

# Geochimica Applicata

## Di che cosa si occupa?

Di tutte quelle indagini geochimiche che hanno aspetti applicativi per l'uomo, come la preservazione dell'ambiente, il monitoraggio ambientale, l'agricoltura, la salute, l'inquinamento e la ricerca delle risorse.

Questi aspetti operano nel settore della Geochimica Inorganica, della Geochimica Organica e della Geochimica Isotopica.

## Gli scopi più importanti sono:

- 1) Messa a punto di metodologie analitiche;
- 2) Geochimica Ambientale: aspetti naturali e antropici, strategie di "protection" e "remediation";
- 3) Idrogeochimica delle acque superficiali e sotterranee;
- 4) Geochimica Medica (Geomedicina);
- 5) Geochimica in ambiente agricolo;
- 6) Ricerca di risorse energetiche (petrolio, gas, carbone, energia geotermica, materie prime e nucleari);
- 7) Miglioramento delle risorse energetiche e minerarie;
- 8) Stoccaggio di rifiuti: urbani, tossici e nucleari.

**Analisi:** qualunque misura in grado di fornire informazioni sulla composizione chimica di un campione. Sulla base dell'applicazione di quest'asserzione, un'analisi assume varie forme:

- la concentrazione di certi elementi o composti in un campione;
- le quantità relative (rapporti di abbondanze) di uno o più isotopi di un particolare elemento;
- in quali proporzioni un certo elemento è presente in una specifica forma chimica (speciazione in funzione del differente stato di ossidazione)

L'analisi geochimica è quella che coinvolge la determinazione di ANALITI su materiali "naturali" o "ambientali: aria, gas vulcanici, acqua, polvere, suolo, roccia, acque reflue, ecc.

# Terminologia

- Analita: elemento o composto chimico di interesse. Gli analiti possono essere elementi, composti, isotopi o specie chimiche;
- Analisi qualitativa: lista di elementi o composti presenti a livello rilevabile in un campione;
- Analisi quantitativa: misura di analita(i) in un campione;
- La maggior parte delle analisi sono indirizzate alla composizione totale (bulk-rock o whole-rock) di un campione. Altre applicazioni riguardano porzioni (cristalli) di un campione;
- La composizione isotopica di un elemento è generalmente riferita al rapporto di abbondanza di due o più isotopi:  $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ ,  $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$ , ecc. sia sul campione totale che su singoli minerali o specie. Un geochimico ambientale può analizzare la concentrazione di un singolo radionuclide  $^{137}\text{Cs}$ .

# A che cosa serve un'ANALISI GEOCHIMICA

⚡ Identificare o caratterizzare un materiale del tutto sconosciuto;

⚡ Verificare la qualità di un prodotto finito o testare la contaminazione di un materiale naturale;

⚡ Misurare un dettaglio della composizione di un campione per determinare gli aspetti della sua "STORIA" (es. datazioni isotopiche, geotermobarometria, applicazioni forensi);

⚡ Investigare un PROCESSO GEOCHIMICO (naturale o antropico) per seguire il movimento di elementi "traccianti" o "isotopi" ( $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ ) o la loro distribuzione in un intervallo rappresentativo di campioni;

⚡ Determinare come varia la composizione  $f(t)$  in un singolo sito;

⚡ Mappare la distribuzione spaziale di un elemento o di un composto in un preciso momento;

⚡ Monitorare l'efficienza di un processo sperimentale o industriale al variare delle condizioni chimico-fisiche per determinare le condizioni ottimali.

**NON SOLO NUMERI  
MA SOLUZIONI DI  
PROBLEMI**

Dal momento che le rocce sono costituite prevalentemente da minerali ove l'ossigeno funge da anione e i vari metalli da cationi, la composizione chimica delle rocce viene espressa sotto forma di ossidi

Zebra Mussel shells



Honeycomb Coral



Slag



Petoskey Stones



Organ Pipe Coral



Granite



Jasper

I valori sono in %:  
1/100 in peso  
o in ppm:  
1/1.000.000  
o parti per milione

in ppb:  
1/1.000.000.000  
o parti per miliardo  
in ppt:  
1/1.000.000.000.000  
o parti per trilardo



# La Composizione principale di una roccia

SiO<sub>2</sub>

TiO<sub>2</sub>

Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

FeO

Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

MnO

MgO

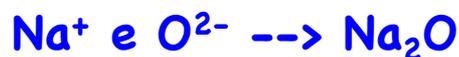
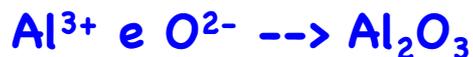
CaO

Na<sub>2</sub>O

K<sub>2</sub>O

P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>

LOI



## COME ELEMENTO

Elementi maggiori >1 %

Elementi minori 1÷0.1 %

Elementi in traccia <0.1 %

Le analisi geochimiche sono generalmente elementali e non come ossidi.

Come possiamo passare da Mg a MgO o da Na a Na<sub>2</sub>O?

**Mg: 24.15; O: 16: MgO/Mg=1.66**

**Na: 23; O: 16: Na<sub>2</sub>O/2Na=1.35**

# LOI: LOSS ON IGNITION (Perdita alla Calcinazione)

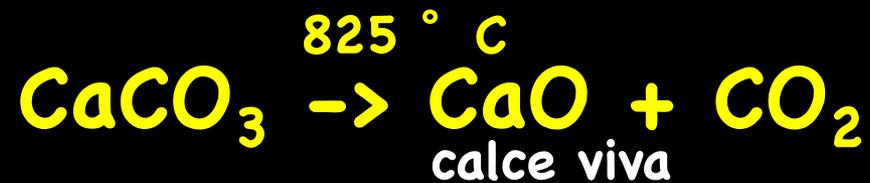
➔ Rappresenta la sommatoria dei componenti volatili presenti in una roccia.

Preparato il campione di roccia in polvere viene posto in un forno (o muffola) a 110 ° C. La differenza in peso viene descritta come H<sub>2</sub>O<sup>-</sup> (umidità).

Riscaldando sino 950-1000 ° C anche l'acqua presente nei reticoli cristallini sarà liberata (H<sub>2</sub>O<sup>+</sup>). In realtà anche CO<sub>2</sub>, S, ecc. saranno liberati per cui è più corretto il termine di LOI.

$$\text{LOI, (\%)} = \frac{W_i - W_f}{W_i} \times 100$$

Cosa succede alla LOI se calciniamo a 950 ° C un calcare o un travertino?



Se abbiamo una LOI del 10% come possiamo calcolare quanto  $\text{CaCO}_3$  è presente?

