Verifica di fine parte IV

Scienze naturali 5 · Parte IV · La Terra come sistema: tettonica, atmosfera, oceani · versione 1.0
Verifica: Verifica di fine parte IV · pagine 467–472 del volume completo · estratto per lo studio

Parte IV · La Terra come sistema: tettonica, atmosfera, oceani (capitoli 14–16). Tempo: **80 minuti**. Totale: **100 punti**. Sono ammessi la calcolatrice e le tabelle dell'appendice.

Punteggio. Comprendere e ricordare: 2 punti per risposta esatta (20 punti). Vero o falso: 2 punti se la risposta è esatta e l'affermazione falsa è corretta, 1 punto se la risposta è esatta ma la correzione manca (10 punti). Applicare: 5 punti ciascuno, 3 per il procedimento e 2 per il risultato con l'unità di misura (30 punti). Leggere i dati: 15 punti, 3 per ogni domanda. Indagare e argomentare: 5 punti ciascuno, 2 per i concetti, 2 per la completezza, 1 per la chiarezza del linguaggio (25 punti).

Comprendere e ricordare (2 punti ciascuna)

1. ● Le inversioni di polarità registrate nelle lave di età diverse mostrano che:
   - **A.** il campo magnetico terrestre si è indebolito gradualmente fino a scomparire
   - **B.** le lave si magnetizzano mentre sono ancora sopra la temperatura di Curie
   - **C.** il campo magnetico terrestre ha cambiato verso molte volte nel passato
   - **D.** i poli geografici si sono scambiati di posto

2. ●● Quale osservazione dei fondali oceanici trovava una spiegazione nell'ipotesi di Hess (1962)?
   - **A.** il flusso di calore massimo sulle dorsali e i sedimenti quasi assenti vicino al loro asse
   - **B.** l'aumento della profondità dei fondali avvicinandosi alle dorsali
   - **C.** la presenza di fondali oceanici di oltre un miliardo di anni
   - **D.** l'assenza di terremoti lungo le fosse oceaniche

3. ●● Rispetto alla deriva dei continenti di Wegener, la tettonica delle placche:
   - **A.** nega che sia esistita Pangea
   - **B.** sostiene che i continenti solcano la crosta oceanica come navi nel ghiaccio
   - **C.** considera immobili i fondali oceanici
   - **D.** muove placche litosferiche che comprendono crosta continentale e oceanica, e indica un motore nella convezione del mantello e nella trazione della placca

4. ● Lungo l'asse di una dorsale oceanica il magma si forma soprattutto per:
   - **A.** decompressione del mantello che risale
   - **B.** fusione della placca oceanica in subduzione
   - **C.** attrito fra le due placche
   - **D.** fusione dei sedimenti che arrivano dai continenti

5. ● In quale situazione si registrano terremoti a circa 600 km di profondità?
   - **A.** lungo una dorsale oceanica lenta
   - **B.** lungo una faglia trasforme
   - **C.** sotto una catena di collisione continentale
   - **D.** lungo il piano di Wadati–Benioff di una zona di subduzione

6. ●●● Quale insieme di osservazioni indica una subduzione sotto il Tirreno meridionale?
   - **A.** vulcani basaltici effusivi e terremoti soltanto superficiali
   - **B.** ipocentri sempre più profondi procedendo dalla Calabria verso nord-ovest, fino a oltre 500 km, e un arco vulcanico, le Eolie
   - **C.** una catena di vulcani spenti di età crescente in una sola direzione
   - **D.** assenza di vulcani e un alto flusso di calore

7. ● Il gradiente adiabatico secco, circa 9,8 °C/km, descrive:
   - **A.** come varia in media la temperatura dell'aria ferma con la quota
   - **B.** come si raffredda una particella satura che sale dentro una nube
   - **C.** come si raffredda una particella non satura che sale senza scambiare calore con l'aria circostante
   - **D.** di quanto si avvicinano, ogni chilometro, la temperatura e il punto di rugiada di una particella che sale

8. ●● Un'ansa della corrente a getto polare che resta ferma sulla stessa regione per giorni o settimane (un blocco) può:
   - **A.** prolungare un'ondata di calore, una siccità o una serie di piogge
   - **B.** far nascere cicloni tropicali alle medie latitudini
   - **C.** invertire il verso di rotazione dei cicloni dell'emisfero boreale
   - **D.** portare la corrente a getto vicino al suolo, dove l'attrito la ferma

