



Anisn

**HUMANITAS
UNIVERSITY**

ZANICHELLI

**Olimpiadi delle Scienze Naturali 2021 – XIX Edizione - Fase Nazionale
(triennio scienze della Terra)**

FOGLIO RISERVATO AL DOCENTE

CHIAVI

Domanda		Domanda	
PARTE PRIMA		11	A
1	D	12	C
2	B	13	C
3	C	14	C
4	D	15	D
5	B	16	C
PARTE SECONDA		PARTE QUARTA	
6	A	17	A
7	C	18	C
8	C	19	A
9	A	20	B
10	D	PARTE QUINTA	
PARTE TERZA		21	Vedi sotto

21

1. **C** 3. **E** 5. **G** 7. **D** 9. **A** 11.**F** 13.**I**
2. **G** 4. **H** 6. **C** 8. **J** 10.**K** 12.**B** 14.**J**



Commento a cura di Alessandro Chiappori, Andrea Gibilaro e Pasquale Miglionico, Alumni ANISN

PARTE PRIMA - La mineralogia va in tribunale

1. Risposta corretta: **d) Minerali femici.**

Ci aspetteremmo che l'indagato abbia sulle scarpe prevalentemente particelle con la stessa composizione di quelle che si possono rilevare sulle pendici dell'Etna, ossia particelle composte dai materiali eruttati dal vulcano. L'Etna ha attività prevalentemente effusiva, dunque produce colate di magma basico, a basso contenuto di silice e ricco di minerali femici. Dunque, la risposta corretta è la d).

2. Risposta corretta: **b) Microscopio elettronico a scansione.**

Le opzioni c) e d) si possono escludere facilmente, visto che il georadar si utilizza per scansionare il suolo fino ad alcuni metri di profondità, mentre il radiotelescopio si utilizza per osservare le sorgenti di onde radio extraterrestri. Restano dunque le opzioni a) e b). Sia il microscopio ottico che il microscopio elettronico possono essere usati per studiare piccoli granuli di minerali, la richiesta della domanda però è molto specifica e riguarda l'analisi dei particolari della superficie dei granuli. Per questa osservazione lo strumento che offre la risoluzione più alta è il microscopio elettronico a scansione. Dunque, la risposta corretta è la b).

3. Risposta corretta: **c) Minerali silicatici (quarzo).**

Bob deve aver trovato sulle scarpe dell'indagato frammenti dei minerali che ci si aspetterebbe di trovare su una spiaggia in Toscana. Le spiagge si formano con l'accumulo di minerali che si sono staccati dalle aree dell'entroterra e sono stati portati sulla costa dai corsi d'acqua, dunque hanno una composizione che riflette parzialmente quella delle rocce presenti sul territorio. Tuttavia, alcuni minerali, come i carbonati, essendo solubili, tendono a restare sulle spiagge per poco tempo e ad essere rapidamente erosi dall'acqua marina. I minerali più resistenti (come i silicati) tendono invece a restare più tempo sulle spiagge e dunque a essere presenti in percentuali maggiori di quelle che si ritrovano nelle rocce dell'entroterra. Le rocce del versante tirrenico dell'Appennino settentrionale contengono prevalentemente silicati e carbonati, ma per quanto detto prima i silicati sono quelli che resistono meglio sulle coste, dunque sono quelli maggiormente presenti sulle spiagge. Per questo motivo la risposta corretta è la c).

4. Risposta corretta: **d) Valutare la durezza di un minerale.**

La scala di Mohs valuta la durezza dei materiali, ossia la loro resistenza al graffio. La scala di Mohs utilizza come riferimento dieci minerali numerati da 1 a 10 (il primo è il talco, l'ultimo è il diamante) in ordine crescente di durezza, ciascuno di questi minerali è in grado di scalfire tutti quelli che lo precedono nella scala ed è scalfito da tutti quelli che lo seguono.

