

Кристалографијата денес



Меѓународна година на кристалографијата 2014



Published by the United Nations Educational,
Scientific and Cultural Organization
7, place de Fontenoy, 75352 Paris 07 SP.

© UNESCO 2013
All rights reserved

Original title: Crystallography matters!

Coordinator/Editor: Susan Schreegans

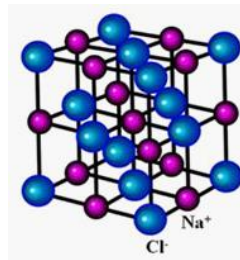
Front cover photos : Aeroplane © Shutterstock/IM_photo; Scientist in Africa @ FAO
Back cover photo: Young family watching TV @ Shutterstock/Andrey_Popov

Composed and printed
in the workshops of UNESCO

Translated in Macedonian language by Gligor Jovanovski
and edited by Panče Naumov.
Skopje, 2014.

Printed in France
SC-2013/WS/9
CLD 1251.13

Што е кристалографија?



Готварската сол е кристал.
Нејзината кубична симетрија произлегува од начинот на кој натриумовите и хлоридните јони се поврзани помеѓу себе.

Кристалите може да се најдат насекаде во природата. Тие се најчесто присутни во карпите во облик на минерали (на пример, драги камења, графит), но исто така, може да се најдат и на друго место, како што се, на пример, кристалите на шеќер, мраз, готварска сол, итн. Уште од античко време учените биле заинтригирани од убавината на кристалите, нивниот симетричен облик и различните бои.

- Првите кристалографи ја користеле геометријата за проучување на обликот на кристалите во светот на природата.

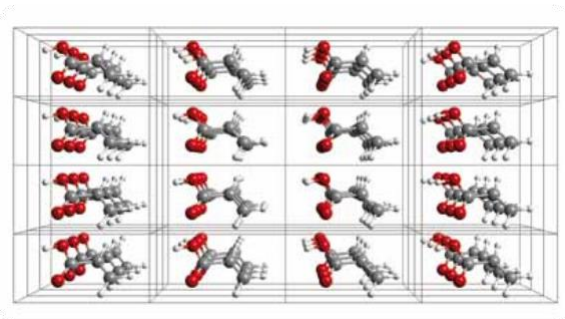
Во почетокот на 20. век научниците согледале дека рендгенските зраци може да послужат да се “види” структурата на материјата. Тоа претставувало зачеток на модерната кристалографија. Рендгенските зраци биле откриени во 1895 година. Тоа се светлосни зраци кои се невидливи за човечкото око. Кога овој вид на зраци ќе се насочи кон одреден објект, атомите што го чинат објектот ги расејуваат рендгенските зраци. Кристалографите откриле дека во случај објектите да се кристали, правилно распоредените атоми во кристалот ги расејуваат рендгенските зраци во само определен број на специфични насоки.

Старите индиски записи ги опишувале дијамантите како оружје на Индра, богот на војните. Со оглед на тоа што има извонредно голема тврдина и голем индекс на прекршување, дијамантот ја рефлектира светлината од неговата природна кристална структура, и поради тоа древниот индиски збор за дијамант се поврзува со зборовите гром и молња. Записите од третиот век пред нашата ера упатуваат на “октаедарска кристална структура” на дијамантот.

Постојат докази дека древните Индијци уште во 4. век пред нашата ера користеле дијамантски сврдла. Дијамантот има една од наједноставните и најсиметричните кристални структури. Многу познати дијаманти, како на пример Норе дијамантот и Koh-i-Noor дијамантот, се ископани од рудникот Golconda во Deccan, а Koh-i-Noor дијамантот бил дел од круната на владетелот Jehangir. Jacob дијамантот е дел од јувелирската збирка Nizam во Hyderabad.



Дијамантот Koh-i-Noor



3D слика на кристалната структура. Атомите, ајонските групи, јоните или молекулите во кристалот се правилно распоредени во три димензии.
©Image: Michele Zema/IUCr

Во текот на стогодишниот развој, рендгенската кристалологија постанала водечка техника за изучување на кристалната структура и на својствата на материјалите што произлегуваат од структурата. Таа е денеска често употребувана во многу подрачја од науката.

