

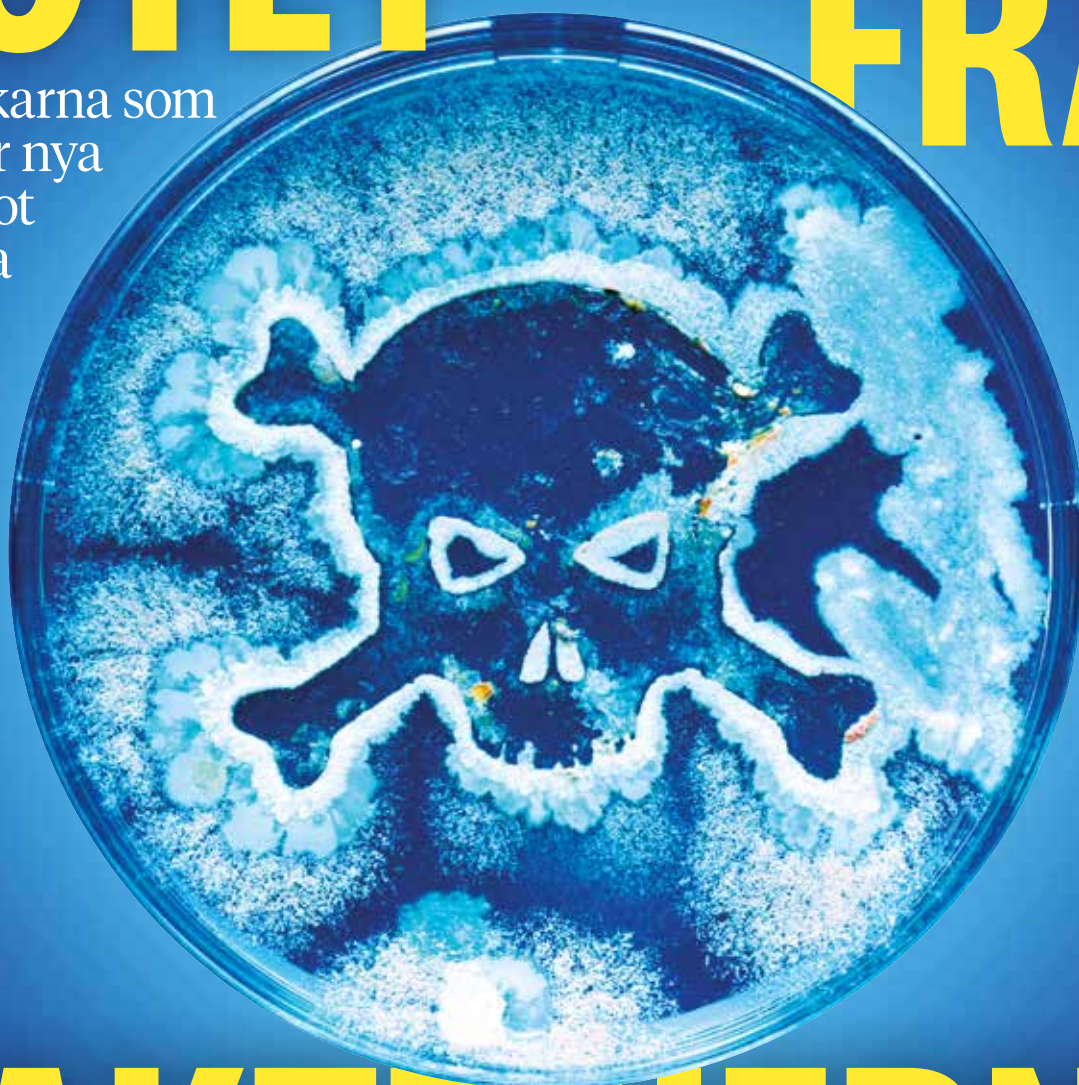
Grattis! Kemisamfundet fyller 140 år

Kemisk tidsskrift

N^o4
2023

HOTET FRÅN

Möt forskarna som
letar efter nya
vapen mot
resistenta
bakterier



BAKTERIERNA

+ Proteinskördarna / Nobelpris till kvantprickar / Kemifabrikerna i rymden



i make the difference

The i-volution in HPLC analysis continues

The advanced i-Series of compact (U)HPLC systems has evolved to include Analytical Intelligence in the Prominence-i HPLC and Nexera-i UHPLC systems.

The products combine high-speed analysis, simplified method transfer, automated sample pre-treatment, minimized environmental impact and easy maintenance with the flexibility of working remotely. They are ideally suited for applications in pharmaceutical, chemical and food industries.

Significantly improved analytical productivity through automation and remote control, resulting in increased efficiency and a reduced risk of human error.

Analytical Intelligence

integrates smart automation and utilizes advanced technology such as M2M and IOT to facilitate main-tenance, simplify lab management and ensure consistently reliable results

Flexible software control

by Shimadzu LabSolutions LC/GC, LC-MS or DB/CS for full FDA 21 CFR Part 11 compliance. Software packages from other vendors are also supported



www.shimadzu.eu/i-make-the-difference



**ANALYTICAL
INTELLIGENCE**

The Analytical Intelligence logo is a trademark of Shimadzu Corporation.

Signaler

- [6](#) "Vi har visat att vi kan göra nytta". Genvägen som snabbar på organisk syntes.
- [7](#) Jari Kinaret om tio år med EU:s satsning på grafen.
- [8](#) Proteinradikal bygger dna.
- [9](#) Urtida rna återskapat med modern teknik. Nobelpris till arbete med mrna.
- [10](#) Nobelpris i kemi: Trio satte färg på nanotekniken.
- [12](#) Sen översyn av EU:s kemikalielag. Uppåt för svensk life science.

Krönika

- [13](#) Henrik Ottosson: Kemisk design kontra grundforskning.

Kampen mot bakterier

- [14](#) Möt forskarna som utvecklar nya vapen mot bakterier som blivit resistenta.

Kemisamfundet 140 år

- [20](#) Samfundet grundades i Stockholm 1883.

Proteinfabriken

- [22](#) I en ny svensk satsning ska proteiner tillverkas åt alla Sveriges forskare.

Astrokemi

- [28](#) Svenska forskare undersöker hur rymdstoft bildas.

Film- och lästips

- [30](#) Cellens inre i 3D.
- [31](#) Fortidens kemi.

Karriär

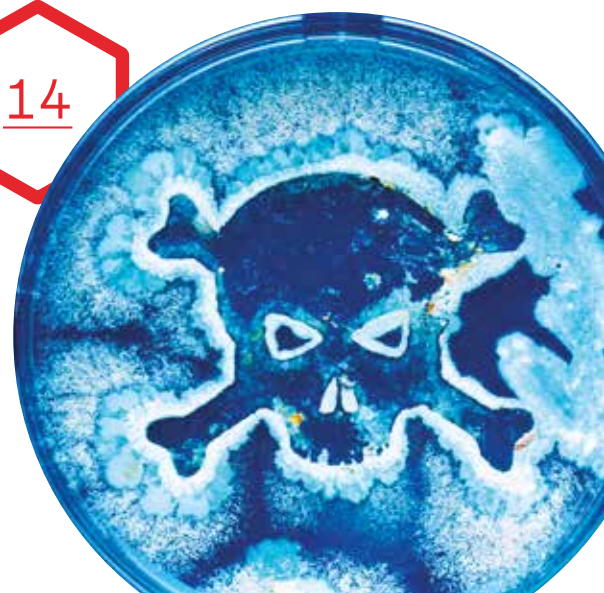
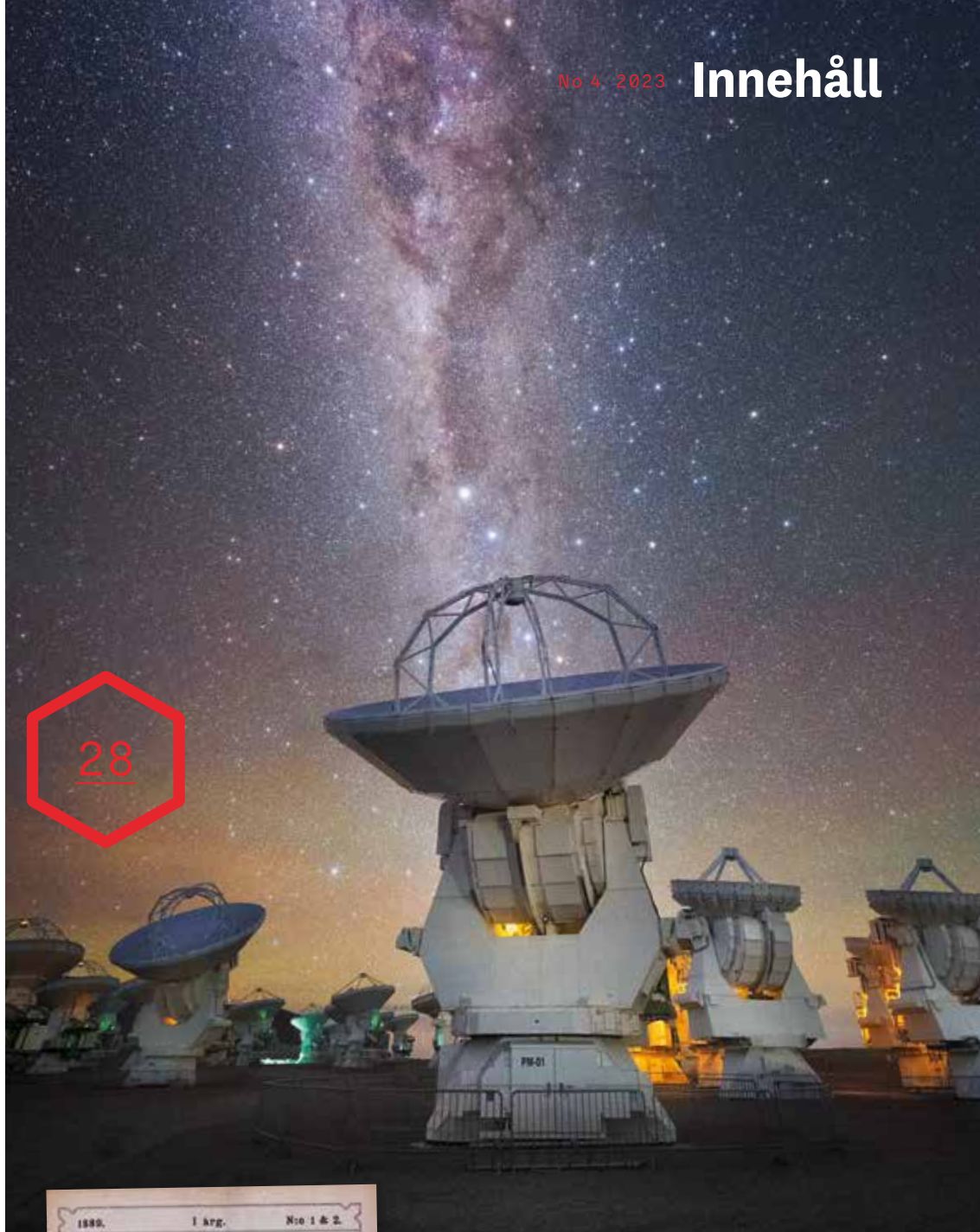
- [32](#) Syntesmästarna.
- [33](#) Avhandlingen: Svampar renar industrivatten.

Till sist

- [34](#) Märkt av sitt arbete.

Medlemssidan

- [35](#) Unik geologi på Utö.



På spaning efter eremitjonen

För 20 år sedan lämnade kemin vid Uppsala universitet lokalerna i kvarteret Kemikum. Jag var då aktiv i styrelsen för Kemiska sällskapet i Uppsala, och det föll på mig att säkra sällskapets arkiv som förvarades i ett källarförråd. Sedan flytten har tre stora kartonger och en metallkista stått på en hylla i väntan på genomgång, och en grävspade som sällskapet fick i 50-årspresent av Kemiska föreningen i Lund har bott i ett hörn av mitt kontor.

Nu är kartongerna öppnade och genomgången påbörjad. Förutom pärmar från de flesta av sällskapets första 85 verksamhetsår samt den protokollsbok som påbörjades 1927, hittade jag bland annat matrikelkort och revisionbok från en föregångarförening som var aktiv under sent 1800-tal. Där fanns också en bunt Kemiska Sottiser, en frysad trycksak från 1898. Kemiironi med lokal prägel, roligt (eller inte), för de som var med då och visste vilka händelser och personer som omskrevs (Kemiamfundets tidskrift hette till en början Kemiska Notiser). Någonstans i lådorna bör det även finnas några årgångar av Kemisk Tidskrift. Artikeln om eremitjonen från 1925 är den som fått längst liv, kanske för att den inte är lika tidsbunden som mycket övrigt. Vad ska hända med arkivet? Jag vet inte, bara att det inte finns fysisk plats för fyra stora lådor. Och funderar på att det var tur att arkivet var fysiskt när Kemiikum tömdes. De datorer vi hade då är sedan länge skrotade. De cd-skivor med hemskannade dokument som vi eventuellt brände för backup har sällan en innehållsetikettering som en utomstående förstår ens efter några få år. Och hade vi i dag kunnat läsa skivorna ens om vi visste att det fanns intressanta saker på dem? Jag hoppas att det än så länge i allra högsta grad existerande arkivet kan tas omhand, så att den föreningsverksamhet som har bedrivits under kemins paraply i mer än 150 år inte glöms.

Ett sätt att skapa minnen och förankra dem bakåt är återkommande fester, storhelger, jubileer och utmärkelser. I november firar vi Kemiamfundet, som bildades för 140 år sedan. Vi delar bland annat ut Arrhenius-plaketten, som är en av Samfundets utmärkelser. I december finns både Nobelveckan och en rad helger att fira.

Nu går 2023 snart in bland de fina minnena och vi ser fram emot ett strålande 2024!

Helena Grennberg är ordförande i Svenska Kemiamfundet och professor i kemi vid Uppsala universitet.



Boken med protokoll från 1927 till 1951.



Respons:
helena.grennberg@kemi.uu.se



ges ut av Svenska Kemiamfundet med 4 nr/år. Det första numret kom 1887.

Adress:

Kemisk Tidskrift
Svenska Kemiamfundet
Box 55915
102 16 Stockholm
www.kemiamfundet.se

Chefredaktör:

Siv Engelmark,
Vetenskapsmedia,
siv.engelmark@vetenskapsmedia.se,
070-560 02 14

Ansvarig utgivare:

Joakim Andreasson,
Kemiamfundet,
a-son@chalmers.se,
031-772 28 38

Grafisk form:

Jesper Möller, ci.se

Språkgranskning:

Lili Guggenheimer

Annons och prenumeration:

agnes.rinaldo-matthis@kemiamfundet.se,
070-207 48 99

Produktion:

Vetenskapsmedia i Sverige AB
Skeppsbron 34
111 30 Stockholm
anders.svensson@vetenskapsmedia.se,
076-868 58 24

Redaktionsråd:

Ulla Nyman, ordförande; Joakim Andreasson, Chalmers; Leif Jönsson, Umeå universitet; Philipp Klahn, Göteborgs universitet; Anna Kärrman, Örebro universitet; Gunnar Lidén, Lunds universitet; Erika Lindbom Sierakowiak, Svenska Kemiamfundet; Agnes Rinaldo-Matthis, Svenska Kemiamfundet; Lars Nilsson, Lunds universitet; Oleg Pajalic, Chalmers och Perstorp; Tom Willhammar, Stockholms universitet.

Omslag: Istockphoto.

Tryck: Pipeline Nordic.

Upplaga: 2 500.

