

Tesi di laurea triennale

Studio cristallografico di alcuni granati di rocce metamorfiche di bassa temperatura

Laureanda: Martina Alexandra Cassina Barrera

Relatore: Prof. Fabrizio Nestola

Correlatore: Prof. Bernardo Cesare

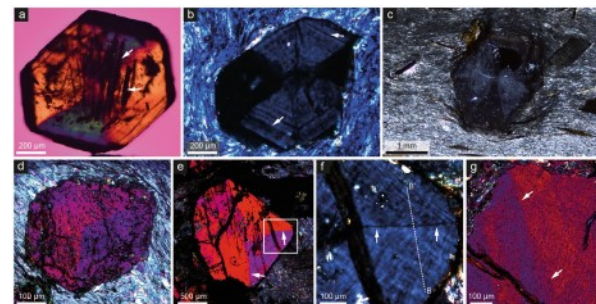
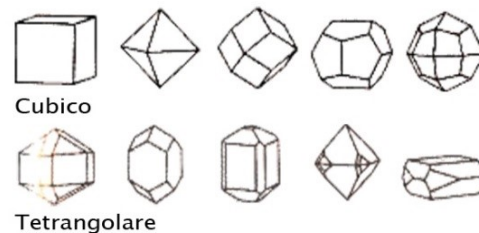


Q.B. Nestola

Garnet, the archetypal cubic mineral, grows tetragonal

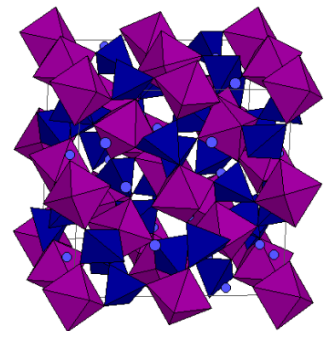
B. Cesare¹, F. Nestola¹, T. Johnson², E. Mugnaioli³, G. Della Ventura^{4,5}, L. Peruzzo⁶, O. Bartoli¹, C. Viti⁷ & T. Erickson⁸

Garnet is the archetypal cubic mineral, occurring in a wide variety of rock types in Earth's crust and upper mantle. Owing to its prevalence, durability and compositional diversity, garnet is used to investigate a broad range of geological processes. Although birefringence is a characteristic feature of rare Ca–Fe³⁺ garnet and Ca-rich hydrous garnet, the optical anisotropy that has occasionally been documented in common (that is, anhydrous Ca–Fe²⁺–Mg–Mn) garnet is generally attributed to internal strain of the cubic structure. Here we show that common garnet with a non-cubic (tetragonal) crystal structure is much more widespread than previously thought, occurring in low-temperature, high-pressure metamorphosed basalts (blueschists) from subduction zones and in low-grade metamorphosed mudstones (phyllites and schists) from orogenic belts. Indeed, a non-cubic symmetry appears to be typical of common garnet that forms at low temperatures (<450 °C), where it has a characteristic Fe–Ca-rich composition with very low Mg contents. We propose that, in most cases, garnet does not initially grow cubic. Our discovery indicates that the crystal chemistry and thermodynamic properties of garnet at low-temperature need to be re-assessed, with potential consequences for the application of garnet as an investigative tool in a broad range of geological environments.