5. Risposta corretta: **b) Tra 2 mm e 1/16 mm.**

In questa domanda si richiede la conoscenza della classificazione del sedimento in base alla granulometria. In base alla dimensione dei granuli si distinguono: ghiaia (>2 mm), sabbia (tra 2 mm e 1/16 mm), limo (tra 1/16 mm e 1/256 mm) e argilla (<1/256 mm). Dunque, la risposta corretta è la b).

PARTE SECONDA – Le rocce metamorfiche

6. Risposta corretta: **a)** *Un insieme di rocce metamorfiche generatesi in condizioni di pressione, temperatura e presenza di liquidi simili, la cui composizione dipende dalla composizione iniziale della roccia soggetta a metamorfismo.*

La a) è la definizione corretta di facies metamorfica, che distingue le rocce metamorfiche in base all'ambiente in cui si sono formate e non alla loro composizione. Per escludere l'opzione c) è necessario conoscere questa definizione oppure dedurla dal testo. Le opzioni b) e d) possono essere escluse anche osservando che la composizione chimica di una roccia metamorfica deve necessariamente dipendere dalla composizione iniziale della roccia soggetta a metamorfismo.

7. Risposta corretta: **c)** *Facies anfibolitica.*

L'ambiente geodinamico 1 è quello caratteristico degli scudi, in cui gli agenti endogeni hanno cessato la propria attività da centinaia di milioni di anni e il paesaggio è modellato soprattutto dall'erosione da parte degli agenti esogeni. In questo ambiente ci si aspetta di trovare rocce che sono andate incontro a un metamorfismo regionale, iniziato durante l'orogenesi avvenuta in passato e poi proseguito a causa del seppellimento della roccia ad altissime profondità. Come si vede dalla figura, l'unica opzione che indica una facies di metamorfismo regionale è la c), che è quella corretta.

8. Risposta corretta: **c)** *Facies degli scisti blu.*

L'ambiente geodinamico 2 indica una zona di subduzione, in cui le pressioni sono elevate anche a profondità relativamente basse (dunque anche a temperature relativamente basse) a causa delle forze generate dallo scontro delle placche tettoniche. In questo ambiente prevarrà dunque un metamorfismo di subduzione, e dunque dalla figura si può dedurre che la risposta corretta è la c).

9. Risposta corretta: **a)** *Facies delle cornubianiti*

L'ambiente geodinamico 3 indica un hotspot, ossia una regione di risalita di magmi dal mantello indipendente dai margini delle placche tettoniche. In questa regione il metamorfismo sarà prevalentemente dovuto al contatto di magmi ad altissime temperature con le rocce circostanti, dunque sarà caratterizzato da pressioni relativamente basse e temperature alte. Questo tipo di metamorfismo prende il nome di metamorfismo di contatto. Dal grafico possiamo osservare che l'unica opzione che indica un metamorfismo di contatto è la a) che infatti è quella corretta.

10. Risposta corretta: **d)** *Roccia metamorfica dovuta a metamorfismo regionale.*

Anche in questa domanda si chiede di ragionare sul tipo di metamorfismo che può essere avvenuto in uno scudo estremamente antico e può aver interessato una roccia che è affiorata dopo essere stata sepolta per un lungo periodo (possono avere quasi la stessa età del pianeta Terra, cioè più di 4 miliardi di anni!). Come per le rocce dell'ambiente geodinamico 1 (vedi commento alla domanda 7), questa roccia sarà probabilmente andata incontro a un metamorfismo regionale, dunque la risposta corretta è la d).

PARTE TERZA - Le precipitazioni e i cicloni

11. Risposta corretta: **a)** *Una massa d'aria calda e umida sale verso l'alto (corrente ascensionale).*

Come suggerisce la domanda, per avere delle precipitazioni, è necessaria una massa d'aria ricca di vapore acqueo, cioè umida. Affinché le precipitazioni si formino è necessario che il vapore acqueo condensi, pertanto la temperatura della massa d'aria deve abbassarsi; le nubi che generano fenomeni meteorici si generano principalmente nella troposfera, in questa parte di atmosfera la temperatura diminuisce con la quota, pertanto la corrente deve essere di tipo ascensionale. Pertanto, la risposta corretta è la a).

