

## Úvod

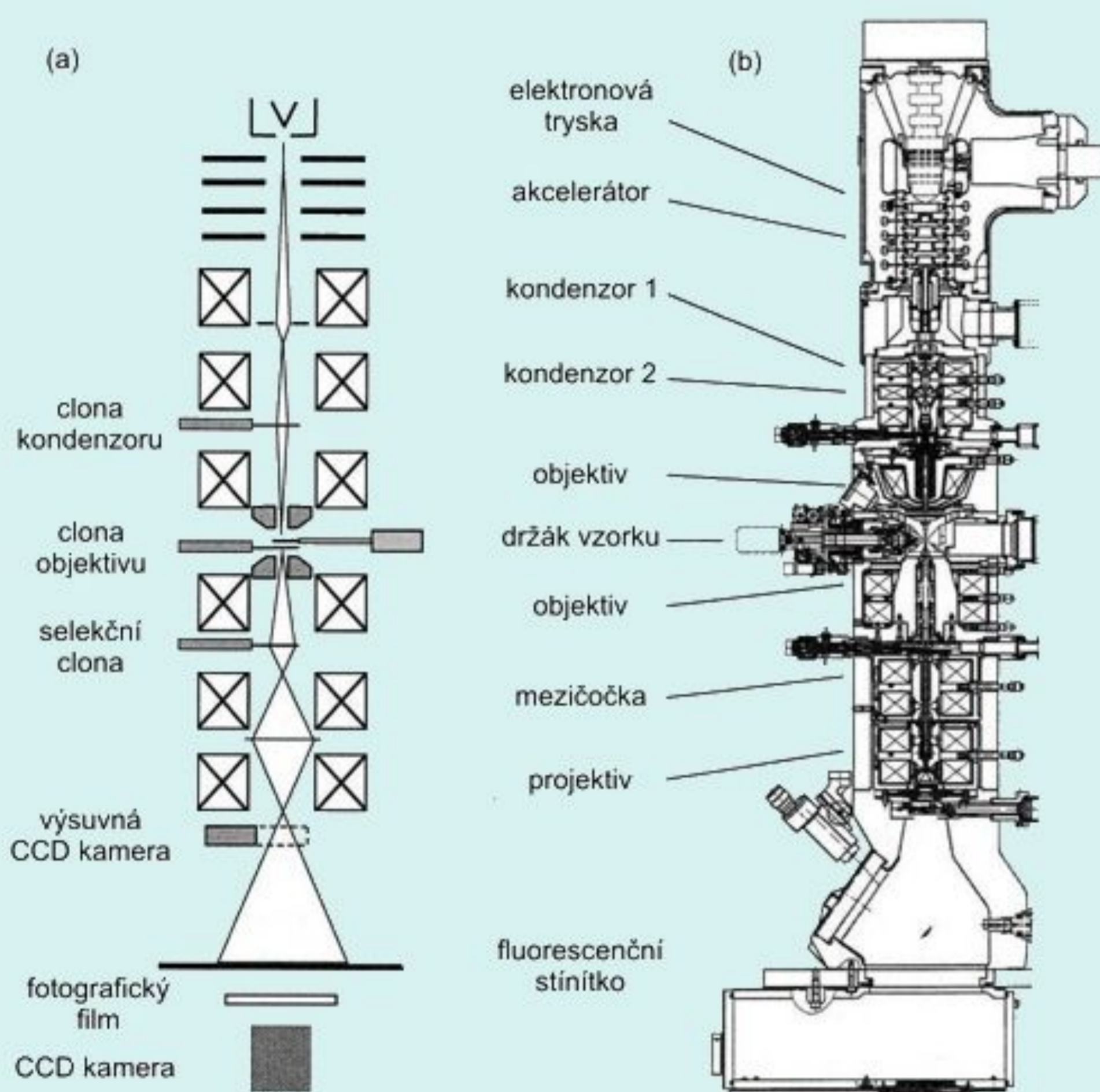
V této práci jsme se zabývali zobrazením dvou vzorků, slitiny Fe(72%) Al(28%) a měděné mřížky s napařeným hliníkem, transmisním elektronovým mikroskopem. Pro několik zrn z obou vzorků jsme pomocí interferenčních obrazců vypočítali mřížkový parametr.

## Transmisní elektronový mikroskop

Elektronový mikroskop umožňuje sledovat strukturu materiálů až na atomovou úroveň. Umožňují mu to elektrony, jejichž de Broglieho vlnové délky jsou v řádu jednotek pikometrů (2,51 pm). Elektrony se v mikroskopu pohybují rychlostí až 70 % rychlosti světla a jejich urychlovací napětí je 200 kV.

Veškeré elektronové mikroskopy pracují ve vakuu, aby se předešlo rozptylu v plynech a kontaminaci vzorku.

