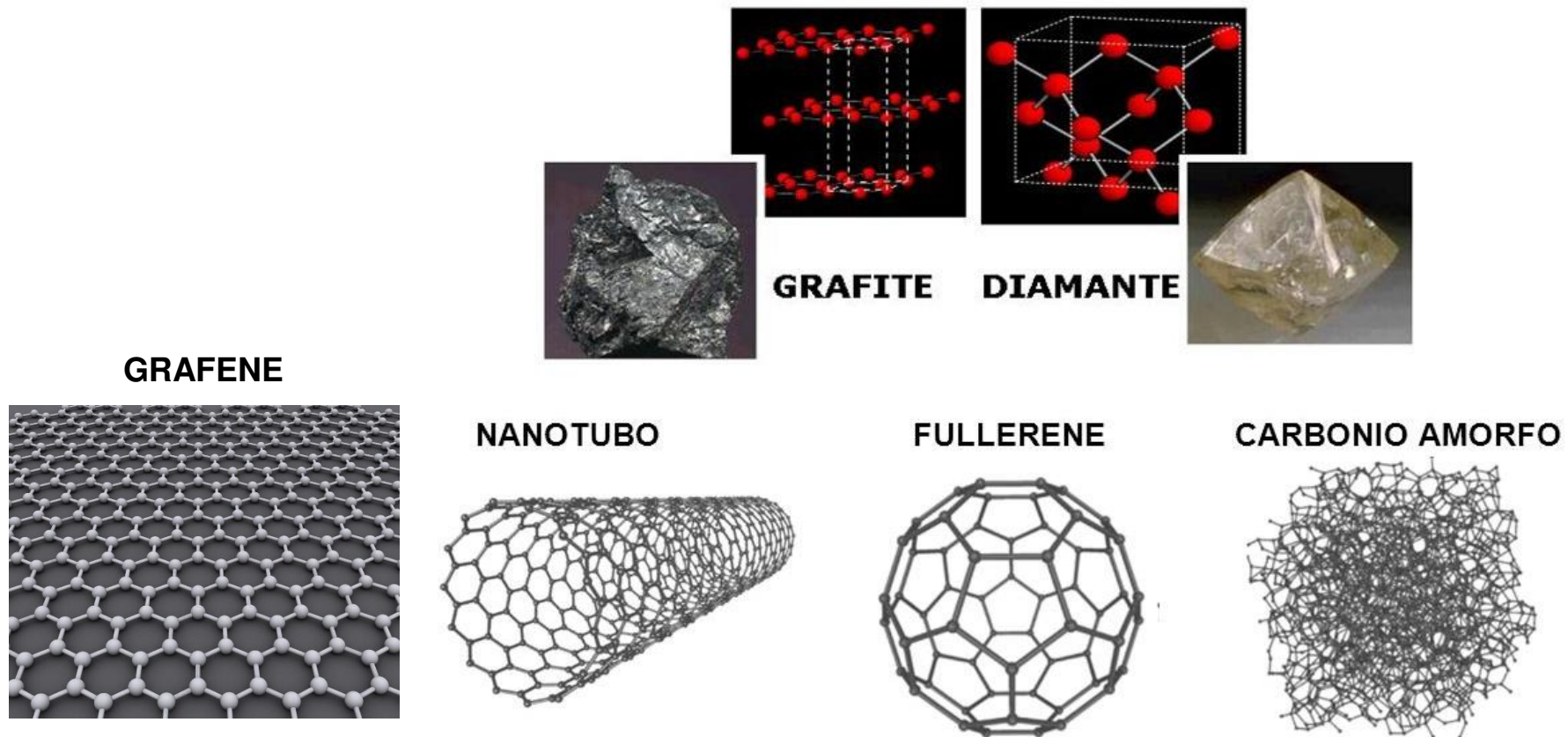


forme allotropiche del carbonio

sono materiali ceramici anche il diamante e le altre forme allotropiche del carbonio, come la grafite e il carbonio pirolitico, che presentano legami covalenti



applicazioni ortopediche

i materiali ceramici vengono usati in ortopedia nella fabbricazione di **protesi articolari**, anche in virtù delle caratteristiche antifrizione

