



Universidad Nacional de Educación a Distancia

GRADO EN FÍSICA

# FUNDAMENTOS DE FÍSICA I

Autor:  
Daniel Pérez

# Índice general

<b>I</b>	<b>Mecánica</b>	<b>3</b>
<b>1.</b>	<b>Leyes de Newton y aplicaciones</b>	<b>4</b>
1.1.	Leyes de Newton . . . . .	4
1.2.	Fuerzas de contacto: fuerza normal y fuerzas de rozamiento. . . . .	5
1.3.	Dinámica del movimiento circular uniforme . . . . .	6
1.4.	Movimiento relativo: sistemas de referencia inerciales y no inerciales, fuerzas ficticias. . . . .	6
<b>2.</b>	<b>Trabajo y energía</b>	<b>7</b>
2.1.	Conservación de la energía. . . . .	7
2.2.	Trabajo realizado por una fuerza . . . . .	7
2.3.	Teorema trabajo-energía . . . . .	7
2.4.	Fuerzas conservativas y no conservativas . . . . .	7
2.5.	Conservación de la energía mecánica . . . . .	7
<b>3.</b>	<b>Sistemas de partículas</b>	<b>9</b>
3.1.	Cantidad de movimiento . . . . .	9
3.2.	Centro de masa . . . . .	9
3.3.	Conservación de la cantidad de movimiento . . . . .	9
3.4.	Colisiones . . . . .	9
<b>4.</b>	<b>Rotación de un cuerpo rígido</b>	<b>10</b>
4.1.	Momento de una fuerza . . . . .	10
4.2.	Velocidad y aceleración angulares . . . . .	10
4.3.	Momento de inercia . . . . .	10
4.4.	Energía cinética rotacional . . . . .	10
4.5.	Momento angular de una partícula y de un sistema de partículas . . . . .	10
4.6.	Conservación del momento angular . . . . .	10
4.7.	Traslación y rotación de un cuerpo rígido . . . . .	10
<b>5.</b>	<b>Interacción gravitatoria</b>	<b>11</b>
5.1.	Ley de la gravitación universal . . . . .	11
5.2.	Leyes de Kepler . . . . .	11
5.3.	El campo gravitatorio y el potencial gravitatorio . . . . .	11
<b>6.</b>	<b>Equilibrio estático y elasticidad</b>	<b>12</b>
6.1.	Condiciones de equilibrio . . . . .	12
6.2.	Centro de gravedad . . . . .	12
6.3.	Par de fuerzas . . . . .	12
6.4.	Tensión y deformación . . . . .	12

<b>7. Fluidos</b>	<b>13</b>
7.1. Presión en un fluido . . . . .	13
7.2. Flotación y principio de Arquímedes . . . . .	13
7.3. Fluidos en movimiento: ecuación de Bernoulli . . . . .	13
7.4. Flujos viscosos . . . . .	13
 <b>II Oscilaciones y Ondas</b>	 <b>14</b>
<b>8. Oscilaciones</b>	<b>15</b>
8.1. Movimiento armónico simple: cinemática y dinámica . . . . .	15
8.2. Energía de un oscilador armónico simple . . . . .	15
8.3. Péndulo simple y péndulo físico . . . . .	15
8.4. Movimiento armónico amortiguado . . . . .	15
8.5. Oscilaciones forzadas y resonancia . . . . .	15
 <b>9. Ondas</b>	 <b>16</b>
9.1. Movimiento ondulatorio simple . . . . .	16
9.2. Ondas periódicas . . . . .	16
9.3. Ondas en tres dimensiones . . . . .	16
9.4. Concepto de reflexión, refracción y dispersión . . . . .	16
9.5. Efecto Doppler . . . . .	16
9.6. Superposición de ondas . . . . .	16
9.7. Ondas estacionarias . . . . .	16
 <b>III Termodinámica</b>	 <b>17</b>
<b>10. Termodinámica</b>	<b>18</b>
10.1. Temperatura y calor . . . . .	18
10.2. El principio cero de la Termodinámica . . . . .	18
10.3. Termómetros y escalas de temperatura . . . . .	18
10.4. Ecuaciones de estado: gases ideales . . . . .	18
10.5. Teoría cinética de los gases . . . . .	18
10.6. Calor específico y trabajo . . . . .	18
10.7. Primer Principio de la Termodinámica . . . . .	18
10.8. Equipartición de la energía . . . . .	18
10.9. Máquinas térmicas y segundo principio de la Termodinámica . . . . .	18
10.10. Reversibilidad y el ciclo de Carnot . . . . .	18
10.11. Temperaturas absolutas . . . . .	18
10.12. La entropía y el segundo principio . . . . .	18

