

# Resumen de Física y Química de 4.º de ESO

Daniel Martínez

Departamento de Física y Química  
Colegio Sagrado Corazón de Jesús  
Trujillo



**Resumen de**

**Física y Química de 4.º de ESO**

Daniel Martínez

Departamento de Física y Química

**Colegio Sagrado Corazón de Jesús**

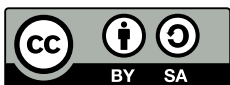
Plaza Don Juan Tena, 2

10200 **Trujillo** (Cáceres)

(+34) 927 32 11 58 | 618 09 88 35

[departamento.fisicayquimica@sagradocorazontrujillo.es](mailto:departamento.fisicayquimica@sagradocorazontrujillo.es)

[fisicayquimica.sagradocorazontrujillo.es](http://fisicayquimica.sagradocorazontrujillo.es)



2026

Ecuaciones escritas con [TexMaths](#)

Diagramas generados con la colaboración de [DeepSeek Chat \(IA\)](#)

Este [documento](#) puede editarse si se abre con [LibreOffice](#).

# Contenidos

## Física y Química de 4.º de ESO

### Tema 1. Estructura de la materia

- Estructura atómica
- Enlace químico
- Formulación
- Notas
- Ejercicios, cuestiones y problemas

### Tema 2. Reacciones químicas

- Estequiometría con sólidos y líquidos
- Estequiometría con gases
- Estequiometría con mezclas y disoluciones
- Notas
- Ejercicios, cuestiones y problemas

### Tema 3. Leyes de la mecánica de Newton

- Magnitudes físicas escalares y vectoriales
- Leyes de Newton
- Notas
- Ejercicios, cuestiones y problemas

### Tema 4. Cinemática

- Ecuaciones de movimiento
- Movimientos cotidianos
- Notas
- Ejercicios, cuestiones y problemas

### Tema 5. Interacciones fundamentales

- Interacciones fundamentales
- Ley de gravitación universal de Newton
- Ley de la electrostática de Coulomb
- Notas
- Ejercicios, cuestiones y problemas

### Índice general

### Enlaces



# Tema 1. Estructura de la materia

La teoría atómica, el modelo atómico de la mecánica cuántica, el enlace químico y la teoría cinético-molecular logran explicar, de manera gradual, basándose unos en los anteriores, cómo se encuentra la materia en la naturaleza.

## Estructura atómica

### Teoría atómica de la materia

A principios del siglo XIX, buscando una explicación a las leyes que se cumplen en las reacciones químicas, Dalton supuso que la materia debía estar compuesta por átomos, esto es, partículas que no se alteraban en estas reacciones.

La representación general de un átomo es la siguiente:

$${}^A_Z X^Q, \text{ donde } \begin{cases} X \text{ es el símbolo del elemento} \\ Z \text{ es el número atómico (n.º de protones)} \\ A \text{ es el número másico (n.º de nucleones; i.e., de protones y neutrones)} \\ Q \text{ es la carga eléctrica en unidades elementales de carga (} e \text{)} \end{cases}$$

Por ejemplo:

$${}^{40}_{20}\text{Ca}^{2+} \begin{cases} \#p^+ = 20 \\ \#n = 20 \\ \#e^- = 18 \end{cases} \quad {}^{32}_{16}\text{S}^{2-} \begin{cases} \#p^+ = 16 \\ \#n = 16 \\ \#e^- = 18 \end{cases}$$

Distintos experimentos revelaron que los átomos debían estar a su vez compuestos por partículas con carga eléctrica, como se pone de manifiesto en el modelo atómico de Bohr.

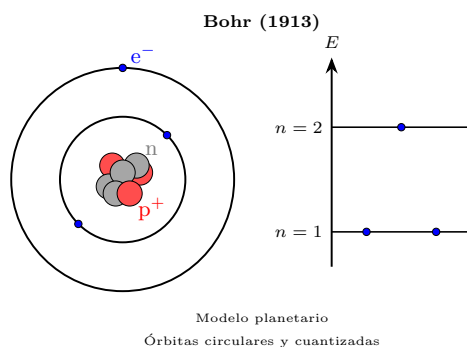


Figura 1.1: Átomo de Li-7 según el modelo atómico de Bohr

### Modelo atómico de la mecánica cuántica

En este modelo el electrón, según su energía, puede encontrarse en distintos orbitales; esto es, zonas del espacio que rodea al núcleo. Aquí la energía, que determina el tipo de orbital, se caracteriza por dos números cuánticos:  $n$  (número cuántico principal) y  $\ell$  (azimutal); es decir, los niveles del átomo de Bohr se desdoblán en subniveles de energía, como se ilustra en la Figura 1.2.

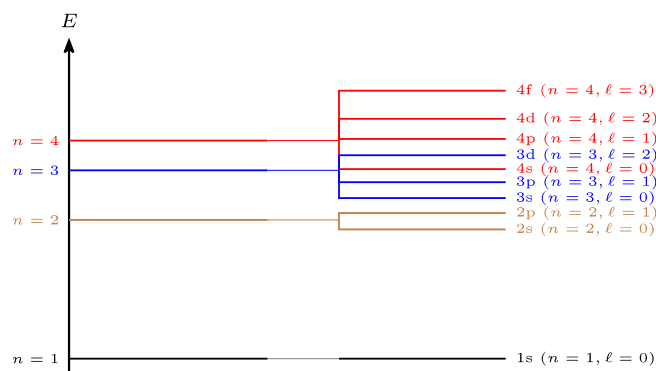


Figura 4.3: Desdoblamiento en subniveles de los niveles de energía del átomo de hidrógeno de Bohr

En átomos multielectrónicos la distribución de electrones en los subniveles de energía sigue el Diagrama de Moeller en su estado fundamental (estado de más baja energía y más probable).

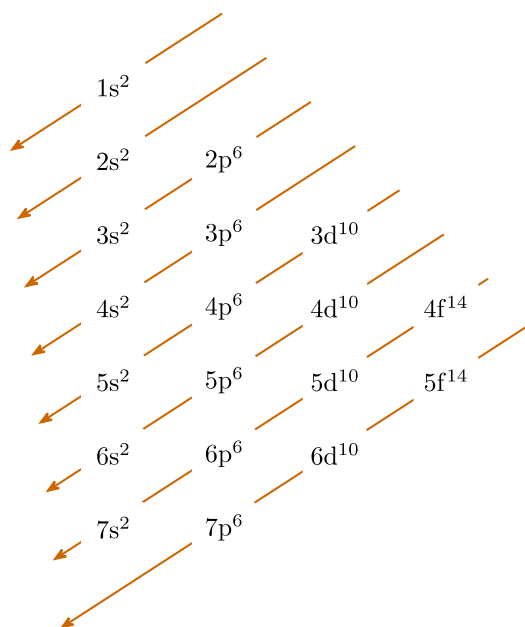
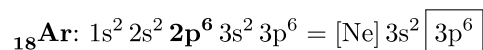
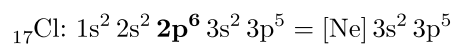
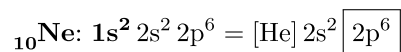
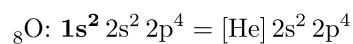
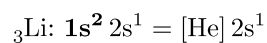
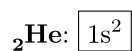
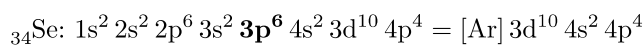
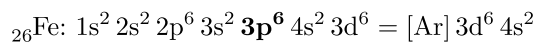
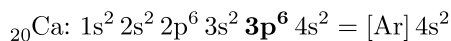


Figura 1.3: Diagrama de Moeller para la configuración electrónica de los átomos en su estado fundamental

Por ejemplo:





Se llama capa de valencia de un átomo al último nivel con electrones.

### Tabla periódica de los elementos

El modelo estudiado explica la posición de los elementos en la tabla periódica; explica, por tanto, el comportamiento químico de los elementos y sus propiedades.

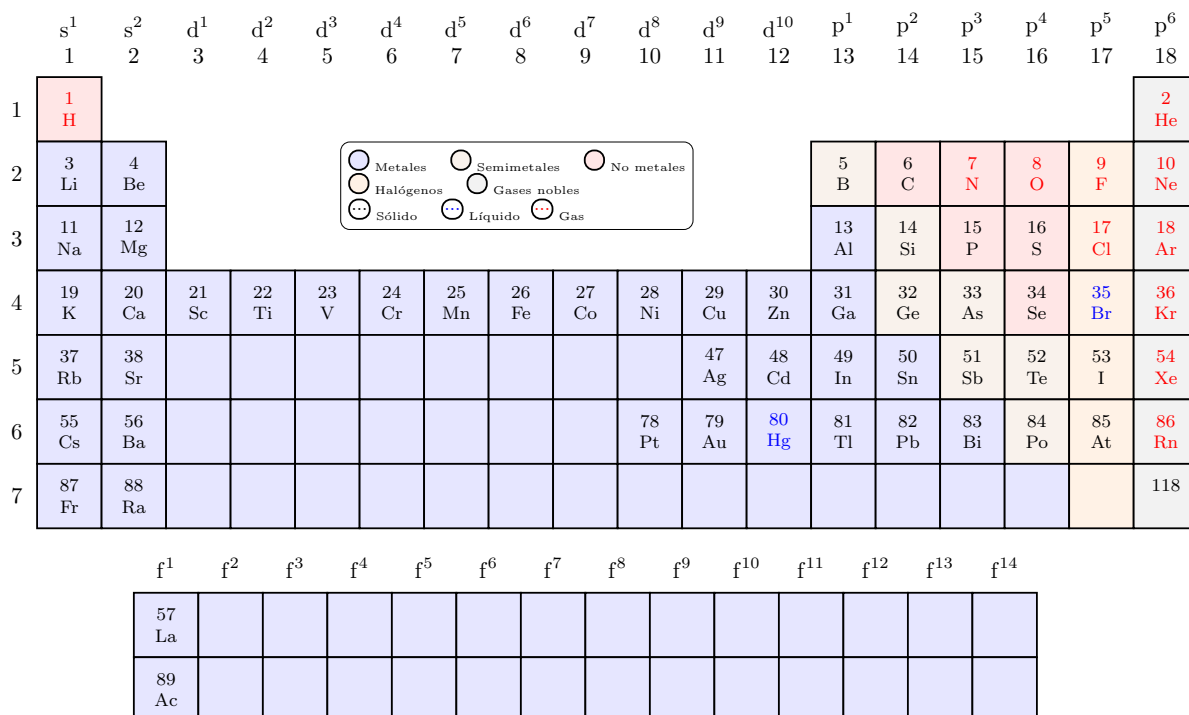
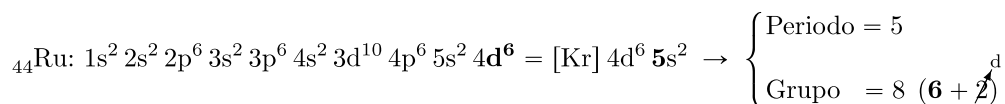
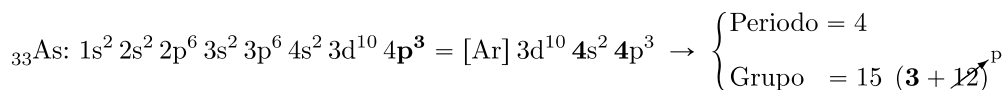
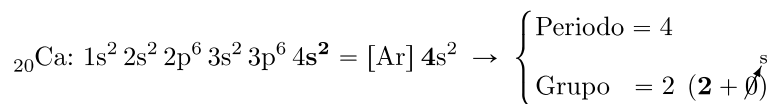


Figura 1.4: Tabla periódica (elementos principales y elementos de transición más comunes)

Por ejemplo:



· Los no metales (incluidos los halógenos) son átomos con tendencia a captar electrones; esto es, electronegativos. Los elementos más electronegativos son, por este orden: flúor, oxígeno y nitrógeno.

· Los metales son átomos con tendencia a perder electrones.

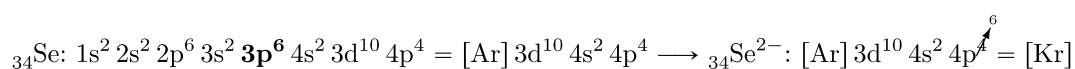
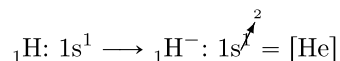
· Los gases nobles son átomos que no tienden a ganar ni a perder electrones.

## Enlace químico

En enlace químico, esto es, la unión entre átomos por atracciones eléctricas, puede explicarse, especialmente para los elementos principales, a partir de la Regla del octeto. Dependiendo de la electronegatividad de los elementos se distinguen tres tipos de enlace.

### Regla del octeto

Los átomos tienen tendencia a perder o ganar hasta tres electrones, tantos como para alcanzar la configuración electrónica de los gases nobles. Por ejemplo:

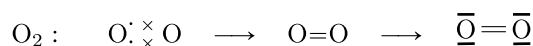
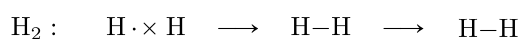
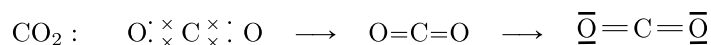


Se llama valencia iónica a la carga de los iones que han alcanzado la configuración de gas noble.

### Enlace covalente

Se forma entre átomos electronegativos. En él, uno, dos o tres electrones de la capa de valencia se sitúan entre los átomos, como si fueran electrones compartidos por dos átomos. Por lo general, cada átomo comparte tantos electrones como indica su valencia iónica (ver Tabla 1.1). Al número de electrones que comparte cada átomo se le llama covalencia.

Esta unión se ilustra mediante diagramas de Lewis. En el diagrama final, cada átomo que rodeado de cuatro pares de electrones (—), como los gases nobles en su capa de valencia; excepto el hidrógeno, que solamente tiene un par, como el helio. Por ejemplo:



En las moléculas los átomos están unidos por enlace covalente. Las fuerzas de atracción entre moléculas se llaman fuerzas intermoleculares.

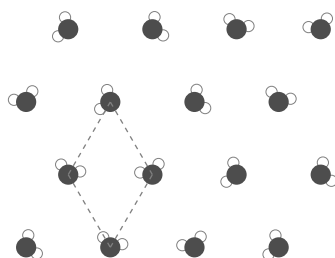


Figura 1.5: Fuerzas intermoleculares entre moléculas de agua (puentes de hidrógeno)

### Enlace metálico

Se forma entre átomos de un mismo elemento metálico. Se explica a partir del modelo del gas de

electrones. Según este modelo cada átomo libera los electrones que indica su valencia iónica. Estos electrones se mueven entre los cationes, que en estado sólido forman una red ordenada.

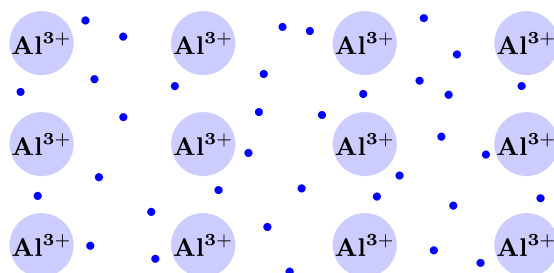


Figura 1.6: Modelo del gas de electrones

### Enlace iónico

Se produce por formación de iones entre átomos metálicos (cationes) y átomos electronegativos (aniones). En estado sólido los iones se disponen en una red ordenada.

