

CON DUMMIES ES MÁS FÁCIL



# Física

para  
**dummies**<sup>®</sup>



Domina  
los conceptos clave  
de la física

Entiende las leyes de Newton

Aprende a medir  
el desplazamiento,  
la velocidad y la  
aceleración

**Steven Holzner**  
*Doctor en Ciencias*



# Física

para  
**dummies**<sup>®</sup>

**Steven Holzner**

para  
**dummies**<sup>®</sup>

Edición publicada mediante acuerdo con Wiley Publishing Inc.  
...For Dummies, el señor Dummy y los logos de Wiley Publishing,  
Inc. son marcas registradas utilizadas con licencia exclusiva de Wiley Publishing, Inc.

Título original: *Physics I for Dummies, 2<sup>nd</sup> Edition*  
© del texto: Steven Holzner, PhD, 2011  
© de la traducción: Dulcinea Otero-Piñeiro, 2014  
Revisión científico-técnica: David Galadí-Enríquez  
© de la imagen de cubierta, Shutterstock, 2014  
© de las infografías Wiley, Composition Services Graphics, 2013

© Centro Libros PAPP, S. L. U., 2017  
Grupo Planeta  
Avda. Diagonal, 662-664  
08034 - Barcelona

No se permite la reproducción total o parcial de este libro, ni su incorporación a un sistema informático ni su transmisión en cualquier forma o por cualquier medio, sea éste electrónico, mecánico, por fotocopia, por grabación u otros métodos, sin el permiso previo y por escrito del editor.

La infracción de los derechos mencionados puede ser constitutiva de delito contra la propiedad intelectual (Art. 270 y siguientes del Código Penal).  
Diríjase a CEDRO (Centro Español de Derechos Reprográficos) si necesita fotocopiar o escanear algún fragmento de esta obra. Puede contactar con CEDRO a través de la web [www.conlicencia.com](http://www.conlicencia.com) o por teléfono en el 91 702 19 70 / 93 272 04 47.

ISBN: 978-84-978-84-329-0359-5  
Depósito legal: B. 5.846-2017

Primera edición: septiembre de 2014  
Primera edición en este formato: abril de 2016  
Preimpresión: Víctor Igual, sl  
Impresión: Artes Gráficas Huertas, S.A.

Impreso en España - Printed in Spain  
[www.paradummies.es](http://www.paradummies.es)  
[www.planetadelibros.com](http://www.planetadelibros.com)

# Sumario

INTRODUCCIÓN .....	1
Sobre este libro .....	1
Convenciones utilizadas en este libro .....	2
Lo que puedes dejar sin leer .....	2
Algunas suposiciones sobre los lectores .....	3
Cómo está organizado este libro .....	3
Parte I: Pon la física en marcha.....	3
Parte II: Que las fuerzas de la física te acompañen .....	3
Parte III: La energía busca trabajo .....	4
Parte IV: Domina las leyes de la termodinámica .....	4
Parte V: Los decálogos .....	4
Los iconos utilizados en este libro .....	5
¿Y ahora qué? .....	5
PARTE I: PON LA FÍSICA EN MARCHA .....	7
<b>CAPÍTULO 1. Física para entender el mundo</b> .....	9
De qué va la física .....	10
La observación del mundo .....	10
Formular predicciones .....	11
Los frutos de la física .....	12
La observación de objetos en movimiento .....	12
Cómo medir la celeridad, la dirección, la velocidad y la aceleración .....	13
Dale mil vueltas: el movimiento de rotación .....	14
Muelles y péndulos: el movimiento armónico simple .....	14
Por si necesitas un empujón: las fuerzas .....	15
La absorción de la energía que te rodea .....	16
Esto pesa: la presión en los fluidos .....	17
Acalórate sin avergonzarte: la termodinámica .....	17
<b>CAPÍTULO 2. Repaso de unidades físicas y rudimentos matemáticos</b> .....	19
Cómo medir el mundo que te rodea y realizar predicciones .....	20
Cómo emplear los distintos sistemas de unidades .....	20
De metros a pulgadas y a la inversa: conversión de unidades .....	21
Prescinde de algunos ceros: usa la notación científica .....	24
Comprueba la exactitud y la precisión de las medidas .....	26
Cómo saber qué dígitos son significativos .....	26
Cómo estimar la exactitud .....	28
Ármate del álgebra básica .....	29