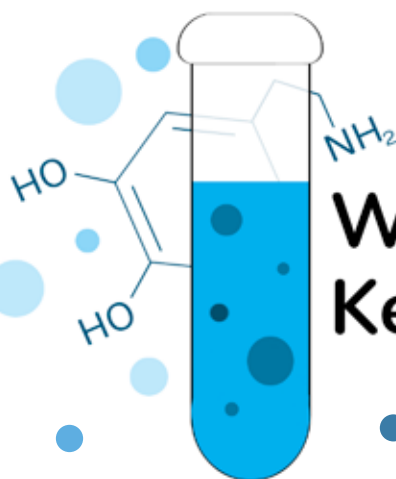
Kemisk Tidskrift är medlems-tidning för Svenska Kemiamfundet. Följ @kemiamfundet på Facebook, Twitter och Instagram.

 Vetenskapsmedia

 SVENSKA KEMIAMFUNDET
The Swedish Chemical Society

NYHET

År 2024 delas Wallenbergs kemipris ut för första gången



Wallenbergs Kemipris

Stiftelsen Marcus och Amalia Wallenbergs Minnesfond sponsrar Wallenbergs kemipris som delas ut av Svenska Kemisamfundet. Priset ska utgöra en del av den svenska uttagningen till den nordiska och den internationella Kemiolympiaden, och skapa förutsättningar för en breddtävling i kemi och delas ut till bästa skollag, till elever samt till kemiinstitutionerna.

Priset kommer att delas ut varje år under fem år, med start våren 2024.

Läs mer på kemisamfundet.se/wallenbergs-kemipris/

Signaler



Revideringen av Reach skjuts på framtiden.

inte kommer någon revidering nu. Om man utgår från att sakfrågorna ändå finns kvar i luften innebär detta att vi fortsatt svävar i osäkerhet om hur revideringen kommer att bli, säger Kristina Neimert Carne vid Ikem, Innovations- och kemiindustrierna.

Reach står för registrering, utvärdering, godkännande och begränsning av kemikalier, och omfattar alla kemikalier som tillverkas och används i EU. Kemikalier som säljs och används inom EU ska vara säkra, oavsett om de är framställda här eller importeras hit. Och det är företagen som ska bevisa detta.

DEN NUVARANDE lagstiftningen har brister. Bland annat säger den inget om blandningseffekter, och inte tillräckligt om riskbedömning av ämnen som används i små volymer. Och vissa tillstånds- och begränsningsprocesser har varit tids- och resurskrävande för företag och myndigheter.

– Det finns stora behov av att effektivisera och förenkla så att man på bättre sätt kan uppnå den

skyddsnivå man vill ha. Vi vill komma till punkt så att vi kan planera framåt och utveckla ny kemi. Inget av detta kan man sätta igång med när man inte vet hur regelverket ser ut, säger Kristina Neimert Carne.

Enligt Heléne Fritzon (S), som är ledamot i miljö- och klimatutskottet i EU-parlamentet, blir revisionen nu en fråga för nästa kommission och parlament.

– Jag är djupt besviken och frustrerad över att kommissionen inte håller sitt löfte och att revisionen skjuts på framtiden. Det är en del av EU:s gröna giv och en revision är avgörande för att nå flera av våra miljömål. Det kommer därför att bli en fråga för EU-valet i juni nästa år, säger hon. ◊

Ingen ändring i kemikalielagen

EU:s kemikalielag skulle ses över. Men det blir inte som utlovat denna mandatperiod.

EU:S KEMIKALIELAGSTIFTNING Reach trädde i kraft 2007 och ska revideras. Ett förslag till en reviderad lag skulle ha lagts fram redan för ett år sedan, men tidpunkten har senare lagts flera gånger.

Nu svarar EU-kommissionens presstjänst att det inte

kommer något förslag alls. I juni nästa år hålls val till parlamentet och därefter väntar ett nytt parlament och en ny kommission. Det finns helt enkelt inte tid för de förhandlingar som skulle krävas för att kunna fatta ett beslut.

– Det är inte alls bra att det

Uppåt i svensk life science

Svensk life science-sektor växer. Det visar färsk statistik från Vinnova som undersökt sektorn på uppdrag av regeringen. Antalet företag har nästan fördubblats från 2009 till 2021 och är nu över 3700. Över 3000 av dessa är dock enmans- eller mikroföretag, men även de små och medelstora företagen har blivit fler och är nu drygt 600. Företagen med 250 eller fler anställda var dock lika många 2021 som 2009 – 28 stycken.

De anställda har under perioden blivit något fler. Mest har de ökat i de mellanstora företagen, medan de har blivit något färre i de stora.

Även ekonomin har totalt sett blivit bättre. Omsättningen närmar sig totalt 400 miljarder kronor och det är de stora företagen som ökar mest. Från 2017 stiger kurvan som visar deras omsättning brant.

I rapporten tittar Vinnova också på kompetensförsörjningen. Andelen forskarutbildade bland de anställda har ökat något de senaste tio åren och närmar sig tio procent. De som doktorerar i något av de ämnen som här kallas life science-relaterade på svenska lärosäten, var ungefär lika många 2022 och 2011, drygt 4000, men andelen kvinnor ökar.

65 000

FORSKNINGSPUBLIKATIONER

levererade svenska lärosäten 2022. Det är omkring 4 000 färre än 2021, visar ny statistik från Universitetskanslersämbetet. Mest minskade antalet publikationer i teknik.

Tio år med EU:s jättesatsning på grafen

2013 drog EU:s jätteprojekt om supermaterialer grafen – bara ett lager kolatomer tjockt, starkt, lätt, böjligt och ledande – igång. Målen var att satsningen skulle ge nya tillämpningar, företag och jobb. Nu firar projektet, som har letts av fysikprofessor Jari Kinaret på Chalmers, tio år. Har ni lyckats nå målen?

– Ja. Det har vi nog. I den senaste sammanställningen kunde vi räkna in 106 kommersiella produkter, 83 beviljade patent och 18 nya spinoff-företag, som sprungit ur projektet. Vi hade publicerat över 5 300 vetenskapliga artiklar, som citerats mer än 275 000 gånger.

– Vi har inte kommit så långt som vi trodde inom grafenbaserad digital elektronik, men har utvecklat digital elektronik baserad på andra tvådimensionella material. Vi har inte heller fått fram utlovade material för batterier som får dem att ladda snabbare, men har utvecklat batteriteknik som har högre energiinnehåll och effekt än konkurrerande.

Vilka är de vetenskapliga frågor ni jobbat med?

– Det är en bredd av områden inom grundläggande materialvetenskap. Ett område som har kommit starkt är tvådimensionella material i parallella lager på varandra, med en liten vridning mellan lagren, där storleken på vridningen visat sig ha stor betydelse för egenskaperna – två lager grafen blir supraledande om den är en grad. Några av våra kemister har beskrivit sådana material som en ny forskningsriktning för fysikalisk kemi.

Vad har varit de stora svårigheterna?

– De innehållsmässiga utmaningarna har varit i synnerhet inom elektronik. Gapet mellan vad man kan göra i ett labb och sälja på gatan till konsumenter är stort. Doktorander kan tillverka komponenter som har så bra prestanda att de kan publicera i Nature eller Science, men som är ointressanta ur kommersiell synvinkel.

Kan du ge exempel på produkter som har utvecklats inom projektet?

– Kompositmaterial med grafen för komponenter i bilar och i rörledningar för naturgas eller olja, med bättre mekaniska egenskaper och brandhårdighet än dagens.

– Olika multifunktionella kompositmaterial som kan rena dricksvatten eller luft. Ett luftreningsfilter som består av ett grafenbaserat lätt, ledande, skum testas just nu i Lufthansas testplan. När man lägger en spänning över materialet så hettas det på millisekunder upp till 500 grader och dödar mikrober.

Inom vilka områden finns den största potentialen för grafen i framtiden?

– På kort sikt olika kompositmaterial, elektroder i litiumjonbatterier. Lite längre fram finns stora möjligheter inom fotonik, informationsöverföring och biomedicin. ◦



Jari Kinaret

är professor i fysik. I oktober blev han chef för EU-programmet Chips joint undertaking i Bryssel. Uppdraget är att stödja europeisk halvledarindustri och stärka halvledarekosystemet inom EU.



Proteinradikal bygger dna

Forskare vid Stockholms universitet har i ett internationellt samarbete lyckats visa nya detaljer om hur dna bildas. De har studerat proteinet ribonukleotidreduktas, som tillverkar byggstenarna till dna. För att kunna utföra reaktionen modifieras proteinet till en radikal.

Radikaler – kemiska föreningar med en oparad elektron – är mest kända för att vara reaktiva och kunna skada kroppens celler. Men kroppen kan också använda dem för att utföra svåra kemiska reaktioner, som för att tillverka byggstenarna till dna.

Nu har forskarna lyckats visa radikalens struktur. Utifrån den ska de utreda hur proteinet både kan skydda radikalformen och mobilisera den när den ska användas.

– Rent kemiskt är det häftigt att förstå hur det går till. Naturen har tämjtt radikalen så cellen skyddas från skadliga reaktioner, säger Martin Högbom, professor vid Stockholms universitet, som har lett försöken.

Experimenten har gjorts vid röntgenlaseranläggningen LCLS i Stanford.

– Infrastrukturer-na är forskningsprojekt i sig. Det är häftigt att vi fick allt att lyckas samtidigt. Experimentet är på gränsen till vad man klarar av. ◦

En av proteinets aminosyror – tyrosin – modifieras för att hålla radikalformen. Strukturerna (rosa) visar hur den ser ut i radikalform, jämfört med ursprungsformen (grå).

Protein-kristallen exploderar men före det fångas dess spridningsmönster. Utifrån det kan proteinradikalens struktur kartläggas.

Snabba och intensiva pulser från en röntgenlaser

Protein-kristaller



Den tasmanska tigern är mer släkt med kängurur än med tigrar. Det sista kända levande exemplaret dog 1936 på en djurpark i Tasmanien.

Urtida rna återskapas med ny teknik

Svenska forskare har isolerat och sekvenserat rna från en utdöd art.

DEN TASMANSKA TIGERN, även känd som pungvarg, var inget kattdjur, utan ett köttätande pungdjur, som levde i Australien fram till européerna koloniserade kontinenten och utrotade djuret.

Nu har en grupp forskare vid Science for life laboratory och Centrum för paleogenetik

lyckats återskapa rna från ett mer än hundra år gammalt exemplar av djuret, som fanns i samlingarna på Naturhistoriska riksmuseet i Stockholm.

– Vi har visat att det går att göra. Det öppnar för framtida studier av utdöda och nu levande djur, säger Love Dalén, som är professor i evolutionär

genomik vid Stockholms universitet och Centrum för paleogenetik, som är ett samarbete mellan Naturhistoriska riksmuseet och Stockholms universitet.

Forskarna utgick från små bitar av det torkade djurets hud och muskler, löste upp dem och renade fram rna. Det kopierades sedan med PCR-metoden och omvandlades till dna, som därefter kunde sekvenseras med vanliga metoder.

– Vi hittade några gener och ett antal delar av det rna som reglerar vilka gener som ska vara aktiva i en cell.

Rna styr vilka proteiner som bildas i olika celler och vävnader och resultatet har därför betydelse för det arbete som pågår med att återuppliva utdöda arter. Det amerikanska företaget Colossal – i vars vetenskapliga råd Love Dalén ingår – planerar att återskapa mammut, pungvarg och dront, genom att ändra arvs-

massa i en närbesläktad art. Men för att återskapa exempelvis en tasmansk tiger krävs kunskaper om vilka gener som gör en tasmansk tiger till just en tasmansk tiger, vilket man får genom att studera dess rna. Love Dalén understryker dock att det inte varit syftet med den aktuella studien.

Resultaten – som har publicerats i tidskriften Genome research – öppnar också för nya möjligheter att utforska rna-molekyler i de enorma samlingar som finns på museer världen över. Det kan till exempel vara virus-rna som finns bevarat i fåglar.

– Spanska sjukan kom i vågor men vi vet inte om det var olika varianter av viruset som svepte över världen. Virusets rna kan öka våra kunskaper om hur pandemier fungerar, säger Love Dalén. ◦

Nobelpris till arbete bakom mrna-vaccin

De mrna-vacciner som togs fram mot covid-19 under pandemin räddade tusentals liv. Årets Nobelpris i fysiologi eller medicin går till forskarna bakom de upptäckter som var avgörande för att vaccinet kunde utvecklas.

Vaccinet består av mrna som innehåller den genetiska koden för spikproteinet på coronavirusets yta. När det kommer in i cellerna läser ribosomerna av koden och tillverkar proteinet som triggar immunförsvaret. När viruset sedan dyker upp igen känner kroppen igen och kan bekämpa det.

Nobelpristagarna – biokemisten Katalin Karikó och immunologen Drew Weissman, som båda är professorer vid University of Pennsylvania i USA – framställde olika varianter av mrna genom att modifiera baserna som bygger upp molekylen. När de levererade dessa till immunceller minskade de inflammatoriska reaktioner som dittills omöjliggjort användningen av mrna som vaccin. Denna upptäckt publicerades 2005. Forskarna har senare visat att modifierat mrna också ökar proteinproduktionen.

3,1

MILJARDER DOLLAR

motsvarande cirka 34 miljarder kronor, bjuder instrumenttillverkaren Thermo Fisher för Uppsala-bolaget Olink, som tar fram teknik för proteinanalys. Affären väntas bli klar sommaren 2024.

Trio satte färg på nanotekniken



mov lyckades dock i början av 1980-talet – oberoende av varandra – skapa de nanometersmå kvantprickarna.

Alexej Jekimov arbetade på S. I. Vavilovs statliga optiska institut i dåvarande Sovjetunionen med att kartlägga färgat glas. Han belyste glaset med ljus och mätte vilka våglängder som absorberades. På så sätt kunde han bland annat se hur välordnad kristallstrukturen var. I en serie experiment tillverkade han glas dopat med salt av kopparklorid. Han värmdde glasmassan till olika temperaturer under olika lång tid. När glaset hade stelnat skickade han röntgenstrålar genom det. Spridningen på strålarna avslöjade att det hade bildats minimala kristaller av kopparklorid inuti glaset, och att tillverkningsprocessen påverkade hur stora partiklarna blev. I vissa av glaset var de bara runt 2 nanometer, i andra upp mot 30 nanometer.

Det intressanta var att glasets absorption visade sig påverkas av partiklarnas storlek. Ju mindre partiklarna var, desto blåare blev ljuset som de absorberade. Alexej Jekimov insåg att han hade observerat en storleksberoende kvanteffekt. Detta var första gången som någon på ett medvetet sätt lyckades framställa kvantprickar. 1981 publicerade Alexej Jekimov sin upptäckt i en sovjetisk vetenskaplig tidskrift, men publikationen nådde inte forskare i väst.

LOUIS BRUS KUNDE något år senare påvisa storleksberoende kvanteffekter hos partiklar som svävade i en vätska. Han arbetade vid Bell laboratories i USA med det långsiktiga målet att kunna få kemiska reaktioner att ske med hjälp av solenergi. För att åstadkomma detta använde han partiklar av kadmiumsulfid, som kan fånga in ljus och sedan utnyttja energin för att driva reaktioner.

Partiklarna var i lösning och Brus gjorde dem väldigt små, för att på så sätt få en större yta på vilken de kemiska reaktionerna kunde ske. Under arbetet märkte Brus att partiklarnas optiska egenskaper ändrades när han hade lämnat dem framme på labbänken ett tag. Han anade att det kunde bero på att partiklarna hade vuxit i storlek. För att bekräfta sina misstankar tillverkade han kadmiumsulfidpartiklar som endast

Nobelpristagarna i kemi 2023 är pionjärer inom nanotekniken. De har upptäckt och med kemiska metoder lyckats framställa nanometerstora partiklar – [KVANTPRICKAR](#).



