

Indice generale

Prefazione	X		
Ringraziamenti	XII		
1			
Introduzione alla mineralogia e alla petrografia	1		
1.1 Formazione degli elementi chimici nelle supernovae	2		
1.2 Nascita del Sistema solare e della Terra	3		
1.3 Accrezione della Terra	4		
1.4 Struttura interna della Terra	5		
1.5 Raffreddamento del pianeta e tettonica delle placche	6		
1.6 Tettonica delle placche e formazione delle rocce	8		
1.6.1 Margini di placca divergenti	8		
1.6.2 Margini di placca convergenti	8		
1.6.3 Margini trasformati	9		
1.6.4 Risalita di mantello profondo e punti caldi	9		
1.7 Presentazione dei capitoli successivi	10		
<i>Sommario</i>	10		
<i>Domande di ripasso</i>	11		
<i>Per approfondire</i>	11		
2			
I materiali della terra solida	13		
2.1 Definizione di minerale	14		
2.1.1 Alcuni minerali familiari	15		
2.2 Come si classificano i minerali?	18		
2.3 Il nome dei minerali	19		
2.4 Cos'è un cristallo? E lo stato cristallino?	20		
2.5 Che cos'è una roccia?	21		
2.6 Come si formano le rocce? Classificazione in rocce ignee, sedimentarie e metamorfiche	22		
2.7 Alcune rocce familiari	24		
2.8 Tettonica delle placche e origine delle rocce	28		
2.8.1 La fabbrica di rocce della dorsale medio-oceanica	30		
2.8.2 La fabbrica di rocce nei margini di placche convergenti	30		
2.8.3 La fabbrica di rocce dei margini continentali divergenti (rift valley)	31		
2.8.4 La fabbrica di rocce dei pennacchi di mantello (hot-spot)	31		
2.8.5 La fabbrica di rocce nei margini passivi	31		
2.8.6 La fabbrica di rocce nei mari epicontinentali	31		
2.8.7 La fabbrica di rocce metamorfiche	31		
<i>Sommario</i>	32		
<i>Domande di ripasso</i>	33		
<i>Per approfondire</i>	33		
3			
Come si identificano i minerali?	35		
3.1 Abito	37		
3.2 Stato di aggregazione	37		
3.3 Colore e lucentezza	38		
3.3.1 L'origine dei colori nei minerali	40		
3.4 Sfaldatura	44		
3.5 Durezza	46		
3.6 Peso specifico (densità relativa)	48		
3.6.1 Peso specifico e struttura atomica	48		
3.7 Magnetismo, solubilità in acido, radioattività	49		
3.8 Metodi strumentali per la caratterizzazione quantitativa dei minerali	50		
3.8.1 Diffrazione dei raggi X su polveri	51		
3.8.2 Tecniche a sonda elettronica	51		
<i>Sommario</i>	55		
<i>Domande di ripasso</i>	56		
<i>Per approfondire</i>	56		
4			
Gli aspetti fondamentali delle strutture cristalline	57		
4.1 Gli elementi chimici presenti in natura	58		
4.2 Raggi atomici e ionici	58		
4.3 Quali fattori controllano l'impaccamento di ioni (e atomi) nelle strutture dei minerali?	61		
4.4 Regole di Pauling	64		

4.5 Quali forze tengono assieme le strutture cristalline?	69
4.5.1 Configurazione elettronica degli atomi e degli ioni	70
4.5.2 Legame chimico	71
4.6 Sostituzioni atomiche	74
4.6.1 Fattori responsabili del grado di sostituzione atomica (soluzione solida)	75
4.6.2 Classificazione delle soluzioni solide	77
<i>Sommario</i>	78
<i>Domande di ripasso</i>	79
<i>Per approfondire</i>	80