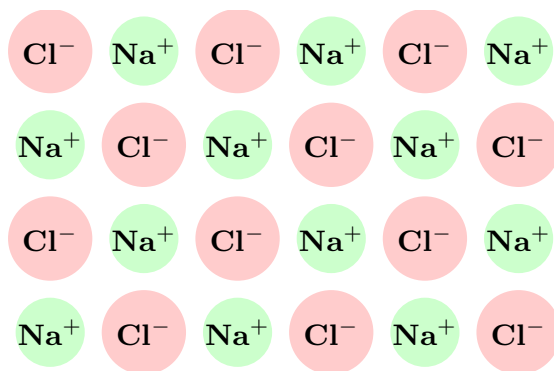


Figura 1.7: Cristal de cloruro de sodio

Por ejemplo:

$+2-2 \leftarrow 2$  mcm de las valencias  
 $+2-1 \leftarrow 1$  valencias iónicas  
 $\text{Be F}_2 \leftarrow 3$  n.º de arriba ÷ n.º de abajo ( $+2:(+2)$  y  $-2:(-1)$ )



### Número de oxidación

Se llama estado o número de oxidación de un elemento a los electrones que pone en juego cuando enlaza con átomos de otros elementos. Este número puede coincidir con la valencia iónica o la covalencia; sin embargo, se tratan como valencias iónicas, asignando un valor negativo solamente al número de oxidación del elemento más electronegativo.

Tabla 1.1: Números de oxidación de los elementos principales. (Se indica en primer lugar la valencia iónica.)

|           |           |          |          |         |          |             |
|-----------|-----------|----------|----------|---------|----------|-------------|
| H         |           |          |          |         |          |             |
| -1        |           |          |          |         |          |             |
| +1        |           |          |          |         |          |             |
| Li, Na... | Be, Mg... | B, Al... | C, Si... | N, P... | O, S...  | F, Cl...    |
| +1        | +2        | +3       | (±4)     | -3      | -2       | -1          |
|           |           |          | +2 +4    | +3 +5   | +2 +4 +6 | +1 +3 +5 +7 |

· Asignación de números de oxidación**Sustancias simples**

|            |                        |            |
|------------|------------------------|------------|
| $^0$<br>He | $^0$<br>O <sub>2</sub> | $^0$<br>Cu |
|------------|------------------------|------------|

**Compuestos binarios**

3) opuesto del n.º de la derecha → +6 -6 ← 2) n.º de abajo × n.º de átomos (-2×3)  
 4) n.º de arriba ÷ n.º de átomos (+6:2) → +3 -2 ← 1) n.º oxidación del elemento más electronegativo (-)  
 Fe<sub>2</sub> S<sub>3</sub>

3) opuesto del n.º de la derecha → +4 -4 ← 2) n.º de abajo × n.º de átomos (-2×2)  
 4) n.º de arriba ÷ n.º de átomos (+4:1) → +4 -2 ← 1) n.º oxidación del elemento más electronegativo (-)  
 C O<sub>2</sub>

2) n.º de abajo × n.º de átomos (-2×2) → -3 +3 ← 3) opuesto del n.º de la derecha  
 1) n.º oxidación del elemento más electronegativo (-) → -3 +1 ← 4) n.º de arriba ÷ n.º de átomos (+4:1)  
 N H<sub>3</sub>

**Compuestos ternarios**

3) Para determinar el n.º oxid. del S, se prueba de mayor a menor (+6), de forma que la suma de abajo sea negativa (+6-8)

5) opuesto del n.º de la derecha → +6 -6 ← 4) la suma (+6-8) se multiplica por el índice (-2×3)  
 6) n.º de arriba ÷ n.º de átomos (+6:2) → +3 +6-2 ← 2) n.º de abajo × n.º de átomos (-2×4)  
 ← 1) n.º oxidación del elemento más electronegativo (-)  
 Fe<sub>2</sub>(S O<sub>4</sub>)<sub>3</sub>

4) opuesto del n.º de la derecha → +3 -3 ← 3) n.º de abajo × índice (-1×3)  
 5) n.º de arriba ÷ n.º de átomos (+3:1) → +3 -2+1 ← 2) suma de los números de abajo (-2+1)  
 ← 1) n.º oxidación del O y del H  
 Fe(OH)<sub>3</sub>

**Iones**

|                            |                             |   |
|----------------------------|-----------------------------|---|
| $^{-2}$<br>S <sup>2-</sup> | $^{+3}$<br>Fe <sup>3+</sup> | $^{+6-8} = -2$<br>$^{+6-2}$<br>S O <sub>4</sub> <sup>2-</sup> |
|----------------------------|-----------------------------|---|

**Formulación****Formulación inorgánica**· Prefijos multiplicadores**Simples**

|       |      |      |       |        |        |
|-------|------|------|-------|--------|--------|
| mono  | di   | tri  | tetra | penta  | hexa   |
| 1     | 2    | 3    | 4     | 5      | 6      |
| hepta | octa | nona | deca  | undeca | dodeca |
| 7     | 8    | 9    | 10    | 11     | 12     |

**Complejos**

|          |         |         |          |           |           |
|----------|---------|---------|----------|-----------|-----------|
| -        | bis     | tris    | tetrakis | pentakis  | hexakis   |
| 1        | 2       | 3       | 4        | 5         | 6         |
| heptakis | octakis | nonakis | decakis  | undecakis | dodecakis |
| 7        | 8       | 9       | 10       | 11        | 12        |

· Nomenclatura de composición

| <b>Sustancias simples</b>  |   |   |   |
|--|---|---|---|
| He<br>helio  | Fe<br>hierro  | O <sub>2</sub><br>dioxígeno (oxígeno)         | S <sub>8</sub><br>octaazufre                              |
| <b>Compuestos binarios</b>   |   |   |   |
| Fe <sub>2</sub> S <sub>3</sub><br>trisulfuro de dihierro   | CaO<br>óxido de calcio  | CO<br>monóxido de carbono                     | O <sub>3</sub> Cl <sub>2</sub><br>dicloruro de trioxígeno |
| HCl<br>cloruro de hidrógeno  | HCl (ac)<br>ácido clorhídrico                                     | H <sub>2</sub> S<br>sulfuro de dihidrógeno    | H <sub>2</sub> S (ac)<br>ácido sulfhídrico                |
| <b>Hidróxidos</b>  |   |   |   |
| Fe(OH) <sub>3</sub><br>trihidróxido de hierro  | NaOH<br>hidróxido de sodio  |   |   |
| <b>Oxoácidos</b>   |   |   |   |
| H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub><br>dihidrógeno(tetraoxidosulfato)   | HNO <sub>3</sub><br>hidrógeno(trioxidonitrato)                    |   |   |
| H <sub>4</sub> P <sub>2</sub> O <sub>5</sub><br>tetrahidrógeno(pentaoxidodifosfato)                                  | H <sub>2</sub> CrO <sub>4</sub><br>dihidrógeno(tetraoxidocromato) |   |   |
| <b>Oxosales</b>  |   |   |   |
| Fe <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub><br>tris(tetraoxidosulfato) de dihierro                               | Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub><br>tetraoxidosulfato de disodio   |   |   |
| <b>Oxosales ácidas</b>   |   |   |   |
| Fe <sub>2</sub> (H <sub>2</sub> SiO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub><br>tris[dihidrógeno(tetraoxidosilicato)] de dihierro | NaHSO <sub>4</sub><br>hidrógeno(tetraoxidosulfato) de sodio       |   |   |
| <b>Iones</b>   |   |   |   |
| Li <sup>+</sup><br>litio(1+)   | Ca <sup>2+</sup><br>calcio(2+)                                    | Fe <sup>3+</sup><br>hierro(3+)                | H <sub>3</sub> <sup>+</sup><br>trihidrógeno(1+)           |
| F <sup>-</sup><br>fluoruro(1-) o fluoruro  | N <sup>3-</sup><br>nitruro(3-) o nitruro                          | C <sub>2</sub> <sup>2-</sup><br>dicarburo(2-) | O <sub>2</sub> <sup>2-</sup><br>dióxido(2-) o peróxido    |

· Nomenclatura de sustitución de hidruros no metálicos

|                                     |                            |                            |                              |
|-------------------------------------|----------------------------|----------------------------|------------------------------|
| BH <sub>3</sub><br>borano           | CH <sub>4</sub><br>metano  | SiH <sub>4</sub><br>silano | GeH <sub>4</sub><br>germano  |
| NH <sub>3</sub><br>amoniaco o azano | PH <sub>3</sub><br>fosfano | AsH <sub>3</sub><br>arsano | SbH <sub>3</sub><br>estibano |

· Nombres aceptados de iones complejos

|   |                              |  |                            |
|---|------------------------------|--|----------------------------|
| H <sub>3</sub> O <sup>+</sup><br>oxonio | OH <sup>-</sup><br>hidróxido | NH <sub>4</sub> <sup>+</sup><br>amonio | CN <sup>-</sup><br>cianuro |
|---|------------------------------|--|----------------------------|

## Formulación orgánica

### Reglas generales

meta- → 1 C; eta- → 2 C; propa- → 3 C; buta- → 4 C; penta- → 5 C; etc.

C → 4 - ; H → 1 - ; halógenos → 1 - ; O → 2 - ; N → 3 -

-ano → - (todos); -eno/-en → = ; -ino/-in → ≡; ciclo- → □

### Nomenclatura de sustitución de hidrocarburos y derivados halogenados

#### Alcanos

CH<sub>4</sub>  
metano

CH<sub>3</sub>-CH<sub>3</sub>  
etano

CH<sub>3</sub>-CH<sub>2</sub>-CH<sub>3</sub>  
propano

CH<sub>3</sub>-CH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-CH<sub>3</sub>  
hexano

#### Alquenos

CH<sub>2</sub>=CH<sub>2</sub>  
eteno o etileno

CH<sub>3</sub>-CH=CH<sub>2</sub>  
propeno

CH<sub>3</sub>-CH=CH-CH=CH<sub>2</sub>  
penta-1,3-dieno

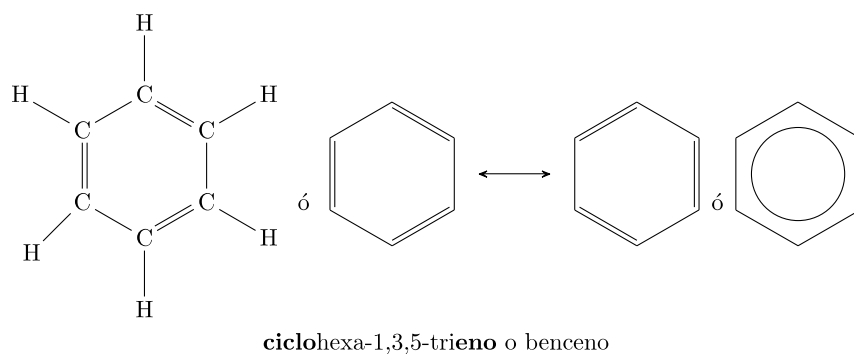
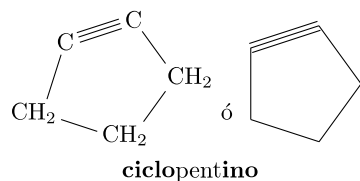
#### Alquinos

CH≡CH  
etino o acetileno

CH≡C-C≡CH  
butadiino

CH<sub>3</sub>-CH=C=CH-C≡CH  
hexa-3,4-dien-1-ino

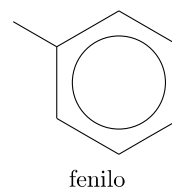
#### Hidrocarburos cíclicos



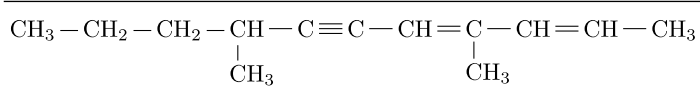
#### Radicales

CH<sub>3</sub>-CH<sub>2</sub>-  
etilo

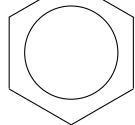
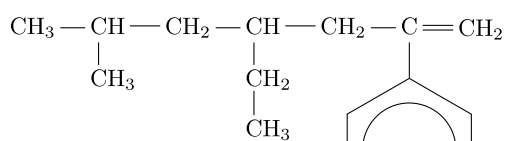
CH<sub>3</sub>-CH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-  
butilo



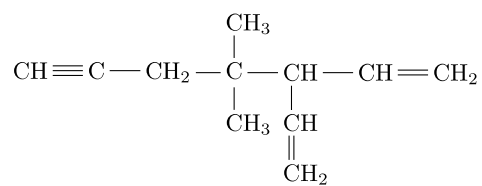
#### Hidrocarburos ramificados



4,8-dimetilundeca-2,4-dien-6-ino

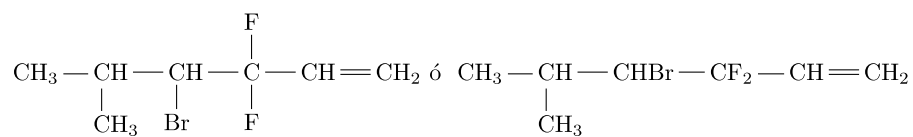


4-etil-2-fenil-6-metilhept-1-eno



4,4-dimetil-3-vinilhept-1-en-6-ino o  
4,4-dimetil-3-etenilhept-1-en-6-ino

### Derivados halogenados



4-bromo-3,3-difluoro-5-metilhex-1-eno

## Notas

- Cambios de estado

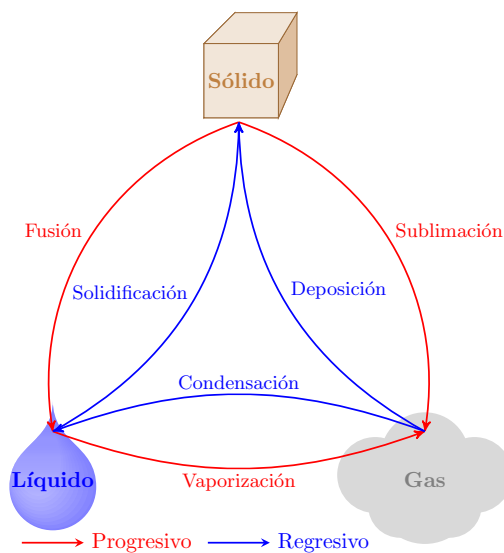
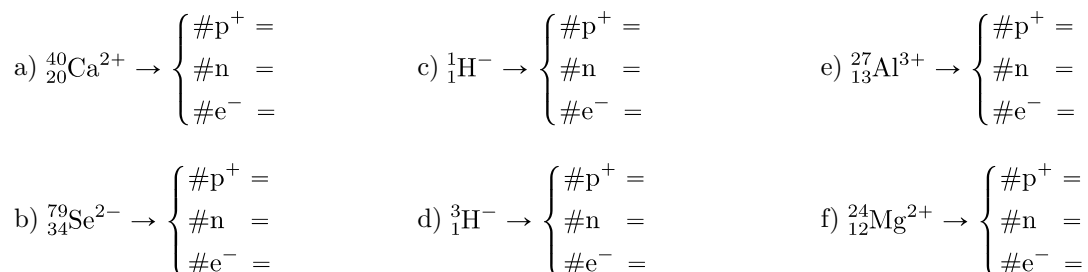


Figura 1.8: Cambios de estado: Los cambios progresivos tienen lugar por absorción de calor (aumento de temperatura); los regresivos, cediendo calor (disminución de temperatura).