RETS NOBELPRISTAGARE rör sig i gränsområdet mellan fysik och kemi. Mounji G. Bawendi, Louis E. Brus och Alexej I. Jekimov får Nobelpriset i kemi 2023 ”för upptäckt och syntes av kvantprickar”.

– Upptäckten har haft stor betydelse för utvecklingen av nanovetenskapen. Och det var kemiska metoder som gjorde upptäckten möjlig och gör att kvantprickarna kan tillverkas, modifieras och utvecklas till olika tillämpningar, säger Heiner Linke, som är professor vid Lunds universitet och ledamot i Nobelkommittén för kemi.

KVANTPRICKAR ÄR BARA några få nanometer i diameter. När partiklarna är så små får de helt andra egenskaper än om de vore större. Det beror på så kallade kvantfenomen. Fysiker har länge känt till att dessa fenomen kan uppstå i nanopartiklar, men att få fram så små partiklar med tillräckligt hög kvalitet ansågs länge vara näst intill omöjligt. Louis Brus och Alexej Jeki-

var någon nanometer i diameter. Sedan jämförde han de optiska egenskaperna hos dessa partiklar med de som hade fått stå framme och växa till sig. De större partiklarna absorberade ljus vid samma våglängder som kadmiumsulfid i allmänhet, medan de mindre däremot absorberade våglängder som skiftade åt det blåare hållet.

Även Louis Brus insåg att han hade observerat en storleksberoende kvanteffekt. Han publicerade sin upptäckt 1983. För den kemist som ville utveckla nya material fanns det alltså ytterligare en faktor att spela med: partikelstorleken. Problemet var bara att de metoder som Louis Brus använde gav partiklar som varierade i storlek och dessutom ofta var av ganska dålig kvalitet.

DET HÄR PROBLEMET löste årets tredje pristagare. Mounji Bawendi lyckades 1993 med kemiska metoder tillverka kvantprickar med nästan perfekt kvalitet (se figur). De kunde därmed på allvar börja användas inom nanotekniken.

Nu finns kvantprickar i flera kommersiella produkter. De används av forskare inom en rad olika fält. De lyser upp dator- och tv-skärmar som bygger på så kallad qled-teknik och förfinar ljuset i vissa led-lampor. Biokemister kopplar kvantprickar till biomolekyler för att kartlägga celler och organ. Kemister använder kvantprickarnas katalytiska egenskaper för att driva kemiska reaktioner. I framtiden tror forskare att kvantprickar kan bidra till flexibel elektronik, minimala sensorer, tunnare solceller och kanske även krypterad överföring av kvantkommunikation.

Årets kemipris rör sig i gränsen mellan fysik och kemi. Tittar man på de övriga vetenskapliga Nobelpriserna 2023, finns en kemikoppling på både medicin eller fysiologi och fysikpriserna. Attosekundsnabba laserpulser används för att studera molekyler. Och vad handlar modifiering av baser i mrna om, om inte kemi?

– Det är ett styrkebevis att kemi är relevant på så många sätt, säger Heiner Linke. ◊



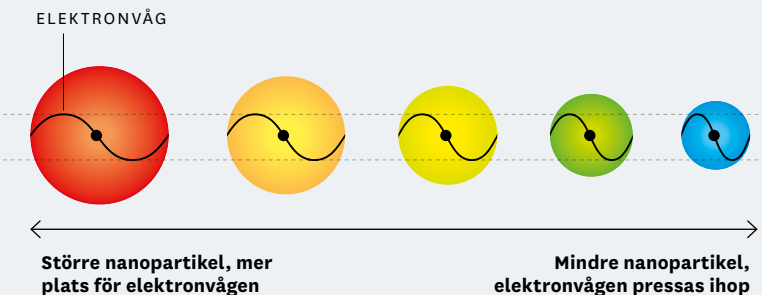
MOUNGI G. BAWENDI, född 1961 i Paris. Professor vid Massachusetts institute of technology, Cambridge, USA.

LOUIS E. BRUS, född 1943 i Cleveland, Ohio, USA. Professor vid Columbia university, New York, USA.

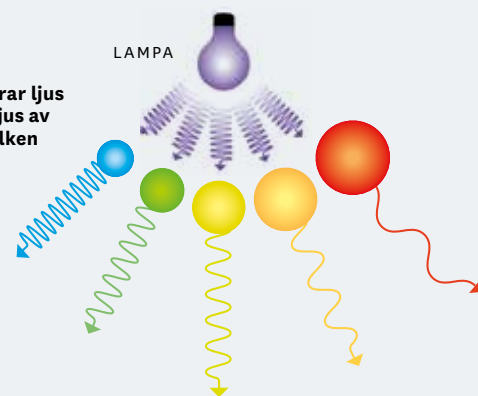
ALEXEJ I. JEKIMOV, född i Sovjetunionen 1945. Chefsforskare vid Nanocrystals technology inc., New York, USA. De delar på prissumman 11 miljoner svenska kronor.

Kvanteffekter uppstår när partiklar krymper

När partiklar bara är några få nanometer i diameter krymper utrymmet för elektronerna. Det påverkar bland annat partikelns optiska egenskaper.

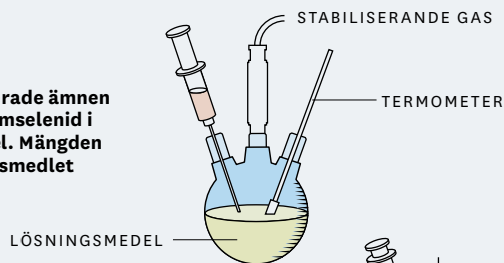


Kvantprickar absorberar ljus och skickar sedan ut ljus av en annan våglängd. Vilken färg det får beror på partikelns storlek.

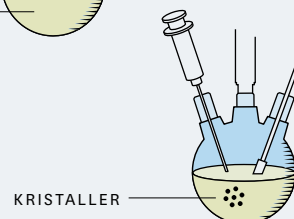


Så tillverkade Mounji Bawendi kvantprickar

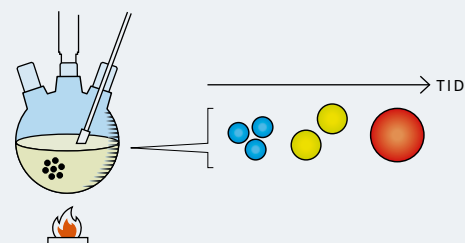
STEG 1
Mounji Bawendi injicerade ämnen som kan bilda kadmiumselenid i ett hett lösningsmedel. Mängden var så stor att lösningsmedlet mättades kring nålen.



STEG 2
Det bildades omedelbart små kristaller av kadmiumselenid. Eftersom injektionen kylde ner lösningsmedlet stannade dock kristallbildningen av.



STEG 3
När Bawendi höjde temperaturen på lösningsmedlet började kristallerna återigen växa. Ju längre tid detta fick pågå, desto större blev kristallerna.





I projektet utvecklas bland annat metoder för att förutsäga toxiska effekter på vattenlevande djur, som hoppkräftan daphnia.

”Vi har visat att vi kan göra nytta”

Forskningsprogrammet Mistra safe chem hoppas på en fortsättning.

FORSKNINGSPROGRAMMET Mistra safe chem har nu drivits i snart fyra år, med målet att ersätta toxiska ämnen och främja en säker, hållbar och grön kemiindustri i Sverige. I sommar löper projekttiden ut och nu söker man 100 miljoner kronor till en fortsättning.

– På fyra år har vi visat att vi kan göra nytta. Nu är vi närmare instrumentering, säger John Munthe, tillförordnad programdirektör.

Forskare i programmet har utvecklat vad John Munthe kallar pusselbitar, som kan bidra till en säker och hållbar

produktion. Det handlar om nya sätt att tillverka kemikalier, beräkningsverktyg för att utifrån en struktur förutsäga om en molekyl kan vara skadlig, modeller och data för livscykelanalys, med mera. Nu ska dessa pusselbitar komma till användning.

– Vi försöker samla kortfattad information om dessa komponenter i en verktyglåda för att göra resultaten tillgängliga och användbara även för dem utanför programmet.

MISTRA HAR SATSAT 70 miljoner på projektet. Deltagarna – tre universitet, forskningsinstitutet Rise, organisationen Chemsec och 13 företag – satsar 30 miljoner kronor i motfinansiering, tid och pengar. Arbetet har hittills resulterat i ett sextiotal vetenskapliga artiklar, ett antal rapporter och ett forskarnätverk med nästan 100 personer.

– Intresset är väldigt stort från kemiindustrin och forskare. Det vi gör är till stor del grundläggande forskning som är intressant för industrin, som står inför stora utmaningar. Fossilfrihet är viktigt, men även kemikaliedelen.

Astra Zeneca, Cytiva, BASF och Perstorp är några av de företag som är med. Magnus Johansson från Astra Zeneca leder en grupp som samlar industrierna i programmet.

– Vi vill se till att programmet har industrirelevans. Astra Zeneca är primärt involverade i forskningsprojekt om katalys och biokatalys, i samarbete med Stockholms universitet och KTH. Vi har ett ansvar som kemisk industri att sänka koldioxidavtrycket drastiskt, men detta är mer och handlar inte bara om kol, utan också om att använda komponenter som är mindre toxiska, säger han. ◻

Genvägen som snabbar på organisk syntes

Molekyler kända som urea och arylamider ingår i många viktiga föreningar, som läkemedel. Arylamider är exempelvis funktionell grupp i kolesterolsänkaren atorvastatin och bedövningsmedlet prilokain.

Nu har forskare i Göteborg utvecklat en ny teknik för att lägga till halogener som klor, brom och jod i specifika positioner i dessa molekyler. Halogener kan sedan användas som ett så kallat handtag för att göra fortsatt syntes.

De metoder som har använts traditionellt för sådan halogenering resulterar ofta i komplicerade blandningar av produkter och kräver komplexa reaktionsförhållanden.

– Vårt team har kommit på ett smart sätt att styra selektivitet och reaktivitet genom att använda oss av ett borreagens, vilket gör processen mycket mer effektiv och genomförbar. Det är som om vi har hittat en hemlig genväg i den komplexa världen av kemiska reaktioner, säger Henrik Sundén, professor vid Göteborgs universitet.

Metoden förenklar inte bara processen, utan öppnar också för mer effektiv och skalbar produktion av föreningar som är viktiga inom exempelvis medicin.

8

ÅR TILL

får granulat för konstgräsplaner säljas. Därefter förbjuds produkterna av EU, som stoppar all försäljning av mikroplaster och produkter med tillsatta mikroplaster. Försäljningen av löst glitter stoppades i oktober i år.

Kemisk design kontra grundforskning

Kemisk grundforskning behövs mer än någonsin. Annars får vi svårt att genom design av nya molekyler och material ta oss an de utmaningar som dagens samhälle ställs inför. Det skriver Uppsalaforskaren **HENRIK OTTOSSON**.

I **SVERIGE HAR** basanslagen till universitetet gröpts ur och gjort det ekonomiskt tuffare för grundforskning. Men det är inte unikt för kemiämnet. Jag vill hävda att det är delvis vi själva som är skyldiga till att kemisk grundforskning för en något undanskymd tillvaro. Detta kan ändras.

Kemi är i högre grad än övriga naturvetenskaper en designvetenskap. Genom kemisk syntes tar vi fram nya läkemedel och material till allmänhetens nytta. Kemi skulle kunna ses som den mest mikroskopiska designvetenskapen – molekyler är de minsta fysiska objekt vi kan designa.

En fråga är om kemins designkarakteristik är försvarar för kemisk grundforskning. Kanske ser vi kemi mer som en designvetenskap än som en naturvetenskap. Det vill säga en vetenskap vars främsta syfte är att ta fram nya användbara molekyler och material, inte att upptäcka och undersöka nya kemiska fenomen och processer som ger oss ny kunskap, som där efter kan användas för att förbättra design. I så fall, har detta ändrats över tid? Är kemi i dag en vetenskap där det inte finns något nytt att upptäcka, bara att designa?



Grunden till många begrepp inom kemi lades under decennierna strax efter kvantmekanikens tillkomst på 1920-talet. Men många begrepp för att beskriva molekyler är luddiga och saknar exakta definitioner, speciellt de som rör kemisk bindning.

Exempel är elektronegativitet, atomära laddningar och aromaticitet. Jag tar det sista för att belysa hur ett alltför stort fokus på designaspekten till och med kan leda till en ineffektiv design av molekyler och material.

EN AROMATISK MOLEKYL hålls ihop av en speciell sorts bindningar. Hückels regel – formulerad av fysikern Erich Hückel – säger att konjugerade cykliska molekyler med $4n+2$ (där $n = 0, 1, 2, \dots$), så kallade pi-elektroner, är aromatiska. Bensen är det mest kända exemplet, men hela två tredjedelar av alla kända föreningar är aromatiska eller partiellt aromatiska. Under de senaste decennierna har det dock upptäckts en mängd nya varianter av aromaticitet, och begreppet har blivit ifrågasatt. I tidskriften Chemical Science ställde jag nyligen frågan om begreppet nu är luddigare än någonsin.

Ett exempel: Hexagonal H_6 kan konstrueras i datorn genom att varje C-H-enhet i bensen byts till en väteatom. Intressant är att "molekylen" H_6 , likt bensen, i simuleringar uppvisar en så kallad inducerad ringström i ett magnetfält. Därmed uppfyller den ett av kriterierna för aromaticitet. Men är H_6 aromatisk? Den har hela 535 kJ/mol högre energi än tre H_2 -molekyler. Den är alltså, till skillnad från aromatiska föreningar, mycket instabil.

Dilemmat är att egenskapen magnetisk aromaticitet alltmer används vid design av nya organiska föreningar för bland annat organiska lysdioder. Aromaticitet har blivit synonymt med att uppvisa en viss magnetiskt inducerad ringström – det antas att molekylen i fråga även uppvisar en aromatisk stabilisering.

UPPENBART VET VI inte allt vi skulle behöva veta om aromaticitet för att använda egenskapen effektivt vid molekyldesign. Kanske är aromaticitet två egenskaper. För att det ska bli ett effektivt designredskap behöver vi reda ut exakt vad aromaticitet är, göra det mindre luddigt, och det gör vi genom grundforskning. Men det handlar inte bara om denna egenskap. Det finns en uppsjö liknande egenskaper där det finns gigantiskt mycket att reda ut. Och det finns garanterat kemiska egenskaper som är oupptäckta. Således, om vi genom design av nya molekyler och material effektivt ska ta oss an de utmaningar som dagens samhälle står inför behövs kemisk grundforskning mer än någonsin. ◻


Henrik Ottosson är docent i fysikalisk organisk kemi och universitetslektor vid Uppsala universitet.

Den kallas den tysta
pandemin och dödar
fler än hiv och
malaria. Men det
finns lösningar.
Möt forskarna
som utvecklar nya
vapen för kampen
mot resistent
bakterier.

Text Marie Alpman



KAMPEN MOT BAKTE

A close-up photograph of a petri dish containing a yellow agar medium. Several distinct, circular bacterial colonies of varying sizes are visible, each with a slightly raised, textured surface. Handwritten black ink numbers '1', '2', and '3' are visible on the inner rim of the dish, corresponding to different colonies. A yellow curved line highlights the text area.

Det blir allt vanligare att antibiotika inte biter på bakterier.

RIERNA

Diarmaid Hughes och Anders Karlén hjälper forskare att ta lovande molekyler närmare marknaden.



D

DET HAR SNART gått 100 år sedan Alexander Fleming upptäckte penicillinet. Sedan dess har antibiotika blivit en självklar del av sjukvården och en förutsättning för många kirurgiska ingrepp och cancerbehandlingar. Men ju mer antibiotika som är i omlopp, desto större risk för att bakterier utvecklar resistens. Världshälsoorganisationen WHO klassar antibiotikaresistens som ett av de största hoten mot världshälsan. Enligt en studie i The Lancet dog 1,3 miljoner människor i världen 2019 som en direkt följd av resistenta bakterier, vilket är fler än de som dör av hiv och malaria. Dessutom bidrog resistenta bakterier till ytterligare 3,7 miljoner dödsfall.

