

# INDICE ANALITICO

<b>PRÓLOGO</b>	v
<b>INTRODUCCIÓN</b>	1-2
<b>LOS PATRONES</b>	
<b>DE LA INVESTIGACIÓN</b>	
<b>CIENTÍFICA</b>	

<b>UNO</b>	1-1	Aislamiento e identificación de sustancias 1-9
<b>SUBSTANCIAS,</b>		<i>Propiedades de los cuerpos materiales 1-10</i>
<b>PROPIEDADES Y CANTIDADES</b>		<i>Propiedades de las sustancias 1-10</i>
		<i>Estado de un sistema 1-11</i>
		<i>Separación de sustancias 1-11</i>
	1-2	Elementos y compuestos 1-12
		<i>Elementos 1-13</i>
		<i>Compuestos 1-13</i>
	1-3	Las cantidades en el cambio químico: Masa y energía 1-13
		<i>Masa 1-14</i>
		<i>Energía 1-16</i>
		<i>Cantidades relativas de elementos en los compuestos 1-16</i>
	1-4	Teoría atómica 1-18
		<i>Descubrimientos modernos</i>
		<i>importantes para la teoría atómica 1-19</i>
		<i>Intento de Dalton</i>
		<i>para resolver el problema del peso atómico 1-20</i>
		<i>Volúmenes de los gases en las reacciones químicas 1-21</i>
		<i>Fórmulas de los compuestos gaseosos 1-23</i>
		<i>Método de Cannizzaro</i>
		<i>para calcular pesos atómicos y fórmulas 1-24</i>
		<i>Ley de Dulong y Petit 1-25</i>
		<i>Pesos atómicos de los elementos sólidos 1-26</i>
	1-5	Deducción de las fórmulas químicas 1-27
		<i>Fórmulas empíricas 1-27</i>
		<i>Pesos moleculares exactos 1-29</i>
		<i>Composición por ciento de las fórmulas 1-29</i>
		<i>Capacidad de combinación</i>
		<i>a partir de las fórmulas y viceversa 1-30</i>
		Referencias 1-30
		Cuestionario 1-30
		Problemas 1-31
<b>DOS</b>	2-1	Mediciones
<b>GASES; TEORÍA CINÉTICA</b>		<i>de la materia gaseosa: Las leyes de los gases 2-2</i>
<b>MOLECULAR</b>		<i>Presión 2-2</i>

*Ley de Boyle:**Relación entre la presión y el volumen de un gas 2-3**Ley de Charles 2-5**Ley combinada de los gases 2-7**Presión y temperatura normales 2-7*

2-2 La teoría cinética molecular 2-8

*Un modelo de la materia gaseosa 2-9**Consecuencias de los postulados**de la teoría cinética molecular 2-9**Deducción de la ley**de Boyle a partir de la teoría 2-10**Las leyes de los gases en términos molares 2-14**Tipos de movimiento molecular 2-15*

Referencias 2-24

Cuestionario 2-24

Problemas 2-24

**TRES  
MATERIA  
CON CARGA ELÉCTRICA**

3-1 Electrólisis 3-2

*Leyes de Faraday en la electrólisis 3-4*

3-2 Teoría de la ionización 3-4

*Oposición a la teoría de la ionización 3-5**Evidencia de los iones 3-6**Grado de ionización 3-10*

3-3 Otras propiedades de los iones 3-13

*Clases de electrolitos 3-13*

3-4 Estructuras sólidas formadas por iones 3-13

*Los metales 3-13**Compuestos cristalinos iónicos 3-14**Huecos en una estructura compacta 3-18*

