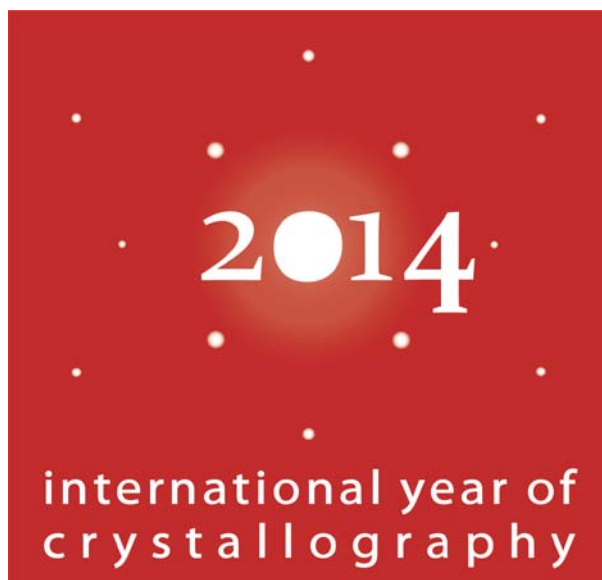
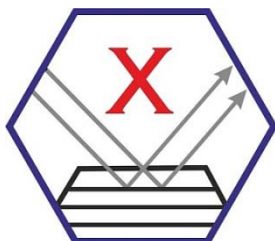


2014 - Mezinárodní rok krystalografie



Seminář k Mezinárodnímu roku krystalografie

Pořádá Krystalografická společnost a
Matematicko-fyzikální fakulta Univerzity Karlovy v Praze

Středa 23. 4. 2014

**Akademie věd České republiky
Národní 3, Praha 1**

Co je to krystalografie?¹

S krystaly se v přírodě setkáváme velmi hojně. Nalézáme je v horninách jako krystaly různých minerálů (drahokamy, grafit a podobně). Spatřit je můžeme i doma (kuchyňská sůl, cukr,...) nebo při procházce v zimním období, kdy se na nás snášejí ve formě sněhových vloček. Krása krystalů, jejich symetrické tvary a barvy, upoutávaly pozornost již dávných učenců. Tito ranní krystalografové se snažili popsat jejich krásu pomocí matematiky – geometrie.

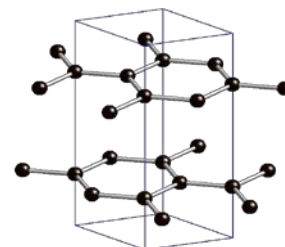
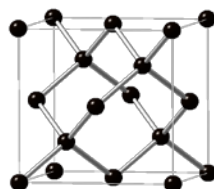


Hexagonální symetrie vločky sněhu

Počátkem 20.století se objevila možnost jak nahlédnout do vnitřní struktury hmoty i krystalů. Tuto možnost nám poskytly rentgenové paprsky, jejichž použití ke studiu struktury stojí u základů moderní krystalografie.

Rentgenové paprsky byly objeveny v roce 1895. Rentgenové paprsky nejsou okem viditelné. Když jimi osvětlíme/ozáříme kus látky (kov, sklo a pod), atomy, ze kterých je látka složena s rgt. paprsky interagují a začínou je rozptylovat do všech směrů. Krystalografové objevili, že krystaly ve výsledku rozptylují paprsky jen v určitých směrech. Tento jev je důsledkem pravidelného uspořádání atomů, kdy se rozptýlené paprsky od jednotlivých atomů sečtou jen několika směrech, v ostatních směrech je celková intenzita paprsků nulová. Změřením těchto směrů a intenzit rozptýlených paprsků byli vědci schopni vytvořit trojdimenzionální obraz atomové struktury krystalů. Bylo zjištěno, že krystaly jsou ideálními objekty pro studium struktury hmoty na atomové nebo molekulární úrovni a to na základě tří společných charakteristik: jsou to pevné látky, trojdimenzionální a vytvořené z velmi pravidelných a často vysoce symetrických uspořádání atomů.