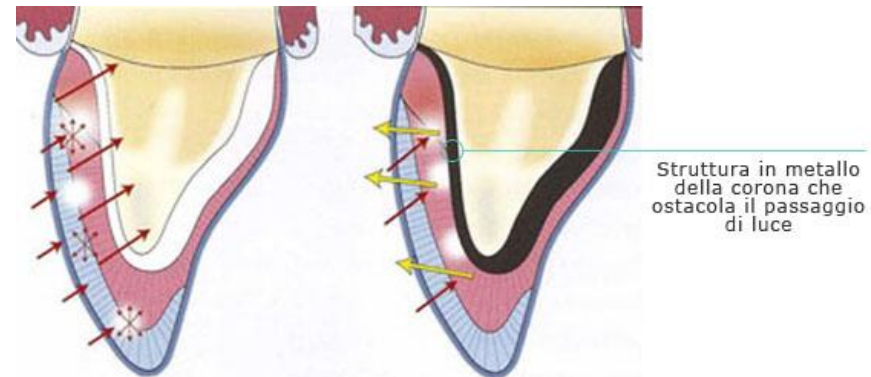


□ protesi articolari nella mano



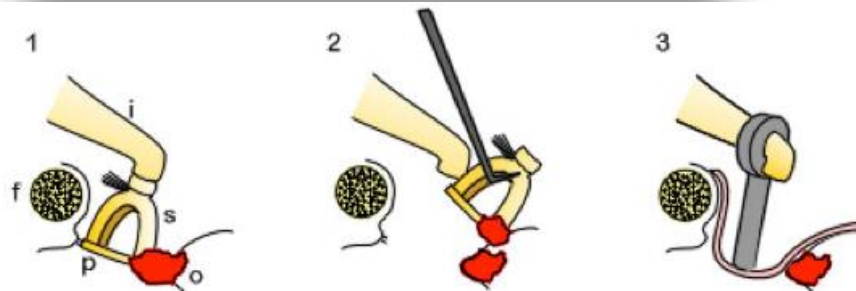
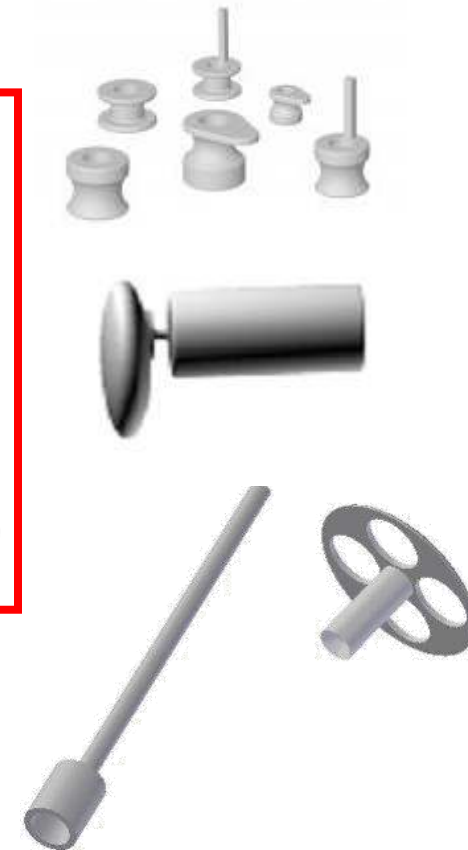
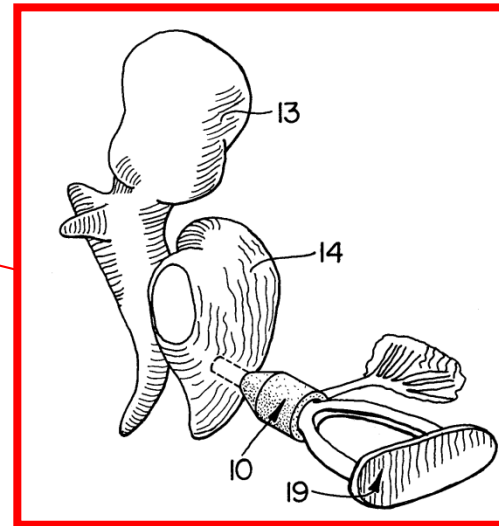
□ odontoiatria

i biomateriali ceramici sono usati come materiali per la realizzazione di **denti artificiali**