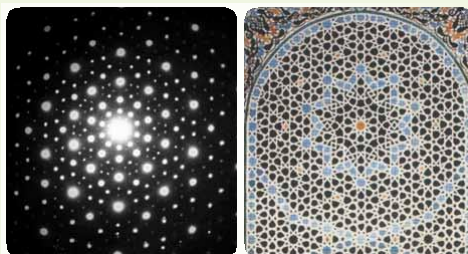
Развојот на апаратура која овозможува производство на интензивна светлина и на високоенергетски рендгенски зраци (во синхротрони) довел до револуционерен развој на кристалологијата. Рендгенските зраци (во синхротроните) се користат од страна на кристалографите кои работат на подрачјето на **биологијата, хемијата, науката за материјали, физиката, археологијата и геологијата.**

- Синхротроните им овозможуваат на археолозите да го определат составот и староста, на пример, на метеоритите и на месечевите карпи.

КВАЗИ-КРИСТАЛИ: ДЕФИНИРАЊЕ НА ПРИРОДНИТЕ ЗАКОНИ

Во 1984 година Дан Шехтман (Dan Shechtman) од Израел открил кристали во кои атомите не се повторувале периодично во сите три димензии. Ова откритие на прв поглед не било во склад со дотогаш втемелените сознанија за симетрија на кристалите. Имено, дотогаш се сметало дека во кристалите може да се појавуваат само геометриските форми со 1, 2, 3, 4 и 6 страни, затоа што само овие форми може периодично да се повторуваат во 3D простор. Меѓутоа, изучувајќи ја легурата на алуминиум и магнезиум со помош на електронски микроскоп, Shechtman открил постоење на петоаголник (петостран облик). Ваквиод вид на кристали се наречени квази-кристали. За ова откритие Dan Shechtman во 2011 година доби Нобелова награда по хемија.

Мароканските занаетчии (Maalems) со векови знаеле за својствата пронајдени кај квази-кристалите. Така, на пример, 700 години ги делат двете слики десно. Левиот приказ се однесува на дифракционата слика на квази-кристал добиен од Dan Shechtman во 1984 година. Десната слика, пак, го покажува мозаикот (zellije) во Attarine Madresa (Fez, Мароко) од 14. век. Обете слики покажуваат забележително слични пентагонални својства.



Дифракциона слика, *Physical Review Letters* (1984), vol. 53, pages 1951-1953; мозаик, Moroccan Crystallographic Association

Краток историјат

Во текот на историјата луѓето биле фасцинирани од мистериозната убавина на прекрасните облици на кристалите. Пред две илјади години, римскиот природознаец Плиниј постариот (Pliny) се воодушевувал со правилноста на “шестостраните призми на кристалите”. Во тоа време, на древните индиски и кинески цивилизации, веќе им бил познат процесот на кристализација на шеќерот и солта. Така, Индијците произведувале шеќерни кристали од шеќерна репка, а Кинезите добивале чиста кристална сол. Кристализацијата била, исто така, развиена во Ирак во 8. век од нашата ера. Двеста години подоцна, во Египет и во регионот на Андалузија во Шпанија владееле со техниката на сечење на кристали за изработка на садови и на украсни предмети, каква што е украсната кутија за драгоцености на сликата десно, изработена во Египет околу 1200 година од нашата ера. Во 1611 година, пак, германскиот математичар и астроном Јоханес Кеплер (Johannes Kepler) прв го забележал симетричниот облик на снегулките и заклучил дека нивната шестоаголна симетрија произлегува од правилниот распоред во внатрешната структура.



ВАЖНИ ГОДИНИ ЗА КРИСТАЛОГРАФИЈАТА:

1895: Вилјам Конрад Рендген (William Conrad Rontgen) ги открил рендгенските зраци, за што во 1901 година добил Нобелова награда по физика.

1914: Макс фон Лауе (Max von Laue) и неговите соработници откриле дека рендгенските зраци патувајќи низ кристалот стапуваат во интеракција со неговите граѓбени единки (атоми, јони, молекули) и како резултат на тоа, зависно од природата на кристалот, дифрактираат во определени насоки. За ова откритие Макс фон Лауе добил Нобелова награда за физика.

