

Le Scienze, il Museo e la Scuola

1ª scuola estiva per insegnanti

7 - 9 settembre 2015



Illustrazione Rebecca Giusti rebeccagiusti@libero.it

Museo di Storia Naturale dell'Università di Pisa
Certosa di Calci

Le proprietà macroscopiche dei minerali

(il seguente materiale, rielaborato da E. Bonaccorsi e tratto dal sito <https://sites.google.com/site/mincrimap/>, descrive alcune proprietà dei minerali. Non rappresentano in alcun modo quello che gli animatori dovranno *dire* ai ragazzi, ma i contenuti minimi che gli animatori dovrebbero sapere sull'argomento per decidere poi *come parlarne con i ragazzi*)

Alcune proprietà fisiche, in mancanza di adeguate definizioni o di metodi sperimentali di misura unificati, non sono riportabili a grandezze esprimibili con numeri. Queste proprietà, valutabili quantitativamente in modo approssimato ed esprimibile con opportuni aggettivi, sono, più propriamente, dette **caratteri**.

Ad esempio, sono caratteri dello solfo il colore giallo citrino intenso (v. foto a destra) e la forte fragilità.



Altre proprietà invece, scegliendo opportunamente la definizione e gli strumenti di misura, sono misurabili ed esprimibili con numeri.

Ad alcune di queste proprietà non è associato il concetto di direzione e sono quindi esprimibili con grandezze scalari e le proprietà stesse saranno dette **scalari**: per es., la densità, la temperatura di fusione, il calore specifico, ecc.

Ad altre proprietà è invece associabile il concetto di direzione (velocità di propagazione della luce, diffrazione dei raggi X, dilatazione termica, ecc.), e queste pertanto verranno dette proprietà **direzionali**.

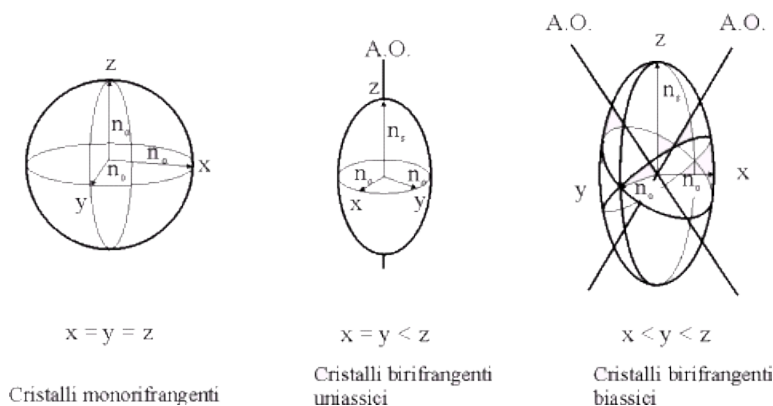
Le proprietà ora definite come direzionali, sono frequentemente indicate anche, con dizione non sempre esatta, come vettoriali e spesso si rappresentano con il simbolo grafico con il quale si rappresenta un vettore.

Le proprietà direzionali possono essere **isotrope** quando, col variare della direzione, il vettore rappresentativo della loro grandezza non varia il proprio modulo.

Saranno invece **anisotrope** quando assumono valori diversi in direzioni diverse.

Si dicono inoltre **continue** quando, col variare della direzione, il vettore rappresentativo della loro grandezza varia il proprio modulo con continuità; si dicono **discontinue** quando per piccole variazioni di direzione assumono valori molto diversi.

Indicatrici ottiche



L'andamento delle proprietà direzionali continue si rappresenta usualmente con la superficie raccordante tutte le estremità dei vettori, condotti da una origine comune, che danno il valore della grandezza nelle diverse direzioni. Queste superfici, curve e chiuse, sono sferiche per le proprietà isotrope e non sferiche per quelle anisotrope. Per esempio, l'indice di rifrazione è una proprietà

