

# Indice

<b>Introduzione</b> .....	1	.1 Dimensioni atomiche .....	47
<b>1 Struttura atomica: dalla teoria atomica di Dalton agli orbitali molecolari</b> .....	3	.2 Raggi ionici .....	50
1.1 Evoluzione del modello atomico: postulati della teoria atomica di Dalton .....	3	.3 Energia di ionizzazione .....	52
1.2 Scoperta dell'elettrone .....	4	.4 Affinità elettronica .....	55
.1 Esperimento di Thomson .....	6	.5 Carica nucleare effettiva .....	55
.2 Esperimento di Millikan .....	7	.6 Elettronegatività .....	57
1.3 Scoperta del protone .....	8	Esercizi .....	62
1.4 Scoperta della radioattività .....	9	<i>Approfondimento 2.1</i> Determinazione dei raggi atomici .....	48
1.5 Modello nucleare dell'atomo .....	10	<i>Approfondimento 2.2</i> Misura del potenziale di ionizzazione .....	53
.1 Struttura atomica moderna .....	13	<i>Approfondimento 2.3</i> Calcolo dell'elettronegatività di Pauling .....	59
1.6 Massa atomica .....	15	<i>Approfondimento 2.4</i> Gli elementi del gruppo VIII: i gas nobili .....	60
.1 Unità di massa atomica .....	15	<b>3 Legame chimico</b> .....	63
.2 Misura della massa atomica .....	15	3.1 Legame covalente .....	64
.3 Massa Atomica Relativa .....	16	.1 Legame covalente secondo la teoria del legame di valenza .....	64
.4 Difetto di massa .....	17	.2 Teoria degli orbitali molecolari .....	68
1.7 Mole e numero di Avogadro .....	19	.3 Risonanza .....	70
1.8 Cenni sulle onde elettromagnetiche .....	20	3.2 Legame ionico .....	71
1.9 Modello di Bohr dell'atomo di idrogeno .....	22	3.3 Legame metallico .....	72
1.10 Teoria di Sommerfeld e orbitali atomici .....	26	.1 Teoria degli orbitali molecolari dei solidi .....	73
.1 Principio di esclusione di Pauli .....	27	3.4 Legame dativo .....	76
1.11 Teoria ondulatoria .....	27	3.5 Legame a elettroni delocalizzati .....	77
1.12 Meccanica classica e meccanica ondulatoria .....	28	3.6 Legami intermolecolari .....	78
1.13 Onde di De Broglie .....	30	.1 Legame idrogeno .....	78
1.14 Equazione di Schrödinger .....	31	.2 Forze di van der Waals .....	80
1.15 Numeri quantici .....	33	<i>Approfondimento 3.1</i> Enrico Fermi e Paul Dirac .....	73
1.16 Teoria ondulatoria e teoria di Bohr: punto di contatto .....	33	<i>Approfondimento 3.2</i> Giunzione p-n nei semiconduttori .....	74
1.17 Orbitali atomici .....	35	<i>Approfondimento 3.3</i> Superconduzione .....	75
.1 Forma e dimensioni degli orbitali .....	35	<i>Approfondimento 3.4</i> Carbonilazione del metanolo e processo Monsanto .....	76
.2 Energia degli orbitali .....	38	<i>Approfondimento 3.5</i> Importanza del legame idrogeno nelle proteine e negli acidi nucleici .....	79
<i>Approfondimento 1.1</i> Interpretazione del fenomeno dei raggi catodici .....	6	<i>Approfondimento 3.6</i> Microscopio a forza atomica .....	81
<i>Approfondimento 2.2</i> Principio della bomba atomica .....	11	<b>4 Struttura delle molecole</b> .....	83
<b>2 Sistema periodico degli elementi</b> .....	43	4.1 Ibridazione e struttura molecolare .....	83
2.1 Tavola periodica degli elementi .....	43		
.1 Suddivisione in periodi .....	45		
.2 Suddivisione in gruppi .....	45		
2.2 Proprietà periodiche degli atomi .....	47		