1913: Таткото и синот Вилјам Хенри Брег (William Henry Bragg) и Вилјам Лоренс Брег (William Lawrence Bragg) откриле дека рендгенските зраци може да се употребат за да точно се определи позицијата на атомите во кристалот и да се разбере неговата тридимензионална структура. Ова откритие, познато како Брегов закон, придонело за модерниот развој на сите природни науки, затоа што атомската структура ги одредува хемиските и биолошките својства на материјата, а кристалната структура нејзините физички својства.

1915: Вилјам Хенри Брег (William Henry Bragg) и Вилјам Лоренс Брег (William Lawrence Bragg) добиле Нобелова награда по физика.

1920-1960-тите: Рендгенската кристалографија помогнала да се разрешат некои мистерији врзани за структурата на животот, а рендгенските зраци го потпомогнале развојот на здравството и болничката нега.

Дороти Хоџкин (Dorothy Hodgkin), на пример, ги решила структурите на бројни биолошки молекули, како што се: холестерол (1937), витамин B12 (1945), пеницилин (1954) и инсулин (1969). Така, рендгенската дифракција дала одговори што не можело да се добијат со традиционални хемиски методи.

1964: Дороти Хоџкин (Dorothy Hodgkin) добила Нобелова награда по хемија.

1962: Џон Кендрју (John Kendrew) и Макс Перуц (Max Perutz) први решиле кристална структура на протеин (белковина) и за тоа добиле Нобелова награда по хемија.

Едно од најголемите научни достигнувања на 20. век било решавањето на кристалната структура на DNA од страна на Џејмс Вотсон (James Watson) и Френсис Крик (Francis Crick).

Кристалографијата и кристалографските методи продолжиле да се развиваат во текот на последните 50 години. Во 1985 година, на пример, Нобеловата награда за хемија им беше доделена на Херберт Хауптман (Herbert Hauptman) и Џером Карли (Jerome Karle) за развојот на директни методи за решавање на кристалната структура.

Зошто е потребно да се инвестира во кристалографијата?

Кристалографијата е тесно поврзана со развојот на практички сите нови материјали, започнувајќи од секојдневните производи, како што се на пример, компјутерски мемориски картички, па сè до сплоснати телевизиски екрани, автомобили, авионски компоненти и течни кристали во многу различни направи. Кристалографите не само што ја определуваат структурата на материјалите, туку ги користат добиените структурни сознанија за да ја модифицираат структурата и да ги изменат својствата и однесувањето на материјалите. Кристалографот може, исто така, да го определи таканаречениот “отисок на прстите” на определен материјал којшто потоа се користи како доказ дека новиот материјал е оригинален при пријава, на пример, на патент.

Кристалографијата има, всушност, многу примени. Таа е вpletена во нашиот секојдневен живот и овозможува да се развиваат разни процеси за производство на нови производи, вклучувајќи ги прехранбените производи, аеронаутиката, автомобилите, козметичките производи, компјутерите, потоа електромеханичките и фармацевтските производи, како и производите од рударството. Долу следат некои примери.

Минералогитата е очигледно најстарата гранка на кристалографијата. Започнувајќи некаде од 1920 година, рендгенската кристалографија претставувала главна метода за определување на атомската структура на минералите и металите. Всушност, сè што знаеме за карпите, геолошките формации и за историјата на Земјата е засновано на кристалографијата. Дури и нашите сознанија за “космичките посетители” како што се метеоритите, доаѓаат од кристалографијата. Ова знаење е во основа многу битно за рударството и сите други индустрии кои изискуваат дупчење во земјата во потрага за вода, нафта, гас или за геотермална енергија.

Производството и изнаоѓањето на нови лекови е директно зависно од користењето на кристалографските истражувања. Фармацевтските компании во потрага по нови лекови за попречување на развојот на специфични бактерии или вируси имаат потреба од изнаоѓање на мала молекула која ќе ја блокира активноста на протеините (ензимите) што се вклучени во напаѓање на човечките ќелии. Познавањето на точниот облик на протеинот им овозможува на научниците да дизајнираат таков тип на молекула од лекот којашто ќе навлезе во активните места на протеинот и со тоа го оневозможи штетното делување на бактеријата или вирусот.

Протеините се големи биолошки молекули кои што се состојат од една или повеќе аминокиселини.