5

Introduzione alla cristallografia	81
5.1 Elementi e operazioni di simmetria	83
5.2 Combinazioni di elementi di simmetria	84
5.3 I sei (sette) sistemi cristallini	85
5.3.1 Gli assi cristallografici	85
5.3.2 La notazione di Hermann-Mauguin per la simmetria	87
5.3.3 La notazione cristallografica per i piani nei cristalli	87
5.3.4 La definizione di forma cristallina	90
5.3.5 La notazione per le direzioni nei cristalli	92
5.4 Proiezioni dei cristalli	92
5.5 Sette dei trentadue gruppi puntuali	92
5.6 Geminati	104
5.7 Alcune considerazioni sui gruppi spaziali	109
5.7.1 Gruppi spaziali	113
5.8 Polimorfismo	116
<i>Sommario</i>	125
<i>Domande di ripasso</i>	125
<i>Per approfondire</i>	126

6

I minerali e le rocce osservati al microscopio ottico a luce polarizzata	
6.1 La luce e il microscopio polarizzatore	128
6.2 Il passaggio della luce attraverso un cristallo: indice e angolo di rifrazione	130
6.3 Il passaggio della luce polarizzata attraverso i minerali	131

6.4 Lamine accessorie e determinazione delle direzioni di vibrazione fast e slow	135
6.5 Posizioni di estinzione e segno dell'allungamento	136
6.6 Colori d'interferenza anomali, pleocroismo, assorbimento	137
6.7 La tavola di identificazione dei minerali	138
6.8 Indicatrice ottica uniassica	139
6.9 Indicatrice ottica biassica	140
6.10 Figure d'interferenza uniassiche	141
6.11 Determinazione del segno ottico	143
6.12 Figura d'interferenza biassica, segno ottico, angolo fra gli assi ottici	143
6.13 Analisi modale	145
<i>Sommario</i>	146
<i>Domande di ripasso</i>	148
<i>Per approfondire</i>	148

7

I minerali delle rocce ignee	149
7.1 Gli elementi chimici più comuni della crosta terrestre, nei minerali e nelle rocce	150
7.2 Calcolo delle formule dei minerali	151
7.3 I diagrammi ternari (triangolari)	153
7.4 Descrizione sistematica dei minerali più abbondanti nelle rocce ignee	154
7.5 I plagioclas: albite (NaAlSi₃O₈) e anortite (CaAl₂Si₂O₈)	156
7.6 K-feldspato: KAlSi₃O₈ con i tre polimorfi (microclino, ortoclasio e sanidino)	158
7.7 Quarzo: SiO₂ e i polimorfi tridimite, cristobalite, coesite e stishovite	159
7.8 Nefelina: (Na,K)AlSiO₄	160
7.9 Leucite: KAlSi₂O₆	161
7.10 Sodalite: Na₄Al₃Si₃O₁₂Cl	161
7.11 Enstatite: MgSiO₃-(Mg,Fe)SiO₃	162
7.12 Pigeonite: ~Ca_{0,25}(Mg,Fe)_{1,75}Si₂O₆	163
7.13 Augite: (Ca,Na)(Mg,Fe,Al)(Si,Al)₂O₆	165
7.14 Egirina: NaFe³⁺Si₂O₆	166
7.15 Orneblenda: (Na,K)₀₋₁Ca₂(Mg,Fe,Al)₅(Si,Al)₈O₂₂(OH)₂	167
7.16 Muscovite: KAl₂(AlSi₃O₁₀)(OH)₂	168
7.17 Flogopite: KMg₃(AlSi₃O₁₀)(OH)₂	168
7.18 Biotite: K(Mg,Fe)₃(AlSi₃O₁₀)(OH)₂	169
7.19 Olivina: (Mg,Fe)₂SiO₄	171
7.20 Zircrone: ZrSiO₄	172
7.21 Tormalina: (Na,Ca,K)(Fe²⁺,Mg,Al,Mn,Li)₃(Al,Fe³⁺)₆(BO₃)₃(Si₆O₁₈)(OH)₃(O,OH,F)₄	172

