

Índice general

Presentación	v
Justificación	viii
Ensayos	xxix
1. La química y nuestro mundo	1
Presentación	1
Propósitos	2
Protagonista: Francisco Bolívar Zapata, ingeniero genético	3
1.1 La química, una ciencia fenomenológica	5
1.1.1 Ideas preliminares	5
1.1.2 La química en nuestro mundo cotidiano	6
Beneficios	6
Riesgo	8
1.1.3 Ciencia: más un viaje que un destino	10
La química es una ciencia, pero... ¿qué es una ciencia?	10
Los procedimientos científicos	11
La actitud científica como norma de comportamiento	13
EJERCICIOS Y PROBLEMAS	13
ACTIVIDADES COMPLEMENTARIAS	13
1.2 Materia, energía y cambio	15
1.2.1 Ideas preliminares	15
1.2.2 Exploración (La combustión de una vela)	16
1.2.3 La materia	16
Estados de agregación	16
Definiciones de fase, mezcla heterogénea y mezcla homogénea	18
Definición de sustancia pura: elemento y compuesto	18
Ley de conservación de la materia	21
1.2.4 La energía	22
Una definición operacional	22
La energía también se conserva	23
1.2.5 El cambio	26
Cambios físicos, químicos y nucleares	26
La dirección del cambio	27
EJERCICIOS Y PROBLEMAS	29
ACTIVIDADES COMPLEMENTARIAS	30
1.3 Química: algunas de sus características	31
1.3.1 Ideas preliminares	31

1.3.2	Exploración (Aspirina)	31
1.3.3	El lenguaje de la química	32
	Constituyentes del átomo	32
	Fórmulas	36
	Compuestos covalentes e iónicos	37
	La ecuación química	42
1.3.4	La química como ciencia cuantitativa	44
	La importancia de la concentración	44
1.3.5	Análisis y síntesis en química	50
	EJERCICIOS Y PROBLEMAS	53
	ACTIVIDADES COMPLEMENTARIAS	56
14	La química en México y sus profesiones	57
	1.4.1 Ideas preliminares	57
	1.4.2 Qué hacen los profesionales químicos	57
	ACTIVIDADES COMPLEMENTARIAS	66

2. La diversidad de las formas naturales

69

	Presentación	69
	Propósitos	70
	Protagonista: Manuel Peimbert, astrónomo	72
2.1	Materia: propiedades y medición	74
2.1.1	Ideas preliminares	74
2.1.2	Exploración	74
2.1.3	El sistema internacional de unidades (SI)	75
	Unidades básicas	75
	Unidades derivadas	79
	Mediciones experimentales	80
	Masa	80
	Volumen	81
	Densidad	81
	Tiempo	81
	Temperatura	82
2.1.4	El Mol	82
	Moles ... ¿de qué?	83
2.1.5	Razones básicas y razones unitarias	83
	Cómo se mide un mol. El concepto de masa molar	86
	EJERCICIOS Y PROBLEMAS	89
	ACTIVIDADES COMPLEMENTARIAS	92
2.2	El inicio del viaje: el Universo	93
2.2.1	Ideas preliminares	93
2.2.2	La gran explosión	93
2.2.3	Núcleosíntesis estelar	96
2.2.4	La Tierra y la vida	98
2.2.5	Epílogo	100
	EJERCICIOS Y PROBLEMAS	101
	ACTIVIDADES COMPLEMENTARIAS	102

2.3	Disoluciones, coloides y suspensiones	104
2.3.1	Ideas preliminares	104
2.3.2	Explosión (aceite y agua: ¿inmiscibles?)	104
2.3.3	Dispersiones	104
	Disoluciones	105
	Coloides	106
	Suspensiones	106
2.3.4	Disoluciones y su concentración	108
	Porcentaje en masa	108
	Porcentaje en volumen	109
	Concentración molar o molaridad	109
2.3.5	Más sobre sistemas coloidales	113
	Diálisis	113
	Efecto Tyndall	117
	Movimiento browniano	117
	Floculación de coloides	117
	La superficie de los sistemas coloidales	119
	EJERCICIOS Y PROBLEMAS	122
	ACTIVIDADES COMPLEMENTARIAS	123
2.4	De las mezclas a las sustancias puras	125
2.4.1	Ideas preliminares	125
2.4.2	Exploración	125
2.4.3	Separar es lo opuesto de mezclar	125
2.4.4	Filtración	127
2.4.5	Destilación.	128
2.4.6	Sublimación	129
2.4.7	Extracción con disolventes	130
2.4.8	Cristalización	131
2.4.9	Cromatografía	133
	ACTIVIDADES COMPLEMENTARIAS	136
2.5	Sustancias elementales y compuestas	138
2.5.1	Ideas preliminares	138
2.5.2	Exploración	138
2.5.3	Un poco de historia lejana	138
2.5.4	El concepto moderno de elemento	140
2.5.5	Clasificación de los elementos	143
2.5.6	La química del oxígeno	145
	Oxidación y reducción	149
2.5.7	Valencia y fórmulas químicas	150
2.5.8	Generalidades sobre metales	156
	Propiedades	156
	Metalurgia	156
2.5.9	Generalidades sobre no metales	161
	Propiedades	162
	EJERCICIOS Y PROBLEMAS	164
	ACTIVIDADES COMPLEMENTARIAS	168

