

# Contenido

## 1. Conceptos elementales

1

- 
- |  |    |  |    |
|--|----|--|----|
| 1.1. Elementos, compuestos y mezclas                     | 1  | 1.10. Fórmulas químicas: empíricas y moleculares     | 15 |
| 1.2. Transformaciones químicas                           | 2  | 1.11. Peso equivalente-gramo y valencia              | 16 |
| 1.3. Leyes ponderales de las reacciones químicas         | 5  | 1.12. Disoluciones                                   | 18 |
| 1.4. Ley de Gay-Lussac o de los volúmenes de combinación | 7  | 1.13. Cálculos estequiométricos                      | 20 |
| 1.5. Teoría atómica de Dalton                            | 7  | 1.14. Leyes que rigen el comportamiento de los gases | 21 |
| 1.6. Hipótesis de Avogadro                               | 9  | Ejercicios resueltos                                 | 25 |
| 1.7. Pesos atómicos                                      | 11 | Cuestiones   | 27 |
| 1.8. Atomo-gramo y número de Avogadro                    | 13 | Ejercicios propuestos                                | 27 |
| 1.9. Mol y peso molecular                                | 13 | Apéndice: Sistema Internacional de Unidades          | 29 |

## 2. Estructura atómica I

30

- 
- |  |    |                               |    |
|--|----|-------------------------------|----|
| 2.1. Modelo atómico de Thomson                                       | 30 | 2.6. Corrección de Sommerfeld | 41 |
| 2.2. Modelo atómico de Rutherford                                    | 32 | 2.7. Números cuánticos        | 44 |
| 2.3. Partículas constituyentes del átomo: protón, neutrón y electrón | 34 | Ejercicios resueltos          | 45 |
| 2.4. Energía electromagnética  | 37 | Cuestiones                    | 47 |
| 2.5. Modelo atómico de Bohr  | 38 | Ejercicios propuestos         | 47 |

## 3. Estructura atómica II. Sistema periódico

48

- 
- |  |    |  |    |
|--|----|--|----|
| 3.1. Principio de dualidad onda-corpúsculo                         | 48 | 3.5. Configuración electrónica de los átomos | 54 |
| 3.2. Principio de incertidumbre de Heisenberg                      | 49 | 3.6. Sistema periódico                       | 57 |
| 3.3. Ecuación de onda de Schrödinger y concepto de orbital         | 50 | 3.7. Propiedades periódicas                  | 60 |
| 3.4. Significado de los números cuánticos y forma de los orbitales | 51 | Ejercicios resueltos                         | 65 |
|  |    | Cuestiones                                   | 66 |
|  |    | Ejercicios propuestos                        | 66 |

## 4. El enlace químico

68

- 
- |  |    |  |    |
|--|----|--|----|
| 4.1. El enlace químico                     | 68 | 4.4.3. Polaridad del enlace covalente            | 81 |
| 4.2. Enlace iónico                         | 68 | 4.5. Fuerzas intermoleculares                    | 82 |
| 4.2.1. Redes iónicas                       | 69 | 4.5.1. Fuerzas de Van der Waals                  | 82 |
| 4.2.2. Energía reticular                   | 69 | 4.5.2. Puentes de hidrógeno                      | 83 |
| 4.2.3. Ciclo de Born-Haber                 | 70 | 4.6. Compuestos moleculares y sólidos covalentes | 83 |
| 4.2.4. Propiedades de los sólidos iónicos  | 71 | 4.7. Enlace metálico                             | 84 |
| 4.3. El enlace covalente                   | 72 | 4.8. Teoría de bandas                            | 85 |
| 4.3.1. Estructuras de Lewis                | 72 | 4.8.1. Sólidos metálicos                         | 85 |
| 4.3.2. Enlace covalente coordinado         | 73 | 4.8.2. Semiconductores                           | 86 |
| 4.4. Teorías del enlace covalente          | 73 | 4.8.3. Aislantes                                 | 86 |
| 4.4.1. Teoría del enlace de valencia       | 73 | Ejercicios resueltos                             | 86 |
| 4.4.2. Teoría de los orbitales moleculares | 77 | Cuestiones                                       | 88 |