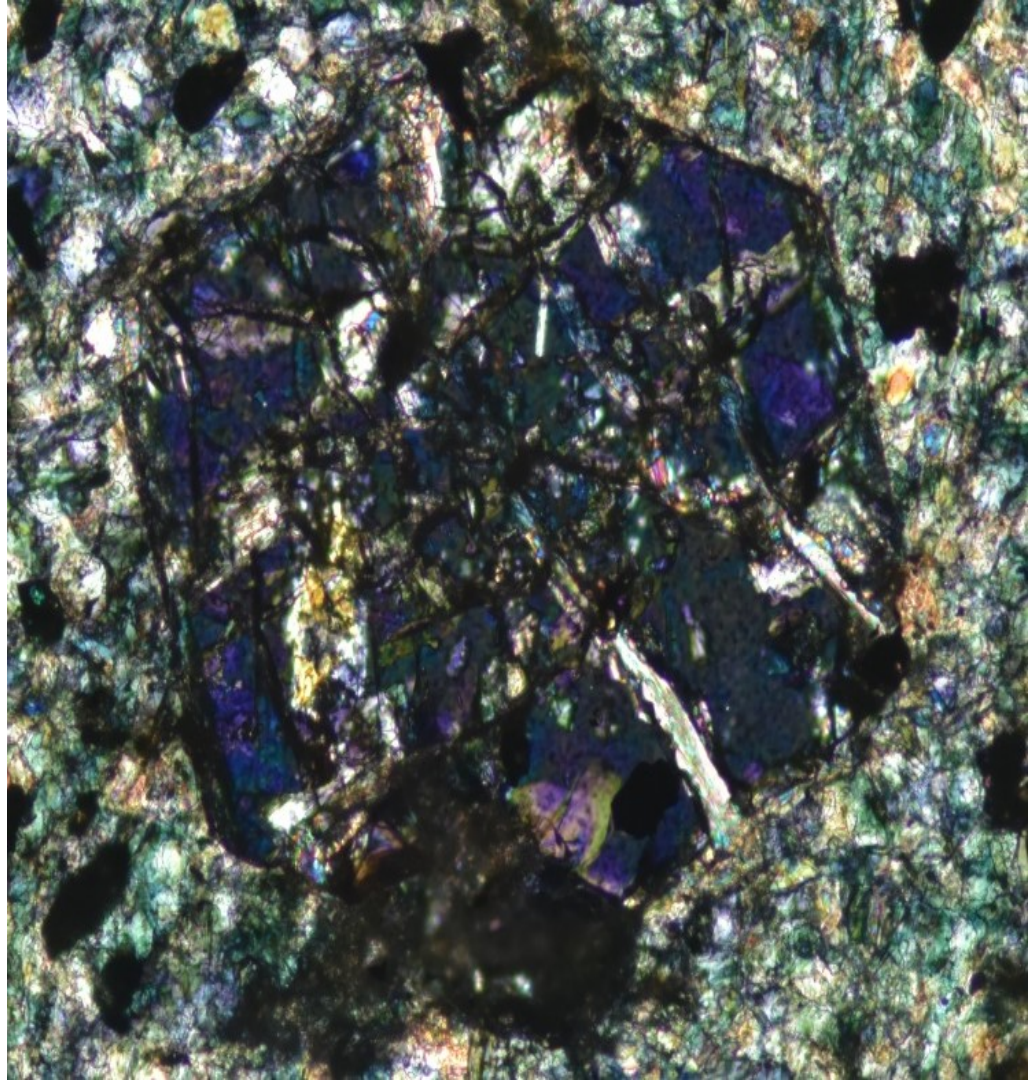
GRANATO, MINERALE
CUBICO?





SCOPO DELLA TESI

Confermare le prime osservazioni sperimentali in cui è stato proposto che i granati che mostrano birifrangenza (granati di bassa temperatura) in microscopia ottica possiedono simmetria tetragonale attraverso la diffrazione a raggi X.