3-5 Líquidos iónicos 3-21

3-6 Iones gaseosos 3-21

*Descarga eléctrica en carga 3-22*

3-7 Determinación de la unidad de carga 3-24

*Número de Avogadro 3-24**Espectros de masas 3-24*

Ensayo visual: Formación

*de huecos en estructuras compactas 3-28*

Referencias 3-30

Cuestionario 3-30

Problemas 3-30

**CUATRO  
CLASIFICACIÓN  
DE LOS ELEMENTOS:  
PROPIEDADES PERIÓDICAS**

4-1 Primeros esquemas de clasificación 4-1

*Tríadas de Döbereiner 4-2**Ley de las octavas de Newlands 4-3*

4-2 La tabla periódica 4-4

*La ley periódica 4-8*

4-3 Propiedades periódicas 4-10

*Proporciones de combinación con el hidrógeno 4-11**Carácter metálico 4-11*

- 4-4 Últimas observaciones 4-13  
Referencias 4-14  
Cuestionario 4-14
- CINCO**  
**CONCEPTOS Y MODELOS**  
**DE LA ESTRUCTURA**  
**MOLECULAR:**  
**PUNTO DE VISTA CLÁSICO**
- 5-1 Proporciones atómicas 5-2  
5-2 Carga iónica 5-5  
5-3 Número de coordinación 5-6  
5-4 Covalencia 5-7  
5-5 Número de oxidación 5-9  
*Reglas para asignar los números de oxidación 5-9*  
*Números de oxidación*  
*más comunes de los elementos 5-10*  
5-6 Deducción de las estructuras  
mediante las proporciones atómicas 5-12  
Cuestionario 5-17  
Problemas 5-18
- SEIS**  
**LAS CANTIDADES EN LOS**  
**CAMBIOS QUÍMICOS:**  
**ESTEQUIOMETRÍA**
- 6-1 Las cantidades en los cambios químicos 6-2  
*Ecuaciones 6-2*  
*Comparación de cantidades mediante las ecuaciones 6-3*  
6-2 Igualación de ecuaciones químicas 6-5  
*Reacciones ácido-base 6-5*  
6-3 Reacciones de oxidación-reducción 6-6  
*Mecanismos de oxidación-reducción 6-6*  
6-4 Igualación de las reacciones de oxidación-reducción 6-8  
*Método del número de oxidación 6-9*  
*Método ion-electrón (o de la semirreacción) 6-9*  
6-5 Las disoluciones como reactivos químicos 6-12  
*Problemas de dilución 6-12*  
6-6 Equivalentes químicos 6-12  
*Medida de los equivalentes 6-13*  
6-7 Valoración 6-13  
Referencias 6-16  
Cuestionario 6-16  
Problemas 6-17
- SIETE**  
**LA LUZ, EL ESPECTRO**  
**DEL HIDRÓGENO ATÓMICO**  
**Y LA TEORÍA DE BOHR**
- 7-1 Las ondas luminosas 7-2  
*Frecuencia, energía y el efecto fotoeléctrico 7-4*  
7-2 Interacción de la luz  
con átomos y moléculas de materia 7-7  
*Espectro de absorción del hidrógeno atómico 7-8*  
7-3 Ley de Coulomb y energía potencial 7-10  
7-4 El modelo atómico de Rutherford 7-12  
7-5 La teoría de Bohr sobre el átomo de hidrógeno 7-15  
7-6 Necesidad de una teoría mejor 7-21  
Ensayo visual: Espectroscopia molecular 7-22  
Referencias 7-28  
Cuestionario 7-28  
Problemas 7-29

**OCHO**  
LA TEORÍA MODERNA  
DE LA ESTRUCTURA  
ATÓMICA

- 8-1 Las ondas de materia 8-2  
8-2 El principio de indeterminación 8-3  
8-3 Orbitales atómicos 8-5  
8-4 La ecuación de onda  
y números cuánticos del átomo de hidrógeno 8-6  
*Designación de orbitales mediante números cuánticos* 8-8  
8-5 Átomos polielectrónicos 8-14  
Ensayo visual: Representaciones  
de la función de onda del orbital 1s 8-18  
Referencias 8-20  
Cuestionario 8-20  
Problemas 8-21

**NUEVE**  
PROPIEDADES ATÓMICAS

- 9-1 Metales y no metales 9-2  
*Metales de transición* 9-3  
9-2 Estructuras atómicas de Lewis 9-3  
9-3 Radios atómicos efectivos en las moléculas 9-4  
9-4 Potenciales de ionización 9-5  
9-5 Afinidad electrónica 9-9  
Referencias 9-11  
Cuestionario 9-11  
Problemas 9-12

