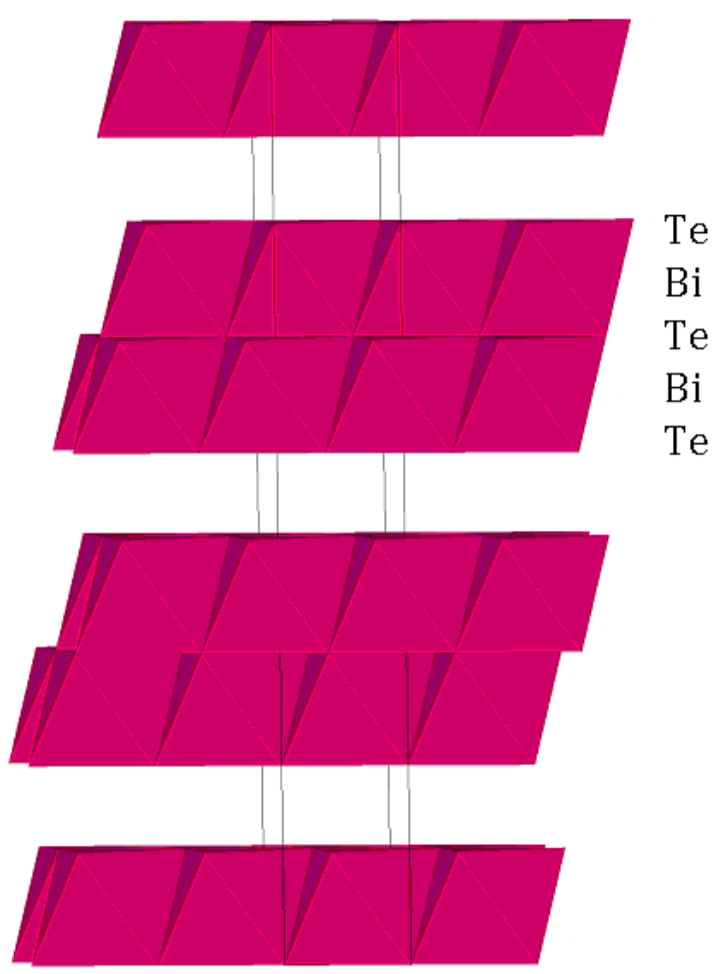
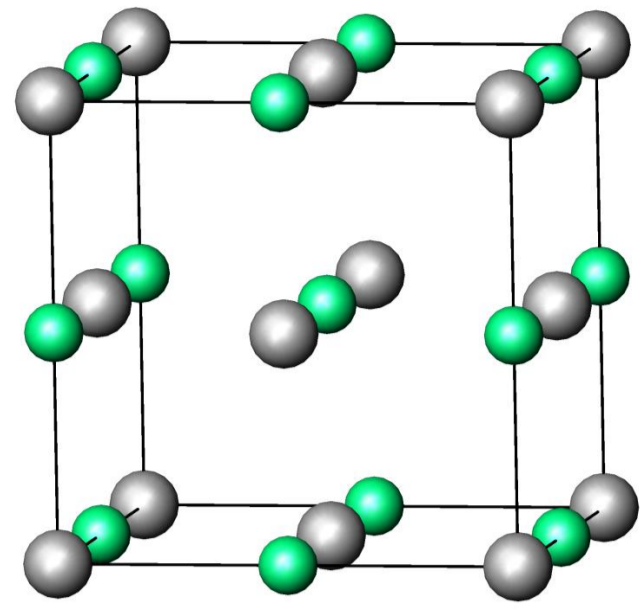


Strukturní typy hlavních termoelektrických materiálů



Vrstevnatá struktura Bi_2Te_3 tvořená dvěma spojenými vrstvami oktaedrů BiTe_6 .