Un poco de trigonometría . . . . .	30
El mundo se expresa mediante ecuaciones . . . . .	31
<b>CAPÍTULO 3. La necesidad de la velocidad . . . . .</b>	<b>33</b>
Se hace camino al andar . . . . .	34
Qué son el desplazamiento y la posición . . . . .	34
Revisión de ejes . . . . .	36
Respuesta rápida: ¿qué es la velocidad? . . . . .	38
Lectura del velocímetro: velocidad instantánea . . . . .	39
Sé constante: la velocidad uniforme . . . . .	40
Cambio de marcha: el movimiento no uniforme . . . . .	40
Mira el cronómetro: velocidad media . . . . .	40
Písale (o reduce): la aceleración . . . . .	43
Definición de la aceleración . . . . .	43
Las unidades de la aceleración . . . . .	44
Sobre la aceleración positiva y la negativa . . . . .	44
Aceleración media y aceleración instantánea . . . . .	48
Despega ya: pon en práctica la fórmula de la aceleración . . . . .	48
Aceleración uniforme y aceleración no uniforme . . . . .	50
Relación entre la aceleración, el tiempo y el desplazamiento . . . . .	50
Relaciones no tan distantes: cómo deducir la fórmula . . . . .	51
Cómo calcular la aceleración y la distancia . . . . .	52
Cómo vincular la velocidad, la aceleración y el desplazamiento . . . . .	55
Cómo hallar la aceleración . . . . .	56
Cómo hallar el desplazamiento . . . . .	57
Cómo hallar la velocidad final . . . . .	58
<b>CAPÍTULO 4. Sigue la flecha: el movimiento en dos dimensiones . . . . .</b>	<b>59</b>
Cómo visualizar vectores . . . . .	60
Pregunta por la dirección: la esencia de los vectores . . . . .	60
Suma de vectores de principio a fin . . . . .	62
Mano a mano con la sustracción de vectores . . . . .	63
Vectores cazados en la red . . . . .	64
Suma de vectores mediante suma de coordenadas . . . . .	64
Variación de longitud: multiplicación de un vector por un número . . . . .	66
Un poco de trigonometría: descomposición de vectores en componentes . . . . .	66
Cómo hallar las componentes de un vector . . . . .	67
Reconstrucción de un vector a partir de sus componentes . . . . .	70
Con ustedes, el desplazamiento, la velocidad y la aceleración en dos dimensiones . . . . .	73
El desplazamiento: recorrer una distancia en dos dimensiones . . . . .	73

Velocidad: corre en una dirección diferente . . . . .	77
La aceleración: la variación de la velocidad desde otro ángulo . . . . .	78
Aceleración hacia abajo: el movimiento bajo el influjo de la gravedad . . . . .	80
El ejercicio de la pelota de golf que se cae por un precipicio . . . . .	80
El ejercicio de hasta-dónde-eres-capaz-de-mandar- la-pelota . . . . .	84

## PARTE II: QUE LAS FUERZAS DE LA FÍSICA TE ACOMPAÑEN . . . . . 87

### CAPÍTULO 5. **Cuando la presión se convierte en empujón: las fuerzas** . . . . . 89

Primera ley de Newton: resistencia con inercia . . . . .	91
Resistencia al cambio: inercia y masa . . . . .	92
Cómo medir la masa . . . . .	93
Segunda ley de Newton: relación entre fuerza, masa y aceleración . . . . .	94
Relación entre la fórmula y el mundo real . . . . .	94
Las unidades en las que se mide la fuerza . . . . .	95
Suma de vectores: cómo reunir fuerzas netas . . . . .	96
Tercera ley de Newton: fuerzas iguales y contrarias . . . . .	101
La tercera ley de Newton en acción . . . . .	102
Empuja lo bastante fuerte para superar el rozamiento . . . . .	103
Poleas: el soporte duplica la fuerza . . . . .	104
Análisis de ángulos y fuerzas en la tercera ley de Newton . . . . .	105
Encuentra el equilibrio . . . . .	108

### CAPÍTULO 6. **Baja con la gravedad, los planos inclinados y el rozamiento** . . . . . 111

La aceleración de la gravedad: una de las pequeñas constantes de la vida . . . . .	112
La gravedad desde otro ángulo: planos inclinados . . . . .	112
Cómo hallar la fuerza de la gravedad a lo largo de una rampa . . . . .	113
Cómo hallar la velocidad a lo largo de una rampa . . . . .	115
Con derecho a roce . . . . .	116
El rozamiento es muy normal . . . . .	117
Cómo vencer el coeficiente de rozamiento . . . . .	118
En marcha: diferencias entre el rozamiento estático y el dinámico . . . . .	119
Una pendiente poco resbaladiza: el rozamiento ascendente y el descendente . . . . .	121
¡Fuego! Lanza objetos por los aires . . . . .	127
Disparo de un objeto justo en vertical . . . . .	127

Movimiento de proyectiles: disparo de un objeto con un ángulo .....	129
--	-----

**CAPÍTULO 7. Dale vueltas a los movimientos rotatorios  
y las órbitas**.....133

Aceleración centrípeta: cambio de dirección para moverse en círculo .....	134
Velocidad de módulo constante en el movimiento circular uniforme .....	135
Cómo calcular la aceleración centrípeta .....	137
En busca del centro: la fuerza centrípeta .....	137
Busca la fuerza que necesitas .....	138
Cómo afectan la masa, la velocidad y el radio a la fuerza centrípeta .....	139
Cómo tomar curvas planas y peraltadas .....	140
El desplazamiento, la velocidad y la aceleración angulares .....	143
Cómo medir ángulos en radianes .....	143
Cómo relacionar el movimiento lineal con el angular .....	145
Cuando la gravedad sustituye a la fuerza centrípeta .....	147
La ley de Newton de la gravitación universal .....	147
La fuerza de la gravedad en la superficie terrestre .....	148
La ley de la gravitación aplicada a órbitas circulares .....	149
Cerrando el círculo: el movimiento en un círculo vertical .....	154