4.2	Repulsione elettronica, geometria e angoli di legame .....	95	<i>Approfondimento 6.3</i> Lorenzo Romano Amedeo Carlo Avogadro .....	132
4.3	Geometria e polarità delle molecole .....	99		
4.4	Molecole chirali o dissimetriche .....	101		
	Esercizi .....	109		
	<i>Approfondimento 4.1</i> Elementi e operazioni di simmetria .....	84		
	<i>Approfondimento 4.2</i> Dimostrazione della specularità delle immagini .....	105		
	<i>Approfondimento 4.3</i> Nomenclatura IUPAC per il sistema R/S .....	106		
	<i>Approfondimento 4.4</i> Molecole inerentemente chirali .....	108		
<b>5</b>	<b>Stato solido e stato liquido</b> .....	113		
5.1	Proprietà generali dei solidi .....	113		
5.2	Classificazione dei solidi .....	114		
	.1 Solidi covalenti .....	114		
	.2 Solidi ionici .....	115		
	.3 Solidi molecolari .....	115		
	.4 Solidi metallici .....	115		
5.3	Liquidi .....	115		
	.1 Tensione superficiale .....	116		
	.2 Viscosità .....	117		
	.3 Tensione di vapore .....	118		
	<i>Approfondimento 5.1</i> Sir William Lawrence Bragg .....	114		
	<i>Approfondimento 5.2</i> Viscosità degli olii motore .....	117		
<b>6</b>	<b>Stato aeriforme</b> .....	121		
6.1	Proprietà dei gas .....	122		
	.1 Scale termometriche .....	122		
6.2	Teoria cinetica dei gas .....	123		
	.1 Legge di Boltzmann .....	123		
	.2 Legge di Boyle-Mariotte .....	124		
	.3 Legge di Charles .....	125		
	.4 Leggi di Gay-Lussac .....	126		
6.3	Equazione di stato dei gas ideali .....	127		
6.4	Miscela gassosa: legge di Dalton .....	128		
6.5	Legge di Graham .....	129		
6.6	Gas reali .....	129		
	.1 Stato critico dei gas .....	131		
6.7	Principio di Avogadro .....	131		
	Esercizi .....	133		
	<i>Approfondimento 6.1</i> Ludwig Eduard Boltzmann e James Clerk Maxwell .....	123		
	<i>Approfondimento 6.2</i> Arricchimento isotopico dell'uranio da diffusione gassosa .....	130		
			<i>Approfondimento 6.3</i> Lorenzo Romano Amedeo Carlo Avogadro .....	132
<b>7</b>	<b>Stechiometria</b> .....	135		
7.1	Formule chimiche .....	136		
	.1 Formula minima .....	136		
	.2 Formula chimica .....	136		
	.3 Formula di struttura .....	136		
	.4 Abbondanze percentuali .....	136		
7.2	Reazioni chimiche .....	138		
	.1 Bilanciamento per tentativi .....	138		
	.2 Reazioni di ossidoriduzione: il numero di ossidazione .....	139		
7.3	Calcoli stechiometrici .....	145		
7.4	Resa di reazione .....	146		
7.5	Reagente limitante .....	148		
	Esercizi .....	149		
<b>8</b>	<b>Termodinamica chimica</b> .....	155		
8.1	Sistemi e stati .....	157		
	.1 Calore, lavoro ed energia .....	159		
8.2	Prima legge della termodinamica .....	163		
8.3	Entropia e seconda legge della termodinamica .....	165		
	.1 Equazione fondamentale della termodinamica .....	167		
	.2 Disuguaglianza di Clausius .....	168		
8.4	Terza legge della termodinamica .....	169		
8.5	Entalpia .....	169		
8.6	Energia libera .....	170		
8.7	Capacità termica e calore molare .....	173		
8.8	Trasformazioni adiabatiche reversibili di un gas perfetto .....	175		
8.9	Teorema di Carnot .....	176		
8.10	Termochimica .....	179		
	.1 Entalpia standard di formazione .....	179		
	.2 Legge di Hess .....	182		
	Esercizi .....	183		
<b>9</b>	<b>Diagrammi di fase</b> .....	191		
9.1	Diagrammi di fase e potenziale chimico .....	192		
