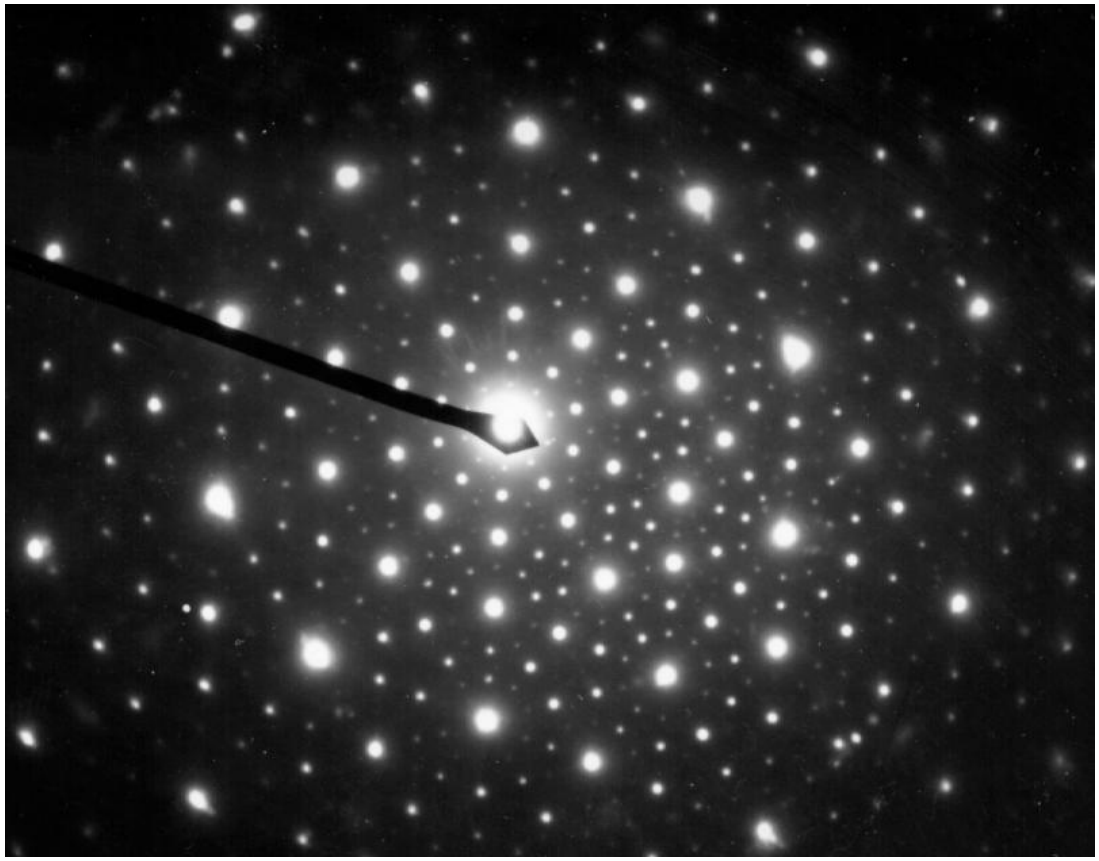
Årets Nobelpris i kemi, 2011

Tema: Kvasikristaller



Jan-Olof Nilsson

SANDVIK
Steel

Nobelpriset i Kemi 2011 går till Daniel Shechtman från Israel för upptäckten av kvasikristaller



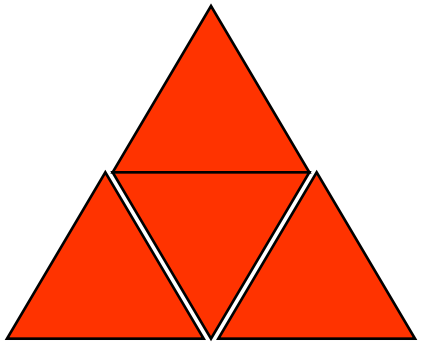
Shechtman som person:

Anspråkslös och samtidigt oförvägen

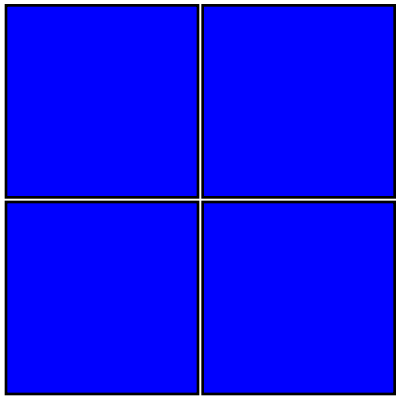
Vad är kvasikristaller?

Frågan kan omformuleras: Kan man kakla badrummet med bara femhörningar?

3



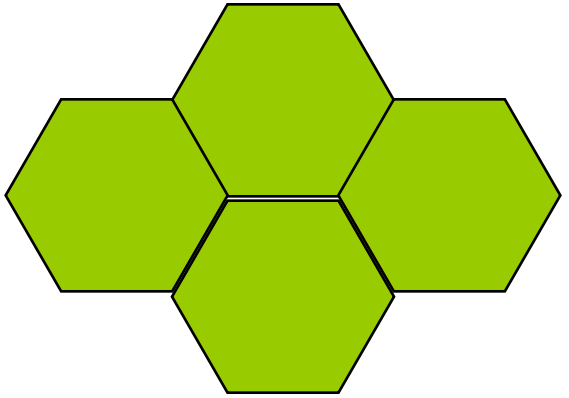
4



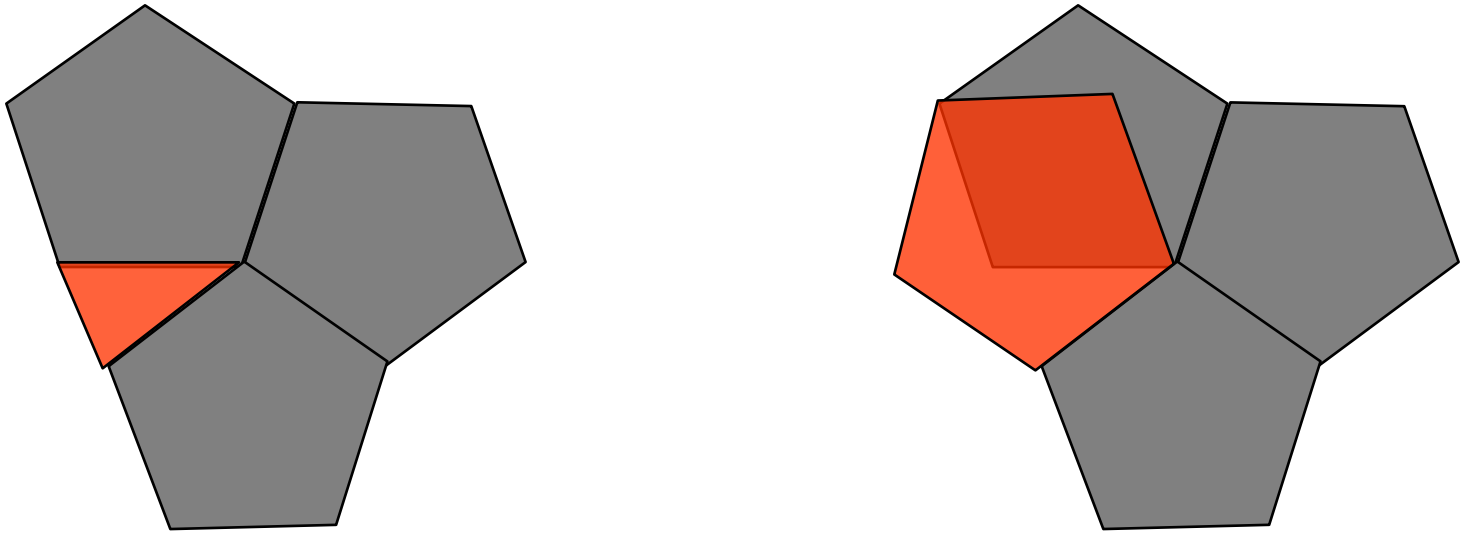
5

?