9. ●● La risalita di acqua fredda lungo le coste del Perù è dovuta soprattutto:
   - **A.** alla fusione dei ghiacciai delle Ande
   - **B.** al trasporto di Ekman, che allontana dalla costa l'acqua superficiale spinta dai venti
   - **C.** alla formazione di acque profonde nell'Atlantico settentrionale
   - **D.** agli episodi di El Niño

10. ●●● Perché la previsione del tempo ha un orizzonte di circa due settimane, mentre si possono fare proiezioni del clima per il 2100?
    A. perché i modelli climatici non usano le equazioni della fisica
    B. perché i calcolatori sono ancora troppo lenti per prevedere il tempo
    C. perché il tempo dipende in modo caotico dalle condizioni iniziali, mentre il clima, statistica del tempo, dipende soprattutto dai forzanti
    D. perché il clima considera solo la temperatura media e trascura le piogge

Vero o falso (2 punti ciascuna; correggi le affermazioni false)

11. ● La temperatura di Curie della magnetite è circa 580 °C: una lava acquista la magnetizzazione residua quando si raffredda sotto questa temperatura.

12. ●● Nella collisione fra India e Asia la crosta continentale indiana sprofonda nel mantello come una placca oceanica e alimenta molti vulcani attivi nell'Himalaya.

13. ●● L'effetto di Coriolis cambia la velocità del vento, ma non la sua direzione.

14. ●●● Nel decennio 2010–2019 circa metà del carbonio emesso dalle attività umane è rimasto nell'atmosfera.

15. ●● Non esistono fondali oceanici più antichi di circa 180 milioni di anni perché i fondali più vecchi sono stati erosi dalle correnti marine.

Applicare (5 punti ciascuno)

16. ● Una perforazione oceanica attraversa i sedimenti e raggiunge il basalto a 150 km dall'asse di una dorsale che si espande, da sempre, con una velocità totale di 6,0 cm/anno. a) Quanti anni ha il basalto? b) Quanti anni ti aspetti che abbiano i sedimenti più antichi, appoggiati sul basalto? c) A che distanza dall'asse, dall'altra parte della dorsale, si trova un basalto della stessa età?

17. ●● Un basalto di 140 milioni di anni fa, che oggi si trova a 48° N, ha una magnetizzazione residua con inclinazione di 45° verso il basso, nel verso del nord di allora. a) A quale latitudine si formò? b) Quale inclinazione registrerebbe una lava che si solidificasse oggi nello stesso luogo? c) Di quanti chilometri si è spostato verso nord il blocco di crosta (1° di latitudine ≈ 111 km), e con quale velocità media, in cm/anno?

18. ●● Due segmenti di una dorsale che si espande con una velocità totale di 4,0 cm/anno sono sfalsati di 120 km lungo una faglia trasforme. a) Con quale velocità scorrono, l'una rispetto all'altra, le rocce ai due lati del tratto attivo della faglia? b) All'estremità di uno dei due segmenti la crosta ha età zero: quanti anni ha la crosta che le sta di fronte, dall'altra parte della faglia? c) Con la relazione della Figura 14.3 ($d = 2500\ m + 350\ m \cdot \sqrt{t}$, t in Ma) stima il dislivello del fondale fra i due lati della faglia in quel punto.

19. ●●● Sotto l'altopiano del Tibet la crosta è spessa circa 70 km, il doppio di una crosta normale. Supponi che l'ispessimento sia dovuto solo all'accorciamento orizzontale della crosta, senza perdita né aggiunta di roccia, e che l'altopiano sia oggi largo circa 1000 km da sud a nord. a) Quanto era largo quel tratto di crosta prima della collisione, e di quanti chilometri si è accorciato? b) Quale frazione della convergenza fra India ed Eurasia dopo la collisione (circa 4,5 cm/anno per circa 50 milioni di anni) è stata assorbita così? c) Indica dove può essere finita la parte restante.

20. ●● Una stazione a 200 m di quota misura una temperatura dell'aria di 27,0 °C, e la base dei cumuli si trova a 1700 m di quota. a) Stima il punto di rugiada al suolo. b) Che temperatura ha la particella alla base della nube (usa 9,8 °C/km)? c) Di quanti gradi dovrebbe salire la temperatura al suolo, a parità di punto di rugiada, perché la base delle nubi si alzi di 500 m?

21. ●●● Aria a 400 m di quota, a 14,0 °C, supera una cresta alta 2400 m e ridiscende sul versante opposto fino a 400 m. Calcola la temperatura sulla cresta e alla fine della discesa in due giorni diversi: a) con punto di rugiada di −6,0 °C; b) con punto di rugiada di 10,0 °C. Usa 9,8 °C/km per l'aria non satura e 5,0 °C/km per quella satura, e spiega perché soltanto in uno dei due giorni si ha il foehn.