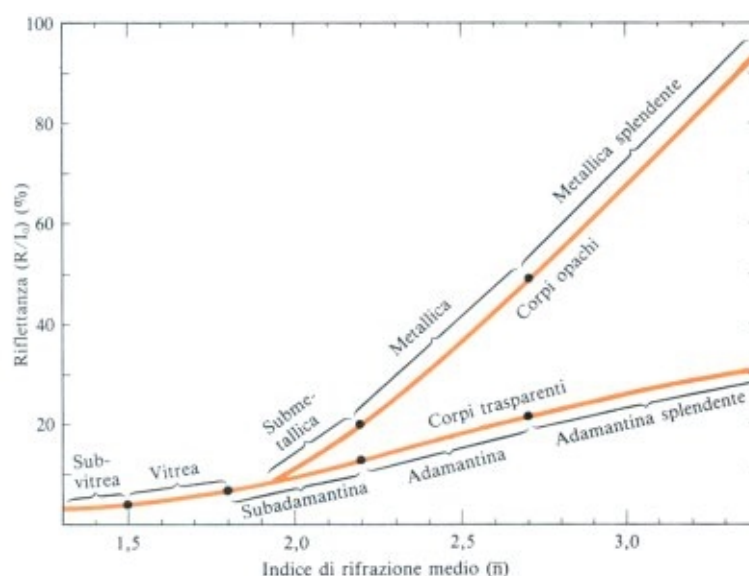
direzionale continua. Nei solidi amorfi e nei cristalli con simmetria cubica l'indice di rifrazione non varia con la direzione: la superficie che descrive questa proprietà si chiama indicatrice ottica ed è - in questo caso - una sfera. L'indicatrice ottica nel caso della calcite, invece, è un ellissoide di rotazione.

L'indice di rifrazione è una proprietà ottica direzionale continua, che può essere rappresentata da una superficie come quelle rappresentate in figura.

Le proprietà direzionali discontinue, delle quali oggi ne sono note cinque (vedi tabella seguente), sono tipiche dello stato cristallino, conseguono alla natura reticolare dei cristalli, consentono di definire e riconoscere lo stato cristallino.

Caratteri		colore riflesso frattura ...		
Proprietà fisiche	scalari		temperatura di fusione calore specifico	
	direzionali	isotrope	ottica dei cristalli cubici dilatazione termica dei cristalli cubici ...	
		anisotrope	continue	ottica dei cristalli dimetrici e trimetrici dilatazione termica dei cristalli dimetrici e trimetrici durezza elasticità piezoelettricità pireoelettricità ...
			discontinue	velocità di accrescimento (forma esterna) coesione (sfaldatura) geminazione diffrazione dei raggi X scorrimenti (malleabilità, duttilità)

Lucentezza



La lucentezza (luster in inglese) descrive una qualità della superficie dei minerali visti in luce riflessa. •Dipende dall'indice di rifrazione medio e dalla riflettanza, cioè dalla percentuale di luce, incidente ortogonalmente sulla superficie del minerale, che ne viene riflessa (v. grafico).

L'indice di rifrazione è il rapporto tra la velocità della luce nel vuoto e la velocità della luce che viaggia attraverso il cristallo ($R.I. = CV/CC$). La luce rallenta all'interno dei cristalli, così che l'indice di rifrazione è un numero maggiore di 1. Un indice di rifrazione molto alto è una proprietà desiderabile per le gemme. Per esempio, il diamante ha $R.I. = 2.42$, che significa che la luce viaggia 2.42 volte più lentamente nel diamante che nel vuoto.

La lucentezza si distingue innanzitutto in metallica (tipica dei minerali opachi: pirite, galena, magnetite, ...) e non-metallica, più comune nei minerali trasparenti. Per questi ultimi si usa poi una serie di aggettivi più specifici:

lucentezza vitrea: per esempio, il quarzo

resinosa: blenda

perlacea: talco

grassa: vene di quarzo

sericea: crisotilo

adamantina: diamante

Colore e colore della polvere

Nella maggioranza dei minerali il colore ha origine per l'assorbimento selettivo di una o più lunghezze d'onda nel visibile da parte degli elettroni di elementi chimici contenuti nel minerale.

Come è noto, gli elettroni di atomi o ioni non possono avere energie qualsiasi, ma si distribuiscono in livelli energetici discreti, separati cioè tra loro come i gradini di una scala. Quando vengono investiti dalla luce, gli elettroni possono assorbire radiazioni e "saltare" ad orbitali liberi (gradini) con energia maggiore. Si avrà colorazione quando sono assorbite radiazioni comprese nello spettro visibile.

I metalli di transizione, come ferro (Fe), titanio (Ti), cromo (Cr), manganese (Mn), comunemente contenuti nei minerali, presentano configurazioni di elettroni adatte ad assorbire radiazioni nel visibile e sono detti elementi coloranti o cromofori .

Minerali colorati per la presenza di elementi chimici come impurezze sono detti allocromatici, mentre quelli che devono il loro colore ad elementi chimici essenziali del minerale sono detti idiocromatici.