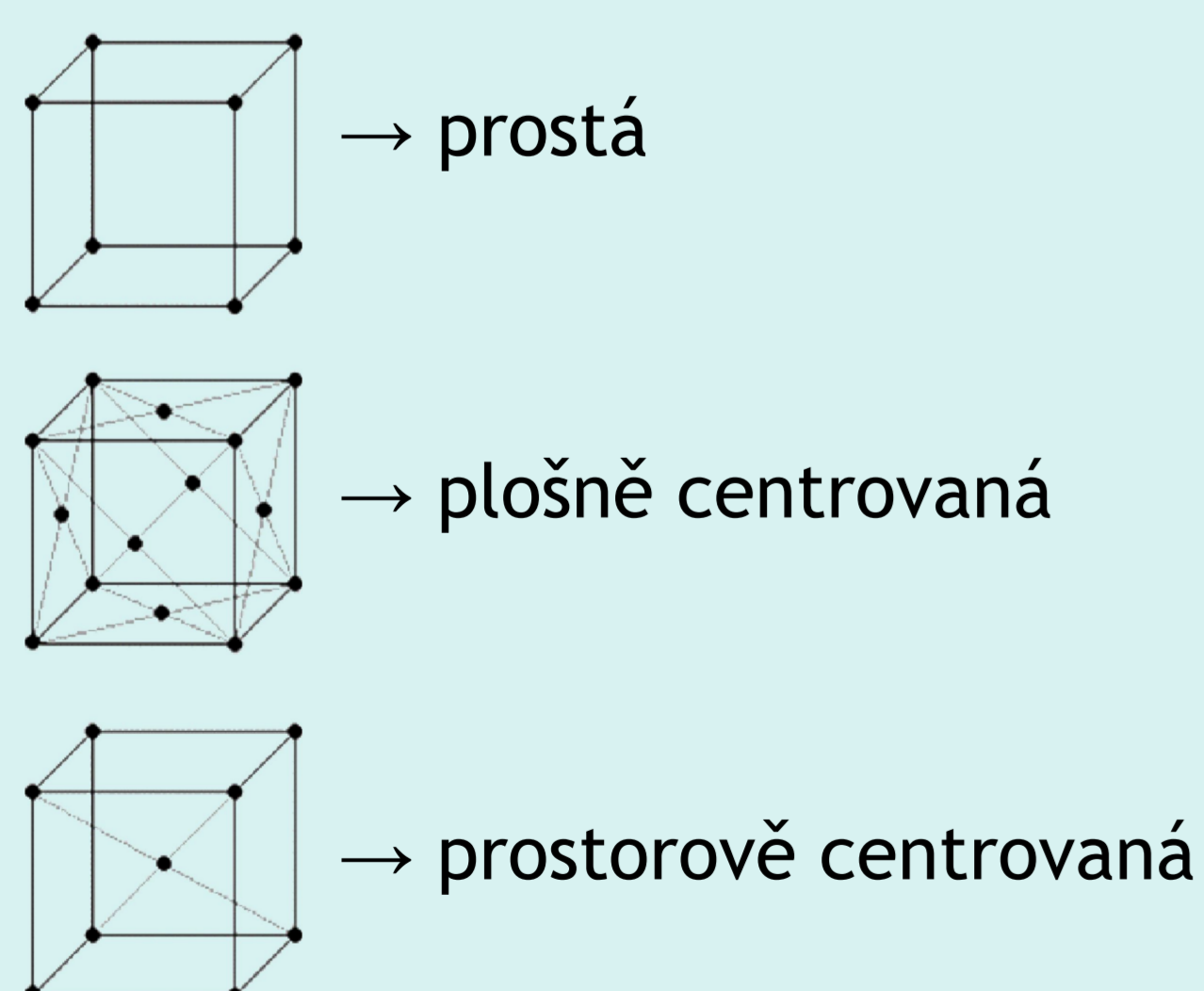
Při průchodu elektronových paprsků předmětem dochází k difrakci elektronů (viz Obr. 1). Paprsky následně přicházejí do objektivu, kde vytváří zvětšený obraz předmětu. Kontrast obrazu je podmíněn různým rozptylem elektronů v různých bodech předmětu.