❑ otorinolaringoiatria

i materiali ceramici sono talvolta impiegati in otorinolaringoiatria, ad esempio nella realizzazione degli **ossicini dell'orecchio interno**

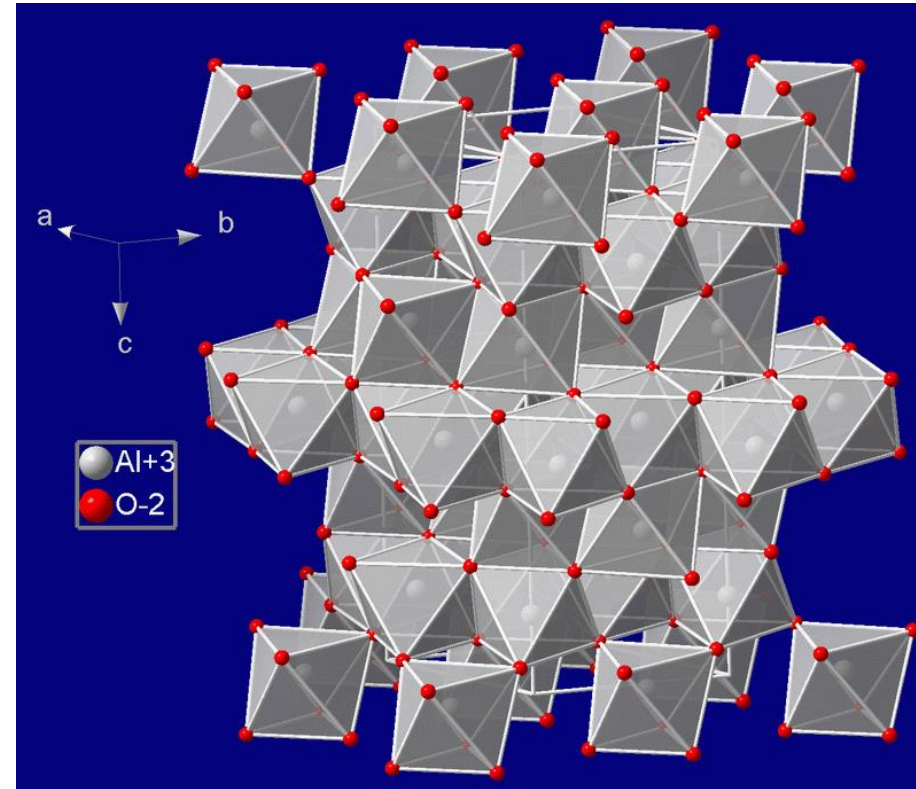
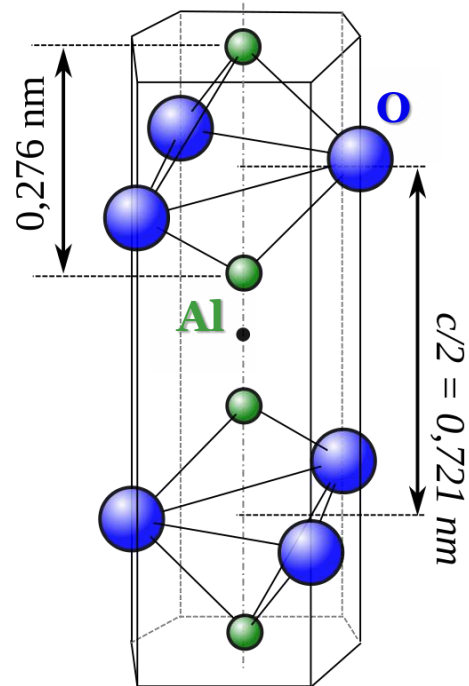


