AN 5705900
2719363

STEPHEN MARSHAK

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TRENTO BIBLIOTECA

LA TERRA

ritratto di un pianeta

02 21141874
R 00000624
LA TERRA
RITRATTO DI UN
PIANETA COD 75
MARSHAK
ZANICHELLI
EDITORE

ZANICHELLI

Indice

xv *Prefazione*

PRELUDIO
1 **Che cos'è esattamente la geologia?**

1 P.1 In cerca di idee
2 P.2 La natura della geologia
4 P.3 I temi di questo libro
7 GLI STRUMENTI DELLA SCIENZA • *Il metodo scientifico*

PARTE I
LA NOSTRA ISOLA NELLO SPAZIO

CAPITOLO 1
10 **La cosmologia e la nascita della Terra**

10 1.1 Introduzione
10 1.2 Un'immagione in evoluzione della Terra e dello spazio
12 1.3 Il senso della scala
13 IL RESTO DELLA STORIA • *La rotazione terrestre*
13 La circonferenza della Terra
14 La distanza tra la Terra e gli oggetti celesti
15 GLI STRUMENTI DELLA SCIENZA • *Il metodo della parallasse*
15 1.4 L'immagine moderna dell'Universo
16 1.5 Come si forma l'Universo
16 L'effetto Doppler
17 GLI STRUMENTI DELLA SCIENZA • *Come le onde trasmettono energia*
18 Gli spostamenti verso il rosso e la teoria dell'espansione dell'Universo
19 Il big bang
19 1.6 Come far nascere i sistemi solari dal caos
19 Le conseguenze del big bang
19 La formazione delle stelle
20 ILLUSTRAZIONI • *La nascita del sistema Terra-Luna*
22 1.7 Siamo tutti fatti di polvere di stelle
22 Le fabbriche degli elementi
23 Come si è formato il nostro sistema solare
25 Come si è formata la Luna
25 Perché la Terra è rotonda?
26 *Sommario*
26 *Parole chiave*
26 *Domande di verifica*
27 *Ulteriori letture*

CAPITOLO 2
28 **Viaggio al centro della Terra**

28 2.1 Introduzione
28 2.2 Benvenuti in questi paraggi
30 2.3 L'atmosfera
31 2.4 Le terre emerse e gli oceani
32 2.5 Di che cosa è fatta la Terra?
32 Composizione primordiale
32 Categorie dei materiali terrestri
34 2.6 Come scopriamo che la Terra è stratificata
35 Indizi derivanti dalla misura della densità terrestre
35 Indizi provenienti dalla misura della forma della Terra
36 ILLUSTRAZIONI • *L'interno della Terra*
38 Indizi derivanti dallo studio dei terremoti: come perfezionare l'immagine
38 Pressione e temperatura all'interno della Terra
39 2.7 Di che cosa sono fatti gli strati interni?
39 La crosta
40 Il mantello
40 Il nucleo
41 IL RESTO DELLA STORIA • *Le meteoriti*
41 2.8 La litosfera e l'astenosfera
42 *Sommario*
42 *Parole chiave*
43 *Domande di verifica*
43 *Ulteriori letture*

CAPITOLO 3
44 **Continenti alla deriva e mari in espansione**

44 3.1 Introduzione
46 3.2 Le prove di Wegener per la deriva dei continenti
46 La corrispondenza dei continenti
46 L'ubicazione di antiche glaciazioni

© 88-08-07671-7

47 La distribuzione delle fasce climatiche equatoriali
47 La distribuzione dei fossili
48 Come confrontare le unità geologiche
49 Critiche alle idee di Wegener
50 3.3 Il paleomagnetismo e i percorsi della migrazione apparente dei poli
50 Il campo magnetico terrestre
50 In che modo le rocce sviluppano paleomagnetismo?
51 GLI STRUMENTI DELLA SCIENZA • *I fondamenti del magnetismo*
52 Come interpretare i percorsi della migrazione polare *apparente*: indizi della deriva dei continenti
52 IL RESTO DELLA STORIA • *Come si genera il campo magnetico terrestre*
54 3.4 Si prepara la scena per la scoperta dell'espanzione del fondo marino
54 Nuove immagini della batimetria del fondo marino
55 IL RESTO DELLA STORIA • *Come trovare i paleopoli*
58 Nuove osservazioni sulla natura della crosta oceanica
59 3.5 Harry Hess e il suo «saggio di geopoesia»
60 3.6 Anomalie magnetiche: evidenze dell'espansione del fondo marino
61 Le anomalie magnetiche marine
62 ILLUSTRAZIONI • *Paleomagnetismo*
64 Le inversioni magnetiche
65 Interpretazione delle anomalie marine
68 3.7 Perforazioni in mare profondo: ulteriori evidenze
68 *Sommario*
69 *Parole chiave*
69 *Domande di verifica*
69 *Ulteriori letture*