Leggere i dati (15 punti)

22. ●●● **Un radiosondaggio estivo.** Un pallone sonda lanciato a metà mattina da una stazione in pianura (quota 0 m) misura le temperature dell'aria riportate qui sotto; al suolo il punto di rugiada è 18 °C. Quota (km) e temperatura (°C): 0 → 26,0 · 1 → 18,5 · 2 → 12,0 · 3 → 6,0 · 4 → 0,0 · 5 → −6,5 · 6 → −13,5.
    a) Calcola il gradiente termico ambientale in ciascuno dei sei strati di 1 km.
    b) A quale quota una particella sollevata dal suolo raggiunge il livello di condensazione, e con quale temperatura (usa 9,8 °C/km)?
    c) Sopra il livello di condensazione la particella si raffredda di 5,0 °C/km: calcola la sua temperatura a 2, 3, 4, 5 e 6 km.
    d) Confronta la particella con l'aria circostante: fra quali quote è più fredda, da quale quota circa diventa più calda?
    e) In che tipo di stabilità si trova l'atmosfera? Che cosa ti aspetti nel pomeriggio, e che cosa serve perché accada?

Indagare e argomentare (5 punti ciascuno)

23. ●● Nel 1963 Vine e Matthews previdero che, se l'ipotesi di Hess era giusta, le anomalie magnetiche dovevano disporsi in un certo modo. Spiega quale previsione fecero, perché poteva essere smentita, come fu confermata, e perché questo episodio è un esempio di controllo di un'ipotesi scientifica.

24. ●●● Spiega perché nelle Alpi si trovano ofioliti ma non ci sono vulcani attivi, mentre nel Tirreno meridionale e nelle isole Eolie ci sono vulcani attivi e terremoti profondi. Usa i concetti di collisione, subduzione e bacino di retroarco, e indica quali interpretazioni della geologia italiana sono ancora discusse.

25. ●● Spiega perché i cicloni tropicali si formano solo sopra mari caldi e mai sull'equatore, e perché si indeboliscono quando arrivano sulla terraferma.

26. ●●● Nelle carote di ghiaccio di Vostok e di EPICA il CO_2 e la temperatura sono variati insieme per centinaia di migliaia di anni. Un compagno conclude: «Allora è il clima a far cambiare il CO_2, e non il contrario: l'aumento del CO_2 di oggi non può essere la causa del riscaldamento». Discuti la conclusione usando i concetti di innesco, retroazione e forzante, e confronta i valori del passato con quello attuale.

27. ●● Scrivi gli equilibri con cui il CO_2 disciolto abbassa il pH dell'acqua di mare e riduce gli ioni carbonato. Progetta poi una semplice prova in classe per mostrare che il CO_2 rende l'acqua più acida, indicando materiali, controllo e una regola di sicurezza.

Soluzioni

1. C. Le strisce di polarità normale e inversa registrano un campo che ha cambiato verso; le lave si magnetizzano raffreddandosi sotto la temperatura di Curie. (2 punti)

2. A. Se il fondo nasce sulla dorsale e se ne allontana, lì il mantello caldo è vicino alla superficie e la crosta è appena formata, quindi non ha avuto il tempo di coprirsi di sedimenti. Le altre osservazioni sono false: le dorsali sono rilievi, il fondale più antico ha circa 180 Ma, le fosse sono sismiche. (2 punti)

3. D. Wegener muoveva i continenti attraverso la crosta oceanica e non aveva un meccanismo accettabile; le placche comprendono anche il fondo oceanico. (2 punti)

4. A. Il mantello che risale sotto la dorsale si decomprime e fonde in parte senza bisogno di aggiungere calore. (2 punti)

5. D. I terremoti profondi avvengono solo nella litosfera fredda che scende nel mantello. (2 punti)

6. B. Ipocentri che si approfondiscono e un arco vulcanico al di sopra sono la firma della subduzione (vedi il capitolo 15). (2 punti)

7. C. È il raffreddamento adiabatico per espansione; l'aria ferma cambia in media di 6,5 °C/km (gradiente ambientale), la particella satura di 4–7 °C/km, e temperatura e punto di rugiada si avvicinano di circa 8 °C/km. (2 punti)

