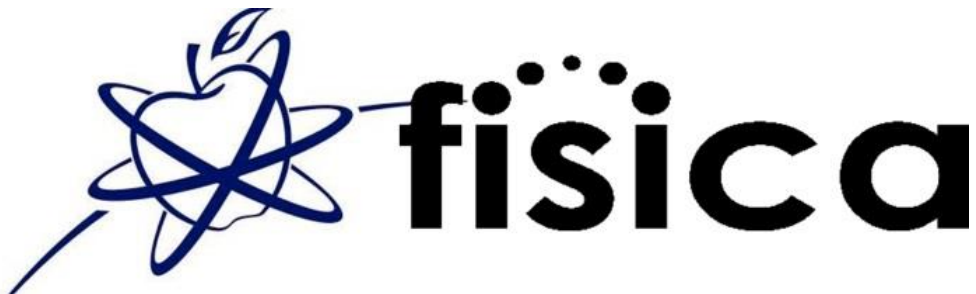




Opción C



Profesor: Jaime Espinosa

[jaespimon@hotmail.com](mailto:jaespimon@hotmail.com)

<https://jaespimon.wordpress.com/>

Curso 2018-2019



# ÍNDICE DE CONTENIDOS

---

Programa

Criterios de evaluación

ADAPTACIÓN DE LOS BLOQUES PRESCRIPTIVOS EN UNIDADES

CONTENIDOS DE LOS EXÁMENES

CONTENIDOS MÁS IMPORTANTES

GLOSARIO DE TÉRMINOS FÍSICOS

DESARROLLO DE LAS UNIDADES

UNIDAD 1. LAS MAGNITUDES FÍSICAS Y SU MEDIDA

UNIDAD 2. CINEMÁTICA

2.1. Movimiento de un cuerpo

2.2. Posición de un cuerpo. Necesidad de un sistema de referencia.

2.3. Diferencia entre posición, distancia recorrida y desplazamiento.

2.4. Velocidad media y velocidad instantánea.

2.5. Concepto de aceleración

2.6. Estudio de algunos movimientos

2.6.1. Movimiento rectilíneo uniforme. (MRU)

2.6.2. Movimiento rectilíneo uniformemente variado o acelerado. (MRUA)

2.6.3. Movimientos con gravedad

Caída libre

Lanzamiento vertical

2.6.4. Movimiento circular uniforme (MCU)

2.6.5. La aceleración en los movimientos curvilíneos

EJERCICIOS RESUELTOS DE GRÁFICAS DE MOVIMIENTO

EJERCICIOS RESUELTOS DE CINEMÁTICA

EXÁMENES DE LA COMUNITAT VALENCIANA

OTROS EJERCICIOS

UNIDAD 3. DINÁMICA

3.1. Fuerza y medidas de fuerza

3.2. Fuerzas resultantes

3.2.1. Fuerzas concurrentes

3.3. Leyes de Newton. Principios de la dinámica.

3.3.1. 1ª Ley de Newton. Principio de inercia.

3.3.2. 2ª Ley de Newton. Principio fundamental.