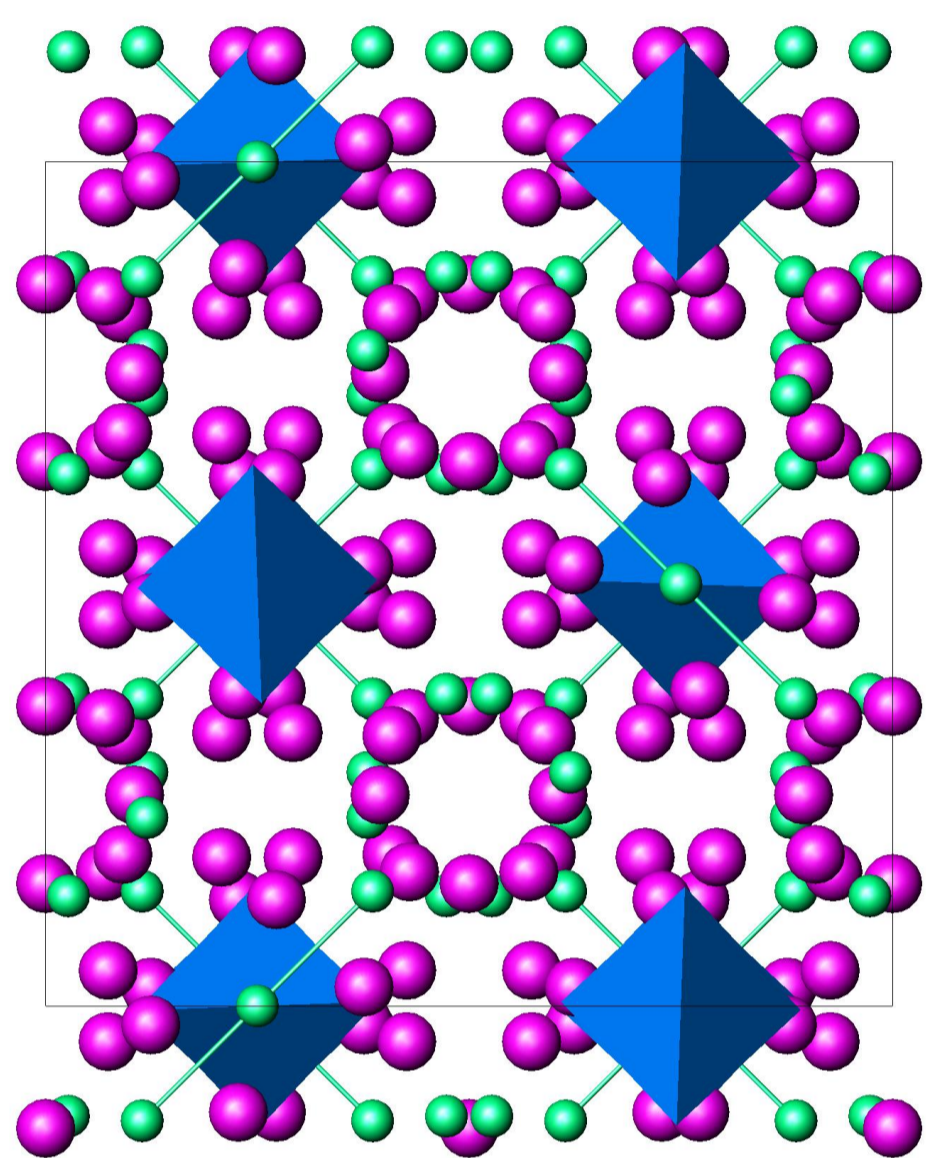
Struktura typu NaCl fází PbTe a TAGSx (slitina $(\text{GeTe})_x(\text{AgSbTe}_2)_{100-x}$).

• Pb, Ge, AgSb; • Te.

Konvenční termoelektrické materiály.