CAPITOLO 4
70 **Come funziona la Terra: la tettonica delle placche**

70 4.1 Introduzione
71 4.2 Che cosa intendiamo con tettonica delle placche?
71 Il concetto di placca litosferica
72 Premessa fondamentale della tettonica delle placche
72 Come identificare i limiti delle placche
73 GLI STRUMENTI DELLA SCIENZA • *Il principio di galleggiamento di Archimede*
73 4.3 Limiti di placca divergenti ed espansione del fondo marino
73 Caratteristiche di una dorsale medio-oceanica
74 ILLUSTRAZIONI • *La teoria della tettonica delle placche*
77 La formazione di crosta oceanica a una dorsale medio-oceanica
77 La formazione della porzione litosferica del mantello nei pressi di una dorsale medio-oceanica
78 Perché le dorsali medio-oceaniche sono alte
79 L'ASPETTO UMANO • *Allora, volete vedere un limite di placca?*
80 4.4 Limiti di placca convergenti e subduzione
81 I terremoti e il destino delle placche subdotte
82 Caratteristiche geologiche di un limite convergente
84 4.5 Limiti di placca trasformi
87 4.6 Località speciali nel mosaico delle placche
87 Giunzioni triple
87 Punti caldi
90 4.7 Nascita e morte dei limiti di placca
90 Spaccatura (*rifting*) continentale
90 Collisione
91 4.8 Che cosa aziona il movimento delle placche?
93 4.9 Velocità dei movimenti delle placche
95 IL RESTO DELLA STORIA • *C'è tettonica delle placche su altri pianeti?*
96 4.10 Il pianeta dinamico
96 *Sommario*
97 *Parole chiave*
97 *Domande di verifica*
98 *Ulteriori letture*

CAPITOLO 5
100 **Ordine in natura: i minerali**

100 5.1 Introduzione
102 5.2 Che cos'è un minerale?
103 GLI STRUMENTI DELLA SCIENZA • *Alcune definizioni fondamentali della chimica*
104 5.3 Bellezza nell'ordine: i cristalli e la loro struttura
104 Che cosa c'è dentro un cristallo?
107 Formazione e distruzione dei minerali
109 5.4 Come si distingue un minerale da un altro?

112 5.5 Come organizzare le conoscenze: la classificazione dei minerali
113 Le classi di minerali
113 I silicati: i principali minerali che formano le rocce
115 5.6 Qualcosa di prezioso: le gemme!
117 IL RESTO DELLA STORIA • *Da dove provengono i diamanti?*
119 *Sommario*
120 *Parole chiave*
120 *Domande di verifica*
120 *Ulteriori letture*

INTERLUDIO A
121 **Gruppi di rocce**

121 A.1 Introduzione
122 A.2 Che cos'è una roccia?
122 A.3 Come si presentano le rocce
123 A.4 La base della classificazione delle rocce
126 A.5 Studiare le rocce
126 L'osservazione degli affioramenti
126 Studio di una sezione sottile
127 Attrezzature analitiche di alta tecnologia

CAPITOLO 6
129 **Dalle viscere della Terra: magma e rocce ignee**

129 6.1 Introduzione
131 6.2 La formazione del magma
132 ILLUSTRAZIONI • *La formazione delle rocce ignee*
134 IL RESTO DELLA STORIA • *Cerchiamo di capire la fusione per decompressione*
135 6.3 Di che cosa è fatto il magma?
136 I principali tipi di magma
136 6.4 Il movimento del magma e della lava
136 Le forze che fanno risalire il magma
137 Viscosità del fuso
138 IL RESTO DELLA STORIA • *La serie di reazioni di Bowen*
139 6.5 Ambienti effusivi e intrusivi
139 Scenari ignei effusivi
139 Scenari ignei intrusivi
140 6.6 Come il magma si trasforma in roccia
144 6.7 La tessitura delle rocce ignee
146 6.8 Classificazione delle rocce ignee
148 6.9 Dove si ha attività ignea? E perché?
148 Formazione di rocce ignee negli archi vulcanici: il prodotto della subduzione
149 Formazione di rocce ignee nei punti caldi: una sorpresa della Natura
150 Formazione di rocce ignee nei *rift*: una registrazione della rottura dei continenti
150 Formazione di rocce ignee nelle dorsali medio-oceanche: formazione nascosta di placca
152 *Sommario*
152 *Parole chiave*
153 *Domande di verifica*
153 *Ulteriori letture*