**DIEZ**  
ENLACES QUÍMICOS

- 10-1 La molécula  $H_2$ : Enlace covalente 10-2  
10-2 El ion molecular del hidrógeno,  $H_2^+$  10-4  
10-3 Propiedades de  $H_2$  y  $H_2^+$  en un campo magnético 10-5  
10-4 Estructuras de Lewis 10-5  
10-5 Enlace iónico 10-6  
10-6 Electronegatividad 10-8  
10-7 La molécula HCl:  
Enlace covalente con carácter iónico 10-10  
10-8 Ejemplos de estructuras de Lewis 10-10  
*La molécula de tetracloruro de carbono* 10-10  
*La molécula de amoníaco* 10-12  
*Cloruro de magnesio, una molécula iónica* 10-12  
*La molécula de cloruro de amonio* 10-13  
10-9 Enlaces dobles y triples 10-14  
*La molécula de etileno* 10-14  
*La molécula de nitrógeno* 10-14  
*El ion nitrito* 10-15  
*El ion azida* 10-16  
*Las moléculas de oxígeno y óxido nítrico* 10-16  
*El ion sulfato* 10-18  
Referencias 10-19  
Cuestionario 10-19  
Problemas 10-19

**ONCE**  
ORBITALES MOLECULARES

- 11-1 Moléculas con orbitales atómicos de valencia 1s 11-2  
*Orbitales sigma de enlace* 11-3  
*Orbitales sigma de antienlace* 11-6

- Enlace total* 11-9
- 11-2 Moléculas con orbitales atómicos de valencias *s* y *p* 11-11  
*Orbitales sigma* 11-11  
*Orbitales pi* 11-15  
*Hibridación s-p sigma* 11-15
- 11-3 Moléculas diatómicas homonucleares 11-18  
*Litio* 11-18  
*Berilio* 11-20  
*Boro* 11-20  
*Carbono* 11-20  
*Nitrógeno* 11-20  
*Oxígeno* 11-21  
*Flúor* 11-21  
*Neón* 11-21
- 11-4 Moléculas diatómicas homonucleares  
con orbitales de valencia  $n > 2$  11-22  
*Na<sub>2</sub>, K<sub>2</sub>, Rb<sub>2</sub>, Cs<sub>2</sub>* 11-22  
*Cl<sub>2</sub>, Br<sub>2</sub>, I<sub>2</sub>* 11-22
- 11-5 Moléculas diatómicas heteronucleares 11-24  
*La molécula de fluoruro de hidrógeno* 11-24  
*Momento dipolar* 11-27
- 11-6 Moléculas diatómicas  
heteronucleares de tipo general AB 11-27  
*BN (ocho electrones de valencia)* 11-29  
*BO, CN, CO<sup>+</sup> (nueve electrones de valencia)* 11-29  
*NO<sup>+</sup>, CO, CN<sup>-</sup> (diez electrones de valencia)* 11-29  
*NO (once electrones de valencia)* 11-29
- 11-7 Enlaces en las moléculas poliatómicas 11-30
- 11-8 Orbitales moleculares localizados 11-36
- 11-9 Repulsiones interelectrónicas  
y estructura molecular 11-41
- 11-10 Longitud y energía de enlace  
de CH<sub>4</sub>, NH<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>O, H<sub>2</sub>S y HF 11-46
- 11-11 Orbitales moleculares  
localizados; Enlaces dobles y triples 11-46  
Ensayo visual I: Orbitales moleculares  
deslocalizados y niveles de energía H<sub>2</sub>O 11-52  
Ensayo visual II: Orbitales moleculares  
y niveles de energía en el benceno 11-56  
Energía de los orbitales moleculares de C<sub>6</sub>H<sub>6</sub> 11-57  
Energía de resonancia en C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>  
Ensayo visual III: Moléculas polares y no polares 11-60  
Referencias 11-62  
Cuestionario 11-62  
Problemas 11-63  
Ensayo de vanguardia: Compuestos antiaromáticos 11-64
- 12-1 Estructura de los elementos en estado sólido 12-2
- 12-2 Los sólidos moleculares  
y el enlace de Van der Waals 12-4

