



Anisn

HUMANITAS
UNIVERSITY

ZANICHELLI

I diamanti blu: belli, rari e costosi

DALLA PROVA DELLE OLIMPIADI DELLE SCIENZE NATURALI 2019 - XVII EDIZIONE
FASE NAZIONALE (TRIENNIO SCIENZE DELLA TERRA)

Le risposte corrette sono indicate in rosso

Le 6 domande che seguono riguardano i diamanti blu. Esse sono introdotte da un testo al quale dovrai fare riferimento per fornire le risposte. Scrivi la risposta a ciascuna domanda nel foglio risposte allegato.

I *diamanti blu* sono gemme il cui colore è conferito dalla presenza del boro, un elemento relativamente abbondante nella crosta terrestre. Una ricerca pubblicata su *Nature* nel 2018 ha dimostrato però che essi si possono generare solo con pressioni e temperature molto alte come quelle che si registrano a profondità molto elevate. La spiegazione più probabile per l'origine dei diamanti blu è che il boro, presente nelle acque degli antichi oceani, sia stato incorporato nelle **serpentiniti**, rocce che sono state successivamente trasportate in profondità (tra i 60 e i 120 km). In un secondo momento le **serpentiniti** sono state trascinate nel mantello inferiore, a profondità ancora più elevate, dove hanno rilasciato il boro che ha sostituito alcuni atomi di carbonio, dando origine ai *diamanti blu*. Quest'ultimi hanno poi intrapreso un lungo viaggio verso la superficie terrestre, dove sono stati espulsi, insieme agli altri diamanti, attraverso un camino kimberlitico.

1. Quale di queste affermazioni, riguardanti i diamanti, è corretta?
 - a) Si formano tutti alla stessa profondità e la loro durezza varia, corrispondendo a gradi diversi della scala di Mohs.
 - b) Si formano a diverse profondità e sono costituiti da un reticolo di atomi di carbonio ibridati sp^2 .
 - c) Si formano per la maggior parte a una profondità compresa tra i 120 e i 200 km.**
 - d) Sono tutti costituiti da atomi di carbonio, tranne quelli blu, contenenti atomi di boro incorporati durante la risalita attraverso la crosta.
2. Il boro è contenuto prevalentemente nella crosta oceanica il cui spessore medio e la sua densità sono rispettivamente:
 - a) 35 km; $2,9 \text{ kg dm}^{-3}$.
 - b) 6 km; $2,7 \text{ kg dm}^{-3}$.
 - c) 35 km; $3,6 \text{ kg dm}^{-3}$.
 - d) 6 km; $3,2 \text{ kg dm}^{-3}$.**
3. Il *trasporto in profondità* citato nel testo indica un processo di:
 - a) Subsidenza.
 - b) Distensione crostale.
 - c) Subduzione.**
 - d) Trascorrenza.
4. Le serpentiniti sono rocce dal caratteristico colore verde, dovuto alla presenza di serpentino, un silicato di magnesio che deriva dalla trasformazione dell'olivina. Indica se ciascuna delle affermazioni seguenti è vera o falsa.
 - A. Le serpentiniti sono rocce sedimentarie. FALSO**
 - B. L'olivina è un minerale femico. VERO**
 - C. Le serpentiniti si formano a profondità superiori a 60 km. FALSO**
 - D. In Italia si possono rinvenire grandi quantità di serpentiniti nella pianura padana. FALSO**
5. I *diamanti blu* si formano solo quando:
 - a) Il carbonio, a una profondità corrispondente a quella del nucleo interno, viene in parte sostituito dal boro proveniente dalla parte più superficiale della Terra.
 - b) Il boro, a una profondità corrispondente a quella del mantello inferiore, viene in parte sostituito dal carbonio proveniente dalla parte più superficiale della Terra.
 - c) Il carbonio, a una profondità corrispondente a quella del mantello inferiore, viene in parte sostituito dal boro proveniente dalla parte più superficiale della Terra.**

d) Il carbonio, a una profondità corrispondente a quella del nucleo esterno, viene in parte sostituito dal boro proveniente dalla parte più superficiale della Terra.

6. Un camino kimberlitico è:

- a) Il condotto vulcanico molto profondo di un tipico vulcano effusivo a scudo.
- b) Il condotto vulcanico molto profondo di un vulcano esplosivo a cono molto elevato.
- c) Una particolare formazione geologica, detta anche caldera, formatosi in seguito a fenomeni di sprofondamento avvenuti dopo una violenta eruzione esplosiva.
- d) Una depressione vulcanica, a forma di imbuto, detta anche diatrema, frutto di un'eruzione di tipo esplosivo.**



Commento a cura di Alessandro Chiappori, Alunno ANISN

1. Risposta corretta: c)

Non è immediato concludere direttamente che la risposta c) è corretta, poiché il testo introduttivo fornisce informazioni parziali. Sappiamo infatti che le serpentiniti scendono fino a 60-120 km e poi addirittura nel mantello inferiore, ma non abbiamo indicazione diretta sulla profondità a cui iniziano a formarsi i diamanti. Quindi, occorre procedere per esclusione. La risposta a) è falsa poiché le condizioni di pressione e temperatura per cui i diamanti sono stabili, valgono in un range di profondità piuttosto esteso; inoltre i diamanti hanno sempre la stessa durezza, infatti rappresentano il minerale di riferimento del gradino più alto della scala di Mohs, il decimo. La risposta b) è corretta per quanto riguarda la profondità, mentre è errata nell'ibridazione degli atomi di carbonio, che dovrebbe essere sp^3 . Il minerale formato da soli atomi di carbonio con ibridazione sp^2 è la grafite: la sua struttura a fogli bidimensionali (di grafene) sovrapposti è meno densa, quindi più adatta a condizioni di bassa pressione. La risposta d) è errata poiché il boro non è l'unica impurità possibile: il diamante è un minerale allocromatico, cioè il suo colore è dato dalla presenza di impurità; il fatto che esistano diamanti di tutti i colori indica che vari elementi possono sostituirsi agli atomi di carbonio, dando ognuno un colore differente. Se l'impurità è data da atomi di boro, i diamanti si coloreranno di blu. Inoltre, il boro è già presente dalla formazione dei diamanti, come scritto nell'introduzione: la sostituzione di alcuni atomi di carbonio è già avvenuta nelle serpentiniti, ben prima della risalita dei diamanti blu verso la crosta.