3. La materia: sus estados de agregación

171

Presentación 171

Propósitos 173

Protagonista: **Leopoldo García-Colín Scherer, fisicoquímico** 174

- 3.1 Gases, líquidos y sólidos: aspectos fenomenológicos 178
 - 3.1.1 Ideas preliminares 178
 - 3.1.2 Exploración (Gases) 180
 - 3.1.3 Las leyes de los gases 180
 - Propiedades generales de los gases 180
 - Ley de Boyle 183
 - Ley de Charles 185
 - Ley de Gay-Lussac 187
 - Ley combinada de los gases ideales 189
 - Ley general del estado gaseoso 191
 - 3.1.4 Ley de las presiones parciales de Dalton 193
 - 3.1.5 Ley de difusión de Graham 196
 - 3.1.6 Exploración (Líquidos: Densidad) 198
 - Propiedades generales de los líquidos 198
 - 3.1.7 Presión de vapor 199
 - 3.1.8 Tensión superficial 202
 - 3.1.9 Solubilidad 204
 - 3.1.10 Propiedades coligativas 208
 - 3.1.11 El estado sólido de la materia 210
 - Propiedades generales de los sólidos 210
 - 3.1.12 Diagrama de fases 211
 - EJERCICIOS Y PROBLEMAS 213
 - ACTIVIDADES COMPLEMENTARIAS 215
-
- 3.2 El modelo cinético-molecular de la materia 217
 - 3.2.1 Ideas preliminares 217
 - 3.2.2 Exploración (Presión de vapor) 217
 - 3.2.3 El modelo 218
 - Premisas del modelo cinético-molecular 218
 - Consecuencias inmediatas del modelo 219
 - Explicación de las leyes de los gases 220
 - Distribución de velocidades en función de la temperatura 221
 - 3.2.4 Más aplicaciones del modelo 222
 - Presión de vapor 222
 - Propiedades coligativas 223
 - Tensión superficial 224
 - 3.2.5 Los sólidos y su "arquitectura" 225
 - 3.2.6 Sobre la construcción de modelos 228
 - EJERCICIOS Y PROBLEMAS 230
 - ACTIVIDADES COMPLEMENTARIAS 230
-
- 3.3 Hidrocarburos. Los tres estados en el petróleo 232
 - 3.3.1 Ideas preliminares 232
 - 3.3.2 Exploración (Semejante disuelve a semejante) 232
 - 3.3.3 Hidrocarburos saturados de cadena abierta 232
 - 3.3.4 Propiedades físicas y estado de agregación 234
 - 3.3.5 Isomería 236

3.3.6	Hidrocarburos saturados de cadena cerrada	242
3.3.7	Hidrocarburos no saturados	242
3.3.8	Hidrocarburos aromáticos	245
	EJERCICIOS Y PROBLEMAS	248
	ACTIVIDADES COMPLEMENTARIAS	249