6



Det verkar svårt!



Naturen verkar sky 5 faldig symmetri



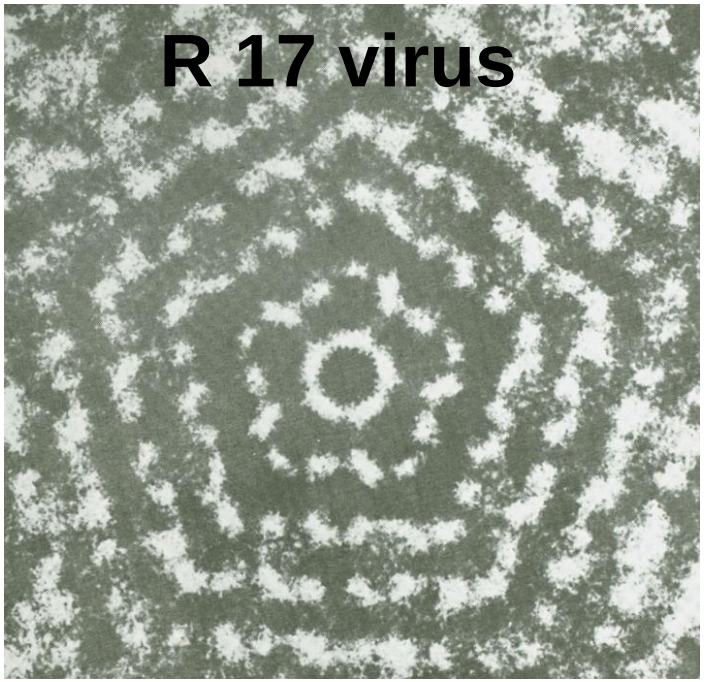


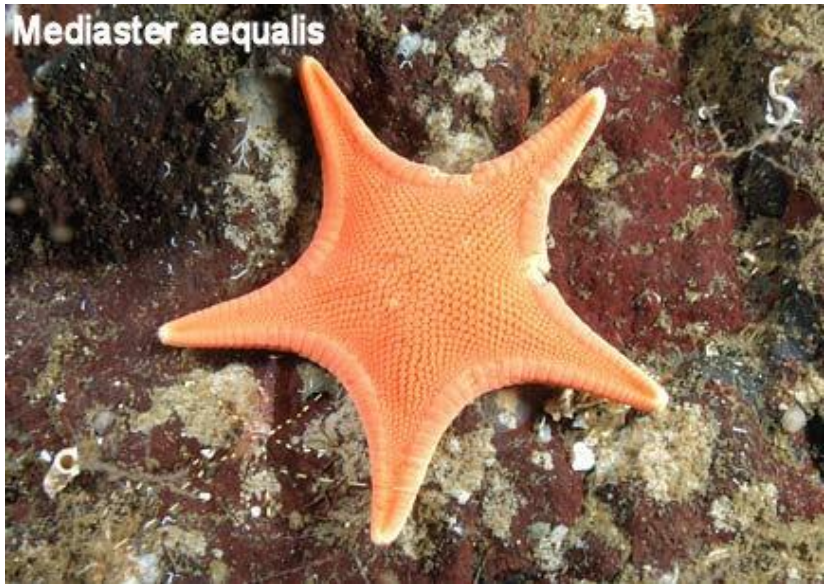
Trots allt:

Många blommor har 5-faldig rotationssymmetri (5 kronblad)

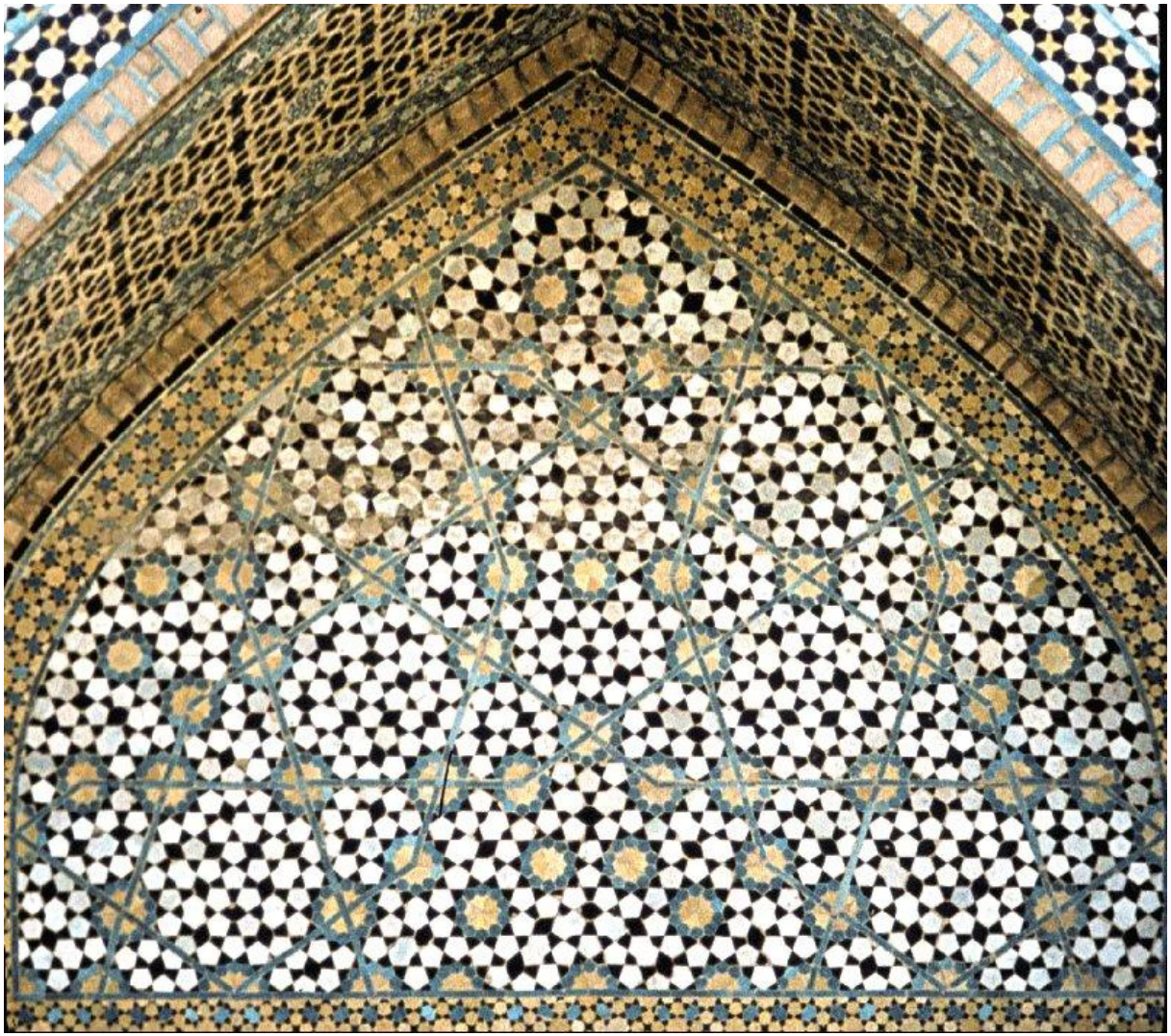


Andra femfaldiga mönster i naturen!