Díky krystalografii mohou vědci studovat chemické vazby, které spojují jednotlivé atomy. Vezměme si například grafit a diamant. Tyto minerály jsou s těži podobné, jeden je neprůhledný a měkký (grafit je používán k výrobě tužek), zatímco druhý je průhledný a tvrdý. Grafit a diamant jsou blízcí příbuzní, z chemického hlediska, obě jsou to formy uhlíku. Je to schopnost diamantu rozptylovat světlo, v důsledku struktury jeho chemických vazeb, která mu dává jeho lesk. Víme to díky krystalografii.



*Diamant (vlevo) a grafit (vpravo).
Fotografie (nahore) a krystalová struktura (dole).*

Rentgenová krystalografie může být použita pouze pro krystaly s pravidelným uspořádáním atomů. Může studovat například minerály a mnoho dalších látek jako sůl nebo cukr. Může studovat také led, ale jen pokud neroztaje. To

proto, že v kapalině nelze kvůli pohybu molekul registrovat rozptýlený signál, který by mohl být interpretován. Krystalografové zjistili, že by mohli studovat biologické materiály, jakými jsou proteiny nebo DNA, pokud z nich připraví krystaly. To rozšířilo záběr krystalografie do biologie a medicíny. Tento objev přišel v době, kdy rostoucí výkon počítačů dovolil vytvářet strukturální modely i pro tyto komplexnější krystaly.

Po více jak století rozvoje se rentgenová krystalografie stala hlavní technikou studia struktury látek na atomární úrovni a jejich souvislosti s vlastnostmi materiálů. Má ústřední roli v rozvoji mnoha vědeckých disciplín. Objevují se stále nové krystalografické metody a kromě rgt.paprsků jsou dnes dostupné i jiné zdroje záření vhodné ke studiu struktury látek – elektrony, neutrony a synchrotronové záření. Dnes je tak možné zkoumat i strukturu látek, které nejsou pravidelně uspořádány – například kvazikrystaly nebo kapalně krystaly.

Vývoj přístrojů schopných generovat intenzivní světlo a rentgenové záření (synchrotrony) způsobil určitou revoluci v krystalografii. Velká výzkumná zařízení synchrotronů jsou využívána krystalografy pracujícími v takových oblastech jako biologie, chemie, materiálová věda, fyzika, archeologie a geologie. Synchrotrony umožnily např. archeologům přesně zjistit složení a stáří artefaktů pocházejících z doby před deseti tisíci let a geologům analyzovat meteority a měsíční horniny.

¹ Překlad části textů oficiální brožury UNESCO, www.iycr2014.org. Volně přeložili R. Kužel, S. Daniš.

Stručná historie

Celou historii byli lidé fascinováni krásou a tajemností krystalů. Před dvěma tisíci let, římský přírodovědec Gaius Plinius Secundus obdivoval 'pravidelnost šestibokých hranolů křemene'. Ve své době byl proces krystalizace cukru a soli znám starověké čínské a indické civilizaci: krystaly třtiny byly v Indii vyráběny z třtinové šťávy a v Číně byla mořská voda odpařována až na čistou sůl. Krystalizace byla také rozvíjena v Iráku v 8. století. O dvě stě let později v Egyptě a Andaluzii zvládli techniku řezání křemene pro užití v nástrojích a dekoračních předmětech. V roce 1611, matematik a astronom Johannes Kepler byl prvním, kdo poprvé pozoroval symetrický tvar sněhových vloček a odvodil z něj jejich základní strukturu. Méně než dalších 200 let potom, francouzský mineralog René Just Hauy objevil geometrický zákon krystalizace.



Johan Kepler



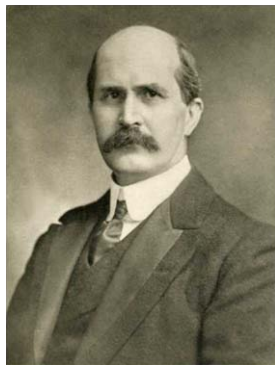
Wilhelm Conrad Röntgen

V roce 1895 byly objeveny paprsky X Wilhelmem Konradem Roentgenem, který obdržel historicky první Nobelovu cenu za fyziku v roce 1901. Byl to však Max von Laue a jeho spolupracovníci, kteří objevili, že pokud tyto paprsky procházejí krystalem a interagují s ním, jsou difraktovány v určitých směrech v závislosti na typu krystalu. Tento objev získal Nobelovu cenu v roce 1914.