Кристалографијата е, исто така, битна и во процесот на производство на лекот. Таа се користи во процесот на контрола на квалитетот на суровините и продуктите во текот на масовното производство на лекот, а со цел да се обезбеди почитување на строгите здравствени и сигурносни правила.



Какоа маслото, најважната компонента во чоколатото, кристализира во шест различни форми, меѓутоа само една од нив пријатно се топи во устата и има површински сјај и кривка тврдина што го прави чоколатото толку вкусно. Оваа “вкусна” кристална форма не е многу стабилна и покажува тенденција да помине во постабилна форма која има мека текстура и сторо се топи во устата, предизвикувајќи пријатно трубо и лесокливо чувство на јазикот. За среќа трансформацијата е спора, меѓутоа ако чоколатото стои подолго време или на повисока температура, како резултат на рекристализацијата, може да се појави “превлека” во облик на бел прах. Поради тоа, производствениот процес на користење софистициран процес на кристализација за да ја добијат најпожелната кристална форма, единствена прифатлива за сладокучиите и производачиите.

Вселенското возило Curiosity во октомври 2012 година користело рендгенска дифракција за да ги анализира примероците на планетата Марс. NASA го екипирала возилото со дифрактометар. Резултатите укажале дека примероците од планетата Марс се слични со базалитните земји од Хавајските вулкани. Photo: NASA



Кој ја организира Интернационалната година на крсталографијата?

Интернационалната година на кристалографијата е заеднички организирана од страна на интернационалната унија за кристалографија (IUCr) и UNESCO.

Цел...

- Иако денес кристалографијата ги поврзува сите науки, таа останува релативно непозната во јавноста. Една од целите на Меѓународната годината е да се едуцира и освести јавноста преку разни форми и активности (види Кој ќе има полза од Интернационалната година на кристалографијата?)
- Постои потреба од ширење на сознанијата од областа на кристалографијата во што е можно поширок круг на земји во светот, а сè со цел да им се овозможи на земјите во развојни нивен научен и индустриски развој. Нужно е, според тоа, кристалографијата да одигра клучна улога во процесот на нивната транзиција кон одржлив развој во наредните декади.

Кристалографиите се активни во повеќе од 80 земји во светот, од кои 53 се членки на Интернационалната унија за кристалографија (IUCr). IUCr овозможува еднаков пристап кон информациите и податоците за сите нејзини членки и промовира меѓународна соработка.

Земјите членки на Интернационалната унија за кристалографија се прикажани со црвена боја



Предизвици за во иднина

Во 2000 година сите влади во светот ги адаптираа програмите на развојните цели на Обединетите нации ((ОН) за наредниот милениум, во чии рамки, покрај другото е предвидено до 2015 година да се намали сиромаштијата и гладот, да се подобри пристапноста до чиста вода и до безбедни санитарии. Владите во моментот подготвуваат нов сет на цели кои ќе ја определуваат развојната агенда за периодот после 2015 година.

Следат некои од примерите како кристалографијата може да помогне да се унапреди оваа агенда.

Храна

- Кристалографијата може, на пример, да се употреби за анализа на тлото. Еден од сериозните причинители на влошувањето на квалитетот на тлото е салинизацијата, која може да се појави по природен пат, но и да се предизвика од човековите активности.
- Структурната анализа на растителните протеини може да помогне да се развиваат растителни култури кои се поотпорни кон солениот обработлив површини.
- Кристалографијата може, исто така, да придонесе за развојот на процесите на лечење на растенијата и животните од разни болести. Може, да речеме, да се изучува појавувањето на разни видови на болести (рани) кај растителните култури, како домотот, на пример, или да се изнаоѓаат вакцини за заштита од болести, како птичји или свински грип.
- Покрај тоа, кристалографските студии на бактериите се важни за производство на хранливи продукти добиени од млеко, месо, зеленчук и други растенија.

Кристалографијата може да помогне да се изнаоѓаат нови материјали за прочистување на водата, како наносунѓери (филтри за славини) и нанотаблети.
©Shutterstock/S_E



Вода

- Кристалографијата може да помогне да се подобри квалитетот на водата во посиромашните средини, на пример, преку изнаоѓање на нови материјали за прочистување на водата, како наносунѓери (филтри за славини) и нанотаблети.

