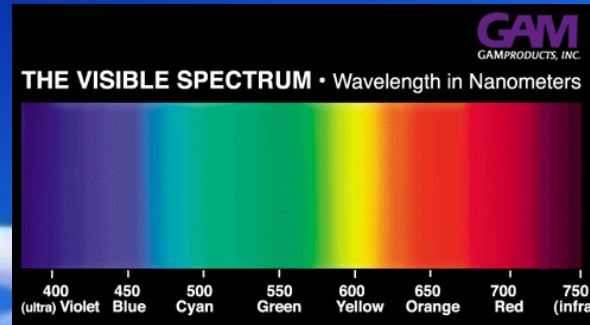


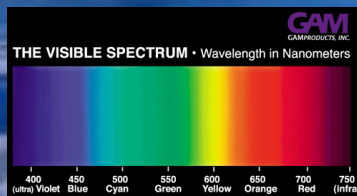
Sipanje svetlobe naredi nebo modro



Sipanje svetlobe naredi nebo modro

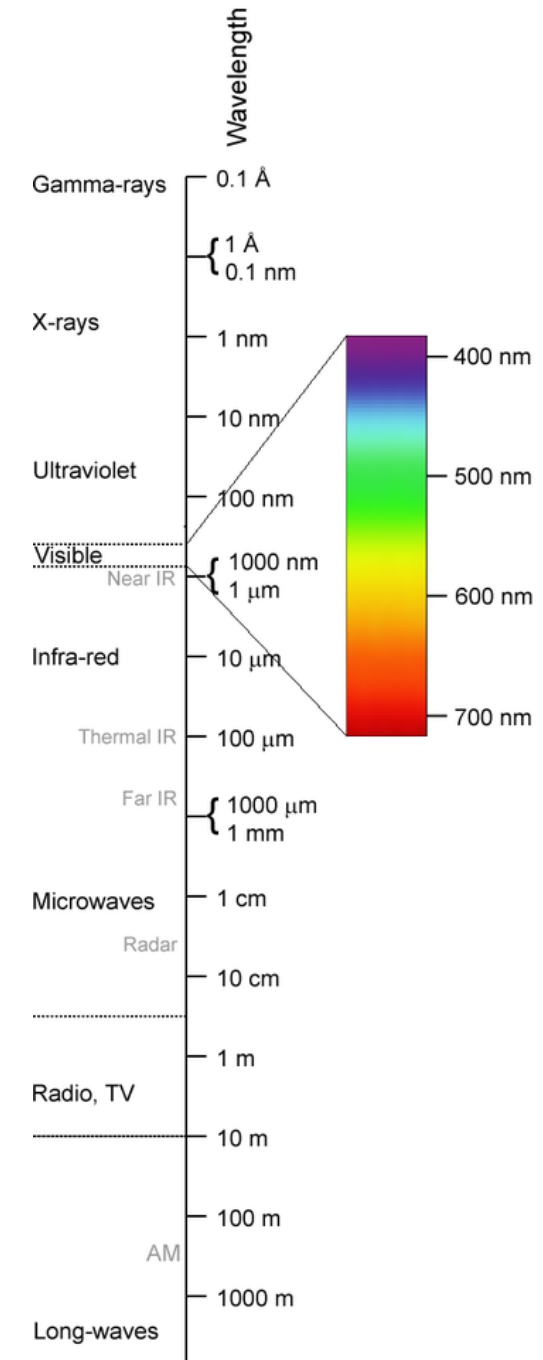


Sipanje svetlobe naredi raztopino motno



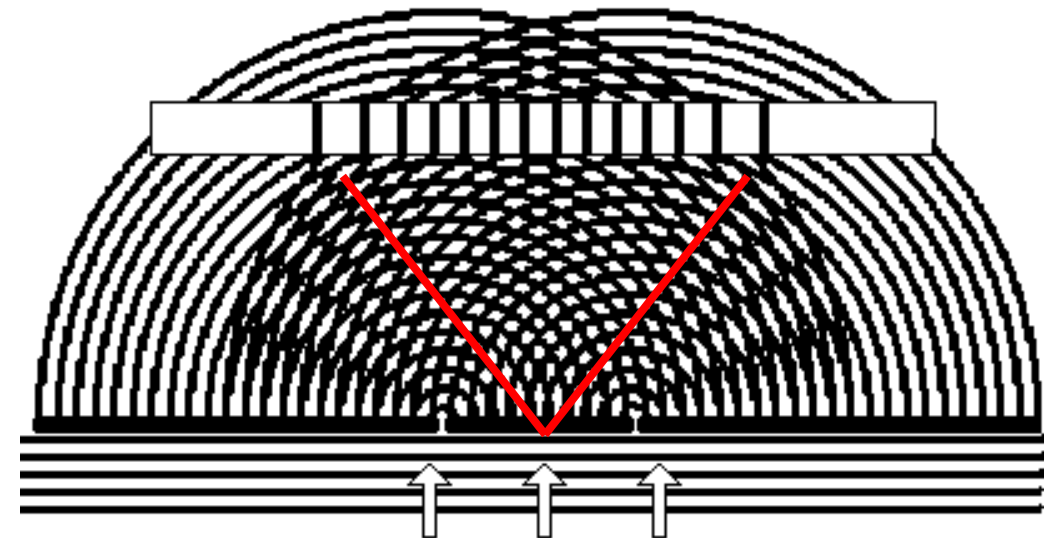
Kako lahko vidimo molekularne strukture?

- „Sliko“ nam ustvari interakcija svetlobe z delci snovi: elektroni kot majhne antene absorbirajo svetlobo in jo takoj nato oddajo v vse smeri (= sipanje)
- Da lahko delce razločimo, morajo biti razdalje med njimi primerljive ali večje od valovne dolžine svetlobe