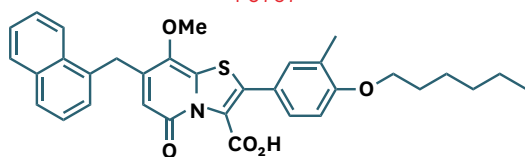
I Sverige är problemet än så länge begränsat tack vare förebyggande åtgärder, som restriktiv utskrivning av antibiotika till barn med öroninflammation. Men även i Sverige ökar resistensen, och antibiotikaförsäljningen är på väg upp igen.

Trots ett stort behov kommer det ut få nya antibiotika på marknaden och antalet nya kandidater riktade mot de bakterier där behovet är störst är för få, konstaterar WHO. I sin senaste så kallade pipeline-rapport listar organisationen 27 substanser i klinisk prövning, men bara fyra bygger på en helt ny verkningsmekanism. Övriga bygger på befintliga preparat.

ORSAKERNA TILL ATT det går trögt är flera. Det är svårt att hitta nya sätt att döda bakterier utan att skada mänskliga celler. Utvecklingen tar tid – minst tio år från idé till färdigt läkemedel och de flesta projekt stupar någonstans på vägen. Det är också mycket svårt att hitta finansiering till ett läkemedel som helst ska vara billigt och användas så lite som möjligt för att undvika resistens.

– Ekonomin är det största problemet. Inget av de stora läkemedelsbolagen ser att de kan tjäna pengar på nya antibiotika, säger Diarmaid Hughes, professor i medi-

Den första versionen av en så kallad Gmpcid, som tar kål på grampositiva bakterier som MRSA. Nu utvecklas molekylen för att bli mer potent.



Anders P. Håkansson

använder för att fästa vid urinvägarna – och kemin i det nya projektet härstammar från det arbetet.

Han berättar att kollegorna i USA också utvecklat en annan metod som hindrar själva fibrerna från

att fästa.

– Det projektet är nu i klinisk prövning och jag håller verkligen tummarna. Om det lyckas skulle det vara en dörröppnare för den här typen av antivirulensläkemedel.

I ett annat internationellt projekt utvecklar Fredrik Almqvists grupp ytterligare en typ av substanser, som skulle kunna göra tuberkulosbakterier mer mottagliga för behandling. Tuberkulos kräver en lång insats med flera olika antibiotika vilket ökar risken för resistens. Men när den nya molekylen kombineras med antibiotika, blir bakterierna mer känsliga och även resistenta bakterier börjar åter att svara på antibiotika.

– Det är jättespännande. Har du en multiresistent tuberkulos så är behandlingen i dag upp mot två år vilket ofta leder till svåra biverkningar.

Än så länge sker forskningen på labbet och vägen till ett färdigt läkemedel mot tuberkulos är långt. På frågan om även antivirulensläkemedel kan skapa resistens svarar han att det inte är uteslutet.

– Men då dessa inte dödar bakterierna utan bara påverkar dem i en specifik nisch, så bör selektionstrycket vara mycket lägre och det bör således ta mycket längre tid för att resistens ska dyka upp.

EN ANNAN FORSKARE som arbetat länge med en substans som både kan döda bakterier och förstärka effekten av antibiotika är Anders P. Håkansson, som är professor i →

cinsk bakteriologi vid Uppsala universitet.

En lösning på finansieringsproblemet kan vara olika offentliga satsningar, som investeringarna i vaccin under coronapandemin. Men det finns en viktig skillnad, betonar Diarmaid Hughes.

– Under pandemin gällde det ett enda virus som man kunde fokusera på. Här handlar det om många olika bakterier med olika egenskaper och många olika typer av infektioner.

Tillsammans med Anders Karlén, professor vid Institutionen för läkemedelskemi vid Uppsala universitet, driver han Enable 2, en utvecklingsplattform för nya typer av antibiotika dit forskare och mindre företag kan vända sig för att få praktisk hjälp med att ta lovande molekyler närmare marknaden.

HITTILLS HAR ENABLE 2, som är en fortsättning på ett tidigare EU-projekt, gett stöd åt sex projekt, varav tre svenska. Ett av dem leds av Fredrik Almqvist, professor i kemi vid Umeå universitet. Tillsammans med forskare vid Washington universitet i Saint Louis, USA, utvecklar han och hans medarbetare en ny kemisk struktur, kallad Gmpcides, som dödar så kallade grampositiva bakterier, som skulle kunna ligga till grund för en helt ny klass av antibiotika.

– Drömmen är att utveckla grundstrukturen vidare mot olika infektionstyper som är vanliga inom vården, säger Fredrik Almqvist.

Upptäckten gjorde forskarna när de undersökte olika substansers förmåga att hindra bakterier från att bilda så kallad biofilm, en slemmig hinna som bakterier bildar på olika ytor som skydd mot omgivningen. När forskarna testade på bland annat stafylokocker som är resistenta mot penicillinpreparat, MRSA, upptäckte de att bakterierna dog.

– Vi började då att förändra molekylerna lite och fick dem mer potenta, säger Fredrik Almqvist.

Han tillägger att de än så länge inte visat tecken på att skapa resistens, och att de förutom att döda bakterier på egen hand även kan förstärka effekten av många andra antibiotika. Utvecklingen av det nya antibiotikumet sker nu i bolaget Quretech bio.

ENLIGT FREDRIK ALMQVIST finns

ett stort behov av nya antibiotika för att vården ska kunna behandla svåra infektioner även i framtiden. Vid lindrigare sjukdomar som urinvägsinfektion kan ett alternativ vara att i stället förhindra att bakterierna orsakar en infektion, genom att helt enkelt avvärja dem. I början av sin forskarbana arbetade Fredrik Almqvist med att slå ut förmågan hos kolibakterier att bilda de fibrer, pili, som bakterien



Pardeep Singh och Fredrik Almqvist utvecklar molekyler som kan bli en ny klass av antibiotika.



Meticillin-resistent gul stafylokock (MRSA), en variant av bakterien *Staphylococcus aureus*, kan orsaka svårbehandlade infektioner.

experimentell infektionsmedicin vid Lunds universitet.

Redan på 1990-talet började han undersöka en komponent i bröstmjölk, av forskarna döpt till Hamlet, som visat sig ha effekt på såväl cancer som bakterier. Vid sidan av att kunna döda vissa typer av luftvägsbakterier har Hamlet visat sig kunna få MRSA att åter bli känsligt för behandlingen.

– Bakterierna försvagas av Hamlet, som slår mot membranet och blockerar ATP-syntesen, vilket stoppar bakteriernas energiproduktion, förklarar Anders P. Håkansson.

Även om Hamlet är lovande har arbetet gått trögt, men nya projekt inklusive djurförsök är på gång under nästa år i samarbete med ett amerikanskt företag.

Parallellt arbetar Anders P. Håkansson med en helt annan strategi för att sätta stopp för bakterieinfektioner: vaccinering. Från och med 2009 erbjuds barn vaccin mot pneumokocker som kan orsaka bland annat lunginflammation, men även allvarliga sjukdomar som hjärnhinneinflammation och blodförgiftning (sepsis).

BAKTERIER KAN OCKSÅ bekämpas genom att infektera dem med speciella virus, så kallade bakteriofager. Idén är gammal och fagterapi används i bland annat Östeuropa, men i västvärlden är användningen än så länge blygsam, berättar Christian Giske, professor i klinisk bakteriologi vid Karolinska institutet.

– Ett militärsjukhus i Bryssel använder mycket fagterapi och det finns även en fagenhet i Lyon i Frankrike som behandlar ortopediska infektioner med fager.

Själv ägnar han en del av sin forskning åt att utveckla fagterapi just mot ortopediska infektioner men även mot kroniska lungsjukdomar, särskilt cystisk fibros. Försöken sker på djur men målet är att även kunna behandla patienter under de närmaste åren.

Han beskriver fager som ett väldigt effektivt vapen mot bakterier. De är också väldigt specialiserade – en viss fag infekterar bara en viss bakterie.

– Det innebär att det behövs väldigt många olika slags fager för att täcka alla bakteriestammar och till skillnad mot antibiotika behöver du alltid ge en individanpassad behandling.

Christian Giske tror att fager kan komma att användas som ett komplement till antibiotika.

– Ett problem med nya breda antibiotikapreparat är att de även slår ut den normala tarmfloran. Om man då efter några dagar ersätter antibiotikum med fager så



Christian Giske



Dan Andersson hoppas att snabbare diagnostik ska leda till smartare användning av antibiotika.

skonas både tarm- och luftvägsfloran samtidigt som risken för resistens minskar.

EN AV DE FAKTORER SOM driver på resistensutvecklingen är att antibiotika används för mycket och vid fel tillfällen. I vissa fall skriver läkaren ut en typ som inte fungerar och patienten får komma tillbaka för nytt recept. En lösning är snabbare och mer precisa test för att avgöra vilket antibiotikum som biter på en viss bakterie.

– Att använda rätt antibiotikum från början när man behandlar bakterieinfektioner är viktigt, då det både bromsar resistensutvecklingen och kortar tiden som patienten är sjuk, säger Dan Andersson, professor i medicinsk bakteriologi vid Uppsala universitet.

Traditionellt testas bakteriers känslighet genom att de får växa på agarplattor i närvaro av olika sorters antibiotika. Sedan går det att se om bakterierna växer eller inte. Men proceduren tar tid.

I ett stort projekt finansierat av SSF och delvis av Wallenbergstiftelsen har Dan Andersson och hans kollegor utvecklat ett snabbtest för resistensbestämning av blodinfektioner, där man snabbt kan avgöra vilket antibiotikum som ska sättas in. Målet är att få svar inom fyra timmar.

– I dag tar det i bästa fall tolv timmar men oftast längre tid. För varje timme ökar dödligheten i sepsis så om vi kan korta väntetiden har det stor effekt, säger han.

Bakterierna isoleras från ett blodprov och placeras på ett chip där de får växa i smala kanaler. De olika kanalerna fylls sedan med olika typer av antibiotika. En kamera tar bilder var fjärde sekund och från bilderna går det att mäta hur bakterierna växer. Slutar de växa så biter antibiotikumet.

– På det här sättet kan vi få svar otroligt snabbt. För vissa antibiotika går det att se inom några minuter om bakterierna är påverkade eller inte, säger Dan Andersson.

HAN ÄR HOPPFULL om att snabbare diagnostik kommer att leda till smartare användning av existerande antibiotika och att de därmed kan användas under en längre tid. Men bara bättre tester kommer inte att lösa problemet med antibiotikaresistens.

– I vissa länder går det att köpa antibiotika över disk utan recept. Globalt används också mer antibiotika till djur än till människor, så vi måste jobba på alla fronter för att minska den totala antibiotikaanvändningen och även utveckla nya antibiotika. Det finns ingen silver bullet, säger han. ◦

Marie Alpmann är frilansjournalist.

Håll dig själv och dina elever uppdaterade om kemins värld – Skaffa en skolprenumerations!

Som skola kan du teckna upp dig för en skolprenumerations av Svenska Kemisamfundets medlemstidning *Kemisk Tidskrift*, som bevakar det senaste inom kemin. Kostnad: 450 kr.

En skolprenumerations innebär att du får:

- En tryckt upplaga av *Kemisk Tidskrift*, som utkommer 4 gånger/år.
- *Kemisk Tidskrift* i PDF-format.
- Svenska Kemisamfundets nyhetsbrev 1 gång/vecka (med undantag för några veckor under sommaren och kring jul/nyår)

Teckna en skolprenumerations på kemisamfundet.se/skolprenumerations-av-kemisk-tidskrift/



Kemisamfundet firar 140 år!

1883 samlades 21 herrar i Teknologföreningens lokaler i centrala Stockholm för att vid ett konstituerande möte bilda Svenska Kemist-samfundet. Vi har valt ut några händelser ur kemihistorien efter det.

1883

Svenska Kemist-samfundet bildas. 2016 byter samfundet namn till Svenska Kemisamfundet.

1896

Svante Arrhenius beskriver växthus-effekten. Kemisten **Alfred Nobel** dör och lämnar efter sig ett testamente som ger upphov till Nobelpriserna.



1911

Grunden läggs till vad som ska bli de svenska läkemedelsjättarna. Pharmacia bildas på apoteket Elgen i Stockholm. Två år se-nare bildas AB Astra.

1919

Ferrosan bildas. Företaget utvecklade tillsammans med läkaren och biokemis-ten **Jörgen Lehmann** den första orala blodförtunnaren (dikumarol) och det första tuberkulosläkemedlet (PAS).

1947

Den vetenskapliga tidskriften Acta Chemica bildas av de nordiska kemiska sällskapen gemensamt, på initiativ av Svenska Kemisamfundet, som även hanterade administratio-nen. 1999 läggs tidningen ned.

1880

1890

1900

1910

1920

1930

1940

1889

Första numret av Kemisk Tidskrift kommer ut. Före-gångaren Kemiska notiser har då redan getts ut under två år.

1903

Svante Arrhenius får (det tredje) Nobelpriset i kemi för upptäckten av hur kemiska föreningar i lösning kan leda elektrisk ström.

1918

Den första svenska plastprodukten, ett handtag för strömbrytare, lanseras av företaget Svenska ättiksfabriken som 1966 ändrar namn till Perstorp AB.

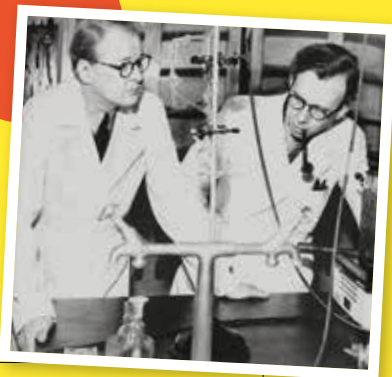
1896

Kemisamfundet har genom åren fått många skrivelser och frågor från allmänheten. 1896 var det självaste **August Strindberg** som skickade in en redogörelse för hur guld kunde extra-heras ur kopparkis med Faluproccessen.

1948

Arne Tiselius tilldelas Nobel-priset. Han har utvecklat elektroforesmetoden och med den kunnat visa att det finns fyra proteiner i blodserum.





1948

Många av världens mest sålda läkemedel har utvecklats i Sverige. 1948 lanserades lokalbedövningsmedlet Xylocain (Lidokain) som tagits fram av kemisterna **Nils Löfgren** och **Bengt Lundqvist**. Xylocain blev Astras första världssuccé och är det mest sålda i sitt slag än i dag. Två andra av företagets svenskutvecklade storsäljare är betablockeraren Seloken (Metoprolol) och magsårsmedicinen Losec (Omeprazol) som lanserades 1975 och 1988.

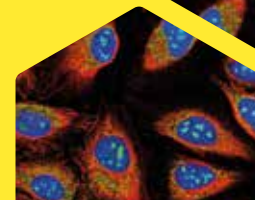
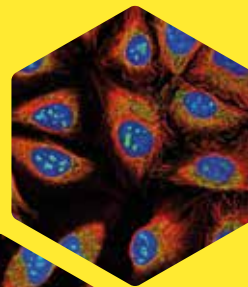
1996

Biofysikern **Astrid Gräslund** tar som första kvinna plats i Nobelkommittén för kemi.



1986

Pharmacia köper läkemedelsbolagen Leo och Ferrosan, LKB-Produkter samt två amerikanska företag. 1990 slås Kabi och Pharmacia ihop till Kabi Pharmacia och ett par år senare med italienska Farmitalia Carlo Elba. 1995 bildas Pharmacia Upjohn efter en sammanslagning med amerikanska Upjohn. 2002 köps bolaget av amerikanska Pfizer. Delar finns kvar i Uppsala under andra namn.