## 5. Termodinámica

89

- 5.1. Qué estudia la Termodinámica 89  
 5.1.1. Sistemas termodinámicos 90  
 5.1.2. Estado de un sistema 91  
 5.1.3. Transformaciones termodinámicas 91  
 5.1.4. Equilibrio y transformaciones reversibles e irreversibles 92  
 5.1.5. Función de estado 92
- 5.2. Primer principio de la Termodinámica 92  
 5.2.1. Energía interna 93  
 5.2.2. Entalpía 93
- 5.3. Ecuaciones termodinámicas 95

- 5.4. Cómo pueden ser las reacciones según el calor absorbido o desprendido 96
- 5.5. Ley de Hess 98
- 5.6. Segundo principio de la Termodinámica 99  
 5.6.1. Entropía 100
- 5.7. Cómo predecir la espontaneidad de una reacción 102  
 5.7.1. Energía libre de Helmholtz 103  
 5.7.2. Energía libre de Gibbs o entalpía libre 103
- Ejercicios resueltos 104  
 Cuestiones 106  
 Ejercicios propuestos 107

## 6. Cinética química. Equilibrio químico

109

- 6.1. Teoría de las colisiones 109
- 6.2. Velocidad de reacción 111  
 6.2.1. Factores que influyen en la velocidad de reacción 113
- 6.3. Mecanismos de reacción 116
- 6.4. Equilibrio químico 117  
 6.4.1. Relación entre las constantes de equilibrio 118

- 6.4.2. Relación entre la energía libre de Gibbs y la constante de equilibrio 119
- 6.5. Equilibrios heterogéneos 121
- 6.6. Principio de Le Chatelier 122  
 6.6.1. Factores que influyen en el equilibrio químico 122
- Ejercicios resueltos 124  
 Cuestiones 125  
 Ejercicios propuestos 126

## 7. Reacciones ácido-base

128

- 7.1. Teoría de Arrhenius 128
- 7.2. Teoría de Brønsted y Lowry 129  
 7.2.1. Disoluciones acuosas 129
- 7.3. Fuerza relativa de ácidos y de bases 130  
 7.3.1. Grado de ionización 131
- 7.4. Concepto de pH 132
- 7.5. Hidrólisis 134  
 7.5.1. Sal de ácido fuerte y base débil 134  
 7.5.2. Sal de ácido débil y base fuerte 135  
 7.5.3. Sal de ácido fuerte y base fuerte 136  
 7.5.4. Sal de ácido débil y base débil 136

- 7.6. Disoluciones reguladoras 136  
 7.6.1. Cálculo del pH de una disolución reguladora 137
- 7.7. Indicadores 138
- 7.8. Ácidos polipróticos 139
- 7.9. Reacciones de neutralización 140
- 7.10. Volumetrías ácido-base 140
- 7.11. Ácidos y bases de Lewis 141
- Ejercicios resueltos 142  
 Cuestiones 144  
 Ejercicios propuestos 145

## 8. Procesos de oxidación-reducción

147

- 8.1. Conceptos de oxidación-reducción 147
- 8.2. Equilibrios de oxidación-reducción. Par redox 147
- 8.3. Número de oxidación 148
- 8.4. Ajuste de reacciones redox por el método del ion electrón 149  
 8.4.1. Equivalente de oxidación-reducción 151
- 8.5. Procesos electroquímicos 152  
 8.5.1. Pilas galvánicas 152  
 8.5.2. Diagramas de pilas 153  
 8.5.3. Pila Leclanché y acumulador de plomo 153
- 8.6. Potenciales normales 154  
 8.6.1. Potenciales normales de reducción y de oxidación 155
- 8.7. Cuando es espontáneo un proceso redox 156