I minerali idiocromatici presentano sempre lo stesso colore. La galena è sempre grigio piombo, l'azurite ha sempre una tonalità blu (a volte così scura da apparire nera), il cinabro è rosso, la malachite è verde. In questi minerali il colore è una importante proprietà diagnostica. Minerali allocromatici come quarzo, corindone, berillo, calcite e fluorite, sono ben noti per la grande varietà di colori che dispiegano per la presenza di impurezze (nell'immagine seguente: varietà colorate di quarzo).



Questi colori sono comunemente il risultato della **presenza in tracce** di alcuni elementi. Oltre che dalla composizione chimica, il colore del minerale è influenzato dalla natura e dalla posizione di questi elementi in traccia. Per esempio, il ferro che occupa i canali strutturali del berillo crea il colore blu dell'acquamarina, ma lo stesso ferro che sostituisce l'alluminio nella struttura del berillo è responsabile del colore giallo dell'eliodoro.

Alcuni esempi di agenti coloranti nei minerali includono:

Cr (verde) in smeraldo, uvarovite, tormalina; Cr (rosso) nel rubino; Cr (viola) nella clorite; Mn (rosa e rosso) in piemontite, rhodonite, rhodochrosite; Fe (da verde a marrone a quasi nero) in olivina, pirosseni, epidoti; Fe (blu) nell'acquamarina; Fe (giallo) nell'eliodoro e nel quarzo citrino; Co (lilla) in erythrite; Ni (verde) in annabergite; Cu (blu e verde) in malachite, azurite, turchese; U (gialli e verdi fluorescenti) in carnotite, autunite.

(Un articolo divulgativo sul colore si trova qui

http://www.scenailustrata.com/public/IMG/pdf/Che_cosa_e_il_colore.pdf)

La **striscia** è il colore del minerale polverizzato, che può essere diverso dal colore del cristallo integro. Mentre il colore del minerale può cambiare, la striscia è di solito costante e così può essere considerata una proprietà diagnostica. Dal momento che la maggior parte dei minerali è più tenera della porcellana (v. durezza), la loro polvere viene osservata "strisciando" il minerale su un pezzo di questo materiale (*streak plate*).

I minerali trasparenti, compresi quelli colorati, anche intensamente, hanno in genere polvere bianca o biancastra.

I minerali opachi hanno polvere colorata che a volte ha un colore diverso da quello del minerale. Per esempio, l'ematite nera ha polvere rossa e la pirite giallo-oro ha polvere nera.

Densità

È evidente che alcuni minerali sono più pesi di altri, a parità di volume. Per descrivere questa caratteristica si utilizza la grandezza densità, cioè la massa del minerale per unità di volume, $d = \text{massa}/\text{volume}$. Per esempio, la densità del quarzo è 2.65 g/cm^3 .

La densità dei minerali è variabile in un intervallo piuttosto ampio, fra valori minimi intorno a 1.5 g/cm^3 (minerali con elevati contenuti di molecole di acqua) e circa 20 g/cm^3 per oro e platino nativi.

Quindi un decimetro cubo di oro ha una massa di quasi 20 chilogrammi (19,3 per la precisione), più o meno come un bambino di 5 o 6 anni. Particolare che forse è sfuggito a questi sceneggiatori :-)



<https://www.youtube.com/watch?v=dJ920fat50M>

L'intervallo di variazione per i minerali silicati comuni delle rocce è molto più ristretto, fra circa 2.5 e circa 4 g/cm³. E' interessante notare che la densità media della crosta terrestre è circa 2.7 g/cm³, mentre la densità media della Terra calcolata è circa 5.5 g/cm³ (esercizio: come è stato ottenuto questo dato? calcolare massa e volume della Terra: come si fa?)

Possiamo fare una valutazione qualitativa della densità di certi minerali, per confronto con materiali noti. Per esempio la halite NaCl (2.1 g/cm³, densità bassa), il quarzo SiO₂ (2.65 g/cm³, media), la barite BaSO₄ (4.5 g/cm³, alta), e la galena PbS (7.6 g/cm³, molto alta).

Durezza

La durezza dei minerali, e la scala empirica utilizzata per la sua valutazione (scala di Mohs), sono legate al concetto di "resistenza alla scalfittura". In questo contesto scientifico il termine "durezza" ha quindi un significato ben preciso e delimitato, a differenza di quanto avviene nel linguaggio quotidiano, in cui lo stesso termine assume significati assai più ampi e quindi più ambigui. È questo uno dei numerosi esempi in cui linguaggio scientifico e linguaggio quotidiano non si sovrappongono.