1984

De anrika bolagen Kema Nobel och Bofors slås ihop och bildar Nobel industrier. 1994 köps företaget av nederländska Akzo och Akzo Nobel skapas. När bolaget 2018 säljer sin specialkemidivision till amerikanska Carlyle Group bildas Nouryon.

2001

Det mänskliga genomet presenteras. Arbetet har gjorts i ett internationellt samarbete som har pågått i mer än tio år. Ett par år senare startar på initiativ av biokemisten **Mathias Uhlén** en av de största svenska forskningsatsningarna genom tiderna: Kartläggningen av människans proteiner. Huvudresultaten publiceras 2014.

1950

1960

1970

1980

1990

2000

2010

2020

1954

Vattenfall börjar bygga ett oljeeldat vattenkraftverk i Stenungsund. En oljehamn anläggs vilket ger förutsättningar för en petrokemisk industri. Knappt tio år senare är Sveriges första kracker färdigbyggd här. Bakom finns Modo, Stockholms superfosfat och Esso.



1970- och 1980-talen

Kemisk Tidskrift publicerar tips om kemiska experiment. Bland författarna finns **Karin Brandt**, lektor på Bromma gymnasium. Hon var Nobelpristagaren Thomas Lindahls lärare och han nämner henne som viktig för sitt yrkesval i talet på Nobelfesten 2015.

1999

Astra slås ihop med brittiska Zeneca till Astra Zeneca. 2010 lägger bolaget ner forskningen i Lund och ett par år senare även forskningen i Södertälje. Mölndal blir en av det globala bolagets tre forskningssajter.

2020

Emmanuelle Charpentier blir den sjätte medlemmen i Kemisamfundet som belönas med Nobelpriset. Hon får priset i kemi tillsammans med **Jennifer A. Doudna** för upptäckten av gensaxen Crispr-Cas9. 65 år tidigare fick medlemmen **Hugo Theorell** priset i fysiologi eller medicin för sina upptäckter om oxidationsenzymers funktion. Före honom har **Arne Tiselius** (1948), **Hans von Euler** (1929), **Theodor Svedberg** (1926) och **Svante Arrhenius** (1903) belönats med kemipriset.



1956

Det stora kemimötet för gymnasister, Berzeliusdagarna, ordnas för första gången. Mötet har sedan dess hållits varje år i Stockholm. Forskare från akademi och industri från olika grenar av kemin berättar om sitt arbete. Omkring 350 elever och ett 50-tal lärare från hela Sverige brukar delta.



Text Kristina Hedfalk och Malin Bäckström

Illustration Johan Nord

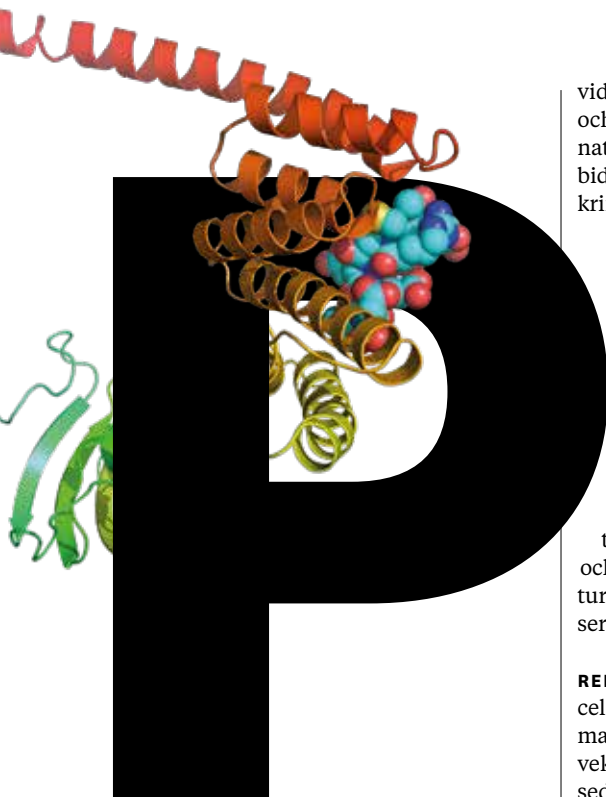
Skördetid i protein- fabriken

Läkemedelsforskare vill ha dem
som läkemedel, kemiindustrin för
hållbara kemiska processer.

PROTEINER ÄR I FOKUS FÖR MÅNGA OMRÅDEN.

Nu görs en stor svensk satsning
på att tillverka dem.





ROTEINER ÄR HÖGINTRESSANTA för medicinsk forskning. De är de vanligaste målmolekylerna för nya läkemedel, och kan även vara läkemedel i sig själva. Proteiner är intressanta också för dem som utvecklar nya energilösningar, hållbara kemiska processer, nya material och motståndskraftiga grödor. Därför vill forskare inom både akademien och industrin öka kunskaperna om proteiners molekylära mekanismer.

Ett av våra mest kraftfulla verktyg för att förstå dessa finns inom strukturbiologin. Där skapar forskare med avancerade metoder tredimensionella bilder eller filmer av proteiner. Inom strukturbiologin används till exempel röntgenstrålning som reflekteras från en proteinkristall, avancerade magneter för att identifiera varje ingående atom, eller elektronmikroskop som kan ge bilder med mycket hög upplösning.

Bilderna gör det lättare att förstå hur proteinerna fungerar. Det är viktigt för att kunna påverka deras funktion – vilket är det forskare gör inom läkemedelsutvecklingen.

Området strukturbiologi genomgår just nu sin största utvecklingsfas sedan 1970-talet, då metoder för att bestämma proteiners tredimensionella struktur först började användas. I toppmoderna anläggningar flyttas gränserna för vad som är möjligt – inte minst i Sverige, som gjort enorma investeringar inom dessa områden. Här finns nu exempelvis Max IV i Lund och elektronmikroskopianläggningar vid Scilifelab i Stockholm och Umeå. Anläggningarna för så kallad NMR-teknik

vid svenskt NMR-centrum i Göteborg och Umeå har moderniserats. Dessa stora nationella investeringar kommer att kunna bidra till att lösa viktiga forskningsfrågor kring proteiner.

Såväl forskare som företag behöver alltså tillgång till proteiner. I fjol bildades med stöd från Vetenskapsrådet en nationell infrastruktur, som ska hjälpa forskare i hela Sverige att ta fram proteiner till olika projekt. Inom infrastrukturen, som kallas Protein production Sweden, PPS, tillverkas med högkvalitativa processer så kallade rekombinanta proteiner för olika typer av grundforskning, till exempel inom bioteknik, medicinsk forskning, läkemedels- och materialutveckling eller just strukturbiologi. Även företag kan använda den service som finns inom infrastrukturen.

REKOMBINANTA PROTEINER tillverkas i celler. En bit dna, som kodar för det protein man vill tillverka, förs in i en så kallad vektor, som är en cirkulär bit dna. Den förs sedan in i en värdcell som fungerar som en proteinfabrik.

Proteinet produceras av de enzymsystem som redan finns i celler utifrån molekylärbiologins centrala dogm: Den genetiska informationen i dna översätts till rna som i sin tur översätts till protein. Många proteiner modifieras därefter – genom att kemiska grupper fästs på proteinet. Vid så kallad glykosylering binds exempelvis sockermolekyler till proteinets yta. Dessa är viktiga för proteinets stabilitet, funktion och identifiering.

Vägen från dna till slutprodukt är inte given. Det finns alltid risk för att värdcellen känner igen produkterna från de tillsatta molekylerna som främmande och därför

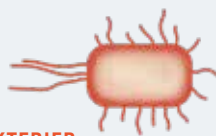
bryter ner dem. Ett särskilt kritiskt steg i processen är när det nybildade proteinet ska veckas till sin stabila, aktiva, tredimensionella form. En generell princip är att ju mer besläktat det rekombinanta proteinet är med värdcellen, desto större är sannolikheten att hela processen fungerar och att korrekt veckat protein når sin slutdestination, det vill säga cytosolen, membranet eller transporteras ut ur cellen. I praktiken innebär detta att komplicerade proteiner från människa kan behöva mer avancerade cellsystem för sin produktion, och då fungerar inte alltid bakteriecellen. Dock tillämpas ofta principen att använda så enkla system som möjligt, dels beroende på tidsåtgången, och dels kopplat till kostnader för odling, där bakterier och jäst växer snabbt på ett billigt medium.

ETT EXEMPEL PÅ rekombinanta proteiner är målinriktade antikroppar, som blir allt mer vanliga som läkemedel. Andra exempel är proteiner som produceras för att ingå i diagnostiska tester eller för att komplettera en förlorad funktion, så som insulinproduktion hos diabetespatienter. Proteiner är också viktiga i olika reaktionskedjor, vilket

”Den kunskap som forskare har inom proteinproduktion är till stor del empirisk”

gör att de kan användas för att studera metabolismen i olika biologiska miljöer, genom att ett protein som märkts med olika isotoper kan följas. Det finns en lång rad exempel på forskning och behandling som är helt beroende av tillförlitlig produktion av rekombinanta proteiner. Det var med den tekniken som både ett nytt vaccin och di-

Cellfabriker för alla proteiner



BAKTERIER

Den enklaste cellen för proteinproduktion är *Escherichia coli* (*E. coli*). Tekniken är väletablerad och det finns ett stort urval av stammar och plasmider som kan användas för produktion av många olika slags proteiner.



CELLFRI PROTEINPRODUKTION

Proteinproduktionen kan också ske utanför cellen, i provrör. Reaktionsmixen består då av hela maskineriet som krävs för proteinproduktion, som isolerats från till exempel kolibakterien. Om det behövs kan tillsatser för specifika proteiner ingå. Produktionen lämpar sig särskilt för proteiner som ska märkas med olika isotoper för vidare analys.

agnostiska metoder snabbt kunde tas fram under coronapandemin – eller mer specifikt forskningen kring basmodifierat rna, som ger ökad proteinproduktion och tolerans hos den vaccinerade – upptäckten som fick årets Nobelpris i fysiologi eller medicin.

PROTEINPRODUKTIONEN I SIG är kanske mindre glamorös inom vetenskapen än själva karaktäriseringen av proteinet, men även produktionen kräver specifik vetenskaplig och teknisk kompetens. För produktionen finns många olika slags celler att välja mellan: bakterier, jäst, insekts-, växt- och däggdjursceller. Ytterligare en möjlighet är cellfri produktion. Vad som är bäst beror på vilken typ av protein som ska tillverkas samt för vilket ändamål. Det producerade proteinet kan ha olika slutdestinationer. Ett lösligt protein kan vara ämnat för att vara inne i cellen, i cytosolen, eller så ska det transporteras ut genom cellens membran för en funktion på utsidan. Ett membranprotein ska däremot sitta fast i membranet som omger cellen. Där ansvarar det för signalering eller transport in och ut ur cellen.

Det krävs mycket erfarenhet för att göra goda och effektiva val. Den kunskap forskare har inom proteinproduktion är till stor del empirisk, men under senare år har bilden av vad som krävs för att lyckas med produktion blivit tydligare. I den nationella infrastrukturen för proteinproduktion samlas erfarenheter från många olika försök i många olika system. Det gör att forskarna blir allt bättre på att förutsäga hur de ska lyckas med olika nya projekt och att metoderna blir mer och mer generella. ◦

Kristina Hedfalk är föreståndare för Yeast protein production inom PPS, Malin Bäckström är föreståndare för hela PPS. Båda finns vid Göteborgs universitet.

De gör proteiner åt Sveriges alla forskare

Protein production Sweden (PPS) är en så kallad nationell forskningsinfrastruktur som finansieras av Vetenskapsrådet. Uppdraget är att samla expertis för proteinproduktion för att kunna hjälpa alla forskare i Sverige som behöver proteiner för olika tillämpningar – en enskild forskare kan inte hysa alla möjligheter i det egna labbet.

Sju olika laboratorier vid fem universitet och högskolor är med i samarbetet. Där finns nu expertis med lång erfarenhet av proteinproduktion i olika värdceller: bakterie-, jäst-, insekts-, växt- och däggdjursceller samt cellfri produktion. Därutöver finns spetskompetens för att framställa specialreagens, som används i experiment med röntgen- och neutronstrålning.

Samarbetet drog i gång i fjol. Startåret ansökte 105 olika grupperade vid svenska universitet och högskolor om hjälp med proteinproduktion, via en gemensam webbaserad ansökningsportal vid Göteborgs universitet, som är värd för samarbetet. Därefter slussades projekten till ett lämpligt labb utifrån specifika önskemål.

141 projekt initierades och

224 proteiner levererades. Hela 59 vetenskapliga publikationer kunde kopplas till proteiner som producerats av något av laboratorerna som ingår i PPS. Publikationerna vittnar om att det finns en bredd av användningsområden för rekombinanta proteiner – allt från framställning av covidvaccin till stabila proteinprover för analys av struktur och funktion, för vidare förståelse av cellfunktioner och sjukdomsmekanismer. Det kan till exempel vara proteiner som märks med isotoper som behövs för strukturanalys med NMR.

En enhet inom PPS har exempelvis producerat flera virusproteiner som används i virusdiagnostiken vid Sahlgrenska sjukhuset, i samarbete med forskare vid Göteborgs universitet. Ett annat virusprotein som producerats hos PPS har testats som vaccinkandidat mot köns herpes, som det hittills inte finns något vaccin för. Vaccinutvecklingen drivs nu vidare i företaget Simplexia, delvis i samarbete med PPS-labbet vid Göteborgs universitet.

PPS har ett femårigt finansierat stöd på 42 miljoner kronor från Vetenskapsrådet. Universiteten som är med – KI, KTH, Göteborgs, Lunds och Umeå universitet – samfinansierar.



MAMMALIECELLER

Den mest avancerade värdcellen som lämpar sig för komplexa proteiner, exempelvis glykosylerade proteiner (har kolhydrater på ytan) är däggdjursceller. Celler från kinesisk hamster, CHO (på engelska *Chinese hamster ovary cells*) och njurceller, HEK 293 (*human embryonic kidney*) är vanliga för att tillverka exempelvis terapeutiska antikroppar eller membranbundna proteiner.



JÄST

Den enklaste eukaryota cellen för proteinproduktion är jäst. Vanlig bagerijäst, *Saccharomyces cerevisiae*, och *Pichia pastoris* är vanligast att använda. Många proteiner, lösliga och membranbundna, går att producera i jäst.



INSEKTSCELLER

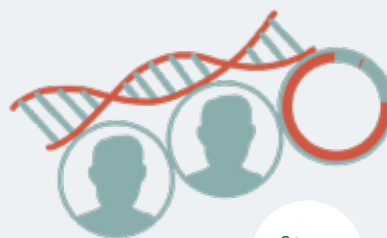
En något mer komplicerad värdcell är insektsceller. Den ger större sannolikhet för att få korrekta produkter, exempelvis då komplicerade proteiner som de med kemiska grupper på ytan ska tillverkas. Insektsceller har fungerat bra för att producera komplexa membranproteiner, som så kallade G-proteinkopplade receptorer.



VÄXTCELLER

Många olika typer av proteiner och flera olika modifieringar är möjliga i växtceller, som är enkla att använda och odla. Reagens för diagnostik och vaccin har producerats framgångsrikt i växtceller, där storskalig odling är en fördel.

Så gör man ett rekombinant protein



Steg
1

PROTEINETS DNA-SEKvens

Känner man till sekvensen av aminosyror som bygger upp det protein man vill ha, går det att tillverka motsvarande dna. En dna-sekvens för proteinet designas och förs in i en vektor, en cirkulär dna-molekyl.