9.2	Equazione di Clausius-Clapeyron .....	195		
9.3	Regola di Trouton .....	198		
9.4	Regola di Gibbs .....	199		
<b>10</b>	<b>Diagrammi di distillazione e proprietà colligative</b> .....	201		
10.1	Sospensioni, dispersioni colloidali e soluzioni .....	202		
10.2	Unità di concentrazione .....	204		
	.1 Molarità .....	204		
	.2 Molalità .....	205		

.3	Frazione molare .....	205	<b>12</b>	<b>Equilibri ionici in soluzione .....</b>	255
.4	Percentuale in massa .....	206	12.1	Definizioni di acido e base .....	256
.5	Normalità .....	206	.1	Acidi e basi secondo Arrhenius .....	256
.6	Parti per milione .....	207	.2	Acidi e basi secondo Brønsted-Lowry ....	256
10.3	Entalpia nella solubilizzazione delle sostanze .....	207	.3	Acidi e basi secondo Lewis .....	258
10.4	Soluzioni ideali e reali .....	208	12.2	Dissociazione dell'acqua e costante di autoprotolisi .....	259
.1	Tensione di vapore delle soluzioni ideali .....	208	.1	$H_3O^+$ o $H^+$ ? .....	260
.2	Deviazioni dalla legge di Raoult .....	211	12.3	pH e pOH .....	260
.3	Soluzioni dei gas nei liquidi: legge di Henry .....	212	.1	Scala di acidità .....	261
.4	Tecnica della distillazione .....	214	.2	Misura del pH e indicatori .....	261
10.5	Equilibrio solido-liquido .....	217	12.4	Soluzioni di acidi e basi forti .....	264
10.6	Equilibrio liquido-liquido .....	218	.1	Calcolo del pH di una soluzione di acidi e basi forti .....	265
10.7	Proprietà colligative .....	220	.2	Potere livellante dell'acqua .....	266
.1	Osmosi e pressione osmotica .....	225	.3	Acidi e basi forti diluiti .....	266
10.8	Coefficiente di van't Hoff .....	230	12.5	Soluzioni di acidi e basi deboli .....	268
Esercizi .....	231		.1	Relazione tra un acido debole e la sua base coniugata .....	268
<i>Approfondimento 10.1</i>	Joseph Louis Proust e John Tyndall .....	202	.2	Grado di dissociazione ed effetto della diluizione e del pH .....	272
<i>Approfondimento 10.2</i>	François Marie Raoult .....	209	12.6	Acidi poliprotici .....	273
<i>Approfondimento 10.3</i>	Risvolti pratici della legge di Henry .....	213	.1	Reazione tra un acido forte e un sale formato da un acido debole e una base forte .....	274
<i>Approfondimento 10.4</i>	Jean Antoine Nollet e Wilhelm Friedrich Pfeffer .....	225	12.7	pH di soluzioni di sali e idrolisi salina .....	275
<i>Approfondimento 10.5</i>	Jacobus Henricus van't Hoff .....	228	.1	Sali formati da acidi forti e basi forti ....	275
<b>11</b>	<b>Equilibri chimici .....</b>	233	.2	Sali formati da acidi deboli e basi forti o da basi deboli e acidi forti .....	276
11.1	Reversibilità delle reazioni chimiche .....	234	.3	Grado di idrolisi .....	278
11.2	Costanti di equilibrio e legge di azione di massa .....	234	.4	Specie anfotere .....	279
.1	Espressioni della costante di equilibrio ..	236	.5	Sali formati da acidi e basi deboli .....	280
.2	Quoziente di reazione .....	238	12.8	Soluzioni tampone .....	280
11.3	Come modificare un equilibrio chimico .....	238	.1	Calcolo del pH di una soluzione tampone .....	281
.1	Variazione della temperatura .....	239	.2	Effetto della diluizione sul potere tamponante .....	283
.2	Variazione della pressione o del volume .....	240	.3	Effetto dell'aggiunta di acidi o di basi sul potere tamponante .....	283
