Verifica di fine parte V

Scienze naturali 4 · Parte V · Vulcani e terremoti · versione 1.0
Verifica: Verifica di fine parte V · pagine 497–502 del volume completo · estratto per lo studio

Vulcani e terremoti (parte V: capitolo 16). Tempo: 60 minuti. Punteggio totale: 100 punti. Puoi usare la calcolatrice e le tavole dell'appendice. Nei calcoli scrivi i passaggi e indica sempre le unità di misura; dai i risultati con un numero ragionevole di cifre significative. Dove non è indicato diversamente, usa per le onde sismiche le velocità tipiche della crosta, $v_P = 6{,}0$ km/s e $v_S = 3{,}5$ km/s, e per l'energia la relazione empirica $\log E = 1{,}5\,M + 4{,}8$ (E in joule). I dati dei problemi senza fonte sono di esempio.

Punteggio. Scelta multipla: 2 punti per ogni risposta corretta (20 punti). Vero o falso: 2 punti ciascuno; 1 punto se la risposta è giusta ma la correzione dell'affermazione falsa manca o è sbagliata (10 punti). Applicare: 5 punti ciascuno, di cui 3 per l'impostazione e i passaggi e 2 per il risultato corretto con le unità (25 punti). Leggere dati e figure: un esercizio da 15 punti, suddivisi fra le domande come indicato. Indagare e argomentare: 6 punti ciascuno, 2 per i concetti scientifici corretti, 2 per la completezza del ragionamento, 2 per la chiarezza e l'uso del lessico specifico (30 punti).

Comprendere e ricordare (10 × 2 punti)

1. ● Una colata di lava basaltica, ormai solidificata, ha una superficie liscia con increspature simili a corde attorcigliate. Si tratta di:
   - **A.** una lava aa
   - **B.** una lava pahoehoe
   - **C.** un deposito di flusso piroclastico
   - **D.** un cono di scorie

2. ● In un'anticlinale non rovesciata le rocce più antiche si trovano:
   - **A.** al nucleo della piega
   - **B.** sui fianchi, lontano dalla cerniera
   - **C.** nella parte più esterna della piega
   - **D.** in uno strato qualsiasi: non c'è una regola

3. ●● Sotto l'Islanda e lungo le dorsali medio-oceaniche il mantello caldo che risale comincia a fondere anche senza ricevere calore, perché:
   - **A.** l'acqua trascinata in profondità abbassa la sua temperatura di fusione
   - **B.** un magma basaltico arrestato nella crosta lo riscalda
   - **C.** la pressione cala più in fretta della temperatura, e con la pressione si abbassa la temperatura di fusione
   - **D.** l'attrito fra le rocce che salgono le riscalda fino a fonderle

4. ● I laghi di Bolsena e di Bracciano occupano:
   - **A.** i crateri di coni di scorie
   - **B.** valli scavate dai ghiacciai
   - **C.** depressioni prodotte da faglie trascorrenti
   - **D.** caldere, nate dal crollo del tetto di camere magmatiche dopo grandi eruzioni

5. ●● Le colonne del cosiddetto Serapeo di Pozzuoli portano, a qualche metro dal pavimento, una fascia di fori scavati da molluschi marini. Questo indica che:
   - **A.** dopo l'epoca romana il suolo si abbassò fino a sommergerle in parte, poi risalì
   - **B.** il maremoto del 1908 le sommerse per alcuni giorni
   - **C.** un flusso piroclastico le erose durante l'eruzione del Monte Nuovo
   - **D.** furono costruite in mare e trasportate a terra dai Romani

6. ●● Secondo la teoria del rimbalzo elastico, l'energia che un terremoto libera:
   - **A.** è portata dal magma che risale lungo il piano di faglia
   - **B.** è prodotta nell'istante della scossa dall'attrito, che riscalda le rocce
   - **C.** si accumula per decenni o secoli come deformazione elastica dei blocchi, bloccati dall'attrito, e si libera di colpo quando la faglia scorre
   - **D.** deriva dal peso delle montagne che si trovano sopra l'ipocentro

7. ● In un sismogramma registrato a un centinaio di chilometri dall'epicentro, le onde superficiali:
   - **A.** arrivano per prime, con le oscillazioni più piccole
   - **B.** arrivano per ultime, con le oscillazioni più ampie e più lente
   - **C.** arrivano insieme alle onde P
   - **D.** non compaiono, perché si propagano solo in profondità

8. ●● La litosfera:
   - **A.** coincide con la crosta
   - **B.** è uno strato di roccia fusa su cui poggia la crosta
   - **C.** comprende il mantello e il nucleo esterno
   - **D.** comprende la crosta e la parte più alta del mantello, ed è rigida

9. ●●● Un forte terremoto viene registrato da una stazione a 120° di distanza angolare dall'epicentro, misurata dal centro della Terra. Quali onde dirette registra?