Енергија

- Кристалографските истражувања може да придонесат да се изнајдат нови производи (изолациони материјали, на пример) кои ги намалуваат домашните трошоци за употребената енергија за разни цели (готвење, греење, ладење, осветлување и слично). Со тоа се намалува и емисијата на јаглероден диоксид. Може исто да помогне и за изнаоѓање на нови материјали кои ја намалуваат цената на соларните колектори, ветерниците и батериите, со тоа што ги прави нив поефикасни, го намалува губитокот и го унапредува пристапот кон овие зелени технологии.

Зелена хемиска индустрија

- Кристалографијата може да придонесе за развој на еколошки конструкциски материјали во развиените и земјите во развој.
- Кристалографијата исто може да помогне да се намали загадувањето, преку замена на класичните хемиски растворувачи со “зелени” неоргански растворувачи засновани на јонски течности и CO₂.
- Кристалографските методи може да помогнат да се намалат трошоците во рударството како и рударските губитоци, преку развивање на методи за селективна екстракција на потребните материјали.

Здравје

- Кристалографијата може, на пример, да помогне да се разреши проблемот на растење на отпорноста на бактериите кон антибиотиците. Кристалографот Ада Јонат (Ada Yonath), заедно со Венкатраман Рамакришнан (Venkatraman Ramakrishnan) и Томас Штајц (Thomas Steitz), успеаа да ја решат структурата на рибозом и начинот на кој делува антибиотикот врз неговото разрушување. Рибозомите се одговорни за производство на сите протеини во живите ќелии кај луѓето, растенијата и бактериите. Ако работата на рибозомот е спречена, ќелијата изумира. Рибозомите се клучна цел за антибиотиците, како што антибиотиците го попречуваат штетното дејство на бактериите врз рибозомите, оставајќи ги хуманите рибозоми недопрени. Во 2008 година проф. Јонат за своето дело ја доби L’Oreal-UNESCO наградата за жените во науката, а една година подоцна, сите тројца научници ја добија Нобеловата награда по хемија.
- Кристалографијата може да им помогне на земјите да ги идентификуваат својствата и однесувањето на ендегените растенија, а со цел да се развиваат козметички препарати за нега на кожата и воопшто за здравствена нега, за производство на хербални лекови и друго.

Кој ќе има полза од Интернационалната година на кристалографијата?

Влог на владите

Владите на земјите во светот, преку нивната политика за развој на науката треба да:

- Финансираат постоење и делување на најмалку еден кристалографски центар во земјата;
- Развиваат соработка со кристалографските центри во странство како и со синхротроните и другите значајни научни институции;
- Поттикнуваат употреба на кристалографијата во научните истражувања и развој;
- Поддржат кристалографските истражувања;
- Воведат кристалографија во програмите на училиштата и универзитетите или да ги модернизират постојните програми.

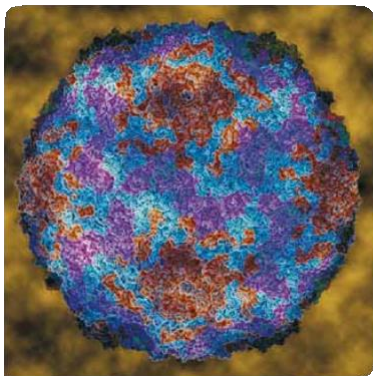
Влог на училиштата и универзитетите

Да воведат изучување на кристалографијата насекаде каде што тоа сè уште не е сторено и тоа преку:

- Отворање на лаборатории подготвени од страна на Интернационалната унија за кристалографија, а во соработка со производителите на соодветната опрема, во земјите од Азија, Африка и Латинска Америка, кои ќе демонстрираат како работат дифрактометрите;
- Иницијативата што потекнува од универзитетите во Африка, да се интензивира и прошири во земјите на Азија и Латинска Америка каде што недостасува образование по кристалографија;
- Организирање на разни практични демонстрации и натпревари во основните и средните училишта;
- Организирање на проектни активности за учениците во училиштата кои би ги користеле знаењата од кристалографијата заедно со оние од физиката, хемијата и биологијата.