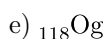
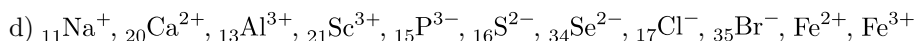
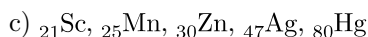
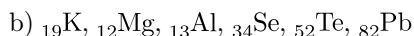
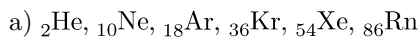
## Ejercicios, cuestiones y problemas

### Estructura atómica

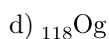
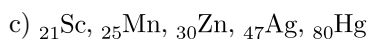
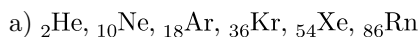
1. Indica el número de protones, neutrones y electrones de los átomos siguientes:



2. Escribe la configuración electrónica del estado fundamental de los átomos siguientes:



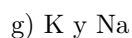
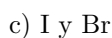
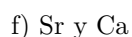
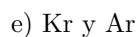
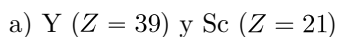
3. Determina el periodo y el grupo de la tabla periódica de los elementos siguientes:



4. A partir de su posición en la tabla periódica determina la configuración electrónica y el número atómico de los elementos Be, C, O, Rb, Ga, As, Ba, I, Pb.

### Enlace químico

5. De acuerdo con la Regla del octeto, escribe la configuración electrónica de los iones estables de los elementos siguientes:



6. Realiza el diagrama de Lewis de las siguientes moléculas indicando las covalencias de los elementos en ellas:

- |                    |                      |                                  |
|--------------------|----------------------|----------------------------------|
| a) H <sub>2</sub>  | f) NH <sub>3</sub>   | k) SiO <sub>2</sub>              |
| b) Cl <sub>2</sub> | g) H <sub>2</sub> S  | l) HCN                           |
| c) O <sub>2</sub>  | h) SF <sub>2</sub>   | m) C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> |
| d) N <sub>2</sub>  | i) CCl <sub>4</sub>  | n) C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> |
| e) CH <sub>4</sub> | j) CH <sub>3</sub> F | o) C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> |

7. Determina las fórmulas químicas de los compuestos formados por:

- |            |            |            |
|------------|------------|------------|
| a) Li y Cl | d) Be y Cl | g) Al y Cl |
| b) Mg y F  | e) Mg y O  | h) Al y N  |
| c) Na y O  | f) Mg y N  | i) Na y N  |

8. Los elementos *A*, *B*, *C* y *D* tienen números atómicos 19, 16, 12 y 9, respectivamente.

- ¿En qué periodo y grupo se encuentran en la tabla periódica? ¿Qué elementos son?
- Razona qué compuesto  $X_nY_m$  formarán los elementos *B* y *C*. ¿Y *D* y *A*?

9. Los elementos *A*, *B*, *C* y *D* tienen números atómicos 20, 8, 1 y 7.

- ¿Qué elementos son?
- ¿Qué tipo de compuesto  $X_nY_m$  forman *A-B*, *B-C* y *C-D*?
- Razona si los enlaces de estos tres compuestos son iónicos o covalentes.
- Realiza el diagrama de Lewis de los compuestos covalentes.
- Indica las valencias iónicas o las covalencias de los elementos en cada uno de los tres compuestos.

10. Determina los números de oxidación de los elementos de las especies siguientes:

- |                     |                                  |  |
|---------------------|----------------------------------|--|
| a) Na               | h) CuCl <sub>3</sub>             | o) NH <sub>3</sub>                                 |
| b) O <sub>2</sub>   | i) CF <sub>4</sub>               | p) Fe(OH) <sub>3</sub>                             |
| c) Be <sup>2+</sup> | j) Cu <sub>2</sub> S             | q) HNO <sub>2</sub>                                |
| d) F <sup>-</sup>   | k) SeO <sub>3</sub>              | r) Co <sub>2</sub> (SO <sub>3</sub> ) <sub>3</sub> |
| e) CaO              | l) AsBr <sub>5</sub>             | s) HIO <sub>2</sub>                                |
| f) H <sub>2</sub> S | m) P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | t) Ca <sub>2</sub> P <sub>2</sub> O <sub>7</sub>   |
| g) BH <sub>3</sub>  | n) CO <sub>2</sub>               | u) AgBrO <sub>3</sub>                              |

- |                                       |                    |                         |
|---------------------------------------|--------------------|-------------------------|
| v) $\text{FeH}_2\text{P}_2\text{O}_7$ | x) $\text{NH}_4^+$ | z) $\text{SiO}_3^{2-}$  |
| w) $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$        | y) $\text{OH}^-$   | aa) $\text{HSO}_2^{2-}$ |

### Formulación

#### 11. Nombra:

- |   |                                 |                                       |
|---|---------------------------------|---------------------------------------|
| a) Na   | j) $\text{Cu}_2\text{S}$        | s) $\text{HIO}_2$                     |
| b) $\text{O}_2$                                     | k) $\text{SeO}_3$               | t) $\text{Ca}_2\text{P}_2\text{O}_7$  |
| c) $\text{Be}^{2+}$                                 | l) $\text{AsBr}_5$              | u) $\text{AgBrO}_3$                   |
| d) $\text{F}^-$                                     | m) $\text{P}_2\text{O}_5$       | v) $\text{FeH}_2\text{P}_2\text{O}_7$ |
| e) CaO  | n) $\text{CO}_2$                | w) $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$        |
| f) $\text{H}_2\text{S}$ y $\text{H}_2\text{S}$ (ac) | o) $\text{NH}_3$                | x) $\text{NH}_4^+$                    |
| g) $\text{BH}_3$                                    | p) $\text{Fe}(\text{OH})_3$     | y) $\text{OH}^-$                      |
| h) $\text{CuCl}_3$                                  | q) $\text{HNO}_2$               | z) $\text{SiO}_3^{2-}$                |
| i) $\text{CF}_4$                                    | r) $\text{Co}_2(\text{SO}_3)_3$ | aa) $\text{HSO}_2^{2-}$               |

#### 12. Formula:

- |                               |                                    |
|-------------------------------|------------------------------------|
| a) dibromo                    | k) telururo de dihidrógeno         |
| b) cobre                      | l) hidruro de sodio                |
| c) hidruro(1-)                | m) ácido clorhídrico               |
| d) selenuro(2-)               | n) silano                          |
| e) cadmio(2+)                 | o) hidrogeno(dioxidofosfato)       |
| f) tetraóxido de trimanganeso | p) dihidrogeno(tetraoxidoselenato) |
| g) dicloruro de oxígeno       | q) hidrogeno(trioxidobromato)      |
| h) dibromuro de dimercurio    | r) hidrogeno(dioxidonitrato)       |
| i) monóxido de telururo       | s) hidrogeno(trioxidonitrato)      |
| j) dióxido de telururo        | t) trioxidonitrato de potasio      |

- u) trióxidosilicato de calcio  
v) tetraóxidosulfato de dilitio  
w) trióxidoarsenato de plata  
x) tris(trioxidocarbonato) de dihierro  
y) tris(heptaóxidodicromato) de dialuminio  
z) hidrógeno(trioxidosulfato) de litio  
aa) hidrógeno(heptaóxidodicromato) de cobre
- ab) dióxidocarbonato(2-)  
ac) trióxidoclorato(1-)  
ad) hidrógeno(tetraóxidosulfato)(1-)  
ae) dihidrógeno(pentaóxidodiantimonio)(2-)  
af) cianuro  
ag) oxonio  
ah) amonio

**13. Formula:**

- a) hexano  
b) eteno  
c) pent-1-eno  
d) hex-2-eno  
e) penta-1,3-dieno  
f) butatrieno  
g) etino  
h) propino  
i) hex-2-ino  
j) nona-1,7-dien-3,5-diino  
k) ciclopenteno  
l) ciclohexa-1,4-dieno  
m) metilpropano  
n) 2-metilpentano  
o) 3-metilheptano
- p) 2,3-dimetiloctano  
q) 2,3,6-trimetil-4-propilnonano  
r) 4-etil-5,6-dimetilhept-1-ino  
s) 3-etilhexa-1,5-diino  
t) 6-etil-6-metilocta-1,4-diino  
u) 2,7-dimetilnona-3,5-diino  
v) 4,8-dimetilnona-2,4-dien-6-ino  
w) 3-metiloct-1-en-5-ino  
x) 4,5-dimetildeca-3,6-dien-1-ino  
y) 2-cloropentano  
z) 4,4-diclorohex-2-eno  
aa) 1,3-dimetilbenceno  
ab) triclorometano o cloroformo  
ac) 1-etil-3-metil-5-propilciclohexano  
ad) 3,4,5-trimetilciclohex-1-eno

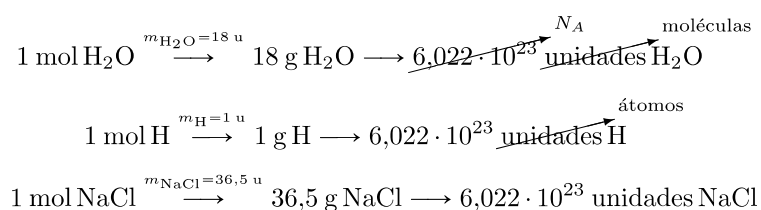
## Tema 2. Reacciones químicas

La teoría atómica permite entender que en las reacciones químicas los átomos que componen los reactivos y productos no se alteran, son los mismos.

### Estequiometría con sólidos y líquidos

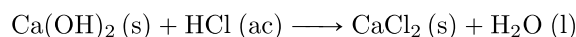
#### Mol

La interpretación de los coeficientes estequiométricos de las ecuaciones químicas como número de moles conecta el mundo atómico con el macroscópico, a través del Número de Avogadro ( $N_A$ ).



#### Ejemplo

Se neutralizan 5,00 g de hidróxido de calcio con ácido clorhídrico de acuerdo con la reacción:

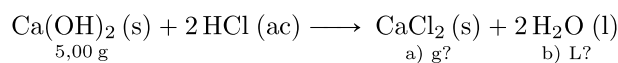


Calcula:

- ¿Cuántos gramos de dicloruro de calcio se producen?
- ¿Qué volumen de agua se obtiene?

Constantes:  $m_{\text{H}} = 1,0 \text{ u}$ ;  $m_{\text{O}} = 16,0 \text{ u}$ ;  $m_{\text{Cl}} = 35,5 \text{ u}$ ;  $m_{\text{Ca}} = 40,1 \text{ u}$ ;  $d_{\text{H}_2\text{O}} = 1,0 \text{ g/mL}$

Datos



$$m_{\text{Ca(OH)}_2} = 74,1 \text{ g Ca(OH)}_2 \longrightarrow \frac{74,1 \text{ g Ca(OH)}_2}{1 \text{ mol Ca(OH)}_2}$$

$$m_{\text{CaCl}_2} = 111,1 \text{ g CaCl}_2 \longrightarrow \frac{111,1 \text{ g CaCl}_2}{1 \text{ mol CaCl}_2}$$

$$m_{\text{H}_2\text{O}} = 18,0 \text{ g H}_2\text{O} \longrightarrow \frac{18,0 \text{ g H}_2\text{O}}{1 \text{ mol H}_2\text{O}}$$

$$d_{\text{H}_2\text{O}} = 1,0 \text{ g/mL} = \frac{1,0 \text{ g H}_2\text{O}}{1 \cdot 10^{-3} \text{ L H}_2\text{O}}$$

#### Solución

a) g  $\text{CaCl}_2$ ?

$$5 \text{ g Ca(OH)}_2 \cdot \frac{1 \text{ mol Ca(OH)}_2}{74,1 \text{ g Ca(OH)}_2} \cdot \frac{1 \text{ mol CaCl}_2}{1 \text{ mol Ca(OH)}_2} \cdot \frac{111,1 \text{ g CaCl}_2}{1 \text{ mol CaCl}_2} = \boxed{7,49663 \text{ g CaCl}_2}$$

De acuerdo con las cifras significativas de los datos, se producen  $\boxed{7,50 \text{ g de CaCl}_2}$ .

b)  $\text{L H}_2\text{O}$ ?

$$5 \text{ g Ca(OH)}_2 \cdot \frac{1 \text{ mol Ca(OH)}_2}{74,1 \text{ g Ca(OH)}_2} \cdot \frac{2 \text{ mol H}_2\text{O}}{1 \text{ mol Ca(OH)}_2} \cdot \frac{18,0 \text{ g H}_2\text{O}}{1 \text{ mol H}_2\text{O}} \cdot \frac{1 \cdot 10^{-3} \text{ L H}_2\text{O}}{1,0 \text{ g H}_2\text{O}} = \boxed{2,429 \cdot 10^{-3} \text{ L H}_2\text{O}}$$

De acuerdo con las cifras significativas de los datos, se producen  $\boxed{2,4 \text{ mL de agua}}$ .

## Estequiometría con gases

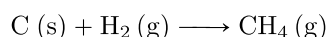
### Ley de los gases ideales

Dadas sus condiciones de presión y temperatura, la ley de los gases ideales ofrece, aproximadamente, el volumen que ocupa 1 mol de gas.

$$pV = nRT, \text{ donde } \begin{cases} p \text{ es la presión que ejerce el gas} \\ V \text{ es el volumen que ocupa el gas} \\ n \text{ es el número de moles de gas} \\ T \text{ es la temperatura absoluta (en K) del gas} \\ R \text{ es la constante de los gases ideales} \end{cases}$$

### Ejemplo

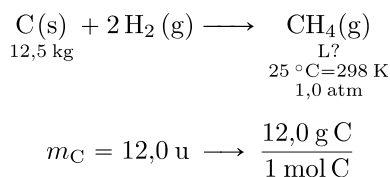
La reacción de formación del metano es:



Si se dispone de 12,5 kg de carbono calcula qué volumen de metano se produce a 25 °C de temperatura y 1,0 atm de presión.

Constantes:  $m_{\text{C}} = 12,0 \text{ u}$ ;  $R = 0,082 \frac{\text{atm L}}{\text{K mol}}$

**Datos**



En la aproximación de gas ideal:

$$pV = nRT \Rightarrow V = \frac{nRT}{p} = \frac{1 \text{ mol} \cdot 0,082 \frac{\text{atm L}}{\text{K mol}} \cdot 298 \text{ K}}{1,0 \text{ atm}} = 24,436 \text{ L} \longrightarrow \frac{24,436 \text{ L CH}_4}{1 \text{ mol CH}_4}$$

**Solución**

$$12,5 \cdot 10^3 \text{ g C} \cdot \frac{1 \text{ mol C}}{12,0 \text{ g C}} \cdot \frac{1 \text{ mol CH}_4}{1 \text{ mol C}} \cdot \frac{24,436 \text{ L CH}_4}{1 \text{ mol CH}_4} = \boxed{2,54542 \cdot 10^4 \text{ L CH}_4}$$

De acuerdo con las cifras significativas de los datos, se producen  $\boxed{2,5 \cdot 10^4 \text{ L de CH}_4}$ .

## Estequiometría con mezclas y disoluciones

### Concentración

La concentración de una disolución mide la proporción entre la cantidad de soluto y la cantidad de disolución o mezcla.