2. Risposta corretta: d)

La crosta oceanica è costituita prevalentemente da basalto, roccia effusiva femica con densità attorno ai 3.2 kg/dm^3 . È più densa rispetto alla crosta continentale, motivo per cui può sprofondare nelle zone di subduzione per arrivare, in alcuni casi, fino al mantello inferiore. Lo spessore della crosta oceanica diminuisce vicino alle dorsali e ha uno spessore medio di 6 km. Il valore alternativo di 35 km corrisponde invece allo spessore medio della crosta continentale, che ha una densità media di circa 2.7 kg/dm^3 .

3. Risposta corretta: c)

Il testo parla di rocce formate sul fondo oceanico, che in seguito vengono portate in profondità. Ciò avviene comunemente nelle zone di subduzione, in cui una placca formata da crosta oceanica scivola sotto ad una placca formata da crosta continentale (o altra crosta oceanica, un po' più leggera della prima). b) e d) corrispondono agli altri tipi di margine possibili: distensivo e trasforme. Il fenomeno della subsidenza indica invece un abbassamento locale della crosta, ma non comporta la discesa di porzioni di crosta nel mantello.

4. Risposte corrette: FALSO, VERO, FALSO, FALSO

A. Le serpentiniti derivano da metamorfismo di basso grado di rocce femiche, come basalti e peridotiti. Questa origine è suggerita dal testo: il colore verde è dovuto alla "presenza di serpentino, un silicato di magnesio che deriva dalla trasformazione dell'olivina". L'olivina è appunto il costituente principale delle rocce magmatiche più basiche.

B. L'olivina ha una composizione non stechiometrica data da $(\text{Fe,Mg})_2\text{SiO}_4$. Presenta quindi una porzione consistente degli elementi ferro e magnesio, maggiore che negli altri silicati, da cui la classificazione di minerale femico.

C. Il processo di formazione di questa roccia, detto serpentinizzazione, comporta l'idratazione delle rocce originarie. Richiede dunque una presenza massiccia di acqua, che può essere garantita solo alle profondità caratteristiche della crosta terrestre: sul fondo degli oceani (come citato nel testo introduttivo) o all'interno delle catene montuose.

D. Da quanto detto subito sopra, possiamo capire perché, in Italia, le serpentiniti si trovano soprattutto nelle catene montuose delle Alpi e degli Appennini. Nella Pianura Padana invece l'antico fondale oceanico è stato ormai ricoperto dai sedimenti che il Po e i suoi affluenti hanno trasportato durante successive ere geologiche. Ecco perché non possiamo trovare grandi quantità di serpentiniti nella Pianura Padana.

5. Risposta corretta: c)

Per rispondere correttamente è sufficiente leggere il testo introduttivo della batteria, in cui vengono ricordate le due informazioni necessarie per rispondere: le serpentiniti raggiungono al più la profondità del mantello inferiore e i diamanti sono costituiti da atomi di carbonio (che possono essere in parte rimpiazzati, come spiegato nel commento alla prima domanda).

6. Risposta corretta: d)

Questa domanda è risultata fra le più ostiche della prova nazionale del 2019. Infatti, è piuttosto difficile rispondere senza sapere già che cosa sia un camino kimberlitico. Si può escludere la risposta a), in quanto la roccia effusiva che compone i vulcani a scudo non potrebbe contenere grandi quantità di minerali di taglia macroscopica. Il fatto che i giacimenti di diamanti siano molto rari suggerisce che anche l'opzione b) è errata. Infatti, solamente un'eruzione esplosiva di tipo kimberlitico permette di ritrovare diamanti: magmi a profondità fino a 200 km vengono trasportati direttamente in superficie in un intervallo di tempo molto ridotto. Se invece il magma risale più gradualmente verso la superficie, come avviene nelle eruzioni esplosive più comuni, i diamanti contenuti si trasformano progressivamente in grafite, che è la forma più stabile per il carbonio nativo a pressioni più basse¹. I camini kimberlitici si trovano principalmente nei cratoni (o scudi), cioè le aree della crosta continentale più stabili: è conoscenza comune il fatto che i giacimenti più importanti al mondo si trovano nel continente africano.

Per approfondire:

Il globo terrestre e la sua evoluzione, sesta edizione; Palmieri, Parotto; Zanichelli editore, Bologna, marzo 2009; capitoli 6, 10.2 e 10.5.

Potete trovare qui l'articolo pubblicato sulla rivista *Nature* nel 2018, che ha ispirato la preparazione di questa batteria: <https://www.nature.com/articles/s41586-018-0334-5>

¹ Il processo è molto lento, dell'ordine delle migliaia di anni. Per questo motivo possiamo considerare i diamanti come stabili, rispetto alla durata della vita umana, e possiamo affermare tranquillamente che "un diamante è per sempre", senza temere che si trasformi in grafite da un momento all'altro.