

# Il gioco del magma

Attività didattica pensata e realizzata con gli alunni che hanno seguito il corso per guide

Come si forma il magma? Quali sono le forze che spingono il magma al di fuori della crosta terrestre, provocando le eruzioni vulcaniche dei Campi Flegrei?

Il presente gioco è adatto a far comprendere agli alunni tutta una serie di fenomeni che avvengono nel magma, come la sua formazione per anatessi, l'essoluzione, la frammentazione e l'interazione con l'acqua, tutti importanti per capire le manifestazioni vulcaniche dei Campi Flegrei.

## 1. Alcuni concetti preliminari

La crosta terrestre ed il sottostante mantello litosferico sono solidi, il magma, almeno in una prima approssimazione, è liquido. Nei primi km della crosta terrestre la temperatura aumenta con la profondità di un grado ogni circa 33 m (gradiente geotermico verticale). Già alla profondità di 10 Km si raggiungono temperature di circa 300°C. A 40 Km di profondità le temperature si aggirano intorno ai 1200°C. A tali temperature tutte le rocce dovrebbero essere allo stato liquido. Ciò non avviene perché, con l'aumentare della profondità, oltre alla temperatura aumenta anche la pressione. Mentre un aumento di temperatura facilita il passaggio dal solido al liquido, un aumento di pressione svolge l'effetto opposto. Di fatto le rocce in profondità rimangono solide e non fondono, nonostante le elevate temperature, proprio per l'effetto della forte pressione litostatica (il peso delle rocce soprastanti) che si oppone a tale passaggio di stato.

Ma cosa avviene se in certe parti della crosta si verifica un'improvvisa diminuzione di pressione? Ciò può accadere lungo le faglie, spaccature della crosta che corrispondono a zone di minore resistenza. In tal caso l'effetto della temperatura può prevalere su quello della pressione e la roccia fonde: si è formato il magma, "roccia liquida".

## 2. La formazione del magma: drammatizzazione

E' possibile drammatizzare quanto detto disponendo gli alunni (che simuleranno la roccia solida) in 4 file di 6 alunni ciascuno, in modo da ottenere 6 righe. La prima riga corrisponderà ad una profondità di 10 Km, la seconda di 20 Km, e così via. Si chiede ad un alunno della prima riga la sua temperatura: risponderà circa 300°C. Un alunno della seconda riga dirà invece 600°C ed uno della quarta riga 1200°C. A quest'ultimo alunno si potrà chiedere: "Ma perché non fonde?". La spiegazione potrà essere fornita dal peso delle tre righe di alunni che lo sovrastano (Figura 1).

A questo punto un improvviso movimento tettonico forma una spaccatura tra la seconda e la terza fila: i due alunni della quarta e quinta riga situati in prossimità della spaccatura vengono così a trovarsi in una zona dove la pressione è diminuita e potranno fondere, diventando magma (anatessi) (Figura 2). Essi immediatamente metteranno al collo un cartello con una bella **M** scritta sopra!

**Figura 1 – Le 4 file di alunni**

Ar Ar Ar Ar	prima riga	(10 Km di profondità)
Ar Ar Ar Ar	seconda riga	(20 Km di profondità)
Ar Ar Ar Ar	terza riga	(30 Km di profondità)
Ar Ar Ar Ar	quarta riga	(40 Km di profondità)
Ar Ar Ar Ar	quinta riga	(50 Km di profondità)
Ar Ar Ar Ar	sesta riga	(60 Km di profondità)

Ar = alunno roccia

**Figura 2 – La formazione del magma**

Ar Ar   / Ar Ar	prima riga	(10 Km di profondità)
Ar Ar   / Ar Ar	seconda riga	(20 Km di profondità)
Ar Ar   / Ar Ar	terza riga	(30 Km di profondità)
Ar Am   / Am Ar	quarta riga	(40 Km di profondità)
Ar Am Am Ar	quinta riga	(50 Km di profondità)
Ar Ar Ar Ar	sesta riga	(60 Km di profondità)

Ar = alunno roccia  
**Am** = alunno roccia che, per la diminuzione di pressione, si trasforma in alunno magma