- 12-3 Sólidos elementales moleculares,  $P_4$  y  $S_8$  12-10
- 12-4 Sólidos metálicos 12-11
- 12-5 Sólidos que forman redes no metálicas 12-15
  - Aislantes* 12-16
  - Semiconductores* 12-17
- 12-6 Estructuras de los compuestos en estado sólido 12-19
- 12-7 Sólidos iónicos 12-19
- 12-8 Sólidos moleculares polares 12-20
- 12-9 Sólidos moleculares no polares 12-21
  - Ensayo visual I:
    - Clasificación de las redes sólidas 12-24
  - Ensayo visual II:
    - Defectos de una red cristalina sólida 12-26
  - Cuestionario 12-28
  - Problemas 12-28
  - Ensayo de vanguardia: Cristales moleculares 12-29

**TRECE**  
**LA ENERGÍA**  
**Y LAS RELACIONES**  
**QUÍMICAS**

- 13-1 Cambios de estado 13-2
- 13-2 Características de la energía 13-4
- 13-3 Unidades de energía 13-5
- 13-4 Transferencia de energía
  - durante las reacciones químicas 13-6
- 13-5 Tipos de sistemas químicos 13-6
- 13-6 Variables de estado 13-7
- 13-7 Funciones de estado 13-7
- 13-8 Primer principio de la termodinámica 13-8
- 13-9 Reacciones químicas
  - a volumen constante y a presión constante 13-8
- 13-10 Definición de la entalpía 13-11
- 13-11 Ley de Hess 13-14
- 13-12 Entalpías de formación 13-14
- 13-13 Entalpías de reacción 13-15
- 13-14 Estados de referencia
  - para los procesos en que participan iones 13-16
- 13-15 Energías de enlace.
  - Relación con las entalpías de reacción 13-16
- 13-16 Diagramas entálpicos 13-18
  - Cuestionario 13-19
  - Problemas 13-20

**CATORCE**  
**EQUILIBRIOS**  
**Y CAMBIOS DE ESTADO**

- 14-1 Procesos espontáneos y procesos forzados 14-3
- 14-2 Reversibilidad e irreversibilidad 14-4
- 14-3 Definición operativa de la entropía 14-5
- 14-4 Variaciones de entropía
  - en los procesos irreversibles 14-6
- 14-5 Definiciones conceptuales de la entropía 14-7
- 14-6 Segundo principio de la termodinámica 14-8
- 14-7 Relaciones de Clausius 14-9
- 14-8 Valores absolutos
  - de las entropías. Principio de Nernst 14-9

- 14-9 Entropías molares 14-11
- 14-10 Interpretación molecular  
de los valores de las entropías molares 14-12
- 14-11 Entropías de reacción 14-12
- 14-12 Entropías de formación 14-13
- 14-13 Entropías de formación de los iones 14-13
- 14-14 Justificación cualitativa  
de los valores de las entropías de reacción 14-13
- 14-15 Importancia de las entropías de reacción 14-14
- 14-16 Predicción de espontaneidad  
según los principios termodinámicos 14-14
- 14-17 Formas de realizar una reacción  
química en condiciones de reversibilidad 14-15
- 14-18 Funciones termodinámicas de Gibbs y Helmholtz 14-16
- 14-19 Influencia de la temperatura  
en el signo de  $\Delta F$  o  $\Delta G$  14-17
- 14-20 Aplicaciones de las reacciones de Helmholtz  
y Gibbs a algunas reacciones químicas 14-18
- 14-21 Energías y entalpías libres de formación 14-19
- 14-22 Entalpías libres de reacción  
en condiciones normales 14-19
- 14-23 Energía libre, entalpía libre y trabajo máximo 14-20
- 14-24 Cálculo del trabajo máximo útil 14-21
- 14-25 Trabajo máximo útil durante una  
reacción entre gases. Constante de equilibrio 14-22
- 14-26 Membranas semipermeables  
y cuerpos de bomba ideales 14-23
- 14-27 Presión de vapor 14-25  
*La dependencia entre  
la presión de vapor y la temperatura 14-26*
- 14-28 Diagramas fásicos 14-28  
*Disoluciones 14-30*
- 14-29 Relaciones cuantitativas  
en las propiedades coligativas 14-31  
*Descenso de la presión de vapor 14-31  
Descenso del punto de solidificación 14-33  
Aumento del punto de ebullición 14-32  
Presión osmótica 14-34  
Cálculo de pesos moleculares  
mediante las propiedades coligativas 14-34*
- 14-30 Cálculo de  $K_p$  a partir de  $\Delta G^\circ$  14-35
- 14-31 Variación de  $K_p$  con la temperatura 14-36
- Referencias 14-36
- Cuestionario 14-36
- Problemas 14-38
- QUINCE** 15-1 Reversibilidad 15-2
- DINÁMICA DE QUÍMICA: VELOCIDAD, EQUILIBRIO Y MECANISMOS** 15-2 Equilibrio químico 15-3
- 15-3 Estado de transición 15-4