CAPITOLO 7
154 **Un velo superficiale: sedimenti e rocce sedimentarie**

154 7.1 Introduzione
156 7.2 Degradazione: la formazione del sedimento
156 Le montagne si sgretolano
156 Degradazione fisica
159 Degradazione chimica
161 Quando la degradazione fisica e quella chimica lavorano di concerto
162 7.3 Il suolo: prodotto del sedimento alla superficie terrestre
166 7.4 Introduciamo le rocce sedimentarie
167 7.5 Rocce sedimentarie clastiche
167 Formazione
168 Classificazione
171 7.6 Rocce sedimentarie biochimiche e organiche: sottoprodotti della vita
171 Il calcare biochimico
173 La selce biochimica
173 Rocce organiche: carbone e peliti bituminose
174 7.7 Rocce sedimentarie chimiche
174 Le evaporiti: prodotti dell'evaporazione di acqua salata
175 Il travertino (calcare chimico)
176 Il calcare dolomitico: sostituzione della calcite con la dolomite (un tipo di diagenesi)
176 La selce metasomatica
177 7.8 Strutture sedimentarie
177 Stratificazione
177 Tipi speciali di stratificazione
178 Impronte alla superficie dello strato: altri indizi sugli ambienti del passato
179 7.9 Ambienti sedimentari
179 Ambienti sedimentari continentali
182 ILLUSTRAZIONI • *La formazione delle rocce sedimentarie*
185 Ambienti sedimentari marini
187 Potete ora fare il detective sedimentario!
188 7.10 I bacini sedimentari
188 Tipi di bacini nel contesto della teoria delle placche
189 Trasgressioni e regressioni

© 88-08-07671-7

190 *Sommario*
190 *Parole chiave*
191 *Domande di verifica*
191 *Ulteriori letture*

CAPITOLO 8
193 **Cambiamento allo stato solido: rocce metamorfiche**

193 8.1 Introduzione
194 8.2 Che cos'è una roccia metamorfica?
195 8.3 Cause e conseguenze del metamorfismo
195 Riscaldamento e ricristallizzazione
196 GLI STRUMENTI DELLA SCIENZA • *La diffusione*
197 Reazione con acqua sotterranea molto calda: metasomatismo e venatura
197 La pressione e le sue conseguenze
198 Cambiamento simultaneo di pressione e temperatura: stabilità dei minerali
198 Sforzo differenziale e orientamento preferenziale del minerale
200 Rigenerazione: la formazione della roccia metamorfica
201 8.4 Tipi di rocce metamorfiche
201 Rocce metamorfiche laminate
203 Roccia metamorfica non foliata
204 8.5 Gradi di metamorfismo
205 Esempio: metamorfismo di un'argilla a grado sempre più alto
206 Minerali indice e zone metamorfiche
207 8.6 Ambienti del metamorfismo
207 Metamorfismo nei pressi di plutoni (metamorfismo termico o di contatto)
207 Metamorfismo come risultato degli sforzi di taglio in zone di faglia (metamorfismo dinamico)
208 IL RESTO DELLA STORIA • *Facies metamorfiche*
209 Metamorfismo sotto le montagne (metamorfismo dinamico-termico o regionale)
210 ILLUSTRAZIONI • *Gli ambienti metamorfici*
213 L'ASPETTO UMANO • *L'arte ceramica: un'analogia col metamorfismo termico*
213 Metamorfismo quale risultato di *rifting* e di faglie trasformi
213 Metamorfismo in corrispondenza di dorsali medio-oceaniche
214 Metamorfismo delle zone di subduzione (l'enigma degli «scisti blu»)
214 8.7 Dove si trovano le rocce metamorfiche?
216 *Sommario*
216 *Parole chiave*
217 *Domande di verifica*

INTERLUDIO B
218 **Il ciclo delle rocce**

218 B.1 Introduzione
219 B.2 Un caso esemplare
221 B.3 Velocità del movimento nel ciclo delle rocce
221 B.4 Che cosa aziona il ciclo delle rocce?
222 ILLUSTRAZIONI • *Gli ambienti in cui si formano le rocce e il ciclo delle rocce*

PARTE III
L'ATTIVITÀ TETTONICA DI UN PIANETA DINAMICO

CAPITOLO 9
226 **L'ira di Vulcano: le eruzioni vulcaniche**

226 9.1 Introduzione
227 9.2 I prodotti delle eruzioni vulcaniche
228 Lava e colate di lava
230 Materiali piroclastici
233 Gas vulcanico
233 9.3 Architettura e forma dei vulcani
234 9.4 Stili eruttivi: scorrerà o esploderà?
238 ILLUSTRAZIONI • *Il vulcano*
240 L'ASPETTO UMANO • *Esplosioni vulcaniche da ricordare*
242 9.5 Eruzioni di punto caldo
242 Vulcani di punto caldo oceanici (Hawaii)
243 Vulcani di punto caldo continentali (Parco Nazionale di Yellowstone)
243 Eruzioni basaltiche di plateau
244 9.6 Eruzioni lungo le dorsali medio-oceaniche
244 L'Islanda: un punto caldo su una dorsale
245 9.7 Eruzioni lungo limiti convergenti
245 9.8 Eruzioni nei *rift* continentali
245 9.9 I vulcani nel paesaggio
246 9.10 Attenzione! I vulcani sono rischiosi
249 9.11 Come proteggersi dall'ira del vulcano
249 Vulcani attivi, inattivi ed estinti
250 La previsione delle eruzioni
251 Il controllo del rischio vulcanico
252 9.12 I vulcani e il clima
253 9.13 I vulcani e la civiltà
254 9.14 I vulcani sugli altri pianeti
255 *Sommario*
256 *Parole chiave*
256 *Domande di verifica*
257 *Ulteriori letture*