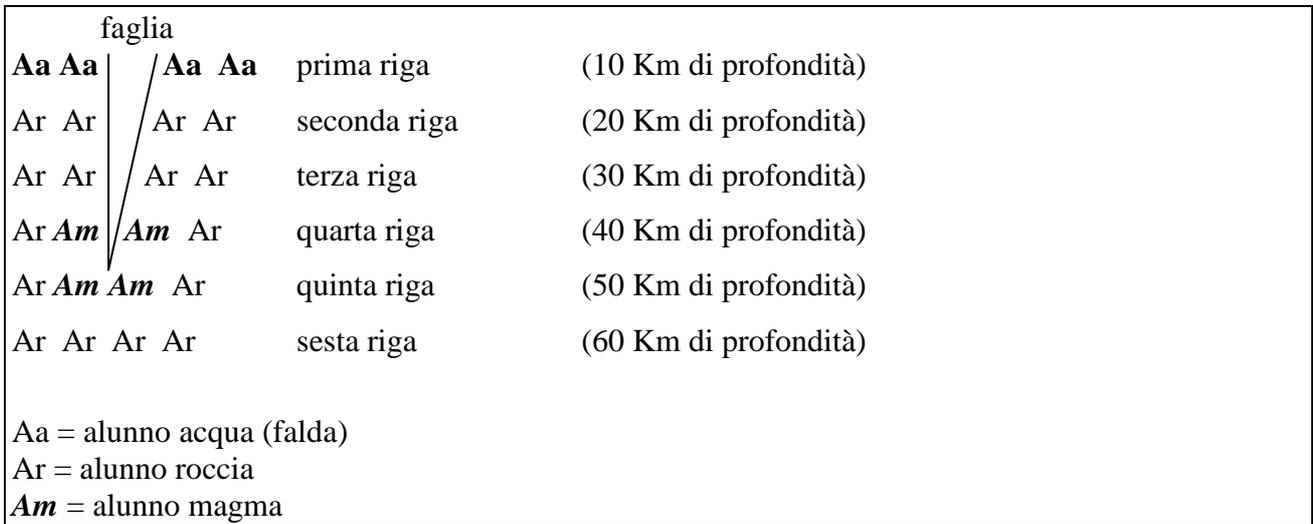
### 3. La falda acquifera

Finora abbiamo considerato molto semplicisticamente il magma come un liquido. In realtà il magma è sempre una miscela trifasica comprendente una fase liquida, una solida (rocce che non si sono fuse) e una gassosa.

Tenteremo ora di drammatizzare con gli alunni i cambiamenti a cui il magma va incontro quando lentamente risale lungo le spaccature della crosta, fino ad incontrare l'acqua della falda freatica, l'evento scatenante delle eruzioni freato-magmatiche, tipiche del vulcanismo flegreo.

La situazione di partenza è simile a quella della Figura 2 con una novità: la prima riga è sostituita da 4 alunni che simulano la falda acquifera: gli alunni acqua (Figura 3).

**Figura 3 – L’inserimento della falda acquifera**



#### **4. Risalita ed essoluzione del magma**

In generale i liquidi sono meno densi – e quindi più leggeri – rispetto ai solidi; fa eccezione solo l’acqua, che raggiunge la massima densità alla temperatura di +4°C: è questo il motivo per cui il ghiaccio galleggia sull’acqua. Il magma è pertanto meno denso delle rocce che lo circondano e già questo tenderebbe a farlo risalire; inoltre è situato proprio in una zona dove, per la presenza della faglia, la pressione esercitata dalle rocce soprastanti è minore: ciò facilita ulteriormente la sua risalita.

Il magma contiene disciolte una certa quantità di sostanze gassose. La quantità di gas che si può sciogliere in un liquido aumenta con la pressione. Fino a che il magma si trova in profondità può contenere disciolte elevate quantità di gas, ma man mano che risale e la pressione diminuisce, parte del gas disciolto si separerà dal liquido, passando alla fase gassosa: è il fenomeno dell’**essoluzione**.

Vediamo come drammatizzarlo: il gruppetto dei 4 alunni magma sta risalendo ed ha raggiunto la profondità di 30 Km: è una profondità critica perché nel nostro esempio costituisce il cosiddetto **livello di assoluzione**. Il gas comincia a liberarsi dal magma nel quale iniziano a formarsi piccole bolle di gas che, man mano che la risalita procede, diventano via via più grandi. Dei 4 alunni magma uno dei due situati più in alto si trasforma in gas, mettendo al collo un cartello con una **G**. Il magma è ora un magma bolloso, cioè con bolle di gas, simile ad uno spumante appena stappato che lascia salire le bollicine (perlage) (Figura 4).

**Figura 4 – Il magma risale: l'essoluzione**

faglia					
Aa Aa	/	Aa Aa	prima riga	(10 Km di profondità)	
Ar Ar	/	Ar Ar	seconda riga	(20 Km di profondità)	
Ar Ar	<b>Ag</b>	<b>Am</b> Ar Ar	terza riga	(30 Km di profondità)	
Ar <b>Am</b>	/	<b>Am</b> Ar	quarta riga	(40 Km di profondità)	<b>livello di essoluzione</b>
		Ar Ar	quinta riga	(50 Km di profondità)	
Ar Ar		Ar Ar	sesta riga	(60 Km di profondità)	
<p>Aa = alunno acqua (falda)          Ar = alunno roccia  <b>Am</b> = alunno magma  <b>Ag</b> = alunno gas</p>					

## 5. La frammentazione

Le bolle che si sono formate nel magma lo rendono meno denso e più leggero, facilitandone la risalita. Ma più il magma risale, più si formano nuove bolle, secondo un tipico meccanismo a feedback positivo. Quando il magma bolloso raggiunge una nuova profondità critica, il **livello di frammentazione** (nel nostro esempio 20 Km), il volume occupato dalle bolle di gas diventa maggiore di quello occupato dalla parte liquida. Il magma ha perso ora la sua continuità, e gocce di magma sono circondate da grosse bolle di gas che continuano a diventare sempre più grandi. Superato il livello di frammentazione, altri due alunni magma si trasformano in alunni gas, mettendo al collo il cartello con la **G** (Figura 5).

