden, stiga upp till himlen, anta andra skepnader och åstadkomma mirakel. **Ko Hung**, Taoist och verksam på **300-talet e.Kr.** var den mest berömda kinesiska alkemisten. Hans alkemiska arbeten finns fortfarande bevarade, och hans idéer visar stor likhet med idéerna i det indiska Yoga-systemet.

Hinduisk alkemi

Veda-skrifterna (ca. 1000 f.Kr.) nämner 5 element: jord, vatten, luft, eter(rymd) och ljus. Dessa element är sedda som aspekter, ej som materia (jämför grekernas syn). *Rig-veda* nämner guld, silver, koppar, brons, bly och möjligen järn och tenn. *Upanishaderna* (900-500f.Kr.) nämner utan tvekan järn. Handelsutbyte förekom mellan Indien och Alexandria under den romerska perioden. Gamla indiska medicinska arbeten är *Bower-manuskriptet* (300-talet e.Kr.) och arbeten av **Caraka** (ca. 100e.Kr.) och **Susruta** (ca. 200 e.Kr.) de sistnämnda i sin nuvarande form från 500-talet e.Kr. Dessa skrifter beskriver bl.a. en del metallföreningar såsom kvicksilver, mässing och zink.

Vacuum measurement and control - the choice is your's!



1000 - 10^{-9} mbar

Simple to operate

Set points with relay contacts

Intelligent gauges

BALZERS

Nordiska Balzers AB

Espoo:

PL 74

SF-02601 ESPOO

Puh. (90) 512 29 88

Fax. (90) 512 29 89

Stockholm:

Sjöängsvägen 15

S-191 72 SOLLENTUNA

Tel. 99046-8 626 90 50

Fax. 99046-8 626 90 26

Man kunde tillverka järn av mycket god kvalitet i Indien. Ett exempel på detta är den berömda järnpelaren i Delhi som väger hela 6.5 ton och är tillverkad av smitt järn (ej gjuten)! Pelaren tillverkades år 415 e.Kr. Stål förekommer i gravar från 600-500 talet f.Kr. Salpeterindustrin i Indien har en mycket lång tradition bakom sig. Alkohol finns omnämnt i *Caraka* och *Susruta* men kan vara senare tillägg (vin har funnits sedan mycket långt tillbaka i tiden, men det dröjde länge innan man upptäckte att man kunde få fram ren alkohol genom destillation). Samma skrifter beskriver även fast natrium och kaliumhydroxid, "rost" (oxider) från sex olika metaller, och orena sulfater och klorider av järn och koppar. *Samkhya*-filosofin, vars upphovsman anses vara **Kapila (ca. 550 f.Kr. ?)**, talar om primär materia (prakriti) och fem subtila element (tanmatras): ljud, beröring, färg, smak och lukt från vilka bildas fem grova element (mahabatas): eter, luft, eld, vatten och jord. Dessa består av en till fem av de subtila elementen. Alla substanser innehåller varierande grad av alla fem grova element. Inom Buddhismen talar man om sex element: jord, vatten, eld, luft, eter och medvetande. Man talar också om atomer som icke permanenta, som "tillfälliga glimtar av existens". Detta synsätt stämmer till viss del överens men den moderna fysikens syn på vakuum, där det ständigt skapas och försvinner elementarpartiklar. Atomteorin framträder i *Vaisesika*-systemet, skapat av **Kanada ca. 500 f.Kr.** och utvecklat i Buddhistiska och Jainistiska arbeten omkring 100-talet f.Kr. Atomen (anu, "liten", senare paramanu, "absolut liten") är sfärisk och oförstörbar, sex gånger mindre än det minsta dammkornet i en solstråle. Atomer har även färg, smak och lukt, och slår sig samman först parvis, sedan i större aggregat av dessa par. Eter fyller rymden och är orsaken till ljud.

5. ALKEMIN FÖRNYAS I EUROPA

De grekiska skrifterna om den "gudomliga konsten" (*khemeia*-konsten) som innehöll kemins begynnelse var okända i Europa under medeltiden, och kunskap om alkemin kom med översättningar gjorda i Spanien, av arabiska arbeten.

Albertus Magnus - den förste europeiske alkemisten

Den förste europeiske alkemisten av betydelse var **Albert, greve av Bollstädt (ca. 1206-1280)** mer känd under namnet **Albertus Magnus (Albert den store)**. Han var dominikan och en framstående Aristoteleskännare och försökte tillsammans med sin lärjunge Thomas av Aquino (1225-1274; också dominikan) förena den aristoteliska filosofin med den kristna läran. Detta var en ståndpunkt som mötte motstånd i början men som slutligen accepterades av den romersk-katolska kyrkan år 1323. Denna nya lära kom att kallas *skolastiken*, och innebar ett mycket stort framsteg jämfört med tidigare. Den dominerar fortfarande inom den katolska världen. Det är till stor del Albertus Magnus förtjänst

att Aristoteles filosofi blev så betydelsefull för vetenskapen ända fram till tidig modern tid. Han författade många skrifter, och i sin *de Mineralibus* finns delar som behandlar kemi och alkemi, som han kallar "en fattig förening av genialitet och eld". Han ansåg inte att alkemin var en riktig vetenskap, eftersom han kände till många av dess bedrägerier. Thomas av Aquino däremot diskuterar i en del av sina arbeten om betalningar i alkemiskt guld är lagligt, och kommer till slutsatsen att det är lagligt om guldet är äkta, vilket han trodde kunde vara fallet.

Roger Bacon

En samtida mycket betydelsefull person var **Roger Bacon (1214-1292)**, engelsk vetenskapsman och fransiskanmunk. Efter studier på Universiteten i Oxford och Paris gick han med i Fransiskan-Orden år 1247. Han trodde på alkemi och transmutation av guld, men är kanske mest känd för sitt ivriga pläderande för användandet av experiment och matematik inom vetenskapen för att på så sätt nå största framgång. Han gjorde själv många kemiska experiment och anses som en av den moderna empirismens grundgestalter. Empirismen är läran om att alla påståenden om verkligheten ska ha sin grund i erfarenheten, som är den enda källan till kunskap. Det var ett revolutionerande synsätt på den tiden. Bacon kritiserade sin egen orden och inflytelserika dominikaner, som Albertus Magnus och Thomas av Aquino, vilket bringade honom i djup onåd. Han fängslades från 1277 till sin död 1292.

Roger Bacon delar upp alkemin i 1) *spekulativ alkemi*, som handlar om ämnenas bildande utifrån de fyra elementen och andra ämnen bildade av dessa, och 2) *operativ alkemi*, som handlar om ämnenas (även gulds) bildande på konstgjord väg, långt bättre än i naturen, och även om tillverkning av kraftfulla mediciner. Han framhöll, långt före Paracelsus (se senare) att mediciner med fördel kunde tillverkas på konstgjord väg i laboratoriet. Bacon skrev på ett allomfattande uppslagsverk, och i hans skrifter beskrivs för första gången krutet, som kom att bli känt i Europa (kanske från Kina via araberna) under hans tid. Krutet skulle visa sig vara en mycket betydelsefull uppfinning då det bl.a. medverkade till omstörtningar av det medeltida samhället genom att ge härarna möjlighet att förstöra fästningsmurar och fotfolket möjlighet att fälla en ryttare i rustning. Denna teknologiska fördel skulle föra européernas arméer till seger över de andra kontinenterna under de fem seklerna från 1400 till 1900-talet.

Albertus Magnus hårda och envisa kritik mot alkemin fick till resultat att de flesta lärda förlorade intresset för alkemin. Alkemin levde vidare främst genom "konstnärer" eller "visa" som spred sig i Europa på jakt efter rika sponsorer. De flesta böcker inom alkemi skrivna mellan åren 1250-1500 är i stort sett oläsbara. Var och en använde egna symboler och

namn på ämnen och processer, och var kanske inte så intresserade av att andra skulle förstå.

Bedrägerier

Det var nog inte så underligt att man trodde på transmutation, dvs. att man kunde skapa nya metaller (t.ex. guld) från andra basmetaller. Som t.ex. när alkemisten upphettade det metallaktiga mineralet blyglans (blysvulfid) i luft, bildades bly under ett kraftigt svavelosande. Kupellerade man sedan detta bly (kraftig upphettning under het luftström på en platta av absorberande material) återstod ibland en liten kula av silver.

Ett annat exempel är om man smälter svavelkis (järnsulfid, pyrit; liknar guld till färg och glans) med bly, och sedan kupellerar blyet, får man ibland kvar en ytterst liten mängd guld. En del av materien hade förvandlats till guld- trodde man. Nu vet vi att silvret och guldet fanns med redan från början i mineralen. När man doppar ett knivblad av stål i en lösning av blå vitriol (kopparsulfat) ser det ut som om den hade förvandlats till koppar (med dagens kunskap vet vi att det bara reduceras ut koppar på ytan av stålbladet). Den senare alkemiska historien handlar ofta om rent bedrägeri. Man kunde t.ex. ta en spik vars ena ände var gjord av guld och den andra av järn, måla den med svart bläck så den såg ut som en helt vanlig spik. Doppade man sedan spiken i en "hemlig" lösning och rörde om, löstes färgen upp och den del av spiken som doppade i lösningen såg ut att ha förvandlats till guld. Ett annat sätt att "bevisa" att man behärskade konsten att framställa guld var att delvis fylla en ihålig järnstång med guldstoff och proppa igen änden med vax. När man sedan rörde om med stången i sin hemliga smälta, smälte givetvis vaxproppen och man kunde strax visa att man framställt guld. Ytterligare ett vanligt sätt att föra människor bakom ljuset var att ta ett mynt, tillverkad av en silverfärgad legering av silver och guld, doppa halva myntet i salpetersyra, varvid silvret löses ut och guldet blir kvar. Därmed ser det onekligen ut som om halva myntet förvandlats till guld. Sådana mynt har tagits tillvara, analyserats och finns att beskåda på museum.