Steg
2

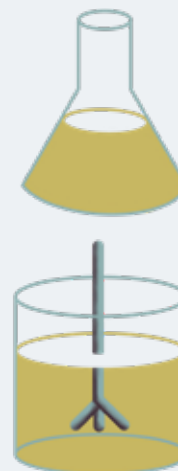
RÄTT CELLTYP

Cell väljs beroende på vilket protein som ska tillverkas. Bakterier och jäst är enkla system som ofta fungerar för lösliga och membranbundna proteiner från olika organismer. Vektorn förs in i cellen.

Steg
3

CELLERNA ODLAS

Cellerna odlas. Om det behövs stora volymer eller finns höga krav på syresättning, brukar bioreaktorer användas. De säkerställer att omrörningen blir effektiv samt möjliggör för direkt tillsats av syrgas om så behövs.



Steg
4

CELLERNA SKÖRDAS

Odlingen centrifugeras och cellerna som samlas på botten slås sönder. Den fraktion som innehåller det önskade proteinet samlas och renas.



Supernatant

Pellet



Steg
5

PROTEINET RENAS FRAM

Är det ett lösligt protein som ska renas fram, används vätskan som samlats ovanför cellerna efter centrifugering, supernatanten. Om det är ett membranprotein som ska renas fram måste en membranfraktion samlas genom olika centrifugeringssteg och lösas upp, efter att cellerna slagits sönder. Därefter renas proteinet.

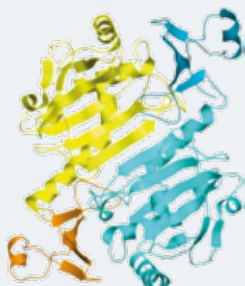
Steg
6



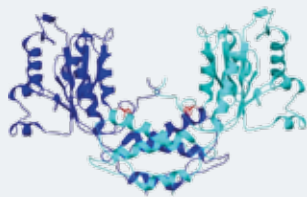
ANALYS OCH KONTROLL
Reningsprocessen följs upp på olika sätt för att säkerställa att det rekombinanta proteinet är rent och finns i tillräcklig mängd.

Steg
7

PROTEINET ÄR KLART
AnPrx6 och **DmpR** är exempel på humana proteiner. De är tillverkade i bakterieceller och är inte modifierade.

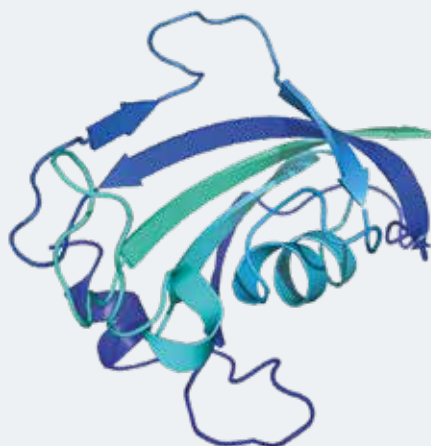


AnPrx6



DmpR

FKBP51 är ett protein som hos människa har en reglerande funktion och tros vara inblandat i flera sjukdomar. Det är tillverkat i bakterieceller. På bilden visas en interaktion mellan proteinet och en bit av ett stödjande protein.



FKBP51

Det första rekombinanta läkemedlet

MÖJLIGHETEN ATT TILLVERKA protein med hjälp av celler har funnits i runt 50 år. Den första produkten som tillverkades på det sättet var rekombinant humant insulin – som har varit avgörande för att kunna behandla diabetes. I dag finns flera sorters insulin på marknaden, som är olika snabb- och långtidsverkande.

Mellan 1922 och 1974 behandlades diabetes med insulin som extraherades från bukspottkörteln hos djur. Därefter lyckades man framställa semisyntetiskt insulin i begränsade mängder genom att modifiera insulin från djur. I takt med att biotekniken och den rekombinanta dna-tekniken utvecklades, lyckades man framställa humant insulin industriellt från både bakterier och jäst. Därmed tillgängliggjordes stora mängder rent insulin för behandling av diabetes. Bioteknikföretaget Genentech lyckades 1978 producera insulin i en bakterie. Produktionen i stor skala utvecklades av läkemedelsbolaget Eli Lilly. 1982 kom läkemedlet Humulin, som producerades från bakterien *Escherichia coli*, ut på marknaden i både USA och Europa. Knappt tio år senare, 1991, marknadsförde danska läkemedelsjätten Novo Nordisk rekombinant humant insulin som tillverkades i jästen *Saccharomyces cerevisiae*. Senare tillverkades humant insulin även i jästen *Pichia pastoris*. Åren runt 2000 utvecklades tekniken och flera varianter av humant insulin har producerats med hjälp av bakterier och jäst, där även läkemedelsbolaget Sanofi har bidragit med flera preparat.

ATT MÄNSKLIGT INSULIN går att producera i enklare celler, så som bakterie- och jästceller, har flera fördelar. Produktionen går snabbare än i till exempel däggdjursceller, eftersom de enklare cellerna har kortare generationstid. Odlingsmediet är dessutom billigare, vilket är extra viktigt när ett protein ska tillverkas i stor skala. ◻

Dammkornen som styr i rymden

Såväl galaxer och svarta hål som stjärnors födelse och uppkomsten av liv påverkas av dammkornen i universum som är MIKROSKOPISKA KEMISKA FABRIKER. Forskare i Göteborg vill nu ta reda på hur de bildas.

R

UNT 90 PROCENT av luftens partiklar skapas naturligt, vid vulkanutbrott, skogsbränder, sandstormar eller vid växternas fröbildning. Även våra moderna nanomaterial liksom tågens och spårvagnarnas gnisslande bromsar skapar damm och blir en del av människans bidrag.

Men dammpartiklar finns inte bara i vår närhet, utan även i rymden där stjärnor bildas, i supernovor och runt svarta hål. Detta kosmiska damm kallas även rymdstoft. Rymdstoft kan bestå av silikater, ungefär som vanliga sandkorn, men stoftkornen är tusentals gånger mindre. De kan också bestå av kol och väte, eller rent kol, som formar små nanodiamanter eller grafit, men även mer oordnat, amorft, kol.

Kosmiskt damm bildas när stjärnor dör. Hur dammet bildas är däremot höljt i mörker. Det är dock viktigt att förstå kemin bakom processen, eftersom

dammet har en avgörande betydelse för universums utveckling. Det behövs för att sätta igång kemiska reaktioner – och när galaxer och stjärnor bildas. Utan dammkorn bildas färre spiralgalaxer, som vår Vintergata där stjärnorna är koncentrerade i armar som roterar runt ett ljusstarkt centrum. Troligen skulle inte heller liv som vi känner det existera.

Från observationer med teleskop vet vi en hel del om dammets sammansättning, men inte hur det går till på atomnivå när stoftkornen bildas. I ett projekt som drog igång för drygt två år sedan ska astronomer från Chalmers i samarbete med kemister från Göteborgs universitet gå till botten med det. Astronomerna försöker förstå till exempel mängden av stoftkorn, deras sammansättning och storleksfördelningen på stoftkornen i olika områden. Kemisterna utforskar hur olika sorters stoftkorn kemiskt kan bildas från atomer och växa till sig.

VÄRLDENS FÖRNÄMLIGASTE TELESKOP kommer att leverera mer högupplösta data än någonsin tidigare till projektet. The Atacama large millimeter array, Alma, invigt 2013 och placerat på en höglåta i Chile, är det främsta landbaserade teleskopet. I rymden finns James Webbteleskopet som skickades ut på juldagen 2021 för att ta över efter det berömda Hubbleteleskopet. Med hjälp av data från dessa har Chalmersastronomerna nyligen hittat tecken på att enorma gasmoln som är extra rika på stoftkorn döljer supermassiva svarta hål inom sig. Det betyder att det kan finnas fler supermassiva svarta hål än vad vi hade förväntat oss.

Astronomin upplever just nu en guldålder. Vi letar specifikt efter nya pusselbitar till dammets gåtor. Samtidigt bygger dagens projekt på forskning som utförts under flera decennier. Stoftkornen i rymden är ensamma krakar. De finns bland annat i enorma gasmoln där stjärnor bildas, där de har runt en kilometer till närmaste granne. Eftersom gasmolnen är gigantiska blir stoftkornen ändå många. Tillsammans kan de därför stänga ute stjärnornas värmande strålar från molnens inre delar, som när sandkornen i en sandstorm förmörkar himlen. Gasmolnet blir mörkt och kallt. Temperaturen är så låg som -263 grader Celsius.

Att stoftkornen kan påverka stjärnbildning är ren kemi och fysik. Delar av gasmolnen är tätare än andra delar och bildar klumpar i molnet. I klumparna leder gravitationskraften mellan atomer, molekyler och stoftkorn till att den delen av molnet börjar dra ihop sig. När detta sker frigörs enorma mängder energi. Jämför med att du står högst upp på det

102 våningar höga Empire state building i New York och hoppar ner. Du faller då i jordens gravitationsfält och får upp en hög fart innan du kraschlandar. Stoftkornen i rymdmolnen gör liknande hopp och börjar falla mot molnklumparnas centrum. De rör sig allt fortare, får upp en väldig hastighet och enorma mängder energi frigörs. Samtidigt blir molnklumpen allt mindre och kompaktare.

Partiklarna kommer allt närmare varandra och kolliderar allt kraftigare. Kollisionerna kastar då en del av partiklarna utåt igen. Molnklumpens sammandragning, det vill säga stjärnbildningen, blir ineffektiv. Här, i stjärnornas barnkammare, träder stoftkornen in. I kollisioner fångar de mycket av energin hos de snabba atomerna och molekylerna som då saktar ner. Stoftkornen har nu mer energi än de vill ha och gör sig av med den igen. De omvandlar den extra energin till fotoner, det vill säga ljus, som sedan susar ut ur molnet med ljusets hastighet. Molnklumpen fortsätter dra ihop sig, den blir allt hetare, och till slut föds en ny stjärna.

STOFTKORNEN I RYMDEN har även en annan viktig funktion. Atomerna och molekyler landar på dem och fastnar lätt eftersom det är så ruskigt kallt. Därmed kan stoftkornen bli som kemiska fabriker. Atomerna och molekyler vandrar runt på kornet, hittar varandra och reagerar. Nya, mer komplexa molekyler bildas, däribland glycin, som är en av aminosyrorerna i våra kroppar.

Stoftkornen fungerar som katalysatorer – de snabbar upp kemiska processer utan att själva förbrukas. På grund av det extremt låga trycket i molnen kan det annars ta årtal innan en atom krockar med en annan.

Det finns mer stoft i universum än vad vi kan förklara med dagens modeller och beräkningar. Kemisterna i samarbetsprojektet ska därför tolka astronomernas observationer på molekylär nivå med teoretiska beräkningar och följa enskilda atomers rörelse, hur nya molekyler bildas och hur dessa växer till sig och i förlängningen blir

stoftkorn. Beräkningarna ska simulera de extrema, men väldigt olika, förhållanden som råder på skilda platser i rymden. De ska till och med efterlikna de förhållanden som gällde när vårt universum var ungt, ungefär 13 miljarder år tillbaka i tiden. Redan då fanns överraskande stora mängder stoftkorn i rymden. Forskarna ska i projektet följa hur dammets karaktär förändrats under miljarder år och även hur de enskilda stoftkornen omformas under sin livstid i de hårda miljöer de lever i.

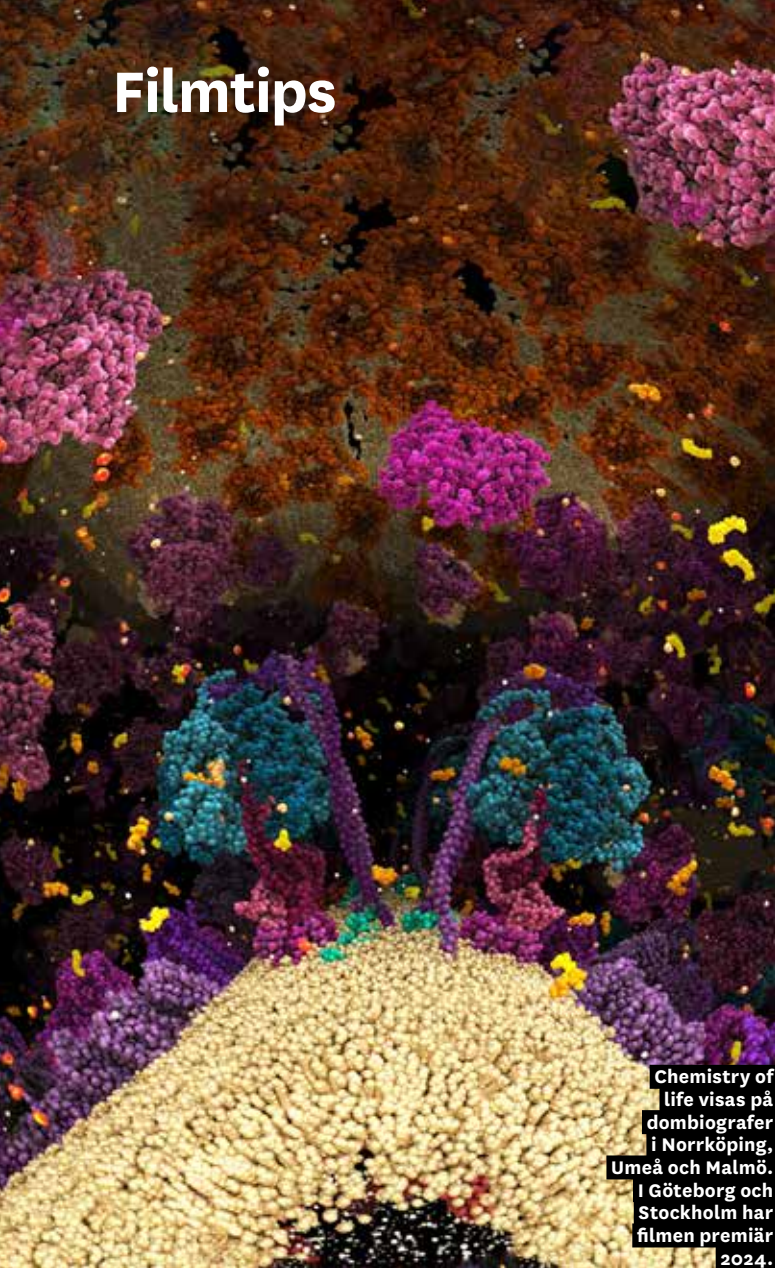
Stoftkornen i rymden är en del i ett

kretslopp. De bildas, lever och spelar sin roll, men förstörs till slut – sannolikt när de bombarderas av fotoner eller snabba partiklar – eller så blir de delar av nya himlakroppar. De kan ingå i det kretslopp där supernovor kastar ut material, som ger enorma gasmoln där nya stjärnor bildas. Stjärnorna lever sina liv och kan om de är tunga nog explodera som nya supernovor och skapa nytt damm. ◦

Av Gunnar Nyman, professor i fysikalisk kemi vid Göteborgs universitet.



Almateleskopet är ett kraftfullt verktyg för att studera molekylär gas, stoft och damm i Vintergatan.



Chemistry of life visas på dombiografer i Norrköping, Umeå och Malmö. I Göteborg och Stockholm har filmen premiär 2024.

Cellens dolda universum i 3D

Visualiseringstekniken ger en möjlighet att se de molekylära mekanismer som håller oss vid liv.

SJUNK NER i en skön biofåtölj, ta på 3D-glasögonen och låt dig förtrollas av cellens fantastiska mysterium. Våra cellers arbets-hästar, proteinerna, jobbar hårt och med hög precision för att hålla oss vid liv. Att experimentera utforska och karaktärisera

ett enda av de 10 000-tals proteinerna i våra celler tar många livstidsprojekt i anspråk. Cellbiologer kartlägger hur cellens organeller interagerar, strukturbiologiska studier kartlägger proteiners struktur och dynamik, proteinkemister

klargör hur olika proteiner interagerar med varandra och biokemisternas experiment synliggör och förklarar myriaden av kemiska processer som katalyseras av enzymer. Och nu kan man, tack vare alla dessa människors arbete, bekvämt tillbakalutad, följa de kemiska processerna som håller oss vid liv.

