

FORMAZIONE E CRESCITA DEI MINERALI

Analisi dei risultati dell'esperienza di precipitazione di Sali in soluzione acquosa

Cristalli di solfato di rame



Cristalli di sale, cloruro di sodio



Osservazione dei fenomeni:

- Confrontate la **forma e le dimensioni** dei cristalli tra il vetrino e il precipitato nelle capsule petri
- Confrontate i **tempi di evaporazione** con la quantità di soluzione
- Confrontate i tempi di evaporazione e precipitazione con le **dimensioni** dei cristalli ottenuti

Interpretazione dei fenomeni:

- Quali variabili fisiche influenzano il processo?
- In che modo possono influenzare la cristallizzazione e in particolare le dimensioni e la forma dei cristalli?

ESPERIMENTO DI PRECIPITAZIONE



Quantità di soluzione presente in condizioni di temperatura ambiente	Tempo necessario per l'inizio della cristallizzazione	Dimensione e dei cristalli	Abito cristallino
Caso 1: goccia su un vetrino (riscaldato oppure no)	30-50 min	<2mm	stesso delle capsule
Caso 2: soluzione nella capsula Petri	7-14 giorni	Fino a 5 cm solfato Fino a 2 cm salgemma	Cubici, talvolta piramidali (sale) Romboedrici, + o - allungati , aciculare, aghiforme (solfato)

Che dimensioni relative hanno i cristalli?

soluzione

Orlo goccia interno: cristalli meglio sviluppati

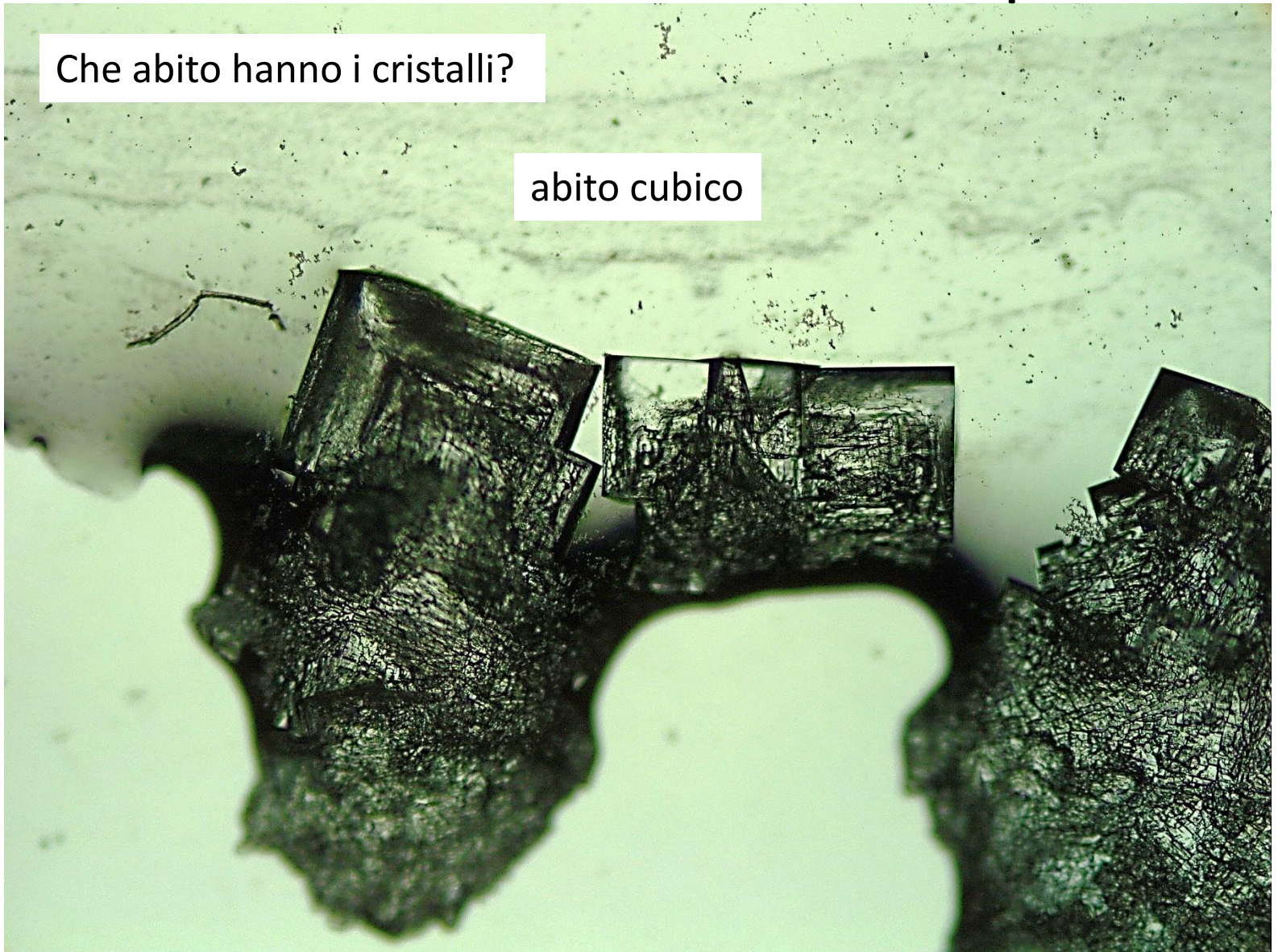
Orlo goccia esterno: cristalli più piccoli

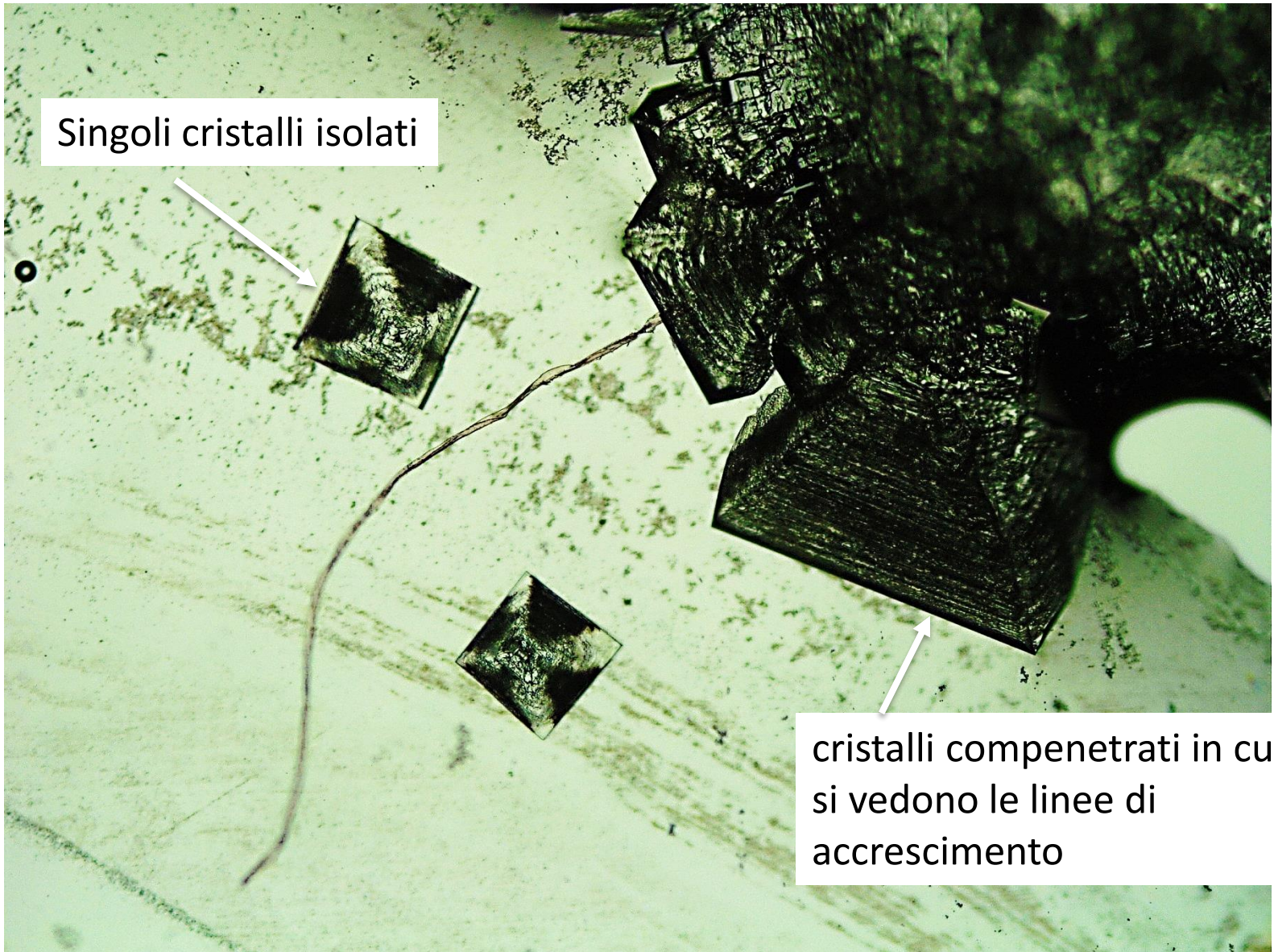


Vetrini di Cloruro di sodio osservati al microscopio ottico

Che abito hanno i cristalli?