   A. nessuna onda S e nessuna onda P, se non debolissima: si trova nella zona d'ombra di entrambe

   B. onde P e onde S, molto attenuate dalla distanza

   C. soltanto onde S, perché le onde P sono deviate dal nucleo

   D. soltanto onde P forti, perché la zona d'ombra delle onde P comincia oltre 142°

10. ●●● Per i terremoti più forti oggi si usa la magnitudo momento M_w invece della magnitudo di Richter, perché:

    A. la scala Richter arriva al massimo a 10

    B. la magnitudo di Richter misura gli effetti sugli edifici, non l'energia

    C. M_w si ricava dalle cronache e dalle descrizioni dei danni

    D. per rotture molto estese l'ampiezza delle onde non cresce più in proporzione (la magnitudo di Richter «satura»), mentre M_w si calcola dalle dimensioni della faglia e dallo spostamento dei blocchi

Vero o falso (5 × 2 punti; correggi le affermazioni false)

11. ● Una parte del calore interno della Terra è prodotta dal decadimento di isotopi radioattivi a lunghissimo tempo di dimezzamento, come l'uranio-238, il torio-232 e il potassio-40.

12. ● Le eruzioni stromboliane sono le più violente: il magma esce per ore come un getto continuo e forma colonne eruttive alte decine di chilometri.

13. ●● In una faglia diretta il tetto sale rispetto al letto, perché la crosta viene compressa.

14. ●● Un terremoto di magnitudo 5,2 libera come onde sismiche circa il doppio dell'energia di un terremoto di magnitudo 5,0.

15. ●●● Il nucleo interno della Terra è solido perché è più freddo del nucleo esterno.

Applicare (5 × 5 punti)

16. ● Il sismografo standard della scala di Richter registra, a 100 km dall'epicentro, un'ampiezza massima A (A_0 = 0,001 mm). a) Quale ampiezza registra per un terremoto di magnitudo 4,6? b) Un'altra scossa produce alla stessa distanza un'ampiezza di 0,25 mm: qual è la sua magnitudo? c) Di quanto deve aumentare la magnitudo perché l'ampiezza raddoppi?

17. ●● Dal catalogo CPTI15 dell'INGV: Friuli, 6 maggio 1976, M_w 6,45; Appennino umbro-marchigiano, 26 settembre 1997, M_w 5,97; Amatrice, 24 agosto 2016, M_w 6,18; Norcia, 30 ottobre 2016, M_w 6,61. Usa $\log E = 1{,}5\,M + 4{,}8$ e, per le ampiezze, tratta le M_w come magnitudo di Richter. a) A parità di distanza, quante volte più ampie erano le oscillazioni del terremoto del Friuli rispetto a quello del 1997, e quante volte maggiore fu l'energia liberata? b) Quante volte l'energia della scossa di Norcia superò quella della scossa di Amatrice? c) Quanti terremoti di magnitudo 5,0 servirebbero per liberare la stessa energia della scossa di Norcia?

18. ●●● In un sistema di riferimento con le distanze in km, tre stazioni sismiche si trovano in A(0; 0), B(90; 0) e C(30; 80). Per lo stesso terremoto registrano intervalli S − P di 8,93 s in A, 6,44 s in B e 5,49 s in C. Usa $v_P = 6{,}0$ km/s e $v_S = 3{,}5$ km/s e trascura la profondità dell'ipocentro. a) Calcola la distanza dell'epicentro da ciascuna stazione. b) Trova le coordinate dell'epicentro (sottrai l'equazione della circonferenza centrata in A da quelle delle circonferenze centrate in B e in C). c) Il terremoto è avvenuto alle 06:12:40,0: a che ora arrivano le onde S alla stazione A?