7.22 Allantite: $(Ca,Ce)_2(Al,Fe^{2+},Fe^{3+})_3(SiO_4)(Si_2O_7)(OH)$	173	8.9.8 Un sistema basaltico ternario semplice: diopside-albite-anortite	212
7.23 Melilite: $(Ca,Na)_2(Mg,Al)(Si,Al)_2O_7$	174	8.9.9 Diagrammi di fase più complessi	213
7.24 Magnetite: Fe_3O_4	175	8.10 Velocità dei processi geologici	213
7.25 Cromite: $FeCr_2O_4$	176	8.10.1 Leggi del trasporto	214
7.26 Ematite: Fe_2O_3	176	8.10.2 Le velocità dei processi attivati e l'equazione di Arrhenius	215
7.27 Ilmenite: $FeTiO_3$	178	8.11 Decadimento radioattivo	217
7.28 Rutile: TiO_2	179	8.11.1 Velocità del decadimento radioattivo	218
7.29 Uraninite: UO_2	179	8.11.2 Calcolo dell'età assoluta sulla base del decadimento radioattivo	218
7.30 Pirite: FeS_2	180	8.11.3 Datazioni assolute con il decadimento di ^{87}Rb in ^{87}Sr	219
7.31 Pirrotina: $Fe_{1-x}S$	181	8.11.4 Datazioni assolute con il metodo ^{40}K - ^{40}Ar	220
7.32 Calcopirite: $CuFeS_2$	182	8.11.5 Datazioni assolute con uranio e piombo	221
7.33 Apatite: $Ca_5(PO_4)_3(OH,F,Cl)$	182	8.11.6 Datazioni assolute con il decadimento di ^{147}Sm in ^{143}Nd	222
<i>Sommario</i>	183	8.11.7 Temperatura di chiusura	222
<i>Domande di ripasso</i>	183	8.11.8 Datazioni assolute con il metodo delle tracce di fissione	222
<i>Per approfondire</i>	184	<i>Sommario</i>	223
8		<i>Domande di ripasso</i>	224
La direzione e la velocità dei processi naturali: introduzione alla termodinamica e alla cinetica	185	<i>Per approfondire</i>	225
8.1 Termini termodinamici fondamentali	186	9	
8.2 Calore, lavoro e prima legge della termodinamica	188	Come si formano le rocce ignee?	227
8.3 Entropia e seconda e terza legge della termodinamica	190	9.1 Come e perché una roccia fonde?	228
8.4 Energia libera di Gibbs	191	9.1.1 La composizione del mantello superiore	229
8.5 Variazioni dell'energia libera di Gibbs in funzione di T e P	193	9.1.2 Temperature di fusione della peridotite di mantello superiore	230
8.6 Variazioni dell'energia libera di Gibbs in funzione della composizione	194	9.1.3 Calore latente di fusione	231
8.7 Equilibrio termodinamico	195	9.1.4 Il gradiente geotermico e la geoterma	231
8.8 Diagramma di fase termodinamico	195	9.2 Le tre principali cause di fusione del mantello e il loro contesto tettonico	231
8.9 Diagrammi di fase multicomponenti	196	9.2.1 Aumentare la temperatura della peridotite di mantello sopra i punti caldi	232
8.9.1 Un semplice sistema a due componenti H_2O - $NaCl$	196	9.2.2 Fusione per decompressione lungo i margini di placca divergenti	232
8.9.2 Fusione di una coppia di minerali: l'eutettico	198	9.2.3 Aggiungere acqua nei margini di placca convergenti (zone di subduzione)	234
8.9.3 Fusione congruente ed eutettici del granito e della sienite a nefelina	202	9.3 Effetto della pressione sulla fusione	234
8.9.4 Fusione incongruente e peritettico	202	9.3.1 La pressione nella Terra	235
8.9.5 Relazioni di fusione di minerali soluzione solida	205		
8.9.6 Un semplice diagramma di fase ternario	208		
8.9.7 Sistema ternario granitico quarzo-albite-ortoclasio	211		