Obr. 1: a) Schéma TEM b) Řez TEM

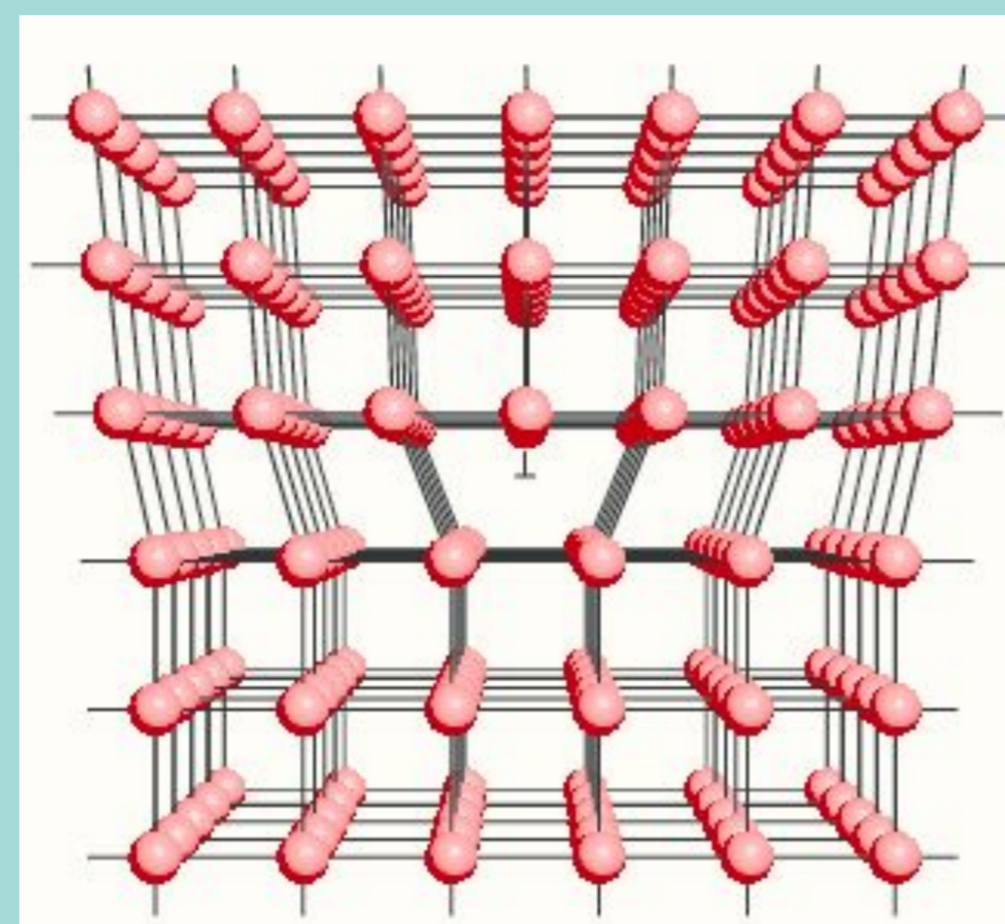
## Kubické krystalové mřížky

Rozlišujeme několik druhů krystalických mřížek, které se od sebe liší především tvarem elementární buňky. Vzorkem pro náš výzkum byl aluminid železa Fe<sub>3</sub>Al v poměru 3:1 (přibližně 28 % hliníku), jehož kubická mřížka je prostorově centrovaná (ang. bcc).

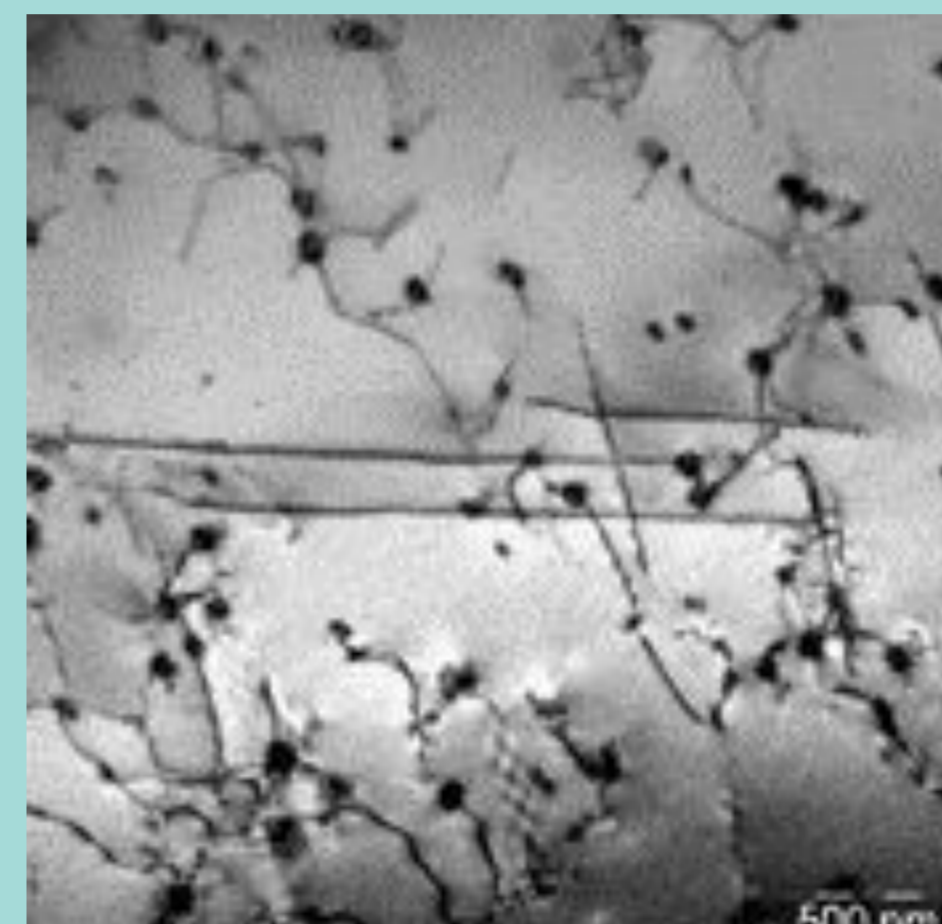


## Poruchy krystalové mřížky

Předmětem našeho zkoumání byla dislokace (čárová porucha) krystalické mřížky Fe<sub>3</sub>Al, které vznikají přirozeně při růstu krystalů nebo jejich deformaci.