CAPITOLO 10
258 **Un fremito violento: i terremoti**

258 10.1 Introduzione
259 10.2 Le faglie e la produzione di terremoti
260 Le faglie della crosta
261 La formazione delle faglie
262 L'attrito e lo scorrimento bloccato
263 In che modo le faglie generano terremoti
264 Entità dello scorrimento sulle faglie
265 Deformazione senza terremoti
266 ILLUSTRAZIONI • *La fagliatura della crosta*
268 10.3 Le onde sismiche
268 IL RESTO DELLA STORIA • *I lunamoti: terremoti sulla Luna*
270 10.4 Come misurare e localizzare i terremoti
270 Come i sismografi registrano un terremoto
272 Come trovare l'epicentro
273 Come definire le dimensioni di un terremoto
276 10.5 Dove e perché si producono i terremoti?
277 I terremoti dei limiti di placca
279 Terremoti nei *rift* continentali e nelle zone di collisione
280 Terremoti intraplacca
280 Sismicità indotta
281 10.6 I danni dei terremoti
281 Scosse e spostamenti del terreno
282 Frane e valanghe
282 Liquefazione di sedimento
284 Incendi
284 Tsunami
286 Pericoli per la salute
287 10.7 Come prevedere il *Big One*
288 Previsioni a lungo termine
288 Previsioni a breve termine
291 10.8 L'ingegneria sismica e la divisione in zone (zonazione)
293 *Sommario*
294 *Parole chiave*
294 *Domande di verifica*

INTERLUDIO C
296 **Guardiamo dentro la Terra**

296 C.1 Introduzione
296 C.2 Il movimento delle onde sismiche attraverso la Terra
298 C.3 Riflessione e rifrazione dell'energia delle onde
298 C.4 Alla scoperta del confine crosta-mantello
299 C.5 Come definire la struttura del mantello
300 C.6 Il confine nucleo-mantello (la «zona d'ombra» delle onde P)
301 C.7 Natura del nucleo (la «zona d'ombra» delle onde S)
302 C.8 Messa a punto della nostra immagine degli strati profondi
302 La tomografia sismica
302 Profili sismici a riflessione
304 C.9 Una visione integrata della Terra

CAPITOLO 11
305 **Dirupi, fessure e pieghe: la deformazione della crosta e la formazione delle montagne**

305 11.1 Introduzione
306 11.2 Le catene montuose e il concetto di orogenesi
307 11.3 Deformazione della roccia nella crosta
307 Deformazione e sue cause
309 Tipi di deformazione: comportamento fragile e duttile
310 Forza, sforzo e cause della deformazione
311 11.4 Le diaclasi: fessure naturali nelle rocce
312 IL RESTO DELLA STORIA • *Come descrivere l'orientamento delle fratture*
313 11.5 Faglie: fratture con scorrimento
314 Classificazione delle faglie
315 Come riconoscere le faglie
316 Le faglie sulle carte geologiche
316 Sistemi di faglie e deformazione risultante
317 11.6 Le pieghe: strati rocciosi incurvati
318 Terminologia e classificazione delle pieghe
318 Le pieghe sulle carte geologiche
319 Come si formano le pieghe
320 11.7 La foliazione tettonica
320 11.8 La formazione delle rocce durante l'orogenesi
322 11.9 Il sollevamento delle montagne
322 Radici crostali e altezza delle montagne
323 Il concetto di isostasia
324 Come le montagne vengono scolpite dall'erosione
324 Ciò che sale deve scendere: il sollevamento ha i suoi limiti
325 11.10 Le cause della costruzione delle montagne
325 Catene montuose connesse con la convergenza
326 ILLUSTRAZIONI • *La collisione dell'India con l'Asia*
328 Montagne connesse con la collisione continentale
328 Catene connesse con il *rifting*
329 11.11 La deformazione all'interno dei cratoni
329 11.12 Le Dolomiti: un aspetto spettacolare della catena collisionale alpina

© 88-08-07671-7

330 11.13 Come misurare l'orogenesi in atto
330 IL RESTO DELLA STORIA • *Sintesi strutturale delle Alpi orientali* (a cura di ALBERTO CASTELLARIN)
336 *Sommario*
337 *Parole chiave*
337 *Domande di verifica*
338 *Ulteriori letture*