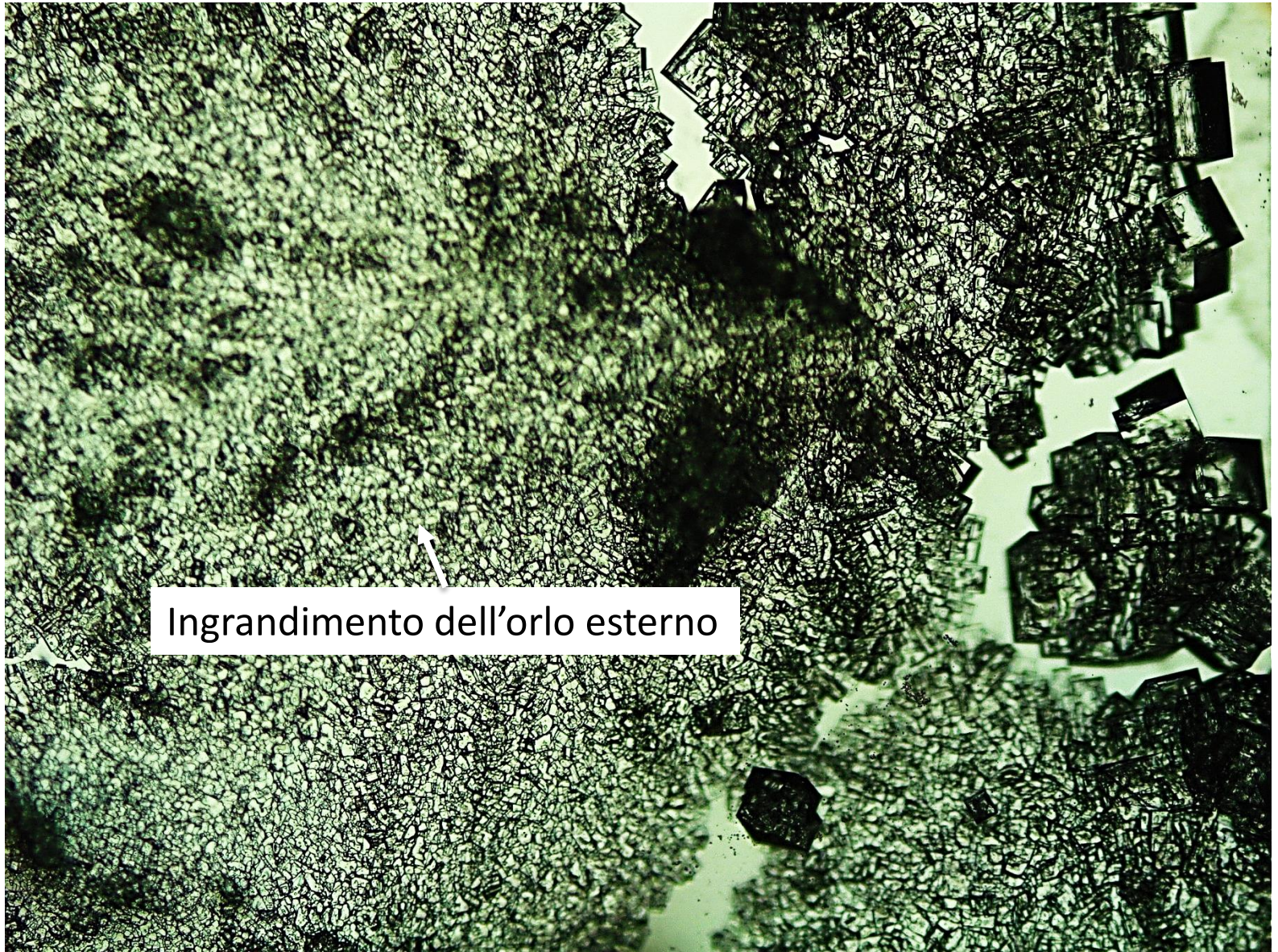
abito cubico

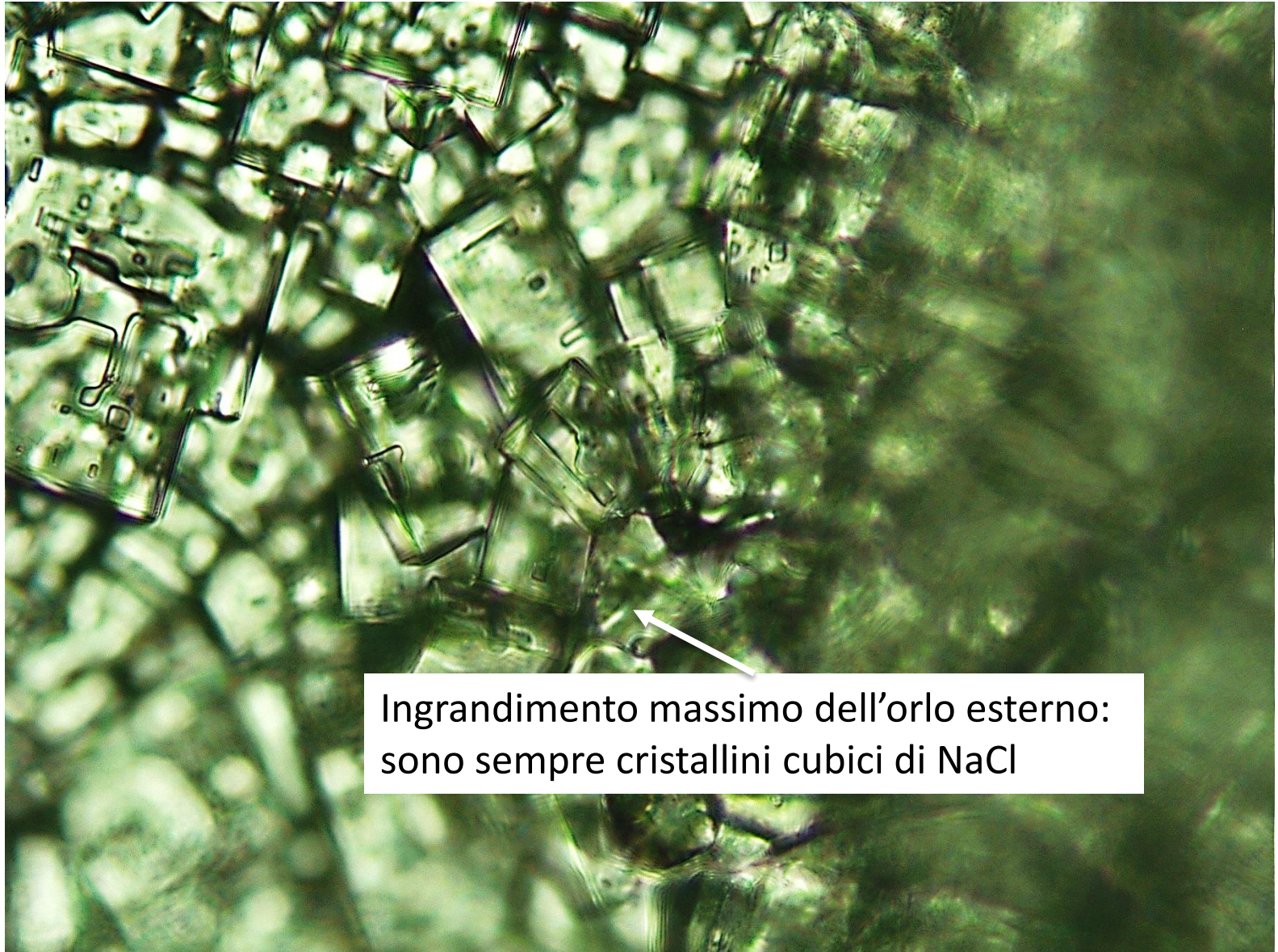




Singoli cristalli isolati

cristalli compenetrati in cui si vedono le linee di accrescimento