**Figura 5 – Il magma risale ancora: la frammentazione**

faglia					
Aa Aa	/	Aa Aa	prima riga	(10 Km di profondità)	
Ar Ar	<b>Ag</b>	<b>Ag</b> Ar Ar	seconda riga	(20 Km di profondità)	
Ar Ar	<b>Ag</b>	<b>Am</b> Ar Ar	terza riga	(30 Km di profondità)	<b>livello di frammentazione</b>
		Ar	quarta riga	(40 Km di profondità)	<b>livello di essoluzione</b>
		Ar	quinta riga	(50 Km di profondità)	
Ar Ar		Ar Ar	sesta riga	(60 Km di profondità)	
<p>Aa = alunno acqua          Ar = alunno roccia  <b>Am</b> = alunno magma  <b>Ag</b> = alunno gas</p>					

## 6. Il meccanismo idro-magmatico

Se la pressione interna del magma è capace di vincere la pressione litostatica, il magma così frammentato può generare un'eruzione. Nei Campi Flegrei ciò normalmente non accade e per scatenare l'eruzione deve entrare in scena l'acqua della falda freatica, che a contatto con il magma caldo, si trasformano immediatamente in vapore, determinando un fortissimo aumento di pressione che fa letteralmente saltare in aria tutta la colonna di materiali soprastanti. Il magma è ora molto più simile ad una schiuma, come quella della birra, con sottili lamine liquide separate da grandi bolle di gas. Vediamo cosa accade:

Il nostro magma, ormai frammentato, continua la sua risalita fino a portarsi in vicinanza della superficie, ad una profondità tale da poter interagire con l'acqua della falda. Tutto avviene in poco tempo: quando il magma inizia a interagire con l'acqua, gli alunni acqua entrano rapidamente nella camera magmatica, e, per l'elevata temperatura del magma, si trasformano immediatamente in vapore (mettendo al collo un cartello con una **V**). Tutto ciò converte l'energia termica del magma in energia meccanica: la fortissima pressione creata dalla vaporizzazione dell'acqua. In poco tempo gli alunni vapore si fanno spazio tra gli alunni gas, gli alunni magma. Tutti insieme, compreso anche qualche alunno roccia strappato dalla violenza dell'eruzione, fuoriescono rapidamente dall'aula laboratorio: nei Campi Flegrei sta nascendo un nuovo vulcano!

Vincenzo Boccardi e Mario Del Noce

**Figura 6 – L'eruzione idro-magmatica**

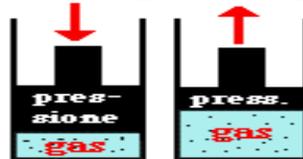
<b>Av Ag Av Ag Av</b>	prima riga	(10 Km di profondità)	<b>Livello di interazione con l'acqua</b>
Ar <b>Ar Am Av Ag</b> / Ar	seconda riga	(20 Km di profondità)	
Ar Ar Ar Ar	terza riga	(30 Km di profondità)	<b>livello di frammentazione</b>
Ar Ar	quarta riga	(40 Km di profondità)	<b>livello di essoluzione</b>
Ar Ar	quinta riga	(50 Km di profondità)	
Ar Ar Ar Ar	sesta riga	(60 Km di profondità)	
<p><b>Av</b> = alunno vapore  <b>Ar</b> = alunno roccia  <b>Am</b> = alunno magma  <b>Ag</b> = alunno gas            Nel riquadro in grassetto gli alunni che fuoriescono con l'eruzione</p>			

Articolo pubblicato su:

**Bollettino Sezione Campana ANISN, 66-72, 26, dicembre 2003.**

## FRAMMENTAZIONE DEL MAGMA

Diminuendo la pressione, un gas si espande, cioè aumenta di volume.



Il magma è una miscela di liquido, cristalli solidi e gas.

Risalendo verso la superficie, diminuisce la pressione. Il gas non è più compresso nella miscela e forma delle bolle (**essoluzione**).

Se il magma continua a salire, la pressione continua a diminuire, le bolle di gas si espandono e risalgono nel magma perché sono più leggere.

Quando scoppiano, il magma viene **frammentato** e scagliato fuori dal condotto.