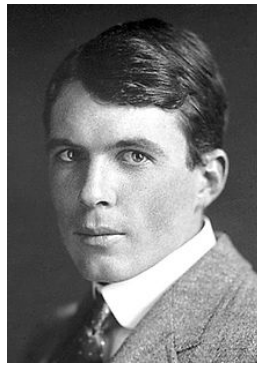
Stejně důležitým byl objev otce a syna Williama Henryho Bragga a Williama Lawrence Bragga v roce 1913, že rentgenové záření může být použito k přesnému určení poloh atomů v krystalu a rozluštění jeho trojdimenzionální struktury. Tento objev známý jako Braggův zákon podstatně přispěl k modernímu rozvoji všech přírodních věd, protože atomová struktura řídí chemické a biologické vlastnosti látek a krystalová struktura jejich fyzikální vlastnosti. Otec a syn Braggovi dostali Nobelovu cenu za fyziku v roce 1915.



Max Theodor
Felix von Laue



William Henry
Bragg



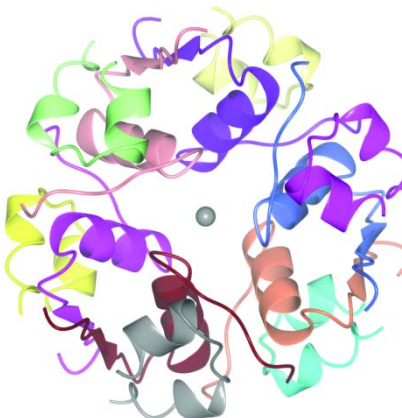
William Lawrence
Bragg



Dorothy Hodgkin



Rosalinda Franklin



Struktura inzulínu

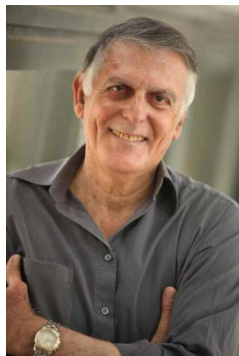
V letech 1920-1960, rentgenová krystalografie pomohla odhalit některá tajemství struktury života se zásadními důsledky pro lékařskou péči. Dorothy Hodgkinová vyřešila řadu struktur biologických molekul včetně cholesterolu (1937), penicilinu (1946), vitamínu B₁₂ (1956) a inzulínu (1969). Získala Nobelovu cenu za chemii v roce 1964. Sir John Kendrew a Max Perutz byli prvními, kteří vyřešili strukturu proteinu, což jim přineslo Nobelovu cenu za chemii v roce 1962. Od tohoto průlomu bylo rentgenovou krystalografií vyřešeno více než 90 000 struktur proteinů, nukleových kyselin a dalších biologických molekul.

Jedním z největších milníků 20. století byl objev krystalové struktury DNA Jamesem Watsonem a Francisem Crickem. Snad méně známo je, že jejich objev byl založen na difrakčních experimentech provedených Rosalindou Franklinovou, která zemřela předčasně v roce 1958. Objev dvojité šroubovice vydláždil cestu

makromolekulární a proteinové krystalografii, nepostradatelným nástrojům dnešních biologických a lékařských věd. Watson a Crick obdrželi Nobelovu cenu za medicínu v roce 1962 spolu s Mauricem Wilkinsem, který pracoval s Rosalindou Franklinovou.



Ada Yonath



Dan Shechtman



Brian Kobilka

Krystalografie a krystalografické metody se během posledních 50 let dále vyvíjely. Např. v roce 1985 byla Nobelova cena udělena Herbertu Hauptmanovi a Jerome Karleovi za vývoj nových metod pro analýzu krystalových struktur. Výsledkem je, že jsou určovány krystalové struktury stále více a více látek.