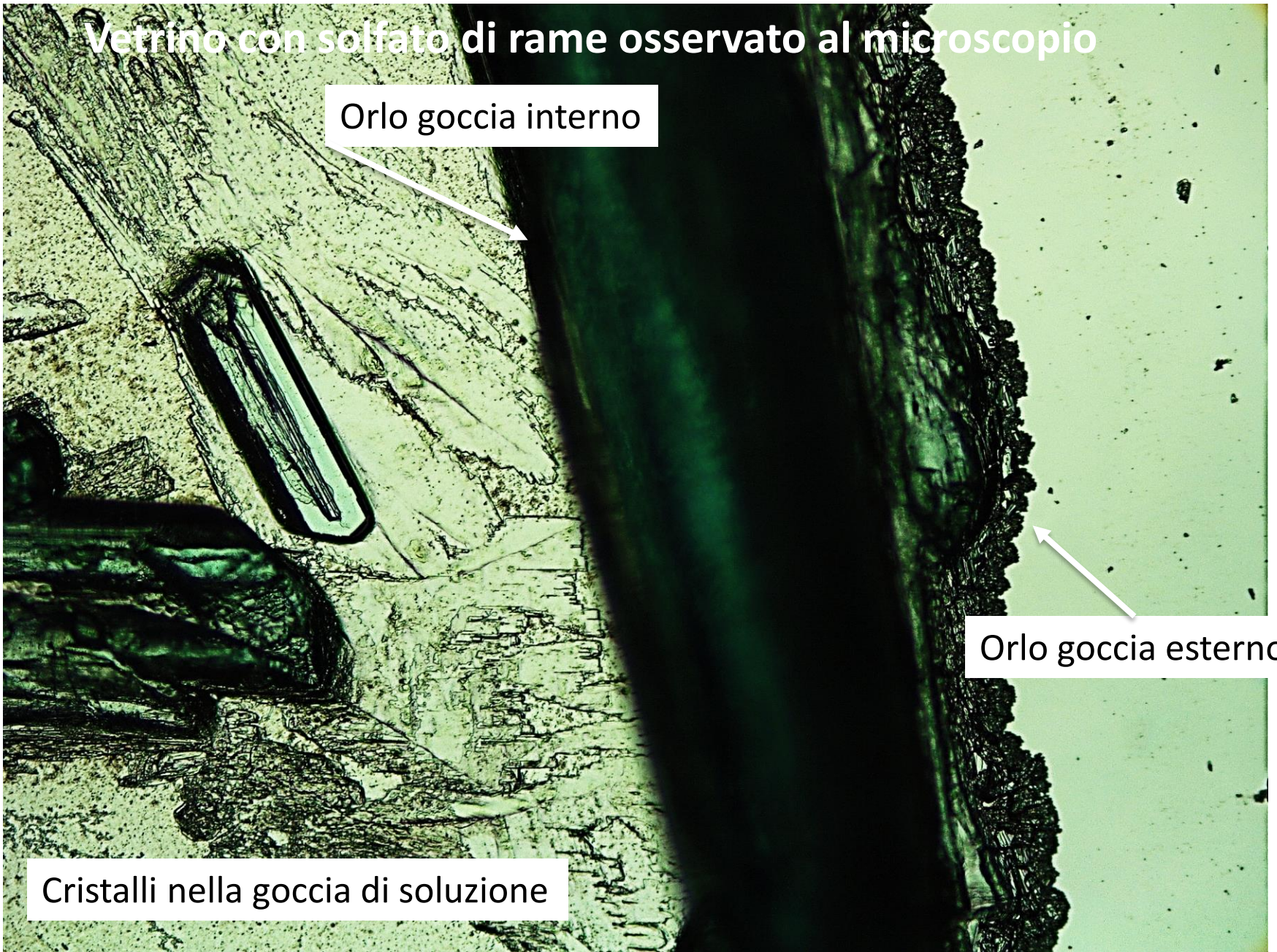
Ingrandimento massimo dell'orlo esterno:
sono sempre cristallini cubici di NaCl

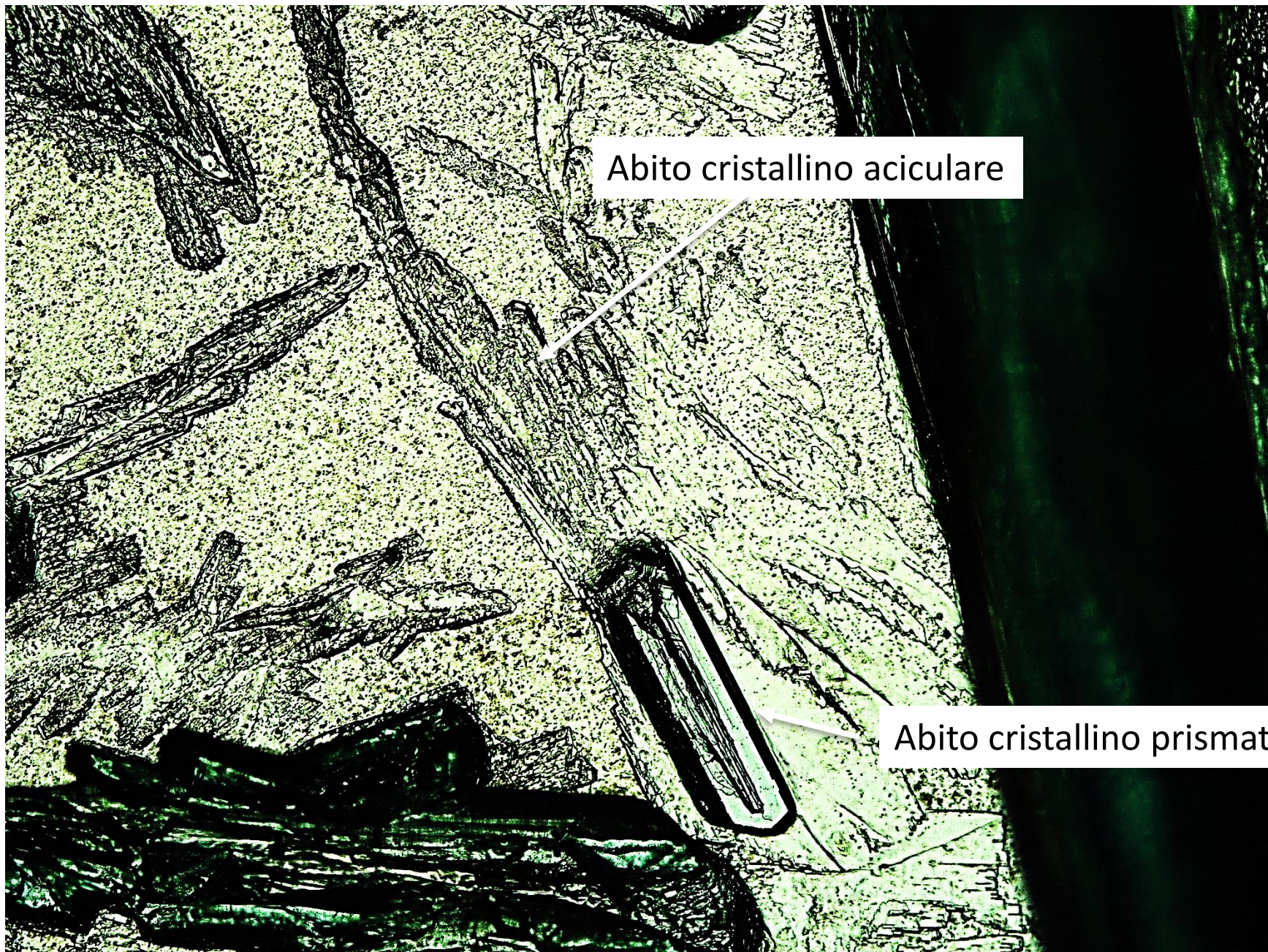
Vetrino con solfato di rame osservato al microscopio