12. Risposta corretta: c) *Un diverso regime pluviometrico.*

Analizziamo le risposte una ad una. Sappiamo che in un anno nelle due regioni piove mediamente la stessa quantità di pioggia, cioè hanno la stessa piovosità media annua, scartiamo dunque la risposta a).

Dal testo della domanda non si ha alcuna informazione riguardo alla configurazione delle isoiete, cioè sulla distribuzione geografica delle precipitazioni. La forma delle isoiete, quindi, *potrebbe* anche essere uguale, ma sarà più probabilmente diversa. Escludiamo la risposta b).

Il regime pluviometrico è la distribuzione delle precipitazioni atmosferiche durante l'anno. Nelle due regioni i regimi pluviometrici sono differenti; la prima ha un regime pressoché costante, invece nella seconda regione la piovosità mensile cambia molto durante l'anno. La risposta corretta è la c).

La temperatura media non è strettamente correlata alla piovosità media annua. Facciamo un esempio: la prima regione potrebbe essere una regione con clima temperato umido (Europa settentrionale), la seconda potrebbe rappresentare un clima di tipo monsonico (Sud-est asiatico); le temperature medie annue di queste due regioni sono molto differenti nonostante la piovosità media annua possa essere simile, pertanto la risposta d) è falsa.

13. Risposta corretta: c) *Un fronte freddo, che avanza più velocemente di quello caldo, lo raggiunge ricongiungendo le due masse d'aria fredda e facendo sì che l'aria più calda rimanda isolata sopra di loro.*

Analizziamo tutte le risposte possibili. La risposta a) è la descrizione della genesi di un fronte freddo, questi fronti si formano quando una massa d'aria fredda incontra una massa d'aria calda più leggera, e si incunea sotto di essa facendola salire.

La risposta b) è la descrizione della formazione di un fronte caldo, esso si forma quando una massa d'aria calda scorre sopra una massa d'aria fredda più pesante.

La risposta c) è la descrizione di un fronte occluso, i fronti occlusi nascono quando una massa d'aria fredda raggiunge un fronte caldo e due masse d'aria fredda si congiungono, l'aria calda viene confinata al di sopra delle due masse d'aria fredda. Affinché questo accada la velocità del fronte freddo deve essere superiore di quella del fronte caldo.

La risposta d) è falsa in quanto i fronti caldi sono sempre più lenti di quelli freddi, quindi la situazione descritta è irrealizzabile.

14. Risposta corretta: c) *Un fronte occluso.*

Come abbiamo detto prima un fronte occluso si forma quando una massa d'aria fredda raggiunge un fronte caldo, pertanto la risposta corretta è la c).

Non si formano tornado e trombe d'aria in quanto sono fenomeni di dimensioni diverse rispetto ai cicloni, essi si generano quando un vortice d'aria su scala locale riesce a raggiungere il terreno. Nella situazione descritta non vi è alcun cambiamento apprezzabile della pressione atmosferica che è essenziale nella formazione di un nuovo ciclone. Quindi, il fronte occluso si trova ancora all'interno del ciclone iniziale, non se ne forma uno nuovo.

15. Risposta corretta: d) *Nell'occhio di un ciclone non c'è vento e può esserci bel tempo.*

L'occhio del ciclone si forma quando parte dell'aria in risalita viene spinta verso l'interno della tempesta al posto che verso l'esterno, al centro la massa d'aria si raffredda, scende al centro del ciclone, scendendo l'aria si riscalda e le nubi evaporano e si forma una zona di calma.

L'occhio del ciclone è caratterizzato da una pressione più bassa e assenza di nubi. In un ciclone i venti spirano dal centro verso l'esterno, quindi all'interno dell'occhio del ciclone non vi sono forti venti. Da queste considerazioni la risposta corretta è la d).