→ Z vidno svetlobo ne ločimo struktur pod 200 nm
- Za molekularne strukture potrebujemo svetlobo s krajšo valovno dolžino! (tipično 0,1–10 nm)
 - Rentgenski žarki (energija 10^4 – 10^2 eV)
 - Hitri delci (elektroni, nevtroni): $\lambda = h / m v$



Sipanje svetlobe

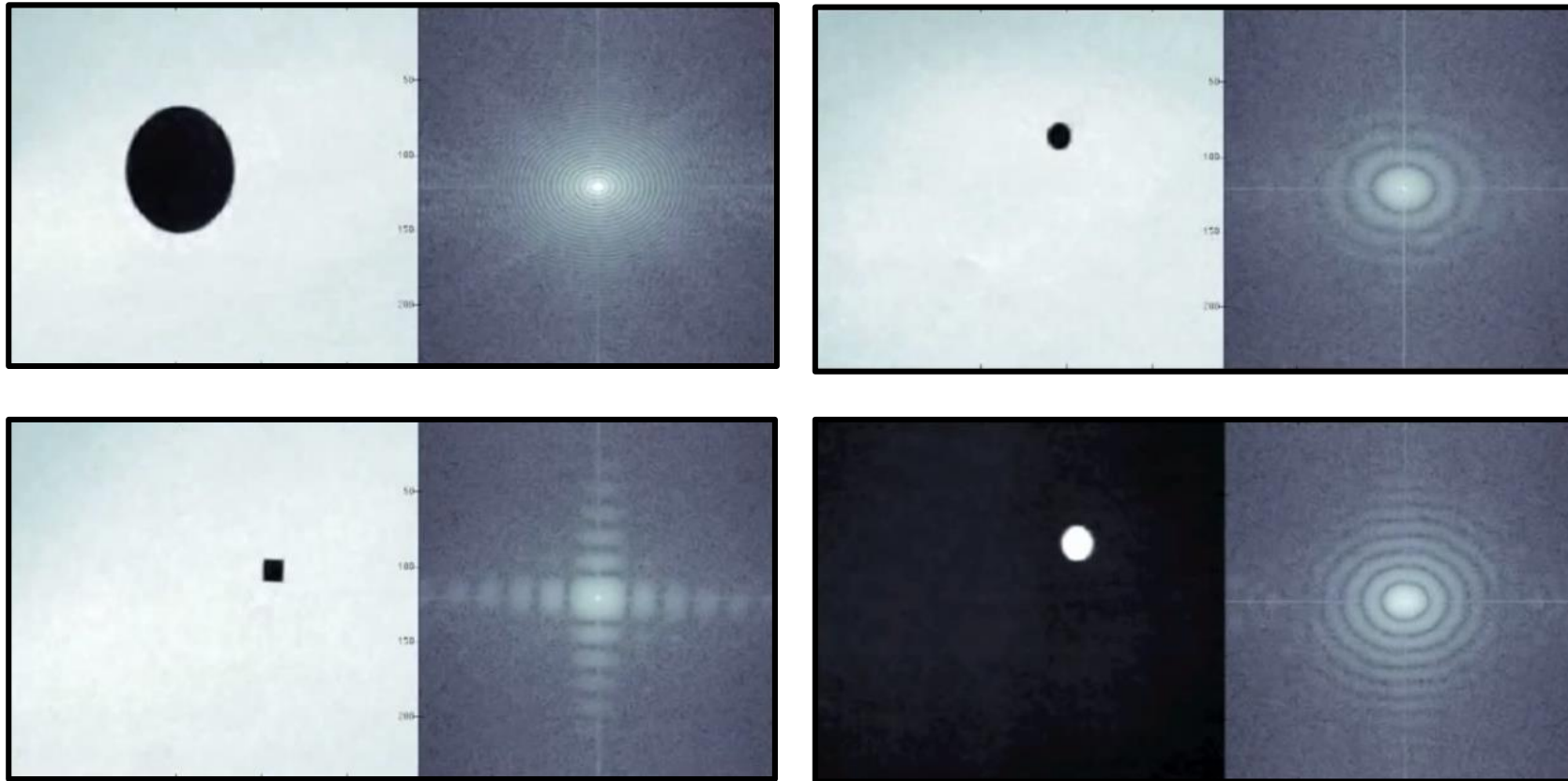
- Valovanje se siplje na objektih (sipalcih), ki so podobno veliki kot je valovna dolžina tega valovanja.
- Pri sipanju na več objektih (sipalcih) se pojavi interferenčni vzorec, če so razdalje med temi objekti podobne.
- Koti ojačitev valovanja proti vpadlemu snopu so povezani z razdaljami med objekti (sipalci)