Raymund Lully - martyr

Även kallad Ramon Lull, föddes på Mallorca år 1232, var en mycket bildad man och entusiastisk missionär, som dog martyrdöden (stenades) i Bugia på Nordafrikanska kusten år 1316. Han var alkemist, men kritiserade bedräglig alkemi. I sina skrifter *De Secretis Naturae* och *Testamentum* beskriver han framställningen av nära nog vattenfri alkohol genom fraktionerad destillation och torkning över kaliumkarbonat. Dessa skrifter beskriver även framställningen av salpetersyra och kungsvatten (*aqua regia*), en blandning av salpetersyra och saltsyra som kan lösa upp guld, kungen av metaller.

"Geber" framställer mineralsyror

Medeltidens kanske mest betydelsefulla alkemist skrev under pseudonymen "Geber". Den verkliga Geber levde på 700-talet (se tidigare) och man vet inte mycket om denne **pseudo-Geber**, utom att han troligen var spanjor och att han levde omkring år 1300. Han var kanske den förste som beskrev svavelsyra, vilken efter vatten, kol, olja och luft är den moderna kemiska industrins viktigaste råmaterial. Pseudo-Geber beskrev även framställningen av stark salpetersyra. De tidigare kända syrorna kom uteslutande från växtriket, som t.ex. ättiksyra som framställdes ur vinäger. *Dessa två nya starka syror (salpetersyra och svavelsyra) framställdes från mineralriket, och upptäckten av dem var det största kemiska framsteget sedan man lärt sig framställa järn ur järnmalm cirka tre tusen år tidigare.* Européerna kunde nu med hjälp av dessa starka mineralsyror åstadkomma fler kemiska reaktioner och lösa fler ämnen än vad grekerna och araberna någonsin kunde göra med sin starkaste syra ättiksyran. Om man ser till användbarheten för mänskligheten är mineralsyror betydligt mer värdefulla än guld, men det insåg man tyvärr inte på den tiden, utan istället för att intressera sig för dessa nya syror, fortsatte de allra flesta alkemister istället sitt giriga och till största delen fruktlösa sökande efter en formel för guldets framställning.

Alkemin råkar i förfall

Jakten på guld blev i stort sett ett bara arbetsfält för svindlare, och på så sätt råkade alkemin för tredje gången i förfall på samma sätt som den tidigare hade gjort hos grekerna och sedan araberna. Lockelsen efter guld har levt kvar under alla århundraden och har även fått en del stora vetenskapsmän som t.ex. Robert Boyle, Isaac Newton och Carl von Linné att prova sina förmågor på den. Så sent som på 1800-talet ägnade sig vår kände författare August Strindberg med stor iver åt denna sysselsättning, och man kan vara säker på att dessa idéer lever kvar än idag även i vår sk. upplysta tid. Visserligen kan man idag framställa små mängder guld ur andra grundämnen genom kärnreaktion (som ej är en kemisk process), men detta är en oerhört dyr process, och kommer nog aldrig att kunna bli ekonomiskt lönsam.

På medeltiden var dock många inflytelserika personer mycket oroade, eftersom deras eget guld troligen skulle bli värdelöst om alkemisterna verkligen skulle lyckas framställa guld på konstgjord väg. Man var även indignerad över alla svindlerier som förekom. Påven Johannes XXII bannlyste därför år 1317 alkemin, och även hederliga alkemister var tvungna att gå under jorden med sitt arbete.

Europa i förändring

För Europa var denna tid de stora förändringarnas tid och det östromerska riket med Konstantinopel som huvudstad upplevde sina sista dagar. År

1204 plundrades Konstantinopel av västeuropeiska korsfarare, och en stor del av den grekiska lärdomen gick för evigt förlorad. Turkarna invaderade Konstantinopel år 1453 och staden har förblivit turkisk sedan dess. Före och efter fallet flydde många grekiska lärda till västeuropa och tog med sig så mycket de kunde av sina bibliotek. Tyvärr var det bara små spillror av det rika antika grekiska vetandet som kom att bevaras till västerlandet. Trots denna tragiska förlust kom det lilla som bevarades att ge en enorm stimulans till vetenskapens fortsatta utveckling. Denna tid var även de stora upptäcktsfärdernas tid, detta till stor del tack vare kompassen som uppfanns under 1200-talet. Den portugisiska upptäcksresanden **Vasco da Gama** gjorde den första Afrika-omseglingen år 1497 och man kunde nu nå Indien direkt via haven och slapp färdas genom den arabiska världen. Européerna kunde nu handla direkt med Fjärran Östern utan mellanhänder. En ny världsdel- Amerika upptäcktes som en följd av **Christofer Columbus** upptäcktsfärder över Atlanten mellan år 1492 och 1504. Européerna fick en helt ny självkänsla när de upptäckte så mycket nytt och spännande som hade varit okänt för de stora grekiska filosoferna. De betraktades inte längre som några allvetande övermänniskor. Det psykologiska hindret för kritik mot de antika mästarnas utsagor försvann på så sätt.

Boktryckarkonsten

Den tyske uppfinnaren **Johann Gutenberg** (ca.1400-1468) uppfann väldigt lägligt ett instrument för gjutning av lösa typer, som kunde sättas samman för tryckning av text. Genom denna revolutionerande teknik kunde man nu lätt, billigt och utan större risk för skrivfel framställa stora mängder böcker, som man tidigare med stor möda präntade för hand. En av de första böckerna som kom i tryck var *Lucretius* långa lärodikt från omkring år 57 f.Kr. *De Rerum Natura* ("Om tingens natur"). I detta utdrag ur en engelsk översättning (Thos. Creech, 1714) kallar *Lucretius* atomerna för "seeds" ("frön").

*"But solid seeds exist, which fill their place;
And make a difference betwixt full and space.
These, as I prov'd before, no active flame,
No subtle cold can pierce, and break their frame,
Tho' ev'ry compound yields: no pow'rful blow,
No subtle wedge divide, or break in two.
For nothing can be struck, no part destroy'd
By pow'rful blows, or cleft without a void,
And things that hold most void, when strokes do press,
Or subtle wedges enter, yield with ease.
If seeds then solid are, they must endure
Eternally, from force, from stroke secure."*

Den atomistiska tanken kom nu att spridas över hela Europa. År 1543 publicerades två revolutionerande böcker som tack vare boktryckarkonsten kunde nå ut till nästan alla intresserade. Den ena boken behandlade planeternas rörelse och var författad av den polske astronomen **Nicolaus Copernikus (1473-1543)** som hävdade att den enklaste matematiska lösningen som "räddade fenomenen" var om man betraktade solen som universums medelpunkt (heliocentrisk världsbild) och inte jorden, som antikens stora grekiska astronomer (framför allt Ptolemaios omkring år 140 e.Kr.) hade gjort och därigenom gett upphov till medeltidens väl etablerade sk. geocentriska världsbild (som dessutom var gillad av kyrkan). I ett anonymt förord till denna Copernikus bok "*De Revolutionibus Orbium Coelestium*" (Om Himlavalvens Kretslopp) står det försiktigtvis, att hypoteserna egentligen inte har med verkligheten att göra, utan är bara utvecklade som matematiska verktyg. Kyrkan hade inget att invända mot skriften när den kom ut. Den andra boken skrevs av den flamländske anatomen **Andreas Vesalius (1514-1564)** där han beskriver den mänskliga anatomin med en noggrannhet utan tidigare motsvarighet i historien. Boken var baserad på Vesalius egna iakttagelser och den vederlade många etablerade uppfattningar som ursprungligen kommit från de antika grekerna. Detta omkullkastande av den antika grekiska astronomin och biologin kom att markera den naturvetenskapliga revolutionens början. Det tog närmare ett sekel innan de nya idéerna genomsyrat den alkemiska världen, men hade idéerna väl väckts, gick de inte att hejda.

6. NYA IDÉER FÖDS

Iatrokemi: Alkemi i medecinens tjänst

Jakten på guld och livselixiret var inte helt fruktlöst, för det ledde trots allt till upptäckten av många andra viktiga substanser som t.ex. alkohol, mineralsyrorna och ett otal metallsalter.

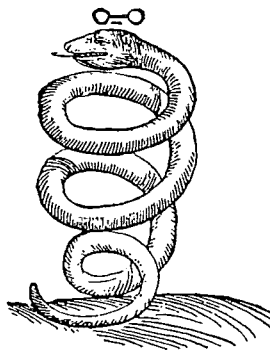


Fig. 3 Alkemisk 1600-talssymbol för arsenik.