# ppm o mg/kg

La	26,9	26,8	26,0	28,3	9,2	17,1	22,5	9,3	18,2	30,8	19,8
Ce	56,7	53,4	54,9	58,6	21,1	35,7	49,7	21,7	40,2	63,9	42,9
Nd	27,2	27,1	26,6	29,7	13,8	20,1	29,9	10,6	17,2	30,7	24,5
Sm	5,57	5,56	5,68	6,19	3,85	5,30	7,18	3,38	4,60	6,43	5,94
Eu	1,69	1,64	1,72	1,83	1,34	1,60	2,35	1,20	1,49	1,82	1,91
Tb	0,795	0,821	0,803	0,844	0,710	0,866	1,040	0,697	0,702	0,859	0,915
Yb	2,03	1,92	1,87	1,85	1,68	1,96	2,12	1,70	1,80	2,21	1,77
Lu	0,273	0,247	0,261	0,260	0,216	0,247	0,263	0,235	0,229	0,310	0,225
Sr	533	559	591	629	288	260	441	336	484	588	465
Ba	271	301	283	305	100	169	273	99	262	366	231
Cs	0,13	0,29	0,74	0,64	0,99	0,54	0,38	0,36	0,23	0,54	0,64
U	0,99	1,01	0,99	1,07	0,36	0,87	0,65	0,34	0,77	1,58	0,75
Th	3,97	3,74	3,53	3,69	1,46	3,45	2,54	1,34	2,63	4,99	2,63
Hf	4,8	4,4	4,2	4,5	2,7	4,2	4,7	2,4	3,3	4,7	4,3
Sc	21,9	20,7	23,8	24,6	21,2	18,8	20,8	21,8	21,6	22,5	21,2
Ta	1,6	1,8	1,8	1,9	0,6	1,2	1,5	0,6	1,1	1,8	1,4
Cr	168	225	353	328	279	203	182	232	256	58	241
Ni	57	190	201	188	177	126	104	157	116	27	127
Co	38	52	51	50	47	40	45	48	50	34	45

In % a quanto corrispondono 52 mg/kg (o ppm) di Cobalto?

**Approssimazione:**

Con valori > 10 mg/kg: Numero intero, e.g. 59 mg/kg

Con valori fra 10 e 1 mg/Lg, una cifra decimale, e.g. 7.8 mg/kg

Con valori < 1 mg/kg, due cifre decimali

# Misura dell'incertezza analitica

Ogni misura è soggetta ad un valore di "incertezza" che può essere ridotto migliorando il metodo o ripetendo la determinazione più volte ma **NON PUO' ESSERE MAI ELIMINATO!!!**

Qualunque misura quantitativa ha scarso significato scientifico senza una definizione dell'incertezza associata ai valori analitici riscontrati

## Errore casuale ("RANDOM"): la precisione di un'analisi

**Precisione analitica:** si riferisce a quanto si avvicinano i risultati ottenuti ripetendo una certa procedura analitica varie volte sotto le stesse condizioni (riproducibilità o ripetibilità). Un'analisi precisa ha significato qualitativo sull'errore random dell'analisi e non ci dice quanto sia vicino il risultato al VALORE VERO.

Quanto sia precisa un'analisi, l'errore può essere determinato attraverso la **DEVIAZIONE STANDARD**

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2}$$

Diagram illustrating the formula for standard deviation ( $\sigma$ ).

- $\sigma =$  is the standard deviation.
- $\frac{1}{N}$  is the inverse of the **Numero di repliche** (Number of replicates).
- $\sum_{i=1}^N$  is the summation over  $N$  measurements.
- $(x_i - \bar{x})^2$  is the squared difference between the **Valore di ogni misura** (Value of each measurement) and the **Valore medio** (Mean value).
- The entire expression under the square root is labeled as **Varianza** (Variance).

# Analisi del Lutezio (Lu) in una roccia

Serie 1

8.0 mg/kg  
9.0 mg/kg  
15.0 mg/kg  
7.0 mg/kg  
42.0 mg/kg  
10.0 mg/kg  
22.0 mg/kg  
9.0 mg/kg  
12.0 mg/kg  
10.0 mg/kg

$\sigma=10.6$

Serie 2

8.0 mg/kg  
9.0 mg/kg  
10.0 mg/kg  
8.5 mg/kg  
9.0 mg/kg  
9.0 mg/kg  
9.0 mg/kg  
9.0 mg/kg  
8.5 mg/kg  
8.0 mg/kg

$\sigma=0.53$

# Errore sistematico: bias e accuratezza (esattezza)

Il Bias di un'analisi si riferisce a quanto si avvicina il valore medio della concentrazione di un'analita al VALORE VERO.

Il bias è la misura dell'errore sistematico di un metodo analitico ad un particolare livello di concentrazione.

Si utilizzano i CRM  
(Certified Reference Material)

$$\text{Bias \%} = 100 \times (\bar{x} - x_c)$$





**United States Geological Survey**  
**Certificate of Analysis**

**Andesite, AGV-1**

AGV-1 is an andesite, collected from the eastern side of Guano Valley in Lake county Oregon, by George W. Walker of the U.S. Geological Survey. AGV-1 is aphanitic, finely porphyritic, with a trachytic texture. According to the chemical classification of Rittman (Rittman, 1952) this rock is a trachyandesite.

Element concentrations were determined by cooperating laboratories using a variety of analytical methods. Certificate values are based primarily on international data compilations (Gladney, 1983, Gladney and Roelandts, 1987, Govindaraju, 1994). Initial USGS studies (Flanagan, 1967) provide background information on this material.

**Recommended values**

Oxide	Wt %	±	Oxide	Wt %	±
SiO <sub>2</sub>	58.84	0.58	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> T	6.77	0.19
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	17.15	0.34	Na <sub>2</sub> O	4.26	0.12
CaO	4.94	0.14	K <sub>2</sub> O	2.92	0.37
MgO	1.53	0.093	TiO <sub>2</sub>	1.05	0.05
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.50	0.03			

Element	µg/g	±	Element	µg/g	±	Element	µg/g	±
Ba	1230	16	Gd	5.0	0.6	Sc	12	1
Be	2.1	0.4	Ge	1.25	0.1	Sm	5.9	0.4
Ce	67	6	Hf	5.1	0.4	Sr	660	9

**Lu 0.27 ± 0.03 ppm**

Dy	5.6	0.4	Nd	55	5	Y	20	3
Eu	1.6	0.1	Pb	36	5	Yb	1.72	0.2
F	425	50	Rb	67	1	Zn	88	9
Ga	20	3	Sb	4.3	0.4	Zr	227	18

Oxides	Wt %	Other	Wt %
FeO	2.06	LOI	1.2
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4.46	H <sub>2</sub> O+	0.78
		H <sub>2</sub> O-	1.00

Element	µg/g	Element	µg/g	Element	µg/g
Ag	0.078	Cd	0.069	Ni	16
As	0.88	Er	1.7	Pr	7.6
Au	0.00062	Hg	0.02	Sn	4.2
B	7.8	I	0.27	Tl	0.34
Bi	0.057	In	0.041	Tm	0.34
		Nb	15	W	0.55

Ogni standard internazionale è stato analizzato da un elevato numero di laboratori e il valore ottenuto è quello medio con la relativa  $\sigma$ !