**CAPÍTULO 8. Sigue la corriente: la presión en los fluidos** ...157

Densidad de masa: alguna información privilegiada .....	158
Cómo calcular la densidad .....	158
Diferencia entre densidad y densidad relativa .....	160
Qué ocurre al aplicar presión .....	160
Las unidades de presión .....	161
Relación entre la presión y la profundidad .....	162
Máquinas hidráulicas: transmisión de la presión por el principio de Pascal .....	166
Flotación: gracias a Arquímedes tu yate no se hunde .....	168
Dinámica de fluidos: fluidos en movimiento .....	171
Caracterización del tipo de flujo .....	171
Representación del flujo mediante líneas de corriente .....	174
Déjate llevar por el flujo y la presión .....	175
La ecuación de continuidad: relación entre el tamaño de un tubo y el flujo específico .....	175
La ecuación de Bernoulli: relación entre la velocidad y la presión .....	178
Tuberías y presión: júntalo todo .....	180

<b>PARTE III: LA ENERGÍA BUSCA TRABAJO</b> .....	183
<b>CAPÍTULO 9. Consigue trabajo con la física</b> .....	185
En busca de trabajo .....	185
El trabajo en los sistemas de medida .....	186
Empuja un peso: aplicación de fuerza en la dirección del movimiento .....	186
Usa un cable de remolque: aplica fuerza con un ángulo .....	188
Trabajo negativo: aplicación de fuerza en sentido contrario al movimiento .....	191
Muévete: energía cinética .....	192
El teorema trabajo-energía: conversión del trabajo en energía cinética .....	192
Para qué sirve la ecuación de la energía cinética .....	194
Cómo calcular la variación de la energía cinética usando la fuerza neta .....	195
Energía atesorada: la energía potencial .....	197
Un nivel superior: ganancia de energía potencial con trabajo en contra de la gravedad .....	198
Desarrolla tu potencial: transformación de la energía potencial en energía cinética .....	199
Elige tu camino: fuerzas conservativas frente a fuerzas no conservativas .....	200
Mantén la energía: la conservación de la energía mecánica .....	202
Intercambio de energía cinética y potencial .....	202
El balance de la energía mecánica: cómo hallar la velocidad y la altura .....	204
A toda potencia: el ritmo de trabajo .....	206
Unidades comunes de potencia .....	207
Otras maneras de calcular la potencia .....	208
<b>CAPÍTULO 10. Ponte en movimiento: cantidad de movimiento e impulso</b> .....	213
El impacto del impulso .....	214
Encuentra el momento .....	215
Teorema del impulso-momento: cómo relacionar el impulso y el momento .....	216
La mesa de billar: calcular la fuerza a partir del impulso y el momento .....	218
Cantando bajo la lluvia: un acto impulsivo .....	219
Choques entre objetos: la conservación del momento .....	221
Deducción de la fórmula de la conservación .....	221
Cómo hallar la velocidad con la conservación del momento .....	223
Cómo hallar la velocidad de disparo con la conservación del momento .....	224
Cuando chocan dos mundos (o dos coches): colisiones elásticas e inelásticas .....	227



	Cómo determinar si una colisión es elástica . . . . .	227
	Colisión elástica a lo largo de una línea . . . . .	228
	Colisión elástica en dos dimensiones . . . . .	231
<b>CAPÍTULO 11.</b>	<b>Acabemos con la cinética angular . . . . .</b>	<b>235</b>
	Del movimiento lineal al movimiento rotatorio. . . . .	236
	Qué es el movimiento tangencial . . . . .	237
	Cómo hallar la velocidad tangencial . . . . .	238
	Cómo hallar la aceleración tangencial . . . . .	239
	Cómo hallar la aceleración centrípeta . . . . .	240
	Aplicación de vectores a la rotación . . . . .	243
	Cómo calcular la velocidad angular . . . . .	243
	Cómo calcular la aceleración angular . . . . .	244
	Date la vuelta en un momento . . . . .	247
	Esquema de la ecuación del momento de fuerza . . . . .	248
	Qué es el brazo de palanca . . . . .	250
	Cómo calcular el momento generado . . . . .	251
	El momento de fuerza es un vector . . . . .	252
	Giros a una velocidad constante: equilibrio rotatorio. . . . .	253
	¿Cuánto peso puede levantar Hércules? . . . . .	254
	Cuelga una bandera: un problema de equilibrio rotatorio . . . . .	257
	Escaleras seguras: introducción del rozamiento en el equilibrio rotatorio . . . . .	259
<b>CAPÍTULO 12.</b>	<b>Gira y gira con la dinámica de la rotación . . . . .</b>	<b>263</b>
	La segunda ley de Newton convertida en movimiento angular. . . . .	264
	Conversión de la fuerza en momento de fuerza . . . . .	264
	Conversión de la aceleración tangencial en aceleración angular. . . . .	265
	Los factores del momento de inercia . . . . .	266
	El momento de inercia: análisis de la distribución de la masa . . . . .	267
	Reproductores de DVD y momento de fuerza: ejemplo de inercia en un disco giratorio . . . . .	269
	Aceleración angular y momento de una fuerza: un ejemplo de inercia de polea . . . . .	271
	No le des más vueltas al trabajo rotatorio y la energía cinética . . . . .	274
	Dale un giro al trabajo . . . . .	274
	Avanza con la energía cinética de rotación . . . . .	276
	¡Echa a rodar! Cómo hallar la energía cinética de rotación sobre una rampa . . . . .	277
	No puedo parar esto: el momento angular . . . . .	279
	Conservación del momento angular . . . . .	280
	Órbitas de satélites: un ejemplo de conservación del momento angular . . . . .	281