Paracelsus

Nytänkandet på 1500 och 1600-talet gav upphov till en ny skola av alkemister som kallade sig för *Iatrokemister*, dvs. medicinska alkemister. De trodde på möjligheten att utveckla mediciner och förklara kroppens livsprocesser med hjälp av alkemin. Dess grundare var alkemisten **Theophrastus Bombast von Hohenheim (1493-1541)** eller som han hellre kallade sig, **Paracelsus**, vilket betyder "bättre än Celsus". Celsus var en romersk medicinare vars arbeten nyligen hade utkommit i en tryckt utgåva. De blev föremål för mycken och enligt Paracelsus åsikt missriktad uppskattning. Paracelsus föddes 1493 i Schweiz och dog i misär i Salzburg 1541. Han trodde på grekernas fyra element och arabernas tre huvudbeståndsdelar kvicksilver, svavel och salt. Han trodde också på transmutation av enklare metaller till guld, och han trodde på livselixiret. Traditionellt använde man i stort sett bara växtextrakt till mediciner, men Paracelsus hade en stark tro på mineralernas användbarhet. Efter studier i bergsvetenskap, medicin och alkemi tog han sin läkarexamen i Italien och var mellan 1527-8 stadsläkare i Basel. Paracelsus var mycket kritisk till antikens och samtidens läkare och det berättas att han vid sin introduktionsföreläsning 1527 brände arbeten av Galenos och Avicenna i en mässingspanna tillsammans med salpeter och svavel, och uttryckte en förhoppning om att författarna befann sig i liknande omständigheter. En dispyt med en inflytelserik präst som vägrade att betala ett stort arvode för tre små piller som hade botat hans gikt, ledde till vanära för Paracelsus som var tvungen att lämna Basel. Resten av livet vandrade han runt i Europa, och det föräkt som han blivit utsatt för satte en outplånlig stämpel på hans karaktär. Han var ofta drucken och det sägs att han tillbringade en stor del av sin tid på världshus i sällskap med bönder, och att han sov i sina kläder direkt på golvet. Det sägs också att han dikterade sina arbeten när han var drucken, och detta kan vara en förklaring till att hans skrifter ofta var förvirrande, motsägelsefulla och mystiska till sin utformning. Paracelsus dog som han levde, i misär på ett världshus i Salzburg sägs det, år 1541. Paracelsus storhet låg i att han var en mycket händig kirurg och läkare, och hans förståelse för användandet av mineralbaserade läkemedel och då speciellt hans kvicksilverpreparat som botade sjukdomar som ingen annan rådde på. Han använde också med framgång opium i sina kurer. Paracelsus var först i Europa att omtala metallen zink som han kallar för en "bastardmetall". Zinkmalm och mässing, zinks legering med koppar var dock känt sedan antiken. Han var också först att använda beteckningen alkohol för destillerad vinsprit.

Agricola

En annan läkare som representerade ett nytänkande inom kemien var tysken **Georg Bauer (1494-1555)** eller **Agricola** (betyder "bonde" på tyska och latin respektive) som han är mer känd som. Han författade flera

skrifter om mineralogi och metallurgi. De är skrivna i en lågmäld och värdig stil och är mycket praktiskt inriktade. Den mest berömda av hans skrifter är *De Re Metallica* (Om metallurgi) som utkom i sin första utgåva 1556. Den beskriver all då tillgänglig kunskap om processerna inom bergsbruk och metallurgi och är rikt illustrerad. Genom sin klara stil och tydliga illustrationer, blev den genast uppskattad och den är än idag en betydande vetenskaplig klassiker. I boken nämner han också metallen vismut. Denna avhandling är en av de första inom tillämpad kemi. Han var intresserad av mineralogin för att han trodde på dess möjligheter inom medicinen, och just kombinationen mineralogi och medicin kom att bli mycket betydelsefull för kemins fortsatta utveckling under de närmaste tvåhundra femtio åren.



Fig. 4. Ett saltbruk. Från Agricolas *De Re Metallica*, 1556

Libavius

Alkemin gick mer och mer mot klarhet och förnuft, och en representant för denna trend var den tyske läraren och kemisten **Andreas Libau** (ca.1540-1616) mer känd under sitt latinska namn **Libavius**. I sin viktigaste bok *Alchemia* som publicerades 1597, sammanfattade han vad som uppnåtts hittills inom alkemin fram till medeltidens slut. Det var den första verkliga läroboken i kemi. Han skrev klart och tydligt och utan inslag av mystik. Han kritiserade en hel del av Paracelsus absurditeter, men ansåg liksom Paracelsus att kemins uppgift framför allt var att fungera som en hjälpredda till medicinen. Libavius var den förste som beskrev hur man kunde framställa saltsyra: Han blandade tenntetraklorid (som han upptäckte) och ammoniumsulfat och lät det reagera. Han beskrev blynitrat mm., reaktioner och analysmetoder för att testa mineralvatten, och även torkkemiska reaktioner för att pröva malmer. Han föreslog att man kunde identifiera mineralsalter genom att studera de kristaller som bildas då lösningsmedlet i mineralsaltlösningen dunstat

bort. Han trodde dock på transmutation, och ansåg det viktigt att finna på metoder att göra guld.

Astronomins och fysikens revolution

Kemin kom att utvecklas långsammare än vissa andra vetenskaper som t.ex. astronomi, där man redan sedan antiken hade använt sig flitigt av kvantitativa mätningar och matematiska metoder. En anledning till detta var att problemen som man till en början valde att studera inom astronomin var ganska enkla och kunde ofta lösas med enkel plan geometri. Italienaren **Galileo Galilei (1564-1642)** var en av de största vetenskapsmän världen känt. Han studerade fallande kroppar under 1590-talet och beskrev ingående hur noggranna mätningar och matematik kunde tillämpas inom fysiken.

Inom mindre än 100 år ledde detta till de mycket viktiga slutsatser om kroppars rörelse som gjordes av en annan av vetenskapens giganter, engelsmannen **Isaac Newton (1642-1727)**. Han utkom 1687 med sin berömda bok *Principia Mathematica* där han redogjorde för sina tre rörelselagar som under mer än 200 år skulle utgöra grundvalen för mekaniken. Där presenterade han också sin gravitationsteori som i över 200 år tillfredsställande kunde förklara himlakroppars rörelse i universum. Infinitesimalkalkylen, en mycket viktig gren inom matematiken, utvecklades härigenom också av Newton. Den vetenskapliga revolutionen hade nu nått sin höjdpunkt och den västeuropeiska vetenskapen stod nu stadigt på egna ben.

Det skulle ändå dröja mer än 100 år innan den kemiska vetenskapen övergick från att vara rent kvalitativt beskrivande till att den också utnyttjade noggranna kvantitativa mätmetoder. Anledningen till att kemin utvecklades så långsamt är dess mycket komplicerade natur. De kemiska processerna är mycket svåra att begripa sig på, eftersom dess aktörer, atomerna och molekylerna är så otroligt små och inte kan observeras direkt. Man måste använda sig av mycket avancerad teknik som först blev tillgänglig på 1900-talet för att kunna ta reda på vad atomerna och molekylerna har för sig i sin mikrovärld. Vad gäller kemin skulle man kunna säga: det är svårt att se träden för all skog... Det skulle alltså dröja ända in på 1900-talet innan man hade en aning om hur materiens så viktiga smådelar var beskaffade. Då kan man ju förstå att t.ex. 1600-talets kemister hade enorma svårigheter att komma fram till hållbara teorier ur de begränsade kemiska observationer de kunde göra. Man måste då verkligen beundra dem för de stora framsteg som de ändå trots allt lyckades göra. Det krävdes skarpsinne, stor uthållighet och en portion tur för att lyckas bringa lite reda i den kemiska världens virrvarr. Det är intressant att notera att även Newton var mycket intresserad av alkemi, och att han med stor iver sökte runt i Europa efter recept för att kunna omvandla oädla metaller till guld.

7. KEMINS REVOLUTION

Van Helmont

Vissa tecken på en förestående kemisk revolution kom redan på Galileis tid genom den flamländske läkaren **Johann Baptista van Helmont (1579-1644)** som var en av de första att använda sig av kvantitativ mätteknik inom kemin. Han föddes i Bryssel i Belgien 1579 och han härstammade från en gammal adelssläkt. Van Helmont studerade konst i Louvain till 1594, men tog aldrig ut sin examen eftersom han ansåg det bara vara ren fåfänglighet. Han gick sedan i Jesuitskolan i Louvain, men med sin nyfikenhet fortfarande otillfredsställd vände han sig därefter till mystiken. Han studerade även medicin och läste verk av de antika medicinarna Hippokrates, Galenos och Avicenna, men studerade också flitigt den samtida medicinen. Han noterade allt som ansågs som "säker" och "okontroversiell" kunskap, men blev bara besviken och frustrerad då han studerade resultatet av sina anteckningar. Han upplevde att alla år av studier var helt bortkastade och gav därför bort många av sina dyra böcker till studenter, men önskade senare att han istället hade bränt upp dem. Han tog sin läkarexamen år 1609 i Louvain efter tio år av studier och resor. Samma år gifte han sig, och han säger: "Gud har gett mig en from och ädel fru. Jag drog mig tillbaka med henne till Vilvorde och där ägnade jag mig under sju år åt pyroteknik [dvs. kemi] och att hjälpa de fattiga." Van Helmont ägnade sig dag och natt åt sina kemiska försök och gick nästan aldrig ut. Han var en mycket inflytelserik och respekterad man och han hade ett mycket gott rykte. På grund av sin fräna men välgrundade kritik av den konventionella samtida medicinen, fick han också många fiender, och detta försinkade det allmänna acceptandet av hans teorier. Inte många av Van Helmonts arbeten blev publicerade medan han levde, men han överlät alla sina papper åt sin son *Francis Mercurius van Helmont (1614-1699)* som utgav dem 1648 och följande år under titeln "*Ortus Medicinae*" (Medicinens upprinnelse). Den kom ut i en engelsk översättning år 1662.

