

# **Enseñanza de la Física a través de simulaciones**

# Manuales de químicas



Queda prohibida, salvo excepción prevista en la ley, cualquier forma de reproducción, distribución, comunicación pública y transformación de esta obra sin contar con autorización de los titulares de la propiedad intelectual. La infracción de los derechos mencionados puede ser constitutiva de delito contra la propiedad intelectual (arts. 270 y sigs. Código Penal). El Centro Español de Derechos Reprográficos ([www.cedro.org](http://www.cedro.org)) vela por el respeto de los citados derechos.

# **Enseñanza de la Física a través de simulaciones**

**Elvira Martínez  
Carlos Romero**



**EDITORIAL  
SÍNTESIS**

Consulte nuestra página web: [www.sintesis.com](http://www.sintesis.com)  
En ella encontrará el catálogo completo y comentado

Reservados todos los derechos. Está prohibido, bajo las sanciones penales y el resarcimiento civil previstos en las leyes, reproducir, registrar o transmitir esta publicación, íntegra o parcialmente, por cualquier sistema de recuperación y por cualquier medio, sea mecánico, electrónico, magnético, electroóptico, por fotocopia o por cualquier otro, sin la autorización previa por escrito de Editorial Síntesis, S.A.

© Elvira Martínez y Carlos Romero

© EDITORIAL SÍNTESIS, S.A.  
Vallehermoso, 34 - 28015 Madrid  
Teléf.: (91) 593 20 98  
<http://www.sintesis.com>.

Depósito Legal: M. 29.518-2014  
ISBN: 978-84-995883-8-4

Impresión:  
Impreso en España - Printed in Spain

# ÍNDICE

PRÓLOGO .....	13
<b>1. CÁLCULO VECTORIAL .....</b>	<b>15</b>
1.1. Objetivos .....	15
1.2. Introducción .....	15
1.3. Dimensiones y unidades .....	15
1.4. Magnitudes escalares y vectoriales .....	16
1.5. Clasificación de los vectores .....	16
1.6. Representación gráfica de un vector en dos dimensiones .....	16
1.7. Representación gráfica de un vector en tres dimensiones .....	17
1.8. Operaciones con vectores libres .....	18
1.8.1. Suma de vectores libres .....	18
1.8.2. Producto de un vector por un escalar .....	19
1.8.3. Producto escalar de dos vectores libres .....	20
1.8.4. Producto vectorial de dos vectores libres .....	23
1.8.5. Producto mixto .....	25
1.8.6. Doble producto vectorial .....	26
1.9. Vectores deslizantes .....	26
1.9.1. Momento de un vector respecto a un punto O (momento central) .....	26
1.9.2. Momento de un vector respecto a un eje (momento axial) .....	27
1.10. Curiosidades .....	28
1.11. Simulaciones .....	28
Bibliografía .....	32
<b>2. CINEMÁTICA DE LA PARTÍCULA .....</b>	<b>33</b>
2.1. Objetivos .....	33
2.2. Introducción .....	33
2.3. Cinemática de la partícula .....	34

2.3.1. Posición. Vector de posición. Trayectoria. Distancia .....	34
2.3.2. Velocidad y velocidad instantánea .....	35
2.3.3. Aceleración: componentes intrínsecas .....	36
2.3.4. Clasificación del movimiento en función de las componentes intrínsecas .....	39
2.4. Movimiento en una dimensión .....	39
2.4.1. Movimiento rectilíneo uniforme .....	39
2.4.2. Movimiento rectilíneo uniformemente acelerado .....	41
2.5. Movimiento de proyectiles en una dimensión: caída libre y lanzamiento vertical .....	42
2.5.1. Caída libre .....	42
2.5.2. Lanzamiento vertical .....	44
2.6. Movimiento de proyectiles en dos dimensiones .....	45
2.6.1. Lanzamiento horizontal .....	45
2.6.2. Lanzamiento parabólico .....	47
2.7. Movimiento circular .....	50
2.7.1. Movimiento circular uniforme .....	54
2.7.2. Movimiento circular uniformemente acelerado .....	54
2.8. Curiosidades .....	56
2.9. Simulaciones .....	57
Bibliografía .....	65