<b>CAPÍTULO 13. Muelles: el movimiento armónico simple</b>	283
Rebótate con la ley de Hooke	283
Estiramiento y compresión de muelles	284
Empuja o estira: la fuerza restauradora del muelle	284
Las vueltas del movimiento armónico simple	286
Alrededor del equilibrio: muelles horizontales y verticales	286
No pierdas la onda: el seno del movimiento armónico simple	288
Cómo hallar la frecuencia angular de una masa sobre un muelle	295
Factores de la energía en el movimiento armónico simple	298
Colúmpiate con los péndulos	299
<b>PARTE IV: DOMINA LAS LEYES DE LA TERMODINÁMICA</b>	303
<b>CAPÍTULO 14. Caldea el ambiente con la termodinámica</b>	305
Medición de la temperatura	306
Fahrenheit y Celsius: los grados	306
Parte de cero con la escala Kelvin	307
Llega el calor: la dilatación térmica	308
La dilatación lineal: objetos más largos	309
La dilatación volumétrica	311
El calor: sigue el flujo de la energía térmica	314
Detalles sobre la variación de temperatura	315
Encuentros en otra fase: añade calor sin alterar la temperatura	317
<b>CAPÍTULO 15. Toma, ponte mi abrigo: cómo se transfiere el calor</b>	323
Convección: deja que el calor fluya	324
Los fluidos calientes suben: en marcha por la convección natural	324
El control del flujo con la convección forzada	326
¿Demasiado caliente para tocarlo? Has contactado con la conducción	327
En busca de la ecuación de la conducción	328
Conductores y aislantes	332
La radiación: en la onda electromagnética	334
Radiación recíproca: dar y recibir calor	335
Los cuerpos negros: absorción y reflexión de la radiación	336
<b>CAPÍTULO 16. En el mejor de los mundos posibles: la ley de los gases ideales</b>	341
Bucea entre las moléculas y los moles con el número de Avogadro	342

Relación entre presión, volumen y temperatura con la ley de los gases ideales	344
La ley de los gases ideales	344
En condiciones normales de presión y temperatura	346
Un problema respiratorio: examen de oxígeno	347
Las leyes de Boyle y de Charles: expresiones alternativas de la ley de los gases ideales	348
Sigue las moléculas de los gases ideales con la fórmula de la energía cinética	351
Cómo predecir la velocidad de una molécula de aire	351
Cómo calcular la energía cinética de un gas ideal	352
<b>CAPÍTULO 17. Calor y trabajo: las leyes de la termodinámica</b>	<b>355</b>
Equilibrio térmico: ganancia de temperatura con el principio cero	356
Conservación de la energía: el primer principio de la termodinámica	356
Cálculos con la conservación de la energía	357
Valora la constancia: procesos isobárico, isocórico, isotérmico y adiabático	361
Escuela de calor: el segundo principio de la termodinámica	376
Motores térmicos: pon a trabajar el calor	376
Limitación del rendimiento: Carnot dice que no se puede tener todo	379
Para ir a contracorriente, las bombas de calor	382
No te enfríes: el tercer (y último) principio de la termodinámica	386
<b>PARTE V: LOS DECÁLOGOS</b>	<b>387</b>
<b>CAPÍTULO 18. Diez héroes de la física</b>	<b>389</b>
Galileo Galilei	389
Robert Hooke	390
Isaac Newton	390
Benjamin Franklin	391
Charles-Augustin de Coulomb	392
Amedeo Avogadro	392
Nicolas Léonard Sadi Carnot	393
James Prescott Joule	393
William Thomson (lord Kelvin)	394
Albert Einstein	394
<b>CAPÍTULO 19. Diez teorías físicas salvajes</b>	<b>397</b>
Se puede medir la distancia más pequeña posible	397
Tal vez exista una cantidad mínima de tiempo posible	398
Heisenberg afirma que la certeza es imposible	398
Los agujeros negros no dejan salir la luz	399
La gravedad curva el espacio	400