4. De las moléculas a los átomos

253

Presentación 253

Propósitos 255

Protagonista: **Alfonso Romo de Vivar, químico de productos naturales** 257

4.1	El modelo atómico de Dalton	260
4.1.1	Ideas preliminares	260
4.1.2	La atomística griega	260
4.1.3	Antecedentes de Dalton	261
	El análisis químico	261
	Ley de las composiciones constantes	263
	Ley de las proporciones múltiples	265
4.1.4	El modelo atómico de Dalton	267
	EJERCICIOS Y PROBLEMAS	273
	ACTIVIDADES COMPLEMENTARIAS	275
4.2	La química cuantitativa posterior a Dalton	277
4.2.1	Ideas preliminares	277
4.2.2	Ley de los volúmenes de combinación	277
4.2.3	Hipótesis de Avogadro	278
4.2.4	La escala de pesos atómicos	280
4.2.5	La tabla periódica	284
4.2.6	El número de Avogadro y su determinación	285
4.2.7	Reconsideración final	288
	EJERCICIOS Y PROBLEMAS	289
	ACTIVIDADES COMPLEMENTARIAS	290
4.3	Estequiometría. Ciencia de los cálculos químicos	291
4.3.1	Ideas preliminares	291
4.3.2	Para recordar el concepto de Mol	291
4.3.3	Porcentaje en peso	292
4.3.4	Fórmula mínima	293
4.3.5	Adivinanzas	296
4.3.6	Coefficientes y balanceo de reacciones	297
	Balanceo por tanteos	297
4.3.7	Razones estequiométricas	298
4.3.8	Cálculo de Moles	301
4.3.9	Cálculo de masa	302
4.3.10	Cálculo de volúmenes gaseosos ideales	303
4.3.11	Reactivo limitante	304
	EJERCICIOS Y PROBLEMAS	307
	ACTIVIDADES COMPLEMENTARIAS	311

5. Los componentes del átomo

Presentación 313

Propósitos 315

Protagonista: **Pedro Joseph-Nathan, químico orgánico y analítico** 317

- 5.1 Descubrimiento del electrón 319
- 5.1.1 Ideas preliminares 319
 - 5.1.2 El avance paralelo de la física y la química 319
 - 5.1.3 Hallazgos sobre electricidad y magnetismo 319
 - Algo sobre electricidad 319
 - Magnetismo 323
 - 5.1.4 Experimentos con tubos de descarga 323
 - Los rayos catódicos 324
 - 5.1.5 El descubrimiento del electrón 325
 - La carga del electrón 327
 - La cuantización de la carga eléctrica 328
 - El primer modelo electrónico del átomo 329
- EJERCICIOS Y PROBLEMAS 329
- ACTIVIDADES COMPLEMENTARIAS 330

- 5.2 Química nuclear 332
- 5.2.1 Ideas preliminares 332
 - Roentgen y los rayos X 332
 - Descubrimiento de la radiactividad 333
 - Naturaleza de las emanaciones radiactivas 334
 - 5.2.2 La hipótesis nuclear 336
 - Proposición y hallazgo del protón 337
 - Descubrimiento del neutrón 338
 - Separación de isótopos 339
 - 5.2.3 Radiactividad natural y estabilidad 340
 - Decaimiento alfa 342
 - Decaimiento beta 343
 - Emisión gamma 343
 - Tiempo de vida media 344
 - Series radiactivas 344
 - 5.2.4 Transformaciones nucleares inducidas 347
 - 5.2.5 Conversión masa-energía 348
 - Colofón 360
- EJERCICIOS Y PROBLEMAS 361
- ACTIVIDADES COMPLEMENTARIAS 362

- 5.3 Estructura electrónica del átomo 364
- 5.3.1 Ideas preliminares 364
 - 5.3.2 La luz como movimiento ondulatorio 364
 - Frecuencia y longitud de onda 365
 - 5.3.3 Espectroscopia y teoría cuántica 370
 - 5.3.4 La luz y los fotones 373
 - 5.3.5 El modelo de Bohr 375
 - 5.3.6 Los modelos químicos del átomo 378
- EJERCICIOS Y PROBLEMAS 383
- ACTIVIDADES COMPLEMENTARIAS 385

5.4	Periodicidad química y estructura electrónica	386
5.4.1	Ideas preliminares	386
5.4.2	Exploración (Coheteria)	386
5.4.3	Números cuánticos más allá del modelo de Bohr	387
	Niveles y subniveles energéticos en los átomos	390
	Principio de construcción progresiva	392
	Número cuántico del espín	398
5.4.4	Configuraciones electrónicas y propiedades de los elementos	400
	Los gases nobles (grupo 18)	401
	Metales alcalinos y alcalinotérreos (grupos 1 y 2)	403
	El grupo del aluminio (grupo 13)	404
	La familia del carbono (grupo 14)	405
	La familia del nitrógeno (grupo 15)	408
	La familia del oxígeno (grupo 16)	410
	Los halógenos (grupo 17) y el hidrógeno (grupo 1)	412
	Los metales de transición (grupos 3 al 12)	414
	Los metales de transición interna	416
5.4.5	Dos propiedades periódicas fundamentales	421
	Energía de ionización	422
	El tamaño de los átomos	424
	EJERCICIOS Y PROBLEMAS	427
	ACTIVIDADES COMPLEMENTARIAS	428