# Parte I

## Mecánica

# Capítulo 1

## Leyes de Newton y aplicaciones

### 1.1. Leyes de Newton

La mecánica clásica tiene que ver con el movimiento de las partículas. Para ello, necesitamos unas cuantas definiciones.

**Definition 1.1.1** (Partícula). Una partícula es un objeto de tamaño insignificante. Esto significa que si quieres analizar una partícula en un momento determinado, la única información que necesitas especificar es su posición.

**Definition 1.1.2** (Sistema de referencia). Se conoce como sistema de referencia al grupo de convenciones que un observador emplea para la medición de las magnitudes físicas de un sistema determinado. Los sistemas de referencias suelen ser conjuntos de coordenadas que, por ahora, elegimos como cartesianos.

Con respecto a este marco, la posición de una partícula está especificada por un vector  $\vec{x}$ . Dado que la partícula se mueve, la posición depende del tiempo, lo que resulta en una trayectoria de la partícula describa por  $\vec{x} = \vec{x}(t)$ .

**Definition 1.1.3** (Velocidad). La velocidad de una partícula viene definida por

$$\vec{v} = \frac{d\vec{x}(t)}{dt} = \dot{\vec{x}}$$

**Definition 1.1.4** (Aceleración). La aceleración de una partícula viene definida por

$$\vec{a} = \frac{d^2\vec{x}(t)}{dt^2} = \ddot{\vec{x}}$$

La mecánica newtoniana es un marco que nos permite determinar la trayectoria  $\vec{x}(t)$  de una partícula en cualquier situación dada. Este marco generalmente se presenta como tres axiomas conocidos como leyes de movimiento de Newton.

1. Si se deja sola, una partícula se mueve con velocidad constante
2. La aceleración de una partícula es proporcional a la fuerza que actúa sobre ella.
3. Cada acción tiene una reacción igual y opuesta.

A primera vista, parece que la primera ley no es más que un caso especial de la segunda ley. Situado en el contexto histórico, es comprensible que Newton quisiera subrayar la primera ley. Es una refutación a la idea aristotélica de que, si se deja solo, un objeto se detendrá naturalmente. En cambio, como Galileo se había dado cuenta previamente, el estado natural

de un objeto es viajar con velocidad constante. Esta es la esencia de la ley de la inercia. Pero, ¿realmente necesitamos esta ley?. La respuesta es sí, pero desde un punto de vista distinto.

Hay que tener en cuenta que para la mayoría de los sistemas de referencia, la primera ley de Newton es incorrecta. Por ejemplo, suponemos que el sistema de coordenadas desde el que estoy midiendo está girando. Entonces, todo parecerá estar girando a mi alrededor. Si mido la trayectoria de una partícula en mis coordenadas como  $\vec{x}(t)$ , entonces  $d^2\vec{x}/dt = 0$  no es cierto, incluso cuando dejamos la partícula en paz. Entonces, para que la primera ley de Newton funcione, debemos tener en cuenta el sistema de referencia del que estamos hablando.