9.3.2 L'effetto della pressione sulla fusione anidra delle rocce	235	10.2.1 I corpi intrusivi poco profondi: dicchi, sill, laccoliti, filoni a cono ad anello e diatremi	266
9.3.3 Fusione idrata delle rocce e solubilità dell'acqua nel magma	236	10.2.2 I corpi ignei plutonici: lopoliti, batoliti e stock	270
9.3.4 Effetto della sottosaturazione dell'acqua sulla fusione delle rocce	237	10.2.3 Corpi ignei estrusivi	274
9.3.5 Solubilità di altri gas nel magma	238	10.3 Classificazione delle rocce ignee dell'International Union of Geological Sciences	287
9.3.6 Essoluzione di gas magmatici e vulcanismo esplosivo	238	10.3.1 Moda e norma	287
9.4 Proprietà fisiche del magma	242	10.3.2 Classificazione IUGS per le rocce ignee	287
9.4.1 Densità	242	10.3.3 Composizione delle più comuni rocce ignee plutoniche	291
9.4.2 Viscosità	242	10.3.4 Classificazione IUGS delle rocce ignee vulcaniche	291
9.4.3 Diffusione nel magma, crescita dei cristalli e granulometria delle rocce ignee	244	10.3.5 Classificazione delle rocce vulcaniche di Irvine-Baragar	294
9.5 Risalita del magma	246	10.4 Rocce ignee e loro contesto tettonico	295
9.5.1 Spinta di galleggiamento	246	10.4.1 Rocce ignee formate ai margini di placche divergenti nelle dorsali medio-oceaniche	296
9.5.2 Risalita del magma per galleggiamento	247	10.4.2 Rocce ignee delle isole oceaniche formate al di sopra di punti caldi	299
9.6 Solidificazione del magma nella crosta	248	10.4.3 Plateau basaltici continentali e grandi province magmatiche	300
9.6.1 Raffreddamento di corpi magmatici per conduzione di calore	248	10.4.4 Rocce ignee alcaline associate a rift continentali	301
9.6.2 Raffreddamento di corpi magmatici per convezione e radiazione	252	10.4.5 Rocce ignee prodotte vicino ai margini di placche convergenti	304
9.6.3 Differenziazione magmatica per separazione di cristalli	252	10.5 Associazioni speciali di rocce precambriane	309
9.6.4 Compattazione del <i>crystal mush</i>	255	10.5.1 Komatiiti	310
9.6.5 Assimilazione e cristallizzazione frazionata	255	10.5.2 Anortositi	310
9.6.6 Immiscibilità dei liquidi	257	10.5.3 Rocce associate a impatti con grandi meteoriti	312
9.7 Evoluzione dei reservoir isotopici della Terra e origine dei magmi	258	<i>Sommario</i>	315
9.7.1 Evoluzione di $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ nella Terra, nel mantello e nella crosta	258	<i>Domande di ripasso</i>	316
9.7.2 Evoluzione di $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ nella Terra, nel mantello e nella crosta	260	<i>Per approfondire</i>	317
<i>Sommario</i>	261		
<i>Domande di ripasso</i>	262		
<i>Per approfondire</i>	262		

10

Le rocce ignee: giacitura, classificazione e significato tettonico

10.1 Perché è necessaria una classificazione delle rocce ignee?	266
10.2 Giacitura delle rocce ignee	266

11

I minerali delle rocce sedimentarie e altri materiali

11.1 Interazioni tra atmosfera terrestre e minerali	320
11.2 Ghiaccio: H_2O	321
11.3 Goethite: $\text{FeO}(\text{OH})$	322
11.4 Caolinite: $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$	323