8. A. Le onde di Rossby di solito si spostano verso est trascinando le perturbazioni; quando un'ansa si ferma, lo stesso tipo di tempo persiste a lungo. La corrente a getto resta a 9–12 km di quota; i cicloni tropicali richiedono mari caldi; il verso di rotazione dipende dall'emisfero. (2 punti)

9. B. Nell'emisfero australe il trasporto di Ekman è a sinistra del vento da sud-est, cioè verso il largo; l'acqua profonda risale a sostituirla. (2 punti)

10. C. Il caos rende imprevedibile il tempo di un giorno preciso, non la statistica di molti anni, governata dal bilancio energetico. (2 punti)

11. V. Sopra la temperatura di Curie l'agitazione termica impedisce l'orientamento stabile; raffreddandosi la lava «congela» la direzione del campo. (2 punti)

12. F. La crosta continentale è troppo leggera per sprofondare: si ispessisce e si accavalla; nell'Himalaya non ci sono vulcani attivi. (2 punti)

13. F. È il contrario: l'effetto di Coriolis agisce perpendicolarmente al moto, quindi ne cambia la direzione ma non la velocità. (2 punti)

14. V. Circa 5,1 su 10,9 PgC all'anno, cioè circa il 47 %; il resto è stato assorbito da oceano e terre emerse. (2 punti)

15. F. I fondali più vecchi sono tornati nel mantello per subduzione; la litosfera oceanica si rinnova continuamente. (2 punti)

16. (5 punti) a) La velocità totale è la somma dei due lati: semiespansione 3,0 cm/anno = 30 km/Ma; $t = 150\ \text{km} / (30\ \text{km/Ma}) = 5{,}0$ Ma. b) Circa 5 milioni di anni, o poco meno: i primi sedimenti si depositano sulla crosta appena formata. c) A 150 km dall'asse, perché l'espansione è simmetrica.

17. (5 punti) a) $\tan \lambda = \tan 45° / 2 = 0{,}500$, $\lambda \approx 27°$ N (26,6°; inclinazione verso il basso: emisfero boreale di allora). b) $\tan I = 2 \tan 48° = 2{,}22$, $I \approx 66°$ verso il basso. c) $\Delta\lambda \approx 48° - 26{,}6° \approx 21{,}4°$, cioè circa 2400 km ($21{,}4 \times 111 \approx 2380$ km); $v \approx 2380\ \text{km} / 140\ \text{Ma} \approx 17\ \text{km/Ma} \approx 1{,}7$ cm/anno. È solo la componente nord-sud del moto: l'inclinazione non dice nulla sulla longitudine.

18. (5 punti) a) Ai due lati del tratto attivo le rocce appartengono a placche diverse, che si allontanano ciascuna di 2,0 cm/anno dal proprio segmento in versi opposti: scorrono di 4,0 cm/anno l'una rispetto

all'altra. b) La crosta di fronte si trova a 120 km dall'asse dell'altro segmento: t = 120 km / (20 km/Ma) = 6,0 Ma. c) d(0) = 2500 m; d(6) = 2500 + 350 × √6 ≈ 2500 + 857 ≈ 3360 m: il lato più vecchio è più profondo di circa 860 m.

19. (5 punti) a) A sezione costante, spessore × larghezza resta uguale: 35 km × L_0 = 70 km × 1000 km, L_0 ≈ 2000 km; accorciamento ≈ 1000 km. b) Convergenza: 4,5 cm/anno × 50 Ma = 45 km/Ma × 50 Ma ≈ 2250 km; frazione ≈ 1000 / 2250 ≈ 0,44, poco meno della metà. c) Nei sovrascorrimenti dell'Himalaya, nella crosta indiana infilata sotto il Tibet, nello scivolamento laterale di blocchi verso est e nelle deformazioni più a nord; il calcolo è una stima, perché la crosta di partenza non era ovunque spessa 35 km.

20. (5 punti) a) La base è 1500 m sopra la stazione: T − Td ≈ 1500 m / 125 m = 12 °C, quindi Td ≈ 15,0 °C. b) 27,0 − 9,8 × 1,5 ≈ 12,3 °C. c) 500 m / 125 m = 4 °C: la temperatura dovrebbe salire a circa 31 °C.

21. (5 punti) a) Condensazione a 125 m × 20 = 2500 m sopra la partenza, cioè a 2900 m, più in alto della cresta: l'aria non diventa satura. Cresta: 14,0 − 9,8 × 2,0 = −5,6 °C; discesa: −5,6 + 9,8 × 2,0 = 14,0 °C, la temperatura di partenza. b) Condensazione a 125 m × 4,0 = 500 m sopra la partenza, a 900 m, con 14,0 − 9,8 × 0,5 = 9,1 °C; cresta: 9,1 − 5,0 × 1,5 = 1,6 °C; discesa: 1,6 + 9,8 × 2,0 = 21,2 °C, 7,2 °C più dell'aria di partenza. Il riscaldamento viene dal calore latente liberato dal vapore che condensa e cade come pioggia sul versante sopravento: senza condensazione la discesa restituisce soltanto il raffreddamento della salita.