6. De los átomos a las moléculas

431

	Presentación	431
	Propósitos	433
	Protagonista: Rosalinda Contreras Theurel, química	434
6.1	Clasificación de los enlaces	436
6.1.1	Ideas preliminares	436
6.1.2	Exploración (Conductividad eléctrica)	436
6.1.3	Enlace químico y electronegatividad	437
	¿Por qué se unen los átomos?	437
	Electronegatividad	438
6.1.4	Enlace iónico	441
6.1.5	Enlace covalente	447
	Enlace covalente puro	447
	Enlace covalente polar	450
	Enlace covalente coordinado	452
6.1.6	Enlace metálico	452
6.1.7	Interacciones entre moléculas	457
	Enlace por puente de hidrógeno	458
	Fuerzas de van der Waals	460
	EJERCICIOS Y PROBLEMAS	464
	ACTIVIDADES COMPLEMENTARIAS	465

6.2	Estructuras de Lewis y geometría de las moléculas	467
6.2.1	Ideas preliminares	467
6.2.2	Estructuras de Lewis	467
	Octetos y grupos funcionales orgánicos	467
	Estructuras de Lewis de moléculas con un átomo central	472
6.2.3	Geometría molecular	479
	Repulsión de pares electrónicos	483
6.2.4	Isomería espacial y propiedades derivadas de la geometría	489
	Isomería cis-trans	490
	Isomería óptica	492
	Los sentidos y la geometría molecular	496
	EJERCICIOS Y PROBLEMAS	500
	ACTIVIDADES COMPLEMENTARIAS	502

6.3	Macromoléculas	503
6.3.1	Ideas preliminares	503
6.3.2	Exploración (fabricación de una pelota)	504
6.3.3	Macromoléculas sintéticas. Polimerización	508
	Aspectos históricos	508
	Propiedades de los polímeros	509
	Polimerización por adición	512
	Polimerización por condensación	514
	Las técnicas de procesamiento	518
6.3.4	Macromoléculas naturales	528
	Polisacáridos (carbohidratos y alimentos)	528
	Proteínas o polipéptidos	534
	Ácidos nucleicos o polinucleótidos	543
	Las bases	543
	Los nucleósidos	544
	Los nucleótidos	544
	Ácidos nucleicos	547
	EJERCICIOS Y PROBLEMAS	550
	ACTIVIDADES COMPLEMENTARIAS	552

7. Energía, equilibrio y velocidad de reacción

555

	Presentación	555
	Propósitos	557
	Protagonista: Francisco Giral González, farmacéutico y químico	559
7.1	Energía y termoquímica	563
7.1.1	Ideas preliminares	563
7.1.2	Exploración	564
7.1.3	Termodinámica básica	564
	Un poco de historia	564
	Unidades de la energía	565
	Calor y trabajo, formas de energía en tránsito	571

	Primera ley de la termodinámica	575
	La ley cero y la temperatura. ¿tiene ésta que ver con el calor?	578
	Energía interna y temperatura	580
7.1.4	Termoquímica: procesos exotérmicos y endotérmicos	583
	Entalpía	583
	Cambios de entalpía en una transición de fase	584
	Entalpías de enlace	590
	Entalpías de combustión y de reacción	593
7.1.5	Fuentes primarias de energía	603
	Energía nuclear	603
	Combustibles fósiles	603
	Energía solar	606
	EJERCICIOS Y PROBLEMAS	609
	ACTIVIDADES COMPLEMENTARIAS	612
7.2	Segunda ley de la termodinámica	615
7.2.1	Ideas preliminares	615
7.2.2	Exploración (Del orden al desorden, y luego, ¿de vuelta al orden?)	615
7.2.3	Entropía	616
	Enunciados de la segunda ley	616
	La flecha del tiempo y la segunda ley	618
	Entropía y dispersión de energía	618
	Consideraciones microscópicas de la entropía	621
	La entropía como criterio de espontaneidad	623
7.2.4	Función de Gibbs	627
	EJERCICIOS Y PROBLEMAS	634
	ACTIVIDADES COMPLEMENTARIAS	635
7.3	Equilibrio químico y cinética química	637
7.3.1	Ideas preliminares	637
7.3.2	Exploraciones	638
	Exploración I (Un símil del equilibrio)	638
	Exploración II (Velocidad de reacción y temperatura)	638
7.3.3	Ley de acción de masas	639
	Constante de equilibrio	640
	Esterificación	641
	Equilibrio en reacciones gaseosas	643
	Producto de solubilidad	645
	Equilibrio y energía libre	647
7.3.4	El principio de Le Châtelier	649
	Cambio en la concentración	649
	Cambio en la presión	650
	Cambio en la temperatura	651
7.3.5	Velocidad de las reacciones químicas	654
	Medición de la velocidad de reacción	655
	Orden de reacción	656
	Factores que afectan la velocidad de las reacciones y su explicación microscópica	659
	Naturaleza de los reactivos	659
	Concentración de los reactivos	660
	La temperatura	661
	Generalidades sobre catalizadores	664
	¿Cómo actúan los catalizadores?	666