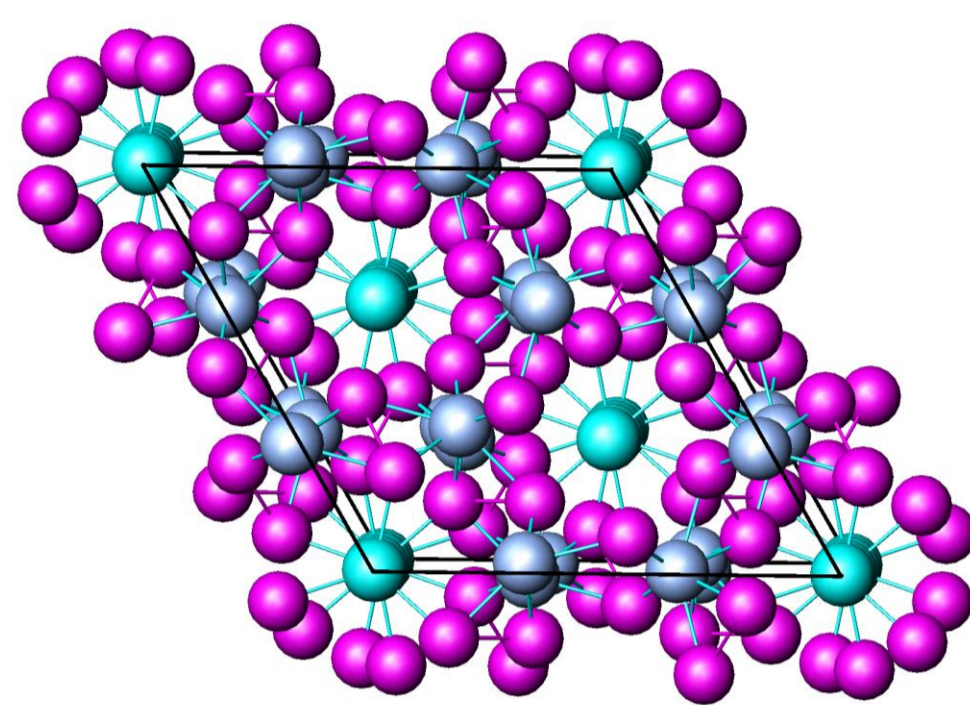
Většina v současné době používaných termoelektrických materiálů je známa už od 60.let a jejich účinnost se do začátku 90.let prakticky nezměnila. Hlavní aplikace byly v oblasti chlazení okolo a pod pokojovou teplotu a byly založeny na Bi_2Te_3 , eventuálně substituované antimonem $(\text{BiSb})_2(\text{TeSb})_3$.

Pro teplotní oblast 400-700 K ale v podstatě neexistovaly žádné materiály s využitelnou termoelektrickou účinností. Pro vyšší teploty nad 700 K bylo možné využít PbTe , TAGS (slitina GeTe a AgSbTe_2) a LAST (slitina PbTe a AgSbTe_2).

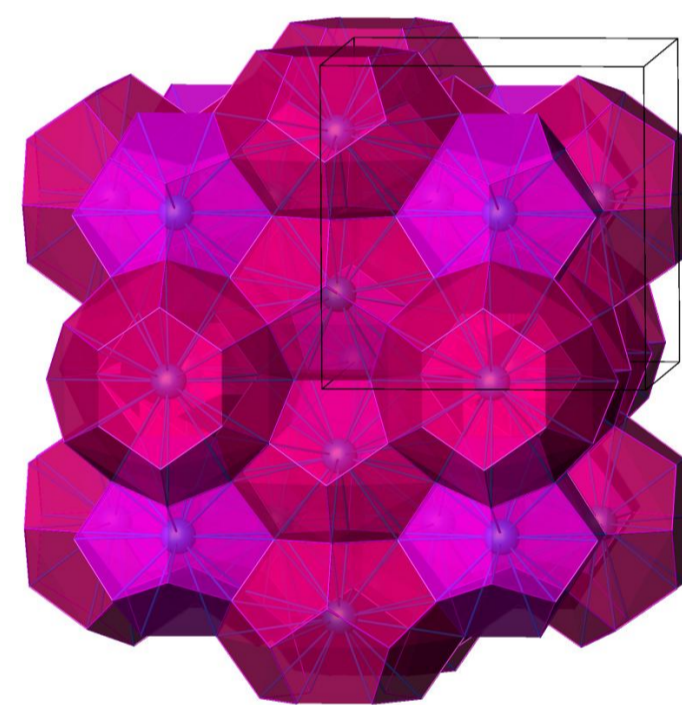


Tetragonální struktura Zintlovy fáze $\text{Yb}_{14}\text{MnSb}_{11}$, pohled podél osy c.