# Campionamento e preparazione dei campioni

Lo scopo ultimo delle analisi geochimiche è di descrivere le VERE variazioni delle concentrazioni di uno o più analiti in un qualche dominio del mondo naturale sotto studio. L'analisi dell'intero dominio è impossibile!!

I campioni che vengono prelevati devono RAPPRESENTARE al meglio il dominio di studio

E' fondamentale l'obiettivo e i fondi a disposizione

Tra le decisioni da prendere su come prelevare dei campioni si deve considerare:

1. Il materiale da campionare (roccia, acqua, gas, ecc.);
2. Quale campione intendiamo rappresentare (e.g. analiti in acqua o quelli in sospensione: carico solido in sospensione);
3. La grandezza del campione richiesto (per massa o per volume);
4. Il numero di campioni richiesti;
5. La distribuzione spaziale dei siti di campionamento (densità di campionamento);
6. Se la variazione temporale è importante (acqua, gas);
7. Come stimare la qualità di campionamento (precisione, accuratezza);
8. Quali livelli di errore sono accettabili;
9. Quale schema di identificazione del campione è da usare.

## **PROTOCOLLO DI CAMPIONAMENTO**

# Campionamento ed analisi di una roccia



# Campionamento e preparazione dei campioni

Lo scopo ultimo delle analisi geochimiche è di descrivere le VERE variazioni delle concentrazioni di uno o più analiti in un qualche dominio del mondo naturale sotto studio. L'analisi dell'intero dominio è impossibile!!

**I campioni che vengono  
prelevati devono  
RAPPRESENTARE al meglio il  
dominio di studio**

# Di quanto campione abbiamo bisogno?

I materiali geologici sono generalmente eterogenei e nel caso di rocce, ogni granulo è RAPPRESENTATIVO di UN componente della mistura e non della mistura tutta.

Quindi, ogni campione, affinché sia significativo deve tenere conto della composizione totale in modo tale per cui il contributo del singolo granulo sia insignificante.

**Dimensione dei granuli**

Tanto più grossa sarà la grana, tanto maggiore sarà la quantità di campione da raccogliere.

Davis (1954), Ingamells & Switzer (1973), Gy (1979)

$$m = \frac{Cd^3}{\sigma^2}$$

$\sigma$ : è il livello di precisione cercato (espresso come deviazione standard);  
 $m$ : è la massa di campione necessaria per raggiungere questa riproducibilità;  
 $d$ : diametro dei granuli;  $C$ : è il prodotto di varie proprietà fisiche della  
mistura rocciosa e delle particelle.

Dimensioni granuli (mm)	Quantità minima (kg)
>30	≥5.0
10-30	2.0
1-10	1.0
0-1	0.5

**La quantità di campione dipende anche dal numero di analisi che si intendono (o devono) svolgere: ad esempio, analisi su separati mineralogici.**

**A quali rocce possiamo riferire questa tabella?**

**Granito**



**Basalto**



**Arenaria**



**Argilla**



# E nel caso di mineralizzazioni? A Pb, Zn, o con pepite di Au?

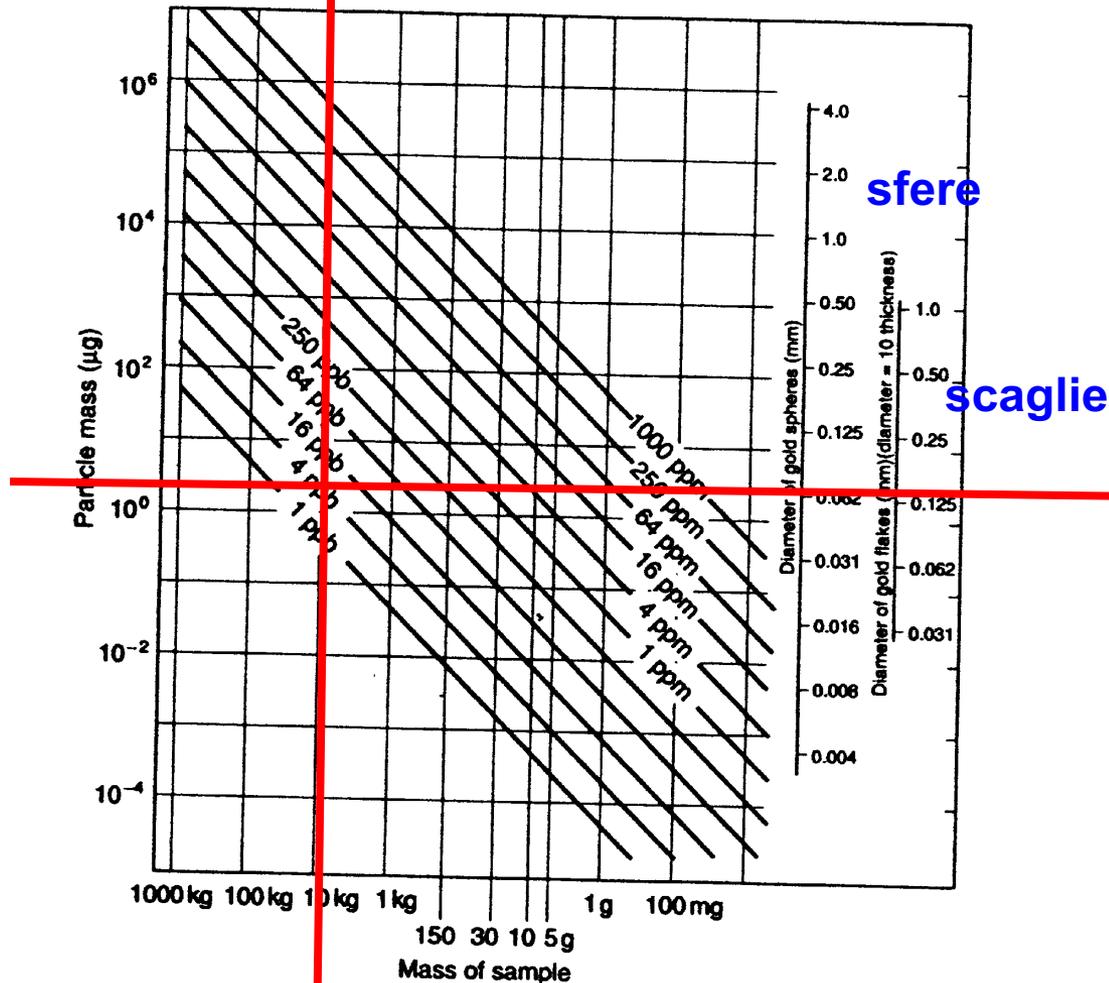


Figure 2.2 A nomogram designed to indicate the mass of sample (rock, sediment) required to contain 20 particles of gold, and hence to give a representative sample (reproduced with permission from Clifton *et al.*, (1960) Sampling size and meaningful gold analysis, *US Geological Survey professional paper 625-C* 1969). The size of the Au grain is indicated in the vertical axis either by mass or diameter. The expected concentration of gold is selected as one of the lines, and the mass of sample required is read off the horizontal axis.