Според Интернационалната федерација за дијабетис (International Diabetes Federation), во последните 20 години, бројот на луѓето во светот заболени од дијабетис пораснал од 30 милиони на 230 милиони. Да не била решена, со помош на рендгенска кристалографија, кристалната структура на природниот инсулин произведен во панкреасот, денеска производството на биосинтетичкиот “човечки” инсулин кој спасува животи би било невозможно. Photo: Wikipedia Commons





Вирус. Не е можно да се дизајнира лек без да се познава ситруктурата на бивниот протеин

Јавноста и интернационалната година

Зголемување на свесноста за начинот на кој кристалологијата ги поттикнува најголемиот број на технолошки достигнувања во модерното општество, но и за нејзината улога во културното наследство и историјата на уметноста, преку:

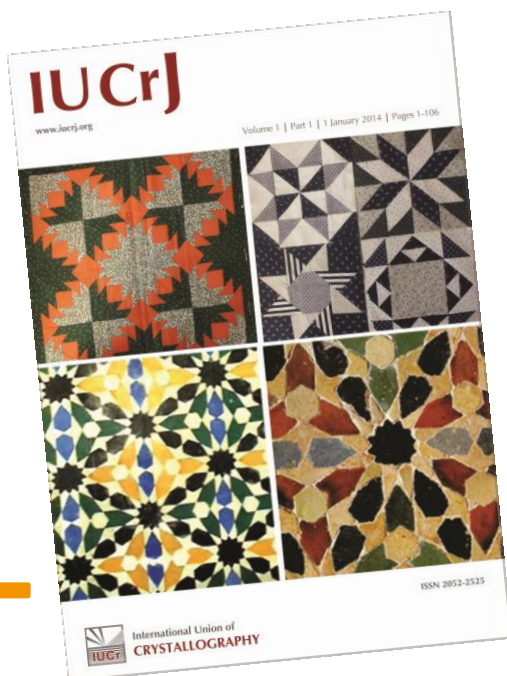
- Организирање на јавни конференции од страна на членови на Интернационалната унија за кристалологија во врска со значењето на кристалната структура на протеините за производство на лекови, за значењето на кристалологијата и симетријата во уметноста или за кристалографската анализа на уметнички дела и антички материјали;
- Спонзорирање на постерски изложби кои го потенцираат значењето и магичноста на кристалологијата;
- Објавување на написи во печатот, телевизијата и другите медиуми за придонесот на кристалологијата кон глобалната економија.

Научната јавност и интернационалната година

Негување на интернационалната соработка помеѓу научниците во светот со акцент на север-југ соработката, преку:

- Издавање на достапно на интернет списание (open access journal) за кристалологија наречено IUCrJ (види слика десно);
- Заеднички истражувачки проекти помеѓу развиените и земјите во развој кои вклучуваат големи синхротронски центри, какви што се, на пример, оние во Бразил или SESAME на Блискиот Исток, под закрилата на UNESCO;
- Консултации за да се изнајде најдобриот начин да се заштитат дифракционите податоци собрани во големите центри и кристалографски лаборатории.

Насловна страна на првиот број на IUCrJ достапен на www.iucrj.org





Кинески симбол за среќа, кој се изговара shuangxi
Photo: Wikipedia



Таџ Махал (Taj Mahal), Индија, изграден во 1648 година, денес под заштитата на UNESCO (UNESCO World Heritage) Photo: Muhammad Mahdi



Мајски храм (Mayan temple) во Chichen Itza во Мексико, кој делувал во периодот од 600 до 900 година од нашата Ера, денес под заштитата на UNESCO (UNESCO World Heritage)
©. Schneegans/UNESCO

Симетријата е присутна насекаде во природата, како на пример: човечко лице, цвет, риба, пеперуга или школка. Таа отсекогаш ја фасцинирала човечката цивилизација и се рефлектирала врз уметноста и архитектурата со илјадници години.

Симетријата е присутна во сите видови на човековото изразување на креативноста, како на пример: килимимарство, грнчарство, керамика, сликарство, поезија, скулпторство, архитектура, калиграфија, итн. Симетрија постои и во кинеското писмо, на пример.

Уметноста и архитектурата содржат во себе различни форми на симетрија. Слика (објект) којшто периодично се повторува себеси се вели дека има трансляциона симетрија. Таа може да биде еднодимензионална или дводимензионална како кај крилестото животно на сликата десно.