19. ●●● Il terremoto dell'Irpinia del 23 novembre 1980 ebbe M_w 6,81 (CPTI15, INGV). a) Calcola con $\log E = 1{,}5\,M + 4{,}8$ l'energia liberata come onde sismiche, in joule. b) Per quanti giorni dovrebbe funzionare una centrale elettrica da 1000 MW per produrre la stessa energia? c) Quanta energia libera una scossa di magnitudo 4,81 nella stessa zona?

20. ●● Il raggio medio della Terra è 6 371 km, quello del nucleo circa 3 480 km e quello del nucleo interno circa 1 220 km. a) A quale profondità si trovano la discontinuità di Gutenberg e quella di Lehmann? Quanto è spesso il nucleo esterno? b) Considerando la Terra e il nucleo come sfere, quale frazione del volume terrestre occupa il nucleo, e quale il nucleo interno? c) Se il gradiente geotermico di 30 °C/km continuasse fino al nucleo, partendo da 15 °C in superficie, quale temperatura avrebbe il limite fra mantello e nucleo? Confronta il risultato con la temperatura stimata al centro della Terra e traine una conclusione.

Leggere dati e figure (1 × 15 punti)

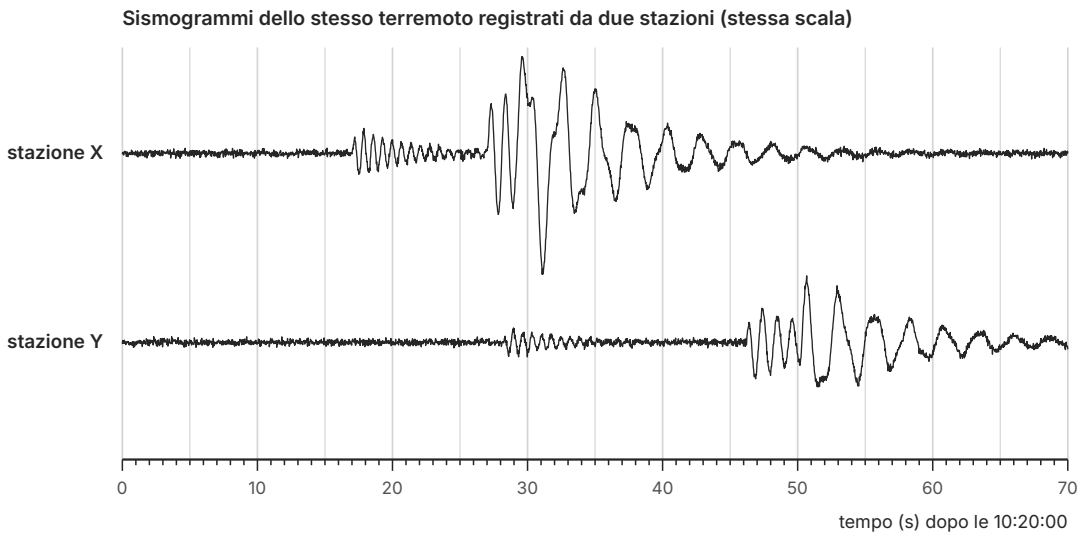


Figura V5.1 Sismogrammi sintetici (componente verticale) dello stesso terremoto, registrati dalle stazioni X e Y con la stessa amplificazione e calcolati con $v_P = 6{,}0$ km/s, $v_S = 3{,}5$ km/s e velocità delle onde superficiali di 3,2 km/s (dati di esempio). Le linee verticali della griglia sono ogni 5 s, le tacche sull'asse ogni secondo.

21. ●● La Figura V5.1 riporta i sismogrammi dello stesso terremoto registrati da due stazioni, X e Y. Usa v_P = 6,0 km/s e v_S = 3,5 km/s e trascura la profondità dell'ipocentro. a) Riconosci in ciascun sismogramma l'arrivo delle onde P, delle onde S e delle onde superficiali, e indica due caratteristiche del tracciato che ti permettono di distinguerle (3 punti). b) Leggi, al secondo, gli istanti di arrivo delle onde P e delle onde S nelle due stazioni e calcola gli intervalli S − P (4 punti). c) Calcola la distanza di ciascuna stazione dalla sorgente e l'ora in cui è avvenuto il terremoto; controlla che le due stazioni diano la stessa ora (4 punti). d) Spiega perché nella stazione Y le oscillazioni sono più piccole e l'intervallo S − P è più lungo (2 punti). e) Si può localizzare l'epicentro con queste due sole stazioni? Spiega con un disegno delle circonferenze (2 punti).