FILMEN Chemistry of life är en cirka 30 minuter lång animerad film baserad på tusentals experiment och är utvecklad på Visualiseringscenter C i Norrköping för dombiografer (biografer med 360° skärm). Alla, oavsett ålder och förkunskaper, kan se den med stor behållning. Här får vi på ett pedagogiskt sätt möjlighet att med egna ögon se de molekylära mekanismerna som håller oss vid liv. Eller åtminstone en animation av dem. Filmmakarna börjar med att visa på kraften i 3D-animering och efter att ha duckat för en massa vattenmolekyler som kommer farande mot en i filmens ingress känner man sig onekligen lite fänig.

Filmens handling tar sedan sin början i en park där vi tar rygg på en flygande humla. Vi äntrar molekylernas dolda universum genom ett löv på ett äppelträd. I flera steg görs parvisa storleksjämförelser. Film-skaparna använder sådant som vi typiskt tänker på som små saker: insekter, äppelkärnor och bladporer, för att skapa en storleksjämförelse med cellerna och deras inre. Dessa storleksjämförelser används också för att ta sig in i cellerna och förklara vad som händer i dem. Detta är väldigt skickligt gjort och kanske den mest imponerade delen av filmen, som verkligen utnyttjar möjligheterna som finns i 3D-film för att zooma in och ut på skalan samtidigt som objektet roterar lite.

Väl inne i cellerna får vi se att det händer massor i dem hela tiden. Det som händer är såklart kemiska reaktioner.

Cellernas inre är animerat på ett sätt som vi är ganska vana vid från böcker inom biokemi. Men att få se processerna i tre dimensioner och dessutom kunna följa dynamiken i trängseln bland biomolekyler i cellen skapar ett mervärde som böcker och platta skärmar inte kan erbjuda. Idébärarna bakom filmen, Lena Tibell, professor i visuellt lärande och kommunikation, biokemi och livsvetenskapernas didaktik, och Anders Ynnerman, professor i vetenskaplig visualisering, har tillsammans med sina team lyckats väl med uppgiften att visualisera kemin som håller oss vid liv. Så väl att de i konkurrens med 37 andra bidrag i somras vann priset för bästa film på Fulldome festival i Brno i Tjeckien.

Chemistry of life
[Visualiseringscenter C 2023]

SOM KEMIST – speciellt kemist inriktad på mindre molekyler än biomolekyler – känner man sig ofta lite snuvad på detaljerna i de kemiska reaktionerna. En känsla av att filmen inte når hela vägen fram, när det gäller att förmedla de atomära detaljerna i de kemiska reaktionerna, infinner sig sakta medan vi ser filmen. Vi skulle helt enkelt vilja ha mer detaljer, molekylära resonemang och kanske ett energidiagram här och där. Samtidigt måste man inse att filmen inte främst är ämnad för utbildade kemister, utan hoppas på att locka till intresse och studier inom kemi. Och då skulle förmodligen den redan inbitne kemistens önskade detaljrikedom fått en potentiell framtida kemist att inte kunna se skogen för alla träd. Det råder ingen tvekan om att Chemistry of life är väldigt sevärd, i synnerhet kanske, i sällskap av ännu inte inbitna kemister. ◦

Av Sofie Nyström, docent och lektor i proteinkemi, och Henrik Pedersen, professor i oorganisk kemi, Institutionen för fysik, kemi och biologi på Linköpings universitet.

Kemin bakom de antika föremålen

Moderna analytiska metoder avslöjar vilka kemiska metoder som användes i historien. **OLLE MATSSON** har läst en bok om forna tiders kemi.

ANDERS G. NORD, författare till *Forntidens kemi*, är docent i kemi och har ett långt yrkesliv bakom sig vid bland annat Riksmuseet och Riksantikvarieämbetet. En av hans tidigare böcker avhandlar medeltida pigment. Nu ger han sig in på kemin i alla handa material och föremål.

”Läsaren får kännedom om forntida kulturers kunskaper om olika material och tekniker, hur de utvecklats genom historien samt hur föremålens historia kan studeras med moderna analytiska metoder”, skriver arkeologiprofessorn Anders Kaliff i förordet.

Ett inledande kapitel behandlar översiktligt några av de kemiska och fysikaliska analysmetoder som används vid studiet av historiskt och arkeologiskt material – oorganiskt såväl som organiskt, inklusive av mänskligt ursprung. Därefter presenteras isotopanalyzer, som kan ge svar på metallers och pigments geografiska ursprung, och metoder för datering i ett par korta kapitel, följt av några sidor om materiens uppbyggnad. Referenser till litteratur förtecknad i slutet av varje kapitel ges genomgående i den löpande texten. Tyvärr är referenserna till grundläggande läroböcker i kemi mycket föråldrade och hade lika gärna kunnat utgå. Referenser till vetenskapliga artiklar och övrig litteratur inom bokens huvudsakliga områden är däremot helt aktuella och till stor nytta för den läsare som vill förkovra sig ytterligare.

DEN STÖRRE OCH för mig mest givande delen av boken omfattar tio kapitel, cirka 120 sidor, som presenterar resultat från studier av olika slags artefakter och material – bland annat sten och keramik, glas, metaller, mynt, läkemedel, skönhetsmedel, tvättmedel och färgämnen. Här finns mycket kunskap att hämta!

Inte minst är det utförliga avsnittet om forntidens färgämnen högtintressant. Konstnärlig verksamhet, färgning av

textilier och smink är blott några av de sammanhang där människan genom tiderna brukat pigment. Tidigt i olika delar av världen målades vitt med kalk, svart med kol och med jordfärger gult, rött eller brunt. Mest kända är nog djurmålningarna i Lascaux och Altamira. Men även i Afrika och Australien har man funnit grottmålningar. Den äldsta kända föreställer ett vartsvin och upptäcktes i en grotta på ön Sulawesi i Indonesien. Målningen är daterad till en ålder av 44 000 år med kol-14-metoden. I Skandinavien målades hållristningar under stenålder och bronsålder med röd järnoxid.

ANDERS G. NORD berättar fängslande om hur blått, grönt och rött har åstadkommit under historiens gång. Sammansättningen av pigment som malakit, azurit, lazurit, ultramarin, realgar, orpiment, cinnober,

blyvitt och blymönja förklaras, liksom var de nyttjats. Mineral och växtfärger har visserligen dominerat, men redan för 4 500 år sedan framställde egyptierna en syntetisk blå färg genom att upphetta en blandning av sand, kalk, soda och malakit (basiskt kopparkarbonat). Med isotopanalyzer har man kunnat undersöka färgernas och föremålens geografiska ursprung och handelsvägar.

I ETT AVSLUTANDE kapitel diskuterar författaren olika hot mot kulturföremål.

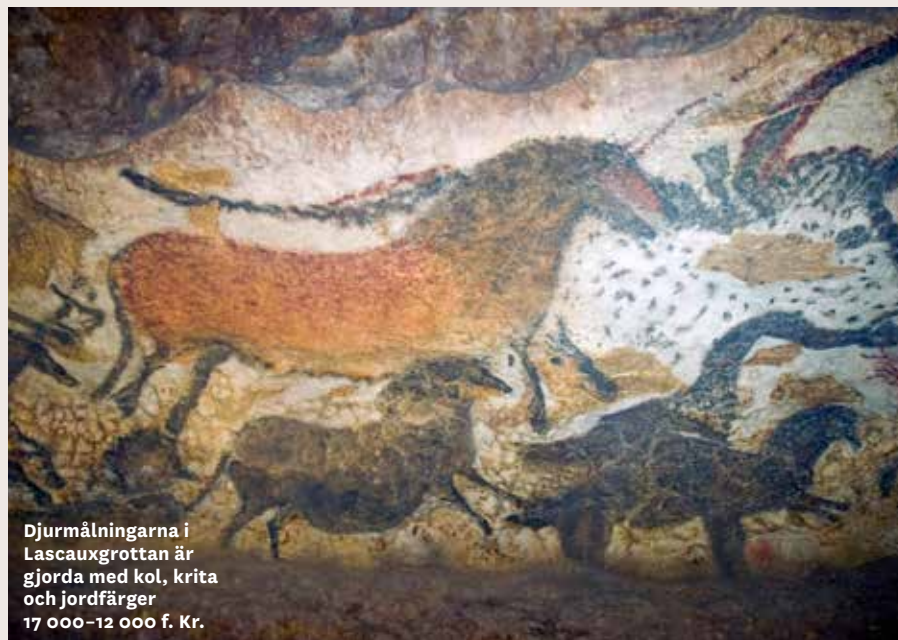


Jordbävningar, vulkanutbrott, bränder och riklig växtlighet nämns som naturliga orsaker till skada. Klotter och luftföroreningar är några av människans bidrag till förstörelse.

Några små fel i den inledande delen hade dock lätt kunnat undvikas: det

var inte Manne Siegbahn som belönades med Nobelpriset för elektronspektroskopi för kemisk analys, det var hans son Kai Siegbahn (1981). Michail Tsvet introducerade inte tunnskiktskromatografi, TLC, utan hans pionjärbete gällde kolonnkromatografi (1900). De första försöken med TLC gjordes först under 1940-talet. Summan av antalet protoner och neutroner är massa (M) och bör inte kallas massa (m). Det förtar emellertid inte helhetsintrycket av en faktarik, intressant och välskriven bok. ◦

Olle Matsson är professor emeritus i kemi, Uppsala universitet.



Djurmålningarna i Lascauxgrottan är gjorda med kol, krita och jordfärger 17 000–12 000 f. Kr.

Nya uppdrag och utmärkelser



Jonas Bergquist, professor vid Uppsala universitet, har utsetts till ständigt sekreterare för Kungliga Vetenskaps-societeten i Uppsala. Bland tidigare sekreterare finns Anders Celsius och Carl von Linné.



Christian Ekberg, professor vid Chalmers, får Arrheniusplaketten 2023. Han har gjort stora forskningsinsatser inom både materialåtervinning och kärnkemi och lägger därtill kraft på att vara vetenskapens röst i aktuella frågor.



Margaret Holme och **Alexander Giovannitti**, forskarasistenter vid Chalmers, **Hanna Barriga**, forskare på KTH, **Johannes Binting**, förste forskningsingenjör, och **Florian Trybel**, postdoktor vid Linköpings universitet, samt **Morteza Aramesh**, forskare vid Uppsala universitet, får det europeiska forskningsrådets startbidrag 2023. Bidraget är på motvarande cirka 17,7 miljoner kronor vardera och ger forskare i början av karriären möjligheter att bygga upp egna forskargrupper.



Knut Irgum, professor vid Umeå universitet, får Bror Holmberg-medaljen 2023. Han belönas för sitt arbete inom analytisk kemisk grundforsk-

ning och för att han har lyckats patentera och starta bolag kring området ”nya stationära faser för separationstekniken hydrofil interaktionskromatografi”.



Patrik Johansson, professor i materialfysik vid Chalmers, blir förstärkt för den nya satsningen Graphene EU, där ett antal projekt från EU:s stora grafensatsning ska drivas vidare.



Kristina Jonas, universitetslektor vid Stockholms universitet, belönas av stiftelsen Sven och Ebba-Christina Hagberg, med ett personligt pris och ett forskningsstöd, totalt 650 000 kronor. Hon får priset för sina biokemiska och molekylärbio-logiska studier av bakteriers tillväxt och reproduktion.



Jonathan Södergren, immunolog på Astra-Zeneca, får Lilla Polhemspriset 2023 för det bästa examensarbetet, vilket han har gjort på civilingenjörsutbildningen på Linköpings universitet.



Anna Wedell, professor vid KI, får IVA:s guldmedalj för att ha utvecklade nya verktyg för att kartlägga enskilda patienters gener och skapa samarbeten mellan forskning och sjukvård. Det har lett till banbrytande genombrott inom individanpassad medicin.



Charity Siu Gee Ganskow och Ganesh Shinde är två av 13 deltagare i det vinnande laget.

Bäst på syntes i global tävling

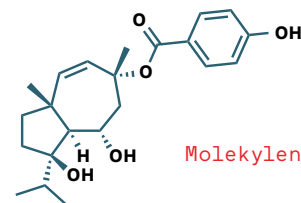
Doktorander från Göteborgs universitet hittade den bästa vägen att tillverka en speciell molekyl.

MERCK COMPOUND CHALLENGE är en global tävling som ordnas av läkemedelsföretaget Merck och går ut på att hitta den bästa syntesvägen för en given molekyl.

Själva tävlingen hölls för mer än ett år sedan. Därefter har de 500 internationella bidragen utvärderats i flera steg utifrån hållbarhet, antal steg, kreativiteten, genomförbarhet och renhet hos produkten. De tio bästa synteserna valdes ut och gjordes i labb. När vinnarna presenterades i början av hösten visade sig Göteborgsstudenternas förslag vara det bästa.

– Fantastiskt. Det var en glad överraskning, säger doktoranderna Ganesh Shinde och Charity Siu Gee Ganskow, två av de tretton postdoktorer, doktorander och mastersstudenter i det vinnande laget, som nu får dela på närmare 120 000 kronor.

Tävlingen börjar med att deltagarna får en struktur av en liten molekyl. De ska sedan inom 72 timmar presentera en genomförbar väg att syntetisera den. De får använda en mjuk-



vara för att planera en retrosyntes, där man arbetar bakifrån och utifrån den produkt man ska skapa bestämmer vilka ämnen syntesen ska starta med.

Göteborgsstudenternas förslag var en syntes i totalt nio steg. Den största utmaningen, säger de, var molekylen själv.

– Strukturen består av ett ramverk av en bicyklodekan med fem kirala kol och en tertiär ester. Den var väldigt svår att hitta en lämplig syntesväg för.

Enligt Merck ska företaget inte använda molekylen. Men tävlingen innebär att de får hjälp att testa mjukvaran.

Nu har nästa tävling precis dragit igång. Göteborgsstudenterna är med också i den. Denna gång har de dock bara 48 timmar på sig för att hitta en reaktionsväg. ◻

AVHANDLINGEN

Svampar kan rena industrins vatten

Det skulle på sikt kunna minska halterna av vissa toxiska ämnen i avloppsvatten som leds från kemi- och läkemedelsindustrin till de kommunala reningsverken.

INDUSTRIEN KOMMER ATT behöva rena vattnet som släpps ut till kommunala reningsverk mer. Ett sätt kan vara att använda svampar. De används redan i dag i viss utsträckning. Astra Zeneca i Södertälje har till exempel en anläggning där avloppsvatten renas från läkemedelsrester med hjälp av mikrosvampar och bakterier.

Åke Stenholm har i sin avhandling undersökt några så kallade filamentösa svampar, som har ett nätverk av trådar som växer under jorden, mycel, för att se om man med hjälp av dessa mycel kan bryta ner toxiska ämnen i industrivatten.

– Industrier skulle kunna använda utvalda svampar för att rena processvatten innan det släpps ut till det kommunala reningsverket. De kan minimera halterna av toxiska substanser som leds till reningsverken, säger han.

Arbetet inleddes med en screeningstudie på 42 svamparter som växer i skogar i Nordeuropa, för att se om deras mycel kan överleva och växa i en miljö som liknar den i avloppsvatten från en kemi- eller läkemedelsindustri. De mest lovande kandidaterna testades sedan vidare i vatten som också hade hög salthalt, i syfte att simulera ett specifikt processvatten. Eftersom de flesta svampar föredrar en sur miljö så hölls pH vid 4,5.