11.5 Calcite: CaCO₃	324	12.7.3 Sedimenti e processi tettonici	360
11.6 Aragonite: CaCO₃	327	12.8 Ambienti di deposizione e loro significato tettonico	361
11.7 Dolomite: CaMg(CO₃)₂	328	12.8.1 Margini di placca convergenti	362
11.8 Magnesite: MgCO₃	329	12.8.2 Margini continentali passivi	362
11.9 Siderite: FeCO₃	329	12.8.3 Bacini di rift e pull-apart	363
11.10 Rodocrosite: MnCO₃	330	12.9 Da sedimento a roccia sedimentaria: litificazione	364
11.11 Salgemma: NaCl	330	12.9.1 Porosità e compattazione	364
11.12 Silvite: KCl	331	12.9.2 Cementazione del sedimento	364
11.13 Gesso: CaSO₄·2H₂O	331	12.9.3 Pressione-soluzione	365
11.14 Anidrite: CaSO₄	332	12.9.4 Ricristallizzazione, sostituzione e dolomitizzazione	366
11.15 Selce e agata: varietà microcristalline di SiO₂	332	<i>Sommario</i>	366
11.16 Fosforiti	334	<i>Domande di ripasso</i>	367
11.17 Il suolo	336	<i>Per approfondire</i>	368
<i>Sommario</i>	337		
<i>Domande di ripasso</i>	337		
<i>Per approfondire</i>	337		

12

Formazione, trasporto e litificazione del sedimento

12.1 Importanza dei sedimenti per capire la storia della Terra	340
12.2 Weathering e formazione del sedimento	341
12.2.1 Il ruolo della CO ₂ nel weathering	341
12.2.2 Prodotti del weathering	342
12.2.3 Granulometria del materiale detritico	344
12.2.4 Grado di arrotondamento e resistenza all'abrasione	345
12.3 Sedimenti di origine organica	346
12.3.1 Formazione di sedimenti carbonatici e silicei	346
12.3.2 Formazione degli idrocarburi nei sedimenti	348
12.4 Sedimenti di origine chimica	349
12.5 Sedimenti prodotti da erosione glaciale	351
12.6 Trasporto del sedimento	352
12.6.1 Flusso laminare e turbolento	352
12.6.2 Trasporto delle particelle nei fluidi	353
12.6.3 Movimento delle particelle nelle correnti di torbida	356
12.6.4 Trasporto delle particelle nei debris flow	358
12.7 Stratificazione nei sedimenti e nelle rocce sedimentarie	358
12.7.1 Principio di sovrapposizione	359
12.7.2 Cicli di Milankovitch	359

13

Le rocce sedimentarie: classificazione, giacitura e significato tettonico

13.1 Rocce sedimentarie silicoclastiche	370
13.1.1 Peliti	370
13.1.2 Arenarie	373
13.1.3 Conglomerati e breccie	380
13.2 Rocce sedimentarie carbonatiche	382
13.2.1 Calcari	383
13.2.2 Dolomie	391
13.2.3 Rocce carbonatiche e tettonica delle placche	391
13.3 Carbone	391
13.4 Petrolio e gas naturale	392
13.5 Evaporiti	393
13.6 Fosforiti	394
13.7 Rocce sedimentarie ferrifere	394
<i>Sommario</i>	394
<i>Domande di ripasso</i>	395
<i>Per approfondire</i>	396

14

I minerali delle rocce metamorfiche

14.1 Descrizione sistematica di alcuni minerali comuni nelle rocce metamorfiche	398
14.2 Granato: (Mg²⁺, Fe²⁺, Mn²⁺)₃Al₂Si₃O₁₂ e Ca₃(Fe³⁺, Al³⁺, Cr³⁺)₂Si₃O₁₂	398
14.3 Andalusite: Al₂SiO₅	400