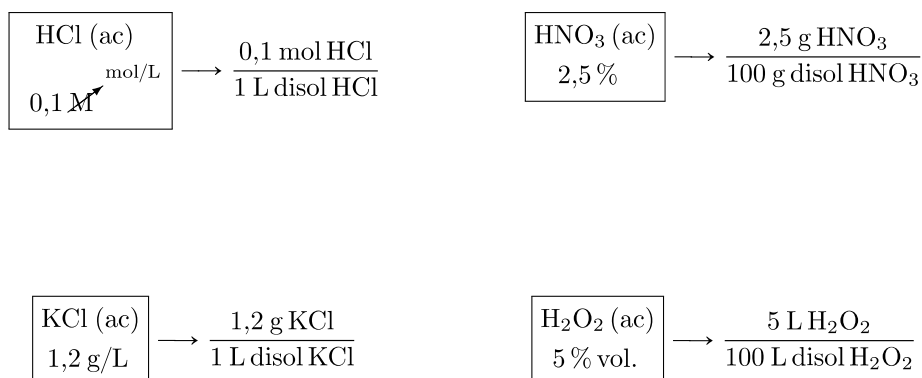
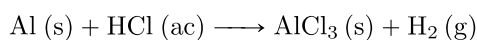


Figura 2.1: Etiquetas de productos químicos con las unidades más comunes de concentración

### Ejemplo

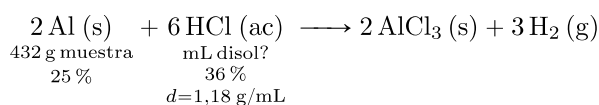
El aluminio reacciona con el ácido clorhídrico como sigue:



¿Cuántos litros de un ácido clorhídrico comercial al 36 %, cuya densidad es de 1,18 g/mL, se necesitan para reaccionar con una muestra de 432 g de Al con un 25 % de riqueza?

Constantes:  $m_{\text{H}} = 1,0 \text{ u}$ ;  $m_{\text{Al}} = 27,0 \text{ u}$ ;  $m_{\text{Cl}} = 35,5 \text{ u}$

#### Datos



$$25 \% = \frac{25 \text{ g Al}}{100 \text{ g muestra Al}}$$

$$m_{\text{Al}} = 27,0 \text{ u} \longrightarrow \frac{27,0 \text{ g Al}}{1 \text{ mol Al}}$$

$$36 \% = \frac{36 \text{ g HCl}}{100 \text{ g disol HCl}}$$

$$d_{\text{disol HCl}} = 1,18 \text{ g/mL} = \frac{1,18 \text{ g disol HCl}}{1 \cdot 10^{-3} \text{ L disol HCl}}$$

$$m_{\text{HCl}} = 36,5 \text{ u} \rightarrow \frac{36,5 \text{ g HCl}}{1 \text{ mol HCl}}$$

**Solución**

$$432 \text{ g muestra Al} \cdot \frac{25 \text{ g Al}}{100 \text{ g muestra Al}} \cdot \frac{1 \text{ mol Al}}{27,0 \text{ g Al}} \cdot \frac{3 \text{ mol HCl}}{1 \text{ mol Al}} \cdot \frac{36,5 \text{ g HCl}}{1 \text{ mol HCl}} \cdot \frac{100 \text{ g disol HCl}}{36 \text{ g HCl}} \cdot \frac{1 \cdot 10^{-3} \text{ L disol HCl}}{1,18 \text{ g disol HCl}} = \boxed{1,03107 \text{ L disol HCl}}$$

De acuerdo con las cifras significativas de los datos, se necesitan  $\boxed{1,0 \text{ L de disolución de HCl}}$ .

## Notas

- Ley de los gases ideales

$$pV = nRT$$

## Ejercicios, cuestiones y problemas

### Estequiometría con sólidos y líquidos

1. El trioxidocarbonato de calcio (o carbonato de calcio) se descompone por la acción del calor en óxido de calcio y dióxido de carbono.

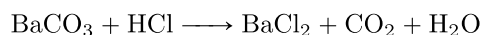
a) Escribe la reacción ajustada.

b) Calcula cuántos gramos de óxido de calcio se forman si reaccionan 150 g de trioxidocarbonato de calcio.

c) Calcula la masa de trioxidocarbonato de calcio que debe descomponerse para producir 1 kg de óxido de calcio.

Constantes:  $m_C = 12,0$  u;  $m_O = 16,0$  u;  $m_{Ca} = 40,1$  u

2. Considera la reacción química siguiente:



a) Nombra los compuestos químicos que intervienen en ella.

b) Predice su estado de agregación en condiciones ambientales.

c) Ajusta la reacción.

d) Calcula la masa de  $\text{BaCl}_2$  que se produce a partir de 5,0 mg de  $\text{BaCO}_3$ .

e) Calcula el volumen de agua que se produce a partir de 100 g de  $\text{BaCO}_3$ .

f) Si a partir de cierta cantidad de  $\text{BaCO}_3$  se producen 0,500 L de agua, ¿cuántos gramos de  $\text{BaCl}_2$  se producen?

Constantes:  $m_H = 1,0$  u;  $m_C = 12,0$  u;  $m_O = 16,0$  u;  $m_{Cl} = 35,5$  u;  $m_{Ba} = 137,3$  u;  $d_{\text{H}_2\text{O}} = 1,0$  kg/L

### Estequiometría con gases

3. El  $\text{KClO}_3$  se descompone en  $\text{KCl}$  y  $\text{O}_2$ .

a) Nombra los compuestos que intervienen.

b) Escribe la ecuación química ajustada.

c) Calcula la masa de  $\text{KCl}$  que se producen al descomponerse 86,8 g de  $\text{KClO}_3$ .

d) Calcula los litros de  $\text{O}_2$  producidos si la reacción ha tenido lugar a  $25^\circ\text{C}$  y 1,0 atm.

Constantes:  $m_O = 16,0$  u;  $m_{Cl} = 35,5$  u;  $m_K = 39,1$  u;  $R = 0,082$  atm L  $\text{K}^{-1}$  mol $^{-1}$

4. El sodio reacciona con agua y produce hidróxido de sodio y dihidrógeno. Si reaccionan 41,4 g de sodio:

a) Calcula la masa de hidróxido de sodio obtenido.

b) Calcula el volumen de dihidrógeno, medido a  $25^\circ\text{C}$  y 0,98 atm, que se produce.

Constantes:  $m_H = 1,0$  u;  $m_O = 16,0$  u;  $m_{Na} = 23,0$  u;  $R = 0,082$  atm L  $\text{K}^{-1}$  mol $^{-1}$

5. El amoníaco es un gas que puede obtenerse industrialmente a partir de  $\text{N}_2$  y  $\text{H}_2$ . Si reaccionan  $27,4 \cdot 10^6$  L de nitrógeno, a  $68^\circ\text{C}$  y 704 mm Hg, con un exceso de hidrógeno, calcula:

a) El volumen producido de amoníaco.

b) El hidrógeno consumido en la reacción.

Constantes:  $m_{\text{H}} = 1,0 \text{ u}$ ;  $m_{\text{N}} = 14,0 \text{ u}$ ;  $R = 0,082 \text{ atm L K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$

### Estequiometría con mezclas y disoluciones

6. En la reacción de neutralización entre el ácido clorhídrico y el dihidróxido de calcio, se produce dicloruro de calcio y agua. Determina:

- El volumen de ácido clorhídrico 0,20 M necesario para neutralizar 250 mL de dihidróxido de calcio 0,10 M.
- El volumen de dihidróxido de calcio 0,10 M necesario para neutralizar 250 mL de ácido clorhídrico 0,20 M.

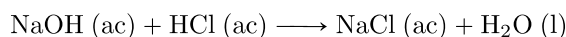
7. En un matraz de laboratorio han pegado una etiqueta en la que se lee “ $\text{H}_2\text{SO}_4$  0,50 M”.

a) Con una pipeta se extraen 10 mL del ácido y se vierten en un Erlenmeyer. Calcula cuántos gramos de hidróxido de sodio hay que añadir en el matraz para neutralizar el ácido, de acuerdo con la reacción  $\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{NaOH} \longrightarrow \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}$ .

b) ¿Cuántos mililitros de disolución de hidróxido de sodio 0,10 M neutralizan los 10 mL de ácido?

Constantes:  $m_{\text{H}} = 1,0 \text{ u}$ ;  $m_{\text{O}} = 16,0 \text{ u}$ ;  $m_{\text{Na}} = 23,0 \text{ u}$

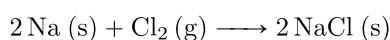
8. Se preparan 100 mL de una disolución de hidróxido de sodio con concentración 240 g/L. Se vierten en un vaso de precipitados y, por medio de una bureta se añade, mililitro a mililitro, ácido clorhídrico 0,50 M. Ambas disoluciones reaccionan como sigue:



- Calcula qué volumen de ácido consigue neutralizar el hidróxido.
- Calcula cuántos gramos de cloruro de sodio se obtienen.
- Calcula el volumen de agua que se produce.

Constantes:  $m_{\text{H}} = 1,0 \text{ u}$ ;  $m_{\text{O}} = 16,0 \text{ u}$ ;  $m_{\text{Na}} = 23,0 \text{ u}$ ;  $m_{\text{Cl}} = 35,5 \text{ u}$ ;  $d_{\text{H}_2\text{O}} = 1,0 \text{ kg/L}$

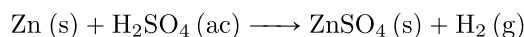
9. Se mezclan 2,0 L de cloro gaseoso ( $\text{Cl}_2$ ), medidos a  $97^\circ\text{C}$  y 3 atm, con una muestra de sodio (Na) al 75 % y se dejan reaccionar para formar cloruro de sodio (NaCl):



- ¿Qué masa de cloruro de sodio se forma?
- ¿Cuántos gramos de la muestra de sodio es necesario para completar la reacción?

Constantes:  $m_{\text{Na}} = 23,0 \text{ u}$ ;  $m_{\text{Cl}} = 35,5 \text{ u}$ ;  $R = 0,082 \text{ atm L K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$

10. Reaccionan 5,0 g de una muestra de Zn con una pureza del 75 % con  $\text{H}_2\text{SO}_4$  1,8 M según la ecuación:



- Calcula el volumen de  $\text{H}_2\text{SO}_4$ (ac) necesario para completar la reacción.
- Calcula la masa de  $\text{ZnSO}_4$  producida.
- Calcula el volumen de  $\text{H}_2$  obtenido a  $100^\circ\text{C}$  y 2,0 atm.

Constantes:  $m_{\text{H}} = 1,0 \text{ u}$ ;  $m_{\text{O}} = 16,0 \text{ u}$ ;  $m_{\text{S}} = 32,1 \text{ u}$ ;  $m_{\text{Zn}} = 65,4 \text{ u}$ ;  $R = 0,082 \text{ atm L K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$

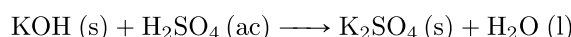
11. A partir de 200 mL de amoníaco 0,50 M, se provoca en el laboratorio la reacción química siguiente:



- Calcula el volumen de agua que se produce.
- Calcula el volumen de monóxido de nitrógeno producido, medidos a 25 °C y 1,0 atm.
- Si el dióxígeno utilizado proviene del aire, que tiene un 21 % de oxígeno (dióxígeno), calcula cuántos gramos de aire son necesarios para completar la reacción.

Constantes:  $m_{\text{H}} = 1,0 \text{ u}$ ;  $m_{\text{O}} = 16,0 \text{ u}$ ;  $d_{\text{H}_2\text{O}} = 1,0 \text{ g/mL}$ ;  $R = 0,082 \text{ atm L K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$

**12.** Se neutralizan 0,56 g de hidróxido de potasio con ácido sulfúrico 0,10 M, según la reacción (sin ajustar):



- Calcula el volumen de la disolución de ácido sulfúrico necesario para la neutralización.
- Calcula la masa de sulfato de potasio, o tetraoxidosulfato de dipotasio, obtenida.
- Calcula el volumen de agua obtenida.
- Calcula qué volumen ocupará el agua obtenida si se evapora a 100 °C y 1,0 atm de presión.

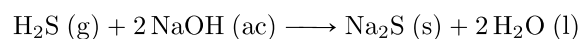
Constantes:  $m_{\text{KOH}} = 56,1 \text{ u}$ ;  $m_{\text{K}_2\text{SO}_4} = 174,3 \text{ u}$ ;  $d_{\text{H}_2\text{O}} = 1,0 \text{ g/mL}$ ;  $R = 0,082 \text{ atm L K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$

**13.** Se neutraliza hidróxido de sodio 0,50 M con 100 mL de ácido sulfúrico, o dihidrogeno(tetraoxidosulfato), al 60 % cuya densidad es de 1,5 g/mL, produciendo tetraoxidosulfato de disodio y agua. Calcula:

- El volumen de la disolución de hidróxido de sodio.
- La masa de tetraoxidosulfato de disodio producida.
- Si se evapora el agua producida, aumentando la temperatura a 150 °C y disminuyendo la presión a 0,25 atm, calcula el volumen que ocupa.

Constantes:  $m_{\text{H}_2\text{SO}_4} = 98,1 \text{ u}$ ;  $m_{\text{Na}_2\text{SO}_4} = 142,0 \text{ u}$ ;  $R = 0,082 \text{ atm L K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$

**14.** A 20 °C y 758 mm Hg, se hace reaccionar H<sub>2</sub>S con 100 mL de disolución de NaOH al 30 %, con densidad 1,33 g/mL, según la reacción:



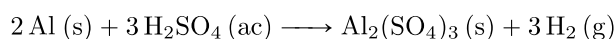
- Calcula el volumen de H<sub>2</sub>S necesario para completar la reacción.
- Calcula la masa de Na<sub>2</sub>S producida.
- Calcula el volumen de agua obtenida.

Constantes:  $m_{\text{NaOH}} = 40,0 \text{ u}$ ;  $m_{\text{Na}_2\text{S}} = 78,0 \text{ u}$ ;  $d_{\text{H}_2\text{O}} = 1,0 \text{ g/mL}$ ;  $R = 0,082 \text{ atm L K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$

**15.** Si se introducen en un reactor cantidades no calculadas de reactivos, la reacción se detendrá en cuanto se acabe uno de ellos. Al reactivo que se agota antes, se le llama reactivo limitante, puesto que su cantidad va a limitar las cantidades de productos. Al reactivo que no se agota, se le llama reactivo en exceso.

Un ejemplo:

“Se hacen reaccionar 6,2 gramos de aluminio en polvo con 50 mL de una disolución 0,15 M de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> según la reacción:



Calcula la masa de  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  producida.”

Observa, en primer lugar, que a diferencia de los problemas de estequiometría planteados hasta aquí, en este se nos ofrecen dos cantidades de partida (6,2 g de Al y 50 mL de disolución de  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ). La pregunta es: ¿de cuál de las dos partimos?

En efecto, aquí se han introducido en el reactor 6,2 g de Al y 50 mL de disolución de  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ; el Al va a empezar a reaccionar con el  $\text{H}_2\text{SO}_4$  y el proceso va a continuar hasta que los 6,2 g o los 50 mL, uno de los dos, se agote. Puesto que, como decimos, la cantidad de producto (por la que se nos pregunta) va a decidirla la cantidad del reactivo que se agote antes (del reactivo limitante), lo primero es determinar cuál de los dos reactivos es el limitante.

a) Calcula cuántos mL de disolución de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  reaccionan con 6,2 g de Al. A partir del resultado, determina cuál es el reactivo limitante y cuál es el reactivo en exceso.

b) Calcula cuántos gramos de Al reaccionan con 50 mL de disolución de  $\text{H}_2\text{SO}_4$ . A partir del resultado, determina cuál es el reactivo limitante y cuál es el reactivo en exceso.

c) Comprueba que la conclusión a la que has llegado por los dos caminos (apartados a y b) es la misma.

d) Partiendo de la cantidad del reactivo limitante, calcula la masa de  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  producida.

Constantes:  $m_{\text{Al}} = 27,0 \text{ u}$ ;  $m_{\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3} = 342,2 \text{ u}$



## Tema 3. Leyes de la mecánica de Newton

Se llama mecánica a la rama de la física que estudia el movimiento de los cuerpos. Dentro de la mecánica se llama dinámica a la teoría que rige el movimiento. A través de las leyes que llevan su nombre, Newton desarrolló una teoría matemática que lograba explicar los movimientos cotidianos y el movimiento planetario.