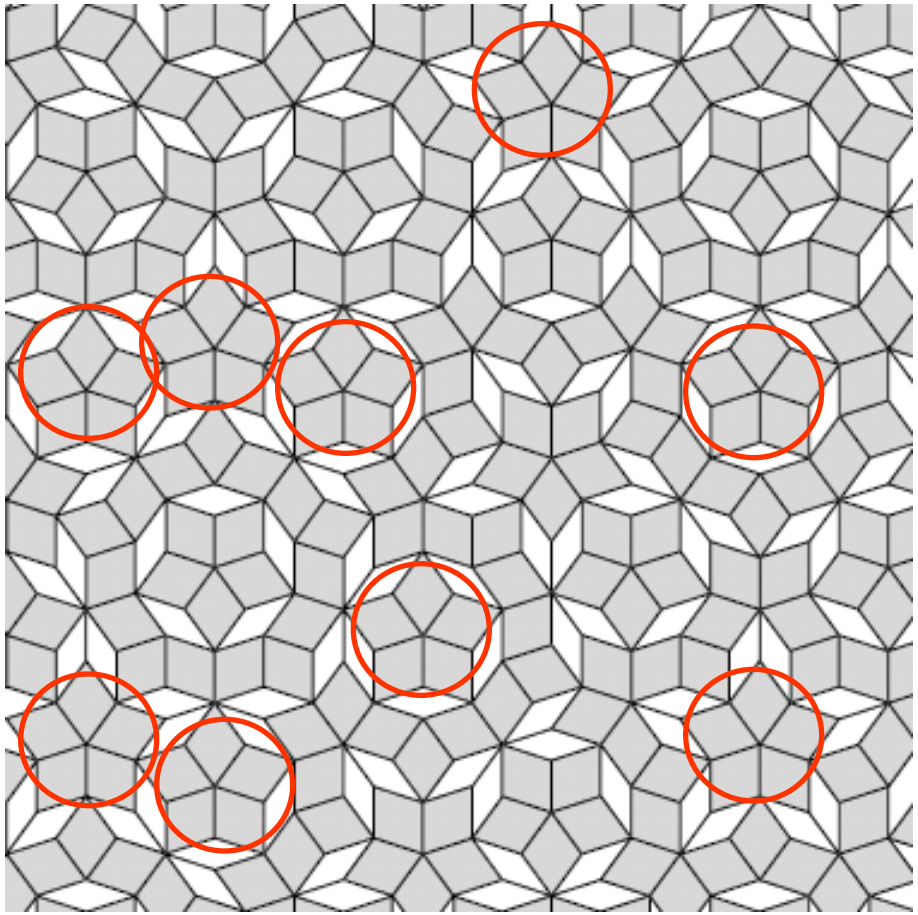


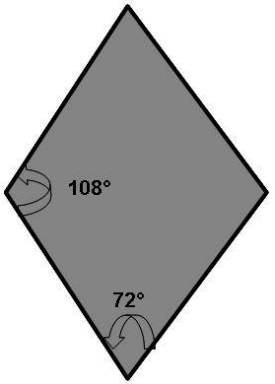
Femfaldiga mönster finns inom arkitektur

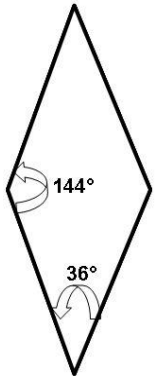


Darb-i Imam templet i Isfahan Iran, byggt 1453.

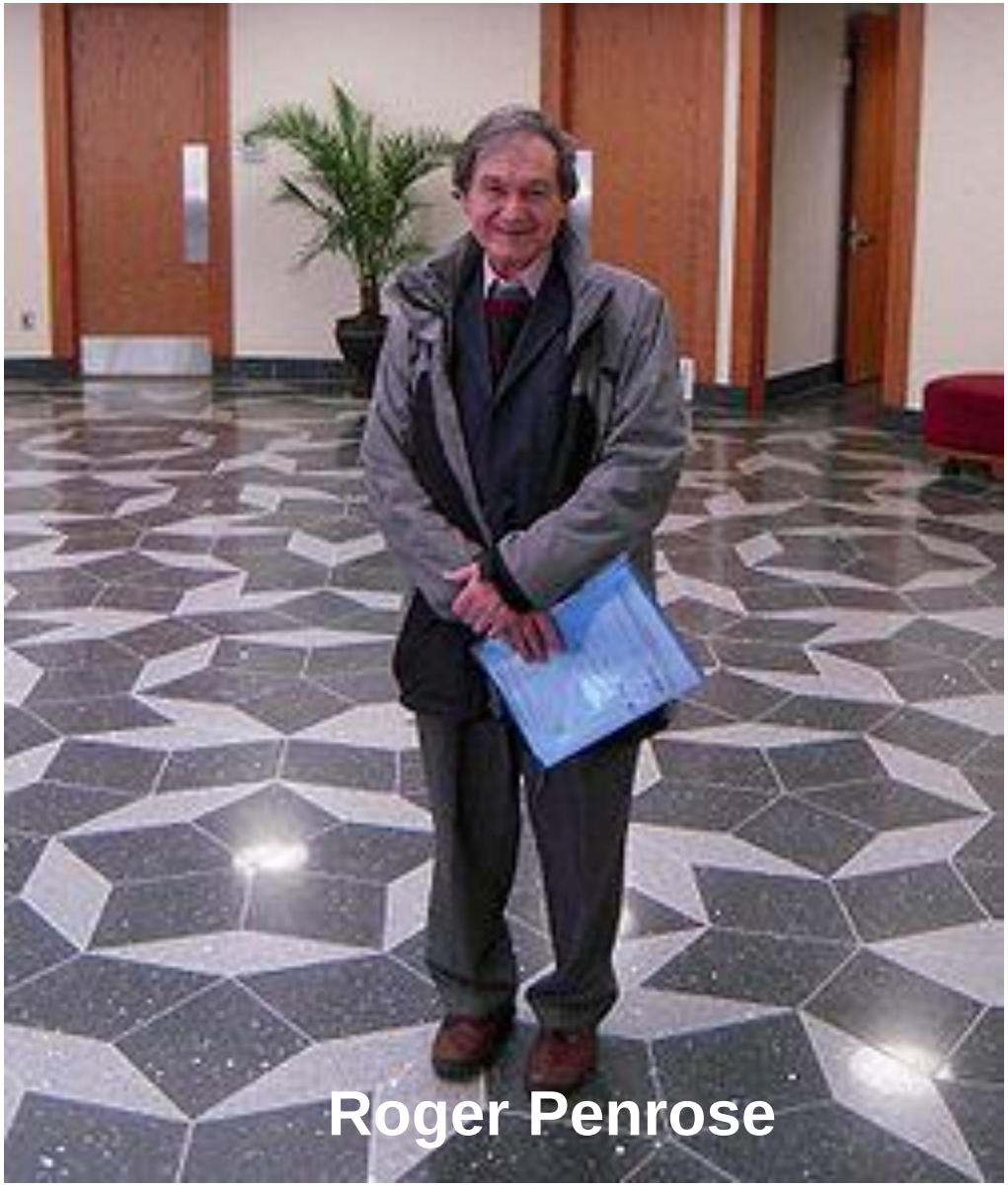
Det går att skapa femfaldiga mönster i 2D med rätt form på byggstenarna, sk Penrose tiling…….