CAMPIONI STUDIATI

01

**GRANATO CUBICO
da KIMBERLITE**

02

BARRON

03

GUATEMALA

04

TABLYN #100

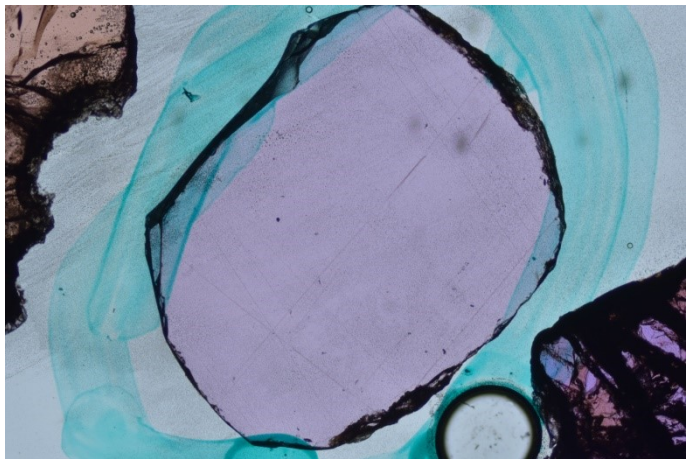
TECNICHE ANALITICHE

**MICROSCOPIA OTTICA
DIFFRAZIONE A RAGGI X - CRISTALLO SINGOLO**



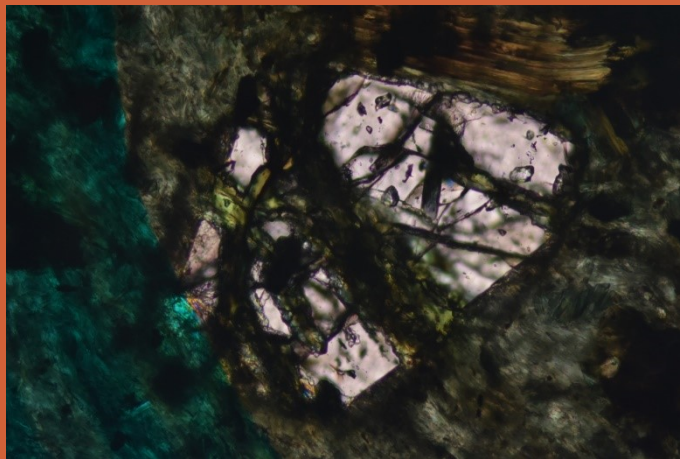
MICROSCOPIA OTTICA

CUBICO

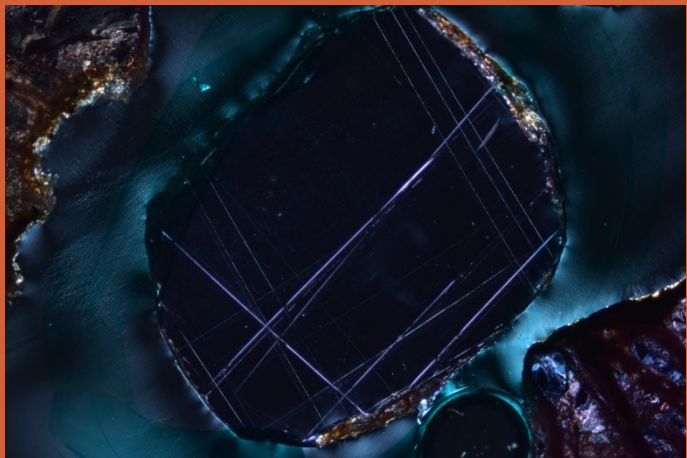


A nicols paralleli, 10x

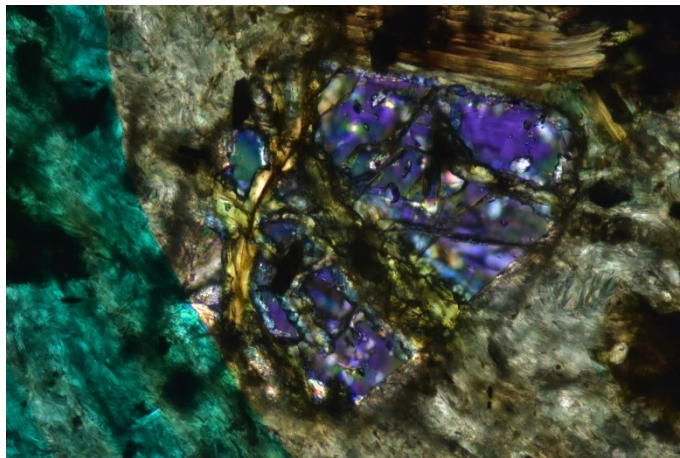
BARRON



A nicols paralleli, 10x



