

## Terra: la tettonica delle placche • Capitolo T1

### VERIFICA LE TUE CONOSCENZE

- |     |      |
|-----|------|
| 1 C | 8 B  |
| 2 D | 9 A  |
| 3 A | 10 D |
| 4 B | 11 D |
| 5 C | 12 B |
| 6 B | 13 A |
| 7 D | 14 D |

### VERIFICA LE TUE ABILITÀ

- 15 a.** Lehmann;  
**b.** decresce;  
**c.** plastico
- 16 a.** lunga;  
**b.** granito;  
**c.** mantello
- 17 a.** declinazione magnetica;  
**b.** punto di Curie;  
**c.** termoresidua;  
**d.** sud
- 18 Termini da inserire:** litosfera, orizzontale, sismiche, accrescimento, consunzione, conservativi, convettivi, mantello, oceaniche, meno, galleggiare, catena montuosa, poco profondi, intensa, elevato.
- 19 D**  
**Motivazione:** la crosta continentale, di composizione granitica, è più spessa (30÷90 km) di quella oceanica (5÷15 km), di composizione basaltica, e ha densità bassa (2,6÷2,8 g/cm<sup>3</sup>), mentre quella oceanica ha densità più elevata (2,8÷3,0 g/cm<sup>3</sup>). La crosta continentale costituisce il 79% in volume di tutta la crosta.
- 20 B**  
**Motivazione:** nel corso della formazione del pianeta, il riscaldamento fu causato prima di tutto dalla conversione in calore dell'energia cinetica degli innumerevoli frammenti che colpivano la sua superficie; un ulteriore riscaldamento derivò dalla compressione adiabatica

della parte interna, generata dal progressivo aumento della massa terrestre. Un'altra importante causa di riscaldamento fu la formazione del nucleo terrestre; lo sprofondamento del ferro e la conseguente risalita di materiali più leggeri verso il mantello e la crosta provocarono la liberazione di energia gravitazionale sotto forma di calore, per effetto degli attriti e per la viscosità dei materiali. Infine, una parte del calore primordiale derivò dal decadimento degli isotopi radioattivi a vita breve, abbondanti in quella fase evolutiva.

- 21 A**  
**Motivazione:** il campo geomagnetico può essere descritto immaginando che all'interno della Terra si trovi una barra magnetica il cui asse sia inclinato di circa 11° rispetto all'asse terrestre. La direzione del campo magnetico è definita convenzionalmente dalla direzione dell'ago della bussola e i magneti, se liberi di muoversi, si orientano in modo che il polo nord di un magnete sia vicino al polo sud dell'altro. Dato che il polo nord della bussola si orienta verso il nord geografico, significa che nella stessa direzione si trova il polo sud magnetico.
- 22 B**  
**Motivazione:** le dorsali oceaniche costituiscono margini divergenti o in accrescimento. Lungo il loro asse le placche si separano, per cui il mantello sottostante risale, generando continuamente nuova litosfera.

### VERSO L'ESAME

#### DEFINISCI

- 28 Geofisica:** studia le componenti solida, liquida e gassosa della Terra con metodi basati su indagini sismiche, elettriche, radiometriche o gravimetriche.

**Litosfera:** le indagini sismiche hanno condotto alla definizione di un modello basato sullo stato fisico dei materiali e sulla diversa risposta che essi oppongono alle sollecitazioni meccaniche. Questo modello suddivide la Terra in una litosfera,

un'astenosfera, una mesosfera, un nucleo esterno e un nucleo interno. La litosfera, per le basse pressioni che la caratterizzano, è lo strato più rigido e fragile e quindi meno deformabile.

**Astenosfera:** per le condizioni di temperatura e di pressione che sfiorano il punto di fusione delle rocce, è lo strato più duttile e plastico e quindi maggiormente deformabile.

**Inclinazione magnetica:** è l'angolo tra le linee di forza e la superficie terrestre e si misura con una speciale bussola detta bussola di inclinazione.

**Magnetizzazione detritica residua:** il fenomeno è rilevabile quando depositi sedimentari, come sabbie o fanghi, possono risultare magnetizzati nella stessa direzione del campo magnetico terrestre presente durante la sedimentazione, poiché i piccoli granelli ferromagnetici sono liberi di ruotare orientandosi in base al campo magnetico.

**Pangea:** era il supercontinente esistente agli inizi dell'era mesozoica, 200÷250 milioni di anni fa, suddiviso in due tronconi maggiori, Laurasia a nord e Gondwana a sud, da un grande «golfo» oceanico, la Tetide. Questa grande massa continentale fu il risultato di un assemblamento avvenuto 300 milioni di anni fa, alla fine del Carbonifero, frutto della collisione dei vari blocchi continentali. La frammentazione di Pangea cominciò verso la fine del periodo Triassico.