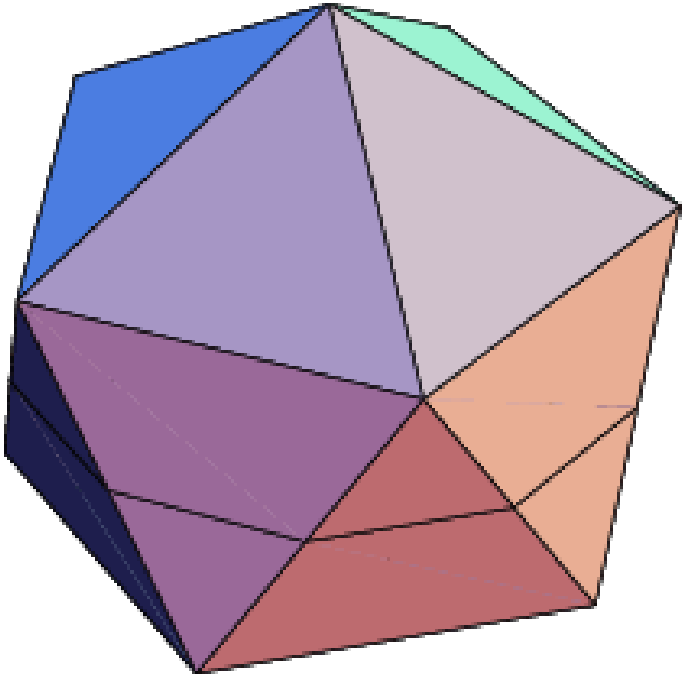




…..om man släpper kravet på translationssymmetri!


Roger Penrose

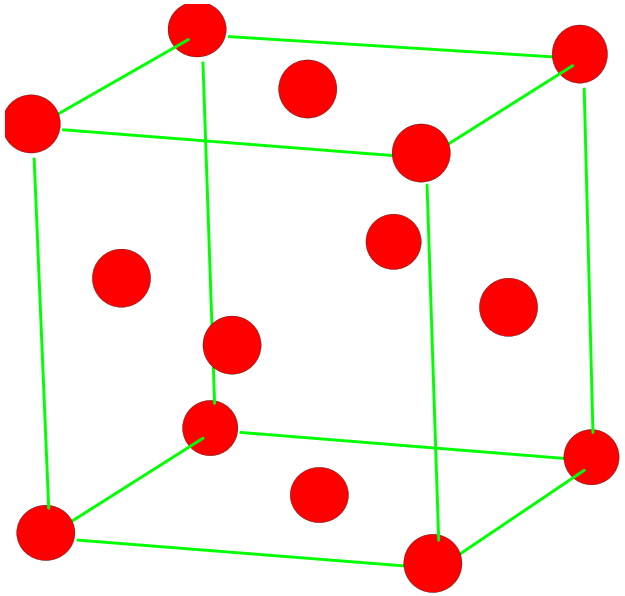
Förhållandena ännu mer komplicerade i 3D

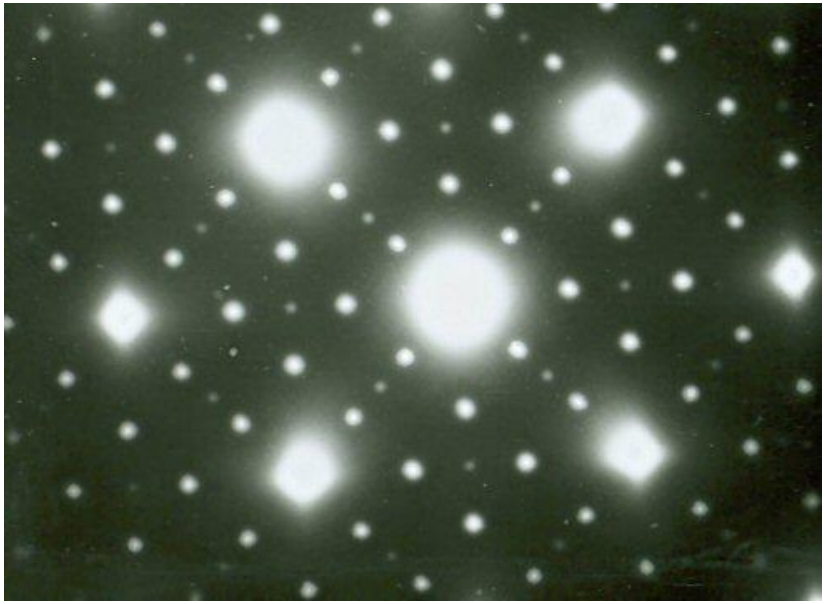




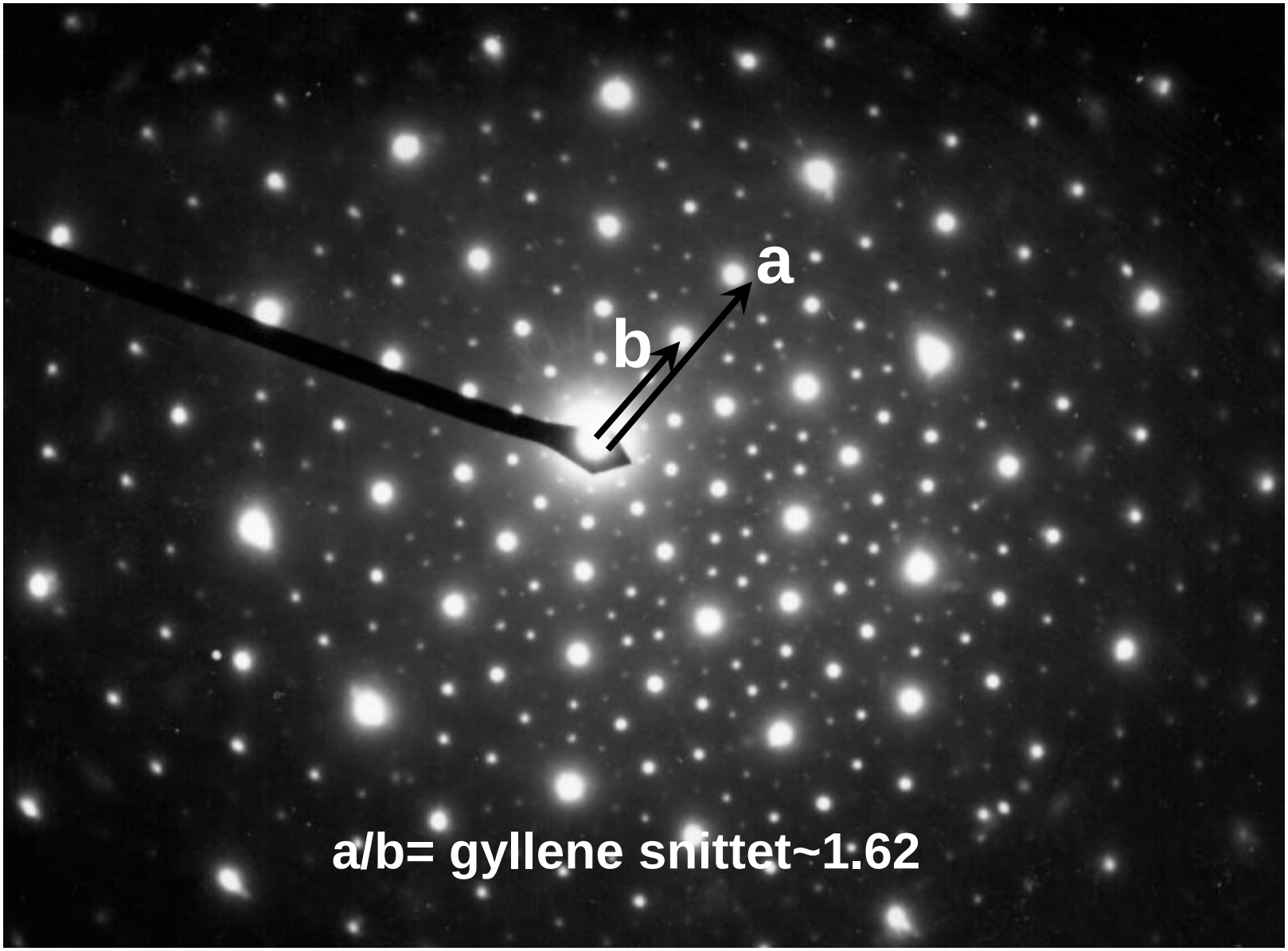
Ikosaedern är en lämplig byggsten

Symmetrier i diffraktionsmönstret avspeglar symmetrier i den verkliga kristallen (både rotation och translation)