# Preparazione campioni di roccia e minerali

☀ Contesto geologico-petrografico-mineralogico: geochimica

## Rocce totali o bulk rock

☀ Preparazione campioni: segagione, granulazione, inquantatura e macinazione

ANALISI  
TOTALE

Dissoluzione completa o selettiva

## Analisi su minerali

- ☀ Granulometria
  - ☀ Magnetone di Frantz
  - ☀ Microscopio binoculare, pinzette e pazienza
- Dissoluzione completa o selettiva

Sezione sottile

ANALISI PUNTUALE

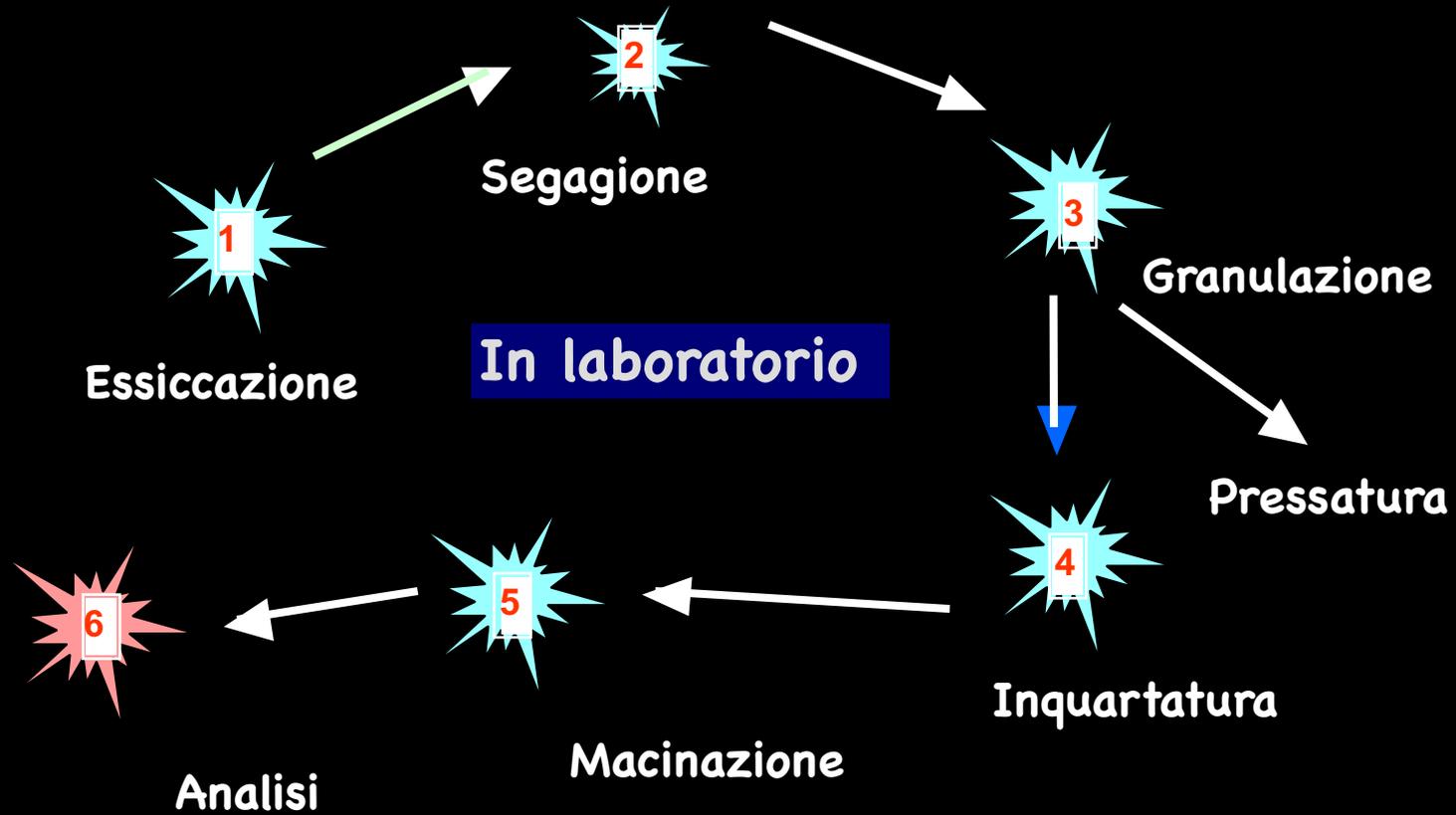
# Preparazione del campione

Deve soddisfare i seguenti requisiti:

- rimozione di possibili contaminanti;
- preservare le caratteristiche essenziali della composizione del campione fino a che non abbia luogo l'analisi;
- convertire la forma del campione in una per cui sia possibile effettuare un'analisi chimica;
- in alcuni casi, separare o concentrare un costituente particolare

**Rocce - Acque - Gas - Altri materiali**

# Rocce



# Prelievo

RS12-47-6934



# Segagione



E' necessaria per la rimozione delle patine di alterazione.



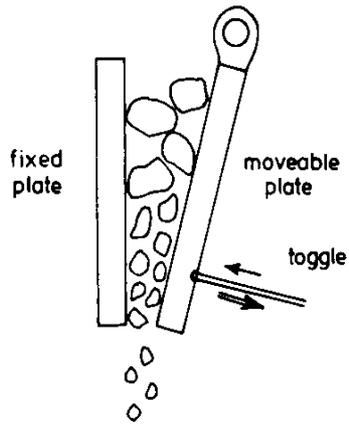
E' necessaria per la riduzione della massa di materiale.