PARTE IV
LA STORIA PRIMA DELLA STORIA

INTERLUDIO D
340 **Memorie della vita passata: fossili ed evoluzione**
340 D.1 La scoperta dei fossili
341 D.2 La fossilizzazione
341 Quali tipi di roccia contengono fossili?
341 Come si forma un fossile
342 I numerosi e diversi tipi di fossili
345 La conservazione dei fossili
346 Fossili straordinari: una finestra speciale sul passato
347 D.3 Come classificare la vita
348 D.4 Come classificare i fossili
349 D.5 La documentazione fossile
349 Breve storia della vita
349 La documentazione fossile è completa?
350 D.6 Evoluzione ed estinzione
350 Gli abitanti della Terra nel corso del tempo
351 Estinzione: quando le specie scompaiono

CAPITOLO 12
353 **Il tempo «profondo»: quanto è antico l'antico?**
353 12.1 Introduzione
354 12.2 Il tempo: un'ossessione dell'uomo
354 12.3 Il concetto di tempo geologico
354 La nascita del tempo geologico
355 Età relativa ed età numerica
356 12.4 Principi fisici per definire l'età relativa
359 12.5 Aggiungiamo i fossili alla successione stratigrafica
359 12.6 Le discordanze: lacune nella documentazione
361 12.7 Formazioni stratigrafiche e loro correlazioni
364 12.8 La colonna stratigrafica
366 ILLUSTRAZIONI • *La documentazione nelle rocce: come ricostruire la storia geologica*
368 I fossili e la colonna stratigrafica
368 12.9 L'età numerica e l'orologio radiometrico
369 Il decadimento radioattivo e il concetto di periodo di dimezzamento
370 La tecnica di datazione radiometrica
372 Che cosa significa una datazione radiometrica?
372 Altri metodi per determinare l'età numerica
373 IL RESTO DELLA STORIA • *La datazione col carbonio-14*
375 12.10 Dalla colonna stratigrafica alla colonna geocronologica
375 12.11 L'età della Terra
377 12.12 Come raffigurarsi il tempo geologico
378 *Sommario*
379 *Parole chiave*
379 *Domande di verifica*
380 *Ulteriori letture*

CAPITOLO 13
381 **Una biografia della Terra**
381 13.1 Introduzione
382 13.2 Metodi per studiare il passato
383 13.3 L'eone Adeano: l'inferno sulla Terra
385 13.4 L'eone Archeano: la nascita della crosta, degli oceani e della vita
386 13.5 L'eone Proterozoico: la transizione verso il mondo moderno
389 13.6 L'eone Fanerozoico: la vita si diversifica e si formano i continenti odierni
390 ILLUSTRAZIONI • *L'evoluzione della vita*
392 13.7 L'era Paleozoica: da Rodinia a Pangea
392 Il Palezoico inferiore (periodi Cambriano-Ordoviciano, 545-440 Ma)
393 L'era Paleozoica media (periodi Siluriano-Devoniano, 440-360 Ma)
395 L'era tardo-Paleozoica (periodi Carbonifero e Permiano, 360-251 Ma) (a cura di GIAN BATTISTA VAI)
398 13.8 L'era Mesozoica: quando regnavano i dinosauri
398 Il Mesozoico inferiore e medio (periodi Triassico-Giurassico, 251-145 Ma)
399 L'era Mesozoica superiore (periodo Cretaceo, 145-65 Ma)
401 13.9 L'era Cenozoica: il tratto finale fino al presente
402 GLI STRUMENTI DELLA SCIENZA • *Sequenze stratigrafiche e variazione del livello del mare*
406 13.10 Entriamo nel futuro
407 *Sommario*
408 *Parole chiave*

409 *Domande di verifica*
409 *Ulteriori letture*

CAPITOLO 14
412 **Come spremere energia dalle pietre: risorse energetiche**

412 14.1 Introduzione
413 14.2 Le risorse energetiche del sistema Terra
415 14.3 Petrolio e gas naturale
415 Che cosa sono il petrolio e il gas naturale?
416 Dove si formano il petrolio e il gas?
416 14.4 Come si forma un giacimento petrolifero
417 Rocce madri
417 Rocce serbatoio
418 Trappole e sigilli
419 14.5 L'esplorazione e la produzione petrolifera
419 La nascita dell'industria petrolifera
420 La moderna ricerca di petrolio
421 IL RESTO DELLA STORIA • *Tipi di trappole petrolifere*
424 14.6 Il gas naturale
424 14.7 Il carbone: l'energia che proviene dalle paludi del passato
426 Come si forma il carbone
426 Classificazione del carbone
428 14.8 Come trovare ed estrarre il carbone
428 Come trovare il carbone
428 Come estrarre il carbone
430 14.9 L'energia nucleare
430 Come funziona una centrale nucleare?
431 Geologia dell'uranio
432 I problemi del nucleare
432 14.10 L'energia geotermica
433 14.11 L'energia idroelettrica
433 14.12 Energia e società: scelte e problemi
433 La crisi degli anni Settanta
434 La stretta petrolifera
435 È possibile soddisfare le nostre necessità con altre risorse energetiche?
436 Problemi ambientali
437 *Sommario*
437 *Parole chiave*
438 *Domande di verifica*
438 *Ulteriori letture*