.3	Variazione della concentrazione .....	242	.4	Sistemi tamponanti e intervallo di utilizzo.....	284
11.4	Equilibri eterogenei .....	242	12.9	Titolazioni .....	284
.1	Attività ed equilibri eterogenei .....	243	.1	Punto di equivalenza .....	286
11.5	Stechiometria dell'equilibrio .....	244	.2	Titolazione di acidi e basi forti .....	287
Esercizi .....	246		.3	Titolazione di un acido debole con una base forte o di una base debole con acido forte .....	289
<i>Approfondimento 11.1</i>	Guldberg e Waage: legge di azione di massa .....	235	.4	Misura sperimentale del $pK_a$ di un acido debole mediante titolazione .....	292
<i>Approfondimento 11.2</i>	Henri Louis Le Châtelier ...	239	.5	Titolazione di acidi poliprotici .....	293
<i>Approfondimento 11.3</i>	Processo di sintesi dell'ammoniaca – Un contributo italiano alla sintesi dell'ammoniaca: Luigi Casale .....	241	.6	Peso equivalente, equivalenti e normalità	294

12.10 Origine della differenza della forza degli acidi .....	295	.3 Analisi dei dati sperimentali di conducibilità .....	345
Esercizi .....	298	.4 Conducibilità equivalente limite .....	347
<i>Approfondimento 12.1</i> Superacidi .....	267	15.4 Prodotto ionico dell'acqua .....	354
<i>Approfondimento 12.2</i> Il caso dei cationi idrati .....	277	15.5 Attività e soluzioni reali .....	354
<i>Approfondimento 12.3</i> Sistema tampone del sangue umano .....	286	.1 Dipendenza dei coefficienti di attività dalla concentrazione .....	355
<i>Approfondimento 12.4</i> Titolazione di un acido o di una base molto debole .....	292	Esercizi .....	357
<i>Approfondimento 12.5</i> Standard acidimetrico .....	294	<i>Approfondimento 15.1</i> Misura della conducibilità specifica di una soluzione .....	334
<b>13 Equilibri ionici eterogenei solido-soluzione</b> .....	301	<i>Approfondimento 15.2</i> Mobilità ioniche, conducibilità elettrica e numeri di trasporto .....	339
13.1 Solubilità .....	302	<i>Approfondimento 15.3</i> Peso equivalente, numero di equivalenti e normalità delle soluzioni elettrolitiche .....	342
.1 Prodotto di solubilità .....	303	<i>Approfondimento 15.4</i> Conducibilità specifica e conducibilità equivalente .....	351
.2 Solubilità e prodotto di solubilità .....	303	<b>16 Elettrochimica: potenziali elettrodi e pile</b> ..	359
.3 Effetto della presenza di uno ione comune sulla solubilità di sali poco solubili .....	306	16.1 Stechiometria delle reazioni agli elettrodi: reazioni di ossidoriduzione .....	361
13.2 Influenza del pH sulla solubilità di sali poco solubili .....	307	.1 Bilanciamento con il metodo ionico-elettronico .....	361
.1 Precipitazione degli idrossidi poco solubili.....	309	.2 Leggi di Faraday .....	363
.2 Precipitazione frazionata dei solfuri .....	310	16.2 Elettrodi .....	365
.3 Complessazione e solubilità .....	313	.1 Elettrodi di prima specie .....	368
.4 Precipitazione e ridissoluzione di idrossidi anfoteri .....	314	.2 Elettrodi di seconda specie .....	368
Esercizi .....	316	.3 Elettrodi a gas .....	369
<b>14 Cinetica chimica</b> .....	319	.4 Elettrodi redox o di ossidoriduzione .....	370
14.1 Velocità di reazione .....	320	.5 Elettrodo ad amalgama .....	370