### Magnitudes físicas escalares y vectoriales

- Magnitudes escalares: Quedan definidas por una cantidad (un número y, por lo general, una unidad). Por ejemplo: la masa ( $m$ ) y la carga eléctrica ( $q$ ).
- Magnitudes vectoriales: Quedan definidas por una cantidad (el módulo del vector), una dirección (por ejemplo, la del eje  $x$ ) y un sentido (por ejemplo, hacia la derecha o la izquierda). Por ejemplo: la fuerza ( $\vec{F}$ ) y la velocidad ( $\vec{v}$ ).

### Trigonometría

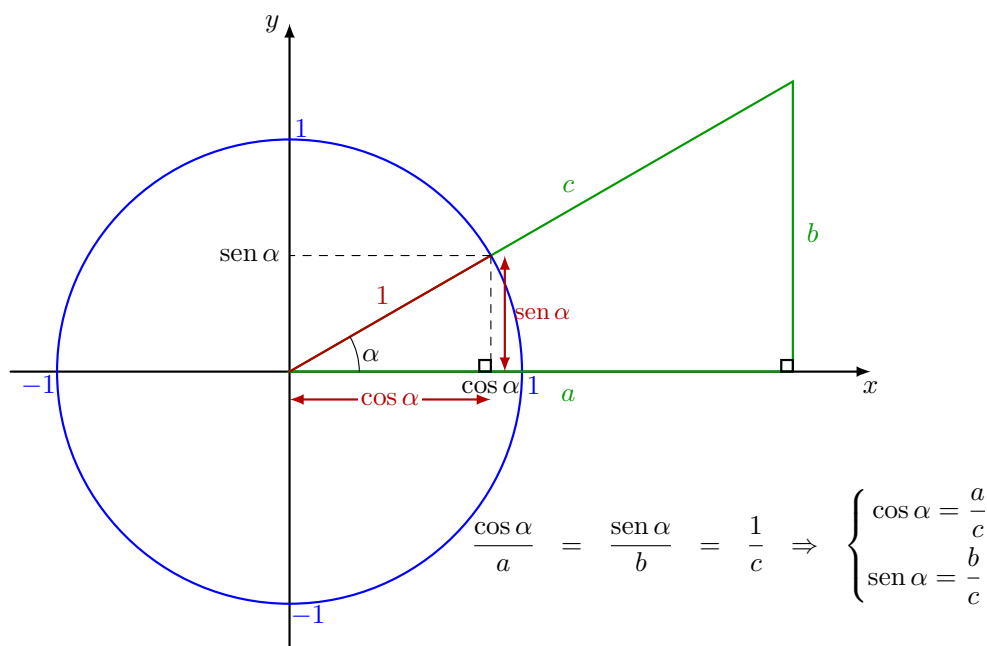


Figura 3.1: Definición de las razones trigonométricas coseno y seno sobre la circunferencia goniométrica (radio 1). El triángulo cuyos catetos son el coseno y el seno del ángulo  $\alpha$  y el triángulo con catetos  $a$  y  $b$  son semejantes.

### Vectores

Los vectores son entes matemáticos que se caracterizan por un módulo (un número), una dirección y un sentido. Se representan geoméricamente mediante segmentos orientados (flechas), como se ilustra en la Figura 3.2.

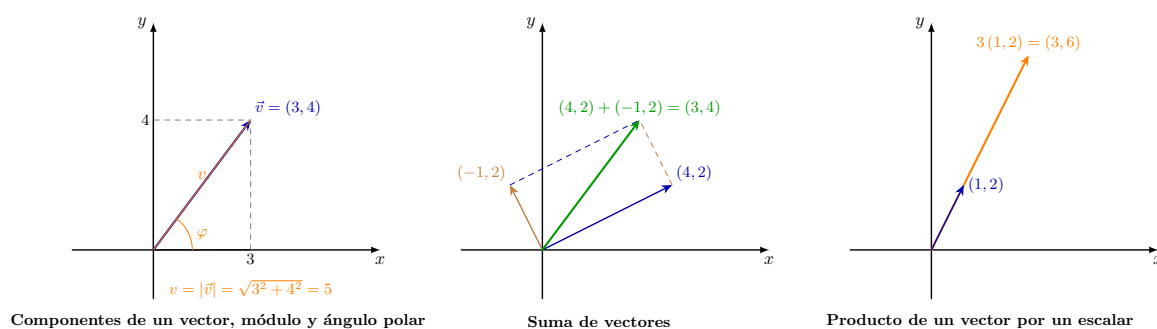


Figura 3.2: Representación geométrica de vectores

## Leyes de Newton

### · 1.<sup>a</sup> Ley de Newton

Un cuerpo mantiene su velocidad ( $\vec{v} = \text{cte}$ ) mientras no se ejerza una fuerza sobre él.

$$\vec{v} = \text{cte} \Leftrightarrow \vec{F} = 0$$

### · 2.<sup>a</sup> Ley de Newton

La fuerza a la que está sometido un cuerpo es directamente proporcional a su aceleración (el cambio en su velocidad). La constante de proporcionalidad es la masa inercial del cuerpo, que se entiende entonces como la resistencia que ofrece a cambiar su velocidad.

$$\vec{F} = m \vec{a}$$

OBS.  $[\vec{F}] = [m][\vec{a}] = \text{kg m s}^{-2} = \text{N}$  (newton)

### · 3.<sup>a</sup> Ley de Newton

La fuerza que un cuerpo realiza sobre un segundo cuerpo ( $\vec{F}_{1 \rightarrow 2}$ ) y la fuerza que el segundo realiza sobre el primero ( $\vec{F}_{2 \rightarrow 1}$ ) son opuestas.

$$\vec{F}_{1 \rightarrow 2} = -\vec{F}_{2 \rightarrow 1}$$

## Fuerzas cotidianas

Las fuerzas que aparecen en situaciones cotidianas son:

· **Peso ( $\vec{P}$ ):** Es la fuerza gravitatoria que ejerce la Tierra sobre el cuerpo. Esta fuerza está siempre dirigida hacia el centro del planeta.

$$P = m g, \text{ donde } g \text{ es la aceleración de la gravedad}$$

· Fuerza realizada por un agente externo ( $\vec{F}_a$ )

· **Normal ( $\vec{N}$ ):** Es la fuerza que realiza la superficie sobre la que descansa o desliza un cuerpo. Siempre es perpendicular a la superficie.

· **Fuerza de rozamiento ( $\vec{F}_r$ )** entre el cuerpo y la superficie sobre la que descansa o desliza: Siempre es paralela a la superficie, su sentido se opone al movimiento o a la tendencia del movimiento:

$$F_r = \mu N, \text{ donde } \mu \text{ es el coeficiente de rozamiento}$$

· **Tensión ( $\vec{T}$ ):** Es la fuerza que realiza un cable o una cuerda sobre el cuerpo.

### Diagramas de fuerzas

Estos diagramas facilitan la determinación de la aceleración de un cuerpo a través de las leyes de Newton. Por ejemplo:

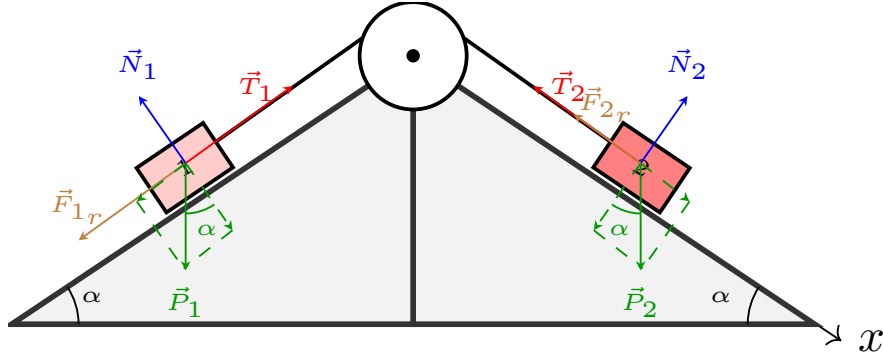


Figura 3.3:  $m_2 > m_1$

Como se indica, tomamos los ejes  $x$  tangentes (paralelos) a la trayectoria y positivos hacia la derecha. Los ejes  $y$ , normales (perpendiculares) y positivos hacia arriba.

Todas las fuerzas tienen estas direcciones salvo los pesos:

$$\vec{P}_1 \begin{cases} P_{1x} = -P_1 \operatorname{sen} \alpha \\ P_{1y} = -P_1 \operatorname{cos} \alpha \end{cases} \qquad \vec{P}_2 \begin{cases} P_{2x} = +P_2 \operatorname{sen} \alpha \\ P_{2y} = -P_2 \operatorname{cos} \alpha \end{cases}$$

Las componentes cartesianas de las fuerzas sobre los cuerpos son:

$$\vec{F}_1 \begin{cases} F_{1x} = +T_1 - P_1 \operatorname{sen} \alpha - F_{1r} & \Rightarrow F_{1x} = +T_1 - m_1 g \operatorname{sen} \alpha - \mu N_1 \\ F_{1y} = +N_1 - P_1 \operatorname{cos} \alpha & \Rightarrow F_{1y} = +N_1 - m_1 g \operatorname{cos} \alpha \end{cases}$$

$$\vec{F}_2 \begin{cases} F_{2x} = +P_2 \operatorname{sen} \alpha - T_2 - F_{2r} & \Rightarrow F_{2x} = +m_2 g \operatorname{sen} \alpha - T_2 - \mu N_2 \\ F_{2y} = +N_2 - P_2 \operatorname{cos} \alpha & \Rightarrow F_{2y} = +N_2 - m_2 g \operatorname{cos} \alpha \end{cases}$$

De acuerdo con la 1.ª Ley de Newton, puesto que los cuerpos no se mueven en la dirección de  $y$ , las componentes  $y$  de las fuerzas son cero:

$$v_y = 0 \text{ (cte)} \Rightarrow F_y = 0 \Rightarrow \begin{cases} +N_1 - m_1 g \operatorname{cos} \alpha = 0 \Rightarrow N_1 = m_1 g \operatorname{cos} \alpha \\ +N_2 - m_2 g \operatorname{cos} \alpha = 0 \Rightarrow N_2 = m_2 g \operatorname{cos} \alpha \end{cases}$$

De acuerdo con la 3.ª Ley de Newton, puesto que las tensiones se corresponden con las fuerzas que hacen un cuerpo sobre otro (a través de la cuerda), los módulos de  $\vec{T}_1$  y  $\vec{T}_2$  son iguales:

$$T_1 = T_2 = T$$

Aplicando la 2.ª Ley de Newton, teniendo en cuenta que la aceleración de los cuerpos es la misma:

$$\begin{cases} F_{1x} = m_1 a_x & \Rightarrow +T - m_1 g \operatorname{sen} \alpha - \mu m_1 g \operatorname{cos} \alpha = m_1 a_x & (1) \\ F_{2x} = m_2 a_x & \Rightarrow +m_2 g \operatorname{sen} \alpha - T - \mu m_2 g \operatorname{cos} \alpha = m_2 a_x & (2) \end{cases} \xrightarrow{(1)+(2)}$$

$$\Rightarrow (m_2 - m_1) g \operatorname{sen} \alpha - \mu (m_1 + m_2) g \operatorname{cos} \alpha = (m_1 + m_2) a_x \Rightarrow a_x = \left( \frac{m_2 - m_1}{m_2 + m_1} \operatorname{sen} \alpha - \mu \operatorname{cos} \alpha \right) g$$

## Notas

- 2.<sup>a</sup> Ley de Newton

$$\vec{F} = m \vec{a}$$

- Peso

$$P = m g$$

- Fuerza de rozamiento en una superficie con coeficiente de rozamiento  $\mu$

$$F_r = \mu N$$

- Unidades y prefijos de unidades

Tabla 3.1: Magnitudes y unidades fundamentales según el sistema MKSC

| Magnitud        | Símbolo                           | Unidad    | Símbolo | Notación          |
|-----------------|-----------------------------------|-----------|---------|-------------------|
| Distancia       | $x, y, z, d, s, r, h, a, b, c...$ | metro     | m       | $[x] = \text{m}$  |
| Tiempo          | $t$                               | segundo   | s       | $[t] = \text{s}$  |
| Masa            | $m, M$                            | kilogramo | kg      | $[m] = \text{kg}$ |
| Carga eléctrica | $q, Q$                            | culombio  | C       | $[q] = \text{C}$  |

Tabla 3.2: Prefijos de unidades del SI

| Múltiplos | Símbolo | Exponente | Submúltiplos | Símbolo | Exponente  |
|-----------|---------|-----------|--------------|---------|------------|
| deca      | da      | $10^1$    | deci         | d       | $10^{-1}$  |
| hecto     | h       | $10^2$    | centi        | c       | $10^{-2}$  |
| kilo      | k       | $10^3$    | mili         | m       | $10^{-3}$  |
| mega      | M       | $10^6$    | micro        | $\mu$   | $10^{-6}$  |
| giga      | G       | $10^9$    | nano         | n       | $10^{-9}$  |
| tera      | T       | $10^{12}$ | pico         | p       | $10^{-12}$ |
| peta      | P       | $10^{15}$ | femto        | f       | $10^{-15}$ |

## Ejercicios, cuestiones y problemas

Tabla 3.3: Constantes físicas

| Constantes                 | (Nombre)                                      |
|----------------------------|---|
| $g = 9,8 \text{ m s}^{-2}$ | (Intensidad del campo gravitatorio terrestre) |

### Magnitudes físicas escalares y vectoriales

1. Las coordenadas polares de la fuerza a la que está sometida una partícula situada en el origen de coordenadas son  $F = 20 \text{ N}$  y  $\varphi = 30^\circ$ . Determina las componentes cartesianas de  $\vec{F}$ .
2. Las coordenadas polares de la fuerza a la que está sometida una partícula situada en el punto  $P(3, 4) \text{ m}$  son  $F = 100 \text{ N}$  y  $\varphi = 45^\circ$ . Determina las componentes cartesianas de  $\vec{F}$ .
3. Una partícula situada en el origen de coordenadas se encuentra sometida a una fuerza de  $10 \text{ N}$  dirigida hacia el punto  $P(12, 9)$ . Calcula las componentes cartesianas de  $\vec{F}$ .
4. Una partícula situada en  $P(12, 9) \text{ m}$  se encuentra sometida a una fuerza de  $10 \text{ N}$  dirigida hacia el origen de coordenadas. Calcula las componentes cartesianas de  $\vec{F}$ .
5. Una partícula situada en  $P(1, 1) \text{ m}$  se encuentra sometida a una fuerza de  $10 \text{ N}$  dirigida hacia el punto  $P'(-1, -1)$ . Calcula las componentes cartesianas de  $\vec{F}$ .
6. Una partícula situada en  $P(12, 9) \text{ m}$  se encuentra sometida a dos fuerzas de  $50 \text{ N}$  dirigidas en el sentido de  $x$  y de  $-y$ , respectivamente. Determina las componentes cartesianas de las dos fuerzas ( $\vec{F}_1$  y  $\vec{F}_2$ ) y las componentes de la fuerza neta (total)  $\vec{F}$ .
7. Una partícula situada en el origen de coordenadas se encuentra sometida a dos fuerzas de  $10 \text{ N}$ . Los ángulos polares de las fuerzas son  $\varphi_1 = 45^\circ$  y  $\varphi_2 = 135^\circ$ . Calcula las componentes cartesianas de las dos fuerzas ( $\vec{F}_1$  y  $\vec{F}_2$ ) y las componentes de la fuerza neta  $\vec{F}$ .
8. Una partícula situada en el origen de coordenadas se encuentra sometida a dos fuerzas de  $10 \text{ N}$ . Las fuerzas se encuentran dirigidas hacia los puntos  $(4, 5)$  y  $(4, -5)$ , respectivamente. Calcula las componentes cartesianas de las dos fuerzas ( $\vec{F}_1$  y  $\vec{F}_2$ ) y las componentes de la fuerza neta  $\vec{F}$ .
9. Una partícula que se encuentra en el vértice superior de un triángulo equilátero se encuentra sometida a dos fuerzas de  $100 \text{ N}$  dirigidas hacia los otros vértices del triángulo. Calcula las componentes cartesianas de las dos fuerzas ( $\vec{F}_1$  y  $\vec{F}_2$ ) y las componentes de la fuerza neta  $\vec{F}$ .
10. Una partícula situada en el punto  $P(0, 5)$  se encuentra sometida a dos fuerzas de  $20 \text{ N}$ . La primera forma un ángulo de  $30^\circ$  con el eje  $y$ ; la segunda, de  $150^\circ$  (sentido antihorario). Calcula las componentes cartesianas de las dos fuerzas ( $\vec{F}_1$  y  $\vec{F}_2$ ) y las componentes de la fuerza neta  $\vec{F}$ .