Nedávné Nobelovy ceny byly uděleny Venkatramanu Ramakrishnanovi, Thomasu Steilzovi a Adě Yonath (2009), Andre Geimovi a

Konstantinu Novoselovovi (2010) za jejich průkopnické práce o grafenu, prvním z nové třídy dvojdimenzionálních krystalických materiálů s unikátními elektrickými a mechanickými vlastnostmi, Danu Shechtmanovi (2011) za objev kvazikrystalů a Robertu Lefkowitzovi a Brianu Kobilkovi (2012) za odhalení vnitřních mechanismů důležité rodiny buněčných receptorů, které řídí téměř všechny funkce lidského těla.

Proč potřebují státy investovat do krystalografie

Krystalografie stojí v základech vývoje prakticky všech nových materiálů od každodenních produktů jakými jsou paměťové karty, ploché televizní obrazovky, ale i součásti aut a letadel. Krystalografové nestudují jen strukturu materiálů. Ze znalosti vztahu struktura-vlastnost mohou navrhnout modifikaci struktury za účelem získání nových vlastností a nebo k tomu, aby je přinutily k jinému chování. Difrakční záznam látky je jakýsi „otisk prstu“ materiálu. V případě patentu může tento „otisk“ sloužit jako důkaz, že nově připravená látka, například léčivo, je unikátní.

Krystalografie má dnes řadu aplikací. Proniká do našich každodenních životů a formuje páteř průmyslových odvětví, která jsou stále více závislá na schopnosti vyvíjet nové produkty a to včetně potravinářského, leteckého, automobilového, kosmetického, počítačového, elektromechanického, farmaceutického průmyslu i hornictví. Níže uvádíme několik příkladů.

Mineralogie

je nepochybně nejstarší odvětví krystalografie. Rentgenová krystalografie byla hlavní metodou určení atomové struktury minerálů a kovů již od dvacátých let minulého století. V podstatě všechno, co známe o horninách, geologických formacích historii Země je založeno na krystalografii. Dokonce i naše znalost 'vesmírných návštěvníků' jakými jsou meteority pochází z krystalografie. Tato znalost je obvykle nezbytná pro hornictví a jakýkoli další průmysl, který vrtá do Země – voda, ropa, zemní plyn, geotermální průmysl.

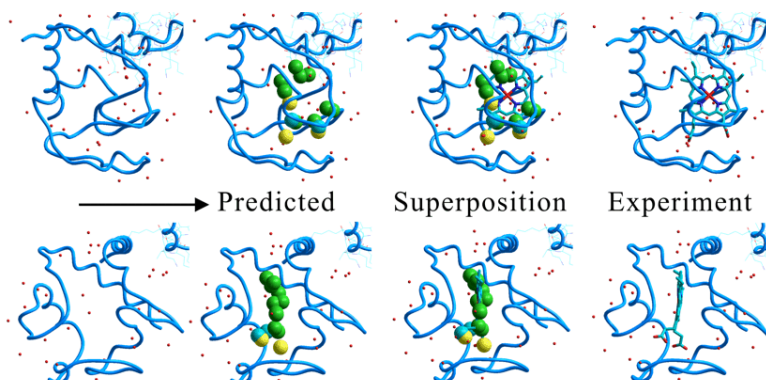


Meteorit (geology.com)

Návrh léčiv

je silně závislý na užití krystalografie. Farmaceutická společnost hledající nové léčivo ke zničení určité bakterie nebo viru nejprve potřebuje nalézt malou molekulu schopnou zablockovat aktivní proteiny (enzymy), které jsou součástí útoku na lidskou buňku.

Znalost přesného tvaru proteinu umožňuje vědcům navrhnout látku léčiva, které se může připnout na aktivní místo proteinu a tak znemožnit jeho škodlivou činnost.