14.4	Sillimanite: Al_2SiO_5	400	15.2.3	Regola delle fasi di Gibbs	
14.5	Cianite: Al_2SiO_5	401		e numero di minerali che una roccia	
14.6	Staurolite: $\text{Fe}_{3.4}\text{Al}_{18}\text{Si}_8\text{O}_{48}\text{H}_{2.4}$	401		metamorfica può contenere	426
14.7	Diopside: $\text{CaMgSi}_2\text{O}_6$	402	15.3	Grado e facies metamorfica	426
14.8	Antofillite: $\text{Mg}_7\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2$	403	15.4	Tessitura delle rocce metamorfiche	429
14.9	Cummingtonite-Grunerite: $\text{Fe}_2\text{Mg}_5\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2$ - $\text{Fe}_7\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2$	403	15.4.1	Tessiture delle rocce	
14.10	Tremolite-Ferroactinolite: $\text{Ca}_2\text{Mg}_5\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2$ - $\text{Ca}_2\text{Fe}_5\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2$	404		metamorfiche di contatto	430
14.11	Glaucofane: $\text{Na}_2\text{Mg}_3\text{Al}_2\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2$	404	15.4.2	Deformazione e tessiture	
14.12	Wollastonite: CaSiO_3	405		delle rocce metamorfiche regionali	431
14.13	Rodonite: MnSiO_3	406	15.5	Classificazione delle rocce	
14.14	Talco: $\text{Mg}_3\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2$	407		metamorfiche	437
14.15	Clorite: $(\text{Mg},\text{Al},\text{Fe})_6(\text{Si},\text{Al})_4\text{O}_{10}\cdot(\text{OH})_8$	408	15.6	Metamorfismo delle peliti	437
14.16	Antigorite: $\text{Mg}_3\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$	408	15.6.1	Rappresentazione grafica di una	
14.17	Crisotilo: $\text{Mg}_3\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$	409		semplice reazione metamorfica	438
14.18	Grafite: C	410	15.6.2	Una semplice griglia petrogenetica	439
14.19	Epidoto: $\text{Ca}_2\text{Fe}^{3+}\text{Al}_2\text{O}(\text{SiO}_4)$ $(\text{Si}_2\text{O}_7)(\text{OH})$. Clinzoisite: $\text{Ca}_2\text{Al}_3\text{O}(\text{SiO}_4)(\text{Si}_2\text{O}_7)(\text{OH})$	411	15.6.3	Gradiente metamorfico	440
14.20	Cordierite: $(\text{Mg},\text{Fe})_2\text{Al}_4\text{Si}_5\text{O}_{18}\cdot n\text{H}_2\text{O}$	411	15.6.4	Rappresentazione grafica	
14.21	Vesuvianite: $\text{Ca}_{19}(\text{Al},\text{Mg},\text{Fe})_{13}(\text{Si}_2\text{O}_7)_4$ $(\text{SiO}_4)_{10}(\text{O},\text{OH},\text{F})_{10}$	412		delle associazioni di minerali	
14.22	Titanite: CaTiSiO_5	412		nelle metapeliti	440
14.23	Scapolite: $3\text{NaAlSi}_3\text{O}_8\cdot\text{NaCl}$ - $3\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8\cdot\text{CaSO}_4$ (o $\cdot\text{CaCO}_3$)	413	15.6.5	Associazioni mineralogiche	
14.24	Lawsonite: $\text{CaAl}_2(\text{Si}_2\text{O}_7)(\text{OH})_2\cdot\text{H}_2\text{O}$	414		delle zone metamorfiche di Barrow	
14.25	Pumpellyite: Ca_2MgAl_2 $(\text{SiO}_4)(\text{Si}_2\text{O}_7)(\text{OH})_2\cdot\text{H}_2\text{O}$	415		e parte della griglia petrogenetica	
14.26	Topazio: $\text{Al}_2\text{SiO}_4(\text{F},\text{OH})_2$	416		per le metapeliti	442
14.27	Corindone: Al_2O_3	416	15.7	Metamorfismo di calcare dolomitico	
14.28	Cabasite: $\text{Ca}_2\text{Al}_2\text{Si}_4\text{O}_{12}\cdot 6\text{H}_2\text{O}$	417		impuro	445
Sommario		418	15.8	Metamorfismo e fusione parziale:	
Domande di ripasso		419		le migmatiti	448
Per approfondire		419	15.9	Geotermometri e geobarometri	449
			15.10	Significato tettonico	
				del metamorfismo	451
			15.10.1	Percorsi pressione-temperatura-	
				tempo (<i>P-T-t</i>)	451
			15.10.2	Facies metamorfiche e tettonica	
				delle placche	452
			Sommario		454
			Domande di ripasso		456
			Per approfondire		457