Indagare e argomentare (5 × 6 punti)

22. ●● Nel 79 d.C. a Pompei e a Ercolano morirono migliaia di persone, ma il Vesuvio non emise colate di lava. Spiega che cosa le uccise, distinguendo la ricaduta di pomici e ceneri dalla colonna pliniana e i flussi piroclastici, e perché questi ultimi sono i fenomeni più letali. Spiega poi che cos'è oggi la zona rossa del Vesuvio e perché va evacuata *prima* dell'eruzione.

23. ● Dopo una scossa un compagno scrive in chat: «È stato un terremoto del nono grado della scala Richter: la prossima volta i sismologi dovrebbero avvisarci il giorno prima». Correggi le due affermazioni: spiega la differenza fra intensità (scala MCS) e magnitudo, perché lo stesso terremoto ha intensità diverse in località diverse, e che cosa la sismologia sa fare e non sa fare per difenderci dai terremoti.

24. ●● Progetta un esperimento controllato con una molla elicoidale lunga (tipo Slinky) per verificare se la velocità di un impulso longitudinale dipende da quanto la molla è tesa. Indica l'ipotesi, la variabile indipendente e come la fai variare, la variabile dipendente e come la misuri, le variabili da tenere costanti, quante prove ripeti e perché, e le norme di sicurezza.

25. ●●● Spiega come le onde sismiche permettono di dire che il mantello è solido e il nucleo esterno è liquido: usa la zona d'ombra delle onde S, le proprietà delle onde P e S e il salto di velocità alla discontinuità di Gutenberg. Spiega poi come mai, se il mantello è solido, sotto i vulcani si formano magmi, citando i tre modi in cui può cominciare la fusione parziale.

26. ●●● Nell'Appennino centrale i terremoti del 2009 e del 2016 sono avvenuti su faglie dirette; il terremoto dell'Emilia del 2012 su faglie inverse sepolte sotto la Pianura Padana. Spiega che cosa distingue i due tipi di faglia (movimento del tetto rispetto al letto, tipo di sforzo) e come la teoria del rimbalzo elastico spiega lo scatto improvviso di una faglia. Spiega infine perché le stesse rocce, sottoposte a compressione, in profondità possono formare pieghe e vicino alla superficie si rompono in faglie.

Tabella V5.1 Griglia di valutazione della verifica di fine parte V.

Sezione	Esercizi	Criteri	Punti
Comprendere e ricordare	1–10	10 domande a scelta multipla, 2 punti per risposta corretta, 0 se errata o non data	20
Vero o falso	11–15	2 punti ciascuno; 1 punto se manca la correzione dell'affermazione falsa	10
Applicare	16–20	5 problemi, 5 punti ciascuno: impostazione e passaggi 3, risultato con unità 2	25
Leggere dati e figure	21	lettura dei sismogrammi: a) 3, b) 4, c) 4, d) 2, e) 2	15
Indagare e argomentare	22–26	5 domande aperte, 6 punti ciascuna: concetti 2, completezza 2, lessico 2	30
Totale			**100**

Soluzioni

1. B (2 punti). La superficie liscia o «a corde» è tipica delle lave pahoehoe: una crosta sottile e ancora plastica viene piegata dal fuso che scorre sotto. Le lave aa hanno una superficie scabrosa di blocchi e scorie.

2. A (2 punti). Al nucleo di un'anticlinale (piega convessa verso l'alto) stanno le rocce più antiche; al nucleo di una sinclinale le più giovani.

3. C (2 punti). È la fusione per decompressione: la temperatura di fusione cresce con la pressione, e nella risalita la pressione cala più in fretta della temperatura. L'aggiunta di acqua e il riscaldamento sono gli altri due modi, ma non sono quelli delle dorsali.

4. D (2 punti). Una caldera è una vasta depressione che si forma quando il tetto di una camera magmatica crolla dopo una grande eruzione; Bolsena e Bracciano occupano caldere di vulcani spenti.

5. A (2 punti). È il bradisismo dei Campi Flegrei: i datteri di mare forarono le colonne quando il suolo, abbassatosi, le aveva sommerse in parte; poi il suolo risalì e le riportò all'asciutto.