**Definition 1.1.5** (Sistema de referencia inercial). Un marco de referencia inercial es uno en el que las partículas viajan a velocidad constante cuando la fuerza que actúa sobre ellas se desvanece. En otras palabras, en un marco inercial

$$\vec{F} = 0 \Rightarrow \ddot{x} = 0$$

Entonces el verdadero contenido de la primera ley de Newton se puede expresar como

1. Existen sistemas de referencia inerciales.

La segunda ley es la más importante de la mecánica newtoniana. Nos dice cómo se ve afectado el movimiento de una partícula cuando se somete a una fuerza  $\vec{F}$ . La forma correcta de enunciar la segunda ley es

$$\frac{d}{dt}(m\dot{x} = \vec{F}(\vec{x}, \dot{x})) \quad (1.1)$$

Esta generalmente se conoce como la ecuación de movimiento. La cantidad entre paréntesis se llama momento lineal o momentum,

$$\vec{p} = m\dot{x}$$

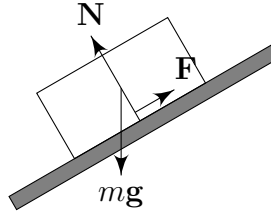
Aquí  $m$  es la masa de la partícula o, más precisamente, la masa inercial. Es una medida de la oposición de la partícula a cambiar su movimiento cuando se somete a una fuerza dada. En la mayoría de situaciones, la masa de la partícula no cambia con el tiempo, en este caso podemos escribir la segunda ley de Newton como

$$\vec{F} = m\ddot{x} \quad (1.2)$$

Un hecho importante sobre esta ecuación es que es una ecuación diferencial de segundo orden. Esto significa que tendremos una solución única solo si especificamos dos condiciones iniciales. Estos se toman generalmente como la posición  $\vec{x}(t_0)$  y la velocidad  $\dot{x}(t_0)$  en algún momento inicial  $t_0$ . Todas las condiciones iniciales deben venir en pares, dos por cada grado de libertad en el problema.

## 1.2. Fuerzas de contacto: fuerza normal y fuerzas de rozamiento.

La fricción y las fuerzas de rozamiento es un asunto delicado. Si bien la energía siempre se conserva en un nivel fundamental, este no es el caso. Si te deslizas por el suelo en calcetines, no seguirás adelante para siempre. A nivel microscópico, su energía cinética se transfiere a los átomos en el piso donde se manifiesta como calor. Pero si solo queremos saber hasta dónde se deslizarán nuestros calcetines, los detalles de todos estos procesos atómicos son de poco interés. En cambio, tratamos de resumir todo en una sola fuerza macroscópica que llamamos fuerza de rozamiento.



La fuerza de rozamiento aparece cuando dos sólidos están en contacto. Experimentalmente, se tiene que la complicada dinámica involucrada en la fricción se resume generalmente en

$$F = \mu N$$

donde  $N$  es la fuerza de reacción, normal al suelo, y  $\mu$  es una constante llamada coeficiente de fricción, el cual depende de los materiales que estén en contacto. Además el coeficiente suele ser, más o menos, independiente de la velocidad.

### 1.3. Dinámica del movimiento circular uniforme

### 1.4. Movimiento relativo: sistemas de referencia inerciales y no inerciales, fuerzas ficticias.

# Capítulo 2

## Trabajo y energía

### 2.1. Conservación de la energía.

### 2.2. Trabajo realizado por una fuerza

### 2.3. Teorema trabajo-energía

### 2.4. Fuerzas conservativas y no conservativas

Consideramos una partícula que se mueve sobre una línea, por lo que su posición está determinada por una sola función  $\vec{x}(t)$ . Por ahora, suponga que la fuerza sobre la partícula depende solo de la posición, no de la velocidad.  $F = F(x)$ .