Monochromatic light waves hitting barrier with two openings

→ Kakšna je geometrija vzorca, ki povzroči izmerjeni interferenčni vzorec?

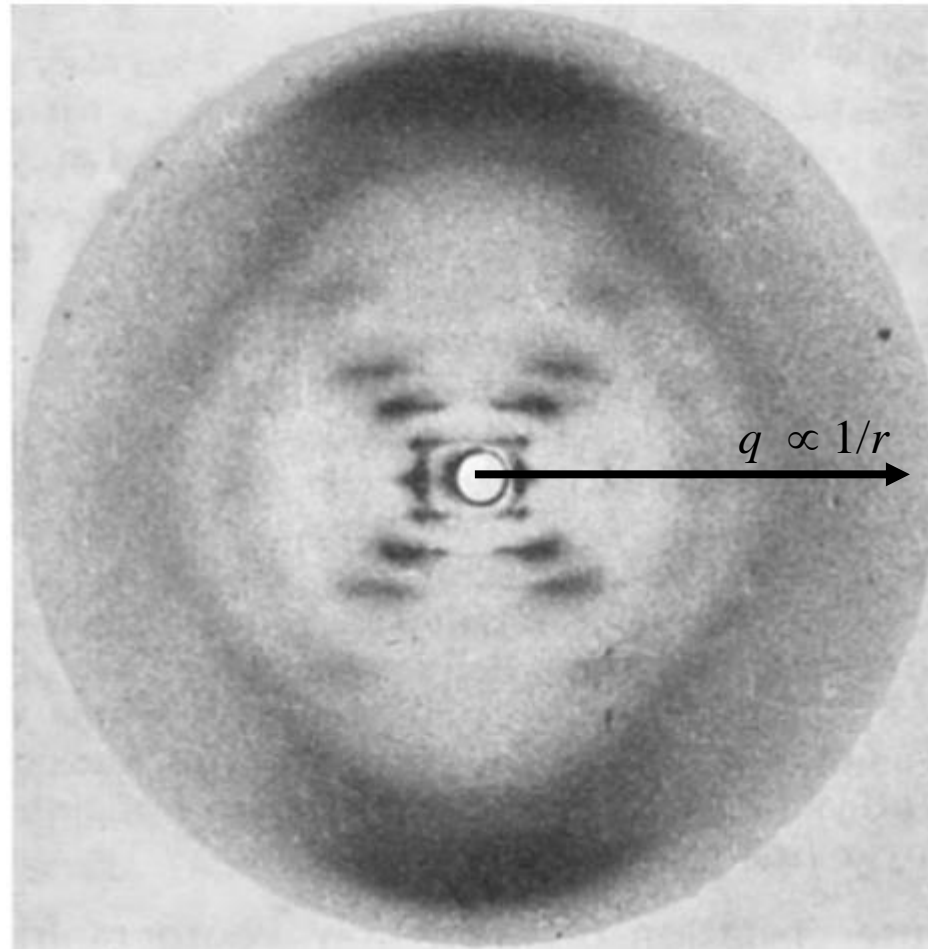
Preprosti primeri sipanih vzorcev



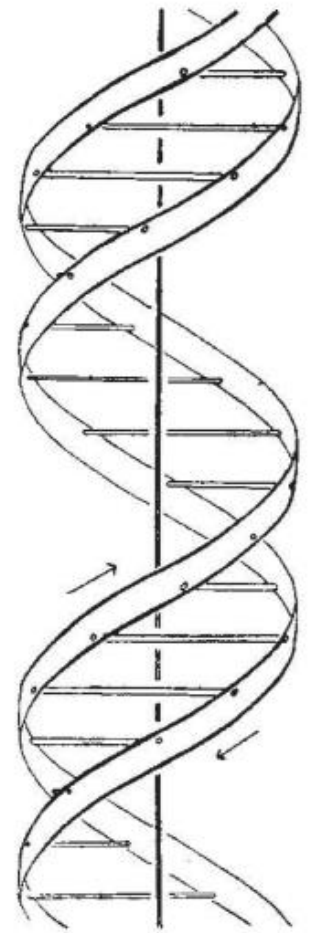
- <https://www.youtube.com/watch?v=ym42jYPM34Y>

Določanje molekularnih struktur s sipanjem rentgenskih žarkov

- Rentgenski interferenčni vzorec na kristalu DNA razkrije obliko dvojne vijačnice!
- **Rentgenska kristalografija** je do sedaj najuspešnejša metoda za določanje struktur proteinov!
 - + doseže ločljivost pod 0,1 nm
 - potrebna kristalizacija vzorca (red dolgega dosega ojači signal)