# Granulazione

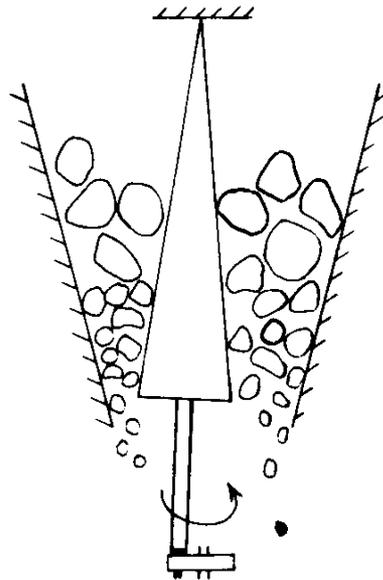


## Frantoi a ganasce

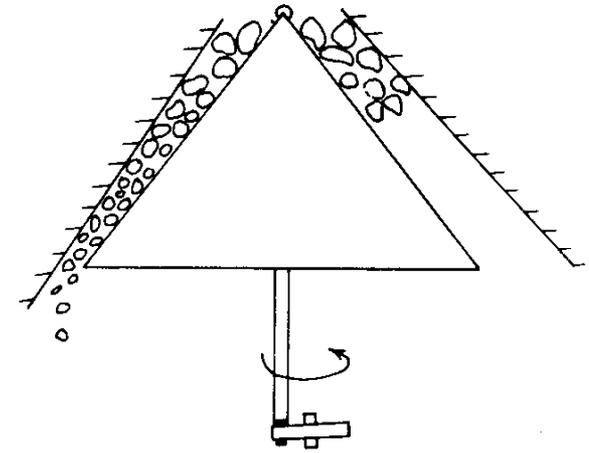
Frantumazione dei prodotti di segazione:  
riduzione a granuli di alcuni mm



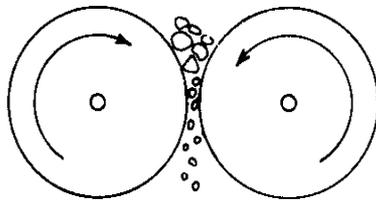
a) jaw breaker



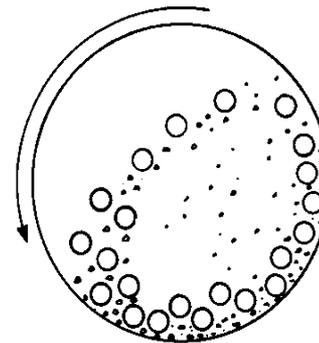
b) gyratory crusher



c) cone crusher



d) rolls



e) ball or rod mill

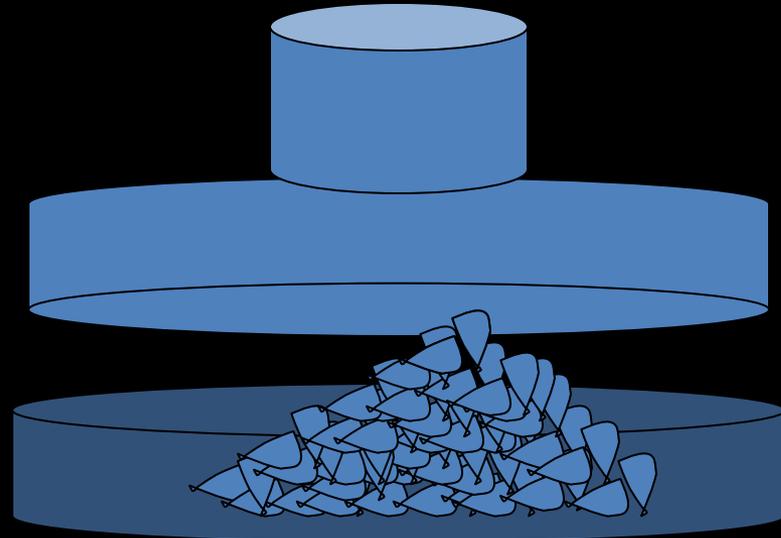


FIG. 10.1. Principal types of crushing and grinding equipment

# Pressatura

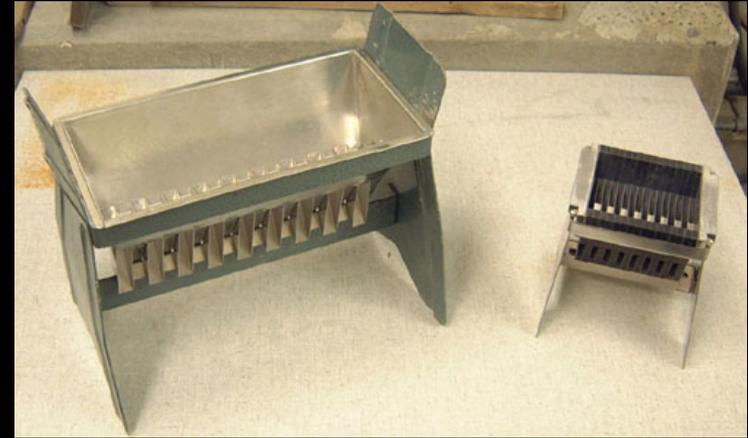


Smussatura degli spigoli dei granuli (solo se necessario):  
per rocce particolarmente  
dure: basalti, graniti, ecc.

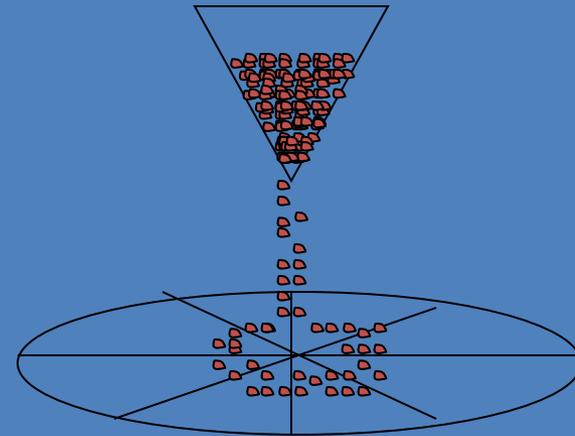


# Inquartatura

Dal momento che partiamo da quantità di materiale che è  $f(\phi \text{ granuli})$ , bisogna fare in modo di prelevare una porzione significativa del campione per la “macinazione”, questo passa attraverso la fase di “inquartatura”



Raccoglitori  
Separatore Johns



Imbuto separatore con piastra

# Macinazione



La finalità è quella di aumentare il più possibile la superficie specifica attraverso la riduzione dei granuli a livello di micron (0.001 mm).