**Definition 2.4.1** (Energía potencial). Definimos el potencial  $V(x)$  (también llamado energía potencial) como

$$F(x) = -\frac{dV}{dx} \quad (2.1)$$

El potencial solo se define hasta una constante aditiva. Siempre podemos invertir la ecuación (2.1) integrando ambos lados. La constante de integración ahora está determinada por la elección del límite inferior de la integral,

$$V(x) = -\int_{x_0}^x ds F(s)$$

en este caso  $s$  es solo una variable ficticia. Con esta definición, podemos escribir la ecuación de movimiento como

$$m\ddot{x} = -\frac{dV}{dx} \quad (2.2)$$

### 2.5. Conservación de la energía mecánica

Para cualquier fuerza en una dimensión que dependa únicamente de la posición, existe una cantidad conservada llamada energía,

$$E = \frac{1}{2}m\dot{x}^2 + V(x)$$

El hecho de que está conservada quiere decir que  $\dot{E} = 0$  para toda trayectoria de una partícula que obedece la ecuación de movimiento. Como ya hemos visto,  $K = \frac{1}{2}m\dot{x}^2$  es la energía cinética. El movimiento que satisface la ecuación (2.2) es conservativo.



No es difícil comprobar que realmente  $E$  se conserva. Sólo necesitamos derivar para obtener

$$\dot{E} = m\dot{x}\ddot{x} + \frac{dV}{dx}\dot{x} = \dot{x}\left(m\ddot{x} + \frac{dV}{dx}\right) = 0$$

En cualquier sistema dinámico, las cantidades conservadas de este tipo son muy valiosas.

# Capítulo 3

## Sistemas de partículas

3.1. Cantidad de movimiento

3.2. Centro de masa

3.3. Conservación de la cantidad de movimiento

3.4. Colisiones

# Capítulo 4

## Rotación de un cuerpo rígido

- 4.1. Momento de una fuerza
- 4.2. Velocidad y aceleración angulares
- 4.3. Momento de inercia
- 4.4. Energía cinética rotacional
- 4.5. Momento angular de una partícula y de un sistema de partículas
- 4.6. Conservación del momento angular
- 4.7. Traslación y rotación de un cuerpo rígido

# Capítulo 5

## Interacción gravitatoria

5.1. Ley de la gravitación universal

5.2. Leyes de Kepler

5.3. El campo gravitatorio y el potencial gravitatorio

## Capítulo 6

# Equilibrio estático y elasticidad

6.1. Condiciones de equilibrio

6.2. Centro de gravedad

6.3. Par de fuerzas

6.4. Tensión y deformación

# Capítulo 7

## Fluidos

7.1. Presión en un fluido

7.2. Flotación y principio de Arquímedes

7.3. Fluidos en movimiento: ecuación de Bernoulli

7.4. Flujos viscosos

# Parte II

## Oscilaciones y Ondas

# Capítulo 8

## Oscilaciones

- 8.1. Movimiento armónico simple: cinemática y dinámica
- 8.2. Energía de un oscilador armónico simple
- 8.3. Péndulo simple y péndulo físico
- 8.4. Movimiento armónico amortiguado
- 8.5. Oscilaciones forzadas y resonancia



# Capítulo 9

## Ondas

- 9.1. Movimiento ondulatorio simple
- 9.2. Ondas periódicas
- 9.3. Ondas en tres dimensiones
- 9.4. Concepto de reflexión, refracción y dispersión
- 9.5. Efecto Doppler
- 9.6. Superposición de ondas
- 9.7. Ondas estacionarias

# Parte III

## Termodinámica

# Capítulo 10

## Termodinámica

- 10.1. Temperatura y calor
- 10.2. El principio cero de la Termodinámica
- 10.3. Termómetros y escalas de temperatura
- 10.4. Ecuaciones de estado: gases ideales
- 10.5. Teoría cinética de los gases
- 10.6. Calor específico y trabajo
- 10.7. Primer Principio de la Termodinámica
- 10.8. Equipartición de la energía
- 10.9. Máquinas térmicas y segundo principio de la Termodinámica
- 10.10. Reversibilidad y el ciclo de Carnot
- 10.11. Temperaturas absolutas
- 10.12. La entropía y el segundo principio