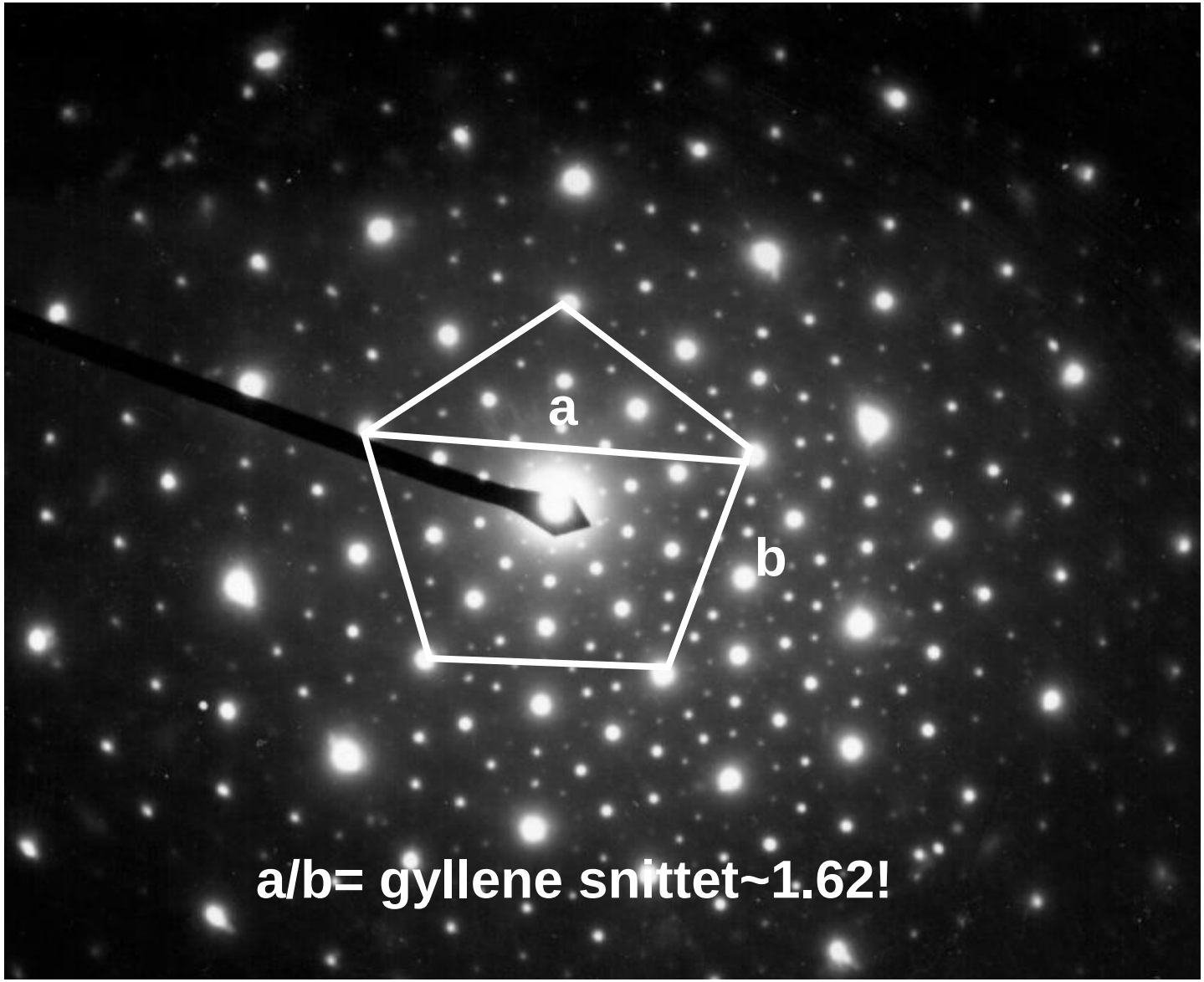




En bomb briserade 1984. Shechtman meddelade att han iakttagit 5-faldig rotationssymmetri samt frånvaro av translationssymmetri!



Femhörningen återkommer!



Några viktiga händelser

- 1984, Shechtman et al. Phys. Rev. Lett.
- 1984, QCs tillverkade genom snabbstelning
- 1991 Begreppet kristall omdefinieras
- 1991 Sandvik lanserar Nanoflex, traditionell tillverkning (Hållfasthet~3000MPa)
- 1994, Scripta Mater., kvasikristaller upptäcks i Sandviks stål efter lång värmebehandling vid en och samma temperatur. Utmärkelsen “Årets uppsats i Scripta Mat” till P Liu, Anna Hultin Stigenberg och JO Nilsson
- 1998, Nanoflex ingår i Philips rakapparater
- 2011 Shechtman tilldelas Nobelpriset i Kemi.

Gammal definition på kristall:

- **A solid composed of atoms arranged in a pattern periodic in three dimensions ("X-ray Diffraction", Cullity, 1959)**
- **Atoms in a crystal are arranged in a pattern that repeats itself in three dimensions throughout the interior of the crystal ("Structure of Metals", Barrett and Massalsky, 1966)**

Shechtmans upptäckt ledde fram till ny definition av kristall

By CRYSTAL

we mean any solid having an essentially discrete diffraction diagram,

and by APERIODIC CRYSTAL

we mean any crystal in which three dimensional lattice periodicity can be considered to be absent”

Reference: International Union of Crystallography, Report of the Executive Committee for 1991, Acta Cryst. A48 (1992) 922-946

Karaktäristiska egenskaper i kvasikristaller

- Anomala elektriska egenskaper
- Leder värme dåligt
- Låg ytenergi
- Liten friktion
- Löser väte
- Hårda och spröda



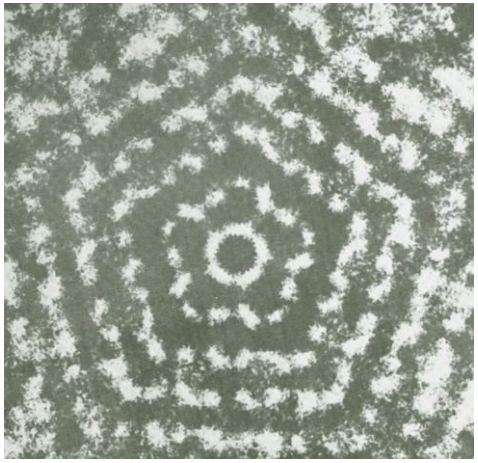
Tillämpningar i vardande

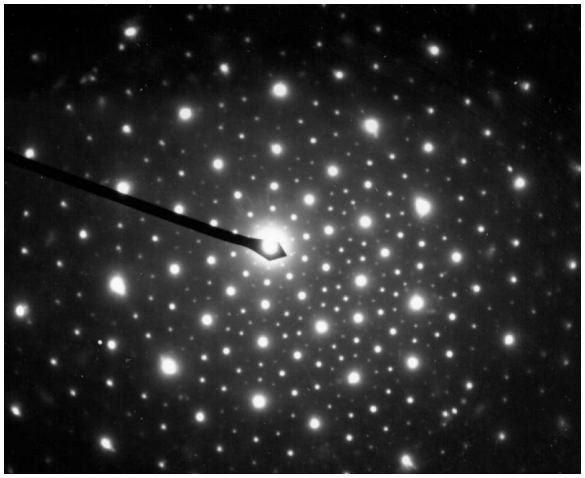
- Icke vidhäftande skikt
- Starka Al-legeringar
- Ytskikt på solfångare
- Vätelagring
- Fördel: hög hållfasthet, intressant kombination av fysikaliska egenskaper, avstötande förmåga
- Nackdelar: sprödhet, kräver oftast snabbstelning

Kommer kvasikristaller att förändra världen?