3. CINEMÁTICA DEL SÓLIDO RÍGIDO .....	67
3.1. Objetivos .....	67
3.2. Introducción .....	67
3.3. Condición de rigidez .....	67
3.4. Movimientos del sólido rígido .....	69
3.4.1. Movimiento de traslación .....	69
3.4.2. Movimiento de rotación. Vector velocidad angular .....	70
3.4.3. Movimiento helicoidal .....	71
3.4.4. Composición de traslaciones y rotaciones. Movimiento general de un sólido rígido .....	72
3.5. Invariantes cinemáticos .....	76
3.6. Clasificación de los movimientos en función de los invariantes cinemáticos .....	79
3.7. Reducción a un punto del movimiento de un sistema indeformable .....	80
3.8. Cinemática relativa .....	80
3.8.1. Velocidad relativa y aceleración relativa .....	82
3.8.2. Velocidad de arrastre y aceleración de arrastre .....	82
3.8.3. Velocidad absoluta y aceleración absoluta .....	83
3.8.4. Casos particulares .....	83
3.9. Simulaciones .....	87
Bibliografía .....	93

4. LAS LEYES DE NEWTON .....	95
4.1. Objetivos .....	95
4.2. Introducción .....	95
4.3. Leyes de Newton .....	95
4.3.1. 1. <sup>a</sup> Ley de Newton o Ley de inercia .....	96
4.3.2. 2. <sup>a</sup> Ley de Newton o Ley fundamental del movimiento .....	96
4.3.3. 3. <sup>a</sup> Ley de Newton o Ley de acción y reacción .....	97
4.4. Aplicación de las leyes de Newton .....	98
4.5. Coeficientes de rozamiento estático y dinámico .....	99
4.5.1. Fuerza de rozamiento estático .....	100
4.5.2. Cálculo del coeficiente de rozamiento estático .....	101
4.6. Curiosidades .....	102
4.7. Simulaciones .....	102
Bibliografía .....	105
5. DINÁMICA DE LA PARTÍCULA .....	107
5.1. Objetivos .....	107
5.2. Introducción .....	107
5.3. Cantidad de movimiento de una partícula. Teorema de la cantidad de movimiento .....	107
5.4. Momento cinético o momento angular de una partícula. Teorema del momento cinético .....	108
5.5. Fuerzas centrales .....	109
5.6. Campo de fuerzas .....	109
5.7. Líneas de fuerza o línea de campo .....	110
5.8. Trabajo realizado por una fuerza .....	111
5.9. Potencial y energía potencial .....	114
5.10. Superficies equipotenciales. Propiedades .....	118
5.11. Potencia instantánea .....	120
5.12. Teorema de las fuerzas vivas .....	121
5.13. Teorema de la conservación de la energía mecánica .....	121
5.14. Curiosidades .....	123
5.15. Simulaciones .....	123
Bibliografía .....	130
6. SISTEMAS DE PARTÍCULAS Y SÓLIDO RÍGIDO .....	131
6.1. Objetivos .....	131
6.2. Introducción .....	131
6.3. Centro de gravedad de un sistema. Movimiento del centro de gravedad ...	133
6.4. Centro de gravedad de un sólido (distribución continua de masa) .....	135
6.5. Centros de gravedad de las figuras homogéneas .....	136