Enzimas y cinética biológica	671
Cinética y constante de equilibrio	675
EJERCICIOS Y PROBLEMAS	677
ACTIVIDADES COMPLEMENTARIAS	681

8. Ácidos y bases

683

Presentación 683

Propósitos 684

Protagonista: **Alberto Urbina del Raso, ingeniero químico** 685

8.1 Clasificación de los ácidos y las bases 689

8.1.1 Ideas preliminares 689

8.1.2 Exploración (Ácidos, bases y el color de extractos vegetales) 691

8.1.3 Clasificación de Arrhenius 691

Teoría de la disociación electrolítica 691

Ácidos y bases de Arrhenius 692

8.1.4 Clasificación de Brønsted-Lowry 697

Ácidos y bases de Brønsted y Lowry 697

Ácidos y bases conjugados 698

8.1.5 Clasificación de Lewis 700

Ácidos y bases de Lewis 700

Química de coordinación 702

EJERCICIOS Y PROBLEMAS 705

ACTIVIDADES COMPLEMENTARIAS 706

8.2 Fuerza acido-base: *pH* 708

8.2.1 Ideas preliminares 708

8.2.2 Fuerza de los ácidos 708

Ácidos débiles 709

8.2.3 Fuerza de las bases 713

Bases débiles 714

8.2.4 Constante de disociación del agua 717

8.2.5 *pH* 719

EJERCICIOS Y PROBLEMAS 727

ACTIVIDADES COMPLEMENTARIAS 729

8.3 Reacciones de neutralización 731

8.3.1 Ideas preliminares 731

8.3.2 Reacciones de neutralización 735

Principio fundamental de la neutralización 736

Titulación 739

Reacciones de sustitución de Lewis 740

8.3.3 Fenómeno de hidrólisis al disolver sales 743

Disoluciones de sales provenientes de ácidos y bases fuertes 743

Hidrólisis de sales provenientes de bases fuertes y ácidos débiles 743

Hidrólisis de sales provenientes de ácidos fuertes y bases débiles 744

Hidrólisis de sales provenientes de ácidos y bases débiles 745

8.3.4 Disoluciones reguladoras 747

EJERCICIOS Y PROBLEMAS 750

ACTIVIDADES COMPLEMENTARIAS 752

9. Reacciones de óxido-reducción

753

Presentación 753

Propósitos 755

Protagonistas: **Ricardo Tapia Ibarguengoytia, neuroquímico** 756

9.1 Características de las reacciones de óxido-reducción 760

9.1.1 Ideas preliminares 760

9.1.2 Exploración (Fuego sin cerillos) 762

9.1.3 Oxidación y reducción (a la antigüita) 762
Oxidantes y reductores 764

9.1.4 Oxidación y reducción (Número de oxidación y balanceo de reacciones) 770

Números de oxidación 770

Reglas para asignar números de oxidación 774

Alerta conceptual 778

Números de oxidación en química orgánica 778

Balanceo de reacciones por óxido-reducción 783

EJERCICIOS Y PROBLEMAS 786

ACTIVIDADES COMPLEMENTARIAS 789

9.2 Electroquímica 791

9.2.1 Ideas preliminares 791

9.2.2 Exploración (Electrólisis) 791

Exploración (Pila con monedas) 791

9.2.3 Electrólisis 793

Organomagnesianos 795

Leyes de Faraday 796

Magnitudes eléctricas, sus unidades y relaciones 797

9.2.4 Potenciales estándar de reducción. Pilas 801

Pilas 805

Fuerza electromotriz 807

Electrodo de referencia 809

EJERCICIOS Y PROBLEMAS 813

ACTIVIDADES COMPLEMENTARIAS 815

9.3 Espontaneidad y vida 816

9.3.1 Ideas preliminares 816

9.3.2 Exploración (Fermentación) 816

9.3.3 Espontaneidad y óxido-reducción 818

9.3.4 Sistemas biológicos 821

Fotosíntesis 821

Herbicidas 827

Hemoglobina y respiración 828

Fermentación 829

El cerebro y su química 829

EJERCICIOS Y PROBLEMAS 840

ACTIVIDADES COMPLEMENTARIAS 840

Epilogo 841

Índice de materias 843

Créditos de ilustraciones 855

Tabla periódica de los elementos