- 15-4 Cinética química 15-5
  - Temperatura y velocidad de reacción* 15-6
  - Concentración de los reactivos y velocidad de reacción* 15-6
  - Ley de la velocidad de reacción* 15-7
  - Reacciones en las superficies* 15-9
  - Catalizadores e inhibidores* 15-9
- 15-5 Termodinámica y expresión del equilibrio 15-10
- 15-6 Desplazamiento de los equilibrios 15-12
  - Efecto de la temperatura* 15-14
  - Efecto de la presión* 15-14
  - Efecto de los catalizadores e inhibidores* 15-14
- 15-7 Equilibrio y velocidad de reacción 15-15
- 15-8 Efecto de la variación de temperatura sobre las constantes de equilibrio 15-16
- 15-9 Efecto del cambio de temperatura sobre las constantes de velocidades de reacción 15-16
  - Teoría cinética y velocidades de reacción* 15-17
- 15-10 La teoría de las colisiones 15-17
- 15-11 Teoría de la velocidad absoluta de reacción 15-18
  - Constantes de equilibrio, ley de velocidad de reacción y fórmulas de los estados de transición* 15-18
  - Ensayo visual: Modelo dinámico de la condición de equilibrio 15-22
  - Referencias 15-23
  - Cuestionario 15-23
  - Problemas 15-24

**DIECISÉIS**  
EQUILIBRIOS ÁCIDO-BASE

- 16-1 Equilibrios en disolución acuosa 16-2
  - Equilibrios ácido-base en agua* 16-2
- 16-2 Autoionización del agua 16-3
- 16-3 Medida del pH 16-4
- 16-4 Fuerza de los ácidos 16-4
- 16-5 Amortiguadores e indicadores 16-5
  - Amortiguadores* 16-6
  - Indicadores* 16-8
- 16-6 Ácidos polibásicos 16-8
- 16-7 Constantes globales de equilibrio para procesos por pasos 16-8
- 16-8 Hidrólisis de las bases 16-9
- 16-9 Resolución de los problemas de equilibrio 16-10
  - Un problema de disociación de un ácido* 16-10
  - Un problema de hidrólisis* 16-11
  - Un problema de disolución amortiguadora* 16-12
  - Otros ejemplos* 16-13
- 16-10 Variaciones en la acidez de los compuestos de hidrógeno según la tabla periódica 16-14
- 16-11 Acidez de los protones unidos al oxígeno 16-18