– Några inte bara överlevde utan växte också till kraftigt i denna ogästvänliga miljö, säger Åke Stenholm.



”Investigation of degradation of toxic substances in fungal cultures by mass spectrometric techniques”

Åke Stenholm

Institutionen för läkemedelskemi: analytisk farmaceutisk kemi, BMC, Uppsala universitet.

Handledare: Mikael Hedeland, Curt E. Pettersson, Torbjörn Arvidsson.

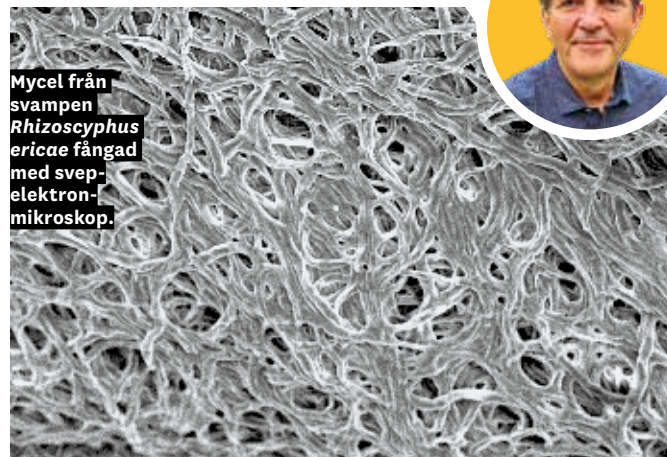
Han har därefter testat om mycel från utvalda svampar kunde bryta ner tre kända svårnedbrytbara toxiska föreningar: diklofenak, som är den aktiva substansen i voltaren men giftig för vattenlevande organismer, nonylfenolpolyetoxilat, som används i industrin som emulgeringsämne men gör att fiskar blir sterila, samt antibiotikumet

neomycin, som används inom veterinärmedicin men som i vatten kan bidra till att antibiotikaresistens uppkommer.

Vitrötesvampen *Trametes versicolor* kunde bryta ner samtliga toxiska föreningar. Svampen *Rhizoscyphus ericae* kunde växa i en lösning med enbart meomycin och använda substansen som näring och på så sätt bryta ner den.

– Det är en fördel om svampar kan använda toxiska industrikemikalier som näring. Det blir billigare vid kommersiell drift, eftersom man slipper tillsätta andra näringsämnen, säger Åke Stenholm.

Analyserna har gjorts med vätskekromatografi i kombination med högupplösande masspektrometri. På så sätt har halterna av föroreningar bestämts och nedbrytningsprodukter kunnat identifieras. ◻



Mycel från svampen *Rhizoscyphus ericae* fångad med svepelektronmikroskop.



Mindre kol lagras i artfattig mark

Kolinlagringen i gräsmarker riskerar att minska i takt med förlusten av biologisk mångfald. Orsaken är att en mer artfattig växtlighet tycks brytas ned snabbare i marken, visar en global studie som har letts från SLU och publicerats i *Nature communications*. Växter på artrika marker innehåller en större andel växtfibrer, som bryts ned långsammare.

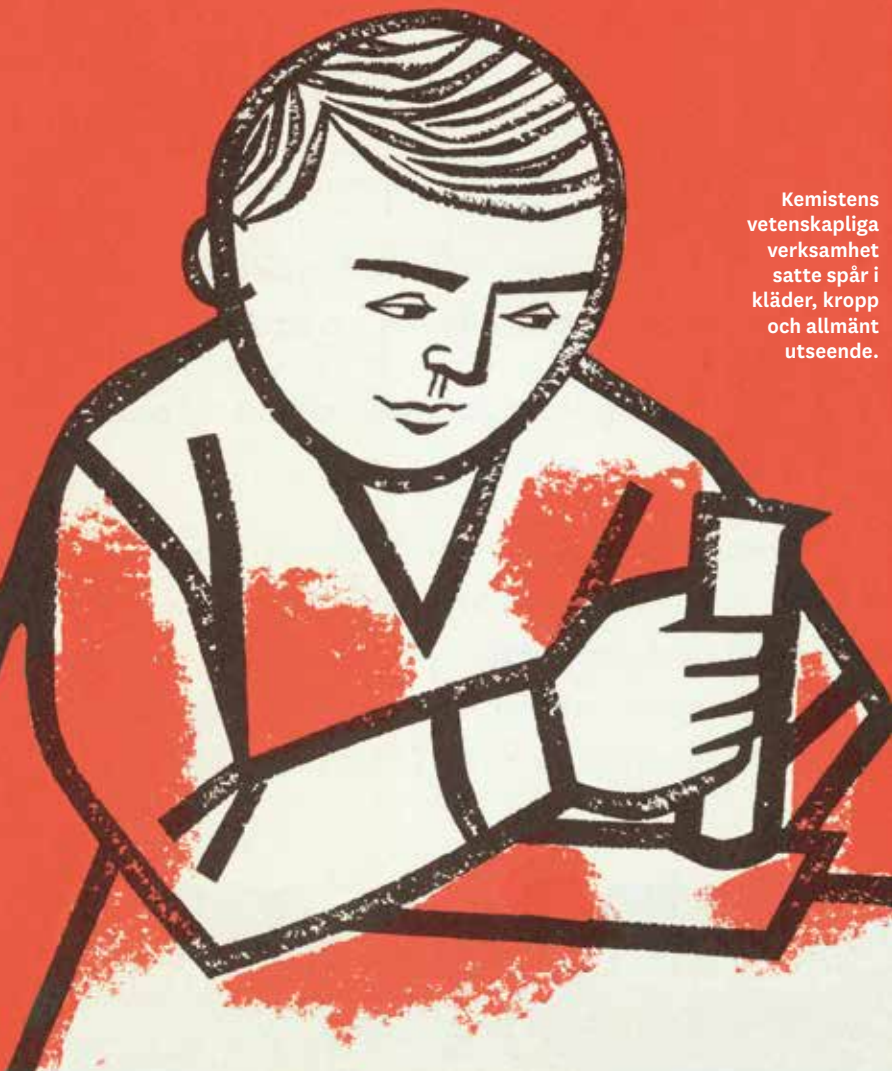
Ny katalysator kan ge flytande vätgasbränsle

Forskare vid Lunds universitet undersöker en ny metod för ett framtida bilbränsle. Ur en vätska utvinns vätgas med hjälp av en fast katalysator. Vätskan töms sedan ur tanken, laddas med väte och kan därefter användas på nytt, utan växthusgasutsläpp. Forskarna har visat att metoden fungerar i artiklar i *Catalysis science & technology* och *Chemistry Europe*.

Grafenoxid minskar skadliga plack

Alzheimers sjukdom orsakas av att felveckade proteiner bildar aggregat i hjärnan som ger celldöd. Forskare på Chalmers har i en studie som publicerats i *Advanced functional materials* visat att behandling med nanoflagor av grafenoxid minskar nivåerna av dessa proteiner i jästceller.

– Grafenoxid påverkar cellernas metabolism på ett sätt som ökar deras motståndskraft mot felveckade proteiner, säger forskaren Xin Chen.



Kemistens vetenskapliga verksamhet satte spår i kläder, kropp och allmänt utseende.

De märktes av sitt arbete

Fram till en bit in på 1900-talet var det relativt enkelt att rent fysiskt identifiera en kemist.

ATT IDÉER OCH vetenskap inte kan existera utanför ett kulturellt och socialt sammanhang är det ingen som betvivlar, men att alla idéer samtidigt måste finnas i en mänsklig kropp är inte lika uppmärksammat. Den intellektuelle framställs ofta

som mager, blek och märkt av djupa och stora tankar, en roll lätt för filosofer och för den fysiker som arbetar med matematiska beskrivningar av världen att uppfylla, men värre för de kemister, vars uppenbarelsen var märkta av laboratoriearbete.

Kemins historia är full av krossat glas, sot, smuts och i regel oangenäma dofter, och allt satte sina spår i kläder, i kropp och i kemistens allmänna utseende – och det på ett sådant sätt att genistämpeln tycktes långt borta. Det leder inte till en bild som får betraktaren att tänka på en intellektuell, eller på en vetenskapsman som sysslar med de ”stora frågorna”.

FÖR DET VAR svårt för en kemist att dölja dessa kroppsliga spår av sin vetenskapliga verksamhet. Kemikalier kunde förändra huden. Berzelius visste att selenväte färgade ”huden rödbrun, så att fläcken ej kan borttvättas”, och att enda sättet att bli ren var ”öfverhudens afnötning”. Han misstänkte en gång att hans lärjunge Mourade-ga d’Ohsson slutat

med kemi, men blev övertygad om det motsatta när fru d’Ohsson i brev beskrev sin mans smutsiga fingrar, lukten av svavel- och fosforväte som strömmade från hans arbetsrum, och de spår syror satt på hans näsdukar. Carl Wilhelm Blomstrands fingrar och kläder visade tydligt ”att han sysslade med syror”. Linus Pauling har någon gång berättat att en oförsiktig hantering av tellurföreningar lett till så försämrade andedräkt och följande social isolering att den oförsiktige kemisten begått självmord. Exemplet kan mångfaldigas, men belyses kanske bäst med standardskämten att kemi är den vetenskap som bäst konserverar dess utövare – ett skämt, som med dagens ar-

betsmiljöarbete, var vanligare för.

August Strindberg var amatörkemist, med extrem betoning på amatör, och noterade under sitt år i Uppsala, där han aldrig studerade kemi, den slarviga klädsel som kännetecknade kemiprofessorn Lars Fredrik Svanberg. Denne ”gick illa klädd och gjorde sig ovanlig”, och eftersom han var lärjunge till Berzelius och ”Berzelius gick bland annat i trasiga byxor ... utgjorde ’hål i grenar’ ett kännetecken på en stark kemist”. Strindberg är givetvis ett diskutabelt sanningsvittne, men återkommer till temat i boken *I havsbandet*, där intendent Borg inte accepterades av sina vetenskapliga kolleger, eftersom hans eleganta kläder ”ansågs som bevis på ovetenskaplighet hos dem som mindes Berzelii trasiga byxor”.

MYTER OCH SKRÖNOR av ovanstående slag är inte ovanliga, men har en verklig bakgrund. De speglar att för en kemist är den direkta kontakten med kemikalier oundviklig. Vad jag fick lära mig under min tid som kemistudent på 1960-talet – att en kemist skulle kunna laborera i frack – motsägs å det kraftfullaste av historien. Det är kemikaliers och reaktioners egenskaper som kemisten ska beskriva, och för att studera dessa krävdes en hantverkskicklighet där nära kontakt med kemikalierna var oundviklig. Och nära kontakt sätter spår. En kemist där verksamheten inte märks på kropp, utseende eller klädsel var före 1900 en ovanlighet. Från mitten av 1950-talet har mycket av denna kontakt ersatts av instrument, och kemister i dag är inte lika lätta att identifiera utifrån deras yttre. Och det kanske vi – och kemisterna – ska vara glada för. ◊

Av Anders Lundgren, professor emeritus i idé- och lärdomshistoria vid Uppsala universitet och ledamot i Kemisamfundets kemihistoriska nämnd.



MINERALRIKT

I kemihistoriens fotspår till Utö

Den 15 september bjöd Kemisamfundets Stockholmskrets in till en guidad utflykt till Utö gruvor i Stockholms skärgård.

DET VAR EN solig och fin dag och deltagarna – däribland två gymnasieklasser – åkte ut till ön med en färja från Årsta brygga.

Väl på ön guidades gruppen runt av Jörgen Langhof, intendent vid Naturhistoriska riksmuseet. Han gav en inblick i Utös unika geologi. De som ville fick dessutom vara med på en guidad visning av en anlagd våtmark.

På Utö har man brutit järnmalm från 1100-talet fram till 1870-talet. Malmen har sedan använts i järnbruk, dels längs Norrlandskusten, dels i Finland.

– Jämfört med fågelskådare – som bara behöver titta uppåt för att se vad de vill – behöver geologer titthål för att kunna se in i jorden. Det finns det generellt inte så mycket av men på Utö finns det gott om titthål, berättade Jörgen Langhof. Han berättade också om att

Utö är en mycket mineralrik plats. Där finns bland annat de mineralrika litiumpegmatiterna. Ett exempel på ett litiumrikt mineral är petalit – med sammansättningen $\text{LiAl}(\text{Si}_4\text{O}_{10})$. Det upptäcktes på Utö år 1800 av brasilianaren José Bonifacio de Andrada e Silva. Sjutton år senare upptäckte en av Berzelius lärjungar, Johan August Arfwedson, grundämnet litium i just Utö-petalit.

På Utö påträffas även chiavennit – ett gult mineral med sammansättningen $\text{Ca}_{1-2}(\text{Mn,Fe})\text{Si}_3\text{Be}_2\text{O}_{13}(\text{OH})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ som är väldigt sällsynt.

Vilken är Sveriges mest intressanta plats ur en mineralogisk synvinkel?

– Långban i östra Värmland! Det är en av världens mest mineralrika platser och 77 nya mineral har beskrivits därifrån. I Stockholmsområdet är det förutom Utö även Ytterby och kalkstensbrottet Stora Vika.

1. På Utö har man brutit järnmalm från 1100- till 1870-talet.

2. Jörgen Langhof berättar om Utös unika mineralogi.

3. Litium upptäcktes i mineralpetalit, som först hittades på Utö år 1800.

Han tilldelas Anna Sundström award

Tianqi Liu från Avdelningen för organisk kemi vid Kungliga Tekniska högskolan, KTH, är mottagare av Anna Sundström award 2022. Han tilldelades priset för sin doktorsavhandling *Outer coordination spheres engineering of ru-based molecular water oxidation catalysts*.

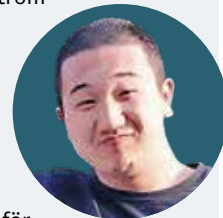
– Vår forskning fokuserar på molekylära katalysatorer för vattenoxideringsreaktionen, vilket är ett avgörande steg i produktionen av grön vätgas. En av fördelarna med molekylära katalysatorer är deras väldefinierade struktur. Det gör dem mycket lämpliga för studier av katalytiska mekanismer. Molekylära katalysatorer är också det enda modellsystemet där intermediärer vid varje steg potentiellt kan isoleras och karakteriseras på molekylär nivå, säger han.

Hur valde du forskningsinriktning?

– Jag har ett starkt intresse för molekylära katalytiska system. Därför försökte jag ansöka om relevanta doktorandprogram inom detta område efter avslutad masterexamen i Kina.

Vad vill du göra i framtiden?

– Jag hoppas fortsätta min forskning inom elektrokatalys för aktivering av småmolekyler, antingen inom industrin eller akademien. Jag lutar dock åt akademien eftersom jag verkligen uppskattar att utforska ”udda” idéer inom ramen för akademisk frihet.



Var med och skapa Norra kemikretsen!

Norra Sverige är viktigt inom svensk kemi. Där händer mycket och det finns otaliga möjligheter till kemirelaterade möten och exkursioner. Därför skulle Kemisamfundet vilja ha en krets i norr.

Är du intresserad av att engagera dig eller veta mer, kontakta info@kemisamfundet.se.

ANNONS



Berzeliusdagarna – Inspirationsmöte för gymnasieelever från hela landet

Berzeliusdagarna är ett årligen återkommande inspirationsmöte där kemiintresserade gymnasieelever från hela landet får ta del av spännande presentationer om kemins värld. Elevernas deltagande bekostas av sponsorer.

Bland nästa års talare finns nobelpristagaren David MacMillan.

Nätverka och inspireras i rollen som kemilärare

Berzeliusdagarna bjuder dessutom på en lärarsamling och en fin middag endast för lärare.

Berzeliusdagarna 2024

När? 19-20 januari

Var? Aula Magna, Stockholms universitet



Berzeliusdagarna

berzeliusdagarna.se