CAPITOLO 15
439 **Le ricchezze delle rocce: le risorse minerarie**

439 15.1 Introduzione
440 15.2 I metalli e la loro scoperta
440 Che cosa sono i metalli?
440 La scoperta dei metalli
442 15.3 Minerali grezzi, minerali metallici e giacimenti minerari
442 Che cos'è un minerale grezzo?
443 Come si formano i giacimenti minerari?
446 Dove si trovano i giacimenti minerari?
447 15.4 La ricerca e la produzione dei minerali metallici
449 15.5 Risorse minerarie non metalliche
449 La pietra da costruzione
449 Inerti (pietrisco e calcestruzzo)
450 Materiali geologici che si trovano nelle nostre case
451 15.6 Le necessità globali di minerali
451 Quanto dureranno le riserve?
452 IL RESTO DELLA STORIA • *I monumenti in pietra e il tempo* (a cura di MARCO DEL MONTE)
455 L'estrazione dei minerali e l'ambiente
456 *Sommario*
456 *Parole chiave*
456 *Domande di verifica*
457 *Ulteriori letture*

INTERLUDIO E
460 **Paesaggi in continuo cambiamento e ciclo idrologico**

460 E.1 Introduzione
460 E.2 Lo scontro tra sollevamento ed erosione
464 ILLUSTRAZIONI • *Il ciclo idrologico*
466 E.3 Fattori che controllano lo sviluppo del paesaggio
466 E.4 Il ciclo idrologico

CAPITOLO 16
468 **Quando il terreno è insicuro: frane e altri movimenti di massa**

468 16.1 Introduzione
469 16.2 Tipi di movimento in massa

© 88-08-07671-7

469 Soliflusso e ghiacciai di roccia
470 Frane rotatorie
471 Colate di fango e di detriti
472 Frane di roccia e detriti
473 Valanghe
474 Frane di crollo
475 Movimenti in massa subacquei e sottomarini
476 Sommario: una molteplicità di movimenti in massa
476 16.3 Come si creano le condizioni per i movimenti in massa
476 Rilievo e forza di gravità
477 Frammentazione e degradazione: il terreno superficiale si indebolisce
478 ILLUSTRAZIONI • *Movimenti in massa*
480 Stabilità del pendio: la battaglia tra la forza traente e la forza resistente
482 16.4 Il dito sul grilletto: fattori che causano il cedimento del pendio
482 Scosse e vibrazioni
483 Variazione degli angoli di pendio, dei carichi e del sostegno
483 Resistenza variabile del pendio: gli effetti della degradazione, della vegetazione e dell'acqua
485 16.5 La tettonica delle placche e i movimenti in massa
485 Importanza dell'ambiente tettonico
485 16.6 Come ci possiamo proteggere dai disastri causati dai movimenti in massa?
485 Identificazione delle regioni a rischio
487 Come prevenire i movimenti in massa
490 *Sommario*
490 *Parole chiave*
491 *Domande di verifica*
491 *Ulteriori letture*

CAPITOLO 17
492 **Corsi d'acqua e piene: geologia dell'acqua in movimento**

492 17.1 Introduzione
493 17.2 Il drenaggio del terreno
493 Il deflusso superficiale nel contesto del ciclo idrologico
493 La formazione dei corsi d'acqua e dei reticoli idrografici
495 Bacini idrografici e loro spartiacque
496 Corsi d'acqua conseguenti e antecedenti
498 Corsi d'acqua permanenti ed effimeri
498 17.3 Portata e turbolenza
500 17.4 Il lavoro dell'acqua corrente
500 Processi erosivi
501 IL RESTO DELLA STORIA • *Una forma di erosione: i calanchi*
502 Il trasporto: la portata solida
503 Quando i corsi d'acqua perdono il carico solido: i processi deposizionali
504 17.5 Come cambiano i fiumi lungo il loro corso
504 Profili longitudinali
505 Livello di base
506 17.6 Corsi d'acqua e loro depositi nel paesaggio
506 Valli e gole
506 Rapide e cascate
507 Conoidi alluvionali e corsi d'acqua intrecciati
508 Corsi d'acqua meandriformi e pianure alluvionali
509 I delta: la deposizione alla foce di un fiume
512 17.7 Evoluzione del paesaggio fluviale
512 La peneplazione del rilievo e il ringiovanimento dei penepiani
514 ILLUSTRAZIONI • *I sistemi fluviali*
516 Un «furto» di drenaggio: la cattura fluviale
516 Effetti della tettonica delle placche e delle variazioni climatiche sui fiumi
517 17.8 Acque infuriate
517 L'inevitabile catastrofe
518 Inondazioni dell'epoca glaciale: la Grande Inondazione del Missoula nell'ovest americano
518 Previsione (e prevenzione?) delle inondazioni
521 17.9 Fiumi: una risorsa che sta scomprendo?
524 *Sommario*
524 *Parole chiave*
525 *Domande di verifica*

CAPITOLO 18
526 **Un regno inquieto: gli oceani e le coste**

526 18.1 Introduzione
528 18.2 Paesaggi sottomarini
530 Piattaforme, scarpate e declivi continentali
531 La batimetria dei limiti di placca oceanici
531 Piane abissali e monti isolati
532 18.3 L'acqua degli oceani
532 Composizione
532 Temperatura
534 Densità
534 18.4 Le correnti: fiumi nel mare
534 Correnti superficiali
535 Risalita, affondamento e correnti profonde
536 GLI STRUMENTI DELLA SCIENZA • *L'effetto Coriolis*
538 18.5 La marea va... la marea viene...