6. C (2 punti). Reid osservò, dopo il terremoto di San Francisco del 1906, che i blocchi si deformano lentamente restando bloccati e poi scattano di colpo: l'energia elastica accumulata si libera in pochi secondi, in parte come onde sismiche.

7. B (2 punti). Le onde superficiali (di Love e di Rayleigh) sono le più lente, quindi arrivano per ultime, ma hanno le oscillazioni più ampie e più lente e causano gran parte dei danni.

8. D (2 punti). La litosfera è lo strato rigido formato dalla crosta e dalla parte più alta del mantello, spesso in media circa 100 km; sotto si trova l'astenosfera, solida ma meno rigida.

9. A (2 punti). Le onde S dirette mancano oltre circa 103°, perché non attraversano il nucleo esterno liquido; le onde P mancano, o arrivano debolissime, fra circa 103° e 142°, perché il nucleo le rallenta e le devia. A 120° la stazione è nella zona d'ombra di entrambe.

10. D (2 punti). Per le rotture molto estese la magnitudo di Richter satura; la magnitudo momento si calcola dalle dimensioni della faglia e dallo spostamento dei blocchi e non ha questo limite. La scala Richter non ha un massimo, e né Richter né M_w misurano gli effetti.

11. V. Il calore interno è in parte primordiale (formazione della Terra e sprofondamento del ferro) e in parte radiogenico, prodotto soprattutto da uranio-238, uranio-235, torio-232 e potassio-40. (2 punti)

12. F. Così sono le eruzioni *pliniane*. Le stromboliane sono esplosioni discontinue, ogni pochi minuti, che lanciano brandelli di lava a qualche centinaio di metri; nell'ordine di violenza crescente vengono prima delle vulcaniane, delle pliniane e delle peleane. (2 punti; 1 se manca la correzione)

13. F. In una faglia diretta il tetto *scende* rispetto al letto e la faglia si forma per *distensione*, quando la crosta viene stirata. Il tetto sale nelle faglie inverse, prodotte dalla compressione. (2 punti; 1 se manca la correzione)

14. V. Il rapporto delle energie è $10^{1{,}5 \times 0{,}2} = 10^{0{,}3} \approx 2{,}0$: bastano 0,2 unità di magnitudo per raddoppiare l'energia. (2 punti)

15. F. Il nucleo interno è più *caldo* del nucleo esterno (al centro si stimano 5 000–6 000 °C): è solido perché la pressione enorme innalza la temperatura di fusione del ferro. (2 punti; 1 se manca la correzione)

16. a) $A = A_0 \cdot 10^M = 0{,}001\ \text{mm} \times 10^{4{,}6} \approx 40\ \text{mm}$. b) $M = \log(0{,}25\ \text{mm} / 0{,}001\ \text{mm}) = \log 250 \approx 2{,}4$. c) L'ampiezza raddoppia se $10^{\Delta M} = 2$, cioè $\Delta M = \log 2 \approx 0{,}30$. (Procedimento 3 punti, risultati 2 punti)

17. a) $\Delta M = 6{,}45 - 5{,}97 = 0{,}48$: ampiezze $10^{0{,}48} \approx 3{,}0$ volte; energie $10^{1{,}5 \times 0{,}48} = 10^{0{,}72} \approx 5{,}2$ volte. b) $\Delta M = 6{,}61 - 6{,}18 = 0{,}43$: $10^{0{,}645} \approx 4{,}4$ volte. c) $\Delta M = 6{,}61 - 5{,}0 = 1{,}61$: $10^{1{,}5 \times 1{,}61} = 10^{2{,}415} \approx 2{,}6 \times 10^2$, cioè circa 260 terremoti di magnitudo 5,0. La costante 4,8 non serve: conta solo la differenza di magnitudo. (3 + 2 punti)