Orlo goccia interno

Orlo goccia esterno

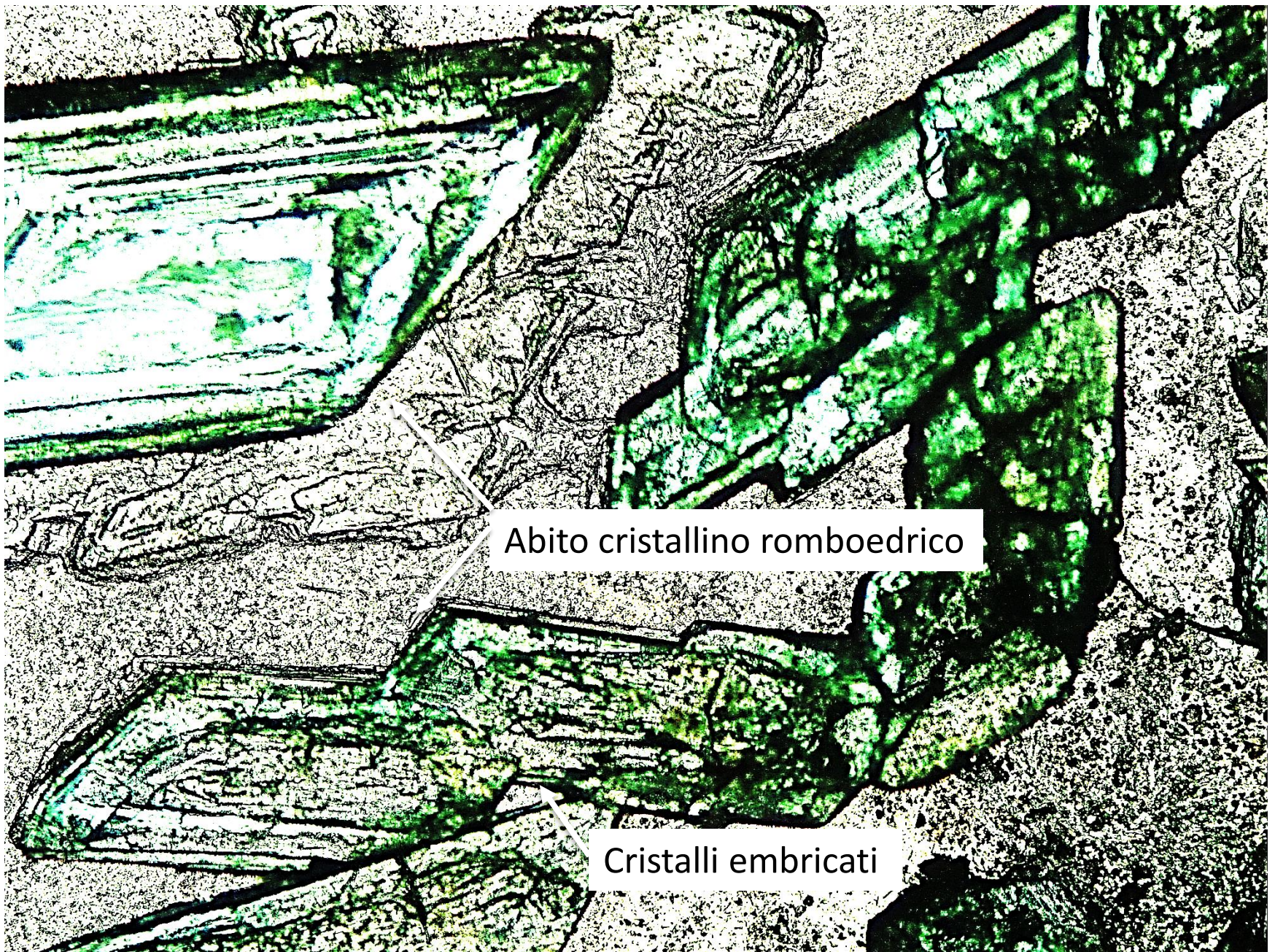
Cristalli nella goccia di soluzione





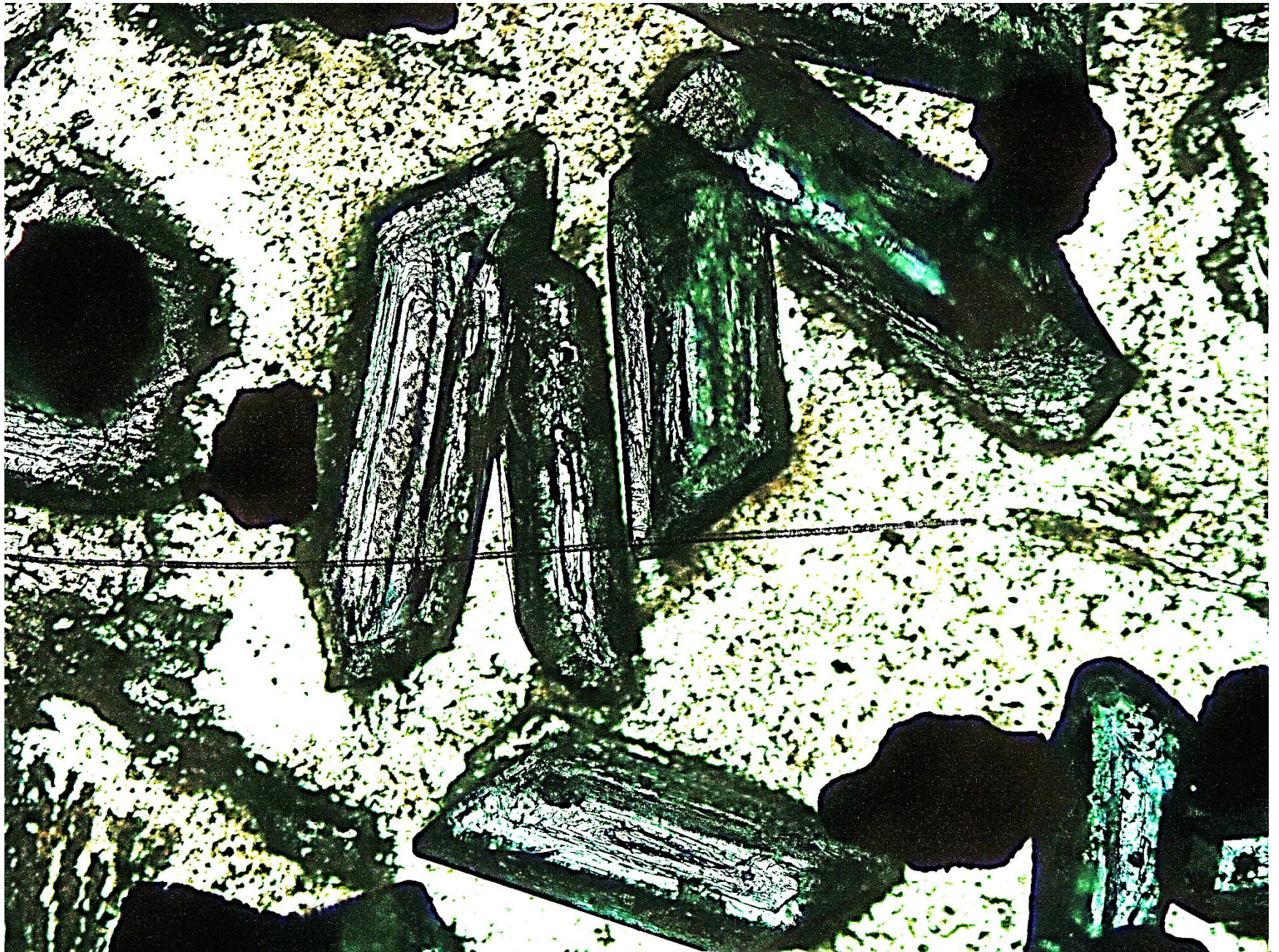
Abito cristallino aciculare

Abito cristallino prismatico

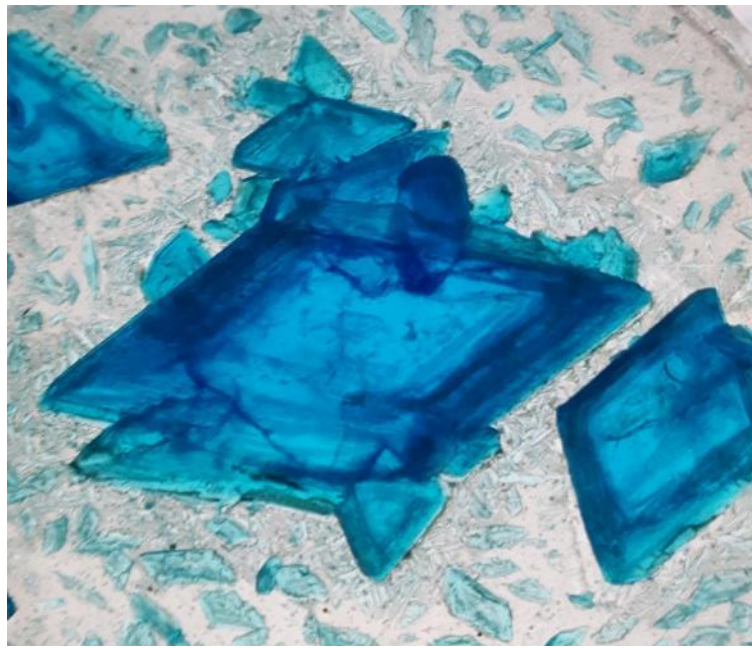


Abito cristallino romboedrico

Cristalli embricati



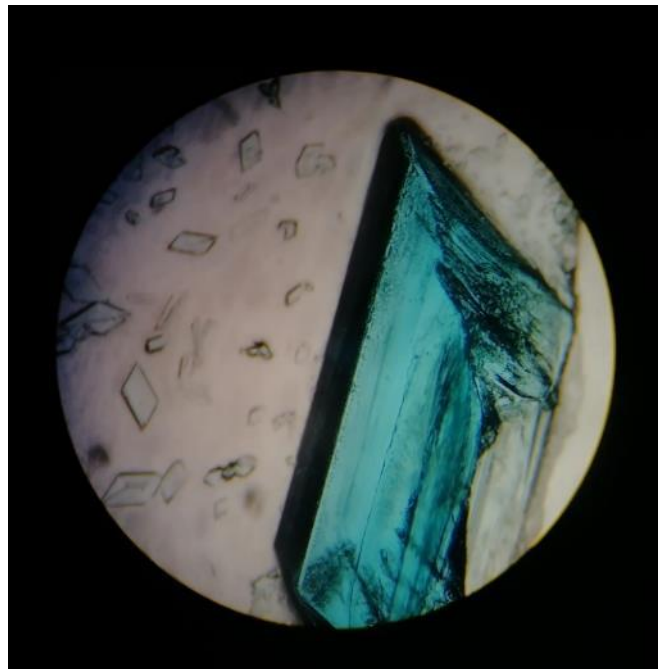
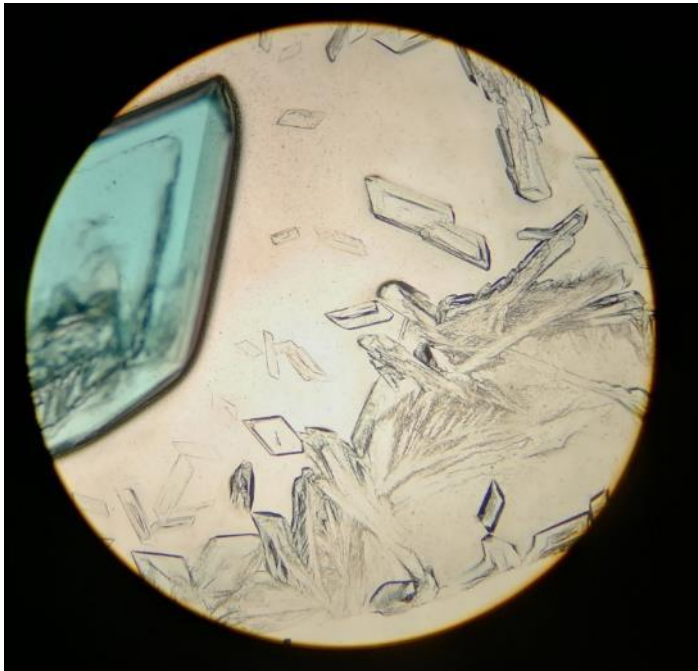
Forme dei cristalli di solfato di rame osservate nelle capsule petri e nei vetrini



Cristalli romboedrici

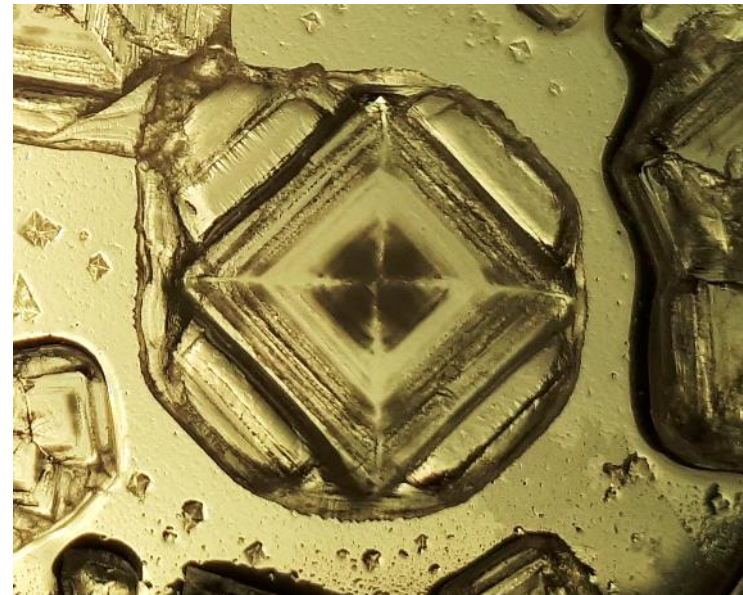