La materia y la antimateria se destruyen mutuamente . . . . .	401
Las supernovas son las explosiones más potentes que existen . .	402
El universo empieza con el Big Bang y acaba con el Big Crunch .	402
La física más caliente está en los hornos de microondas . . . . .	403
¿Se puede medir el universo? . . . . .	405

<b>GLOSARIO</b> . . . . .	407
---------------------------	-----

<b>ÍNDICE</b> . . . . .	413
-------------------------	-----

1

**Pon la física  
en marcha**

## EN ESTA PARTE . . .

La parte I está pensada para introducirte en las sendas de la física. El movimiento es uno de los temas más sencillos de esta ciencia y te convertirás en un maestro del movimiento con unas pocas ecuaciones. En esta parte conocerás los rudimentos matemáticos y las unidades necesarios para comprobar de qué manera las ecuaciones físicas describen el mundo que te rodea. Con solo introducir los números ya podrás hacer cálculos que dejarán atónitos a tus colegas.

## EN ESTE CAPÍTULO

Reconocerás la física que hay en tu mundo

Entenderás el movimiento

Dominarás la fuerza y la energía de tu alrededor

Te acalorarás con la termodinámica

# Capítulo 1

# Física

# para entender el mundo

La física consiste en el estudio del mundo y del universo. Por suerte, el comportamiento de la materia y la energía (todo lo que compone el universo) no es un descontrol absoluto; por el contrario, obedece a leyes estrictas que los físicos van revelando paso a paso mediante la aplicación atenta del *método científico*, el cual se basa en hechos experimentales y en un razonamiento riguroso. Siguiendo ese procedimiento, la física ha ido desentrañando más y más la belleza que subyace en los entresijos del universo, desde lo infinitamente pequeño hasta lo más grandioso.

La física es una ciencia que lo engloba todo. Si estudias distintos aspectos del mundo natural (de hecho, la palabra *física* deriva del vocablo griego *fysicós*, que significa ‘cosas naturales’), tratas con diferentes áreas de la física: la física de los objetos en movimiento, la física de la energía, de las fuerzas, de los gases, del calor y la temperatura, etc. En este libro disfrutarás con el estudio de todas esas materias y

muchas más. Este capítulo es un resumen de los conocimientos que necesitas para empezar: qué es la física, de qué se ocupa y por qué las operaciones matemáticas son importantes en ella.

## De qué va la física

Mucha gente se pone un poco nerviosa al pensar en la física. Ven esta materia como algo sesudo que se saca números y reglas de la manga. Pero lo cierto es que se trata de una ciencia que te permite tomar conciencia del mundo. La física es una aventura humana que se emprende en beneficio de todos para explorar el funcionamiento del mundo.



RECUERDA

En el fondo, la física no es más que observar el mundo que habitamos y emplear modelos mentales y matemáticos para explicarlo. La base de la física es esta: partes de una observación, creas un modelo para simular esa situación, después añades algo de matemáticas para rellenarlo y, *voilà!*, ya tienes el poder de predecir lo que ocurrirá en el mundo real; y en ese contexto, las matemáticas te ayudan a ver qué sucede y por qué.

En este apartado explico cómo encajan las observaciones del mundo real con las matemáticas. En apartados posteriores haré un recorrido breve por los temas clave de la física básica.

### La observación del mundo

A tu alrededor suceden un montón de cosas observables, que conforman este mundo complejo. Las hojas de los árboles se agitan, el sol brilla, las bombillas alumbran, los coches se mueven, las impresoras cumplen su función, la gente camina o va en bici, los ríos fluyen... Cuando te detienes a examinar esos fenómenos, la curiosidad humana te lleva a plantearte infinidad de preguntas:

- » ¿Por qué resbalo al intentar subir por una ladera nevada?
- » ¿A qué distancia están las estrellas y cuánto se tardaría en llegar a ellas?
- » ¿Cómo funciona el ala de un avión?
- » ¿Cómo es posible que los termos conserven calientes las cosas calientes y frescas las cosas frías?



- » ¿Cómo se mantiene a flote un crucero enorme si un clip sujetapapeles se hunde?
- » ¿Por qué borbotea el agua cuando hierve?

Toda ley física responde a la observación atenta del mundo; y toda teoría que se formule debe ser sometida a la prueba de los datos experimentales. La física va más allá de las afirmaciones cualitativas sobre las cosas físicas, por ejemplo: “Si empujo el columpio con más fuerza, el niño llega más alto”. Las leyes de la física permiten pronosticar con precisión qué altura alcanzará.

## Formular predicciones

La física no es más que la creación de modelos del mundo (aunque hay otra manera de entenderla, que sostiene que, en realidad, la física desentraña la verdad sobre los mecanismos del mundo y no se limita solo a elaborar modelos). Esos modelos mentales se pueden usar para describir cómo funciona el mundo: cómo se deslizan los bloques por las rampas, cómo se forman y cómo brillan las estrellas, cómo atrapan la luz los agujeros negros sin dejarla escapar, qué sucede cuando chocan los coches, etc.