❑ settore cardiovascolare

le applicazioni nel settore cardiovascolare, seppure molto importanti, sono limitate all'utilizzo di **carbonio pirolitico** (ottima emocompatibilità)



la forma cristallina più comune dell'allumina è il **corindone**



❑ la cella primitiva contiene due unità di ossido di alluminio

dispositivi ortopedici realizzati in allumina

l'allumina è un materiale d'estremo interesse per realizzare una o entrambe le superfici articolari di protesi: è il caso della protesi dell'anca dove è possibile costruire sia la testa dello stelo femorale, che la coppa acetabolare

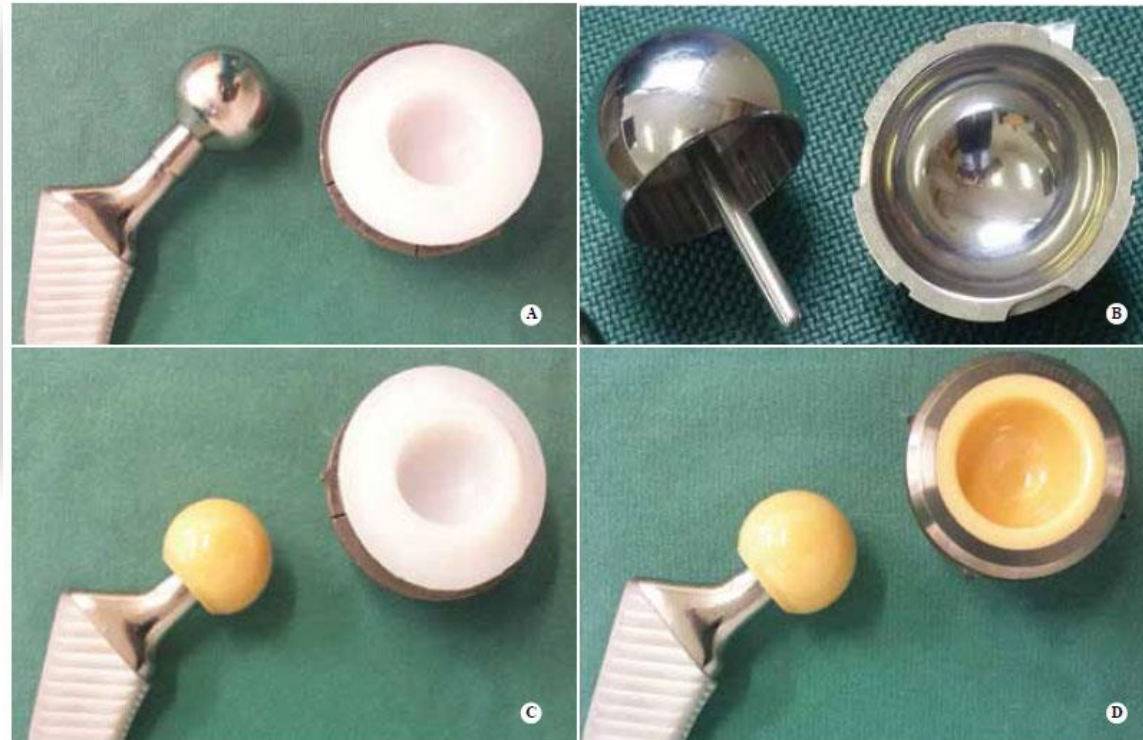
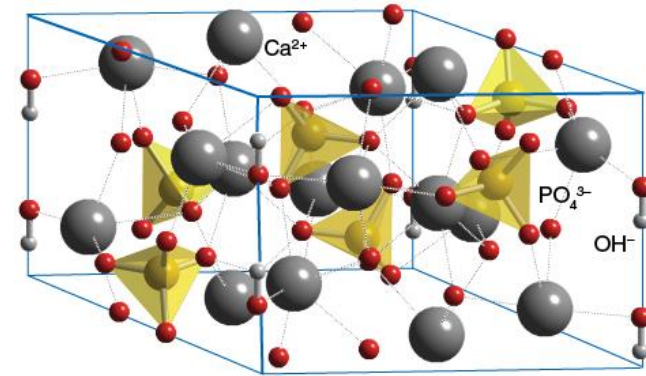


Figure 2 – Joint surfaces: (A) metal-to-polyethylene; (B) metal-to-metal; (C) ceramic-to-polyethylene; (D) ceramic-to-ceramic.