18. a) Fattore $v_P v_S/(v_P - v_S) = 21/2{,}5 = 8{,}4$ km/s: $d_A = 8{,}93 \text{ s} \times 8{,}4 \text{ km/s} \approx 75{,}0$ km; $d_B = 6{,}44 \times 8{,}4 \approx 54{,}1$ km; $d_C = 5{,}49 \times 8{,}4 \approx 46{,}1$ km. b) Circonferenze: $x^2 + y^2 = 75{,}0^2$; $(x - 90)^2 + y^2 = 54{,}1^2$; $(x - 30)^2 + (y - 80)^2 = 46{,}1^2$. Sottraendo la prima dalla seconda: $-180\,x + 8100 = 2927 - 5625$, da cui $x \approx 60{,}0$ km. Sottraendo la prima dalla terza: $-60\,x - 160\,y + 7300 = 2125 - 5625$, da cui $60\,x + 160\,y = 10\,800$ e $y \approx 45{,}0$ km. Epicentro in (60; 45); verifica: la distanza da A è $\sqrt{(60^2 + 45^2)} = 75$ km. c) Le onde S percorrono 75,0 km in 75,0 / 3,5 ≈ 21,4 s: arrivano alle 06:13:01,4. (3 + 2 punti)

19. a) $\log E = 1{,}5 \times 6{,}81 + 4{,}8 = 15{,}015$, quindi $E = 10^{15{,}015}$ J $\approx 1{,}0 \times 10^{15}$ J. b) $t = E/P = 1{,}04 \times 10^{15}$ J / $1{,}0 \times 10^9$ W $\approx 1{,}0 \times 10^6$ s, cioè circa 12 giorni. c) Due unità di magnitudo in meno dividono l'energia per $10^3 = 1000$: $E \approx 1{,}0 \times 10^{12}$ J. (3 + 2 punti)

20. a) Gutenberg: 6 371 − 3 480 = 2 891 km ≈ 2 900 km; Lehmann: 6 371 − 1 220 = 5 151 km ≈ 5 150 km; spessore del nucleo esterno: 3 480 − 1 220 = 2 260 km. b) Il volume di una sfera è proporzionale al cubo del raggio: nucleo $(3\,480/6\,371)^3 \approx 0{,}163$, cioè circa il 16 %; nucleo interno $(1\,220/6\,371)^3 \approx 0{,}0070$, cioè circa lo 0,7 %. Il resto, circa l'84 %, è soprattutto mantello. c) 15 °C + 30 °C/km × 2 891 km ≈ $8{,}7 \times 10^4$ °C, più di dieci volte la temperatura stimata perfino al centro (5 000–6 000 °C). Il gradiente non può essere costante: è alto solo nella litosfera, dove il calore passa per conduzione, e molto più basso nel mantello, dove lo trasporta anche il lento movimento delle rocce. (3 + 2 punti)

21. (15 punti) a) In entrambe le stazioni le onde P segnano il primo arrivo, con oscillazioni rapide e piccole; le onde S arrivano dopo, con oscillazioni più ampie; le onde superficiali arrivano per ultime, con le oscillazioni più ampie e più lente (periodo più lungo). Indizi: ordine di arrivo, ampiezza, frequenza delle oscillazioni (3 punti). b) Stazione X: P alle 10:20:17, S alle 10:20:27, S − P = 10 s; stazione Y: P alle 10:20:28, S alle 10:20:46, S − P = 18 s (si accetta ±1 s) (4 punti). c) $d = \Delta t \times 8{,}4$ km/s: $d_X \approx 84$ km, $d_Y \approx 151$ km (con ±1 s, ±8 km). Le onde P impiegano 84/6,0 = 14 s fino a X e 151/6,0 ≈ 25 s fino a Y: ora del terremoto 10:20:17 − 14 s = 10:20:03 e 10:20:28 − 25 s = 10:20:03 (4 punti). d) Y è più lontana: le onde S accumulano ritardo rispetto alle P per tutto il percorso, quindi l'intervallo cresce in proporzione alla distanza; l'energia si distribuisce su fronti d'onda sempre più ampi e in parte viene assorbita dalle rocce, quindi l'ampiezza diminuisce (2 punti). e) No: ogni stazione dice solo che l'epicentro sta su una circonferenza centrata in essa; due circonferenze si intersecano in generale in due punti, e serve una terza stazione per scegliere fra i due (2 punti).