14.2 Moleolarità di reazione .....	321	16.3 Termodinamica elettrodiaca: equazione di Nernst .....	371
14.3 Equazione cinetica e ordine di reazione .....	321	.1 Applicazione dell'equazione di Nernst: determinazione della costante termodinamica di equilibrio .....	372
14.4 Costante di velocità e costante di equilibrio .....	322	.2 Potenziale di un elettrodo .....	373
14.5 Energia di attivazione .....	323	16.4 Pile elettrochimiche .....	375
.1 Equazione di Arrhenius .....	325	.1 Pile chimiche .....	376
14.6 Catalisi e catalizzatori .....	326	.2 Determinazione dei potenziali elettrodi standard .....	379
.1 Catalisi omogenea .....	326	.3 Misura sperimentale dei potenziali standard a 25 °C .....	380
.2 Catalisi eterogenea .....	327	.4 Serie dei potenziali redox standard in soluzione acquosa .....	382
.3 Catalisi enzimatica .....	328	.5 Semielementi di riferimento .....	390
<i>Approfondimento 14.1</i> Piombo tetraetile .....	327	.6 Calcolo della forza elettromotrice di una pila .....	390
<i>Approfondimento 14.2</i> Cracking – Reforming .....	328	.7 Determinazione del pH .....	391
<b>15 Conducibilità</b> .....	331	.8 Pile a concentrazione .....	393
15.1 Struttura e proprietà dei conduttori .....	333	Esercizi .....	403
15.2 Elettroliti .....	335		
15.3 Soluzioni elettrolitiche .....	336		
.1 Conducibilità specifica .....	339		
.2 Conducibilità equivalente .....	341		

<i>Approfondimento 16.1</i> Ponte salino e setto poroso .	377	.1	Idrogeno .....	490
<i>Approfondimento 16.2</i> Impieghi di dati di potenziale in chimica: generalità .....	384	.2	Elementi del gruppo 1 .....	492
<i>Approfondimento 16.3</i> Elettrodo a vetro .....	394	.3	Elementi del gruppo 2 .....	494
<i>Approfondimento 16.4</i> Diagrammi di Pourbaix .....	399	.4	Elementi del gruppo 13 .....	495
<b>17 Elettrochimica applicata:</b>		.5	Elementi del gruppo 14 .....	499
<b>elettrolisi, pile e accumulatori, corrosione</b>	407	.6	Elementi del gruppo 15 .....	504
17.1 Elettrolisi .....	407	.7	Elementi del gruppo 16 .....	507
.1 Sistemi elettrochimici .....	407	.8	Elementi del gruppo 17 .....	513
.2 Potenziale di elettrolisi e forza controelettromotrice .....	410	.9	Elementi del gruppo 18 .....	514
.3 Sovratensione .....	413	19.4	Metalli di transizione .....	515
.4 Specie chimiche che partecipano alle reazioni elettrolitiche .....	415	.1	Elementi del gruppo 3 .....	518
.5 Leggi di Faraday per l'elettrolisi .....	422	.2	Elementi del gruppo 4 .....	518
.6 Rendimento di un processo elettrochimico .....	424	.3	Elementi del gruppo 5 .....	519
17.2 Sistemi pratici di generazione e accumulo di energia .....	425	.4	Elementi del gruppo 6 .....	519
.1 Pile primarie .....	428	.5	Elementi del gruppo 7 .....	520
.2 Pile secondarie .....	444	.6	Elementi del gruppo 8 .....	520
17.3 Corrosione elettrochimica .....	455	.7	Elementi del gruppo 9 .....	522
.1 Corrosione galvanica .....	456	.8	Elementi del gruppo 10 .....	522
.2 Corrosione per aerazione differenziale ...	457	.9	Elementi del gruppo 11 .....	523
.3 Tipi di corrosione .....	458	.10	Elementi del gruppo 12 .....	524
.4 Protezione contro la corrosione .....	460	.11	Elementi dei blocchi <i>f</i> .....	525
Esercizi .....	462	19.5	Composti di coordinazione .....	527