### Leyes de Newton

11. De acuerdo con la primera ley de Newton, discute en qué situaciones los cuerpos están sometidos a fuerzas:
  - a) Una nave moviéndose en línea recta a  $10000 \text{ km/h}$  por el espacio vacío.
  - b) Un barco que se mueve en línea recta a  $20$  nudos.
  - c) Un satélite que describe, a  $10000 \text{ km/h}$ , una órbita circular alrededor de la Tierra.

- d) El proyectil de un cañón disparado a 1800 m/s formando un ángulo con la horizontal de  $45^\circ$ .
- e) Un coche que se mueve en un tramo recto a 120 km/h.
- f) Un coche que toma una curva a 90 km/h.

**12.** Cuando un coche acelera, frena o toma una curva nos sentimos empujados hacia delante, hacia atrás o hacia un lado; se dice que en estas situaciones estamos sometidos a una fuerza de inercia, también llamada fuerza ficticia. Discute este hecho.

**13.** Determina la aceleración a la que está sometido el cuerpo o los cuerpos en las situaciones siguientes:

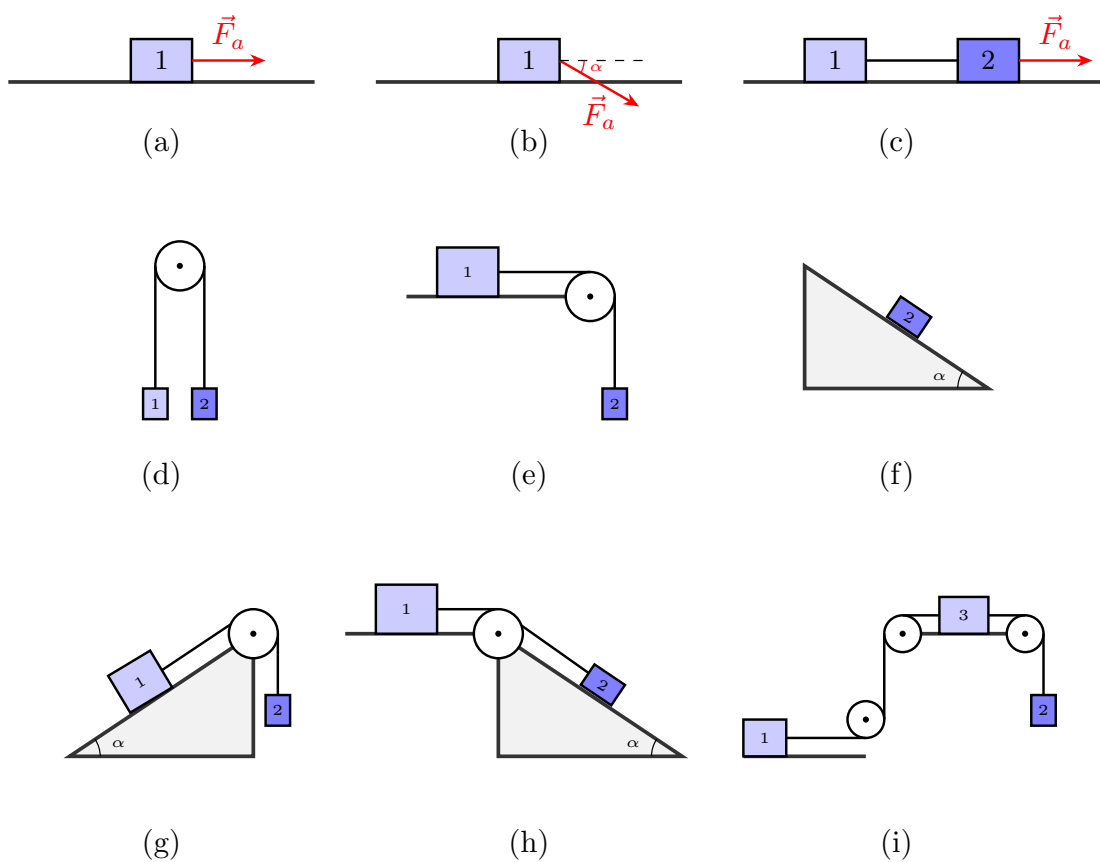


Figura 3.4: Masas:  $m_1 = m_3 = 2,0$  kg;  $m_2 = 20$  kg. Ángulo:  $\alpha = 30^\circ$ . Coeficiente de rozamiento:  $\mu = 0,10$ . Fuerzas:  $F_a = 20$  N

## Tema 4. Cinemática

Se llama cinemática a la descripción matemática del movimiento de los cuerpos. El movimiento rectilíneo uniforme (MRU), el movimiento rectilíneo uniformemente acelerado (MRUA) y el movimiento parabólico son particularmente interesantes dada la frecuencia con que se presentan.

### Ecuaciones de movimiento

Las ecuaciones de movimiento son las funciones del tiempo que describen el movimiento del cuerpo (móvil).

#### Funciones de tiempo

Una función del tiempo hace corresponder a cada instante  $t$  del tiempo (variable independiente) un valor  $f(t)$  y solamente uno (variable dependiente). Por ejemplo:

$$f(t) = t^2 + 1$$

| $t$  | $f(t) = t^2 + 1$ |
|------|------------------|
| 0,00 | 1,00             |
| 0,50 | 1,25             |
| 1,00 | 2,00             |
| 1,50 | 3,25             |
| 2,00 | 5,00             |
| 2,50 | 7,25             |

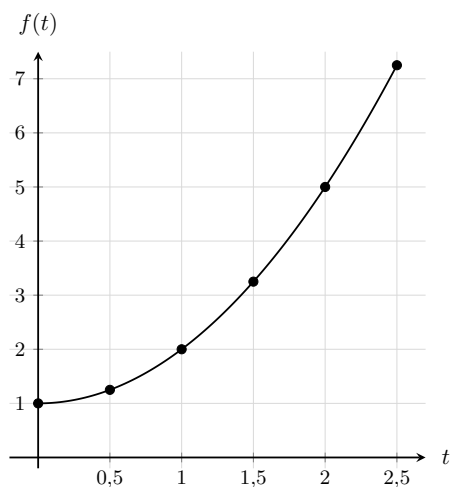


Figura 4.1: Tabla y gráfica de la función  $f(t) = t^2 + 1$

### Posición, velocidad y aceleración

Las ecuaciones de movimiento son:

- Posición: Es la función  $\vec{r}(t)$  que describe dónde se encuentra el cuerpo. Sus componentes son:

$$\vec{r}(t) \begin{cases} x(t) = \dots \\ y(t) = \dots \end{cases}$$

- Velocidad: Es la función  $\vec{v}(t)$  que describe cómo varía la posición. Sus componentes son:

$$\vec{v}(t) \begin{cases} v_x(t) = \dots \\ v_y(t) = \dots \end{cases}$$

Se dice que un movimiento es uniforme cuando el módulo de la velocidad no cambia, en todo instante su valor es el mismo:  $v(t) = \text{cte}$ .

- **Aceleración:** Es la función  $\vec{a}(t)$  que describe cómo varía la velocidad. Sus componentes son:

$$\vec{a}(t) \begin{cases} a_x(t) = \dots \\ a_y(t) = \dots \end{cases}$$

En los movimientos uniformemente acelerados el módulo de la aceleración es constante:  $a(t) = \text{cte}$ .

OBS.  $[\vec{r}] = \text{m}$   $[\vec{v}] = \frac{[\vec{r}]}{[t]} = \frac{\text{m}}{\text{s}}$   $[\vec{a}] = \frac{[\vec{v}]}{[t]} = \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$

## Movimientos cotidianos

### Movimiento rectilíneo uniforme

Los movimientos rectilíneos pueden describirse con una de las componentes de la posición, la velocidad y la aceleración si se sitúa unos de los ejes de coordenadas en la dirección del movimiento.

En el MRU el módulo de la velocidad es constante:  $v(t) = v_0$ . Por tanto, la componente correspondiente de la velocidad también es constante:  $v_x(t) = v_{x_0}$  o  $v_y(t) = v_{y_0}$ .

Por ejemplo, situando el eje  $x$  en la dirección del movimiento, si la posición inicial es  $x_0$ , las ecuaciones del MRU son:

$$\left. \begin{aligned} x(t) &= x_0 + v_{x_0} t \\ v_x(t) &= v_{x_0} \\ a_x(t) &= 0 \end{aligned} \right\}$$

### Movimiento rectilíneo uniformemente acelerado

En el MRUA el módulo de la aceleración es constante:  $a(t) = a_0$ . Por tanto, la componente correspondiente de la aceleración también es constante:  $a_x(t) = a_{x_0}$  o  $a_y(t) = a_{y_0}$ .

Por ejemplo, situando el eje  $y$  en la dirección del movimiento, si la posición inicial es  $y_0$  y la velocidad inicial es  $v_{y_0}$ , las ecuaciones del MRUA son:

$$\left. \begin{aligned} y(t) &= y_0 + v_{y_0} t + \frac{1}{2} a_{y_0} t^2 \\ v_y(t) &= v_{y_0} + a_{y_0} t \\ a_y(t) &= a_{y_0} \end{aligned} \right\}$$

### Tiro parabólico

Es el movimiento parabólico que sigue un proyectil bajo la aceleración de la gravedad:  $a_y(t) = -g$ .

Puede considerarse la composición de los movimientos que siguen dos partículas hipotéticas: la primera sigue un MRU en la dirección del eje  $x$  y la segunda, un MRUA en la dirección del eje  $y$ .

## Notas

- MRU en la dirección del eje  $x$  con posición inicial  $x_0$  y velocidad  $v_{x_0}$

$$\left. \begin{aligned} x(t) &= x_0 + v_{x_0} t \\ v_x(t) &= v_{x_0} \\ a_x(t) &= 0 \end{aligned} \right\}$$

- MRUA en la dirección del eje  $y$  con posición inicial  $y_0$ , velocidad inicial  $v_{y_0}$  y aceleración  $a_{y_0}$

$$\left. \begin{aligned} y(t) &= y_0 + v_{y_0} t + \frac{1}{2} a_{y_0} t^2 \\ v_y(t) &= v_{y_0} + a_{y_0} t \\ a_y(t) &= a_{y_0} \end{aligned} \right\}$$

## Ejercicios, cuestiones y problemas

Tabla 4.1: Constantes físicas

| Constantes                 | (Nombre)                                      |
|----------------------------|---|
| $g = 9,8 \text{ m s}^{-2}$ | (Intensidad del campo gravitatorio terrestre) |

### Ecuaciones de movimiento

- Para la función  $f(t) = 2t - 5$ :
  - Realiza una tabla de valores para valores enteros de  $t$  desde 0 hasta 10.
  - Realiza la gráfica de la función.
  - Determina qué valor de  $t$  se corresponde con un valor de la función igual a 0.
  - Determina qué valor de  $t$  se corresponde con un valor de la función igual a 10.
  - ¿Para qué valor de  $t$  la función  $f(t)$  coincide con la función  $g(t) = t + 3$ ?
- Para la función  $x(t) = 10 + 5t$ :
  - Realiza una tabla de valores para valores enteros de  $t$  desde 0 hasta 10.
  - Realiza la gráfica de la función.
  - Determina qué valor de  $t$  se corresponde con un valor de la función igual a 10.
  - Determina qué valor de  $t$  se corresponde con un valor de la función igual a 100.
  - ¿Para qué valor de  $t$  la función  $x(t)$  coincide con la función  $x'(t) = 2t^2$ ?
- Una pelota está a punto de ser lanzada desde una altura de 10 m. Escribe su vector de posición:
  - Para un observador que está al pie del edificio.
  - Para un observador que se encuentra en la azotea del edificio, situado a 25 m de altura.

### Movimientos cotidianos

- Un objeto se mueve en línea recta con velocidad constante de 8,00 m/s. Cuando se puso el cronómetro en marcha, estaba a 5,0 m del observador, o punto de referencia.
  - Escribe las ecuaciones de movimiento del objeto.
  - Calcula su posición, velocidad y aceleración al cabo de 10 s.
  - ¿En qué instante alcanzará un punto situado a 100 m del observador?
- Un tren viaja de Madrid a Barcelona a 144 km/h, la distancia entre ambas ciudades es de 620 km. Suponiendo que el tren sigue un MRU:
  - Escribe sus ecuaciones de movimiento desde el punto de vista de un observador situado en Madrid.
  - ¿Cuánto tarda en llegar a Barcelona?
  - Si otro tren sale a la misma hora de Barcelona a Madrid a 72 km/h, ¿cuándo y dónde se cruzan?
  - Vuelve a determinar cuándo y dónde se cruzan desde el punto de vista de un observador que se encontrara en Barcelona.
  - Vuelve a determinar cuándo se cruzan desde el punto de vista de un observador que se encontrara en el tren que sale de Barcelona.

- 6.** Desde una altura de 20 m, se lanza hacia arriba a 10 m/s una piedra. Calcula:
- La altura máxima que alcanza.
  - Su velocidad en el instante de impacto contra el suelo.
- 7.** Un peatón corre a 4,0 m/s intentando coger un autobús. Cuando se encuentra a 10 m de él, el bus se pone en marcha acelerando a  $0,80 \text{ m/s}^2$ . ¿Logrará alcanzarlo?
- 8.** Desde el borde de un acantilado se chuta hacia arriba un balón, que sale disparado a 20,0 m/s. Suponiendo que cabe despreciar la fricción que ofrece el aire sobre el balón:
- Después de realizar un diagrama de la situación inicial, escribe las ecuaciones de movimiento del balón desde el punto de vista del chutador.
  - Calcula la altura que alcanza el balón.
  - Calcula la velocidad del balón en el instante en que pasa, cayendo, por el borde del acantilado.
  - Si el balón choca contra el agua del mar transcurridos 5,2 s desde que se chutó el balón, calcula la altura del acantilado.
- 9.** En una pista recta se encuentran un coche del Campeonato Mundial de Rally (WRC) y un Fórmula 1 (F1). El F1 da una ventaja al coche de rally de 1 km. Cuando dan la salida, el coche de rally acelera a razón de  $5,6 \text{ m/s}^2$  y el F1 acelera a razón de  $10 \text{ m/s}^2$ , ambos de manera aproximadamente uniforme.
- Realiza un diagrama que ilustre la situación inicial, situando al observador en la posición del F1.
  - Escribe las ecuaciones de movimiento del F1.
  - Si la velocidad máxima del F1 es 360 km/h, calcula cuánto tarda en alcanzar esta velocidad. (La solución es 10 s).
  - Calcula qué distancia recorre el F1 en este tiempo (10 s).
  - Escribe las ecuaciones de movimiento del coche de rally.
  - Si la velocidad máxima que alcanza el coche de rally es de 201,6 km/h, calcula cuánto tiempo tarda en alcanzar esta velocidad. (La solución es 10 s).
  - Calcula la distancia que recorre el coche de rally en este tiempo (10 s). (Observa que se pide la distancia recorrida y no la posición).
  - Al cabo de este tiempo de aceleración (10 s para los dos coches), los coches circulan a sus velocidades máximas. Calcula qué distancia recorre el F1 desde que arrancó hasta que alcanza al coche de rally.
- 10.** Un coche parte del reposo desde el carril de aceleración de una autovía. Su conductora pisa el acelerador, de manera que el coche se pone en marcha con una aceleración (que vamos a suponer constante pese a los cambios de marcha) de  $43200 \text{ km/h}^2$ .
- Escribe las ecuaciones de movimiento del coche desde el punto de vista de un observador que estuviera situado en el punto de la carretera en el que el coche arrancó.
  - Calcula el tiempo (en segundos) que tarda en coche en alcanzar una velocidad de 120 km/h.
  - Calcula la distancia recorrida en ese tiempo.
- A partir de este punto la conductora pone la velocidad de crucero, de manera que circula por la autovía a una velocidad constante de 120 km/h. En un instante dado, en un tramo recto de la autovía, escucha una sirena y observa por el retrovisor que se aproxima un coche de policía. Cuando lo ve, el coche de policía se encuentra a una distancia de 0,50 km de su coche. El coche de policía circula a una

velocidad, también constante de 180 km/h.