Кај билатералната симетрија, левата и десната страна се огледално симетрични една на друга. Таков пример во природата е пеперугата.

Билатералната (огледалната) симетрија отсекогаш била присутна во архитектурата. Историски примери за тоа се Таџ Махал



Yoruba бронзена глава од нитерскиот траг Ифе, 12. век од нашата ера. Photo: Wikipedia



Дводимензионална слика од Maurits Cornelis Escher (Холандија) ©. MCEscher Foundation



Шари како овие во Tamil Nadu се нацртани од сирашен орис или креда на влезот од домовите за да носат протерирејќи. Може да се обновуваат секој ден.



Куполест *џаван* во Lotfollah
Дамијата во Иран од 1618
година, денеска *џоо*
заштитена на UNESCO
(UNESCO World Heritage)
©PhillipMaiwald/Wikipedia

(Taj Mahal) во Индија (види слика), Забранетиот град во Кина или Храмот на маите (Mayan temple) во Chichen Itza во Мексико (види слика). Огледална симетрија е, исто така, присутна во уметноста, иако перфектната симетрија во сликарството е ретка појава. Ако сликата може да ротира околу нејзината оска или околу одредена точка, без притоа да го промени својот претходен изглед, се вели дека поседува ротациона симетрија. Пирамидите во Газа, Египет, на пример, покажуваат ротациона симетрија од четврти ред (вклучувајќи ја и основата). Куполестиот таван во Lotfollah дамијата во Иран (види слика) покажува ротациона симетрија од 32-ред, тргнувајќи од точката лоцирана во центарот на сликата.

Правилни геометриски слики се присутни во уметноста на многу цивилизации. Примери се песочното сликарство на Наваџо Индијанците, шарите од јужна Индија (види слика), индонезискиот батик, уметноста на австралиските Аборицини и тибетските мандали (види слика).



Мандала на *џејџе* божества во Тибет, 17. век од нашата ера. Мандала слики *џе* секогаш имаат *џе* круг во нивниот центар (mandala во санскрит значи круг). Мандала има *џе* религиозно значење во хиндуската и будистичката религија. Слика: Wikipedia Commons

Учествувајте во Интернационалната година на кристалографијата

Сите 195 земји членки на UNESCO се поканети да го контактираат тимот на UNESCO во рамките на International Basic Sciences Programme (IBSP) или International Union of Crystallography, за да се подготви заедничка програма за активности во нивната земја во 2014 година.

International Union of Crystallography

Prof. Gautam Desiraju,
President: desiraju@sScu.iic.ernet.in

Prof. Claude Lecomte,
Vice-President: claudel.comte@crm2.uhp-nancy.fr

Dr. Michele Zema
Project Manager for the Year: mz@iucr.org

UNESCO

Prof. Maciej Nalecz, Director,
Executive Secretary of International Basic Sciences Programme: m.nalecz@unesco.org

Dr Jean-Paul Ngome Abiaga, Assistant Programme Specialist: jj.ngome-abiaga@unesco.org

Dr Ahmed Fahmi,
Programme Specialist: a.fahmi@unesco.org



Кристалографијата има да се ојредели идеалната комбинација на алуминиум и магнезиум во легурања користена во авионската индустрија. Во случај на присуство на премоноу алуминиум авионот би бил претрешок, а во случај на премоноу магнезиум авионот би бил позаталив.
©Shutterstock/IM-photo

Програмските активности за Интернационалната година и другите значајни извори на информации се достапни на официјалната веб-страница

www.iycr2014.org

Подетални информации за Интернационалната година на кристалографијата:

International Union of Crystallography

Prof. Gautam Desiraju,
President: desiraju@sscu.iisc.ernet.in

Prof. Claude Lecomte,
Vice-President: claudelecomte@crm2.uhp-nancy.fr

Dr. Michele Zema,
Project Manager for the Year: mz@iucr.org

UNESCO

Prof. Maciej Nalecz, Director,
Executive Secretary of International Basic Sciences
Programme: m.nalecz@unesco.org

Dr. Jean-Paul Ngome Abiaga,
Assistant Programme Specialist: jj.ngome-abiaga@unesco.org

Dr. Ahmed Fahmi,
Programme Specialist: a.fahmi@unesco.org

www.iycr2014.org