- 8.7.1. Relación entre la variación de energía libre y el potencial 157
- 8.8. Ecuación de Nernst. Influencia de la concentración 158  
 8.8.1. Cálculo de la constante de equilibrio de una reacción redox 158  
 8.8.2. Cálculo de pH mediante potenciales 159
- 8.9. Electrólisis 160  
 8.9.1. Electrólisis del cloruro de sodio 160  
 8.9.2. Aplicaciones de la electrólisis 161
- 8.10. Leyes de Faraday 161
- Ejercicios resueltos 163  
 Cuestiones 165  
 Ejercicios propuestos 166

**9. Reacciones de precipitación**

168

- 9.1. Solubilidad 168
  - 9.1.1. Criterio de solubilidad 168
  - 9.1.2. Qué es la solvatación 168
- 9.2. Factores determinantes de la solubilidad 169
  - 9.2.1. Temperatura 169
  - 9.2.2. Entropía 170
  - 9.2.3. Tamaño de los iones y densidad de carga 170
  - 9.2.4. Constante dieléctrica 170
- 9.3. Qué sustancias son solubles y cuáles no 171
- 9.4. Producto de solubilidad 172
  - 9.4.1. Cuándo se puede aplicar el producto de solubilidad 173
- 9.5. Relaciones entre solubilidad y producto de solubilidad 173
  - 9.5.1. Precipitación fraccionada 175
- 9.6. Efecto del ion común 176
- 9.7. Disolución de precipitados 177
  - 9.7.1. Efecto salino 177
  - 9.7.2. Formación de una base débil 177
  - 9.7.3. Formación de un ácido débil 177
  - 9.7.4. Formación de un compuesto más insoluble 177
  - 9.7.5. Formación de complejos 177
- Ejercicios resueltos 178
- Cuestiones 180
- Ejercicios propuestos 181
- Apéndice A. Complejos 182

**10. Hidrógeno, nitrógeno, oxígeno, azufre y sus compuestos**

185

- 10.1. Hidrógeno 185
- 10.2. Nitrógeno 189
- 10.3. Amoníaco 190
- 10.4. Acido nítrico 193
- 10.5. Oxígeno 194
- 10.6. Azufre 196
- 10.7. Dióxido de azufre 196
- 10.8. Acido sulfúrico 198
- Ejercicios resueltos 201
- Cuestiones 202
- Ejercicios propuestos 203

**11. Introducción a la Química orgánica**

204

- 11.1. Concepto de Química orgánica 204
- 11.2. Enlace que presenta el átomo de carbono en las moléculas orgánicas. Geometría de las moléculas 206
  - 11.2.1. Configuración electrónica del átomo de carbono 206
  - 11.2.2. Hibridación del átomo de carbono 206
  - 11.2.3. Angulos de enlace 208
  - 11.2.4. Longitud y energía de enlace 209
- 11.3. Cadenas carbonadas 210
- 11.4. Representación de las moléculas orgánicas 211
  - 11.4.1. Tipos de fórmulas 211
  - 11.4.2. Modelos moleculares 211
- 11.5. Grupos funcionales y series homólogas 212
- 11.6. Nomenclatura de compuestos orgánicos 214
  - 11.6.1. Nomenclatura de los compuestos polifuncionales 214
- 11.7. Concepto de isomería 215
  - 11.7.1. Tipos de isomería: estructural y estereoisomería 216
- Ejercicios resueltos 219
- Cuestiones 221

**12. Reacciones orgánicas**

222

- 12.1. Introducción 222
- 12.2. Desplazamientos electrónicos 223
  - 12.2.1. Efecto inductivo 223
  - 12.2.2. Efecto mesómero 224
- 12.3. Mecanismos de reacciones orgánicas 226
  - 12.3.1. Reacciones radicálicas y reacciones iónicas 227
  - 12.3.2. Reacciones concertadas y reacciones no concertadas o por pasos 229
- 12.4. Tipos de reacciones orgánicas 232
  - 12.4.1. Reacciones de sustitución 232
  - 12.4.2. Reacciones de adición 233
  - 12.4.3. Reacciones de eliminación 233
- 12.5. Reacciones de oxidación y de reducción 235
  - 12.5.1. Estados de oxidación de las moléculas orgánicas 235
  - 12.5.2. Reacciones redox 237
- Ejercicios resueltos 238
- Cuestiones 239
- Ejercicios propuestos 240