- 16-12 Disociación por etapas de los ácidos polibásicos 16-21  
 Ensayo visual: Una curva de valoración 16-22  
 Referencias 16-23  
 Cuestionario 16-23  
 Problemas 16-23
- DIECISIETE** 17-1 Los iones complejos como ácidos y bases de Lewis 17-2  
**QUÍMICA** *Iones metálicos de transición* 17-3  
**DE COORDINACIÓN:** *Definición de los términos* 17-3  
**ESTRUCTURA, REACTIVIDAD** *Nomenclatura de los*  
**Y EQUILIBRIO** *compuestos con iones complejos* 17-5
- 17-2 Estructura de los complejos 17-5  
*Geometría de la coordinación seis* 17-6  
*Geometría de la tetracoordinación* 17-8  
*Estructura de los compuestos*  
*de coordinación y sus estados de oxidación* 17-8
- 17-3 Propiedades de los iones complejos 17-8  
*Color* 17-8  
*Magnetismo* 17-8
- 17-4 Factores que afectan a la estructura  
 de los complejos de metales de transición 17-9  
*Efecto del número de oxidación sobre el ion central* 17-9  
*Efecto de la configuración  $d^n$  del ion central* 17-10
- 17-5 Los orbitales  $d$  en el enlace 17-13  
*Teoría de los campos*  
*ligandos para los complejos octaédricos* 17-13  
*Teoría de los campos ligandos*  
*para los complejos cuadrados planos* 17-17  
*Teoría del campo*  
*ligando para los complejos tetraédricos* 17-20  
*Factores que influyen en el valor de  $\Delta$*  17-22
- 17-6 Propiedades magnéticas de los complejos:  
 Campos ligandos fuertes y débiles 17-25  
*Complejos octaédricos* 17-25  
*Complejos tetraédricos* 17-26
- 17-7 Factores que afectan a la  
 estabilidad de los iones complejos 17-26  
*Estructura electrónica del ion metálico*  
*central: Efectos del campo ligando* 17-26  
*Estabilidad de los complejos hexaacuo* 17-27  
*Quelación* 17-27
- 17-8 Mecanismos de reacción de los complejos 17-28  
*Estructura electrónica y velocidad de reacción* 17-31
- 17-9 Estabilidad relativa de los iones complejos 17-32  
*Ciclos de Born-Haber*  
*para la formación de iones complejos* 17-33
- 17-10 Equilibrios con iones complejos 17-34  
*Problemas de equilibrio*  
*con la formación de complejos* 17-35

- Ensayo visual I: Complejos  $\pi$   
de los metales de transición 17-38
- Ensayo visual II: Quelados  
importantes para los sistemas vivos 17-40
- Referencias 17-44
- Cuestionario 17-44
- Problemas 17-45

**DIECIOCHO**  
**EQUILIBRIOS HETEROGÉNEOS**  
**EN DISOLUCIONES ACUOSAS:**  
**PRECIPITACIÓN,**  
**EXTRACCIÓN LÍQUIDA,**  
**VAPORIZACIÓN**

- 18-1 Solubilidad 18-2  
*Solubilidad de los compuestos iónicos* 18-3  
*Equilibrios de solubilidad.*  
*Solutos moleculares* 18-4  
*Constantes de equilibrio*  
*para sales ligeramente solubles* 18-4  
*Solvatación por agua* 18-6
- 18-2 Variaciones periódicas de solubilidad 18-7  
*Solvatos cristalinos* 18-12
- 18-3 Solubilidad de las sales de iones  
metálicos sin estructura de gas inerte 18-13
- 18-4 Relación entre la solubilidad  
y el producto de solubilidad 18-14  
*Efecto de los solutos sobre*  
*la solubilidad. Efecto de ion común* 18-15  
*Efecto de otros solutos sobre*  
*la solubilidad de las sales* 18-16  
*Efecto del hidrogenión sobre*  
*la solubilidad de sales de ácido débil* 18-18  
*Cálculo combinado*  
*de solubilidad y equilibrio ácido-base* 18-20  
*Solubilidad de las sales de ácido débil en agua* 18-24  
*Separación de sales débiles por control de pH* 18-24  
*Efecto de la formación*  
*de iones complejos sobre la solubilidad* 18-25  
*Sales anfóteras* 18-25  
*Conversión de una sal en otra* 18-26
- 18-5 Distribución de un soluto  
entre dos disolventes no miscibles 18-29  
*Coefficiente de reparto* 18-30
- 18-6 Equilibrios entre solutos y sus vapores 18-30  
Ensayo visual: Técnicas de separación 18-32  
Referencias 18-36  
Cuestionario 18-36  
Problemas 18-37

**DIECINUEVE**  
**EQUILIBRIOS**  
**DE OXIDACIÓN-REDUCCIÓN**

- 19-1 Semirreacciones y pilas eléctricas 19-2  
*Una pila sencilla* 19-2  
*Trabajo eléctrico* 19-5
- 19-2 Potenciales de electrodo 19-6  
*Parés de oxidación-reducción* 19-9  
*Potenciales de reducción* 19-12