**Punti caldi:** (*hot spot*), sono aree a vulcanismo intenso e circoscritto, non collegato ai movimenti che avvengono ai margini delle placche. La maggioranza dei punti caldi si trova all'interno delle placche, ma alcuni sono situati in corrispondenza delle dorsali oceaniche. Le sorgenti dei punti caldi sono correnti ascendenti di materiale caldissimo, sottili cilindri di magma, detti pennacchi, che risalgono rapidamente dal mantello profondo, talvolta dal limite mantello-nucleo.

**Piano di Benioff:** la profondità dei sismi aumenta con la distanza dalla fossa, seguendo un ipotetico piano inclinato, detto piano di Benioff, fortemente attivo dal punto di vista sismico. Il piano di Benioff è interpretato come l'evidenza di un fenomeno di subduzione, che consiste nello scorrimento di una placca litosferica sotto un'altra e nel suo conseguente riassorbimento nell'astenosfera.

## DISCUTI

**29 Suggestione:** lo storico della scienza Thomas Kuhn asseriva che il pensiero scientifico progredisce a strappi: gli scienziati fondano per lungo tempo la loro interpretazione del mondo naturale su paradigmi scientifici, ma ogni tanto

uno o più di loro propone un punto di vista completamente nuovo che inficia la vecchia linea di ragionamento. In poco tempo la comunità scientifica abbandona le vecchie ipotesi e ne formula altre compatibili con il nuovo paradigma. Questi cambiamenti repentini del pensiero costituiscono una rivoluzione scientifica. Alla fine degli anni Sessanta del secolo scorso una rivoluzione scientifica in campo geologico produsse il nuovo paradigma che lo strato più esterno della Terra, la litosfera, non è continuo ma formato da frammenti o placche che, come le tessere di un mosaico, sono a diretto contatto tra loro seppure libere di spostarsi le une rispetto alle altre. Ogni placca condiziona il movimento di quelle adiacenti e tutte si muovono determinando la continua trasformazione della superficie terrestre. Questa visione dinamica della superficie terrestre, che implica l'esistenza di movimenti orizzontali della litosfera, e quindi dei continenti, a scala globale, fu accettata dalla maggior parte degli scienziati quasi immediatamente, mentre per lungo tempo questi stessi movimenti erano stati considerati con ostilità. La teoria della tettonica delle placche ha determinato dalla metà degli anni Sessanta del secolo scorso un riesame dei principi e dei concetti fondamentali della geologia tradizionale.

## SPIEGA

**30** I geologi individuano la delimitazione delle placche dalla localizzazione degli ipocentri dei terremoti. In base alla teoria della tettonica delle placche, le fasce sismiche della Terra corrispondono alle zone di contatto tra le placche, chiamate margini di placca. Lungo le linee di frattura della litosfera si scaricano tutte le spinte e le tensioni dovute ai moti sottostanti, mentre il centro delle placche rimane di fatto inerte. Le fasce sismiche s'identificano con aree strutturali caratteristiche che corrispondono alle dorsali oceaniche, alle fosse tettoniche, alle fosse oceaniche e agli orogeni nascenti. Tali aree definirebbero un mosaico di placche in movimento relativo tra loro, delimitate da tre tipi di margine: divergente (terremoti superficiali); trasforme (terremoti superficiali); convergente (terremoti superficiali, intermedi e profondi).

## RIFLETTI

**31** Nelle aree continentali, le zone di flusso elevato coincidono con quelle di maggior attività sismica e vulcanica. Si tratta di aree giovani, in cui la crosta e la litosfera sono relativamente sottili. Al contrario, le zone più fredde sono quelle situate nel cuore delle grandi masse continentali (Brasile, Canada, Africa, Asia, Antartide) che

sono molto vecchie dal punto di vista geologico e hanno spessori crostali e litosferici assai elevati. I valori del flusso di calore negli oceani mostrano una ben definita distribuzione: al centro, lungo le dorsali oceaniche, il flusso è maggiore di 2 HFU, negli adiacenti bacini è all'incirca 1,3, mentre è inferiore a 1 nelle fosse. La spiegazione di questa particolare distribuzione del flusso di calore va ricercata nel processo di espansione oceanica (ipotesi in base alla quale le dorsali oceaniche sono l'espressione superficiale dei rami ascendenti di lenti moti convettivi esistenti nel mantello) e nel progressivo raffreddamento della placca litosferica che si allontana dalla dorsale.

## DESCRIVI

**32** Le zone di contatto delle placche prendono il nome di margini di placca: si tratta di fasce caratterizzate da intensa attività sismica legata ai movimenti relativi dei blocchi litosferici. I margini che hanno direzione circa parallela al movimento relativo tra due placche sono detti margini trasformativi o conservativi, perché le placche scivolano orizzontalmente l'una rispetto all'altra, mentre le superfici in gioco rimangono immutate. Le grandi faglie trasformativi possono svilupparsi sia in litosfera continentale sia in quella oceanica. Dove due placche si stanno separando, il mantello sottostante risale generando nuova crosta; in questo caso i margini sono chiamati divergenti o margini in accrescimento. La distensione può riguardare la litosfera continentale, generando fosse tettoniche, ma anche evolvere a distensione oceanica con formazione di dorsali e di crosta oceanica. I margini convergenti, o in consunzione, si creano quando due placche entrano in collisione: una delle due scende nel mantello, cioè subduce, si consuma ed è riciclata. Una placca può muoversi con un angolo qualsiasi rispetto a una placca adiacente; più del 44% dei margini è caratterizzato da movimenti obliqui.