6.5.1. Propiedades del centro de gravedad .....	137
6.6. Teoremas de Guldin .....	138
6.6.1. Primer teorema de Guldin .....	138
6.6.2. Segundo teorema de Guldin .....	139
6.7. Curiosidades .....	140
6.8. Simulaciones .....	140
Bibliografía .....	148
7. DINÁMICA DE LOS SISTEMAS DE PARTÍCULAS .....	149
7.1. Objetivos .....	149
7.2. Sistemas de partículas .....	149
7.3. Movimiento del centro de gravedad de un sistema material .....	150
7.4. Momento cinético o momento angular .....	152
7.5. Energía cinética de un sistema material .....	153
7.6. Impulso de una fuerza .....	154
7.7. Colisiones o choques .....	154
7.7.1. Choque frontal .....	155
7.7.2. Choque elástico e inelástico .....	155
7.7.3. Coeficiente de restitución .....	155
7.7.4. Casos particulares de choques frontales elásticos .....	156
7.7.5. Choque frontal inelástico .....	157
7.7.6. Choque lateral elástico (choque en dos dimensiones) .....	158
7.8. Simulaciones .....	159
Bibliografía .....	164
8. DINÁMICA DE ROTACIÓN .....	165
8.1. Objetivos .....	165
8.2. Introducción .....	165
8.3. Momento cinético o momento angular de rotación de un sólido .....	165
8.4. Energía cinética de un sistema material .....	167
8.5. Momento de inercia .....	167
8.6. Teorema de Steiner .....	172
8.7. Movimiento de rodadura .....	173
8.8. Caída de cuerpos rodantes por un plano inclinado .....	177
8.9. Curiosidades .....	179
8.10. Simulaciones .....	179
Bibliografía .....	194
9. ESTÁTICA .....	195
9.1. Objetivos .....	195
9.2. Introducción .....	195



9.3. Equilibrio de un punto material .....	195
9.4. Equilibrio de un sólido .....	196
9.5. Estabilidad del equilibrio .....	199
9.6. Curiosidades .....	200
9.7. Simulaciones .....	201
9.8. Bibliografía .....	204
10. MOVIMIENTO VIBRATORIO .....	205
10.1. Objetivos .....	205
10.2. Introducción .....	205
10.3. Movimiento vibratorio: definición .....	205
10.4. Clasificación de las vibraciones .....	206
10.5. Clasificación de las fuerzas .....	206
10.6. Movimientos periódicos y aperiódicos .....	206
10.7. Movimiento armónico .....	206
10.8. Movimiento vibratorio con un solo grado de libertad .....	207
10.9. Vibraciones libres sin amortiguamiento .....	208
10.9.1. Estudio del movimiento de una masa $m$ unida a un muelle de constante elástica $k$ .....	209
10.9.2. Estudio del movimiento de un péndulo simple .....	212
10.10. Vibraciones libres amortiguadas .....	215
10.11. Vibraciones forzadas sin amortiguamiento .....	216
10.11.1. Batimiento .....	217
10.11.2. Resonancia .....	218
10.12. Vibraciones forzadas con amortiguamiento .....	218
10.13. Curiosidades .....	220
10.14. Simulaciones .....	221
Bibliografía .....	228
11. ESTÁTICA DE FLUIDOS .....	229
11.1. Objetivos .....	229
11.2. Introducción .....	229
11.3. Conceptos fundamentales .....	229
11.4. Estática de fluidos .....	231
11.4.1. Principio de Arquímedes .....	231
11.4.2. Ecuación fundamental de la estática de fluidos .....	232
11.4.3. Principio de Pascal .....	234
11.4.4. Vasos comunicantes .....	235
11.4.5. Prensa hidráulica .....	236
11.4.6. Presión atmosférica .....	236
11.4.7. Aparatos de medida de la presión: manómetro y barómetro ...	237