- Energía eléctrica* 19-12  
*Potencial de un electrodo simple* 19-14
- 19-3 *Potenciales de reducción. Sentido de las reacciones* 19-15  
*Intervalo de  $K_{eg}$  en las reacciones de oxidación-reducción* 19-16  
*Efecto de un cambio de concentración sobre los potenciales de electrodo* 19-17  
*Equilibrios y potenciales de solubilidad* 19-17  
*Formación de iones complejos y potenciales de reducción* 19-20  
*Variaciones periódicas en los potenciales de reducción* 19-20  
*Potenciales de los pares ion-metal del grupo I* 19-21  
*Potenciales de los pares ion-metal del grupo II* 19-22  
*Potenciales de los pares metal-ion (+2) del grupo del cinc* 19-23  
*Potenciales de los pares metal-ion (+2) de los metales de transición* 19-23  
*Potenciales de los pares ion (+3)-ion (+2) de los metales de transición* 19-23
- 19-4 *Estados de oxidación de los metales de transición* 19-24
- 19-5 *Valoraciones potenciométricas* 19-24  
*Una valoración de oxidación-reducción* 19-24  
*Una valoración de precipitación* 19-26  
*Ensayo visual I: Ciclos de Born-Haber para potenciales de reducción* 19-28  
*Ensayo visual II: Diagramas de Frost* 19-30  
*Referencias* 19-32  
*Cuestionario* 19-32  
*Problemas* 19-33
- VEINTE** 20-1 *Observaciones generales* 20-2  
**LA QUÍMICA** *Unicidad del hidrógeno* 20-2  
**DE LOS NO METALES:** *Unicidad de los elementos de la segunda hilera* 20-3  
**ESTRUCTURA Y REACCIONES** *Carácter metálico de los elementos pesados* 20-3  
*Tipos de enlace* 20-4  
*Concatenación* 20-4
- 20-2 *El hidrógeno: Un no metal único* 20-4  
*Estructura* 20-4  
*Enlaces policéntricos* 20-6  
*Reacciones químicas del hidrógeno* 20-6
- 20-3 *El fluor: Un halógeno único* 20-8  
*Estructura* 20-8  
*Reacciones químicas del flúor* 20-10
- 20-4 *El oxígeno: Un metal divalente único* 20-10  
*Estructura* 20-10

- Compuestos covalentes de oxígeno* 20-11
- 20-5 El agua: Un compuesto único 20-12
- 20-6 Concadenación del oxígeno 20-12
- 20-7 Reacciones químicas del oxígeno 20-13  
*El oxígeno atmosférico* 20-14  
*Captura de átomos* 20-14
- 20-8 El nitrógeno 20-15  
*Estructura* 20-15  
*Reacciones químicas del nitrógeno* 20-16
- 20-9 El carbono 20-18  
*Estructura* 20-19  
*Esqueletos de carbono* 20-19  
*Enlaces múltiples* 20-20  
*Compuestos de carbono con halógenos* 20-22  
*Compuestos de carbono y oxígeno* 20-23  
*Grupos nitrogenados* 20-23  
*Reacciones químicas del carbono* 20-24
- 20-10 El boro: Estructura y reacciones 20-26  
*Enlaces B—B—B de tres centros* 20-28
- 20-21 Geometría y estabilidad 20-28
- 20-21 Los no metales más pesados,  
especialmente los de la tercera hilera 20-30  
*Compuestos de hidrógeno:*  
*Estructura y reactividad* 20-30  
*Haluros de los no metales pesados* 20-30  
*Pares de los electrones inertes* 20-31  
*Óxidos y oxiones de los no metales pesados* 20-32  
*Reacciones de los oxiones y oxiácidos* 20-33
- Ensayo visual I:  
Grandes moléculas en bioquímica 20-40
- Macromoléculas a partir  
de pequeñas unidades moleculares 20-40
- Ensayo visual II: Silicatos, cuarzo y vidrio 20-44  
*El vidrio* 20-44
- Referencias 20-46
- Cuestionario 20-46
- Ensayo de vanguardia: La dinámica  
molecular revelada por la espectroscopia  
de resonancia magnética molecular 20-50

**APÉNDICE 1      A 1-1**

Valores decimales  
de números  
enteros racionales

**APÉNDICE 2      A 2-1**

Constantes físicas  
y conversión de factores

**APÉNDICE 3    A 3-1**

Propiedades de enlace  
de los haluros alcalinos

**APÉNDICE 4    A 4-1**

Respuesta a los  
problemas seleccionados

**ÍNDICE    I-1**