- Fördelar och nackdelar
- Inneboende sprödhet
- Kan fungera i kompositmaterial
- Kan fungera som ytbeläggning (funktionella ytor)
- **Kanske på längre sikt!**

Gyllene snittet återkommer i olika skepnader runt omkring oss. Varför?









Vari ligger Shechtmans storhet?



Sandviks legering med kvasikristaller

- **Sammansättning:** 12%Cr, 9%Ni, 4%Mo, 2%Cu, 0.9% Ti 0.3% Al
- **Årlig tillverkning 100 ton**
- **Medicinska verktyg (nålar, rotkanalsfilar etc)**
- **Rakapparater**
- **Brottgräns över 3000 MPa**
- **Inget mjuknande i samband med anlöpning (enastående!)**

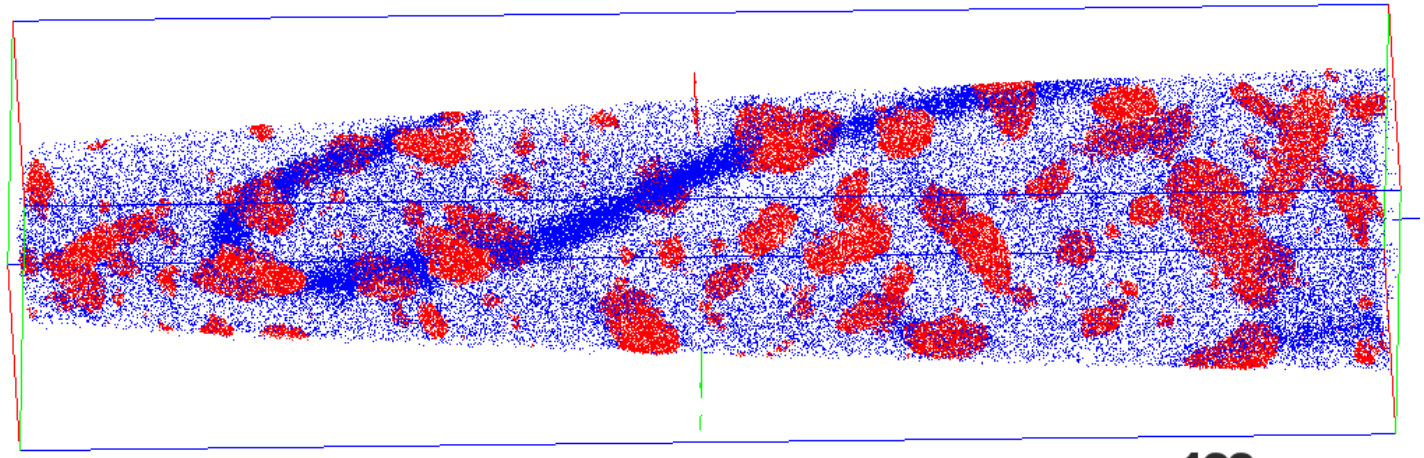
Krav:
Hög hållfasthet
God duktilitet

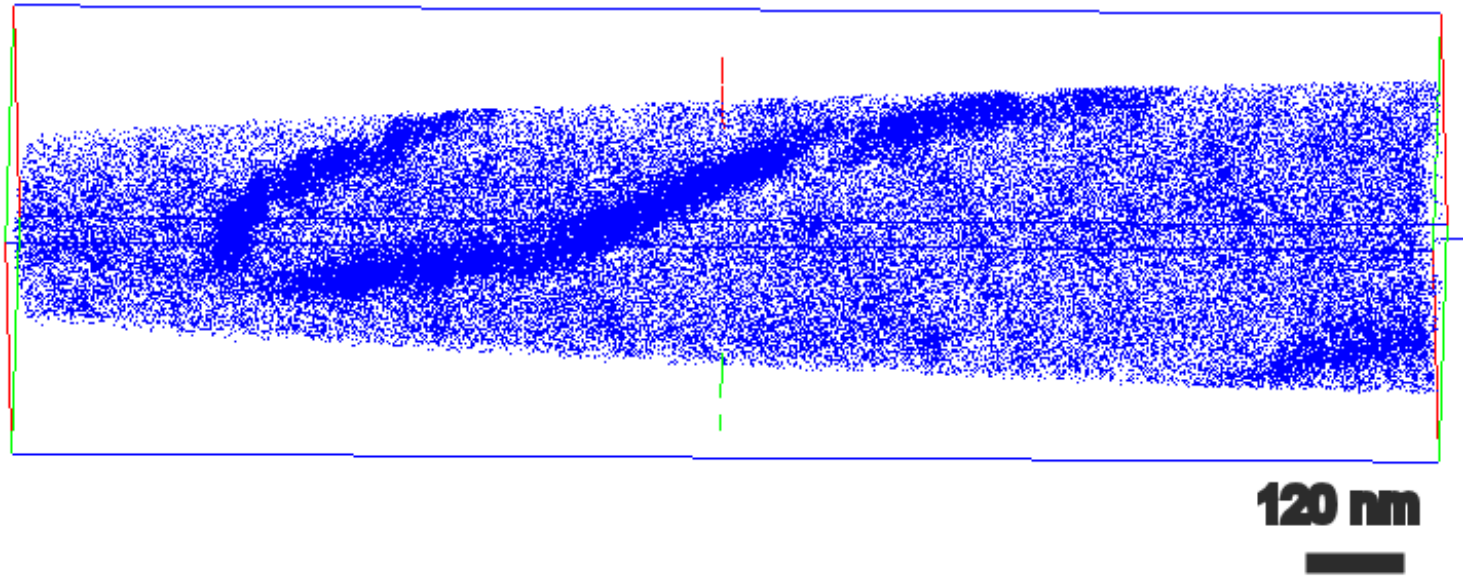






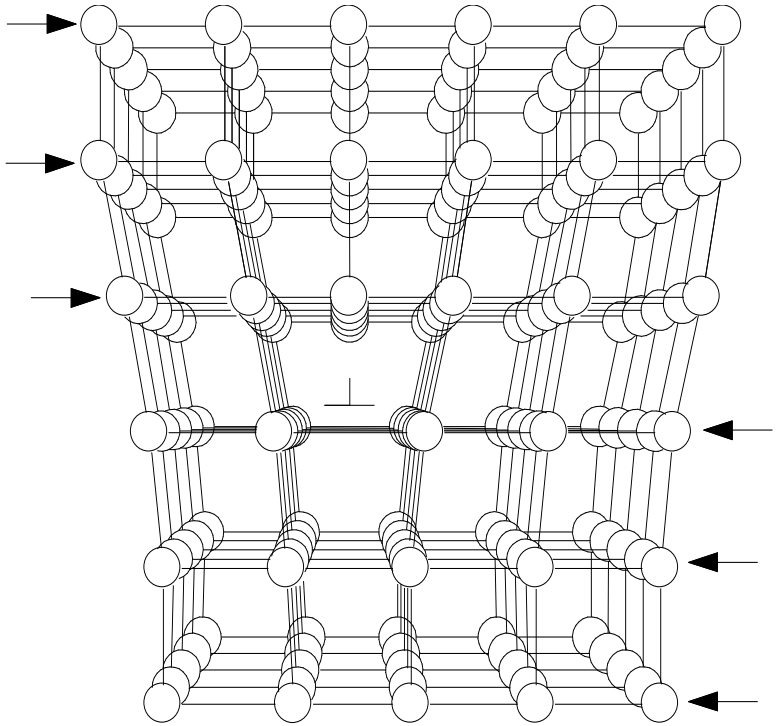
1RK91 åldrad 475°C i 40t. Nickelrika (rött) och molybenrika (blått) partiklar synliga