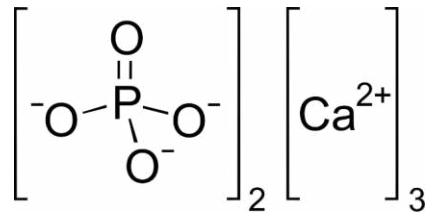
□ idrossiapatite (HA)

$\text{Ca}_5(\text{OH})(\text{PO}_4)_3$
 si forma in ambiente umido e
 temperatura inferiore a 900°C

HA

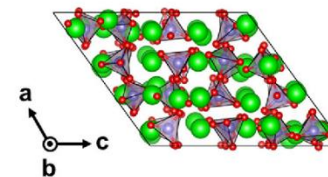
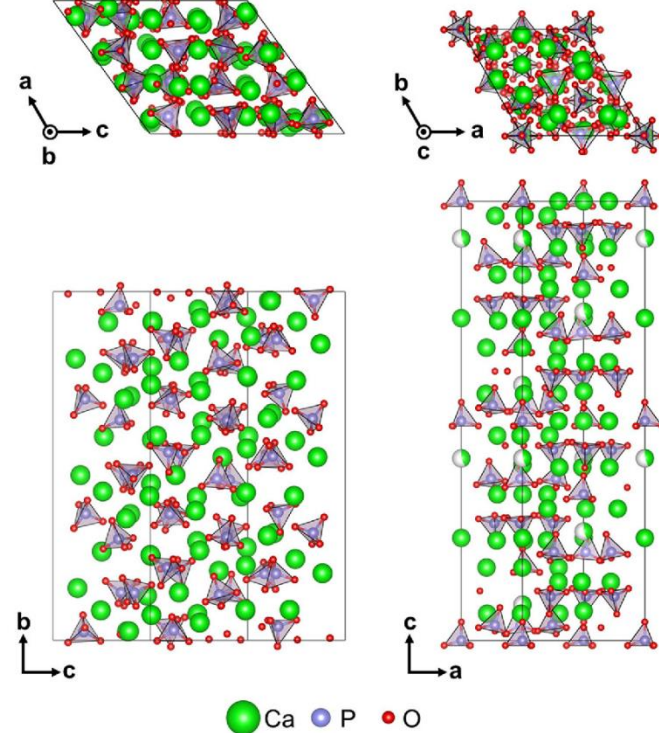


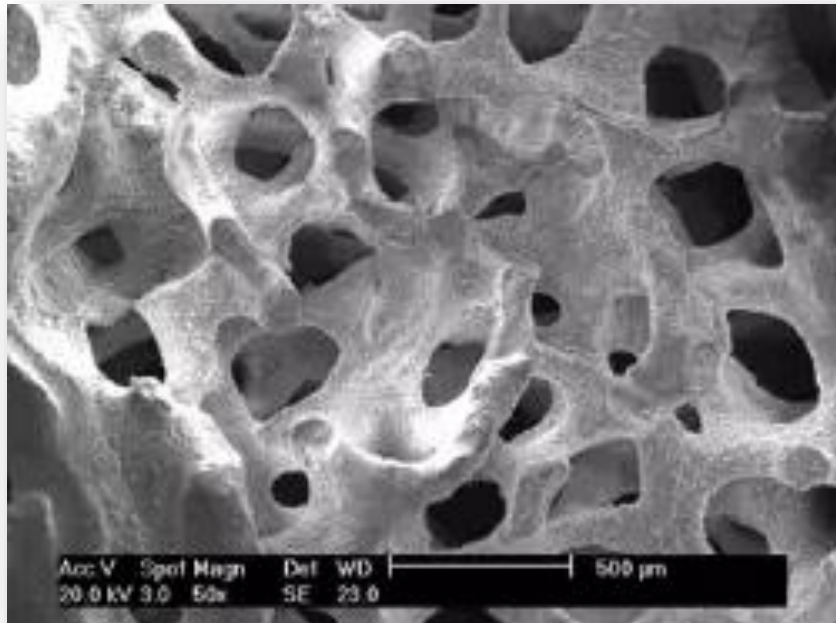
□ β -trifosfato di calcio (β -TCP)