Návrh léčiv (ilustrační foto, www.molfunction.com)

Krystalografie je také nepostradatelná při rozeznávání pevných forem jednotlivých léků, jelikož ty mohou být rozpustné za různých podmínek, které ovlivňují jejich účinky. To je důležité pro generický farmaceutický průmysl zvláště v Asii a Africe, kde léky proti HIV jsou vyráběny s povinnou licencí, aby byly dostupné nejhudším obyvatelům.

Kdo organizuje Mezinárodní rok krystalografie?

Rok krystalografie je organizován společně Mezinárodní krystalografickou unií (IUCr) a UNESCO. Doplnuje dva další mezinárodní roky vedené UNESCem v systému OSN – Mezinárodní rok chemie (2011) a Mezinárodní rok světla (2015). UNESCO implementuje všechny tři roky přes svůj Mezinárodní program základních věd (International Basic Sciences Programme).



Proč právě teď?

Mezinárodní rok krystalografie připomíná sto let zrození rentgenové krystalografie díky výzkumům Max von Laueho, Williama Henryho a Williama Lawrence Bragga. Rok 2014 zároveň připomíná 50. výročí další Nobelovy ceny, která byla udělena Dorothy Hodgkinové za vyřešení struktury vitamínu B₁₂ a penicilinu.

Krystalografie stojí u základů všech dnešních přírodních věd, zůstává relativně neznámá široké veřejnosti. Jedním z cílů Mezinárodního roku krystalografie je propagace vzdělávání a obecného povědomí skrz různé aktivity.

Krystalografové jsou aktivní ve více než 80 zemích světa, z nichž 53 jsou členy Mezinárodní krystalografické unie. Unie zajišťuje rovný přístup k informacím a datům pro všechny své členy a podporuje mezinárodní spolupráci.

Je nutné rozšiřovat základnu krystalografie a poskytnout více rozvojovým zemím expertízy v této oblasti kritické pro jejich vědecký a průmyslový rozvoj. To je ještě důležitější v tom, že krystalografie bude hrát v následujících desetiletích klíčovou roli v přechodu k udržitelnému rozvoji.

Výzvy pro budoucnost

V roce 2000 přijaly světové vlády Rozvojové cíle tisíciletí Organizace spojených národů, které definují specifické cíle do roku 2015, mezi jinými snížení extrémní chudoby a hladu, zlepšení přístupu k čisté vodě a bezpečné hygieně, zbrzdění dětské úmrtnosti a zlepšení mateřského zdraví.

Vlády momentálně připravují čerstvou sadu cílů, které určí rozvojovou agendu po roce 2015. Následuje několik příkladů, jak může krystalografie pomoci rozvinout tuto agendu.

Potraviny

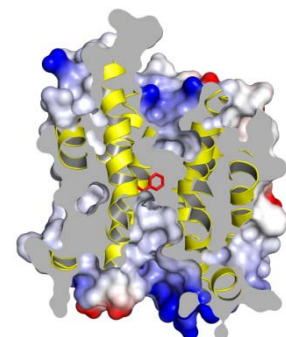
Očekává se růst světové populace do roku ze 7 miliard v roce 2011 na 9,1 miliard v roce 2050. Kombinace rychlého růstu populace a stravy více založené na masě a mléčných výrobcích než v minulosti může vytvořit růst požadavků na potraviny do roku 2050 o 70 %. To vytváří hlavní výzvu pro zemědělství.

Současný stav krystalografických technik je hnací silou výzkumu v zemědělském a potravinářském sektoru. Krystalografie může být například použita k analýze půd. Jednou z vážných příčin zhoršení půd je přesolení, které se může objevit přirozeně anebo i být vyvoláno lidskými činnostmi.

Strukturní studia rostlinných proteinů mohou pomoci k vývoji plodin odolnějších vůči slanému prostředí.

Krystalografie může též přispět k vývoji léčiv proti nemocem rostlin a zvířat. Jedním příkladem je výzkum nákazy některých druhů plodin jako rajčata nebo vývoj vakcín pro prevenci nemocí jako ptačí nebo prasečí chřipka.

Krystalografická studia bakterií jsou důležitá pro výrobu produktů z mléka, masa, zeleniny a dalších rostlin.