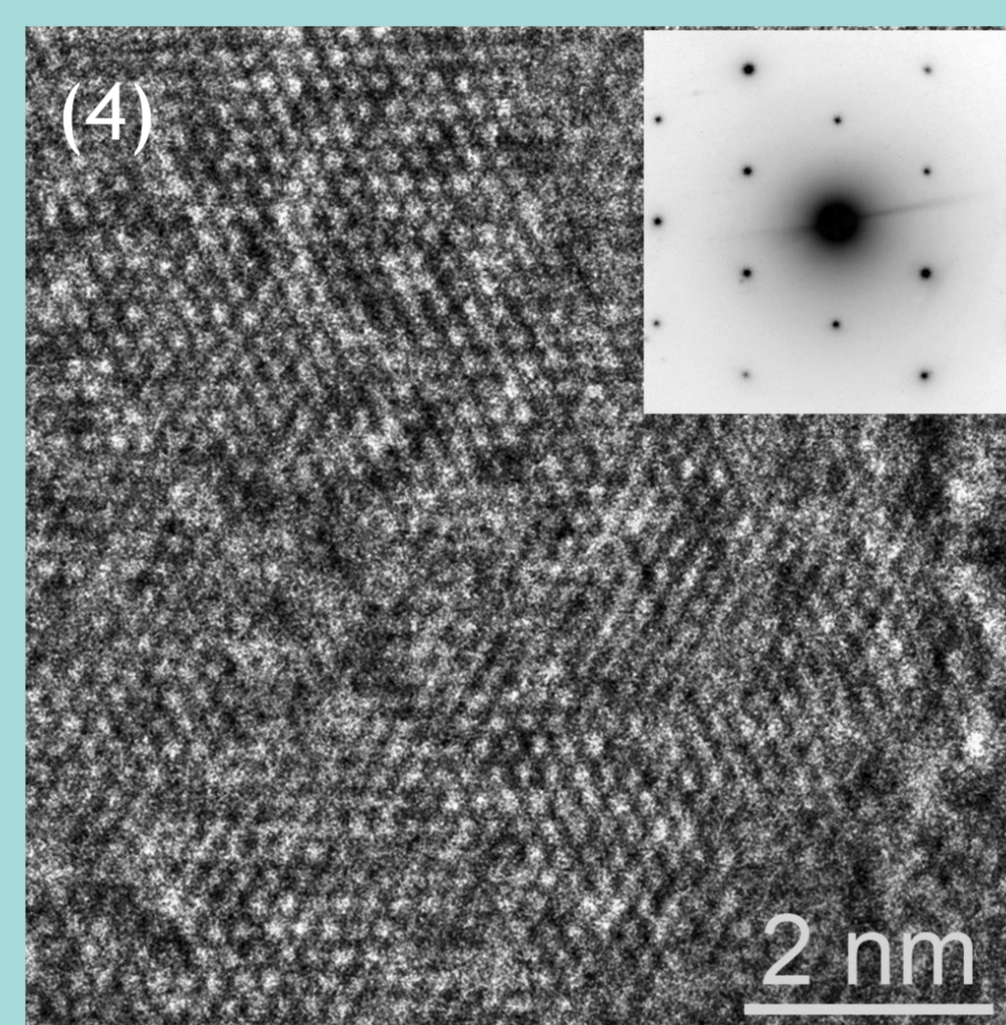
Obr. 2: Princip dislokace



Obr. 3: Dislokace v Fe<sub>3</sub>Al

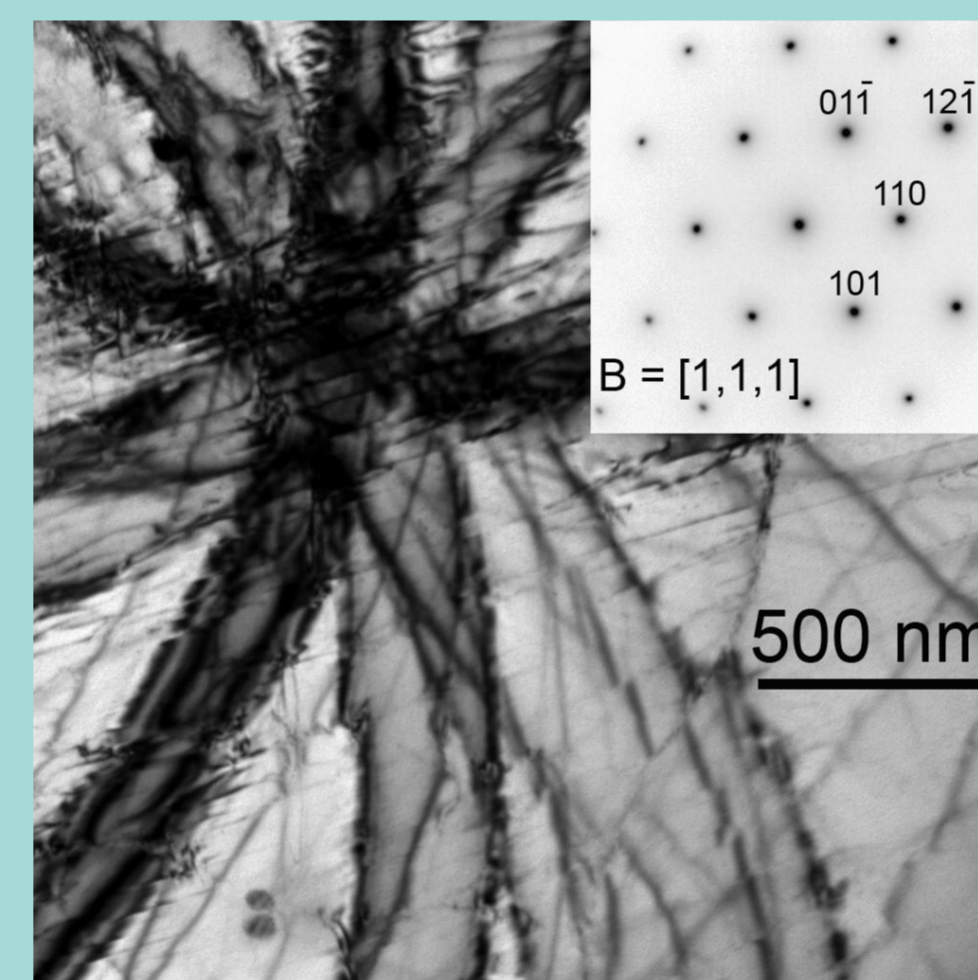
## Grafen

Grafen má pravidelnou šesterečnou strukturu. To lze vidět, jak na fotografii, tak na difrakčním obrazci.