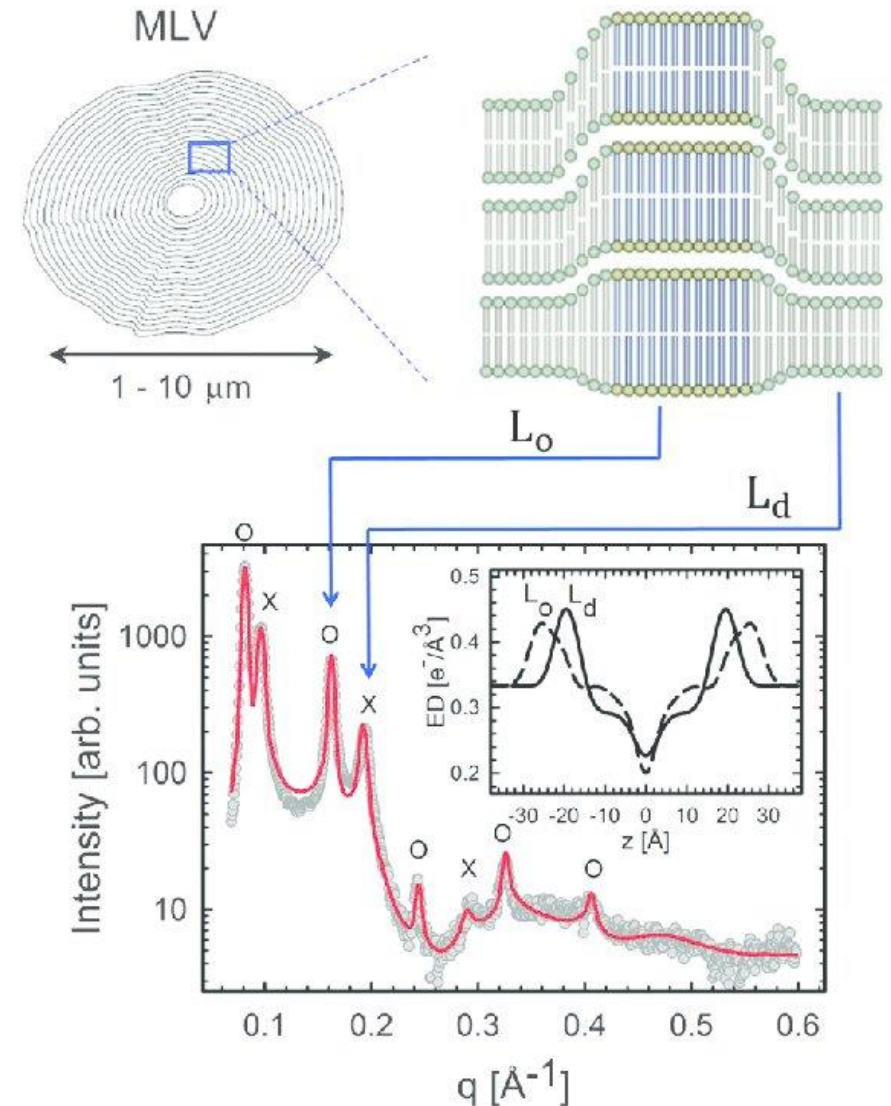
Franklin & Gosling *Nature* 1953



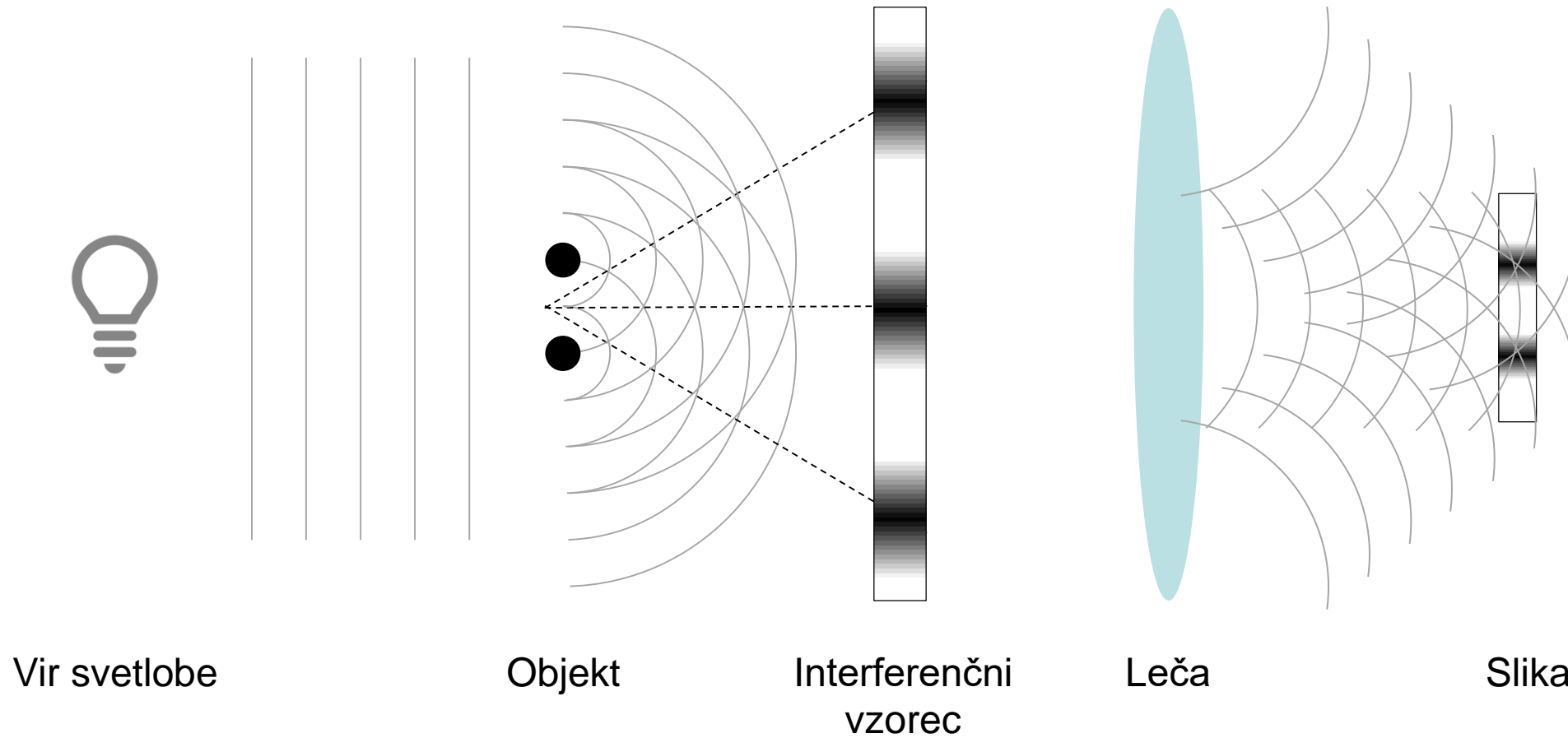
Watson & Crick *Nature* 1953

Ozko-kotno sipanje rentgenske svetlobe (SAXS)