15

Le rocce metamorfiche		421
15.1	Quali trasformazioni avvengono durante il metamorfismo?	422
15.1.1	Un esempio di trasformazione metamorfica	423
15.2	Perché le rocce si trasformano?	424
15.2.1	Energia libera di Gibbs, motore delle trasformazioni metamorfiche	424
15.2.2	Velocità delle reazioni metamorfiche	425

16

Minerali di interesse economico in vene e pegmatiti		459
16.1	Oro: Au	460
16.2	Argento: Ag	461
16.3	Rame: Cu	462
16.4	Diamante: C	462
16.5	Zolfo: S	463
16.6	Galena: PbS	464
16.7	Blenda: ZnS	465

16.8 Bornite: CuFeS₄	466
16.9 Calcocite: Cu₂S	467
16.10 Marcasite: FeS₂	468
16.11 Molibdenite: MoS₂	468
16.12 Arsenopirite: FeAsS	469
16.13 Bauxite: una miscela di diasporo, gibbsite e boehmite	470
16.14 Fluorite: CaF₂	470
16.15 Baritina: BaSO₄	471
16.16 Spodumene: LiAlSi₂O₆	472
16.17 Lepidolite: K(Li,Al)₂₋₃(AlSi₃O₁₀)(OH,F)₂	472
16.18 Alcuni minerali delle gemme	473
<i>Sommario</i>	476
<i>Domande di ripasso</i>	477
<i>Per approfondire</i>	477

17

Alcuni materiali e risorse della Terra selezionati

17.1 Materiali da costruzione	480
17.1.1 Pietre da costruzione	481
17.1.2 Mattoni, cemento e calcestruzzo	482
17.1.3 Sabbia, ghiaia e pietrisco	483
17.2 Giacimenti di ferro	484
17.3 Minerali argillosi	485
17.4 Giacimenti di rame	486
17.5 Giacimenti di litio	488
17.6 Elementi delle terre rare	489
17.7 Zeoliti	489
17.8 Risorse energetiche	490
17.8.1 Riserve di petrolio, gas e carbone	490
17.8.2 Gas da scisto e fratturazione idraulica	492
17.8.3 Energia nucleare	496
17.8.4 Energia geotermica	496
<i>Sommario</i>	497
<i>Domande di ripasso</i>	498
<i>Per approfondire</i>	499

Risorse multimediali

All'indirizzo online.universita.zanichelli.it/klein sono disponibili le risorse multimediali di completamento al libro, indicate nel testo con l'icona .

Per accedere alle risorse protette è necessario registrarsi su my.zanichelli.it inserendo la chiave di attivazione personale contenuta nel libro.

18

I materiali della Terra e la salute umana

18.1 Il corpo umano e il suo fabbisogno di materiali della Terra	501
18.2 Suoli e salute umana	502
18.2.1 Fertilità del suolo	503
18.2.2 Aumento delle produzioni agricole dei terreni coltivabili e impoverimento del suolo	503
18.2.3 Fabbisogno di fertilizzanti	505
18.3 Rischi cancerogeni e chimici derivanti da materiali della Terra	506
18.3.1 Erionite	506
18.3.2 Minerali che costituiscono l'amianto	506
18.3.3 Minerali della silice	508
18.3.4 L'arsenico, un esempio di materiale naturale pericoloso dal punto di vista chimico	509
18.3.5 Pericoli sanitari legati alla radioattività	510
18.3.6 Intrappolamento del carbonio per mitigare il cambiamento climatico	511
18.4 Rischi legati a eruzioni vulcaniche	512
18.4.1 Monitoraggio dell'attività vulcanica	514
18.4.2 Lahar	515
18.5 Tsunami	516
18.6 Effetti dell'impatto di meteoriti	516
<i>Sommario</i>	517
<i>Domande di ripasso</i>	518
<i>Per approfondire</i>	519
Unità di misura comuni	520
Indice di minerali e rocce	521
Indice analitico	523
Glossario	