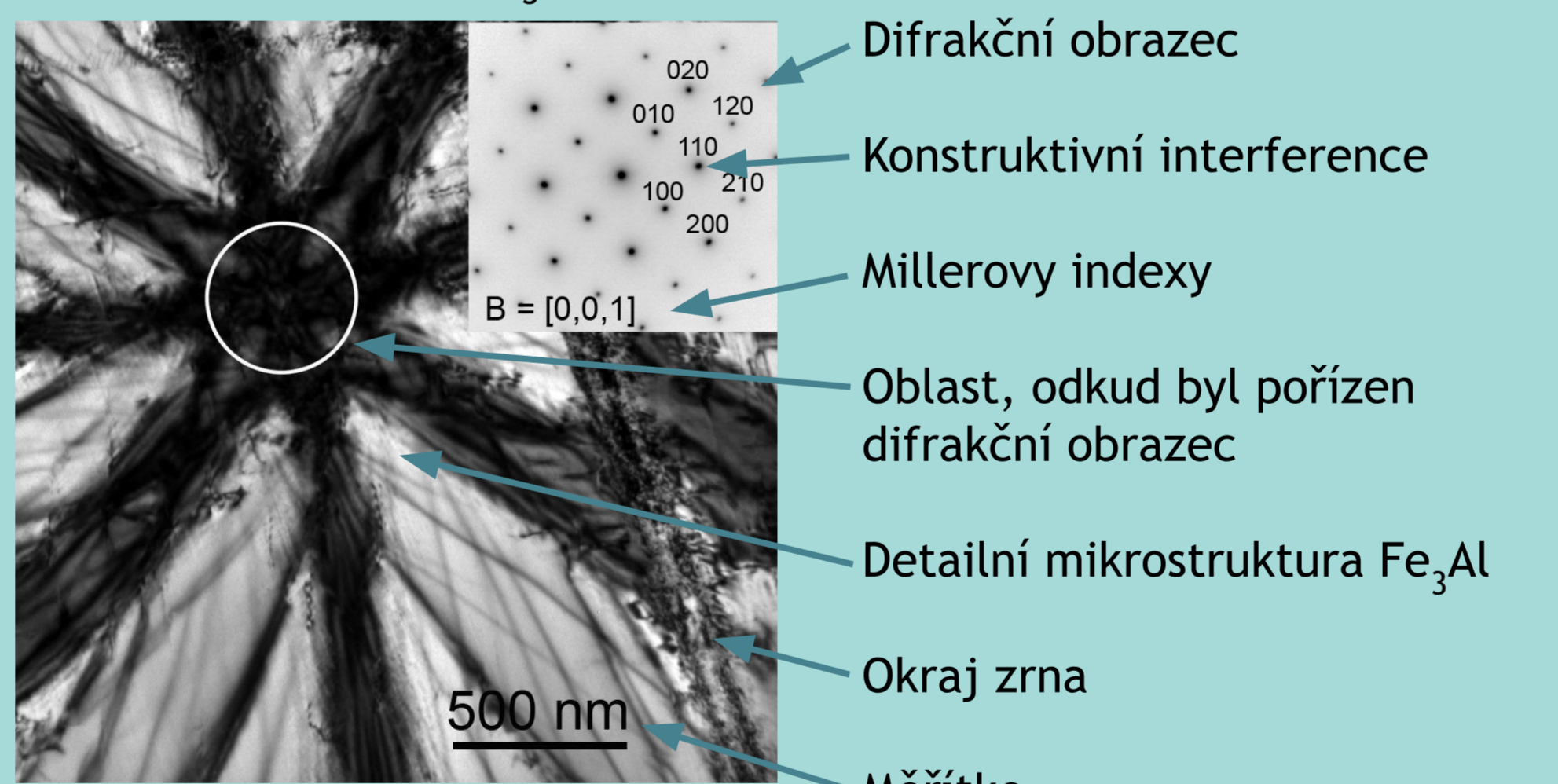


Obr. 4: Obraz a související difrakční obrazec, grafen

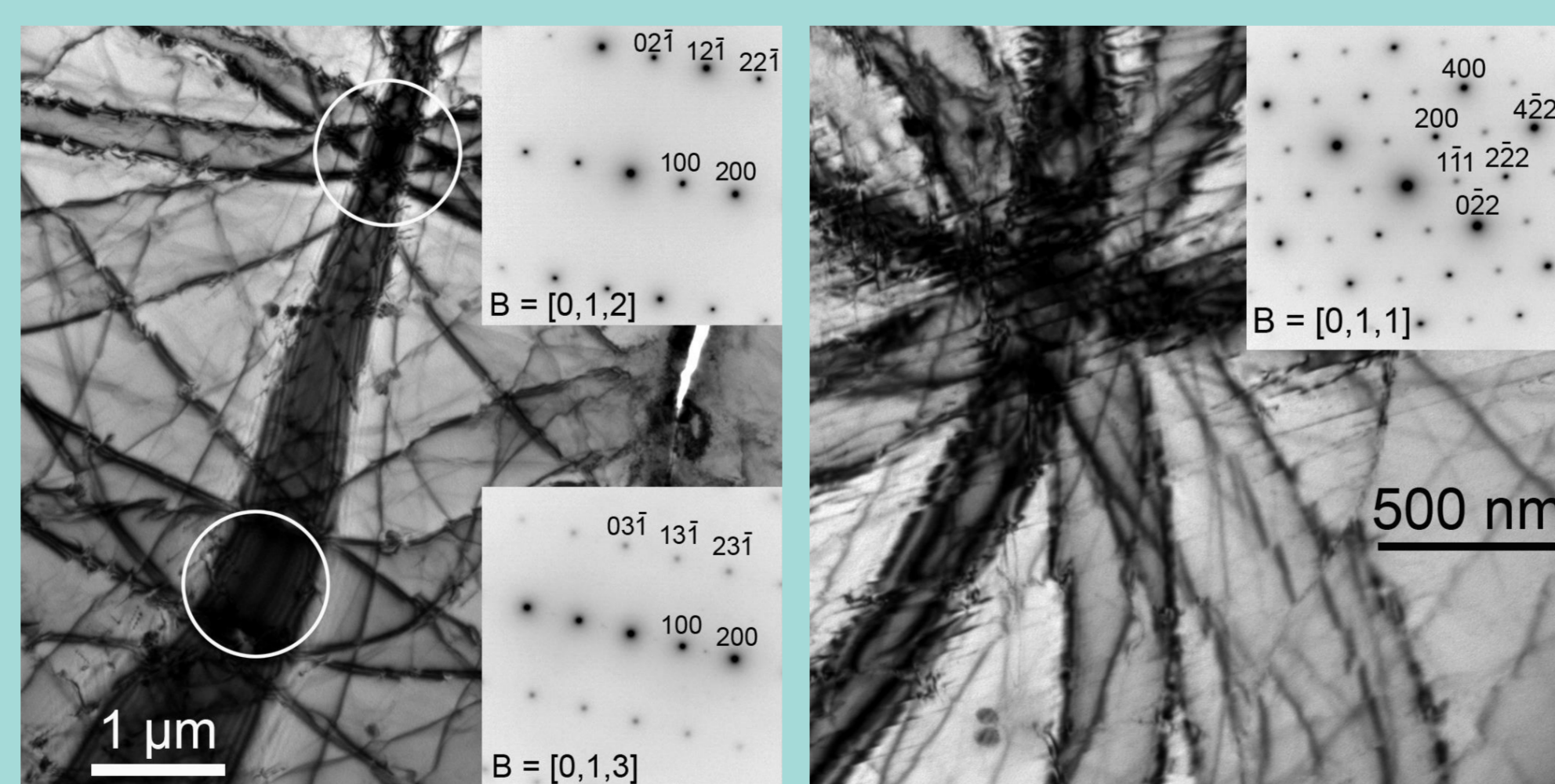
## Difrakční obrazce Fe<sub>3</sub>Al



Obr. 5: Obraz a související difrakční obrazec, Fe<sub>3</sub>Al



Obr. 6: Obraz a související difrakční obrazec, Fe<sub>3</sub>Al

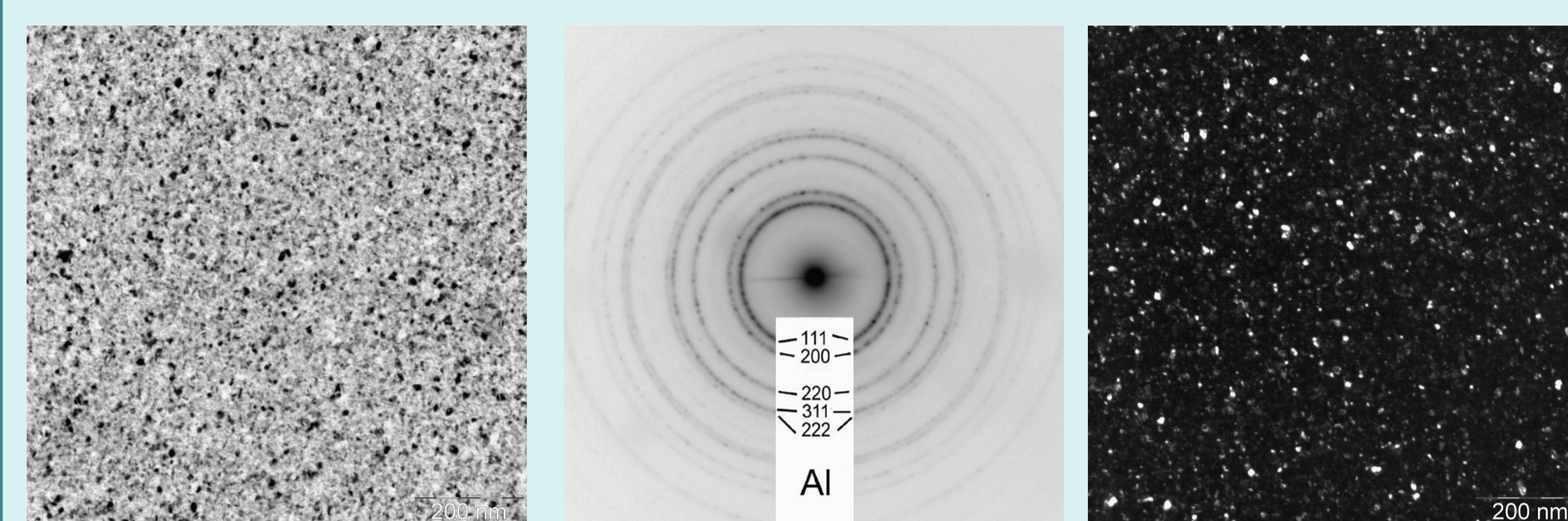


Obr. 7: Obraz a související difrakční obrazec, Fe<sub>3</sub>Al

Obr. 8: Obraz a související difrakční obrazec, Fe<sub>3</sub>Al