16. Risposta corretta: c) *Presenza di grandi pianure.*

Il processo di formazione delle trombe d'aria necessita di una massa d'aria calda e umida sovrastata da una fredda e secca. Il moto vorticoso si genera all'interno delle nubi temporalesche che si formano durante il movimento ascensionale della massa d'aria calda.

La presenza delle montagne fa in modo che le masse d'aria calda salgano e condensino automaticamente senza la presenza di una massa d'aria fredda che le sovrasta. Guardando la cartina notiamo inoltre che le montagne sono più a Ovest della "Tornado Alley". Escludiamo dunque le risposte a) e b).

La carenza di vegetazione diminuisce la formazione di vapore acqueo nella bassa atmosfera, quindi non favoriscono le condizioni necessarie per la formazione di un tornado.
La risposta corretta è la c), la zona infatti corrisponde ad una vasta area pianeggiante, in cui i tornado possono propagarsi senza trovare ostacoli.

PARTE QUARTA -MISCELLANEA

17. Risposta corretta: **a)** *Se il vento di superficie soffia da ovest a est nell'emisfero settentrionale, la forza del gradiente di pressione punta in direzione nord-est.*

Chiariamo innanzitutto il ruolo svolto da ognuno dei tre fattori nominati nel testo: gradiente di pressione, forza di Coriolis e forza di attrito. Il primo è il più importante, poiché se la Terra non ruotasse, i venti soffierebbero semplicemente dalle zone di alta pressione alle zone di bassa pressione, cioè *parallelamente* alla direzione del gradiente. A partire da questa situazione ipotetica, la forza di Coriolis porta a deviare la direzione del vento, verso destra nell'emisfero settentrionale. A questo punto, se non agisse la forza di attrito, la direzione risultante del vento sarebbe *perpendicolare* alla direzione data dal gradiente di pressione, cioè ruotata di 90° a destra¹. Infine, la forza di attrito data dalla superficie terrestre sottostante ostacola la rotazione derivante dalla forza di Coriolis, riducendo l'angolo di deviazione rispetto al gradiente di pressione. Dai 90° ideali, si passa così a 80° circa in mare aperto e anche solo 45° sulla terraferma.

A questo punto, possiamo entrare nel merito del quesito, in cui ci viene fornita la direzione del vento *risultante*: verso est. Sappiamo che questa direzione è deviata verso destra di un angolo compreso fra 45° e 80° rispetto alla direzione del gradiente di pressione. Quindi, per risalire a quest'ultima, ci occorre ruotare *verso sinistra*. Partendo da est (direzione verso cui soffia il vento) e ruotando di 45-80° a sinistra, ci ritroviamo a puntare verso nord-est o nord-nord-est: la risposta che più si avvicina è la a).

18. Risposta corretta: **c)** *L'affermazione "Le onde S non raggiungono la parte della Terra agli antipodi dell'epicentro." è un'evidenza che il nucleo esterno della Terra è liquido.*

Possiamo riconoscere facilmente che la risposta corretta è la c) dal fatto che è l'unica in cui vengono citate esplicitamente le onde S, dette anche onde di *taglio*. Poiché nei fluidi gli sforzi di taglio hanno intensità trascurabile (se non in prossimità di una superficie solida) le onde S non riescono a propagarsi nei liquidi. Quindi, il fatto che nessuna onda S raggiunga mai gli antipodi dell'epicentro, né qualunque altra area distante più di 11.000 Km da esso, permette di concludere che esiste uno strato liquido all'interno della Terra: il nucleo esterno.

Le opzioni a) e b) si riconducono entrambe all'esistenza di una zona della superficie terrestre, definita in base alla distanza dall'epicentro, non raggiunta dalle onde sismiche: la zona d'ombra. Questo fenomeno non implica che il nucleo esterno sia liquido. L'origine della deviazione delle onde sismiche, che porta alla formazione della zona d'ombra, sta nella diversa densità dei mezzi attraversati al confine fra due strati. Quindi, una differenza di composizione fra strati solidi sarebbe sufficiente a deviare le onde sismiche, portando a una zona d'ombra seguita da una zona in cui giungono le onde rifratte, fino ad arrivare agli antipodi dell'epicentro. Questo è quanto accade nel caso delle onde P, o di *compressione*, che sono in grado di propagarsi nei fluidi.