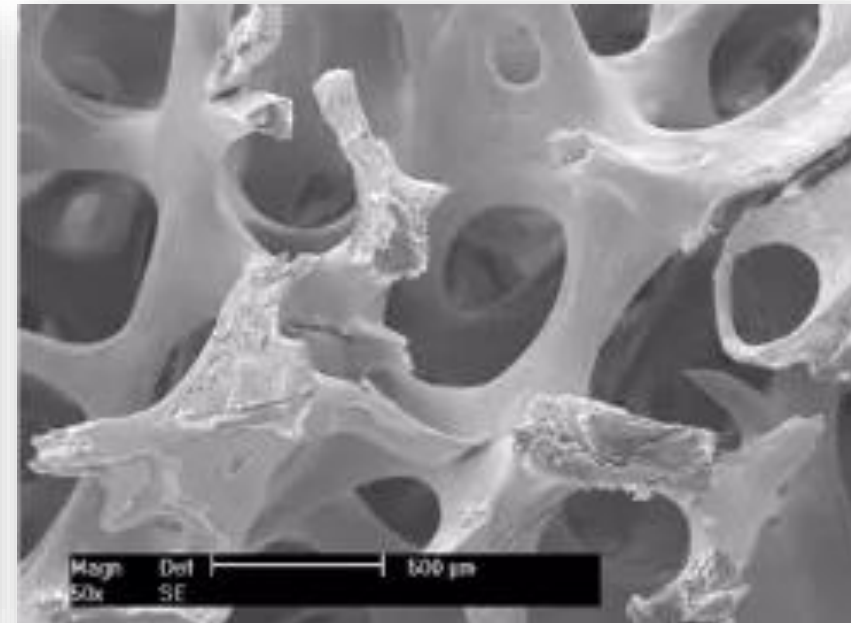
in ambiente secco e temperatura
 superiore a 900°C

spesso le due forme coesistono
 sono **altamente biocompatibili** e
 vengono usate **in forma granulare** o
 di **blocchi solidi**

(a) α -TCP(b) β -TCP



HA



osso umano

proprietà meccaniche dei fosfati di calcio sintetici

dipendono dalla struttura policristallina del materiale che, a sua volta, è legata al processo di formazione del composto

Proprietà meccaniche del fosfato di calcio (da D.E. Grenoble et al., *The Elastic Properties of Hard Tissues and Apatites*, *J Biomed. Mater Res*, 6, 201-233, 1972).

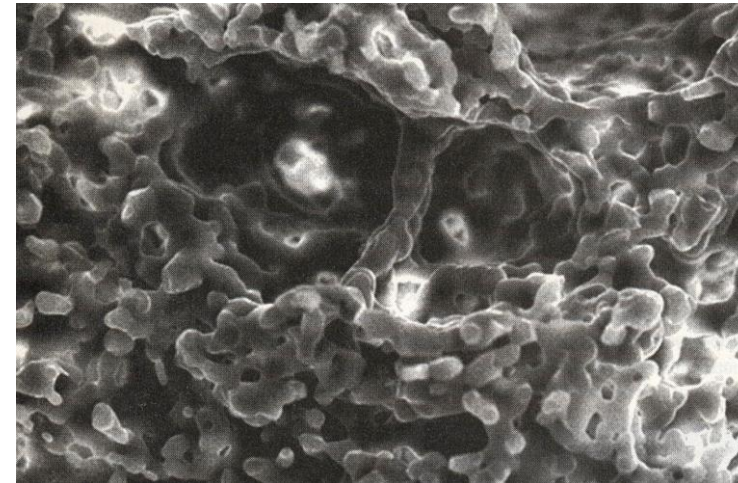
Proprietà	Valore
Modulo di Young (GPa)	40-117
Resistenza alla compressione (MPa)	294
Resistenza alla flessione (MPa)	147
Durezza (Vickers, GPa)	3.43
Densità teorica (g/cm ³)	3.16