- Ponavljajoče se dimenzije molekularnih struktur dajo interferenčne vrhove tudi v raztopini.
- Iz izračunanega profila elektronske gostote določimo značilne razdalje:
 - velikost micel
 - debelina membran
 - povprečne razdalje med molekulami
 - ...



Rekonstrukcija slike



Določanje molekularnih struktur s krioelektronskim mikroskopom

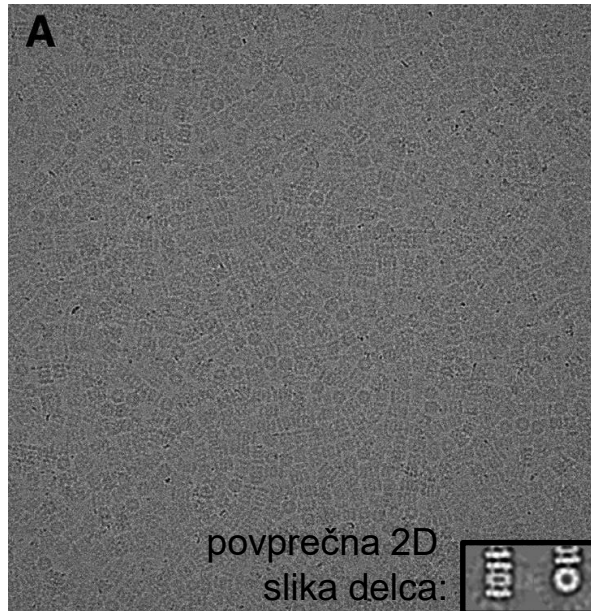
- Namesto elektromagnetnega valovanja uporabimo hitre delce, ki se obnašajo podobno!

mikroskop na KI

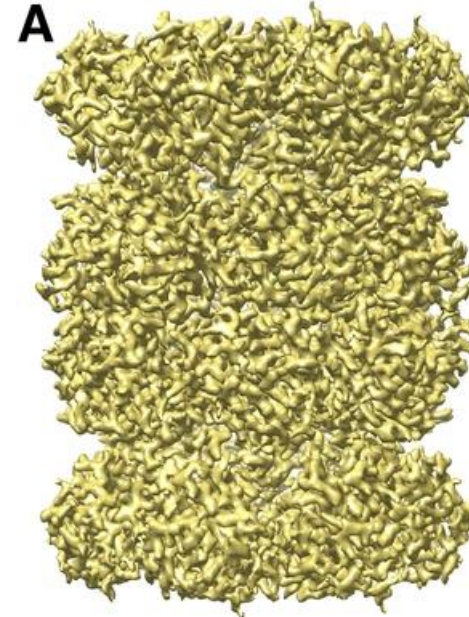


Kemijski Inštitut

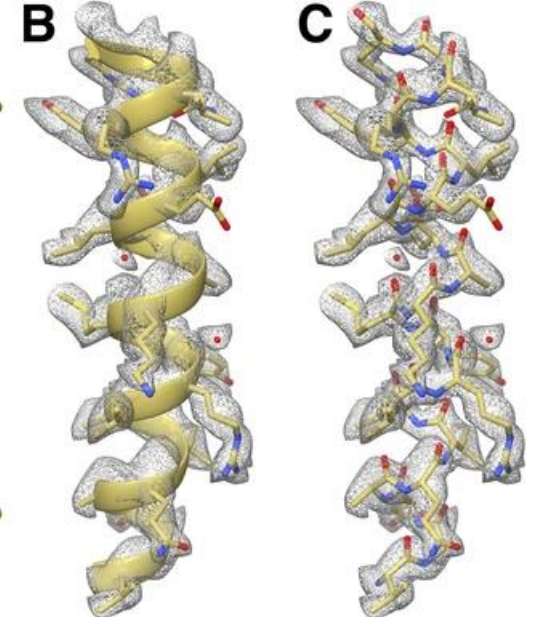
slika



3D elektronska gostota



model strukture



Campbell *eLife* 2015