Johann Baptista van Helmont är en mycket viktigare person i kemins historia än vad man ofta tidigare ansett. Speciellt kom den store irländske kemisten *Robert Boyle* att påverkas mycket av van Helmonts idéer under slutet av 1600-talet. Van Helmont kritiserade också de gamla teorierna om de fyra elementen före Boyle. Van Helmont kom att representera övergången mellan alkemi och kemi, och han utförde ett mycket stor antal kemiska experiment i sitt hus i Vilvorde. Mycket viktig är den kvantitativa karaktären på hans kemiska försök, då han till sin hjälp ofta använde sig av vågen. Han uttryckte klart och tydligt lagen om materiens oförstörbarhet, och han underströk att metaller faktiskt inte försvinner helt när de löses upp av en syra, men att den faktiskt kan återbildas med lämpliga medel. Van Helmont insåg också att när en metall faller ut en annan metall ur en saltlösning är det inte fråga om

transmutation som Paracelsus trodde. Han visste att upplöst koppar utfälls av järn som tar dess plats, och att koppar på samma sätt faller ut silver. Van Helmont hade en mycket gedigen och praktisk kemisk kunskap.

Van Helmonts studier av gaser.

Före Helmont ansåg man att alla flyktiga ångor bestod av elementet "luft", ett egenartat ämne som var mycket svårt att observera och därför ansågs vara hemlighetsfullt och mystiskt till sin natur. Vätskor som lätt avdunstade kallades generellt för "spriter", som betyder "andetag" eller "luft". Än idag lever detta namn kvar i t.ex. "ättiksprit", "terpentinsprit" och "alkoholsprit". Starkt alkoholhaltiga drycker är sedan gammalt så vanliga att man i dagligt tal helt enkelt kallar dem för "sprit". Van Helmont var den förste att närmare studera de ångor han framställde och han fann att de liknade luft, men att de dessutom hade egna egenskaper. Han upptäckte med andra ord att det fanns flera olika slags gaser, vilket var något helt nytt och revolutionerande. Framför allt brände han trä för att få fram dessa nya ångor. Han observerade att de varken hade bestämd form eller volym, och att de mest verkade likna "kaos", det formlösa och oordnade urämne som de gamla grekerna ansåg att universum hade skapats ur (tänk så rätt de hade...). Van Helmont stavade "kaos" enligt flamländskt uttal och då blev det ordet "gas", som vi än i dag använder för att beteckna luftliknande ämnen. När han bl.a. brände trä fick han fram en speciell gas (koldioxid) som han kallade för *gas sylvestre* (*sylvestris* "från trä") som betecknade den "vilda sprit" och "otämjbara gas" som exploderar slutna kärl och flyr ut i fria luften. Van Helmont beskrev även den gas som vi nu kallar för väteklorid (HCl). Han hällde salpetersyra (HNO₃) på sal ammoniac (salmiak, NH₄Cl) i ett slutet kraftigt glaskärl, varpå en riklig mängd gas producerades som inte gick att innesluta, utan kärlet "exploderade farligt uti små bitar". Med detta farliga experiment förklarar han effekten av krut. Han var den förste som klart insåg att gas produceras vid vissa kemiska processer. Han ansåg sig själv som "uppfinnaren" av gas. Van Helmont säger helt korrekt att gas består av osynliga atomer som kan slå sig samman vid stark kyla och kondensera till små vätskedroppar. Han insåg även att gas kan finnas fixerade i fasta kroppar, och frigöras igen genom upphettning, jäsning eller kemisk reaktion.

De gaser som van Helmont beskriver är bl.a.:

Koldioxid (CO₂, *gas sylvestre*) som han fann på bl.a. genom förbränning, som gruvgas, genom jäsning t.ex. i vinkällare, i mineralvatten, i rapning (*gas ventosum*), från smält salpeter och kol (han missade syrgasen som utvecklas av smält salpeter) och genom reaktion mellan destillerad vinäger och kalciumkarbonat.

Kolmonoxid i blandning med koldioxid (CO , CO_2 , *gas carbonum*) där han beskriver hur han nästan blev förgiftad en gång då han var 65 år, av gaserna från brinnande kol.

Kväveoxider (NO , NO_2) rödbrun gas som han framställde bl.a. genom att låta silver reagera med salpetersyra.

Klorgas och nitrosylklorid (Cl_2 och NOCl) ur salpetersyra (*aqua fortis*) och salmiak (*sal ammoniac*) i kyla.

Vätgas och metangas (H_2 och CH_4) som han kallade för *gas pingue*, en brännbar gas som han fann på bl.a. i tarmgas (!), vid förruttnelseprocesser och vid torrdestillation av organisk materia (då även blandat med kolmonoxid).

Svaveldioxid (SO_2) som en svavelaktig eller sur gas som han fick när han brände svavel. Denna gas kunde han sedan kondensera till svavelsyra (vitriololja).

Van Helmont studerade även andningen. Han kritiserade den antike medicinen Galenos som ansåg att andningen hade som funktion att kyla kroppen. Van Helmont däremot ansåg att dess syfte var att upprätthålla kroppsvärmen. Detta ansåg han att kroppen åstadkom genom en jämsning i den vänstra hjärtkammaren, där arteriellt blod omvandlas till en "vital sprit". Friktionen mellan salt och svavelpartiklar i blodet, som orsakas av hjärtats slag, skapar värme och ett "skenbart" ljus i blodet.

Van Helmont förkastade teorierna om de fyra elementen (vatten, luft, jord och eld) och Paracelsus tre principer (salt, svavel och kvicksilver) samt Aristoteles "hedniska" teori om en primär materia. Van Helmont påstår att de *sanna elementen* är *vatten och luft*. Luft är ett element eftersom det inte kan kondenseras till vatten, vilket visas i ett experiment med ett luftgevär, där han observerar att komprimerad luft förblir elastisk och kan driva en kula genom en plank. Han argumenterar vidare att varken luft eller vatten kan bildas ur varandra, och ett element kan inte reduceras till enklare tillstånd än dessa. Han menar vidare att de två andra sk. elementen (eld och jord) inte förtjänar denna beteckning, eftersom eld ej är någon sorts materia, och eftersom jord kan bildas ur vatten.

Van Helmonts "trädexperiment"

Van Helmont beskriver sitt berömda *träd-experiment* för att "bevisa" att "alla vegetabilier uppstår ur elementet vatten enbart".

"Jag tog en kruka, i vilken jag lade 200 pund [1 pund = 16 uns = 434 gram] jord som hade torkats i en ugn, som jag fuktade med regnvatten, och jag planterade däri ett pilträd som vägde fem pund, och till slut, efter att fem år hade gått, vägde trädet som växt upp därur 169 pund och ungefär tre uns."... "Till slut torkade jag återigen jorden från kukan, och där fanns samma 200 pund, förutom ungefär två uns. Alltså uppstod 164 pund trä, bark och rötter ur vatten enbart."

Slutsatsen är i stort sett korrekt eftersom största beståndsdelen av trädet är vatten (ca. 50% av färskt pilträ består av vatten). Det är dock lite av ett ödets ironi att van Helmont inte kände till den roll som gasen koldioxid spelar i växternas liv. Det var ju han som först upptäckte denna gas. Fotosyntesen var ju helt okänd på den tiden, dvs. att växter tar upp koldioxid ur luften som de tillsammans med vatten och solljus använder för att producera sina kolhydrater (och syrgas som avges till luften), som sedan används till växtens stomme. Som ytterligare "bevis" för sin tes, anger van Helmont att noggrant torkad vinsprit endast ger vatten vid förbränning. Detta är en nästan korrekt observation, men dock felaktig slutsats. Han anför också att fiskar livnär sig på, och deras kroppsfett är producerat från vattnet som de simmar i. Han gör kopplingar mellan olika material för att "bevisa" att de är bildade ur vatten; t.ex. eftersom trä hade visats bestå enbart av vatten genom träd-experimentet, måste ju alla produkter som bildats ur trä som t.ex. kol och aska, också bestå av vatten. Detta är ju också en helt felaktig slutsats, som främst har sin orsak i den tidens mycket bristfälliga kunskaper gällande materiens, och då speciellt den biologiska materiens byggnad, som ju är oerhört komplicerad och som det skulle dröja ända in på 1900-talet innan man kunde beskriva den på ett någorlunda korrekt sätt.

Van Helmont menar vidare att om guld ska kunna bildas ur vatten, innebär detta en kompression till en sextondel av vattnets volym (guld har i själva verket 19 gånger högre densitet än vatten), något som han anser är möjligt för naturen, trots att han anser att vatten inte har porer. På liknande sätt argumenterar han för att jord är bildat av vatten.

Van Helmont ansåg (helt korrekt) att eld och lågor bara är brinnande rök som förintas omedelbart i ett slutet kärl, och att det inte alls är ett särskilt element, som man ansett sedan antiken. Han upptäckte att kol kan upphettas hur länge som helst i ett slutet kärl utan att förintas. Han ansåg att rök är en form av gas. I ett experiment brände han ett ljus i ett uppochnedvänt glaskärl under vatten, och han observerade att vattnet steg i glaskärlat varefter lågan slocknade. Han drog den korrekta slutsatsen att sugkraften beror på att en del av luften förbrukats. Van Helmont drog också slutsatsen att vakuum, som Aristoteles ansåg vara omöjligt, i själva verket är något mycket alldagligt.