Una scalfittura è in realtà un solco prodotto da microfrazture sulla superficie del minerale; richiede la rottura di legami e/o la dislocazione di atomi (per esempio nei minerali con legame metallico). Un minerale può essere scalfito soltanto da una sostanza più dura. Un minerale duro potrà scalfire un minerale più tenero, ma un minerale tenero non potrà mai scalfire un minerale più duro, per quanti sforzi si facciano. Quindi, è possibile stabilire una scala relativa di durezza semplicemente individuando quale minerale ne scalfisce un altro. Questo è esattamente quanto propose il mineralogista Friedrich Mohs, circa 200 anni fa. La Scala di Durezza di Mohs, che parte con il talco a 1 e termina con il diamante a 10, è universalmente usata in tutto il mondo come un metodo per distinguere i minerali.

Per usare questa scala è necessario avere un campione dei 10 minerali della scala. Per testare un minerale ignoto, si può partire con un comune campione di apatite e vedere se il minerale ignoto riesce a scalfire l'apatite. In questo caso, esso avrà durezza > 5, altrimenti avrà durezza minore di 5.

Se i due campioni possono scalfirsi l'un l'altro, la durezza sarà circa 5. Saranno necessari altri test per restringere ulteriormente il campo della durezza. Se il minerale ignoto è più tenero dell'apatite, provate con la calcite ecc..., finché non si è raggiunto un sufficiente grado di approssimazione.

Ovviamente, è buona regola non scalfire facce cristalline ben formate, per non danneggiare campioni potenzialmente "da collezione".

Scala di Mohs

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Talco	Gesso	Calcite	Fluorite	Apatite	Ortoclasio	Quarzo	Topazio	Corindone	Diamante

Ad ogni minerale si assegna una durezza che coincide con il numero d'ordine di un termine della scala quando il minerale scalfisce ed è scalfito da quel dato termine; si assegna invece un valore intermedio (1.5, 2.5,) quando scalfisce un dato termine dal quale non viene scalfito ed è scalfito dal termine superiore che non riesce a scalfire.

In ognuna delle classi di minerali si osservano valori di durezza abbastanza variabili. Tuttavia, in generale, i silicati hanno durezze abbastanza elevate; i solfuri durezze mediamente più basse, con eccezione della pirite; gli ossidi hanno durezze alte o molto alte; i carbonati, solfati, alogenuri, ecc, hanno durezze generalmente basse.

Come riferimenti pratici: l'unghia della mano scalfisce il gesso (durezza 2); una lama di acciaio scalfisce l'apatite (durezza 5); il quarzo scalfisce il vetro ordinario (durezza 5 – 5.5); il vidia (carburo di tungsteno) riga il topazio (durezza 8).

La durezza è una buona proprietà identificativa, poiché non varia (molto) da campione a campione. Generalmente, infatti, si ottengono valori consistenti per diversi campioni dello stesso minerale. Inconsistenze possono presentarsi se il campione non è puro, oppure se è poco cristallizzato, o anche se si tratta di un aggregato piuttosto che di un singolo individuo cristallino.

La scala di Mohs è solo relativa. Questo significa che dire "la durezza della fluorite è 4" non significa affermare che la fluorite abbia una durezza doppia rispetto al gesso, con durezza 2. Né che la differenza in durezza tra la calcite e la fluorite sia uguale alla differenza che c'è tra corindone e diamante.

La durezza è una proprietà molto importante per le gemme. La maggior parte delle gemme ha durezza 7 o maggiore. Minerali con alta durezza sono usati anche come abrasivi e nei processi di lucidatura.

Ecco alcuni suggerimenti per utilizzare la durezza nell'identificazione di un minerale:

Ricordare che la maggior parte dei minerali presenterà piccole variazioni del valore di durezza a seconda della direzione e dell'orientazione della scalfitura e che alcuni minerali, come la cianite ed il diamante, presenteranno una marcata variazione della durezza rispetto a questi fattori.

Un campione massivo sarà probabilmente più tenero del corrispondente cristallo singolo; se possibile, la durezza andrebbe verificata solo su cristalli singoli

Alcuni minerali presenteranno un certo intervallo di durezza, a causa di impurità o sostituzione di certi ioni.