## Difrakční obrazce hliníku

Krystaly hliníku jsou tvořeny mnoha zrny (viz obr. 10a). Difrakční obrazce monokrystalu hliníku by měl čtvercovou strukturu. Protože jednotlivá zrna hliníku mají různé natočení mřížky, difrakčním obrazcem polykrystalu jsou soustředné kružnice (viz obr. 10b).



Obr. 10: (a) Zrna Al (b) Difrakční obrazec Al (c) Temné zobrazení

Pokud zaostříme pouze na malý výřez difrakčního obrazce, dostaneme tzv. temné zobrazení (viz obr. 10c), na kterém vidíme pouze zrna s určitým natočením mřížky.

## Mřížková konstanta

Z difraktogramů se dá určit mřížková konstanta pomocí vztahu

$$a = \frac{\lambda L}{R_{hkl}} \sqrt{h^2 + k^2 + l^2},$$

kde  $L = 100$  cm je vzdálenost mezi vzorkem a fluorescenčním stínítkem,  $\lambda$  de Broglieho vlnová délka,  $R_{hkl}$  vzdálenost mezi stopami přímého a difraktovaného svazku a  $h, k, l$  jsou Millerovy indexy (viz Millerovy indexy). Mřížková konstanta aluminidu železa je 288 pm a hliníku 404 pm.