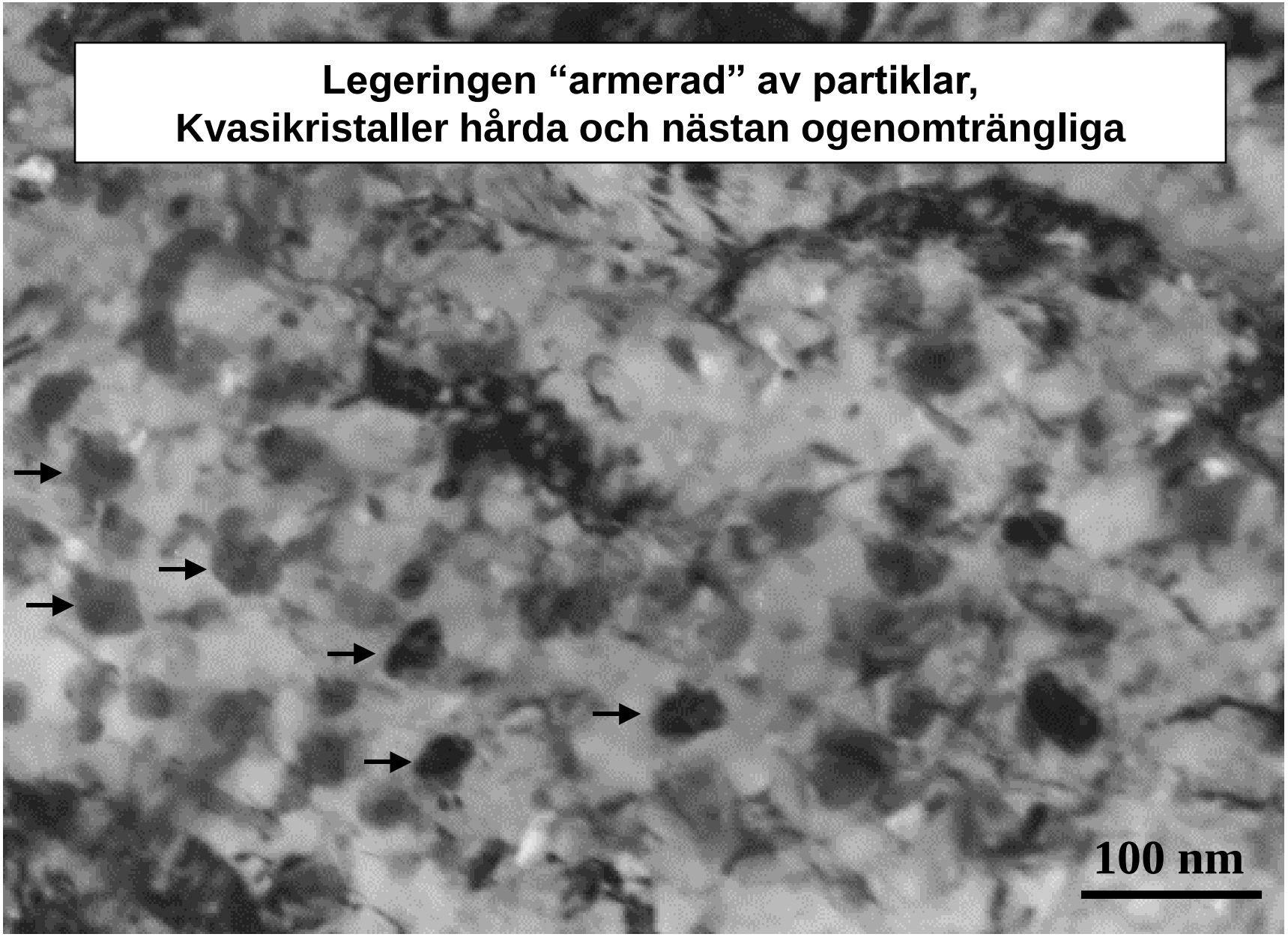




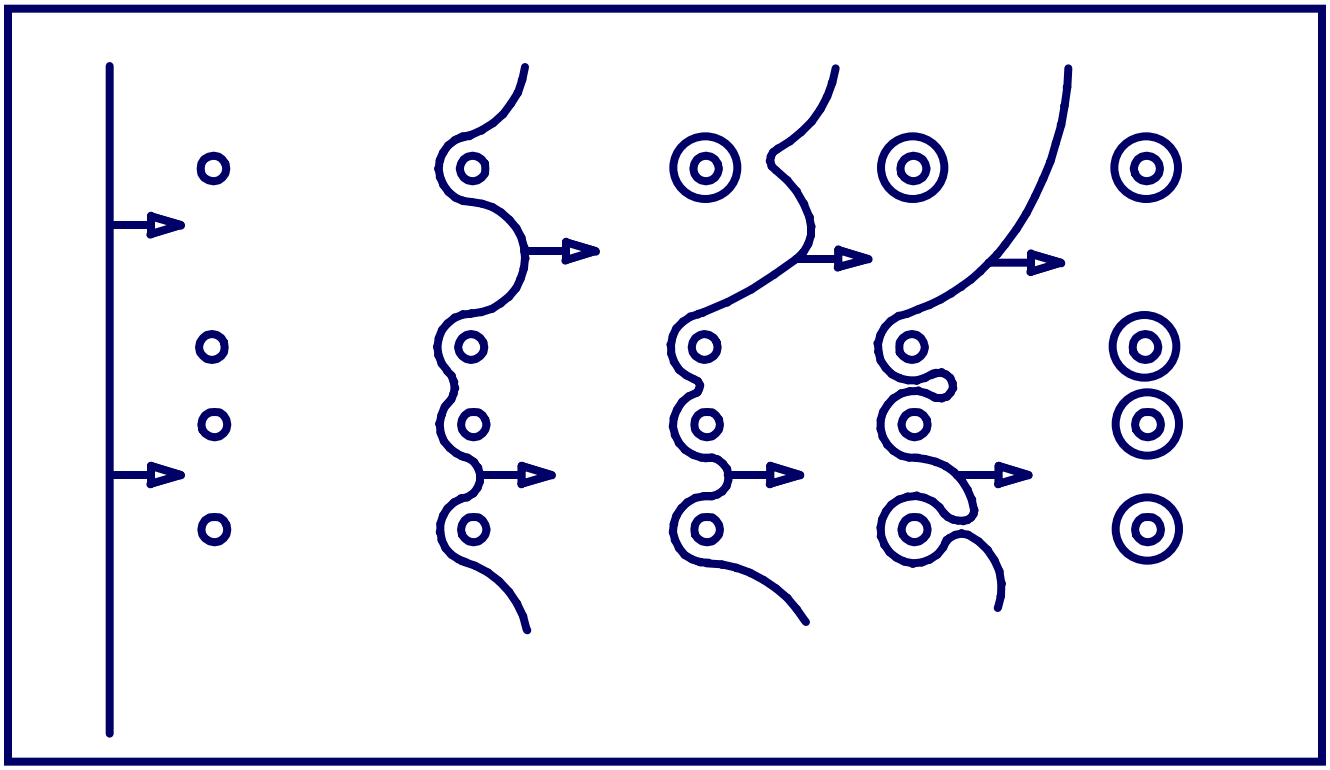
Plastisk deformation hindras av partiklar