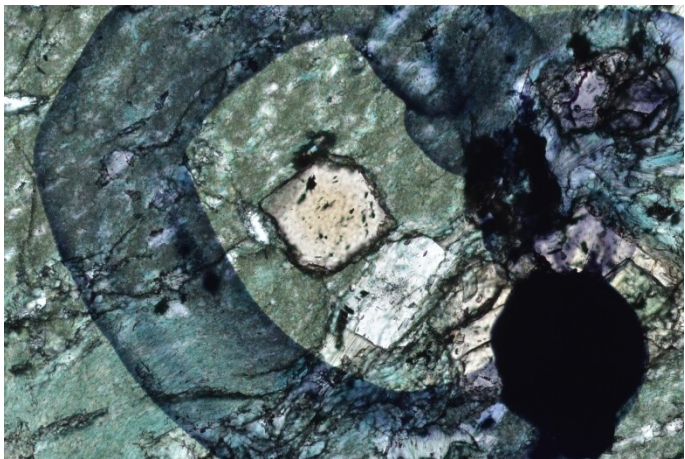
A nicols incrociati, 10x



A nicols incrociati, 10x



GUATEMALA

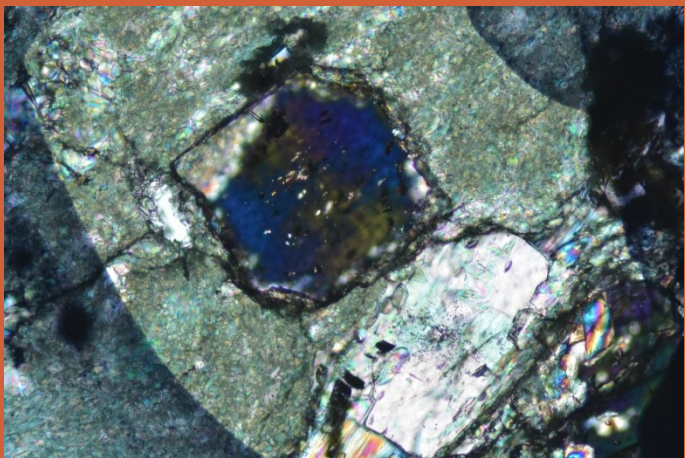


A nicols paralleli, 5x

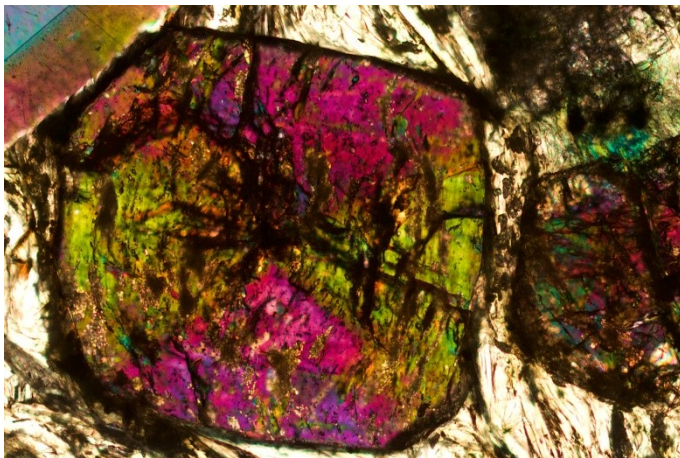
TABLYN #100



A nicols incrociati, 10x



A nicols incrociati, 10x



A nicols incrociati, 20x

MICROSCOPIA OTTICA





1

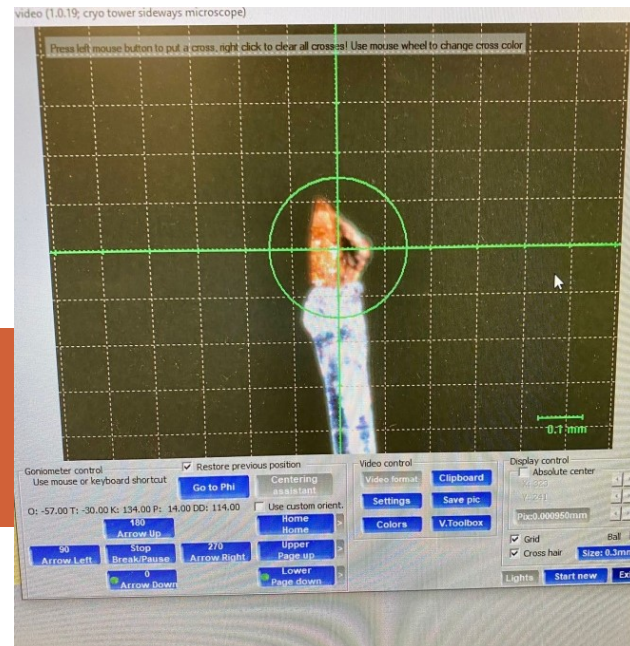
PREPARAZIONE
CAMPIONI

2



DIFFRAZIONE A RAGGI X
CRISTALLO SINGOLO

3



RISULTATI DELLA DIFFRAZIONE