Después de realizar un dibujo de la situación en el que quede claro dónde sitúas al observador y cuál es la dirección y sentido del movimiento de ambos coches:

d) Escribe las ecuaciones de movimiento de la conductora.

e) Escribe las ecuaciones de movimiento de la policía.

f) Calcula cuánto tiempo pasa desde que la conductora vio el coche de policía, hasta que éste alcanza y adelanta a su coche.

g) Calcula la distancia que recorre la conductora en este tiempo.

h) Calcula la distancia que recorre la policía en este tiempo.

**11.** Desde el suelo, se lanza una piedra hacia arriba a una velocidad inicial de 50 m/s.

a) Escribe las ecuaciones de movimiento de la piedra desde el punto de vista de un observador que se encontrara, en el suelo, en la vertical de la piedra.

b) Calcula cuánto tiempo transcurre hasta que la piedra alcanza la altura máxima.

c) Calcula la altura que alcanza la piedra.

Se deja caer otra piedra desde una altura de 80 m.

d) Escribe las ecuaciones de movimiento de esta otra piedra desde el punto de vista de un observador que también se encontrara, en el suelo, en la vertical de la piedra.

e) Calcula cuánto tiempo transcurre hasta que la piedra choca contra el suelo.

f) Calcula la velocidad de la piedra en el instante en que va ya a chocar contra el suelo.

g) Cuánto tiempo transcurre hasta que se cruzan las piedras en su vuelo.

h) La altura a la que las dos piedras se cruzan.

**12.** Un señor circula por una recta a 120 km/h. En un instante dado observa un obstáculo en la carretera. El señor tarda 1,5 s en pisar el freno.

a) Escribe las ecuaciones de movimiento del coche en el instante de tiempo que va desde que el señor ve el obstáculo hasta que pisa el freno.

b) Calcula la distancia recorrida en esos 1,5 s.

Cuando pisa el freno el coche frena con una deceleración (aceleración negativa) de  $7,0 \text{ m/s}^2$ .

c) Escribe las ecuaciones de movimiento del coche desde que empieza a frenar.

d) Calcula la distancia recorrida por el coche desde que el señor pisa el freno hasta que se detiene.

e) Si el obstáculo se encontraba a 130 m cuando el señor lo vio, ¿lo atropella?

**13.** Desde el suelo se lanza un proyectil con una velocidad de 300 m/s. Calcula la altura máxima que alcanza y la distancia a la que impacta contra el suelo en los casos siguientes:

a) La dirección de lanzamiento forma con la horizontal un ángulo de  $30^\circ$ .

b) La dirección de lanzamiento forma con la horizontal un ángulo de  $45^\circ$ .

## Tema 5. Interacciones fundamentales

La 2.<sup>a</sup> Ley de Newton ( $\vec{F} = m \vec{a}$ ) pone de manifiesto que un problema crucial en física es el cálculo de la fuerza a la que está sometido un cuerpo; a partir de ella, puede determinarse la aceleración y conocerse su movimiento.

### Interacciones fundamentales

- Interacción gravitatoria: Tiene lugar entre cuerpos por el hecho de tener masa. Es responsable de la caída de los cuerpos y el movimiento planetario.
- Interacción eléctrica: Tiene lugar entre cuerpos por el hecho de estar cargados eléctricamente. Es responsable de la cohesión atómica y los choques, las llamadas fuerzas de contacto.
- Interacción magnética: Tiene lugar entre cuerpos por el hecho de presentar carga eléctrica y encontrarse en movimiento. Se pone de manifiesto en los imanes y es utilizada para la generación de corriente eléctrica.
- Interacción nuclear débil: Se pone de manifiesto solamente a nivel nuclear. Es responsable de la desintegración beta, a través de la cual un neutrón se convierte en un protón y viceversa.
- Interacción nuclear fuerte: Se presenta entre nucleones de forma más intensa que la repulsión eléctrica. Es, por tanto, la responsable de la cohesión del núcleo atómico.

### Modelo estándar de la física de partículas

Todas las interacciones, salvo la gravitatoria, forman parte de este modelo en el que hay:

- Partículas que forman la materia: leptones (por ejemplo, el electrón) y quarks (que forman, por ejemplo, los protones y neutrones).
- Partículas que median en las interacciones: fotón, bosones débiles y gluones.

### Ley de gravitación universal de Newton

La fuerza gravitatoria que ejerce la masa  $M$  sobre la masa  $m$  de la Figura 5.1, que se encuentran a una distancia  $r$ , es una fuerza de atracción cuyo módulo viene dado por:

$$F_{M \rightarrow m} = G \frac{M m}{r^2}, \text{ donde } G \text{ es la constante de gravitación universal}$$

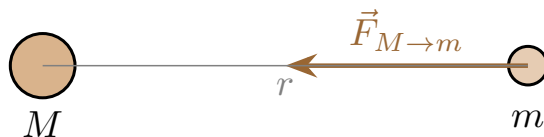


Figura 5.1: Fuerza gravitatoria que ejerce  $M$  sobre  $m$

Observa que la fuerza  $\vec{F}_{m \rightarrow M}$  cumple la 3.<sup>a</sup> Ley de Newton.

Se llama masa de campo a la masa que ejerce la fuerza que nos interesa conocer ( $M$ ) y se llama masa de prueba a la masa sobre la que se ejerce la fuerza ( $m$ ).

## Campo gravitatorio

El campo gravitatorio que la masa de campo  $M$  crea en un punto de prueba  $P$ , como se ilustra en la Figura 5.2, es un vector dirigido hacia  $M$  cuyo módulo es:

$$g = G \frac{M}{r^2}$$

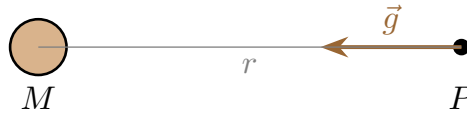


Figura 5.2: Campo gravitatorio que crea  $M$  en  $P$

Al módulo del campo se le llama intensidad del campo.

Obsérvese que si se sitúa una masa de prueba  $m$  en  $P$  se cumple que  $\vec{F}_{M \rightarrow m} = m \vec{g}$ .

OBS.  $[\vec{g}] = \frac{[\vec{F}]}{[m]} = \frac{\text{N}}{\text{kg}}$

## Ley de la electrostática de Coulomb

La fuerza eléctrica que ejerce la carga de campo  $Q$  sobre la carga de prueba  $q$ , que se encuentran a una distancia  $r$ , es una fuerza que puede ser de repulsión o atracción, como se ilustra en la Figura 5.3, cuyo módulo viene dado por:

$$F_{Q \rightarrow q} = K_0 \frac{Qq}{r^2}, \text{ donde } K_0 \text{ es la constante de Coulomb en el vacío}$$

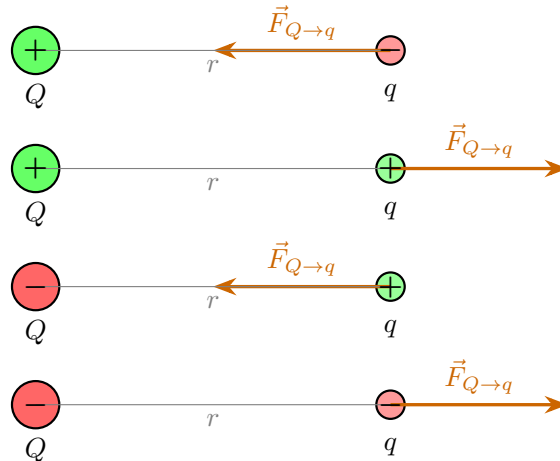


Figura 5.3: Fuerza eléctrica que ejerce  $Q$  sobre  $q$ . Si las cargas tienen el mismo signo (ambas positivas o negativas), la fuerza es de repulsión; si tienen signo contrario (una positiva y otra negativa), la fuerza es de atracción.

Observa que también se cumple la 3.<sup>a</sup> Ley de Newton para la fuerza eléctrica.

## Campo eléctrico

El campo eléctrico que la carga de campo  $Q$  crea en un punto de prueba  $P$ , es un vector que puede estar dirigido hacia  $Q$  o en sentido contrario, como se ilustra en la Figura 5.4. Su módulo o intensidad es:

$$E = K_0 \frac{Q}{r^2}$$

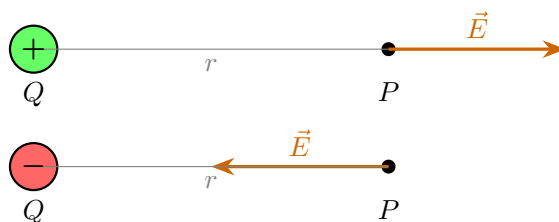


Figura 5.4: Campo eléctrico que crea  $Q$  en  $P$ . Para predecir el sentido del campo  $\vec{E}$  se imagina que en el punto de prueba  $P$  hay una partícula positiva (un protón, por ejemplo).

Obsérvese que si se sitúa una masa de prueba  $q$  en  $P$  se cumple que  $\vec{F}_{Q \rightarrow q} = q \vec{E}$ .

OBS.  $[\vec{E}] = \frac{[\vec{F}]}{[q]} = \frac{\text{N}}{\text{C}}$

## Notas

· Módulo de la fuerza gravitatoria que ejerce la masa de campo  $M$  sobre la masa de prueba  $m$ , separadas por una distancia  $r$  ( $g$  es la intensidad del campo gravitatorio)

$$F_{M \rightarrow m} = G \frac{M m}{r^2} = m \underbrace{G \frac{M}{r^2}}_g$$

· Módulo de la fuerza eléctrica que ejerce la carga de campo  $Q$  sobre la carga de prueba  $q$ , separadas por una distancia  $r$  ( $E$  es la intensidad del campo eléctrico)

$$F_{Q \rightarrow q} = K_0 \frac{Q q}{r^2} = q \underbrace{K_0 \frac{Q}{r^2}}_E$$

## Ejercicios, cuestiones y problemas

Tabla 5.1: Constantes físicas

| Constantes  | (Nombre)                             |
|---|--------------------------------------|
| $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N m}^2 \text{ kg}^{-2}$ | (Constante de gravitación universal) |
| $M_{\oplus} = 5,97 \cdot 10^{24} \text{ kg}$            | (Masa de la Tierra)                  |
| $R_{\oplus} = 6,37 \cdot 10^6 \text{ m}$                | (Radio de la Tierra)                 |
| $K_0 = 9,0 \cdot 10^9 \text{ N m}^2 \text{ C}^{-2}$     | (Constante de Coulomb en el vacío)   |
| $e = 1,60 \cdot 10^{-19} \text{ C}$                     | (Carga elemental)                    |

### Interacciones fundamentales

1. ¿Qué naturaleza tienen las fuerzas siguientes? Justifica la respuesta.

- Peso.
- Fuerza de contacto.
- Normal.
- Fuerza de rozamiento
- Tensión.

### Ley de gravitación universal de Newton

2. Dos partículas de 2,0 y 4,0 kg se encuentran, respectivamente, en los puntos (0,0) y (3,4) m.

- Dibuja la fuerza que la primera ejerce sobre la segunda, calcula su módulo y escribe sus coordenadas cartesianas.
- Dibuja la fuerza que la segunda ejerce sobre la primera, calcula su módulo y escribe sus coordenadas cartesianas. ¿Se cumple la 3.ª Ley de Newton?

3. Dos partículas de 2,0 kg se encuentran en los puntos (-3,0) y (3,0) m. Una tercera partícula se encuentra en (0,4) m.

- Dibuja la fuerza  $\vec{F}_1$  que la primera ejerce sobre la tercera, la fuerza  $\vec{F}_2$  que la segunda ejerce sobre la tercera y la fuerza neta  $\vec{F}$  ejercida sobre la tercera partícula.
- Calcula los módulos de  $\vec{F}_1$  y  $\vec{F}_2$ .
- Determina las componentes cartesianas de  $\vec{F}_1$ ,  $\vec{F}_2$  y  $\vec{F}$ .
- Calcula el módulo de  $\vec{F}$ . ¿Se cumple que  $F = F_1 + F_2$ ?

4. De acuerdo con el Teorema de Gauss, el campo gravitatorio que crea una esfera de densidad uniforme en un punto externo es igual que el que crearía una partícula con la misma masa que la esfera situada en su centro. Suponiendo que la Tierra es esférica y que su densidad es uniforme, calcula:

- La intensidad del campo gravitatorio terrestre en la superficie de la Tierra.
- La intensidad del campo gravitatorio terrestre en un punto situado a 1 km de la superficie de la Tierra y en otro situado a 1000 km.

5. Un cuerpo se encuentra a una altura de 100 m de la superficie terrestre, sometido a la fuerza gravitatoria (su peso).

- a) Realiza el diagrama de fuerzas y determina la aceleración del cuerpo.
- b) Discute por qué se llama aceleración de la gravedad al campo gravitatorio.
- c) Reduce las unidades de campo gravitatorio a unidades fundamentales del SI o del sistema MKSC.

**6.** Dos partículas de 10 kg se encuentran fijas en los puntos  $(-10, 0)$  y  $(10, 0)$  m.

- a) Representa los campos gravitatorios  $\vec{g}_1$  y  $\vec{g}_2$  que cada una crea en el origen de coordenadas.
- b) Calcula la intensidad de los campos  $\vec{g}_1$  y  $\vec{g}_2$ .
- c) ¿Se anula el campo  $\vec{g} = \vec{g}_1 + \vec{g}_2$  en el origen de coordenadas.

### Ley de la electrostática de Coulomb

**7.** Dos cargas puntuales de  $-2,0$  y  $+2,0$  nC se encuentran fijas en los puntos  $(-1, 0)$  y  $(0, 1)$  m, respectivamente. Una tercera carga de  $-4,0$  C se encuentra en el origen de coordenadas  $O(0, 0)$ .