## Polykrystalická struktura

Polykrystalická struktura se skládá z mnoha malých monokrystalů - krystalitů aneb zrn.

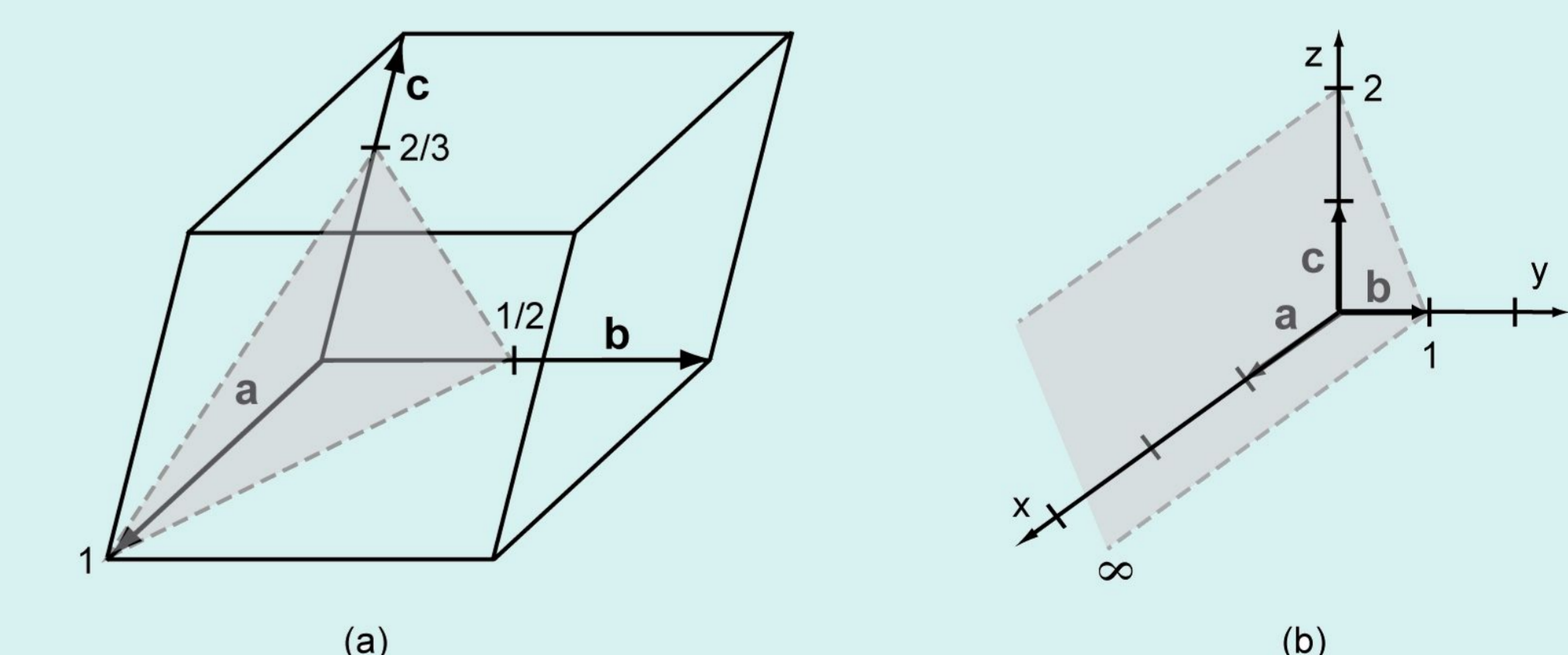


Obr. 11: Přiblížení zrna Fe<sub>3</sub>Al

Zrna vůči sobě navzájem mají rozdílnou prostorovou orientaci mřížky.

## Millerovy indexy

Millerovy indexy jsou tři čísla zapsaná do kulatých závorek (hkl) reprezentující převrácené hodnoty délky úseků, které rovina vytíná na osách definovaných základními vektory mřížky, vynásobené jejich nejmenším společným jmenovatelem.



Obr. 12: Krystalové roviny v obecném krystalovém systému

## Poděkování

Rádi bychom poděkovali organizátorům Týdne vědy za možnost seznámit se s prací vědce, dále MFF UK za možnost použít TEM JEOL 2000 FX pro naši práci, FJFI ČVUT za poskytnutí prostor a také našemu garantovi, panu prof. Dr. RNDr. Miroslavu Karlíkovi, za odborný dohled.

## Reference

- M. KARLÍK, Úvod do transmisní elektronové mikroskopie, 2011
- Obr. 2; P. MCNALLY, Techniques: 3D imaging of crystal defects, [https://www.researchgate.net/publication/236087059\\_Techniques\\_3D\\_imaging\\_of\\_crystal\\_defects](https://www.researchgate.net/publication/236087059_Techniques_3D_imaging_of_crystal_defects), 2013