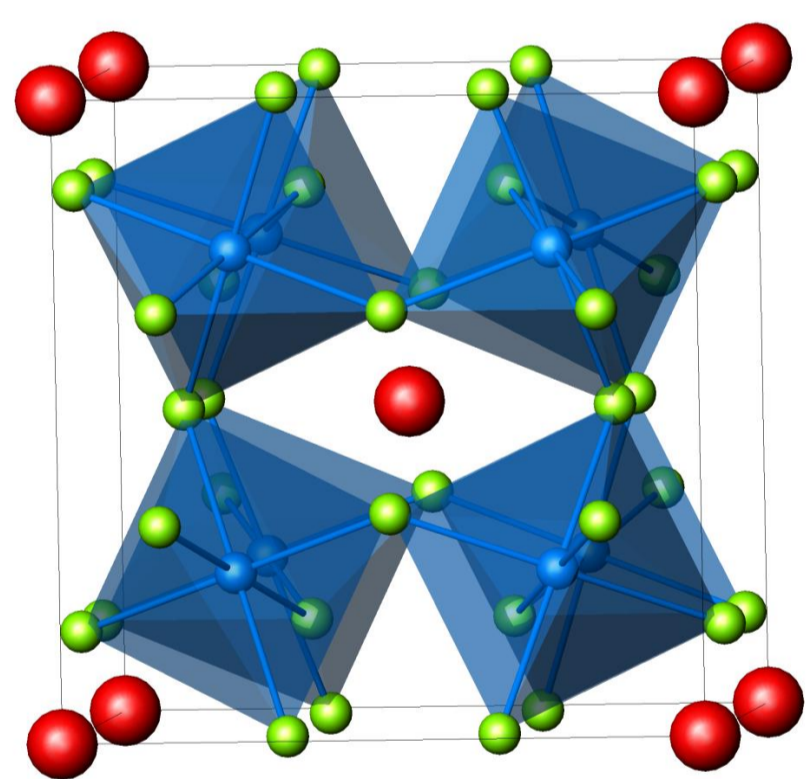
▲ tetraedry MnSb_4 ; • Yb; • Sb;



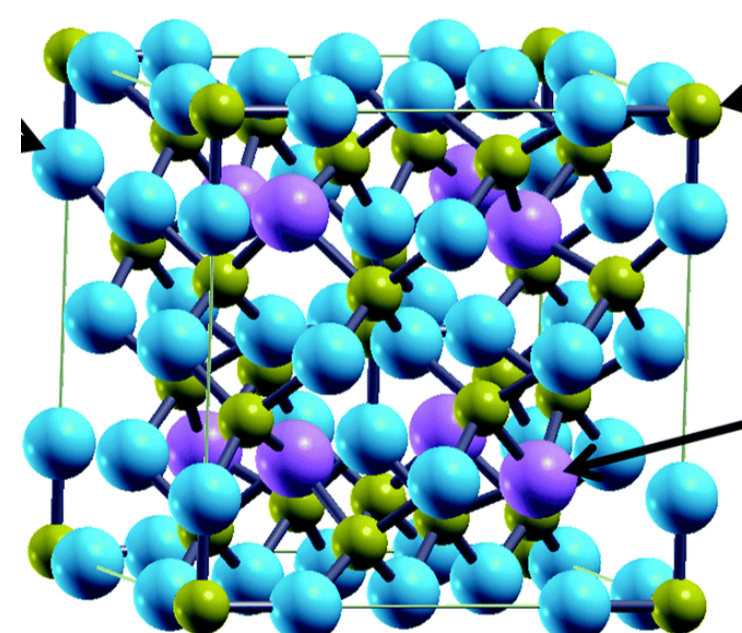
Struktura Zn_4Sb_3 . • Zn • Sb; • smíšená poloha Sb/Zn;