Van Helmont om jäsämne

Van Helmont ansåg att de två huvudsakliga ursprungen till kroppar (*prima initia*) är vatten och jäsämne, eller fröämne. Jäsämnet är en inneboende formande energi, "knappt 1/8200 del av en kropp" som fördelar vattnets materia så att ett frö bildas och liv, och detta utvecklas sedan till en sten, metall, planta eller djur. Han ansåg att det finns specifika jäsämnena i magen, levern och andra delar av människokroppen, som ger upphov till matsmältning och andra fysiologiska förändringar.

Dessa idéer om jäsämnena, påminner intressant nog en hel del om vår moderna enzymteori.

År 1604 utgavs en specialiserad lärobok med titeln "*Antimons Triumfvagn*" av en tysk förläggare vid namn **Johann Thölde**. Man vet nästan inget mer om honom än att han tillskrev boken en medeltidsmunk vid namn "**Basil Valentine**", men det verkar som om namnet var en pseudonym för Thölde själv. Boken behandlade den medicinska användningen av metallen antimon och dess föreningar. I andra arbeten av "**Basil Valentine**" beskrivs bl.a. framställningen av svavelsyra och saltsyra.

Johann Rudolph Glauber

(1604-1670) var en tysk mycket praktiskt inriktad kemist som även författade ett stort antal skrifter. De flesta av hans skrifter blev översatta till engelska och publicerades 1689 i folioformat. Han är kanske mest känd för sin upptäckt 1658 hur man kan framställa saltsyra genom en reaktion mellan vitriololja (svavelsyra) och koksalt. Vid den reaktionen får man en rest av natriumsulfat ($\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$) som än idag även kallas för "glaubersalt". Glauber undersökte detta salt mycket noga och det visade sig bl.a. ha en laxerande effekt. Han var en mycket god affärsman, och han sålde snart detta "sal mirabile" ("mirakelsalt") som en universalmedicin, ja nästan som ett livselixir. Han startade sålunda en mycket lönande affärsrörelse där han saluförde flera andra ämnen med medicinskt värde. Fler och fler forskare insåg de ekonomiska möjligheterna med denna nya bransch, och lämnade istället den hopplösa gulddjakten. På så sätt dog den gamla alkemin ut under 1600-talet för att på 1700-talet successivt övergå i vad vi idag kallar för "kemi". Glauber hade ganska klara idéer om hur salter bildas ur syror och baser. Han nämner också den speciella fällning som uppkommer ur metallsalter och sk. vattenglas (natriumsilikat) som brukar kallas för "kemisk trädgård". Han insåg dessutom att fällningen består av ett silikat. Glauber hade ganska korrekta idéer rörande ämnens affinitet, dvs. dess benägenhet att ingå kemisk förening. Han hade under sina senare år 5-6 medarbetare i sina laboratorier. Från 1660 blev han angripen av förlamningar som troligen berodde på kvicksilverförgiftning, som nog också bidrog till hans död.

Franciscus Sylvius de le Boë

(1614-1672) professor i medicin i Leyden. Han övertalade ansvariga på universitetet att bygga honom ett "Laboratorium, som man kallar det", vilket verkar ha varit det första kemiska universitetslaboratoriet som existerat. Han representerar kulmen på iatrokemin. Sylvius var huvudsakligen teoretiker och han lärde ut att den levande organismens funktioner huvudsakligen bestämdes av kemiska processer (ganska

korrekt), och speciellt av de verkliga eller inbillade sura eller basiska karaktärerna på kroppsvätskorna, en slags föregångare till den nu så populära pH-läran.

Nicolas Lemery

(1645-1715) var en fransk kemist med en del intressanta idéer rörande materiens minsta delar. Han skrev en lärobok "*Cours de Chymie*" (1675) som blev tryckt i ett stort antal upplagor, och översatt till latin och de flesta moderna språken. Han klassificerade ämnen i tre huvudgrupper: mineraler, vegetabilier och animalier. Han föreställde sig alla ämnen som ett slags korpuskler (småpartiklar) där dess egenskaper huvudsakligen bestämdes av formen på partiklarna. Syror ansåg han därför bestå av vassa och taggiga partiklar, ty de sticks ju t.ex. på tungan. Vid fällningsreaktioner, bryts taggarna på syrapartiklarna av i porerna på metallpartiklarna, och de följer sedan med i fällningen. Metaller löses upp i syror genom att taggarna i syran river isär metallpartiklarna i metallmassan. En ganska elegant teori, eller hur?

Efter denna tid börjar kemin ta form som modern vetenskap!

Detta är det Nya Annonsformatet !

SAMMANFATTNING AV KEMINS TIDIGA HISTORIA

År	Händelse
140 f.Kr.	Kinesiska alkemins begynnelse
0-50	Första skrifterna som behandlade den "ädla konsten" (dvs. <i>khemeia</i>) dök upp i Alexandria, Egypten.
300	Ko Hung, den mest berömda kinesiske alkemisten
300	Leyden och Stockholm papyrusen som summerar tidigare teknisk information om metallurgi, färger, imitationer av ädelstenar mm.
300	Zosimos, Egypten beskriver många kemiska processer såsom: lösning, filtrering, smältning, sublimering, destillering mm., flera kemiska föreningar och reaktioner. Tron på metallers transmutation uppstod (övergång från en metall till en annan).
640	Egypten erövras av araberna, som senare översätter de egyptiska böckerna om kemi (som var skrivna på grekiska). Kemiämnet studerades speciellt av Jabir ibn Hayyan (720-813), Rhases (866-925) och Avicenna (980-1036). Hypotesen att metaller bestod av kvicksilver och svavel introducerades. Arabisk kemi är i stort sett en fortsättning av den egyptiska kemin.
800-900	Hinduisk kemi påminde om den arabiska kemin
1144	Alkemin framträder i Europa genom översättningar gjorda i Spanien av arabiska arbeten. Roger Bacon och Albertus Magnus skrev om ämnet ungefär år 1250.
1493-1541	Paracelsus grundade <i>iatrokemin</i> , som är kemin i medicinens tjänst. Han introducerar tre principer: Kvikksilver, svavel och salt.
1494-1555	Agricola: skrev <i>De Re Metallica</i> (1556), om bergsbruk och metallurgi.
1540-1616	Libavius: skrev första läroboken i kemi, <i>Alchemia</i> (1597). Kvalitativ analys. Upptäckte tennklorid.
1579-1644	Van Helmont: studerade gaser, uppfann benämningen <i>gas</i> och beskrev koldioxid som han kallade <i>gas sylvestre</i> . Kritiserade de äldre teorierna om elementen. Ansåg att <i>vatten</i> var det fundamentala elementet och baserade detta på ett "träexperiment". Föregångare genom sina <i>kvantitativa experiment</i> .
1600 ?	"Basil Valentine": <i>Antimons Triumfvagn</i> , troligen skriven av Thölde; beskriver antimonföreningar, svavelsyra.
1604-1670	Glauber: mineralsyror, salter (speciellt <i>sal mirabile</i> , "Glaubersalt"). Vattenfria arsenik- och metall-klorider. Hypoteser om ämnens <i>affinitet</i> .
1614-1672	Sylvius: det första universitetslaboratoriet i kemi. Kemisk aktivitet i kroppen genom sura och basiska kroppsvätskor.
1645-1715	Lemery: lärobok, <i>Cours de Chymie</i> (1675): korpuskelteori; korpuskler med taggar och porer. Delade upp substanser i mineraler, vegetabilier och animalier.

SLUTORD

Vi har nu följt huvuddragen i kemins utveckling från forntiden till den period i slutet av 1600-talet då kemin började att ta form som en självständig modern vetenskap baserad på *empirism*.

Den moderna kemins utveckling (kring slutet av 1600-talet till nutid) är också full av feltolkningar och återvändsgränder, men i och med införandet av kvalitativa och kanske framför allt kvantitativa experimentella metoder inom kemin, hade man slagit in på en mycket effektiv och fruktbar väg mot ökande kunskap om vår omvärld.

VAKUUMTEKNIK

CTI - CRYOGENICS

CTI - kryopumpar för Dig som har extra höga renhetskrav. Med CTI-OnBoard får Du dessutom det kompletta funktionssystemet



- Sluttryck 10^{-10} mBar
- Kapaciteter 350 - 10.000 l/s
- Ansl. ISO, CF eller ASA
- Option: OnBoard - datoriserat kontrollsystem för överlägsen processövervakning
(Registrerar, memorerar och redovisar samtliga konditions- och regenereringsfaktorer mm.)

LÖWENER



VACUUMSERVICE

Stockholm:
Tel: 08-7442985
Fax: 08-7444462

Göteborg:
Tel: 031-7760605
Fax: 031-7760686

FöretagsNytt

Vacutec AB övertar VSW Ltd. i Manchester, England

I början av året tog Vacutec (då bestående av Vacutec AB och AtomTech Ltd) över VSW Ltd i Manchester England. VSW (även känt som Vacuum Scientific Workshop) tillverkar och utvecklar avancerade instrument för ytanalys, bl a ESCA, ARIES, ICP-MS etc. Vacutec har vidare en stor vakuummekanisk verkstad i Svedala som delar lokaler med plasmasystemtillverkningen. Där kommer samtliga vakuumkanter i Vacutecgruppens sortiment att tillverkas tillsammans med standardvakuumkanter såsom flänsar, o-ringar, ventiler, manipulatorer osv.