- a) Dibuja la fuerza  $\vec{F}_1$  que la primera ejerce sobre la tercera, la fuerza  $\vec{F}_2$  que la segunda ejerce sobre la tercera y la fuerza neta  $\vec{F}$  ejercida sobre la tercera partícula.
- b) Calcula los módulos de  $\vec{F}_1$  y  $\vec{F}_2$ .
- c) Determina las componentes cartesianas de  $\vec{F}_1$ ,  $\vec{F}_2$  y  $\vec{F}$ .
- d) Calcula el módulo de  $\vec{F}$ .

**8.** Dos cargas puntuales de  $-3,0$  y  $+3,0$   $\mu\text{C}$  se encuentran fijas en los puntos  $(-12, 0)$  y  $(12, 0)$  m, respectivamente.

- a) Representa los campos eléctricos  $\vec{E}_1$  y  $\vec{E}_2$  que cada una crea en el punto  $P(0, 9)$  m y el campo total  $\vec{E}$  en  $P$ .
- b) Calcula la intensidad de los campos  $\vec{E}_1$  y  $\vec{E}_2$ .
- c) Determina las componentes cartesianas de los campos  $\vec{E}_1$  y  $\vec{E}_2$ .
- d) Determina las componentes cartesianas de  $\vec{E}$  y su intensidad.

**9.** Dos cargas puntuales de  $-3,0$   $\mu\text{C}$  se encuentran fijas en los puntos  $(-12, 0)$  y  $(12, 0)$  m.

- a) Representa los campos eléctricos  $\vec{E}_1$  y  $\vec{E}_2$  que cada una crea en el punto  $P(0, 9)$  m y el campo total  $\vec{E}$  en  $P$ .
- b) Calcula la intensidad de los campos  $\vec{E}_1$  y  $\vec{E}_2$ .
- c) Determina las componentes cartesianas de los campos  $\vec{E}_1$  y  $\vec{E}_2$ .
- d) Determina las componentes cartesianas de  $\vec{E}$  y su intensidad.
- e) Si en  $P$  se encontrara otra carga puntual de  $-3,0$   $\mu\text{C}$ , determina las componentes cartesianas de la fuerza que las dos primeras ejercen sobre ella.

**10.** Tres cargas puntuales de  $+2,0$  mC se encuentran fijas en los puntos  $(0, -1)$ ,  $(0, 1)$  y  $(1, 0)$  m.

- a) Representa los campos eléctricos  $\vec{E}_1$ ,  $\vec{E}_2$  y  $\vec{E}_3$  que cada una crea en el origen de coordenadas. Representa también el campo  $\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \vec{E}_3$ .
- b) Determina las componentes cartesianas de  $\vec{E}$ .
- c) Si en el origen de coordenadas se encuentra un electrón ( $e^-$ ), calcula la fuerza total que las tres cargas ejercen sobre él.

# Índice general

## Física y Química de 4.º de ESO

|  |           |
|--|-----------|
| <b>Contenidos.....</b>                             | <b>3</b>  |
| <b>Tema 1. Estructura de la materia.....</b>       | <b>5</b>  |
| Estructura atómica.....                            | 5         |
| Teoría atómica de la materia.....                  | 5         |
| Modelo atómico de la mecánica cuántica.....        | 5         |
| Tabla periódica de los elementos.....              | 7         |
| Enlace químico.....                                | 8         |
| Regla del octeto.....                              | 8         |
| Enlace covalente.....                              | 8         |
| Enlace metálico.....                               | 8         |
| Enlace iónico.....                                 | 9         |
| Número de oxidación.....                           | 9         |
| Formulación.....                                   | 10        |
| Formulación inorgánica.....                        | 10        |
| Formulación orgánica.....                          | 12        |
| Notas.....   | 14        |
| Ejercicios, cuestiones y problemas.....            | 15        |
| Estructura atómica.....                            | 15        |
| Enlace químico.....                                | 15        |
| Formulación.....                                   | 17        |
| <b>Tema 2. Reacciones químicas.....</b>            | <b>19</b> |
| Estequiometría con sólidos y líquidos.....         | 19        |
| Mol.....   | 19        |
| Ejemplo.....                                       | 19        |
| Estequiometría con gases.....                      | 20        |
| Ley de los gases ideales.....                      | 20        |
| Ejemplo.....                                       | 20        |
| Estequiometría con mezclas y disoluciones.....     | 21        |
| Concentración.....                                 | 21        |
| Ejemplo.....                                       | 21        |
| Notas.....   | 23        |
| Ejercicios, cuestiones y problemas.....            | 24        |
| Estequiometría con sólidos y líquidos.....         | 24        |
| Estequiometría con gases.....                      | 24        |
| Estequiometría con mezclas y disoluciones.....     | 25        |
| <b>Tema 3. Leyes de la mecánica de Newton.....</b> | <b>29</b> |
| Magnitudes físicas escalares y vectoriales.....    | 29        |
| Trigonometría.....                                 | 29        |
| Vectores.....                                      | 29        |
| Leyes de Newton.....                               | 30        |

|  |           |
|--|-----------|
| Fuerzas cotidianas.....                            | 30        |
| Diagramas de fuerzas.....                          | 31        |
| Notas.....   | 32        |
| Ejercicios, cuestiones y problemas.....            | 33        |
| Magnitudes físicas escalares y vectoriales.....    | 33        |
| Leyes de Newton.....                               | 33        |
| <b>Tema 4. Cinemática.....</b>                     | <b>35</b> |
| Ecuaciones de movimiento.....                      | 35        |
| Funciones de tiempo.....                           | 35        |
| Posición, velocidad y aceleración.....             | 35        |
| Movimientos cotidianos.....                        | 36        |
| Movimiento rectilíneo uniforme.....                | 36        |
| Movimiento rectilíneo uniformemente acelerado..... | 36        |
| Tiro parabólico.....                               | 36        |
| Notas.....   | 37        |
| Ejercicios, cuestiones y problemas.....            | 38        |
| Ecuaciones de movimiento.....                      | 38        |
| Movimientos cotidianos.....                        | 38        |
| <b>Tema 5. Interacciones fundamentales.....</b>    | <b>41</b> |
| Interacciones fundamentales.....                   | 41        |
| Modelo estándar de la física de partículas.....    | 41        |
| Ley de gravitación universal de Newton.....        | 41        |
| Campo gravitatorio.....                            | 42        |
| Ley de la electrostática de Coulomb.....           | 42        |
| Campo eléctrico.....                               | 42        |
| Notas.....   | 44        |
| Ejercicios, cuestiones y problemas.....            | 45        |
| Interacciones fundamentales.....                   | 45        |
| Ley de gravitación universal de Newton.....        | 45        |
| Ley de la electrostática de Coulomb.....           | 46        |
| <b>Enlaces.....</b>                                | <b>49</b> |

# Enlaces

## Física y Química de 4.º de ESO

### Web del departamento de Física y Química

#### **Tema 1. Estructura de la materia**

[KCVS: Electromagnetic Spectrum](#)

[Laboratorio virtual de Salvador Hurtado: Espectros atómicos de absorción](#)

[Laboratorio virtual de Salvador Hurtado: Espectros atómicos de emisión](#)

[casanchi.org: Espectros atómicos](#)

[maheshkurmi.github.io: Bohr Model](#)

[Show Me The Physics: Bohr Transitions](#)

[PhET: Models of the Hydrogen Atom](#)

[The Concord Consortium: Atom and Ion Builder](#)

[PatAle: Electron Orbital Simulator](#)

[PhET: Atomic Interactions](#)

[Javalab: Covalent Bond](#)

[ChemThink: Covalent Bonding Tutorial](#)

[PhET: Build a Molecule](#)

[PhET: Molecule Shapes](#)

[SimBucket: Water Simulation](#)

[Modelo del gas de electrones.gif](#)

[Javalab: Ionic Bond](#)

[ChemThink: Ionic Bonding Tutorial](#)

[PhET: States of Matter](#)

[The Concord Consortium: Molecular View of a Solid](#)

[The Concord Consortium: Molecular View of a Liquid](#)

[The Concord Consortium: Molecular View of a Gas](#)

[The Physics Aviary: Thermal Speed Lab](#)

#### **Tema 2. Reacciones químicas**

[PhET: Gas Properties](#)

[SimBucket: Dissolving a Salt Crystal](#)

[Volúmenes no sumables.pdf](#)

#### **Tema 3. Leyes de la mecánica de Newton**

[Geogebra: Vectores 2](#)

[Geogebra: Vectores 3](#)

[Geogebra: Vectores 4](#)

[The Physics Aviary: Forces on an Incline Lab](#)

[Fuerza de rozamiento.png](#)

[Coeficientes de rozamiento.pdf](#)

#### **Tema 4. Cinemática**

[Physics Simulations: Constant Velocity vs. Constant Acceleration](#)

[Geogebra: Composición de movimientos](#)

[Walter Fendt: Movimiento de proyectiles](#)

**Tema 5. Interacciones fundamentales**

[Physics Aviary: Acceleration on a Planet Lab](#)

[Nebraska Astronomy Applet Project: Planetary Orbit Simulator](#)

[Nebraska Astronomy Applet Project: Seasons and Ecliptic Simulator](#)

[PhET: Cargas y campos](#)

[Physics Aviary: Accelerating Electrons Lab](#)

[Physics Aviary: Closest Approach Lab](#)

[En colaboración con DeepSeek Chat \(IA\): Pozo de potencial](#)

[En colaboración con DeepSeek Chat \(IA\): Barrera de potencial](#)

[Physics Aviary: Magnetic Field from a Wire Lab](#)

[Physics Aviary: Charge in Magnetic Field Lab](#)

[Falstad: Electric Motor](#)

[Falstad: Electric Generator](#)

[PhET: Fisión Nuclear](#)

[Walter Fendt: Series de desintegración radiactiva](#)

[Wikimedia Commons: Standard Model of Elementary Particles.svg](#)

[Fermilab: What Is the Standar Model?](#)

**Bibliografía**



# Tabla periódica de los elementos

| Grupo           | 1  | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 |  |
|-----------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|--|
| 1s <sup>1</sup> | H  | He |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |
| 2s <sup>2</sup> | Li | Be | B  | C  | N  | O  | F  | Ne |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |
| 3s <sup>2</sup> | Na | Mg | Al | Si | P  | S  | Cl | Ar |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |
| 4s <sup>2</sup> | K  | Ca | Sc | Ti | V  | Cr | Mn | Fe | Co | Ni | Cu | Zn | Ga | Ge | As | Se | Br | Kr |  |
| 5s <sup>2</sup> | Rb | Sr | Y  | Zr | Nb | Mo | Tc | Ru | Rh | Pd | Ag | Cd | In | Sn | Sb | Te | I  | Xe |  |
| 6s <sup>2</sup> | Cs | Ba | La | Hf | Ta | W  | Re | Os | Ir | Pt | Au | Hg | Tl | Pb | Bi | Po | At | Rn |  |
| 7s <sup>2</sup> | Fr | Ra | Ac | Rf | Db | Sg | Bh | Hs | Mt | Ds | Rg | Cn | Nh | F1 | Mc | Lv | Ts | Og |  |

Masa atómica, *A*  
**Símbolo**  
 Nombre  
 Número atómico

Electronegatividad (Pauling)  
 1º Energía de ionización (kJ mol<sup>-1</sup>)  
 Radio atómico (A) (calculado)  
 Densidad (g cm<sup>-3</sup>) (STP)  
 Temperatura de fusión  
 Temperatura de ebullición

Estado de agregación (STP)  
 Gaseoso  
 Líquido  
 Sólido  
 Desconocido

**Leyenda**

- Metas alcalinas
- Metas alcalinotérreas
- Metas de transición
- Lantánidos
- Actínidos
- Otros metales
- Semimetálicos
- No metales
- Halógenos
- Gases nobles

**Notas**

- Condiciones estándar de presión y temperatura (STP): 0 °C, 101 Pa
- 1 °V = 96485.34 mol<sup>-1</sup>
- 8.988E-5 = 8.988 · 10<sup>-5</sup>
- 1 Å = 1 · 10<sup>-10</sup> m

# Tabla de constantes físicas

| Constante   | (Nombre)                                | Constante  | (Nombre)                                  |
|---|---|--|---|
| $G = 6,67430 \cdot 10^{-11} \text{ N m}^2 \text{ kg}^{-2}$  | (Constante de gravitación universal)    | $h = 6,62607015 \cdot 10^{-34} \text{ J s}$  | (Constante de Planck)                     |
| $M_{\odot} = 1,9885 \cdot 10^{30} \text{ kg}$   | (Masa solar)                            | $\hbar$ (h barra) $= \frac{h}{2\pi} = 1,05457182 \cdot 10^{-34} \text{ J s}$                                       |   |
| $R_{\odot} = 6,9570 \cdot 10^8 \text{ m}$   | (Radio solar)                           | $b = 2,8976 \cdot 10^{-3} \text{ m K}$   | (Constante de desplazamiento de Wien)     |
| $M_{\oplus} = 5,97237 \cdot 10^{24} \text{ kg}$   | (Masa terrestre)                        | $\sigma = 5,670374419 \cdot 10^{-8} \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-4}$   | (Constante de Stefan-Boltzmann)           |
| $R_{\oplus} = 6,3710 \cdot 10^6 \text{ m}$  | (Radio medio terrestre)                 | $E_{iH} = 13,598598443 \text{ eV}$   | (Energía de ionización del H)             |
| $r_{\oplus} = 1,4959787 \cdot 10^{11} \text{ m}$  | (Radio orbital medio terrestre)         | $r_1 = 5,2918 \cdot 10^{-11} \text{ m}$  | (Radio de Bohr)                           |
| $g = G \frac{M_{\oplus}}{R_{\oplus}^2} = 9,80665 \text{ m s}^{-2}$  | (Campo gravitatorio terrestre estándar) | $R_1 = 1,2 \cdot 10^{-15} \text{ m}$   | (Radio del núcleo de H-1)                 |
| $K_0 = 8,98755179 \cdot 10^9 \text{ N m}^2 \text{ C}^{-2}$  | (Constante de Coulomb en el vacío)      | $N_A = 6,02214076 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$  | (Constante de Avogadro)                   |
| $\epsilon_0 = (4\pi K_0)^{-1} =$<br>$= 8,85418781 \cdot 10^{-12} \text{ N}^{-1} \text{ m}^{-2} \text{ C}^2$ | (Permitividad eléctrica en el vacío)    | $u = N_A^{-1} \text{ mol g} = 1,66053907 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$  | (Unidad de masa atómica)                  |
| $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ N A}^{-2}$   | (Permeabilidad magnética en el vacío)   | $F = N_A e = 96485,3321 \text{ C mol}^{-1}$  | (Constante de Faraday)                    |
| $c = (\epsilon_0 \mu_0)^{-\frac{1}{2}} = 2,99792458 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1}$                            | (Velocidad de la luz en el vacío)       | $k = 1,380649 \cdot 10^{-23} \text{ J K}^{-1}$   | (Constante de Boltzmann)                  |
| $e = 1,602176634 \cdot 10^{-19} \text{ C}$  | (Carga elemental)                       | $R = N_A k = 8,314463 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1} =$<br>$= 0,08205737 \text{ atm L mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$ | (Constante de los gases ideales)          |
| $m_{e^-} = 9,1093837015 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$  | (Masa del electrón)                     | $\text{atm} = 101325 \text{ Pa}$   | (Presión atmosférica a nivel del mar)     |
| $m_{p^+} = 1,6726219237 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$  | (Masa del protón)                       | $v_s = 343 \text{ m s}^{-1}$   | (Velocidad del sonido en el aire a 20 °C) |
| $m_n = 1,6749274980 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$  | (Masa del neutrón)                      | $I_0 = 10^{-12} \text{ W m}^{-2}$  | (Intensidad umbral mínima)                |