## RICERCA E IPOTIZZAZIONE

**33 Suggestione:** oltre a un'indagine sui pianeti del Sistema Solare, può essere stimolante una ricerca sui satelliti dei pianeti, compresa la Luna. Tra i satelliti di Giove: Ganimede, la cui superficie attesta un'attività tettonica complessa e un'intensa attività vulcanica, lo, che mostra di essere l'oggetto vulcanicamente più attivo del Sistema Solare o Europa, che presenta grandi fratture e movimenti nelle placche di ghiaccio; tra i satelliti di Saturno: Encelado, su cui sono state osservate eruzioni attive e Titano, sulla cui superficie sono state individuate regioni che potrebbero presen-

tare attività tettonica; o il satellite di Nettuno: Tritone, caratterizzato da un'attività geologica molto intensa.

**Ipotesi:** le tracce che andrebbero ricercate comprendono soprattutto una crosta suddivisa in placche, ma anche fratture crostali, segno di una probabile attività tettonica, o scarpate, canyon, avvallamenti originati da sforzi di compressione o di tensione tali da aver deformato la crosta. Anche l'allineamento di vulcani e la presenza di colate laviche potrebbero essere collegati ad attività tettonica. La presenza nelle zone depresse di coperture glaciali fratturate o rigonfie potrebbe essere associata a movimenti tettonici ancora in atto.

## RICERCA

**34 Suggestione:** nel sito dell'INAF, Istituto Nazionale di Astrofisica, all'indirizzo <http://www.media.inaf.it/tag/magnetosfera/>, è presente una serie di articoli di approfondimento relativi alla magnetosfera; inoltre, può destare interesse scoprire l'origine dello spettacolare fenomeno associato alla presenza della magnetosfera, cioè quello delle aurore boreali o australi, che si verificano su fasce attorno ai 65°-75° di latitudine geomagnetica sia nelle zone artiche sia in quelle antartiche.

## ANALIZZA E DEDUCI

**35 Suggestione:** la faglia di Sant'Andrea, in California, è costituita da margini trasformativi, caratterizzati dallo slittamento orizzontale tra masse rocciose di placche adiacenti, che scivolano l'una contro l'altra in senso orizzontale. A causa delle forti frizioni si originano violenti sismi superficiali, ma non vi sono fenomeni vulcanici perché non si verifica risalita di magma. In merito alle conseguenze del fenomeno, può essere d'ausilio la visione dell'articolo «La faglia di San Andreas e il Big One» disponibile all'indirizzo [http://www.multimedia.bovolentaeditore.com/download/bosellini\\_doc\\_09\\_01-pdf](http://www.multimedia.bovolentaeditore.com/download/bosellini_doc_09_01-pdf)

## DEDUCI

**36** Le rocce hanno mediamente una temperatura di 35÷45 °C a 1000 m e di 50÷60 °C alla profondità di 1500 m. Al di sotto di 15÷20 metri l'aumento medio progressivo è di circa 1 °C ogni 33 metri di profondità. Quasi tutta l'area in esame è caratterizzata da un flusso di calore superiore alla media. La distribuzione del flusso di calore è simmetrica rispetto a un asse, che taglia trasversalmente la figura dall'alto a sinistra in basso a destra, lungo il quale si raggiungono i valori massimi. In questa area, caratterizzata da stiramento crostale, sono risaliti in tempi recenti magmi basaltici che hanno dato vita a fenomeni eruttivi.

Attualmente l'attività vulcanica è completamente estinta, ma potrebbero essere ancora presenti a modesta profondità materiali caldi, allineati secondo la direzione dei sistemi di faglie, in grado di determinare un anomalo flusso di calore. Anche lo stiramento crostale, le fratture tettoniche ed eventuali risalite di fluidi caldi potrebbero condizionare favorevolmente un aumento del gradiente.

#### ANALIZZA I DATI

**37** Dalla presenza di terremoti profondi si deduce che si tratta di una zona di subduzione, dove l'interazione tra due placche oceaniche ha dato origine

in superficie a un sistema arco vulcanico-fossa. In base alla posizione degli ipocentri (rappresentati in figura dai pallini rossi) i terremoti possono essere suddivisi in superficiali (fino a 70 km di profondità), intermedi (compresi tra 70 e 300 km di profondità) e molto profondi (compresi tra 600 e 670 km di profondità).

Il vulcanismo legato alle zone di subduzione è caratterizzato da eruzioni esplosive di magmi a chimismo intermedio, che producono alternanze di lave e materiali piroclastici. Si tratta di magmi prodotti dalla fusione di crosta oceanica e di notevoli spessori di sedimenti ricchi di silice, quindi viscosi, e con abbondanti gas.