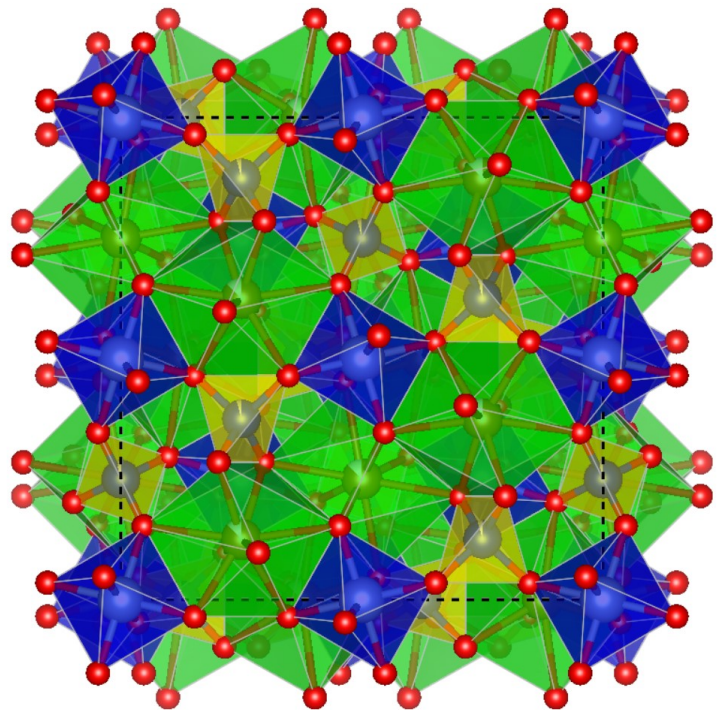
I quattro granati investigati nel presente lavoro di tesi sono stati misurati in diffrazione a raggi X utilizzando le stesse condizioni analitiche.



RISULTATI DELLA DIFFRAZIONE

Le violazioni sistematiche....

Il granato è noto mostrare simmetria cubica con gruppo spaziale Ia-3d.



Il gruppo spaziale è un simbolo usato in cristallografia che permette di conoscere tutti gli elementi di simmetria di un minerale.

Ia-3d:

9 piani di riflessione m

3 assi di rotazione di ordine 4

4 assi di rotazione di ordine 3

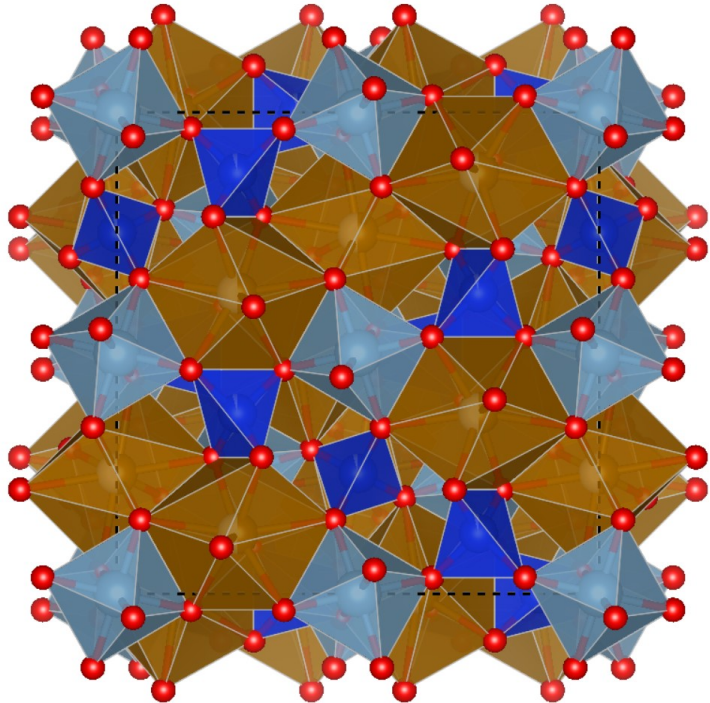
6 assi di rotazione di ordine 2

1 centro d'inversione



RISULTATI DELLA DIFFRAZIONE

I nostri risultati indicano che i granati di bassa temperatura diventano tetragonali. La struttura passa dal cubico $Ia\bar{3}d$ al tetragonale $I4_1/acd$



$I4_1/acd$

5 piani di riflessione m

1 assi di rotazione di ordine 4

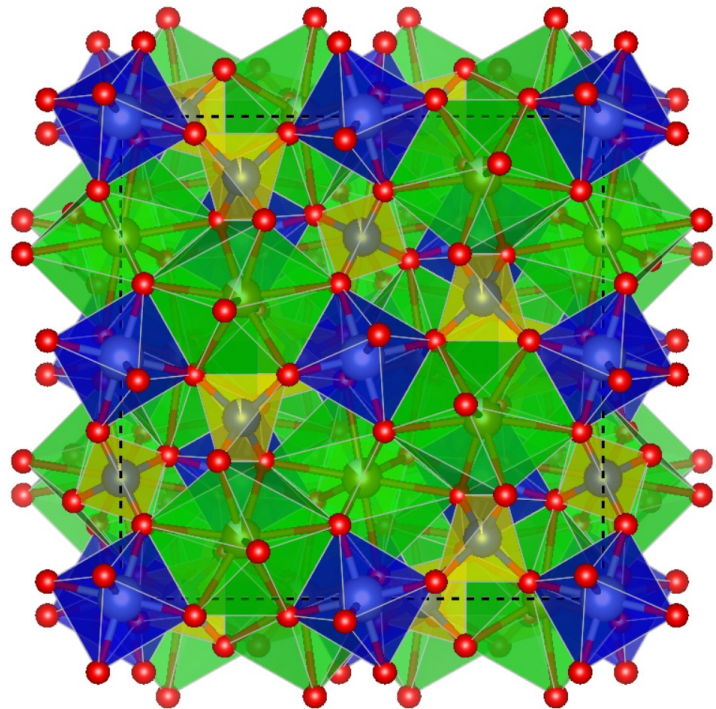
4 assi di rotazione di ordine 2

1 centro d'inversione



RISULTATI DELLA DIFFRAZIONE

I dati che abbiamo raccolto sul granato cubico rispettano queste regole? Anche nei casi ideali alcuni riflessi non soddisfano le regole della diffrazione....



Ad esempio nel nostro granato cubico, su un totale di 74111 riflessi misurati, solo 99 riflessi non hanno rispettato le regole di simmetria.

Il granato cubico kimberlitico si è formato a temperature vicine ai 1000 °C.