22. Traccia (6 punti). A Pompei, a sud-est del vulcano, caddero per ore pomici e ceneri dalla colonna pliniana, alta decine di chilometri: alcuni metri di depositi fecero crollare i tetti. Il mattino seguente i flussi piroclastici, miscele di gas caldissimi, ceneri e frammenti più dense dell'aria, scesero lungo i fianchi a velocità che possono superare i 100 km/h e a centinaia di gradi, uccidendo chi era rimasto; Ercolano fu sepolta da circa 20 m di depositi di flussi piroclastici. Sono i più letali perché sono troppo veloci per fuggire e caldissimi. La zona rossa è l'area che potrebbe essere investita dai flussi piroclastici: non ci si può proteggere sul posto, quindi l'unica difesa è ridurre l'esposizione con l'evacuazione preventiva, decisa in base ai livelli di allerta stabiliti dalla Protezione civile sui dati di sorveglianza dell'INGV (Osservatorio Vesuviano). Valutazione: concetti 2, completezza 2, lessico 2.

23. Traccia (6 punti). La scala Richter misura la magnitudo, un numero unico per ogni terremoto, logaritmico e senza un massimo, che esprime l'energia alla sorgente; «gradi» e numeri romani appartengono alla scala MCS dell'intensità, che descrive gli effetti in ogni località (12 gradi). Lo stesso terremoto ha intensità diverse perché queste dipendono dalla distanza dall'epicentro, dalla profondità dell'ipocentro, dal terreno (i sedimenti soffici amplificano) e dalla qualità degli edifici. I terremoti non si possono prevedere con luogo, data e magnitudo; si può

stimare la probabilità di scuotimento (mappa di pericolosità MPS04), costruire o adeguare gli edifici secondo le norme, e seguire i comportamenti corretti prima, durante e dopo la scossa («Io non rischio»). Valutazione: concetti 2, completezza 2, lessico 2.

24. Traccia (6 punti). Ipotesi: più la molla è tesa, più veloce è l'impulso. Variabile indipendente: la tensione, variata allungando la stessa molla a lunghezze diverse (per esempio 2 m, 3 m, 4 m) fra due studenti o fra due punti fissi. Variabile dipendente: la velocità, misurata come lunghezza percorsa diviso il tempo di andata dell'impulso, ripreso al rallentatore con lo smartphone e un metro sul pavimento. Costanti: la stessa molla, lo stesso tipo di impulso (una spinta breve nella direzione della molla, della stessa ampiezza), lo stesso pavimento, la stessa persona che misura i tempi. Ripetere almeno tre volte per ogni tensione e fare la media, per ridurre gli errori casuali nell'avvio e nell'arresto del cronometro. Sicurezza: non tendere troppo la molla e non lasciarla andare tesa, lavorare sul pavimento lontano da oggetti fragili. Valutazione: concetti 2, completezza 2, lessico 2.

25. Traccia (6 punti). Le onde S sono trasversali e non si propagano nei liquidi, che non oppongono resistenza al taglio; le onde P attraversano solidi e liquidi. Le onde S attraversano tutto il mantello, quindi il mantello è solido; oltre circa 103° dall'epicentro le onde S dirette mancano: c'è un involucro che non attraversano, il nucleo esterno, quindi liquido. Alla discontinuità di Gutenberg, a circa 2 900 km, le onde P rallentano bruscamente (da circa 13,7 a circa 8 km/s) e le S scompaiono; la deviazione delle onde P produce la loro zona d'ombra fra circa 103° e 142°. I magmi nascono per fusione parziale, solo in zone particolari, quando una roccia solida e calda supera la temperatura a cui cominciano a fondere i suoi minerali: per decompressione (mantello che risale, come alle dorsali), per aggiunta di acqua, che abbassa la temperatura di fusione, o per riscaldamento della crosta da parte di un magma basaltico. Valutazione: concetti 2, completezza 2, lessico 2.

26. Traccia (6 punti). In una faglia diretta il tetto scende rispetto al letto e lo sforzo è di distensione (la crosta viene stirata, come nell'Appennino centrale); in una faglia inversa il tetto sale e lo sforzo è di compressione, che accorcia la crosta (Emilia; se il piano è poco inclinato è un sovrascorrimento). Rimbalzo elastico: i blocchi spinti in versi opposti restano bloccati dall'attrito e si deformano elasticamente, accumulando energia; quando lo sforzo supera la resistenza scorrono di colpo, e l'energia accumulata in decenni o secoli si libera in pochi secondi, in parte come onde sismiche. In profondità temperatura e pressione sono alte e lo sforzo agisce per milioni di anni: le rocce si deformano in modo plastico e formano pieghe; vicino alla superficie sono fredde e si comportano in modo fragile, quindi si rompono e formano faglie. Valutazione: concetti 2, completezza 2, lessico 2.