Nytt möte för masspektrometri-användare

Nordiska Balzers kommer att arrangera ett nytt möte för användare av masspektrometri. De kommer inte bara att informera om det senaste masspektrometriprogrammet utan deltagarna kommer också här att få möjlighet att utbyta idéer och erfarenheter om deras applikationer i form av t ex korta föredrag om 15 minuter. Mötet kommer att hållas i **Electrum, Isafjordsgatan 22 Kista, Stockholm den 21 oktober 1993.** Mötet kommer att hållas på engelska. Deltagare som är intresserade av att presentera någon applikation skall kontakta Roland Würzler via telefon (08/300 710 80) eller fax (08/300 172 85). Mötetsavgiften är 500 kr. Sista anmälningssdag är **16 september 1993.** Anmälan sker till Roland Würzler eller Margareta Hult.

Nya rotationsgenomföringar från Balzers

Balzers har utökat sitt sortiment av rotationsgenomföringar med modellerna DD 016A och DD 040A (DN 16 KF resp. DN 40 KF-flänsar). Dessa genomföringar är lätta och kompakta med möjlighet att överföra stora moment och höga rotationshastigheter. Genomföringarna är o-ringstättade och lämpar sig bäst för vakuumpapplikationer i 10^{-7} mbar-området.

Ny adress till och telefon till HIDDEN Analytical Ltd.

Peter Nydahl driver numera agenturen på egen hand. Adress och telefonnummer är:
 Firma Peter Nydahl
 Sjöbyvägen 13
 340 32 GRIMSLÖV

Nya produkter från HIDDEN Analytical Ltd.

HIDDEN introducerar två jonkanoner (IG20 och IFG200). Den ena (IG20) är bäst lämpad för ytanalys, speciellt för SIMS-tillämpningar och Augerspektroskopi. IFG200 är mest lämpad för ytanalys av isolatorer (större diameter på jonstrålen). Vidare finns en IGA Intelligent Gravimetric Analyser att tillgå på den svenska marknaden. Med denna kan adsorptions-och desorptionsisotermer och isobarer för gaser i olika tillstånd mätas. Parametrar som tryck, temperatur och vikt kontrolleras och styres automatiskt via datakontroll.

Jürgen Schäfer och Heinz Pelz till Scandivac

På en omorganisation på Perkin--Elmer har nu ovanstående personer anslutit sig till Scandivac i Rimfors. Jürgen har ansvaret för kontakterna med bl a PHI (Physical Electronics Industries), TLI (Thermionics Laboratory Inc.) SVT (Superior Vacuum Technology). Heinz kommer att ha hand om alla servicerutiner, driva reparationsbutiken och göra kundbesök.

Service av turbopumpar, heliumläcksökare m m

AIRVAC är ett företag som utför reparationer och serviceprogram för turbopumpar, heliumläcksökare och kryopumpar. Vidare finns ett omfattande sortiment av rekonditionerade vakuumpumpar och diverse komponenter. Nya turbomolekylära pumphsystem finns också att tillgå. För information kontakta:

Bill Nacklund, Div. AIRVAC
 tfn: 040-18 96 06 eller 040-18 59 80

Ny teknikvåg med mikrovågor

Översatt och bearbetad av Thomas Engstedt, Vacutec AB och Jan Svennebrink, IMC.

Vacutec kommer inom kort att presentera ett RTP-system som använder sig av mikrovågor, ett koncept som är utvecklat av IMC, Industriellt Mikroelektronik Centrum AB (f.d. IM, Institutet för mikroelektronik).

IMC har utvecklat ett "Rapid Thermal Processing System" ett sk RTP-system som utnyttjar mikrovågsenergi för uppvärmning av halvledarbrickor. Utrustningen kan användas för de flesta halvledarprocesser såsom CVD, etsning, dopämnensaktivering, silicidformering, tätning av spin-on-glas samt härdning av fotoresist och polyimid. Den första kommersiella versionen utvecklas i ett nära samarbete med Vacutec AB, Svedala.

Den traditionella uppvärmningsmetoden i reaktorer för enstaka skivor är att använda volfram/halogen-lampor. Mikrovågsvärmningen gör samma sak som halogenlamporna, men har många fördelar.

För det första, möjliggör mikrovågsvärmningen en "sann" kallväggsreaktor. Reaktorn är gjord av rostfritt stål med ett litet keramikfönster för mikrovågorna. Det finns inga stora kvartsfönster, vilket är vanligt i lampbaserade RTP system. Kammaren är också effektivt kyld, vilket ger låga ytemperaturer. Detta minimerar frigörandet av ytbundna föroreningar samt reducerar urgasning. Den goda kylningen möjliggör också mycket långa processtider (timmar).

För det andra värmer mikrovågorna skivan även inuti, vilket innebär mindre mekaniska spänningar på skivan vid snabba uppvärmningsförlöpp.

Plasmaetsning

De flesta av dagens system använder volfram/halogen lampor som värmekälla, med ett externt mikrovågsplasma för in-situ-rengöring eller etsning. Mikrovågsuppvärmda system använder samma energikälla även för in-situ plasmaetsning.

För att säkerställa låga kontaktresistanser inkluderas, i flesta processer, en dopning i HF följt av sköljning i avjoniserat vatten före metalldeponeringen. Detta görs för att ta bort den oxid som har bildats

under de kemiska rengöringsstegen. Några processer kräver en plasmaetsning för att få bort eventuella rester från tidigare processteg. Sputtrar för deponering av metaller använder därför en station där etsning sker med ett RF-plasma. Detta kan vara riktigt för via hål där det underliggande lagret är en aluminiumledare, som i de flesta fall är täckt med ett etsstoppande lager i form av en metallsilicid. Vid kontaktpunkter i övergångar kan nedslaget av energirika joner, skapa defekter och leda till överslag.

I ett mikrovågsplasma accelereras jonerna överhuvudtaget inte. Energin erhålles endast genom den flytande potentialen hos substratet, vilken är -20 V. Ett mikrovågsplasma utan bias på substratet etsar isotropiskt.

Tändningen av plasmat i kammaren, kan enkelt ske genom att man höjer trycket till ca 1 Torr, eftersom tändspänningen vid vilket överslag sker, har ett minimum mellan 1 och 10 Torr vid mikrovågsfrekvenser. Den minsta fältstyrkan som behövs är omkring 100 V/cm. Plasmadensiteten är som högst där det elektriska fältet är som starkast, vilket innebär att plasmaprofilen är likartad med uppvärmningsprofilen av skivan. I båda fallen har belastningen av fältet, med plasma eller resistivt material, en utjämnande effekt och därigenom undviks "hot-spots".

Etsningshastigheten är beroende av mikrovågseffekten och det partiella trycket hos etsgasen.

Mikrovågsvärmning

Kammaren är en cylindrisk mikrovågskavitet, som matas med mikrovågseffekt genom ett keramikfönster i botten av kammaren. Gaserna matas in genom ett "munstycke" i toppen av kammaren. Skivan stöds av tunna kvartsstavar i centrum av kaviteten. Kammarväggen är vattenkyld och skivans temperatur avläses med en IR-pyrometer. Reaktorn kan utrustas med in-situ processdiagnostik. Uppvärmningen av en kiselkiva med mikrovågor är resistiv och beroende av den magnetiska fältstyrkan. Resistiviteten hos odopat kisel varierar med temperaturen och är ca 0.02 ohm-cm vid

700 °C. En dopad kiselkiva med en resistivitet av 0.02 ohm-cm vid rumstemperatur kommer däremot att ha i stort sett samma resistivitet upp till 700 °C.

Mikrovågsgeneratoren arbetar på 2.45 GHz, den frekvens en vanlig mikrovågsgugn arbetar på. Med 1-2 kW mikrovågseffekt kan skivans temperatur regleras mellan rumstemperatur och 1150 °C.

Eftersom uppvärmning är resistiv av naturen, så kan isolatorer och semi-isolator, som GaAs, inte värmas upp direkt. I sådana fall kan skivan värmas indirekt genom användning av en lämplig susceptor.

Temperaturjämnhet och uppvärmningshastighet

Effekten som kopplas in på skivan är direkt proportionell mot det elektromagnetiska fältet i kammaren. Med de använda dimensionerna kan endast en svängningsmode, TE_{11} , uppträda. Genom att koppla in en polarisator i den inkommande vågledaren erhålles cirkulärsymmetrisk temperaturfördelning med en topp i centrum. Med detta arrangemang erhålles en temperaturvariation över en 4" skiva på $\pm 5^\circ\text{C}$ vid 1000°C , och mindre än hälften därav vid 500°C .

Uppvärmningshastigheten bestäms av effekten på mikrovågsaggregatet. Med ett 1-2 kW aggregat är en uppvärmningshastighet (ramp rate) av 50°C/s möjlig, vilket är inom området för RTP. Denna hastighet, likaväl som den maximala temperaturen, kan enkelt ökas med hjälp av ett större mikrovågsaggregat. Den praktiska gränsen är smältpunkten för den fritt hängande skivan.