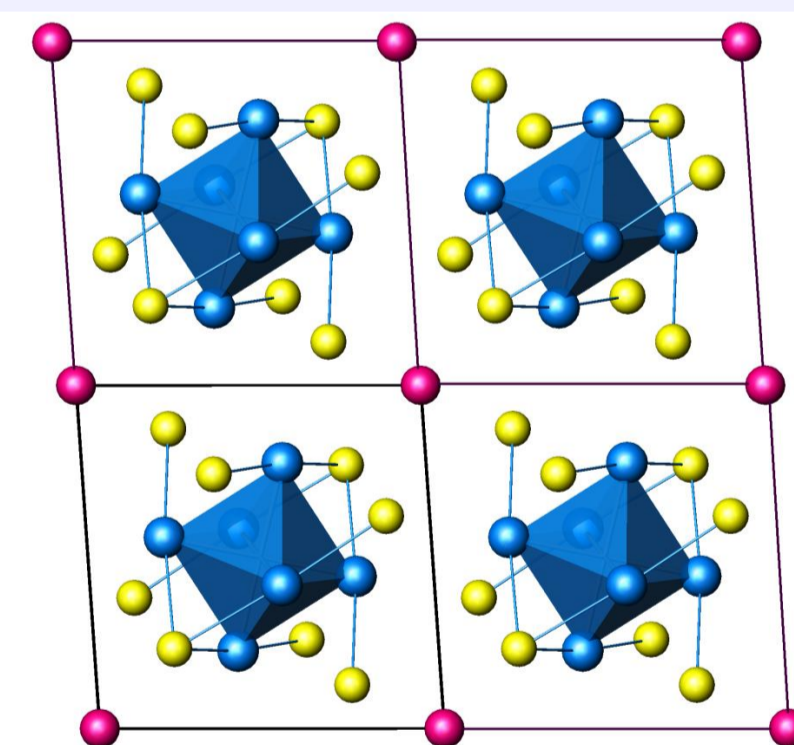
Příklad struktury klatrátu typu I $\text{Sr}_8\text{Ga}_{16}\text{Ge}_{30}$. Klastry (GaGe)_{20} a (GaGe)_{24} jsou vyplněny atomy Sr.



Struktura skuteruditů s částečně zaplněnými dutinami obecného vzorce $\text{A}_y\text{M}_4\text{X}_{12}$. ♦ MX_6 oktaedry; • X_i ; • A_i ;



Struktura tetrahedritu $\text{Cu}_{12}\text{S}_{13}\text{Sb}_4$. • Cu; • S; • Sb;



Příklad struktury Chevrelovy fáze $\text{Cu}_x\text{Mo}_6\text{Se}_8$. ♦ Mo_6 klastry; • Se; • Cu;

Vývoj nových termoelektrických materiálů.

Termoelektrický materiál s dobrou účinností musí mít vysokou **termoelektrickou sílu** (α) a **elektrickou vodivost** (σ) a nízkou **tepelnou vodivost** (λ) při dané teplotě (T). Účinnost (ZT) se vyjadřuje vztahem:

$$ZT = \frac{\alpha^2 \cdot \sigma}{\lambda} \cdot T$$

Při hledání nových materiálů je hlavní pozornost soustředěna na snižování tepelné vodivosti. Úpravy musí být takové charakteru, aby současně nesnižovaly elektrickou vodivost.

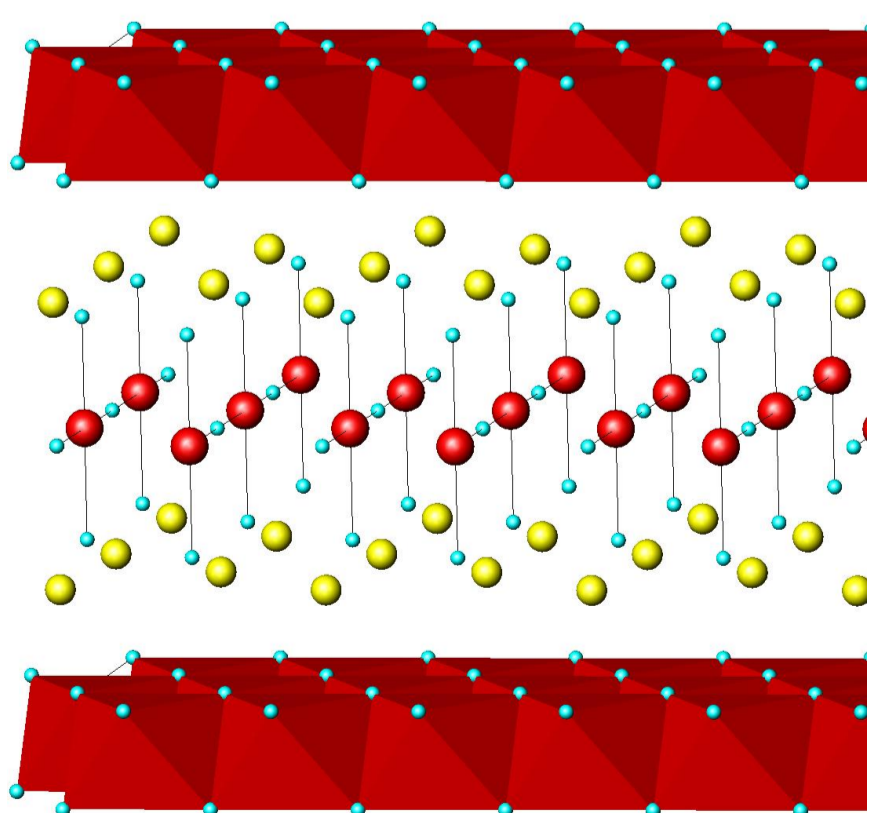
Tento princip je vyjádřen termínem "Phonon Glass Electron Crystal" (PGEC), neboli „**fononové sklo - elektronový krystal**“ – tj. materiály, které vedou **teplo jako amorfni materiál resp. sklo**, a **elektrinu jako dobře uspořádaná krystalická látka**. Jde o nalezení selektivního procesu, který by ovlivňoval nosiče tepla (fonony) více než nosiče náboje (elektrony), např.:

- Vložení těžkého atomu do prázdné dutiny ve struktuře, který pak vibruje nezávisle na okolní struktuře.
- Zvýšení neuspořádanosti struktury vytvoření tuhého roztoku mezi různými materiály se stejnou strukturou.

Oxidové termoelektrické materiály.

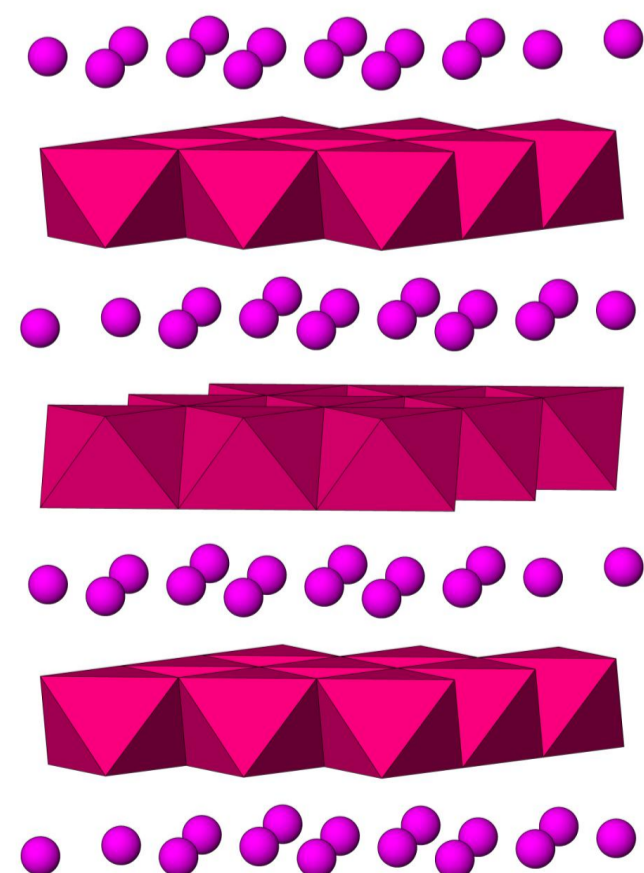
Hlavní výhodou oxidů je **chemická stabilita v oxidační atmosféře za zvýšené teploty**.

Mnoho oxidů má sice vysokou termoelektrickou sílu, ale zároveň nízkou elektrickou vodivost. První oxidy s dobrou vodivostí kovového typu i vysokou termosílu jsou vrstevnaté kobaltity $\text{Na}_{0,6}\text{CoO}_2$ a $\text{Ca}_3\text{Co}_4\text{O}_9$. Struktura $\text{Na}_{0,6}\text{CoO}_2$ je tvořena $[\text{CoO}_2]^-$ vrstvou složenou z CoO_6 oktaedrů spojenými hranami, a vrstvou Na^+ iontů náhodně rozmístěných mezi dvěma krystalografickými polohami. **Elektrický transport probíhá ve vrstvách CoO_2 a interkalované Na ionty jsou rozptylová centra fononů.**



Vrstevnatá struktura kobaltitu s tzv. nesouměřitelnou strukturou $[\text{Ca}_2\text{CoO}_3][\text{CoO}_2]_{1,6}$.

♦ oktaedry CoO_6 ; • Co; • Ca; • O;



Vrstevnatá struktura Na_xCoO_2 .

♦ oktaedry CoO_6 ; • Na;