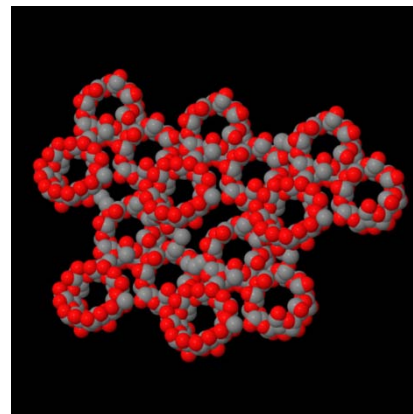


Model rostlinného proteinu
www.bnl.gov.

Voda

Ačkoli svět dosáhl nedávno jednoho z Rozvojových cílů tisíciletí snížit na polovinu podíl lidí bez přístupu k nezávadné pitné vodě do roku 2015, subsaharská Afrika a arabský region zůstává dle zprávy OSN (World Water Development (2012)) pozadu. Stejný cíl v oblasti hygieny se v současné době zdá nedosažitelný, protože polovině populace v rozvojových oblastech stále ještě přístup k nezávadné vodě chybí. Navíc se odhaduje, že počet lidí v centrech měst, kteří nemají přístup k zásobování čistou vodou a sanitací se od roku 2000 zvýšil o 20 %. Předpovídá se, že městské obyvatelstvo se téměř zdvojnásobí z 3,4 miliónu v roce 2009 na 6,3 miliardy v roce 2050.

Krystalografie může pomoci zlepšit kvalitu vody v chudých komunitách například tím, že rozpozná nové materiály, kterými lze čistit vodu po celé měsíce, jako jsou nanohouby (nanosponges) a nanotablety. Může také pomoci rozvíjet ekologické řešení ke zlepšení sanitace.



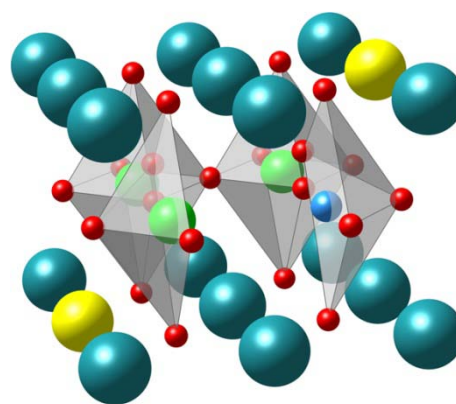
Molekulová struktura cyklohexanových karbonátových nanohub (Beilstein J. Org. Chem. 2012, 8, 2091–2099).

Energie

Vzhledem k tomu, že energie chyběla v Rozvojových cílech tisíciletí, mělo by to být těžiště agendy rozvoje po roce 2015. V září 2011, generální tajemník OSN zahájil iniciativu Udržitelná energie pro všechny. To přichází v době rostoucího znepokojení nad vlivem ekonomik, náročných na fosilní paliva, na zemské klima a uznání, že je třeba urychlit přechod k udržitelným zdrojům energie. Podle Mezinárodní energetické agentury se emise kyslíčnicku uhličitého (CO₂) zvýšily v letech 2008-2010 o 5 % na 30,6 gigatun, a to navzdory mezinárodní finanční krizi. Má-li svět udržet globální oteplování o 2 ° C v tomto století, emise CO₂ energetickým sektorem nesmí překročit v roce 2020 32 Gt.

Přesto se očekává, že celosvětová spotřeba energie vzroste mezi lety 2007 a 2035 o 50 % přičemž, že země, které nejsou členy OECD budou zodpovědné za zvýšení o 84 %. V roce 2009 1.4 miliarda lidí stále postrádala přístup k elektrické energii. Do roku 2025 se očekává nárůst poptávky po energii z obnovitelných zdrojů o 60 %.

Krystalografie může rozvíjet nové produkty snižující domácí spotřebu energie (a účty za vytápění), jako jsou například izolační materiály a to při snížení uhlíkových emisí. Může také identifikovat nové materiály, které snižují náklady na solární panely, větrné mlýny a baterie a přitom je učinit efektivnější, snížit plýtvání a zlepšit přístup k ekologicky šetrným technologiím.