Kantdislokation

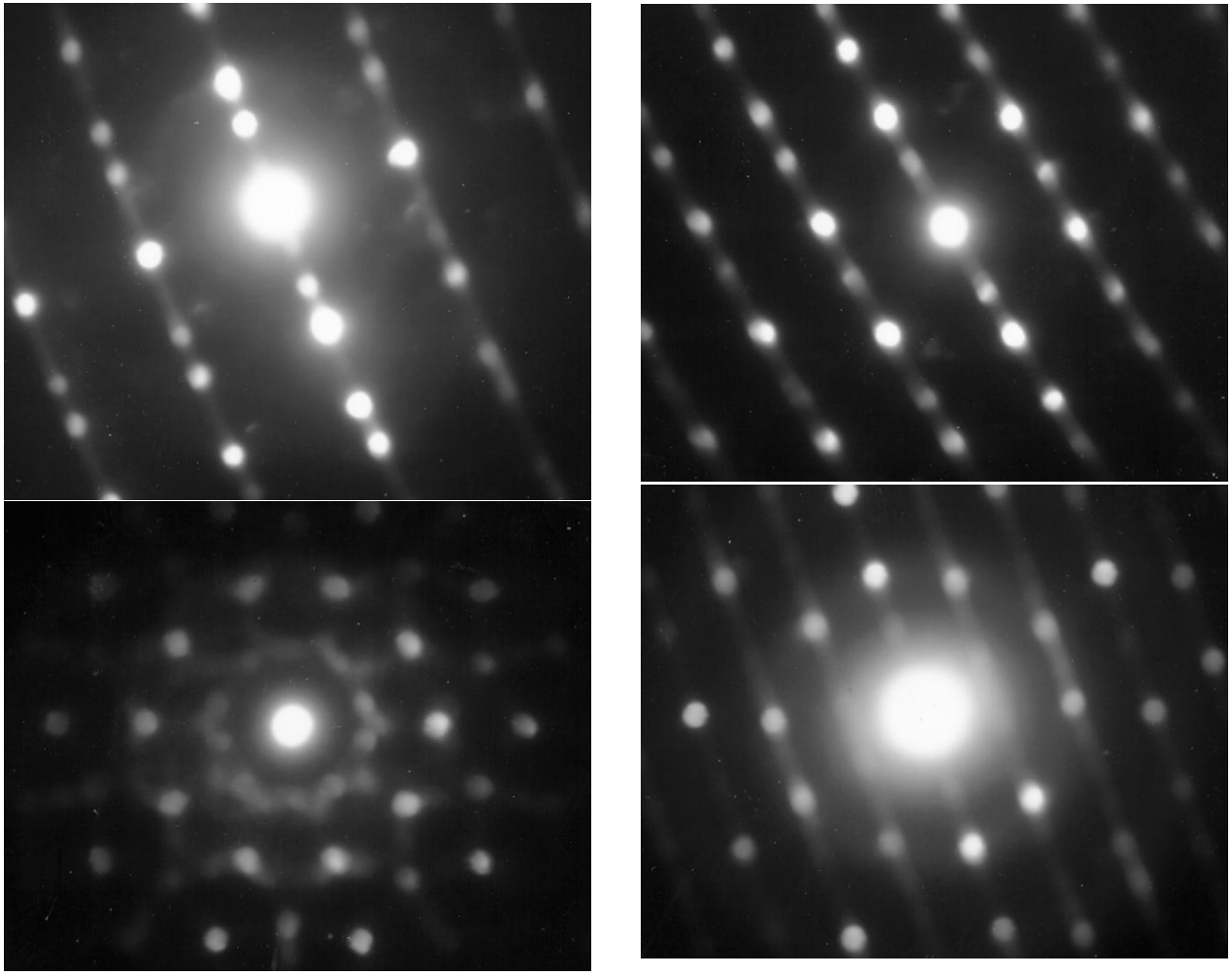



Legeringen “armerad” av partiklar,
Kvasikristaller hårda och nästan ogenomträngliga
100 nm

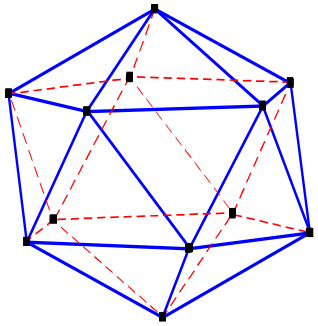
Förbipassagen kan ske på olika sätt, Här: “slingbildning”



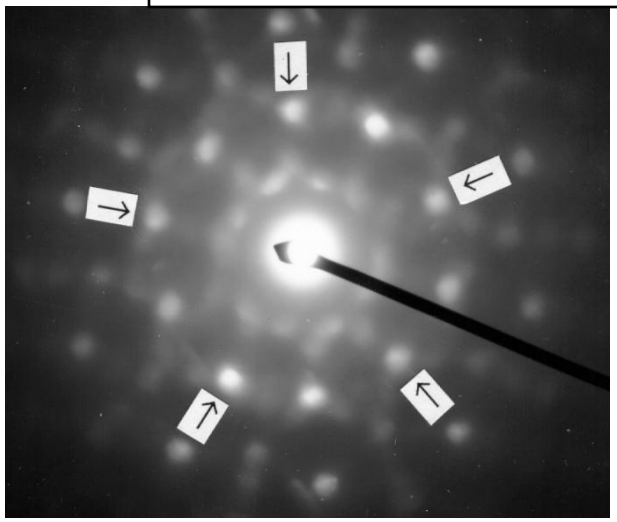
2-faldig, 3-faldig och 5-faldig rotationssymmetri i QC utskiljningar i Sandviks legering (samma partikel)

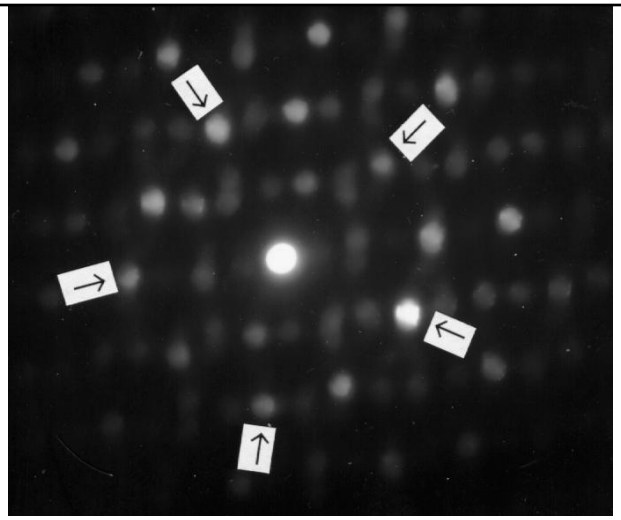


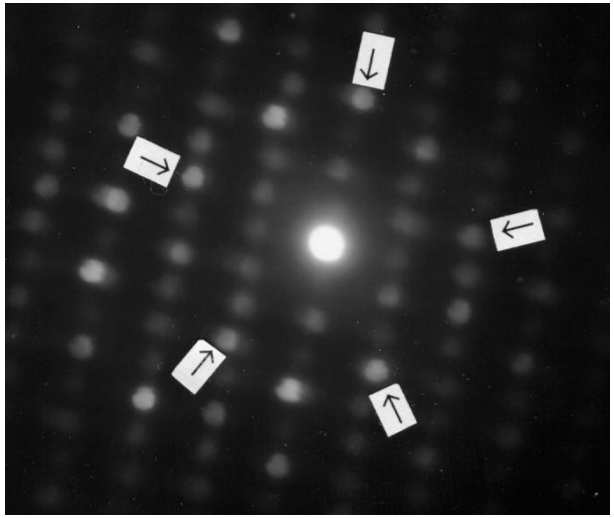
Detta bevisar ikosaeder-symmetri



Inverkan åldring 475°C/100h + 550°C/100h







Iakttagelse:

QC omvandlas till Laves-fas

Sammansättning lika

Skilda stadier förekommer

Tolkning:

67% av platser i Laves har CN=12

Släktskap mellan QC ochLaves

Bara små omändringar krävs

Mellanformer tycks vara möjliga

Vad är nytt med Sandviks legering?

Kvasikristaller förekommer efter isoterm åldring (termodynamisk jämvikt!)

Öppnar möjligheter att tillverka kvasikristaller med gängse metallurgi

Shechtman fann dem efter snabbstelning (metastabila vid RT)