539 18.6 L'azione delle onde
542 18.7 Dove la terra incontra il mare: morfologie costiere
542 Coste sabbiose
546 Coste rocciose
548 Zone umide costiere
548 Estuari
549 Fiordi
550 Scogliere coralline
551 18.8 Cause della variabilità morfologica delle coste
551 Contesto tettonico
552 Variazioni relative del livello del mare
553 L'apporto di sedimento e il clima
553 18.9 Problemi delle coste e loro soluzioni
553 Le variazioni attuali del livello del mare
554 Proteggere le spiagge?
556 L'inquinamento e la distruzione delle coste «organiche»
558 *Sommario*
558 *Parole chiave*
559 *Domande di verifica*
559 *Ulteriori letture*

CAPITOLO 19
560 **Una riserva nascosta: l'acqua sotterranea**

560 19.1 Introduzione
561 19.2 Dove si trova l'acqua sotterranea?
561 Il serbatoio sotterraneo del ciclo idrologico
561 Porosità: la sede dell'acqua sotterranea
563 19.3 Permeabilità: facilità di scorrimento
564 Acquiferi e acquitardi
564 19.4 La falda freatica
566 Topografia della superficie freatica
566 Falde freatiche pensili
566 19.5 La circolazione dell'acqua sotterranea
566 Percorsi di flusso dell'acqua sotterranea
567 Velocità dell'acqua sotterranea
568 La legge di Darcy
568 19.6 Chimica dell'acqua sotterranea
569 19.7 L'emungimento delle falde
569 Pozzi
571 Sorgenti
572 L'ASPETTO UMANO • *Le oasi*
573 19.8 Sorgenti calde e geyser
574 19.9 Problemi connessi all'utilizzo dell'acqua sotterranea
575 L'esaurimento delle risorse idriche sotterranee
577 Inquinamento delle falde
579 Effetti indesiderati dell'innalzamento della superficie freatica
580 ILLUSTRAZIONI • *Grotte e paesaggi carsici*
582 19.10 Grotte e carsismo: il paradiso degli speleologi
582 La dissoluzione e lo sviluppo delle grotte
582 Sistemi di grotte
582 Gli speleotemi
583 La formazione dei paesaggi carsici
585 La vita nelle grotte
587 *Sommario*
587 *Parole chiave*
587 *Domande di verifica*
588 *Ulteriori letture*

CAPITOLO 20
589 **Un involucro di gas: l'atmosfera e il clima**

589 20.1 Introduzione
590 20.2 La formazione dell'atmosfera
590 20.3 Struttura dell'atmosfera
590 I componenti dell'aria
591 Inquinanti atmosferici
591 Variazioni di pressione e di densità
592 Calore e temperatura
592 Relazioni tra pressione e temperatura: variazione adiabatica
592 L'acqua nell'aria: umidità relativa e calore latente
593 Gli strati dell'atmosfera
594 20.4 Il vento e la circolazione globale nell'atmosfera
595 Variazioni laterali di pressione e origine del vento
595 Immissione di energia nell'atmosfera: la convezione
596 L'ASPETTO UMANO • *Perché il cielo è azzurro*
598 IL RESTO DELLA STORIA • *L'inclinazione dell'asse terrestre: la causa delle stagioni*
600 Venti superficiali prevalenti
601 Venti di alta quota: le correnti a getto
602 20.5 Il tempo atmosferico e le sue cause
602 Masse e fronti d'aria
603 Circolazione ciclonica e anticiclonica
604 Nuvole e precipitazioni
607 20.6 Perturbazioni
607 Temporali
609 Tornado
611 Uragani
614 20.7 Il clima globale
614 Controllo del clima e fasce climatiche
616 Variabilità del clima: i monsoni e El Niño
619 *Sommario*
620 *Parole chiave*
620 *Domande di verifica*
621 *Ulteriori letture*