Nové materiály perovskitových kyslíčnicků vykazujících jak efektivní absorpci tak i uvolnění nositelů náboje (drexel.edu).

Ekologizace chemického průmyslu

Ekologizace chemického průmyslu bude zásadní pro ekologizace globální ekonomiky. Chemický průmysl vyrábí více než 70.000 různých produktů, od plastů a hnojiv po prací prostředky a léky. Je velmi závislý na ropě, k výrobě 80-90 % svých výrobků spotřebovává 10 % celosvětové produkce ropy. Je tedy náročný na zdroje a energii.

Mnoho rozpouštědel a katalyzátorů jsou toxické látky a likvidace chemických odpadů je složitá a nákladná. Toxické a karcinogenní látky jsou v současné době uvolňovány do ovzduší, půdy a vody. Podle Programu OSN pro životní prostředí Západní Evropa produkovala v roce 2000 celkem 42 milionů tun toxického odpadu, z nichž pět milionů bylo o rok později exportováno.

Krystalografie může přispět k vývoji ekologických stavebních materiálů ve vyspělých a rozvojových zemích. Může také pomoci snížit znečištění a nahradit chemická rozpouštědla ekologickými anorganickými rozpouštědly na bázi iontových kapalin a CO₂. Může snížit těžební odpad a odpovídající náklady tím, že přispěje k metodám, které selektivně extrahují pouze žádané materiály.



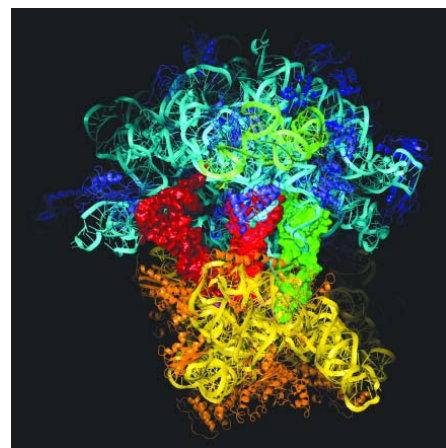
Zdraví

Problémy k řešení ohledně zdraví zřejmě budou i v následujících desetiletích skličující. Stále neexistuje žádná účinná vakcína nebo lék na takové pandemie, jako např. HIV/AIDS, horečka dengue a malárie, které i nadále pustoší zejména rozvojový svět.

Mnoho zdravotních problémů v rozvojových zemích je spojeno s nedostatečným přístupem k čisté vodě a bezpečné hygieně, včetně průjmových nemocí jako jsou cholera nebo chronické onemocnění schistosomóza. Nicméně, rozvojové země jsou také vystaveny stejným chronickým zdravotním zátěžím jako rozvinuté země, včetně srdečních chorob, rakoviny a stále více i cukrovky.

Jiné vážné zdravotní problémy, které ovlivňují bohaté a chudé země patří vznik nových patogenů a rostoucí odolnost bakterií na stávající lékařské postupy.

Krystalografie může například řešit rostoucí odolnosti bakterií vůči antibiotikům. Spolu s Venkatramanem Ramakrishnanem a Thomasem Steitzem, se podařilo krystalografce Adě Yonath určit strukturu ribozomu a způsob, jakým je narušen antibiotiky. Ribozomy jsou zodpovědné za produkci všech proteinů v živých buňkách, včetně lidských, rostlinných a bakteriálních. Když je funkce ribozomu omezena buňka umírá. Ribozomy jsou klíčovým cílem pro antibiotika, protože antibiotika jsou schopna zaútočit na ribozomální aktivitu škodlivých bakterií, přičemž lidských ribozomů se netknou. V roce 2008, Prof. Yonath získala za svojí práci cenu L'Oréal-UNESCO, pro ženy ve vědě, a o rok později všechny tři vědci pak Nobelovu cenu.