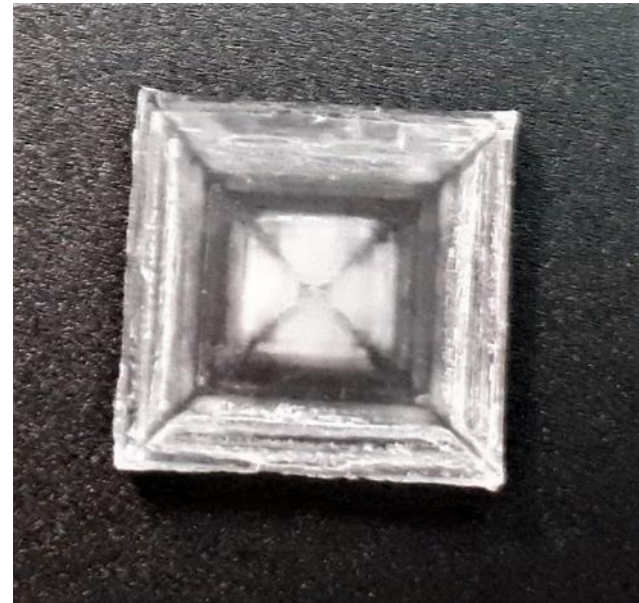
Vetrino visto al microscopio ottico ↓

Osservate l'angolo tra le facce dei cristalli: è sempre uguale per la legge della costanza dell'angolo diedro nonostante la forma dei cristalli sia diversa: alcuni sono più tozzi, altri allungati

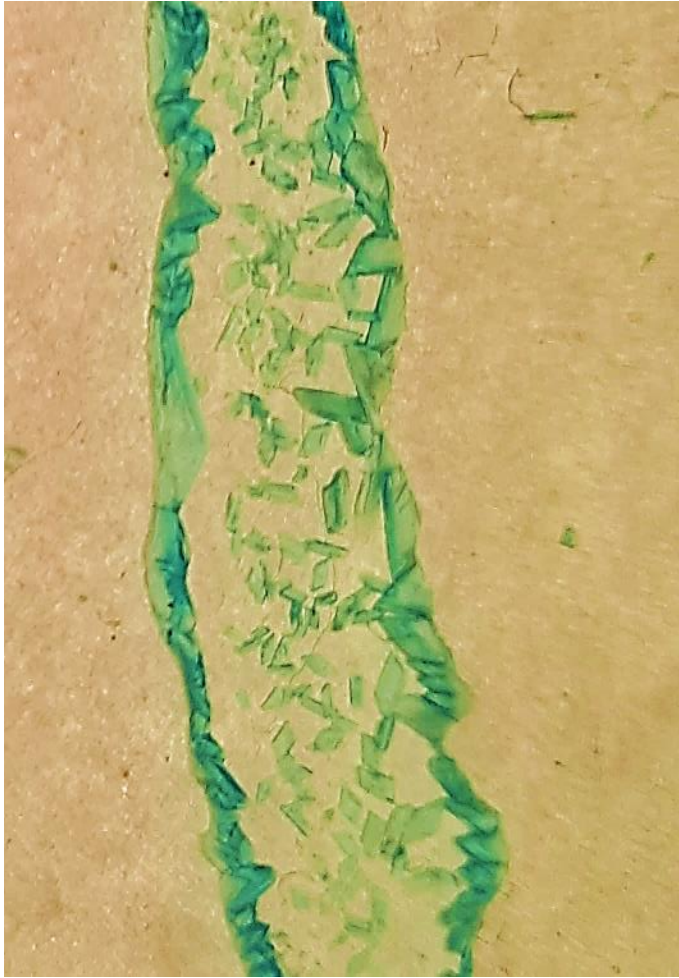


Forme dei cristalli di Cloruro di Sodio nelle capsule petri

Cristalli cubici



Vetrino e capsula, dimensioni a confronto



< 2 mm



> 2 mm, fino a 5 cm

IL PROCESSO DI CRISTALLIZZAZIONE

La precipitazione del soluto avviene per:

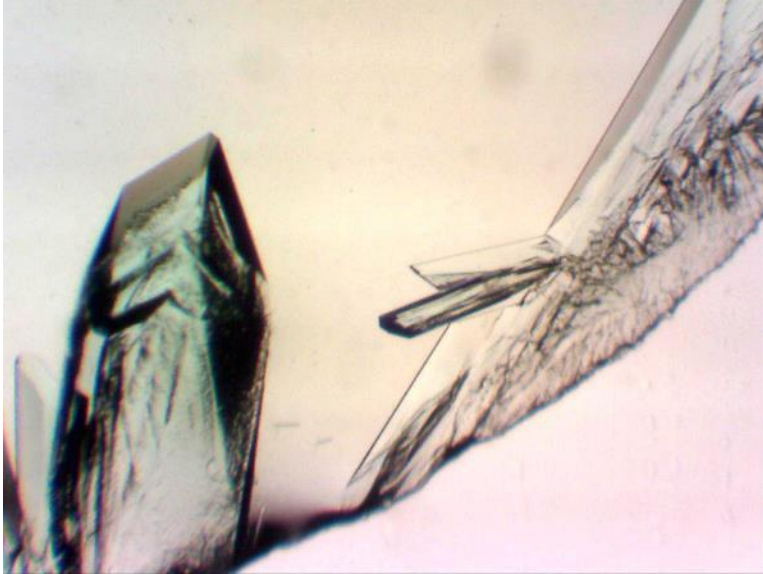
- raffreddamento
- evaporazione parziale del solvente.

Raffreddando una soluzione, o lasciandola evaporare, essa supera il suo limite di saturazione, con la conseguente cristallizzazione del soluto in eccesso.

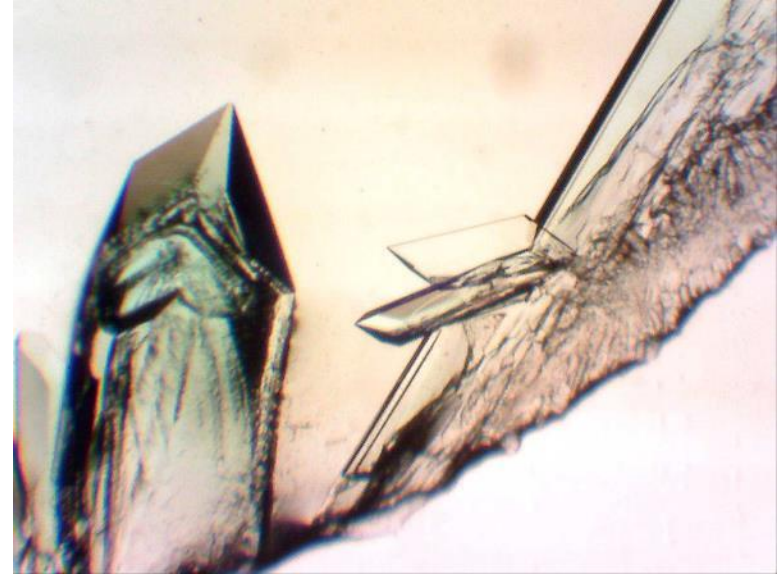
La soluzione sovrassatura lascia precipitare il soluto in eccesso, tendendo verso la situazione di equilibrio della saturazione. Si ottiene un soluto puro (cristallino), accanto ad un solvente che ne contiene ancora una certa quantità al suo interno (soluzione satura).

Sequenza di immagini dal video della cristallizzazione di una goccia di soluzione di solfato di rame effettuata in laboratorio (vedi video)

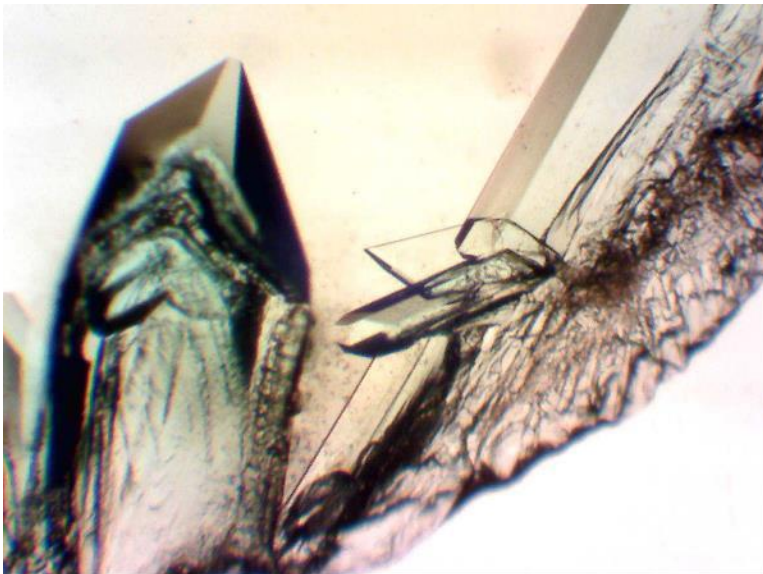
1



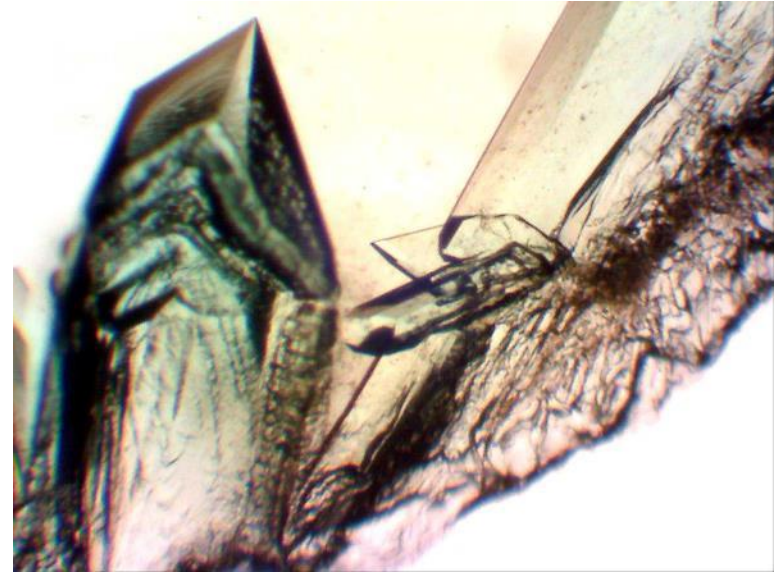
2



3



4



IL PROCESSO DI CRISTALLIZZAZIONE

1) **NUCLEAZIONE**: gli atomi (in acqua ioni) sparsi a casaccio si associano in modo ordinato fino a costituire il primo germe (poche celle elementari)

La nucleazione è favorita da:

- aumenti localizzati della sovrasaturazione, come avviene, ad esempio in prossimità delle superfici di scambio termico (superficie e orlo goccia, contatto soluzione-capsula)
- dalla presenza in soluzione di corpi estranei che agiscono da punti di innesco, come impurità, pulviscolo atmosferico, ecc.



Più numerosi sono i nuclei che si formano più lento sarà l'accrescimento dei singoli cristalli che resteranno più piccoli: si può immaginare infatti che la massa cristallina che precipita venga suddivisa tra di essi.

2) **CRESCITA**: L'accrescimento dei cristalli nella soluzione sovrasatura inizia non appena si formano i nuclei.

Il germe si accresce a partire dalla sua superficie con deposizioni di strati successivi di materia o per aggiunte di filari a partire da una irregolarità della superficie stessa.

La presenza di difetti (dislocazioni, gradini, disomogeneità, ecc.) sulla superficie del cristallo, offre al soluto numerosi punti di aggancio per continuare ad accrescersi, provocando un accrescimento irregolare (vedi forme aciculari nel solfato di rame o a stella nel sale)

TEMPI: dipende dai minerali, alcuni si formano in tempi molto brevi, anche poche ore (es. Gesso); altri in migliaia di anni (es. alcuni quarzi).