© 88-08-07671-7

CAPITOLO 21
622 **Regioni aride: la geologia dei deserti**
622 21.1 Introduzione
622 21.2 Che cos'è un deserto?
624 21.3 Tipi di deserto
626 Distribuzione dei deserti e tettonica delle placche
626 21.4 Degradazioni e processi erosivi nei deserti
626 Degradazione e formazione del suolo
628 L'erosione dell'acqua
628 L'erosione eolica
631 21.5 Ambienti deposizionali dei deserti
631 Falde di detrito
631 Conoidi alluvionali
632 Laghi salati ed effimeri
632 Depositi eolici
632 21.6 Paesaggi desertici
632 Pareti rocciose e mesa
633 Piane pietrose
633 Mari di sabbia: la geometria delle dune
635 21.7 La vita nel deserto
636 IL RESTO DELLA STORIA • *Uluru (Ayers Rock)*
638 ILLUSTRAZIONI • *Il regno del deserto*
640 21.8 Il rischio di desertificazione
642 *Sommario*
643 *Parole chiave*
643 *Domande di verifica*
643 *Ulteriori letture*

CAPITOLO 22
644 **Le meraviglie del ghiaccio: ghiacciai ed epoche glaciali**
644 22.1 Introduzione
646 22.2 Il ghiaccio: una roccia costituita di acqua
646 22.3 Natura dei ghiacciai
646 Categorie
647 Come si forma un ghiacciaio
648 Il movimento del ghiaccio
651 Avanzamento e arretramento dei ghiacciai
653 Il ghiaccio marino
653 22.4 Erosione e trasporto a opera del ghiaccio
653 L'erosione glaciale e i suoi prodotti
657 I fiordi: valli glaciali sommerse
657 I nastro trasportatore glaciale: il trasporto di sedimento a opera del ghiaccio
658 22.5 I depositi delle glaciazioni
658 Tipi di depositi glaciali
659 Morfologie deposizionali e ambienti glaciali
661 22.6 Altre conseguenze della glaciazione continentale
661 Il carico del ghiaccio e il «rimbalzo» glaciale
662 Variazioni del livello del mare: il serbatoio glaciale nel ciclo idrologico
663 Dighe di ghiaccio, inversioni idrografiche e laghi
664 ILLUSTRAZIONI • *Ghiacciai e morfologie glaciali*
666 Caratteri pluviali
666 22.7 Ambienti periglaciali
668 22.8 L'epoca glaciale pleistocenica
668 I ghiacciai pleistocenici
669 La vita e il clima nel mondo pleistocenico
671 Cronologia dell'epoca glaciale pleistocenica
672 Epoche glaciali più antiche
673 22.9 Le cause delle epoche glaciali
673 Cause di lungo termine
674 Cause di breve termine
675 Un modello per la storia glaciale pleistocenica
677 22.10 Ci sarà un altro avanzamento dei ghiacciai?
677 *Sommario*
678 *Parole chiave*
679 *Domande di verifica*
679 *Ulteriori letture*

CAPITOLO 23
680 **Il cambiamento globale del sistema Terra**
680 23.1 Introduzione
681 23.2 Cambiamenti unidirezionali
681 Evoluzione della Terra solida
682 IL RESTO DELLA STORIA • *L'effetto riccioli d'oro*
682 Evoluzione dell'atmosfera e degli oceani
683 Evoluzione della vita
683 23.3 Cicli fisici
683 Il ciclo dei supercontinenti
684 Il ciclo del livello marino
685 Il ciclo delle rocce
685 23.4 Cicli biogeochimici
686 Il ciclo dell'acqua
686 Il ciclo del carbonio
687 23.5 Il cambiamento globale del clima
687 Metodi di studio
688 ILLUSTRAZIONI • *Il sistema Terra*
691 Cambiamento di lungo periodo del clima
693 L'ASPETTO UMANO • *Il cambiamento climatico globale e la nascita delle leggende*
695 IL RESTO DELLA STORIA • *Il paradosso del Sole giovane e pallido*
695 Cambiamento climatico di breve periodo
697 Cambiamento climatico catastrofico ed episodi di estinzione in massa

699 23.6 Cambiamenti antropici nel sistema Terra
699 Modifica dei paesaggi
700 Modifica degli ecosistemi
700 Inquinamento
702 Effetti sul clima: il problema del riscaldamento globale
705 23.7 Il futuro della Terra: uno scenario
706 *Sommario*
707 *Parole chiave*
707 *Domande di verifica*
708 *Ulteriori letture*

APPENDICE A
709 **Conoscenze scientifiche di base: materia ed energia**

709 A.1 Scopriamo la natura della materia
710 A.2 Una visione moderna della materia
710 Gli atomi
712 Numero atomico, massa atomica e isotopi
713 Ioni: atomi con una carica
713 Molecole e legami chimici
715 Le forme della materia
716 A.3 Le forze della natura
717 A.4 L'energia
717 Energia cinetica e potenziale
717 L'energia delle reazioni chimiche
718 Energia proveniente dalle forze di campo
718 Fissione e fusione: energia prodotta rompendo o costruendo atomi
719 A.5 Caldo e freddo
719 Energia termica e temperatura
719 Calore e trasferimento di calore

APPENDICE B
721 **Diagramma di flusso per identificare i minerali**

725 ***Glossario***

753 ***Fonti delle illustrazioni***

757 ***Indice analitico***