L'affermazione in d) è un'evidenza della presenza del nucleo *interno*, non esterno. Il nucleo interno determina infatti una deviazione ulteriore delle onde P che lo attraversano, permettendo loro di raggiungere la superficie terrestre all'interno della zona d'ombra. Queste particolari onde P arrivano molto in ritardo rispetto alle onde dirette (o rifratte dal solo nucleo esterno) e sono di intensità più debole, poiché percorrono una distanza molto maggiore.

¹ È ciò che si osserva a quote abbastanza elevate, cioè quando la forza di attrito diventa trascurabile.

19. Risposta corretta: **a)** *L'affermazione "L'astenosfera si trova interamente all'interno del mantello e si comporta in modo semifluido (plastico) consentendo alle placche litosferiche di scivolare su di essa." è corretta e correlata solo allo studio delle onde sismiche che attraversano la Terra e basata sulle caratteristiche reologiche della roccia (la risposta della roccia allo stress).*

Le opzioni a) e b) riportano entrambe delle affermazioni corrette, ma solo la prima fa riferimento esclusivamente allo studio delle onde sismiche e alla reologia delle rocce. Infatti, sono proprio i dati sismici a suggerire che al di sotto della litosfera, solida, deve essere presente uno strato parzialmente fuso, l'astenosfera, in cui le onde S rallentano. Il distrattore b) dà una definizione, approssimativa ma corretta, della teoria della tettonica a placche. In questo caso, a supporto dell'affermazione contribuiscono anche altre evidenze derivanti dallo studio dell'orogenesi, del vulcanismo, dell'espansione dei fondali oceanici lungo le dorsali, e così via.

Le opzioni c) e d) invece contengono affermazioni errate. La prima perché l'astenosfera si trova interamente nel mantello superiore (è la litosfera soprastante a trovarsi a cavallo fra crosta terrestre e mantello), la seconda perché le placche "galleggiano" proprio sull'astenosfera (fra 70 e 250 Km circa di profondità), mentre il nucleo esterno è molto più profondo (inizia a circa 2900 Km di profondità).

20. Risposta corretta: **b)** *La sequenza che descrive meglio l'ordine dei processi geologici che hanno avuto luogo nell'area è: "Metamorfismo, intrusioni magmatiche, erosione, sedimentazione, erosione."*

Si chiede di individuare la sequenza migliore, cioè quella più in accordo con le informazioni fornite. Per cominciare, possiamo scartare la risposta d), poiché non si ha traccia di eruzioni vulcaniche, né nel testo della domanda, né in foto.

L'analisi delle opzioni rimanenti richiede invece di ricostruire correttamente l'ordine dei processi geologici che hanno portato alla situazione attuale.

Nell'opzione c) la sedimentazione, che porta alla formazione dello strato più chiaro, precede l'intrusione magmatica. Se così fosse, ci aspetteremmo di trovare intrusioni ignee anche all'interno delle rocce sedimentarie, in contraddizione con quanto riportato nel testo della domanda.

Infine, la sequenza in b) è preferibile alla sequenza in a) perché in quest'ultima non viene citato il processo di sedimentazione, che ha portato alla formazione dell'unità di "calcere, dolomite, gesso e selce" al di sopra della più antica roccia metamorfica.

IL DOMANDONE FINALE

Le rocce

Di seguito, ad ogni categoria di roccia della Tavola II sono associati i nomi di rocce corrispondenti dalla Tavola I, che possono essere uno solo o due diversi.

- A. Magmatica acida intrusiva: *granito*.

La prevalenza di colori chiari e di minerali come ortoclasio e quarzo, indicano che si tratta di una roccia acida. Avendo una struttura macrocristallina, cioè in cui i cristalli si distinguono a occhio nudo, è una roccia intrusiva.