A veces, cuando esos modelos se crean por primera vez, tienen poco que ver con los números; se limitan a la esencia de los hechos. Por ejemplo, esta estrella se compone de esta capa y después de otra capa y, como consecuencia, se produce esta reacción seguida por tal otra y ¡zas!, aparece una estrella. Con el paso del tiempo, esos modelos se hacen más precisos y es ahí donde algunos estudiantes de física empiezan a tener problemas. Las clases de física serían pan comido si pudiéramos decir sin más: “El carrito va a descender por esa colina y a medida que se acerque a la base irá ganando velocidad”. Pero el asunto es más enrevesado porque la física no solo te permite afirmar que irá más deprisa sino que, mostrando tu dominio sobre el mundo físico, puedes decir a qué velocidad irá.

Entre la teoría, formulada con matemáticas, y los datos experimentales se da una interacción sutil. Por lo general, los datos experimentales no solo confirman las teorías, sino que además dan lugar a teorías nuevas, lo que a su vez inspira experimentos nuevos. Ambos ámbitos se alimentan entre sí y generan nuevos descubrimientos.

Tal vez muchas de las personas que abordan esta materia consideren las matemáticas como algo tedioso y demasiado abstracto. Sin embargo, en su relación con la física, las matemáticas cobran vida. Una

ecuación de segundo grado quizá parezca un tanto árida, pero si la usas para calcular el ángulo correcto para lanzar un cohete con la trayectoria perfecta, la encontrarás más jugosa. El capítulo 2 explica todas las matemáticas que necesitas saber para efectuar cálculos de física elemental.

## Los frutos de la física

Entonces, ¿qué sacarás de la física? Si quieres hacer carrera dentro de esta disciplina o en un campo relacionado con ella, como la ingeniería, la respuesta está clara: necesitarás estos conocimientos continuamente. Pero, aunque no planees embarcarte en este tipo de estudios, el análisis de la materia te reportará mucho porque buena parte de lo que descubras en un curso introductorio de física te servirá para aplicarlo a la vida real:

- » En cierto modo, todas las demás ciencias se basan en la física. Por ejemplo, la estructura y las propiedades eléctricas de los átomos condicionan las reacciones químicas, así que toda la química se rige por las leyes de la física. De hecho, cabría afirmar que en última instancia ¡todo se reduce a las leyes de la física!
- » La física se ocupa de algunos fenómenos bastante sorprendentes. Muchos vídeos de fenómenos físicos han llegado a ser virales en YouTube; echa una ojeada. Busca “fluido no newtoniano” y contemplarás la progresiva y rebosante danza de una mezcla de harina de maíz y agua sobre un altavoz.
- » Más importantes aún que las aplicaciones de la física son las herramientas que te brinda para abordar y resolver cualquier tipo de problema. Los problemas de física te preparan para observar desde la distancia, evaluar las opciones que tienes para enfrentarte al asunto en cuestión y, a continuación, resolver el problema de la manera más sencilla posible.

## La observación de objetos en movimiento

Algunos de los interrogantes esenciales que tal vez te plantees sobre el mundo guardan relación con los objetos en movimiento. ¿Llegará a pararse esa piedra que cae rodando hacia ti? ¿A qué velocidad tienes

que moverte para apartarte de su camino? (Espera un momento, voy a sacar la calculadora...). El movimiento fue una de las primeras exploraciones de la física.

Cuando miras a tu alrededor ves que el movimiento de los objetos cambia sin cesar. Ves una moto que se detiene ante una señal de stop. Ves caer una hoja hasta el suelo y que vuelve a alzarse con el viento. Ves que una bola de billar choca mal contra otras bolas y las desplaza hacia donde no deben ir. La parte I de este libro trata de los objetos en movimiento, desde bolas hasta vagones de tren y la mayoría de los objetos intermedios. En este apartado te presento el movimiento en línea recta, el movimiento de rotación y el movimiento cíclico de muelles y péndulos.

## **Cómo medir la celeridad, la dirección, la velocidad y la aceleración**

La velocidad hace furor entre los físicos: ¿A qué velocidad se mueve un objeto? ¿No son suficientes 50 km/h? ¿Qué tal 5 000? No hay ningún problema cuando tratas con la física. Para describir el movimiento de un objeto, además del valor de la velocidad (su *módulo* o *celeridad*), es importante la dirección en la que se desplaza. Si tu equipo de fútbol controla el balón dentro del campo, lo que te importa es que lo haga en la dirección correcta.

Al unir el valor numérico de la velocidad (la celeridad) con la dirección se obtiene un vector: el vector velocidad. Los vectores son instrumentos matemáticos muy útiles. Todo lo que posee magnitud y dirección se describe mejor con un *vector*. Los vectores suelen representarse como flechas cuya longitud indica la magnitud (el tamaño) y cuya orientación indica la dirección. En un vector que represente la velocidad, la longitud se corresponde con la celeridad del objeto y la flecha apunta en la dirección en que se desplaza el objeto. (Para saber cómo usar vectores consulta el capítulo 4.)