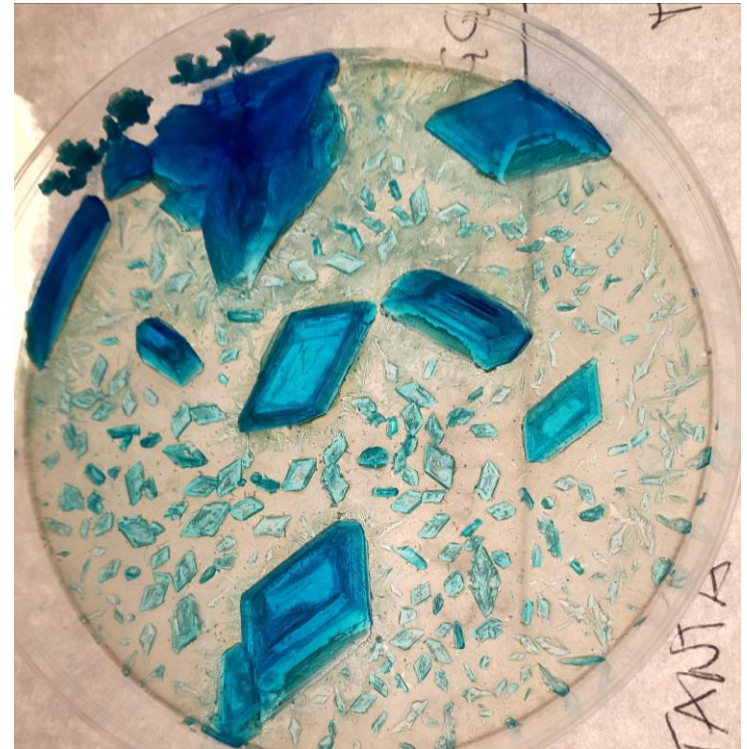
Valori tipici della velocità di accrescimento lineare di cristalli si aggirano intorno a 0.1 mm/h.

Modi di cristallizzazione

Dopo una settimana

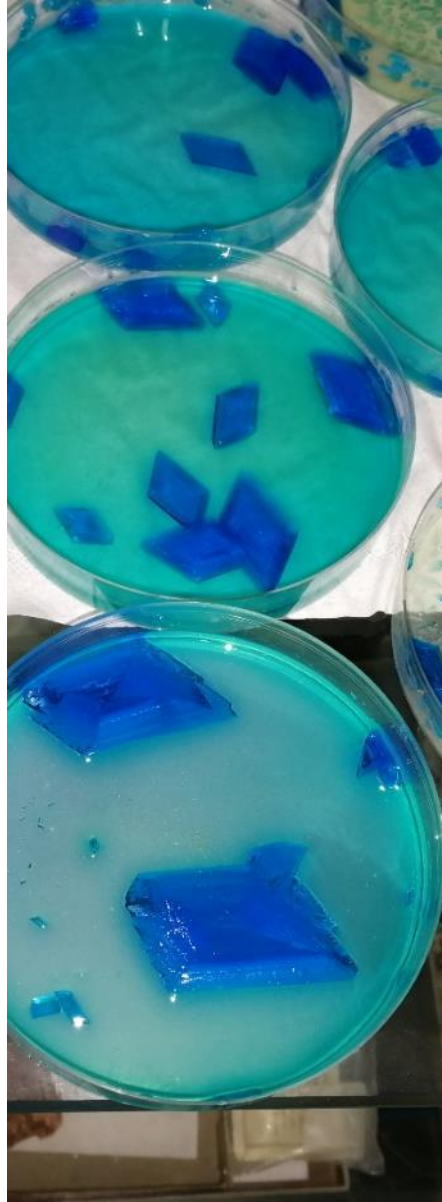


Dopo due settimane



Prima si formano alcuni nuclei e si accrescono indisturbati finchè c'è soluzione sufficiente per permettere agli ioni di migrare facilmente, quando resta poca soluzione diminuisce lo spazio per muoversi in relazione al tempo di precipitazione: si formano tanti nuclei e i cristallini restano piccoli.

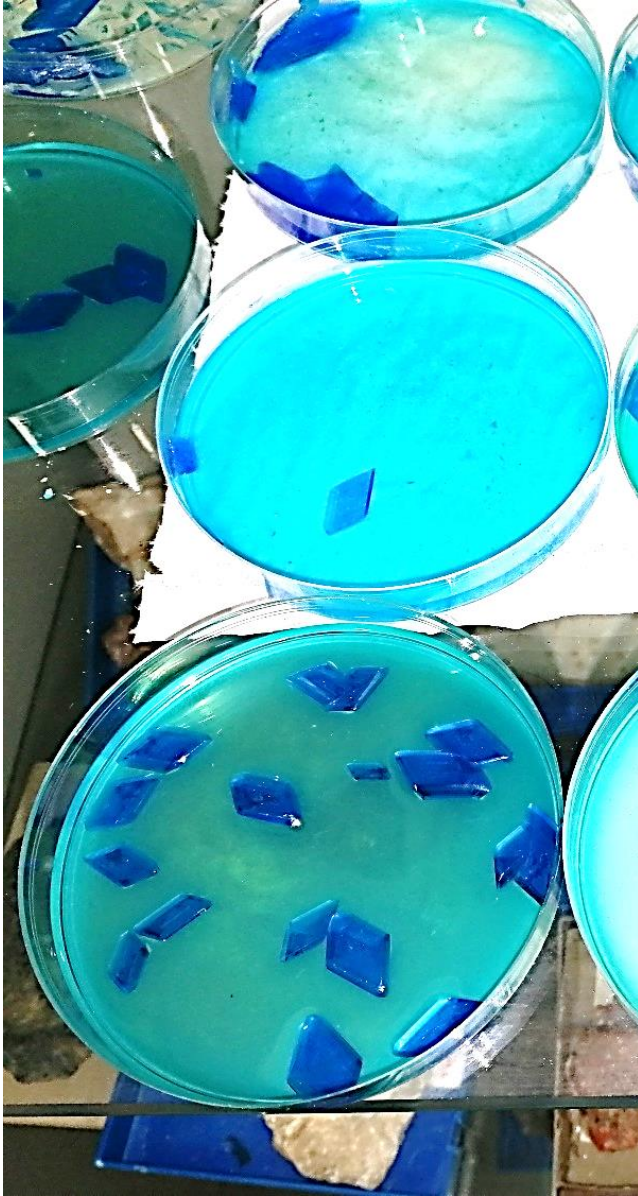
Dopo 1 settimana



Dopo 2 settimane

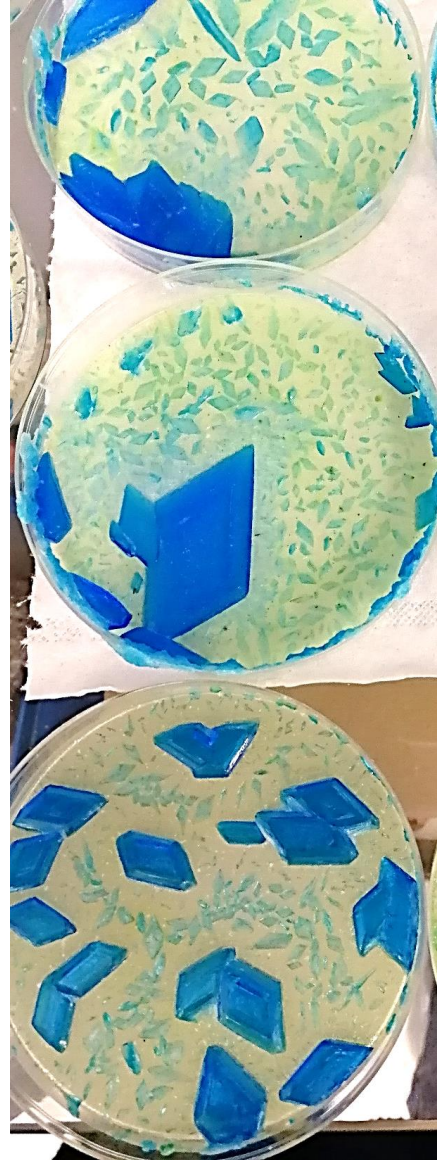


Dopo 1 settimana



Dopo 2 settimane

Prima si formano alcuni nuclei e si accrescono indisturbati finchè c'è soluzione sufficiente per permettere agli ioni di migrare facilmente, quando resta poca soluzione diminuisce lo spazio per muoversi in relazione al tempo di precipitazione: si formano tanti nuclei e i cristallini restano piccoli.



Le Variabili

VARIABILI fisiche che influenzano la cristallizzazione e in particolare le **dimensioni** e la **l'abito cristallino** dei cristalli:

➤ **la velocità di evaporazione o di raffreddamento**

temperatura dell'ambiente

Maggiore è la superficie di scambio termico maggiore è la velocità

➤ **lo spazio a disposizione per la migrazione degli ioni**

dimensioni della camera magmatica/bacino acquoso e diluizione/concentrazione

➤ **la temperatura dell'acqua/magma di partenza**

Quindi la quantità di soluto solubile/minerali fusi in un medesimo quantitativo e dunque la concentrazione della soluzione/magma

Velocità del processo di precipitazione

> temperatura dell'ambiente: > velocità di evaporazione

- maggiore è la V di evaporazione della soluzione, minori sono le dimensioni dei cristalli



si formano tanti germi di cristallizzazione che si accrescono tutti insieme e rapidamente, spesso in direzioni preferenziali (divenendo aciculari e dendritiche).