- B. Magmatica acida effusiva: *riolite*.

È il corrispettivo effusivo del granito: ha la stessa composizione, ma presenta una struttura microcristallina, vetrosa o porfirica (cioè microcristallina ma con cristalli macroscopici isolati all'interno).

- C. Magmatica intermedia: *andesite, diorite*.

Come suggerisce il nome, hanno una composizione "intermedia" fra le rocce acide e le rocce basiche. Possono contenere cioè sia minerali tipici delle prime, come il quarzo, sia delle seconde, come i pirosseni. Sono composte prevalentemente dal minerale *plagioclasio*. L'andesite è la più comune roccia magmatica intermedia effusiva, mentre la diorite è il suo equivalente intrusivo.

- D. Magmatica basica intrusiva: *gabbro*.

È il costituente principale della crosta oceanica, derivando dalla lenta solidificazione dei magmi in risalita dal mantello. Si tratta quindi di una roccia intrusiva, con struttura macrocristallina. Il colore scuro dato dalla presenza massiccia di pirosseni e olivina indica che si tratta di una roccia basica.

- E. Magmatica basica effusiva: *basalto*.
È l'equivalente effusivo del gabbro: si forma per rapido raffreddamento dei magmi che entrano in contatto con l'acqua. A differenza del gabbro, quindi, ha una struttura microcristallina e appare uniformemente scuro.
- F. Magmatica ultrabasica: *peridotite*.
È una roccia molto scura e densa, composta quasi esclusivamente da olivina. Si forma per raffreddamento di magmi con contenuto in silice inferiore al 45% ed è il costituente principale del mantello superiore.
- G. Sedimentaria clastica: *arenaria, conglomerato*.
Si formano per deposizione e cementificazione di detriti, frammenti di altre rocce più antiche. La distinzione fra le varie rocce clastiche avviene in base alla dimensione e alla forma dei detriti: l'arenaria deriva da detriti grandi quanto granelli di sabbia, mentre il conglomerato contiene clasti più grossolani e ben distinguibili. I conglomerati si dividono poi in *brecce*, se i ciottoli hanno spigoli aguzzi (ghiaia), e *puddinghe* (o semplicemente conglomerati) se i ciottoli sono più arrotondati.
- H. Sedimentaria organogena: *calcare fossilifero*.
Il calcare può avere origine sia organica che chimica. Tuttavia, la presenza di fossili all'interno della matrice calcarea ci indica che la formazione della roccia è avvenuta per accumulo e successiva litificazione di gusci composti da carbonato di calcio.
- I. Sedimentaria chimica: *salgemma*.
Il salgemma si forma per evaporazione di un bacino marino isolato: si tratta dunque di una roccia chimica evaporitica, come il gesso e il calcare evaporitico. È composto da cloruro di sodio, il comune sale da cucina.
- J. Metamorfica: *gneiss, scisto*.
Si tratta delle due famiglie più comuni di rocce metamorfiche. Gli gneiss si formano per metamorfismo regionale ad alta pressione e temperatura, mentre gli scisti richiedono un forte gradiente di pressione e temperature non molto elevate. Di conseguenza, gli scisti presentano una maggiore *scistosità*, cioè tendono ad essere disposti in sottili fogli uno sull'altro. La minore scistosità dello gneiss permette in genere di distinguere facilmente le due rocce.
- K. Ultrametamorfica: *migmatite*.
Si parla di ultrametamorfismo in condizioni estreme di temperatura e pressione, maggiori di quelle che portano alla formazione di gneiss. Si formano migmatiti quando una parte dei minerali presenti nella roccia fonde e poi si ricristallizza. Il risultato è la presenza di frammenti di roccia più refrattari (con temperatura di fusione più alta) immersi in una matrice piuttosto uniforme. Se temperatura e pressione sono ancora più elevate, allora si può arrivare alla fusione completa della roccia originaria: le nuove rocce che si formeranno per solidificazione saranno allora rocce magmatiche, non più metamorfiche.