22. (15 punti, 3 per domanda) a) 7,5; 6,5; 6,0; 6,0; 6,5; 7,0 °C/km. b) 125 m × (26 − 18) = 1000 m, T = 26,0 − 9,8 = 16,2 °C. c) 11,2 °C a 2 km; 6,2 °C a 3 km; 1,2 °C a 4 km; −3,8 °C a 5 km; −8,8 °C a 6 km. d) Più fredda fino a circa 2,8 km (−2,3 °C a 1 km, −0,8 °C a 2 km); più calda da circa 2,8 km in su (+0,2 a 3 km, fino a +4,7 a 6 km): è il livello di libera convezione. e) Instabilità condizionata: i gradienti ambientali (6–7,5 °C/km) sono compresi fra quello saturo e quello secco. Se il riscaldamento del suolo, un rilievo o un fronte solleva le particelle fino a circa 3 km, salgono da sole: cumulonembi e temporali pomeridiani.

23. (5 punti) Previsione: strisce magnetiche parallele alla dorsale, simmetriche ai due lati, con la stessa sequenza di inversioni registrata nelle lave datate sui continenti; larghezze proporzionali alla durata delle epoche. Era falsificabile: strisce asimmetriche o irregolari l'avrebbero smentita. I profili magnetici delle dorsali e poi le perforazioni oceaniche (età dei sedimenti crescente con la distanza dall'asse) la confermarono. Esempio di ipotesi che fa una previsione rischiosa e supera la prova (Popper), e di cambio di paradigma (Kuhn).

24. (5 punti) Alpi: catena di collisione fra Europa e Adria dopo la chiusura della Tetide; le ofioliti sono frammenti della litosfera oceanica della Tetide sollevati; la subduzione oceanica è finita, la crosta continentale non sprofonda: niente vulcani attivi. Tirreno meridionale: subduzione verso ovest della litosfera ionica sotto la Calabria, con arretramento; ipocentri fino a oltre 500 km; le Eolie sono l'arco, il Marsili un vulcano di retroarco nel bacino tirrenico aperto dall'arretramento. Discussi: l'origine dell'Etna, i dettagli della geometria delle placche; il modello è una semplificazione.

25. (5 punti) Energia dal calore latente del vapore che evapora da mari caldi (≥ 26 °C) e condensa nelle nubi: la condensazione scalda l'aria, che sale, abbassa la pressione e richiama altra aria umida (retroazione positiva). All'equatore l'effetto di Coriolis è nullo: l'aria che converge non avvia la rotazione. Sulla terraferma (o su mari freddi) manca il rifornimento di vapore e l'attrito è maggiore: il ciclone si indebolisce.

26. (5 punti) I cicli glaciali sono innescati da piccole variazioni dell'orbita terrestre; il riscaldamento che ne segue fa liberare CO_2 dagli oceani, e il CO_2, gas serra, amplifica il riscaldamento: è una retroazione positiva, in cui il CO_2 è insieme effetto e causa. Oggi l'ordine è diverso: il CO_2 aumenta per le emissioni umane e agisce da forzante (circa 2,7 W/m² di forzante antropico nel 2019, soprattutto dai gas serra). Nelle carote il CO_2 oscilla fra circa 180 ppm (glaciazioni) e 280–300 ppm (interglaciali); oggi supera i

420 ppm, un valore assente negli ultimi 800 000 anni. La conclusione confonde quindi il meccanismo dei cicli glaciali con la causa del riscaldamento attuale.

27. (5 punti) $CO_2(aq) + H_2O \rightleftarrows H_2CO_3 \rightleftarrows H^+ + HCO_3^-$; $H^+ + CO_3^{2-} \rightleftarrows HCO_3^-$. Prova: due bicchieri d'acqua con qualche goccia di indicatore (per esempio blu di bromotimolo o succo di cavolo rosso); in uno si soffia con una cannuccia (il CO_2 dell'espirato) o si aggiunge acqua frizzante, l'altro è il controllo; il colore vira verso l'acido solo nel primo. Sicurezza: soffiare senza aspirare, non bere le soluzioni, occhiali protettivi.