## 13. Hidrocarburos y haluros de alquilo: estructura y propiedades

241

- 13.1. Hidrocarburos 241  
 13.1.1. Alcanos 241  
 13.1.2. Alquenos 245  
 13.1.3. Alquinos 250  
 13.1.4. Hidrocarburos aromáticos 254  
 13.2. Haluros de alquilo 260  
 13.2.1. Estructura 261  
 13.2.2. Propiedades físicas 261  
 13.2.3. Propiedades químicas 261

- 13.3. Métodos de obtención 264  
 13.3.1. Alcanos 264  
 13.3.2. Alquenos 265  
 13.3.3. Alquinos 266  
 13.3.4. Hidrocarburos aromáticos 266  
 13.3.5. Haluros de alquilo 268  
 Ejercicios resueltos 268  
 Cuestiones 270  
 Ejercicios propuestos 271

## 14. Compuestos orgánicos oxigenados y nitrogenados

273

- 14.1. Alcoholes 273  
 14.2. Aldehídos y cetonas 279  
 14.3. Ácidos carboxílicos 285  
 14.4. Derivados funcionales de los ácidos carboxílicos 290  
 14.5. Aminas 294  
 14.6. Amidas 299  
 14.7. Nitrocompuestos 301  
 14.8. Nitrilos 302  
 14.9. Métodos de obtención de los compuestos orgánicos oxigenados y nitrogenados 304  
 14.9.1. Obtención de los alcoholes 305  
 14.9.2. Aldehídos y cetonas 306  
 14.9.3. Obtención de los ácidos carboxílicos 308  
 14.9.4. Cloruros de ácido y ésteres 310  
 14.9.5. Obtención de las aminas 311  
 14.9.6. Amidas 312  
 14.9.7. Nitrocompuestos 312  
 14.9.8. Obtención de los nitrilos 312  
 Ejercicios resueltos 315  
 Cuestiones 316  
 Ejercicios propuestos 317

## Prácticas de laboratorio 319

1. Trabajo del vidrio y del corcho 319  
 2. Preparación de disoluciones sólido-líquido 320  
 3. Preparación de disoluciones líquido-líquido 321  
 4. Separación por destilación de una mezcla de líquidos miscibles 322  
 5. Cristalización 322  
 6. Puntos de fusión 323  
 7. Reacciones de precipitación 324  
 8. Viraje de indicadores 325  
 9. Volumetría ácido-base 326

10. Reacciones redox 327  
 11. Obtención de hidrógeno 328

## Apéndice A: Óxidos. Evolución de sus propiedades en relación con el sistema periódico 329

- A.1. Introducción 329  
 A.2. Óxidos metálicos 331  
 A.3. Óxidos de no metales 334

## Apéndice B: Estudio de las propiedades de los alcalinos, los alcalinotérreos y los halógenos 339

- B.1. Metales alcalinos 339  
 B.2. Metales alcalinotérreos 341  
 B.3. Halógenos 342

## Apéndice C: Reacciones de interés en Química Orgánica 344

- C.1. Reacciones de sustitución nucleófila 344  
 C.2. Reacciones de eliminación 347  
 C.3. Reacciones de adición electrófila a dobles enlaces 351  
 C.4. Reacciones de adición nucleófila a dobles enlaces C=O 353  
 C.5. Reacciones de esterificación e hidrólisis de ésteres 354

## Apéndice D: Tablas de datos 357

## Apéndice E: Nomenclatura de compuestos orgánicos 362

## Bibliografía 372

## Índice analítico 373