Struktura ribozómu

Zejména tropy jsou obdařeny bohatou biodiverzitou, která zůstává neprozkoumána. Krystalografie může pomoci zemím identifikovat vlastnosti a chování endogenních rostlin, s cílem vyvinout přípravky pro ochranu zdraví a pokožky, rostlinná léčiva a tak dále.



Symetrie v umění (seanfitzgibbon.blogspot.cz)



Poutní kostel sv. Jana Nepomuckého,
Zelená hora



Taj Mahal, Indie

Program

- 9:00 Zahájení (V. Baumruk, R. Kužel)
Intermezzo I - krystalografie přesahující hranice oborů (R. Kužel)
- 9:15 - 9:40
S. Daniš (Univerzita Karlova v Praze, Matematicko-fyzikální fakulta)
Jak sněhová vločka k Nobelovým cenám přišla aneb proč je letošní rok Mezinárodním rokem krystalografie
- 9:40 - 9:50
Intermezzo II - možnosti monokrystalové difrakce (R. Kužel)
- 9:50 - 10:10
J. Hašek (Biotechnologický ústav AV ČR, v. v. i., Praha)
Nobelovy ceny v krystalografii
- 10:10 - 10:40
Intermezzo III - Historie krystalografie na území Československa (R. Kužel)
E. Těšínská (Ústav pro soudobé dějiny AV ČR, v. v. i., Praha)
Mezinárodní krystalografická unie a členství Československa
I. Kraus (Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská, ČVUT, Praha)
Profesorka Adéla Kochanovská
- 10:40 - 11:00 *Přestávka*
- 11:00 - 11:25
J. Fábry (Fyzikální ústav AV ČR, v. v. i., Praha)
Geometrické vztahy v některých Santiniho stavbách
- 11:25 - 12:10
J. Dohnálek, J. Hašek (Biotechnologický ústav AV ČR, v. v. i. Praha)
Proteinová krystalografie
- 12:10 - 13:15 *Přestávka*
- 13:15 - 13:30
Intermezzo IV - Možnosti práškové difrakce, Prášková difrakce na Marsu (R. Kužel)
- 13:30 - 14:00
B. Kratochvíl (VŠCHT, Praha)
Krystalografie a farmaceutický průmysl
- 14:00 - 14:30
M. Kotrlý (Kriminalistický ústav Praha)
Využití práškové difrakce ve forenzní praxi
- 14:30 - 14:50
S. Švarcová (Akademická laboratoř materiálového průzkumu malířských děl, společné pracoviště ÚACH AV ČR, v.v.i. a AVU v Praze)
Stáří mistři difraktující. Krystalografický výlet za pigmenty Českých zemí
- 14:50 - 15:10
E. Smrček (Ústav anorganické chemie SAV, Bratislava)
Kryštalografia na Limes Romanus
- 15:10 - 15:30
D. Havlíček (Univerzita Karlova v Praze, Přírodovědecká fakulta)
Prášková rentgenová difrakce jako užitečný nástroj ke sledování polutantů v ovzduší
- 15:30 - 15:50
Z. Pala, K. Kolařík (Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská, ČVUT, Praha)
Rentgenová difrakce ve výrobních technologiích
- 15:50 - 16:10 *Přestávka*
- 16:10 - 16:30
J. Fikáček (Univerzita Karlova v Praze, Matematicko-fyzikální fakulta)
Krystalová struktura a magnetické vlastnosti
- 16:30 - 16:50
M. Dušek (Fyzikální ústav AV ČR, v. v. i., Praha)
Modulované struktury
- 16:50 - 17:10
S. Vratislav (Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská, ČVUT, Praha)
Neutronová difrakce
- 17:10 - 17:30
S. Daniš (Univerzita Karlova v Praze, Matematicko-fyzikální fakulta)
Rozptyl rtg záření na nanostrukturách
- 17:30 - 17:50
M. Klementová (Fyzikální ústav AV ČR, v. v. i., Praha)
Elektronová krystalografie a její využití při charakterizaci nanomateriálů
- 17:50 - 18:10
V. Čuba, J. Bárta (Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská, ČVUT, Praha)
Prášková difrakce v jaderné chemii