<i>Approfondimento 17.1</i> Processi di elettrolisi .....	416	.1	Nomenclatura .....	528
<i>Approfondimento 17.2</i> Buone abitudini nell'uso delle batterie .....	456	.2	Leganti e loro tipologie .....	528
<b>18 Nomenclatura inorganica</b> .....	475	.3	Numeri di coordinazione e relative geometrie .....	529
18.1 Elementi chimici .....	475	.4	Stabilità dei composti di coordinazione .	529
18.2 Formule chimiche .....	479	.5	Teoria del campo cristallino .....	531
18.3 Numeri di ossidazione .....	480	.6	Geometria tetraedrica .....	533
18.4 Composti ionici .....	480	.7	Geometria planare quadrata .....	534
.1 Sali .....	480	.8	Colore dei composti di coordinazione ...	535
.2 Specie cationiche .....	481	<i>Approfondimento 19.1</i> Interazione con sistemi $\pi$ delocalizzati .....	492	
.3 Specie anioniche .....	482	<i>Approfondimento 19.2</i> Produzione del carbonato di sodio .....	494	
.4 Acidi .....	482	<i>Approfondimento 19.3</i> Produzione dell'alluminio ..	498	
.5 Ossoanioni .....	483	<i>Approfondimento 19.4</i> Grafeni, fullereni e nanotubi	500	
.6 Sali doppi .....	484	<i>Approfondimento 19.5</i> Anidride carbonica: effetto serra e altro .....	501	
.7 Cationi e anioni complessi .....	484	<i>Approfondimento 19.6</i> Zeoliti .....	503	
Esercizi .....	485	<i>Approfondimento 19.7</i> Acido azotidrico .....	505	
<b>19 Chimica degli elementi</b> .....	487	<i>Approfondimento 19.8</i> Impiego dei composti azotati	506	
19.1 Abbondanza degli elementi .....	487	<i>Approfondimento 19.9</i> Smalto dentario .....	507	
19.2 Elementi essenziali ed elementi tossici .....	488	<i>Approfondimento 19.10</i> Polifosfati ed eutrofizzazione	508	
19.3 Elementi dei gruppi principali .....	489	<i>Approfondimento 19.11</i> Ossidi non stechiometrici ..	510	
		<i>Approfondimento 19.12</i> Ozono: una molecola, due problemi ambientali, anzi tre .....	511	
		<i>Approfondimento 19.13</i> Piogge acide .....	512	
		<i>Approfondimento 19.14</i> Candeggina e acido muriatico .....	514	

<i>Approfondimento 19.15</i> La scoperta del nicheltetracarbonile: una storia istruttiva .....	522	20.2	Idrocarburi aromatici .....	551
<i>Approfondimento 19.16</i> Cisplatino .....	524	.1	Idrocarburi aromatici: reattività .....	554
<i>Approfondimento 19.17</i> Estrazione dell'oro .....	525	20.3	Gruppi funzionali principali .....	555
<i>Approfondimento 19.18</i> Tossicità del mercurio .....	526	.1	Alogenuri organici .....	555
<i>Approfondimento 19.19</i> La guerra delle terre rare ..	526	.2	Alcoli, fenoli e tioli .....	556
<i>Approfondimento 19.20</i> Il seaborgio: un elemento transuranico .....	527	.3	Eteri .....	560
<b>20 Elementi di chimica organica</b> .....	537	.4	Aldeidi e chetoni .....	560
20.1 Idrocarburi alifatici .....	539	.5	Ammine .....	562
.1 Alcani e cicloalcani: nomenclatura IUPAC .....	539	.6	Acidi carbossilici .....	563
.2 Alcani e cicloalcani: reattività .....	546	20.4	Polimeri .....	569
.3 Alcheni e cicloalcheni: nomenclatura IUPAC .....	547	.1	Polimeri di addizione .....	571
.4 Alcheni e cicloalcheni: reattività .....	549	.2	Polimeri di condensazione .....	574
.5 Alchini .....	550	<i>Approfondimento 20.1</i> Fluorocarburi .....		557
		<b>Appendice</b> .....		577
		<b>Indice analitico</b> .....		583