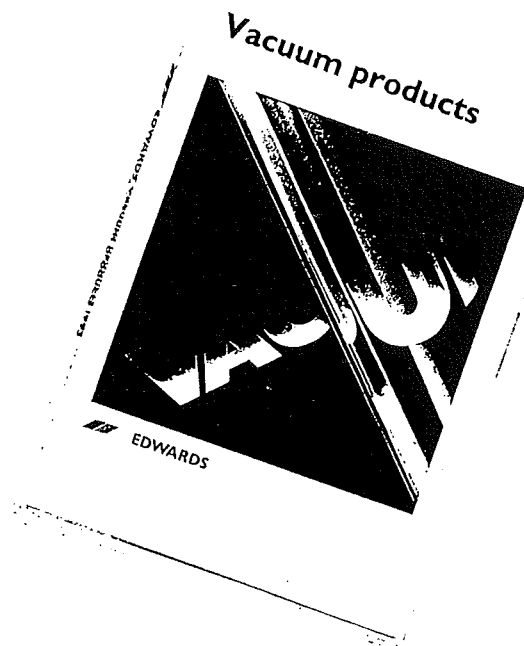
Det mikrovågsbaserade Vacutec 1550 RTP systemet, är ett forskningssystem med flexibel gasförsörjning med upp till 10 ingående gasledningar. Metallkammaren är dubbelväggig och kan vattenkylas så att den, till skillnad från lampuppvärmda system, kan användas under längre perioder (tex under CVD processer). Med en Roots blower och en 300 l/s turbopump är arbetstrycket i systemet 10^{-7} Torr.

Framtida processer

Nuvarande tillverkningsteknologi har inneburit en utveckling av system med flerkammarmoduler. Dessa system använder sig vanligen av robotverktyg för att flytta skivor mellan olika processmoduler i kontrollerad atmosfär. Nästa steg är utvecklingen av en in-situ multiprocesskammare som kan byta processmiljö och utföra olika processteg utan att skivan behöver flyttas. Den unika kombinationen av RTP, CVD och etsning i Vacutec 1550 system samt möjligheten till multisekvensiell processning öppnar nya möjligheter inom forskning och tillverkning.

Denna artikel var ursprungligen skriven på engelska av Rudolf Buchta och Dag Sigurd från IMC samt Peter Revell och Per Genberg från Vacutec AB.

Nya EDWARDS-katalogen har kommit!



266 sidor med *nyheter*
och
välkända, beprövade produkter

Faxa ditt namn och adress så får du katalogen med vändande post

TILLQUIST

Vakuumprodukter

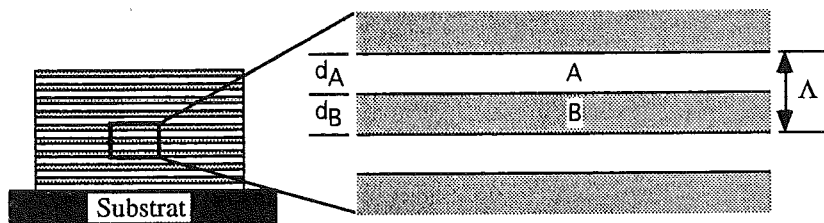
Box 1100, 164 22 KISTA, Tel 08-632 32 00, Fax 08-752 70 91

MULTILAGER, VAD ÄR DET?

av Peter Isberg, fysiska institutionen, Uppsala Universitet.

Material av olika slag har alltid varit betydelsefulla för den tekniska och historiska utvecklingen vilket benämningen av de historiska perioderna stenåldern, bronsåldern och järnåldern vittnar om. Somliga hävdar att vi för nuvarande lever i polymer eller kiselåldern, men detta ger en något missvisande bild av dagens materialvärld. I dagens läge är den teknologiska utvecklingen inom materialområdet så snabb att konventionella, massiva material inte når upp till de egenskaper som efterfrågas. En avancerad skiktteknologi har därför växt fram där ytan hos material omvandlas eller beläggs med en tunn film för att de önskade egenskaper skall erhållas. Fördelen med detta är inte bara att man optimerar, kombinerar eller skapar helt nya egenskaper hos systemet, utan att man kan använda exklusiva material som skiktmaterial på en liten materialåtgång. Detta är inte bara positivt ur ett ekonomiskt perspektiv utan också ur miljömässig synvinkel genom energi- och resursbesparingar.

En helt ny materialgrupp har dykt upp på senare år. Multilagerr, som gruppen kallas, består vanligtvis av två (eller fler) olika material som växelvis har lagts på varandra i form av tunna skikt upprepade gånger, se figur 1. Dessa artificiellt byggda strukturer uppvisar nya, intressanta egenskaper som inte observeras i konventionellt system. De teknologiska tillämpningarna finns inom t ex halvledare, sensorer, informationlagring, optik och slitstarka filmer.



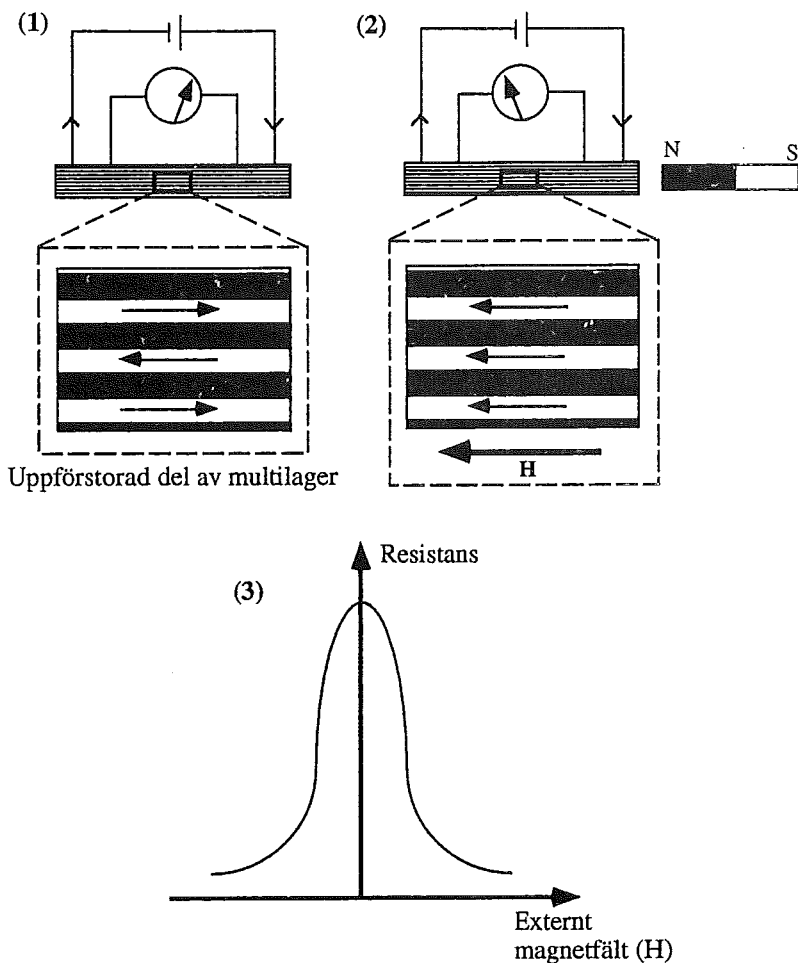
Figur 1. Schematisk översikt av ett multilager. Systemet består av ett substrat och två material, A och B, som ligger växelvis på varandra. Tjockleken hos A är d_A och B är d_B samt våglängden, Λ , är $d_A + d_B$.

De enskilda skikten i multilagren kan vara från atomära dimensioner (monolager) upp till tiotusentals monolager. Materialen i skikten kan bestå av i stort sett vilket material som helst, men idag används metaller, legeringar, halvledare och keramer. Dessa kan växas på olika sätt men de vanligaste metoderna idag är främst Molecular Beam Epitaxy (MBE), Sputtering och Chemical Vapor Deposition (CVD). MBE innebär att man i UHV förångar ämnet man vill belägga och exponerar ytan för de förångade atomerna och bygger därmed upp tunna skikt. Genom att förånga flera olika ämnen samtidigt kan man bilda legeringar och föreningar. Fördelen med MBE är att mycket tunna skikt kan byggas och att skikten kan växas mer eller mindre epitaxiellt d v s enkristallint. Nackdelen med MBE är att metoden är dyr och multilagren tar tid att växa. Sputtering innebär att en s k sputtergas (vanligtvis en ädelgas som argon, neon) joniseras i ett högt elektriskt fält och accelereras mot s k targets bestående av de ämnen man vill belägga. Jonerna träffar targeten och slår loss atomer som bygger upp tunna skikt på ett substrat. Sputtering kan även ske reaktivt d v s att man sputtrar i en kontrollerad atmosfär med t ex syre för att bygga upp tunna oxidfilmer. Fördelen med sputtering är att metoden är relativt snabb och billig och i stort sett vilka material som helst (även molekyler) kan sputtras. Nackdelen är att skikten är svårare att bygga upp epitaxiellt, vilket kan vara viktigt i vissa applikationer. CVD innebär att de ämnen som skall deponeras som skikt introduceras i gasform tillsammans med andra gaser i en belägningskammare. På ytan av ett uppvärmt substrat sker sedan kemiska reaktioner mellan de gasformiga reaktanterna varvid skikt bildas. Vid deponering av t ex kisel introduceras gasen SiH_4 som reagerar med syrgas varvid det bildas vatten i gasform och rent kisel på materialet. Fördelen med CVD är att komplicerade geometrier kan beläggas och att det är relativt billig metod. Nackdelen är att många ämnen är svåra att erhålla i gasform, reaktionerna är komplicerade och svåra att styra samt att det tar tid att bygga upp en multilagerstruktur. (Se utförligare artikel om CVD i nr 56 maj 1993)

Vad kan dessa multilager användas till? Som tidigare nämnt finns det potentiella användningsområden för dessa strukturer inom halvledarindustrin och informationsteknologin, dels som sensorer och avläsare, dels som lagringsmedia. Ett stort användningsområde är inom optiken för t ex röntgenspeglar (och kanske i framtiden röntgenlaser). Multilager kan användas i tribologiska (nötningbeständiga) system med mycket hög prestanda. För att reda upp begreppen skall vi beskriva hur multilagren kan användas inom dessa områden och varför.