Todo tiene una velocidad, así que la velocidad es muy útil para describir el mundo que te rodea. Aunque un objeto se encuentre en reposo con respecto al suelo, está en la Tierra, la cual tiene una velocidad. (Y, si todo tiene una velocidad, no es de extrañar que los físicos sigan recibiendo subvenciones: alguien tiene que medir todo ese movimiento.)

Si has viajado alguna vez en coche, sabrás que la velocidad no lo es todo. Los coches no empiezan a andar a 100 km/h así de golpe, sino

que tienen que acelerar hasta alcanzar esa rapidez. Al igual que la velocidad, la aceleración no solo se expresa mediante una cantidad, sino también con una dirección, así que la aceleración también es un vector en física. La velocidad y la aceleración se tratan en el capítulo 3.

## **Dale mil vueltas: el movimiento de rotación**

Gran cantidad de cosas giran y giran en el mundo cotidiano: los CD, los DVD, los neumáticos, los brazos de una lanzadora de martillo, la ropa dentro de la lavadora, los bucles de una montaña rusa, o los niños cuando se ponen a dar vueltas por mera diversión bajo su primera nevada. Del mismo modo que mueves un coche y lo aceleras en línea recta, las ruedas del vehículo pueden girar y acelerar, pero en círculo.

El paso del mundo lineal al mundo de la rotación resulta sencillo porque existen analogías físicas muy prácticas para todo lo lineal en el universo de la rotación. Por ejemplo, la distancia recorrida se convierte en el ángulo girado. La velocidad en metros por segundo se transforma en velocidad angular expresada en ángulo girado por segundo. Hasta la aceleración lineal pasa a ser aceleración angular.

Por tanto, si entiendes cómo funciona el movimiento lineal, el movimiento de rotación caerá rendido a tus pies. Se usan las mismas ecuaciones tanto para el movimiento lineal como para el de rotación, solo que con símbolos diferentes, cuyo significado es ligeramente distinto (el ángulo sustituye a la distancia, por ejemplo). Cerrarás el círculo en un visto y no visto. El capítulo 7 contiene los detalles.

## **Muelles y péndulos: el movimiento armónico simple**

¿Has visto alguna vez moverse una cosa sobre un muelle? Ese movimiento desconcertó a los físicos durante mucho tiempo hasta que se pusieron a trabajar en él. Descubrieron que al presionar un muelle, la fuerza no es constante. El muelle se resiste y, cuanto más se presiona, más resistencia opone.

Entonces, ¿qué relación hay entre la fuerza que opone el muelle y la distancia que se ha recorrido presionándolo? La fuerza es directamente proporcional a la cantidad de aplastamiento que ha experimentado el muelle: al duplicar la cantidad de aplastamiento del muelle se duplica la fuerza con la que se resiste.

Los físicos se quedaron encantados: aquel era el tipo de matemáticas que entendían. ¿Fuerza proporcional a distancia? Magnífico. Esa relación se puede introducir en una ecuación, y la ecuación se puede utilizar para describir el movimiento del objeto unido al muelle. Los resultados revelaron cómo se mueven los objetos sujetos a un muelle: otro triunfo de la física.

Este logro concreto recibió el nombre de *movimiento armónico simple*. Es simple porque la fuerza es directamente proporcional a la distancia, así que el resultado es simple. Es armónico porque se repite sin fin a medida que el objeto se desplaza arriba y abajo sobre el muelle. Los físicos consiguieron deducir ecuaciones sencillas que te permitirán conocer con exactitud dónde se encontrará el objeto en cualquier momento dado.

Pero eso no es todo. El movimiento armónico simple se aplica a muchos objetos del mundo real, no solo a las cosas sujetas a un muelle. Por ejemplo, los péndulos también siguen un movimiento armónico simple. Imagina que tienes una piedra que se balancea colgada de una cuerda. Mientras el arco que describa en su balanceo no sea demasiado amplio, la piedra atada a la cuerda formará un péndulo y, por tanto, su movimiento será armónico simple. Si conoces la longitud de la cuerda y la amplitud del ángulo que describe en el balanceo, puedes predecir en qué lugar se hallará la piedra en cualquier instante. El movimiento armónico simple se describe en el capítulo 13.

## Por si necesitas un empujón: las fuerzas

La física tiene una predilección especial por las fuerzas. Hacen falta fuerzas para poner en movimiento cosas que están en reposo. Imagina una piedra del suelo. Muchos físicos (excepto, tal vez, los geofísicos) la mirarían con recelo. Ahí quieta, sin más. ¿Qué gracia tiene eso? Después de medir su tamaño y su masa, perdería todo el interés para ellos.

Pero dale un puntapié (es decir, aplícale una fuerza), y ya verás cómo acuden corriendo los físicos. Ahora ya sí que está pasando algo, la piedra empezó en reposo, pero ahora está moviéndose. Encontrarás toda suerte de números asociados a ese movimiento. Por ejemplo, puedes relacionar la fuerza aplicada a un objeto con su masa y deducir la aceleración. Y a los físicos les encantan los números porque ayudan a describir lo que está ocurriendo en el mundo físico.