**Mortai di agata  
o di Carburo di  
Tungsteno a  
dischi o palle**



**Essiccatore**

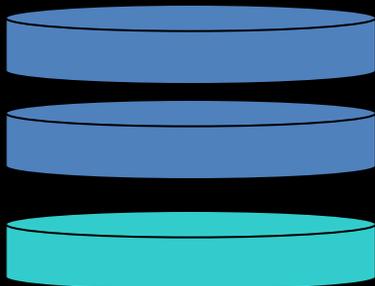


**Armadio essiccatore aspirante**

# Minerali



Intervallo di interesse, ad es. 200–400  $\mu\text{m}$



**Setaccio**

**Setaccio**

**Bossolo di fondo**



## Vasca ad ultra-suoni



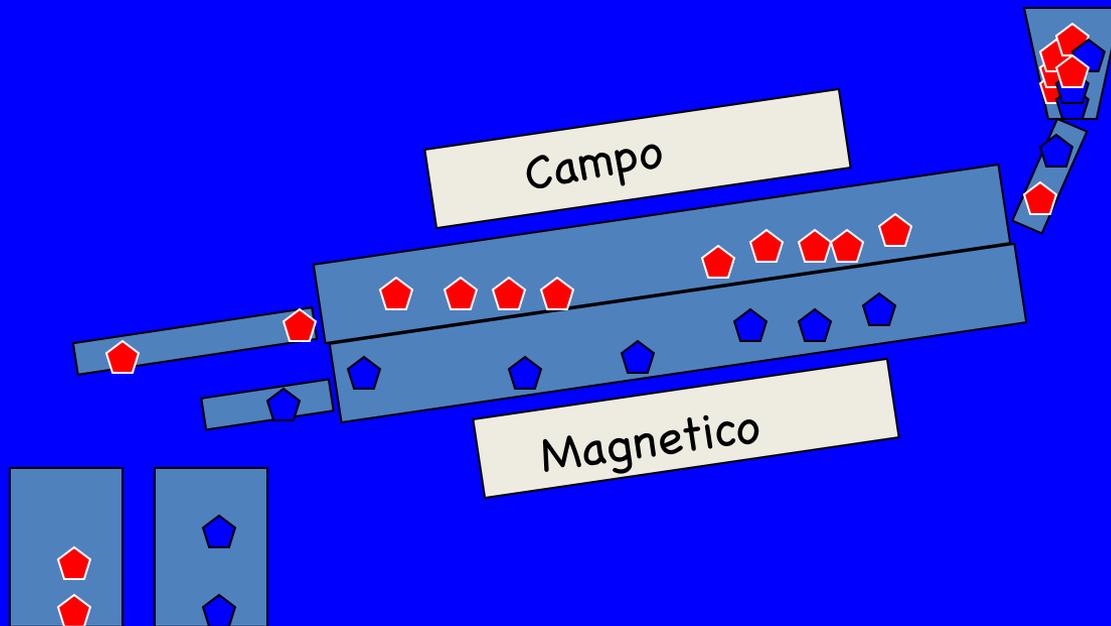
Permette la separazione dei minerali secondo la loro suscettività magnetica.

La magnetizzazione di un materiale per unità di campo applicato.  
Descrive la risposta magnetica di una sostanza ad un campo magnetico.

La suscettività magnetica di un materiale è una costante di proporzionalità adimensionale che quantifica la magnetizzazione di un materiale quando viene sottoposto ad un campo magnetico:

$M = c_m H$  dove  $c_m$ : costante di proporzionalità fra intensità CM (H) e magnetizzazione;

# Schema semplificato del Magnetone di Frantz



Il risultato è quello di un arricchimento preferenziale del minerale da separare a cui sono associate sia impurezze sia minerali con suscettività simile

Tallio malonato e tallio formato  
(Soluzione di Clerici) Densità:  
2.50 a 4.05 g/cm<sup>3</sup>

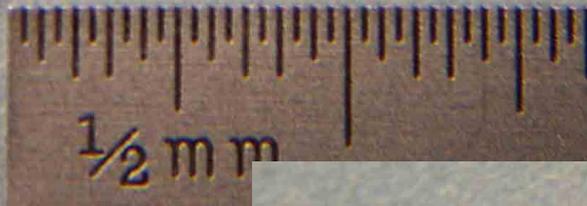


Separazione minerali con liquidi pesanti



Separazione con stereo-microscopio

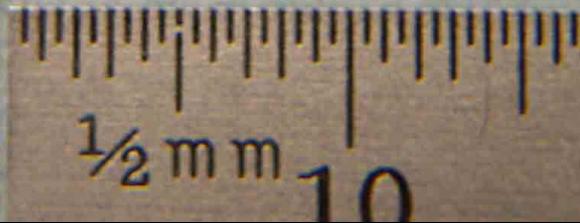
Pasta di fondo (basalto)



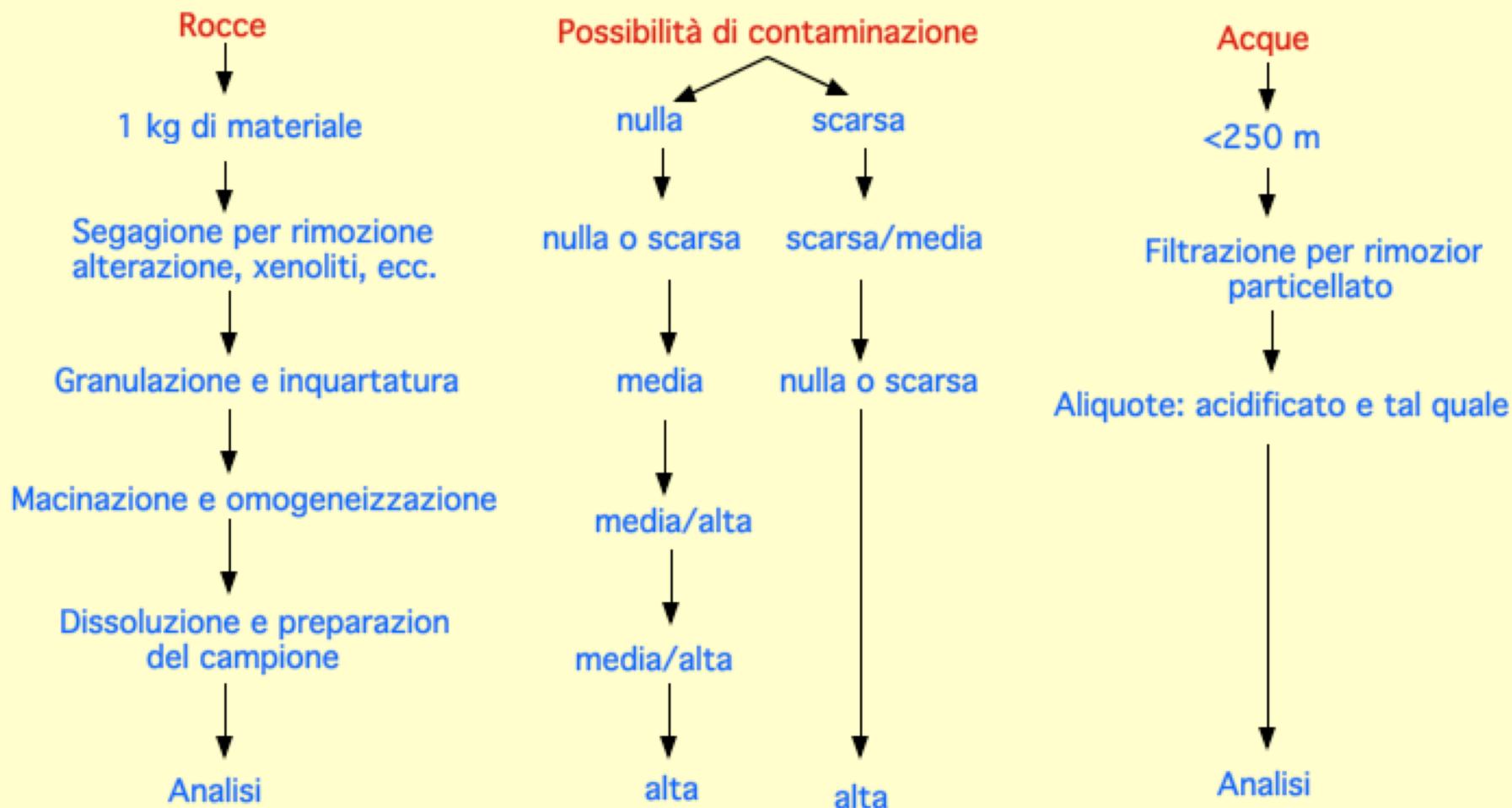
Biotite



K-feldspato



## Campionamento e preparazione del campior per analisi di routine



Ogni prelievo di un'aliquota di polvere o di acqua incrementa la possibilità di contaminazione