- Una velocità lenta produce dimensioni dei cristalli maggiori



pochi germi e una crescita uniforme; si produce un abito cristallino più simile alla geometria della cella elementare e cristalli di dimensioni maggiori

Quantità di soluzione



Influisce sullo **spazio** che le
sostanze hanno a disposizione per
migrare andando ad accrescere i
nuclei già formati

• minore è la quantità di
soluzione, minori saranno le
dimensioni che acquisteranno i
cristalli → es vetrino/capsula



gli ioni trovano poco spazio
per muoversi e i germi
cristallini si accrescono vicini,
spesso in aggregati

• maggiore è la quantità,
maggiori saranno le dimensioni
che acquisteranno i cristalli
→ capsula petri – cristalli +
grossi e isolati



gli ioni trovano più spazio
per muoversi e i germi
cristallini si accrescono
senza ostacolarsi l'un l'altro

Nei vetrini le dimensioni dei cristalli sono inferiori rispetto a quelli delle capsule petri, perché la quantità di soluzione è poca e il tempo di evaporazione è rapido.

Si nota un orlo più spesso, con sovrapposizione di cristalli. Al centro della goccia i cristalli possono essere singoli o raggruppati.



L'abito cristallino è mantenuto, cambiano le dimensioni. Gli ultimi cristalli che si formano sono piccoli e quasi trasparenti.



In questo caso i cristalli dell'orlo si sono accresciuti maggiormente di quelli al centro che, probabilmente a causa della velocità di evaporazione del velo di acqua rimasto, hanno assunto una forma aghiforme allungata, aciculare.

Intorno ai cristalli ben formati si osserva un bordo irregolare che sembra una incrostazione: sono tanti piccoli cristallini formatisi alla fine del processo di evaporazione, quando era rimasto un velo di liquido.

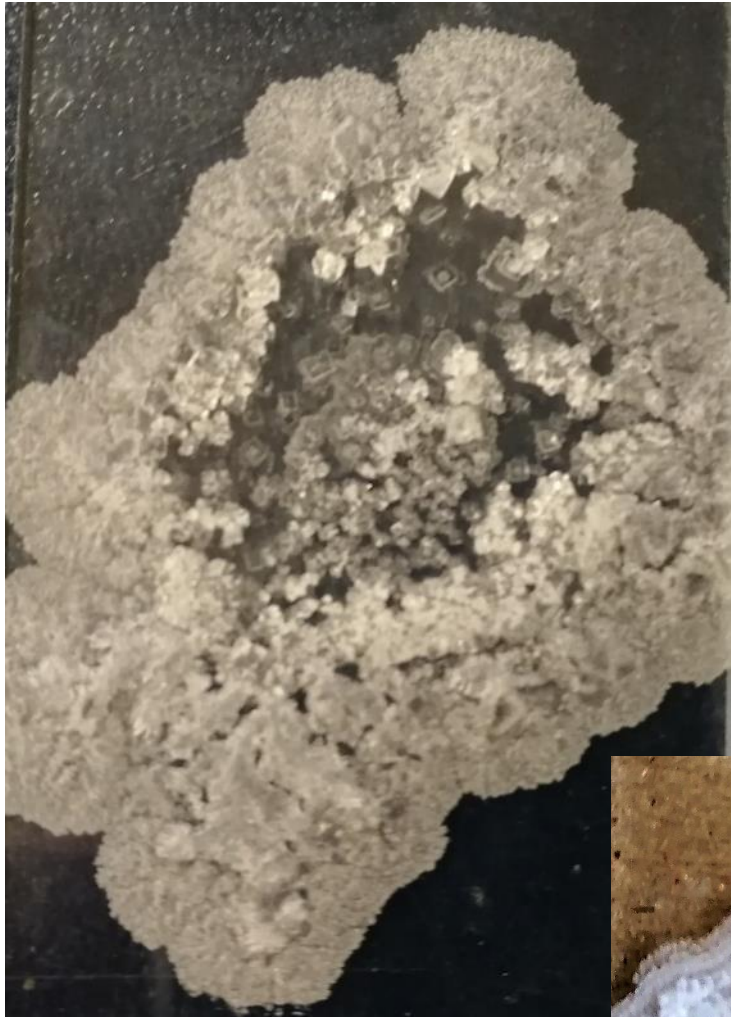




In questo caso un cristallo si è accresciuto in modo irregolare, sembra che gli ioni abbiano trovato dei punti di aggancio preferenziali lungo una sola direzione.

Vetrino con cloruro di sodio

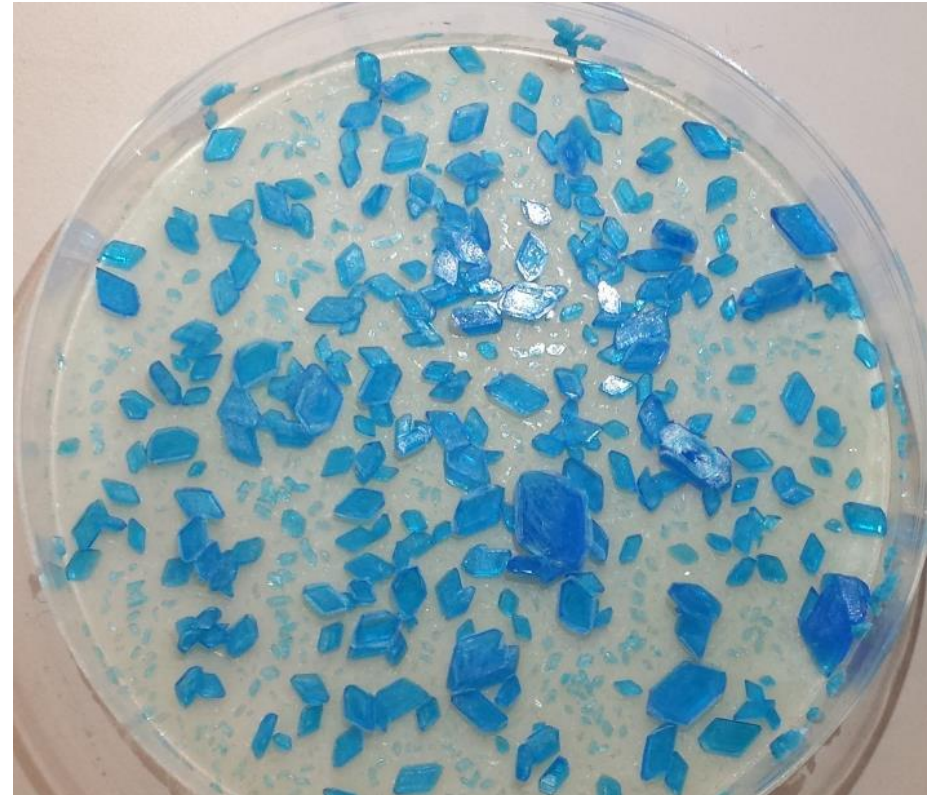
Valgono le stesse considerazioni fatte per il solfato di rame: dimensioni inferiori, differenze tra bordo e centro e abito cristallino costante. I cristalli di dimensioni maggiori sono nell'orlo verso l'interno e nel centro della goccia. Al bordo sono aggregati, al centro possono essere anche isolati, assumendo forma perfetta.



Possono verificarsi situazioni diverse, per esempio possono cominciare a nucleare ed accrescersi solo alcuni cristalli che quindi assumeranno dimensioni maggiore di quelli che cristallizzano nella fase finale, quando resta un velo di liquido che porta alla cristallizzazione rapida di tanti cristallini insieme.



Oppure si formano fin dal principio tanti nuclei che si accrescono in modo omogeneo



Capsule con poca soluzione di partenza: orlo con cristalli di maggiori dimensioni dove l'evaporazione è stata massima, per maggiore superficie di scambio termico con l'aria; dimensioni dei cristalli mediamente più piccole rispetto ai casi con maggior quantitativo di soluzione a causa del processo di evaporazione/precipitazione più rapido. Nel caso a destra i primi nuclei di cristallizzazione hanno attratto maggiori quantitativi di materia e la differenza dimensionale tra i cristalli dell'orlo e il resto è maggiore.