Non farsi ingannare da una traccia di polvere su un minerale, “scalfito” da un minerale più tenero. In realtà è il minerale più tenero che ha lasciato una traccia della sua polvere sulla superficie resistente del minerale più duro. Soffiare via la polvere e controllare bene se esiste effettivamente la scalfittura.

Un altro fattore da considerare è la facilità con cui un minerale scalfisce o viene scalfito (sia il diamante che il quarzo scalfiscono il vetro, ma il diamante scalfisce il vetro “come un coltello nel burro”).

Sfaldatura

Un corpo solido, sottoposto ad una forza esterna, risponde deformandosi sino a che, superata una soglia di resistenza, il corpo si rompe.

Se la resistenza alla rottura (coesione) del corpo è uguale in tutte le direzioni, la superficie di rottura ha in generale un andamento irregolare quale si può verificare, ad esempio, nei frammenti di un vetro rotto in più parti.

La qualità della superficie di rottura si descrive con aggettivi: concoide, scabra, . . .

La coesione è tuttavia una proprietà fisica direzionale discontinua. In alcuni minerali la discontinuità si manifesta in modo assai rilevante avendosi che essa assume, per una o più direzioni differenti, perpendicolari ad uno o più piani differentemente orientati, valori molto più bassi che in tutte le altre direzioni dello spazio.

Un corpo con questa particolarità si romperà soltanto secondo il o i piani perpendicolari alle direzioni di minimo di coesione: questo fenomeno si chiama sfaldatura; è presente in molti, anche se non in tutti, i minerali; è proprio, caratteristico, identificativo dello stato solido cristallino.

La sfaldatura è quindi la proprietà che alcuni minerali manifestano di rompersi secondo superfici piane. La qualità della sfaldatura si descrive con aggettivi: perfetta, buona, discreta, . . .

In alcuni minerali la sfaldatura si manifesta secondo una sola orientazione del piano, e si indicherà come sfaldatura lamellare: per esempio sfaldatura perfetta delle miche (talmente tipica che si indica anche come sfaldatura micacea).

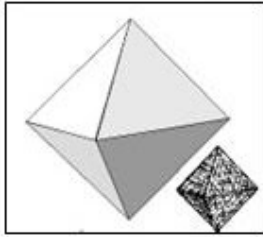


In altri minerali la sfaldatura si può manifestare, con uguale qualità di perfezione, secondo due o più piani diversamente orientati nello spazio.

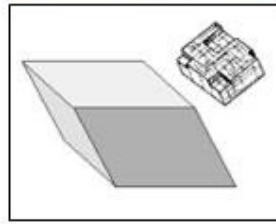
L'esistenza di più piani di sfaldatura genera, per rottura, solidi limitati (parzialmente o totalmente) da facce piane che sviluppano una delle forme cristalline precedentemente citate:

- due piani: sfaldatura prismatica (per es.: pirosseni e anfiboli)
- tre piani: sfaldatura romboedrica (p.e: calcite), cubica (p.e.: galena), . . .
- quattro piani: sfaldatura ottaedrica (p.e.: fluorite)

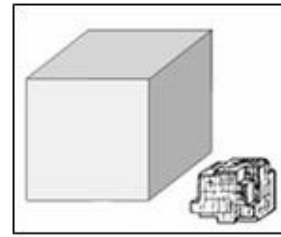
ottaedrica



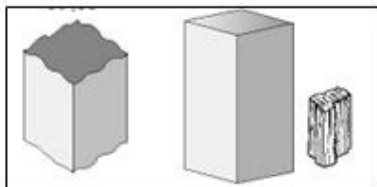
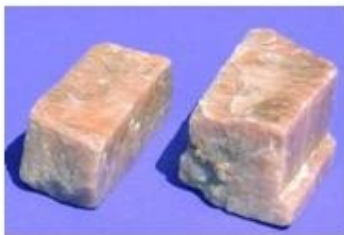
romboedrica



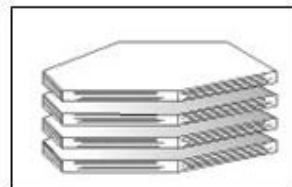
cubica



prismatica



tabulare



lamellare



Infine in uno stesso minerale si possono sviluppare due o più piani di sfaldatura diversamente orientati e di non uguale qualità: per esempio l'ortoclasio presenta due sfaldature di tipo pinacoidale, tra loro ortogonali, delle quali una perfetta ed una buona, ed una terza sfaldatura, prismatica e imperfetta, inclinata rispetto alle precedenti.