Il risultato finale per una roccia è quello di una polvere tipo borotalco e per i minerali un granulatino fino con una granulometria tale per cui possano essere effettuate analisi chimiche di tipo **FISICO** e per **VIA UMIDA!**

Fermo restando il fatto della dipendenza della rappresentatività del campione in  $f(\phi \text{ granuli})$

**Quindi, per analisi chimiche useremo quantità di polvere da 0.01 g a 0.50 g. Quantità maggiori o minori possono dare problemi di diversa natura.**

Analisi chimiche di tipo fisico: non sono generalmente distruttive e riguardano direttamente le interazioni fra radiazioni e materia!

Raggi-x; Attivazione neutronica; Spettrografia; Microsonda elettronica; Secondary Ion Mass Spectrometry (SIMS); Laser Ablation (LA), ecc.

Analisi chimiche per via umida: sono distruttive e prevedono la solubilizzazione (totale o parziale) del campione!

Gravimetria; Volumetria; Colorimetria; Fotometria; Spettrofotometria di Assorbimento Atomico; Elettrochimica; Spettrometria di Massa (MS); Emissione: Inductively Coupled Plasma (ICP); ICP-MS (ICP-MS); Cromatografia (ionica e gassosa), ecc.

# Analisi chimiche di rocce per via umida

Dalla roccia polverizzata si possono adottare almeno tre procedure di dissoluzione chimica

- ★ Lisciviazione con  $\text{H}_2\text{O}$  e acidi inorganici ( $\text{HNO}_3$ ,  $\text{HCl}$ , ecc.) e composti organici;
- ★ Dissoluzione completa  $\text{HF}$ ,  $\text{HNO}_3$  o  $\text{HClO}_4$  e  $\text{HCl}$ );
- ★ Fusione completa con basso-fondenti ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ).

# Lisciviazione (non comprende la frazione silicatica)

La lisciviazione si utilizza qualora si desideri selezionare un particolare di una roccia o di un suolo:

- dissoluzione di sali solubili ( $H_2O$ ),
- dissoluzione di sostanza organica in suoli ( $HNO_3$  o  $H_2O_2$ ),
- dissoluzione di  $CaCO_3$  in matrice silicatica ( $HCl$  o  $CH_3COOH$ ),
- dissoluzione della frazione sulfurea e metalli nobili (acqua regia:  $HNO_3+HCl$ : 1:3)

**La quantità generalmente varia da 0.1 a 1.0 g**

Queste procedure di lisciviazione possono essere effettuare a freddo o a caldo (piastra scaldante)!

# Dissoluzione completa di una roccia (ogni solubilizzazione ed analisi devono affrontare il problema della MATRICE)

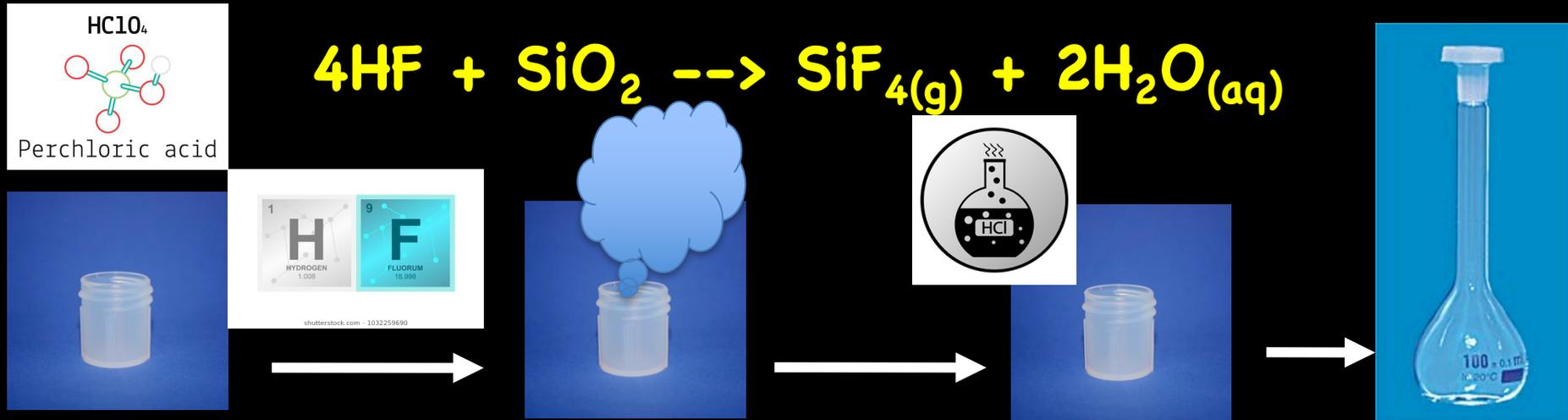
Avviene attraverso una procedura a caldo che  
utilizza  $\text{HNO}_3$  o  $\text{HClO}_4$ ,  $\text{HF}$  e  $\text{HCl}$  e può essere fatta a  
pressione atmosferica o sotto-pressione

Normalmente si utilizzano 0.2 - 0.5 g di roccia polverizzata

L'aggiunta di 1-2 mL di  $\text{HNO}_3$  o  $\text{HClO}_4$  favorisce l'ossidazione  
e prepara la formazione di nitrati o perclorati.

# Dissoluzione completa di una roccia

Il successivo passo è quello dell'allontanamento della matrice silicatica:



La dissoluzione della roccia porta cationi in soluzione che vanno a formare perclorati/nitrati di Ca, Na, ecc. Portando a secchezza, i perclorati/nitrati formati possono sciogliersi con HCl. Vantaggi e svantaggi.

Allontanamento del silicio

Perdita di elementi volatili, oltre che del silicio. Impossibilità di solubilizzare ossidi

# Fusione completa con basso-fondenti

La fusione con un basso-fondente è il metodo più completo e rigoroso per la dissoluzione di un campione di roccia.