Metalliska magnetiska multilager består oftast av en ferromagnetisk metall (järn, kobolt, nickel eller en sällsynt jordartsmetall) och en icke ferromagnetisk metall (s k spacer eller mellanskikt). I dessa system har bl a magnetostriktion (längdförändring i närvaro av ett magnetiskt fält), GMR (Giant Magnetoresistance) och kontrollerbar variation av ordningstemperaturen (Curietemperaturen) och magnetiseringsriktningar observerats. Bland dessa egenskaper anses GMR den viktigaste. Magnetoresistans innebär att resistansen ändras i närvaro av ett externt magnetfält. Elektrisk ström består av elektroner som har spinn som bara kan existera i kvanttillstånden, "upp" eller "ner". När en ström passerar genom ett magnetiskt material måste spinnen linjeräs upp i magnetiseringsriktningen, annars kan inte elektronerna passera materialet. Detta innebär att ett antal elektroner "reflekteras" på gränsskiktet av det magnetiska materialet, och därmed ökar resistansen. De magnetiska skikten växelverkar över mellanskikten. Denna växelverkan beror på avståndet mellan de magnetiska skikten. Magnetiseringsriktningarna i de magnetiska skikten ordnas därför ferromagnetiskt eller antiferromagnetiskt i förhållande till varandra, beroende på mellanskiktets tjocklek. Om elektronerna skall passera genom ett multilager med antiferromagnetisk ordning innebär detta att spinnen hos elektronerna måste byta riktning upprepade gånger när de passerar genom multilagret. Ett externt magnetiskt fält kan vända magnetiseringsriktningarna i ett antiferromagnetiskt ordnat multilager så att det blir ferromagnetiskt ordnat, vilket ger en resistansförändring (se figur 2). Denna resistansförändring kan vara upp till 50 % (därav giant!) medan i t ex permalloy, som används som kommersiellt läshuvud idag, är ändringen bara ett fåtal procent. Ett multilager som uppvisar denna egenskap kan t ex användas som sensorer, avläsare för disketter och all övrig magnetisk lagringsmedia. Fördelen är att utsignalen är mycket hög jämfört med bruset vilket leder till en säker och mycket snabbare avläsning.

Vidare kan man använda magnetiska multilager till lagringsmedia med mycket hög lagringsdensitet. Magnetooptiska lagringsmedia fungerar på ett sådant sätt att polariserat ljus (t ex från en laser) vridet polariseringsplanet efter att reflekterats från ett magnetiskt medium (s k Kerreffekt). Storleken hos vridningen beror bl a på riktningen på magnetiseringen i förhållande till riktningen på ljuset. Då magnetiseringsriktningen är vinkelrätt mot planet erhålls den största effekten. T ex genom att använda en terbium-järn legering med en stor Kerreffekt och växelvis växa denna legering med ett transparent material, som kiseloxid (SiO_2), i en multilagersstruktur ökar Kerreffekten från 0.1° till 10° ! Till detta bör nämnas att en hel industri inom informationslagring och liknade, grundar sig på en Kerreffekt av ca 0.4° .



Figur 2. Pilarna i multilagret visar magnetiseringsriktningarna i de magnetiska skikten. En ström leds igenom ett antiferromagnetiskt ordnat multilager (magnetiseringsriktningarna är riktade växelvis åt olika håll) och spänningen mäts (1). När man applicerar ett externt magnetfält (med hjälp av en stavmagnet i detta fall) över multilagret ordnas de magnetiska skikten ferromagnetiskt (magnetiseringsriktningarna är riktade åt samma håll) och spänningen (resistansen) minskar (2). (3) visar hur resistansen varierar med den pålagda magnetiska fältstyrkan.

Multilager finner också tillämpningar inom optiken, speciellt då inom mjukröntgenområdet. Genom att växa ett multilager bestående av ett material med högt respektive ett lågt atomnummer med skiktjocklekar i närheten av våglängden för ultraviolett (UV)-mjukröntgen, har man lyckats bygga röntgenspeglar som reflekterar ca 1000 ggr bättre jämfört med massiva material. I reella siffror innebär det att cirka 50 % av strålningen reflekteras. Multilager används som reflektorer på röntgenteleskop för satelliter. Detta har ökat prestandan hos teleskopen och reducerat tillverkningskostnaderna av reflektormaterialet till en tiondel. Optiska multilager kan även användas i synkrotronljusringar, monokromatorer (röntgen-UV), inom biologin, mikroelektronik och röntgen-instrumentation.

Man kan också växa olika multilager med keramer. Genom att växa t ex NbN och TiN växelvis på varandra har man erhållit multilager med en dubbelt så stor hårdhet som för respektive ingående komponent. Detta kan ha många orsaker, men genom att det uppstår spänningar i mellanskikten där materialen "möts" får dislokationer (defekter i kristallstrukturen) svårt att skapas och röra sig i multilagret. Dessa dislokationer är orsaken till att ett material kan deformeras plastiskt d v s bestående. Detta är ett exempel på tribologiska multilager där namnet antyder deras höga motståndskraft mot nötning och förslitning. Tribologiska multilager kan få en viktig roll som nötningsbeständiga ytbeläggningar på borrar och skärverktyg etc.

Multilager har alltså många och intressanta egenskaper som kan leda till teknologiska framsteg inom många områden. Det är främst inom UV-mjukröntgenoptiken multilagren användas idag men snara, framtida genombrott bör ske inom många områden. Det är dock viktigt att påpeka att trots att multilager visat sig passa i många applikationer i laboratorieskala är det en bit kvar tills en kommersialisering kan ske (förutom vad gäller informationslagring där utvecklingen hunnit relativt långt). Eftersom variationsmöjligheterna är närmast oändligt många finns det mycket forskning kvar att utföra och förmodligen kommer en rad nya egenskaper att upptäckas.

Aktuella adresser till Styrelsen.

Ordförande.

Lars Westerberg, The Svedberg Laboratoriet, Box 533, 751 21 Uppsala
Tel. 018-183060

Vice ordförande

Ulf Karlsson, Materialfysik, KTH, 100 44 Stockholm
Tel. vx 08 - 790 6000, Fax: 08 - 249131

Skattmästare.

Leif Thånell, MAX-lab, Box 118, 221 00 Lund
Tel. 046-107691

Sekreterare

Anders Nilsson, Uppsala Universitet, Fysikum,
Box 530, 751 21 Uppsala.

Företagsrepresentant

Jan Josefsson, Tillquist, Box 1200, 164 28 Kista.
Tel. 08-7500500
00513

Ledamöter

Roland Jacobsson, Spectrogon AB, Box 2976, 183 02 Täby
Tel. 08-7680980

Kenneth Joelsson, Fisons Instrument Nordic AB, Box 1211
171 23 Solna
Tel. 08-7300295

Jan-Eric Sundgren, IFM, LiTH, 58183 Linköping
Tel. 013-281277

Redaktör

Björgvin Hjörvarsson, Uppsala Universitet, Fysikum,
Box 530, 751 21 Uppsala.
Tel. 018-183589, Fax 018-183524

På redaktionen

Fredrik Stillesjö, Uppsala Universitet, Fysikum,
Box 530, 751 21 Uppsala.
Tel. 018-183596, Fax 018-183524

Från Redaktionen.

Dead-line för Vakuum Nytt nr 58 är 1:e dec 1993 !!

Tips om artiklar, önskemål om artiklar mm mottages tacksamt. Även nyheter om olika aktiviteter, nya företag etc. Eftersom tidningen bearbetas med hjälp av dator, är det mycket tacksamt om material kommer på diskett. Format är inte viktigt, PC eller Mac. Specifiera format och vi ordnar resten. Sänd även hårdkopia (papper) för att försäkra Er mot förluster i texten.

Allt material till tidningen skickas till:

Vakuumnytt
Björgvin Hjörvarsson
Fysiska Institutionen, Box 530,
751 21 Uppsala.
Tel. 018-183589
Fax. 018-183524

Hjälp till !!!!

När tidningen alla som arbetar med vakuum ? Om inte, kan DU hjälpa till med att sprida information om Svenska Vakuumsällskapet. Berätta för dina kamrater om Vakuumsällskapet. Att bli medlem är enkelt, sätt in 50 kr på postgironummer 88 00 43-5, MEN SKRIV DITT NAMN, ADRESS och TELEFONNUMMER på postgirosedeln. Alternativt kan förtryckta inbetalningskort erhållas ifrån redaktionen.

Björgvin Hjörvarsson och Fredrik Stillesjö.

Denna sida är inte heller tom!