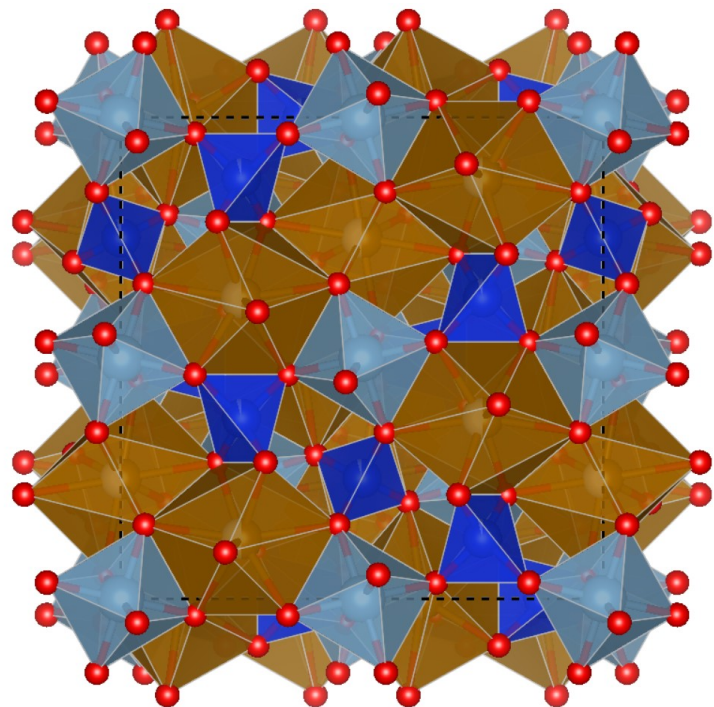
Che cosa abbiamo osservato invece cristallograficamente sui granati che davano birifrangenza?????



RISULTATI DELLA DIFFRAZIONE

Come si può verificare che siamo passati dal sistema cubico a quello tetragonale?

Violazioni sistematiche di simmetria



In la-3d, possono dare diffrazione solo i riflessi che soddisfano le seguenti regole:

$h + k + l$ deve dare una somma pari

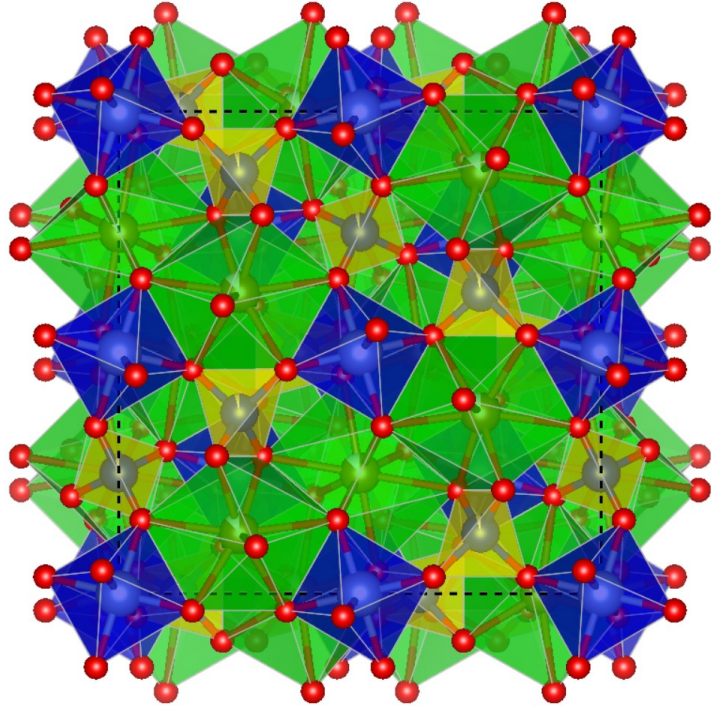
$0, k, l$ devono avere k e l pari

$2h + l$ deve dare come somma $4n$ (con n numero intero)

$00l$, l deve essere pari



RISULTATI DELLA DIFFRAZIONE



Granato Barron:

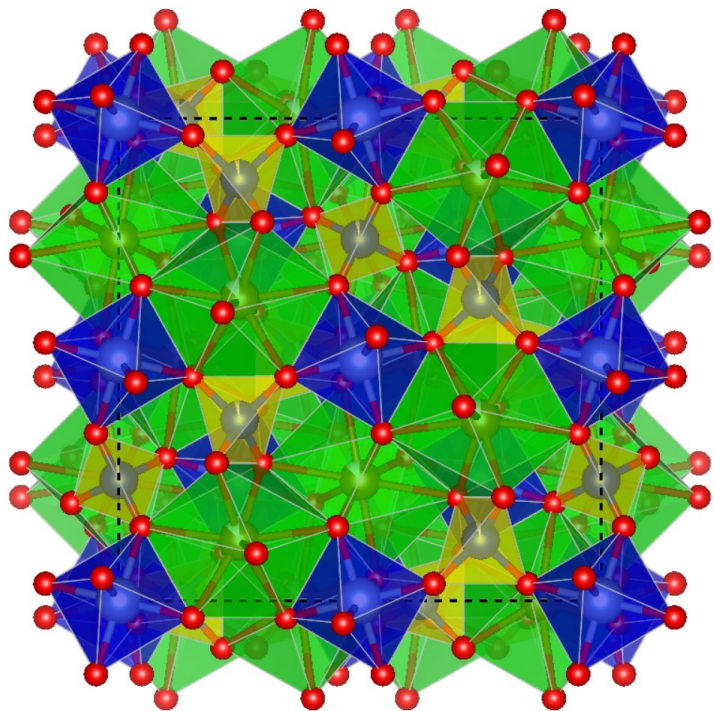
su 75216 riflessi misurati,

306 non soddisfano la simmetria $la-3d$

Questo granato si è formato intorno ai 450 °C



RISULTATI DELLA DIFFRAZIONE



Granato Guatemala:

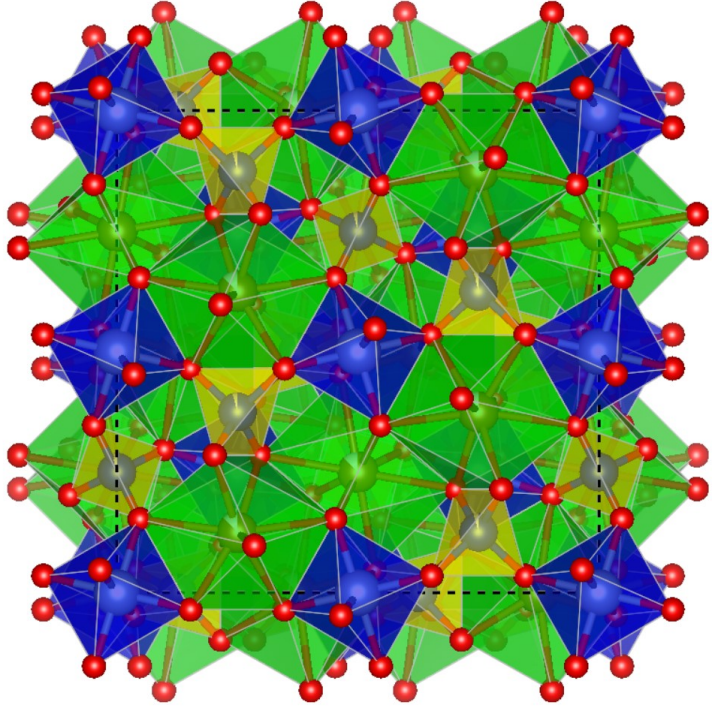
su 75922 riflessi misurati,

586 non soddisfano la simmetria $Ia-3d$

Questo granato si è formato intorno ai 500 °C



RISULTATI DELLA DIFFRAZIONE



Granato Tablyn:

su 76324 riflessi misurati,

346 non soddisfano la simmetria Ia-3d

Questo granato si è formato intorno ai 550 °C



CONCLUSIONI

- Abbiamo dimostrato, tramite diffrazione a raggi X a cristallo singolo che i granati formatisi a temperature tra i 450 e i 550 °C caratterizzati da birifrangenza in microscopia ottica effettivamente violano la simmetria cubica.
- In particolare, l'analisi diffrattometrica ha messo in evidenza che i granati di bassa temperatura mostrano molto più riflessi che violano la simmetria cubica $Ia-3d$ rispetto al granato di alta temperatura (formatosi a circa 1000 °C) che è stato utilizzato come granato cubico di riferimento.
- L'analisi delle estinzioni sistematiche in diffrazione a raggi X indicano che la simmetria dei granati di bassa temperatura è associabile al gruppo spaziale $I4_1/acd$.



**GRAZIE A
TUTTI PER
L'ATTENZIONE!**