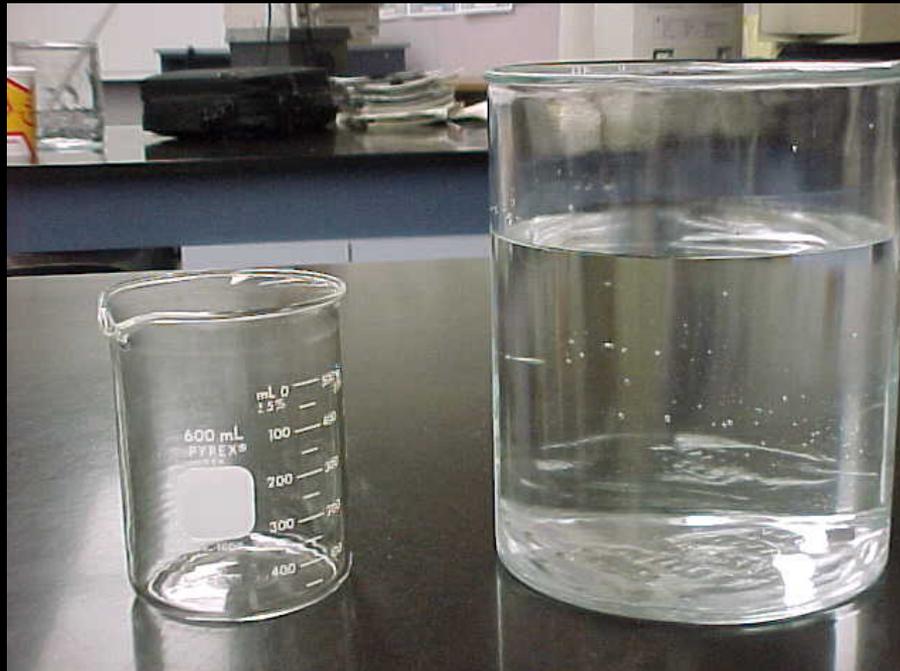
**I basso-fondenti comunemente utilizzati sono derivati di metalli-alcocalini:  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{NaKCO}_3$ ,  $\text{NaOH}$  anche se sono stati sostituiti da  $\text{LiBO}_3$  (metaborato di Li) e  $\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7$  (tetraborato di Li). Tutti i minerali vengono solubilizzati.**

**Il rapporto fondente/roccia varia da 3/1 a 5/1, utilizzando da 0.5 a 1-2.0 g di roccia.**

**La fusione avviene ponendo la mistura in un contenitore appropriato a circa  $900^\circ\text{C}$ . La "pasticca" di fusione viene poi solubilizzata con  $\text{HNO}_3$ ,  $\text{CH}_3\text{COOH}$ , ecc.**

# I Contenitori per le dissoluzioni!

Devono essere resistenti al CALORE, ACIDI o alle BASI e NON DEVONO REAGIRE con la roccia. FACILI A PULIRSI



Beaker di vetro pyrex o in quarzo per lisciviazioni con acqua e acidi relativamente deboli

# I Contenitori per le dissoluzioni: i crogioli

(contenitori per essere utilizzati ad elevate temperature)



(Poli-Tetra-Fluoro-Etilene)

PTFE  
o  
Teflon



(Poli-Tetra-Fluoro-Etilene)

**Crogiolo**



**Bomba**



Resistenti agli acidi forti (HF) e al calore (+250 ÷ -250 ° C)

# I Contenitori per le fusioni!



Platino



Grafite

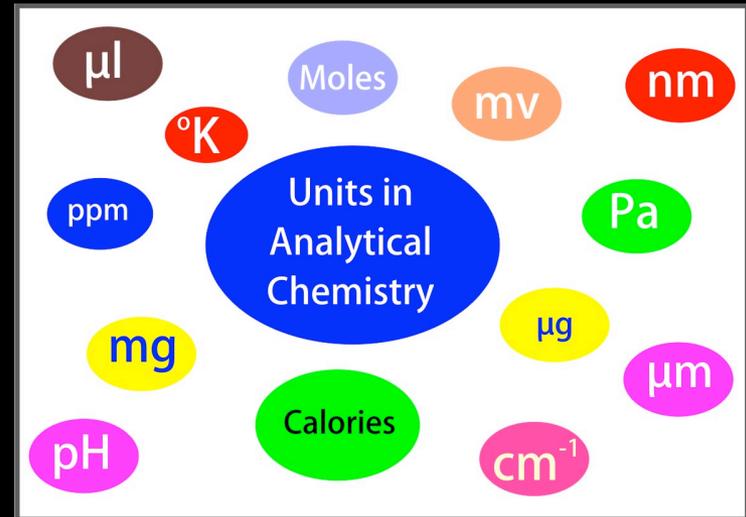
Il diverso materiale è  
funzione del fondente  
utilizzato



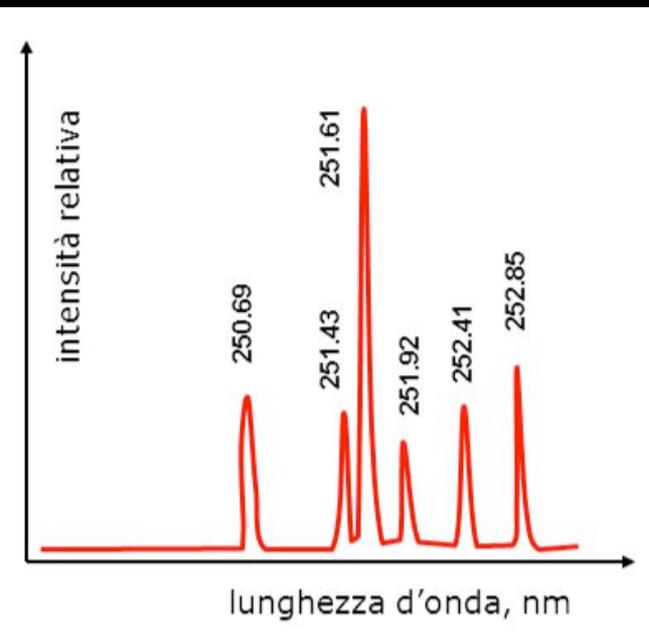
Au-Pd e Ag

# Soluzioni standard

# Unità di misura



# Diluizioni



# Intervallo analitico



In laboratorio:

1. Preparare delle soluzioni standard (1000 mg/L) o acquistare quelle commerciali e preparare le soluzioni a concentrazione nota mensilmente/trimestralmente/semestralmente;
2. Introdurre tali soluzioni nella routine analitica (inizio e fine lavoro);
3. Ripetere un campione a concentrazione nota per verificare la bontà delle analisi ed eventualmente la riproducibilità;
4. Verificare la qualità delle analisi dei costituenti maggiori mediante il parametro di elettroneutralità;
5. Comprendere se le analisi dei costituenti minori ed in traccia (e.g., Li, F, SiO<sub>2</sub>, H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>, NH<sub>4</sub>) sono accettabili...non vale il parametro di elettroneutralità...quindi, check the standard!!