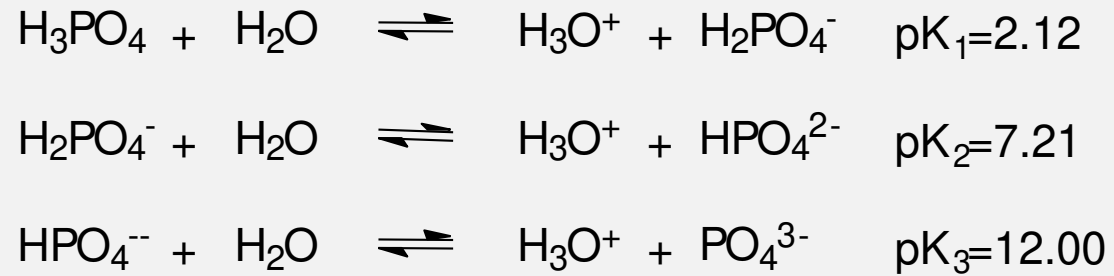
metodi di preparazione delle HA

- ❑ sono stati sviluppati vari metodi per ottenere precipitati di HA da utilizzare per la fabbricazione di manufatti
- ❑ in uno dei più diffusi, viene utilizzato un precipitato ottenuto da soluzioni acquose di $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ e NaH_2PO_4 che, dopo filtrazione ed essiccazione, risulta sotto forma di polvere
 - il precipitato viene calcinato per 3 ore a 900°C per provocare la cristallizzazione
 - la polvere viene pressata e sinterizzata a $\approx 1050\text{--}1200^\circ\text{C}$ per 3 ore

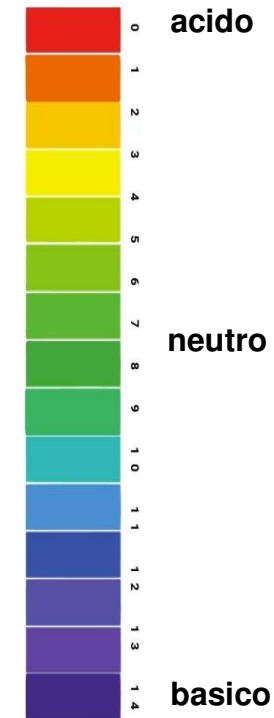
β -fosfato tricalcico (TCP)

- ☐ formula chimica $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$
- ☐ rapporto Ca/P 3:2
- ☐ **biocompatibile**
- ☐ **riassorbibile**
- ☐ **lentamente convertito in HA all'interno dell'organismo**

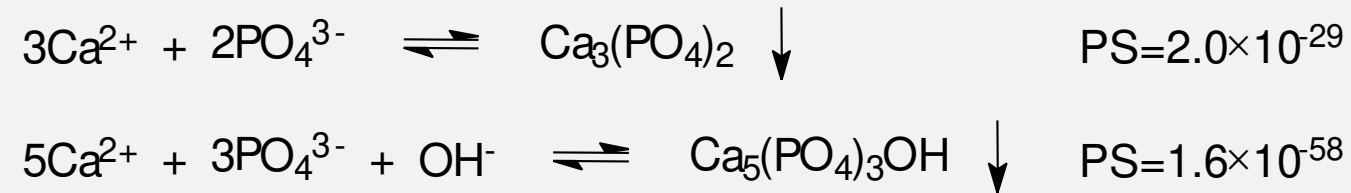




equilibri di dissociazione dell'acido fosforico



- ❑ in ambiente fortemente acido prevale lo ione H_2PO_4^-
- ❑ in ambiente debolmente acido prevale lo ione HPO_4^{2-}
- ❑ in ambiente basico, infine, prevale lo ione PO_4^{3-}



formazione di fosfati insolubili

- ❑ i valori del prodotto di solubilità indicano la particolare insolubilità dei due fosfati di calcio HA e TCP
- ❑ in **ambiente basico** è favorita la **precipitazione di HA**
- ❑ in **ambiente acido** risulta favorita la formazione di **fosfato bicalcico CaHPO_4 (DCP)** e di **fosfato monocalcico $\text{Ca}[\text{H}_2\text{PO}_4]_2$ (MCP)**