Los físicos son expertos aplicando fuerzas a los objetos y prediciendo los resultados. ¿Tienes una nevera que hay que subir por una rampa y no sabes si vas a poder? Pues pregúntale a un físico. ¿Tienes que lanzar un cohete? Haz lo mismo.

## La absorción de la energía que te rodea

No hay que mirar muy lejos para toparse con el siguiente tema. (En realidad nunca hay que hacerlo.) Al salir de casa por la mañana, por ejemplo, puede que oigas un estruendo algo más arriba en tu misma calle. Dos coches han chocado a gran velocidad, han quedado trabados el uno con el otro y bajan derrapando hacia donde te encuentras tú. Gracias a la física (y más en concreto a la parte III de este libro), podrás proceder a tomar las medidas y efectuar las predicciones necesarias para saber con exactitud cuánto deberás desplazarte para apartarte de su camino.

Dominar los conceptos de energía y cantidad de movimiento te ayudará en ese trance. Esos conceptos se emplean para describir el movimiento de objetos con masa. La energía del movimiento de denomina *energía cinética*, y cuando aceleras un coche de 0 a 100 km/h en 10 s, el coche acumula mucha energía cinética.

¿De dónde proviene la energía cinética? Procede del *trabajo*, que es lo que sucede cuando una fuerza desplaza un objeto a lo largo de una distancia determinada. También puede venir de la *energía potencial*, la energía almacenada en el objeto y debida al trabajo realizado por una clase particular de fuerza, como la gravedad o las fuerzas eléctricas. Así, por ejemplo, la gasolina permite al motor de un coche realizar trabajo para imprimirle velocidad. Pero hace falta una fuerza para acelerar algo y, curiosamente, la manera en que el motor de un coche realiza trabajo consiste en usar la fuerza de rozamiento estático contra la calzada. Sin rozamiento las ruedas se limitarían a girar, pero gracias a la fuerza de rozamiento estático, los neumáticos ejercen una fuerza contra el asfalto. Para toda fuerza entre dos objetos existe una fuerza reactiva de igual magnitud pero en sentido opuesto. Así que la carretera también ejerce sobre el coche una fuerza, que es la que causa su aceleración.

O supongamos que estás subiendo un piano por las escaleras hasta tu nuevo piso. Tras subir las escaleras, el piano tendrá energía potencial por la mera razón de que has realizado gran cantidad de trabajo contra la fuerza de la gravedad para subir el piano esas seis plantas. Por

desgracia, tu compañero de piso detesta los pianos y tira el tuyo por la ventana. ¿Qué pasa ahora? La energía potencial del piano, debida a su altura dentro de un campo gravitatorio, se transforma en energía cinética, la energía del movimiento. Entonces decides calcular la velocidad final del piano cuando se estampe contra el suelo. (Después calcularás el precio del piano, se lo enseñarás a tu compañero y volverás a bajar las escaleras para comprarte unos timbales.)

## Esto pesa: la presión en los fluidos

¿Has notado alguna vez que a 1500 m bajo la superficie la presión es distinta que en la superficie? ¿Nunca has estado a 1500 m por debajo de las olas del mar? Pero sí habrás notado el cambio de presión al zambullirte en una piscina. Cuanto más descendes, más aumenta la presión debido a que el peso del agua que tienes encima ejerce fuerza hacia abajo. La *presión* no es más que una fuerza por unidad de área.

¿Te has comprado una piscina? Cualquier físico que se precie podrá decirte qué presión aproximada hay en la parte más baja si le dices qué profundidad tiene. El mundo de los fluidos te brindará un sinnúmero de cosas que medir, como la velocidad de los fluidos a través de orificios pequeños, la densidad de un fluido, etc. Una vez más, la física responde bien bajo presión. Ilústrate sobre las fuerzas en el seno de los fluidos en el capítulo 8.

## Acalórate sin avergonzarte: la termodinámica

El calor y el frío forman parte de la vida cotidiana. ¿Has observado alguna vez las gotitas de condensación en un vaso de agua fría dentro de una habitación caliente? El vapor de agua que hay en el aire se enfría al entrar en contacto con el vaso y se condensa, es decir, adopta la forma de agua líquida. El vapor de agua que se condensa cede energía térmica a la bebida fría, la cual acaba calentándose como consecuencia de ello.

La *termodinámica* te revelará cuánto calor irradias en un día gélido, cuántas bolsas de hielo necesitas para enfriar una chimenea de lava y cualquier otra cosa relacionada con la energía calorífica. También puedes estudiar la termodinámica fuera de la Tierra. ¿Por qué está frío el espacio? En un entorno normal, emites calor hacia todo lo que te

rodea; y todo lo que te rodea emite calor hacia ti. Pero en el espacio lo único que irradia calor eres tú, así que puedes llegar a helarte.

La radiación de calor no es más que una de las tres maneras posibles de transferir calor. Descubrirás mucho más acerca del calor, ya sea creado por una fuente emisora de calor (como el Sol) o mediante rozamiento, en la parte IV.