11.4.8. Unidades de presión .....	239
11.4.9. Fuerza sobre un área plana. Centro de presiones. Aplicación a diques y compuertas .....	240
11.5. Curiosidades .....	245
11.6. Simulaciones .....	246
Bibliografía .....	253
12. DINÁMICA DE FLUIDOS .....	255
12.1. Objetivos .....	255
12.2. Introducción .....	255
12.3. Dinámica de fluidos ideales .....	255
12.3.1. Clasificación del movimiento. Regímenes de movimiento .....	255
12.3.2. Líneas de corriente .....	256
12.3.3. Tubo de corriente .....	257
12.3.4. Trayectorias .....	257
12.3.5. Ecuación fundamental de la dinámica de fluidos. Ecuación de Euler .....	258
12.3.6. Vorticidad y torbellino .....	260
12.3.7. Ecuación de continuidad .....	261
12.3.8. Teorema de Bernoulli .....	263
12.3.9. Teorema de Torricelli .....	269
12.4. Fluidos reales. Viscosidad .....	270
12.4.1. Clasificación del flujo .....	271
12.4.2. Coeficiente de viscosidad dinámica y cinemática .....	271
12.4.3. Pérdida de carga .....	272
12.4.4. La ley del caudal o ley de Poiseuille .....	273
12.4.5. Ley de Stokes .....	273
12.5. Curiosidades .....	275
12.6. Simulaciones .....	275
Bibliografía .....	280
13. TERMODINÁMICA .....	281
13.1. Objetivos .....	281
13.2. Introducción .....	281
13.3. Definiciones .....	281
13.4. Principio cero de la Termodinámica .....	283
13.5. Primer Principio de la Termodinámica .....	283
13.6. Capacidad calorífica y calor específico .....	284
13.7. Conceptos de calor y energía interna .....	285
13.8. Procesos termodinámicos reversibles de gases perfectos .....	286
13.8.1. Procesos isócoros .....	286

13.8.2. Procesos isóbaros .....	287
13.8.3. Procesos isotermos .....	289
13.8.4. Procesos adiabáticos .....	290
13.9. Segundo Principio de la Termodinámica .....	292
13.9.1. Enunciados del segundo Principio .....	293
13.9.2. Cálculo de variaciones de entropía de procesos termodinámicos reversibles de gases perfectos.....	294
13.10. Motores térmicos y máquinas frigoríficas .....	296
13.10.1. Motor o máquina térmica .....	296
13.10.2. Máquina frigorífica .....	297
13.11. Principales ciclos termodinámicos .....	298
13.11.1. Ciclo de Rankine .....	298
13.11.2. Ciclo de Otto .....	299
13.11.3. Ciclo Diesel .....	300
13.11.4. Ciclo de Carnot .....	300
13.12. Tercer Principio de la Termodinámica .....	302
13.13. Simulaciones .....	302
Bibliografía .....	308
14. ELECTRICIDAD .....	309
14.1. Objetivos .....	309
14.2. Introducción .....	309
14.3. Cargas eléctricas .....	309
14.4. Electrización de un cuerpo .....	310
14.5. Conductores y aislantes .....	311
14.6. Ley de Coulomb .....	311
14.7. Campo eléctrico .....	313
14.8. Líneas de campo eléctrico o líneas de fuerza .....	314
14.9. Teorema de Gauss .....	317
14.9.1. Superficie esférica de radio R, uniformemente cargada con una carga q positiva .....	318
14.9.2. Plano infinito de sección despreciable cargado uniformemente con una carga q .....	319
14.9.3. Plano infinito de espesor d cargado uniformemente con una carga q .....	321
14.9.4. Dos planos iguales cargados homogéneamente con cargas iguales y opuestas .....	322
14.10. Potencial eléctrico .....	323
14.11. Diferencia de potencial entre dos puntos .....	325
14.12. Condensador .....	325
14.13. Corriente eléctrica .....	326
14.14. Resistencia eléctrica y Ley de Ohm .....	328

14.15. Ley de Joule .....	329
14.16. Fuerza electromotriz. Generadores de fuerza electromotriz .....	330
14.17. Ecuación de un circuito .....	330
14.18. Diferencia de potencial entre puntos de un circuito .....	332
14.19. Asociación de resistencias .....	333
14.20. Puente de Wheatstone .....	335
14.21. Leyes de Kirchhoff .....	336
14.22. Carga y descarga de un condensador .....	338
14.22.1. Carga de un condensador .....	338
14.22.2. Descarga de un condensador .....	340
14.23. Curiosidades .....	340
14.24. Simulaciones .....	341
Bibliografía .....	352