3.3.3. 3ª Ley de Newton. Principio de la acción y la reacción

3.4. Fuerza de rozamiento

3.5. Fuerza Peso

3.6. Impulso mecánico y cantidad de movimiento.

3.7. Principio de conservación de la cantidad de movimiento en un sistema aislado

EXÁMENES DE LA COMUNITAT VALENCIANA

EJERCICIOS

UNIDAD 4. TRABAJO. POTENCIA Y ENERGÍA

4.1. La energía

3.1.1. Introducción

3.1.2. Tipos de energía

4.2. Energía mecánica

4.3. Energía cinética

4.4. Energía potencial

4.5. Principio de conservación de la energía mecánica

#### 4.6. Trabajo y potencia

##### 4.6.1. El Trabajo

##### 4.6.2. La potencia

4.7. Equivalencia entre calor y Trabajo: concepto de calor como proceso de transferencia de energía.

4.8. Principio de conservación de la energía mecánica en ausencia de fuerzas disipativas.

4.9. Balance de energía en presencia de fuerzas disipativas.

**EXÁMENES DE LA COMUNITAT VALENCIANA**

**OTROS EJERCICIOS**

### **UNIDAD 5. ELECTRICIDAD**

#### 5.1. Electrostática

##### 5.1.1. Introducción

##### 5.1.2. ¿Qué es la carga eléctrica?

##### 5.1.3. Ley de Coulomb

###### 5.1.3.1. Fuerza Eléctrica

###### 5.1.3.2. Unidad de Carga Eléctrica

##### 5.1.4. Introducción al Concepto de Campo Eléctrico

##### 5.1.5. Introducción al Concepto de Potencial Eléctrico

#### 5.2. La corriente eléctrica

##### 5.2.1. Aislantes y conductores

##### 5.2.2. Magnitudes de la corriente eléctrica

5.2.2.1. Diferencia de potencial (ddp, voltaje o tensión eléctrica. También llamada "fuerza electromotriz: fem)

5.2.2.2. Intensidad de corriente

5.2.2.3. Resistencia: Ley de Ohm

5.2.2.4. Instrumentos de medida

##### 5.2.3. Circuito eléctrico

##### 5.2.4. Generadores

##### 5.2.5. Efectos de la corriente eléctrica

##### 5.2.6. Energía y potencia eléctrica

##### 5.2.7. Tipos de circuitos eléctricos

5.2.7.1. Circuitos en Serie

5.2.7.2. Circuitos en Paralelo

##### 5.2.8. Transformaciones energéticas en un circuito

**FÓRMULAS DEL CAMPO ELÉCTRICO**

**EXÁMENES DE LA COMUNITAT VALENCIANA**

**OTROS EJERCICIOS**

### **UNIDAD 6. ELECTROMAGNETISMO.**

#### 6.1. El electromagnetismo

#### 6.2. Fuerzas magnéticas

#### 6.3. Espectros magnéticos

#### 6.4. El campo magnético

6.4.1. Líneas de fuerza del campo magnético

6.4.2. La intensidad del campo magnético

#### 6.5. Campos magnéticos debidos a la circulación de corriente

6.5.1. Experiencia de Oersted

6.5.2. Campo magnético debido a una corriente rectilínea

6.5.2.1. Módulo del campo debido a un conductor rectilíneo

6.5.2.2. Dirección del campo magnético debido a un conductor rectilíneo

6.5.2.3. Sentido del campo debido a un conductor rectilíneo

6.5.3. Campo magnético debido a un solenoide

6.5.3.1. Módulo del campo debido a una bobina

6.5.3.2. Dirección y sentido del campo magnético

#### 6.6. Movimiento de partículas en un campo magnético

6.6.1. Acción del campo eléctrico sobre una carga

- 6.6.2. Fuerza sobre una carga
    - 6.6.2.1. Fuerza de Lorentz
    - 6.6.2.1. Dirección y sentido de la fuerza de Lorentz
  - 6.6.3. Movimiento de una carga en un campo magnético
  - 6.7. Aplicaciones en motores eléctricos e instrumentos de medida de corrientes.
    - 6.7.1. Galvanómetro de cuadro móvil
    - 6.7.2. Motor eléctrico
    - 6.7.3. Motor de corriente continua.
    - 6.7.4. Motor de corriente alterna
  - 6.8. Producción de corriente eléctrica mediante variaciones del flujo magnético: inducción electromagnética.
    - 6.8.1. Ley De Faraday-Henry
      - 6.8.1.1. Experimento de Faraday.
      - 6.8.1.2. Flujo magnético
      - 6.8.1.3. Ley de Faraday
    - 6.8.2. Ley de Lenz
    - 6.8.3. Unificación de las leyes de Faraday y Lenz
  - 6.9. Producción y transporte de la energía eléctrica en los diversos tipos de centrales.
  - 6.10. Impacto medioambiental de la energía eléctrica.
- ALGUNOS PROBLEMAS RESUELTOS DE EJEMPLO**

## **UNIDAD 7. VIBRACIONES Y ONDAS**

- 7.1. Introducción
- 7.2. La ley de Hooke
- 7.3. El movimiento vibratorio
  - 7.3.1. Magnitudes del movimiento vibratorio
- 7.4. Movimiento armónico simple (mas)
  - 7.4.1. Deducción de la ecuación del mas.
  - 7.4.2. Estudio cinemático
  - 7.4.3. Estudio dinámico:
  - 7.4.4. Estudio energético de un mas

### **ALGUNOS EJEMPLOS DE GRÁFICAS DE M.A.S**

### **EJEMPLOS DE PROBLEMAS DE MAS**

- 7.5. Movimiento ondulatorio
  - 7.5.1. Características.
  - 7.5.2. Dirección de propagación y dirección de perturbación:
  - 7.5.3. Diferencias entre ondas y partículas
  - 7.5.4. Clasificación de ondas
  - 7.5.5. Ondas longitudinales y transversales. Polarización.
  - 7.5.6. Magnitudes características de las ondas
- 7.6. Propagación de ondas: reflexión, refracción, absorción.
- 7.7. Superposición de ondas: interferencias.
- 7.8. Difracción:
- 7.9. Acústica. El sonido.
- 7.10. Contaminación sonora
- 7.11. El efecto Doppler

### **EXÁMENES DE LA COMUNITAT VALENCIANA**

### **FORMULARIO**

### **TODOS LOS EXÁMENES DE 2010 A 2017**





## Programa

### Bloque 1. Las magnitudes físicas y su medida

El sistema métrico decimal

El sistema internacional de unidades

Conversiones de unidades con factores de conversión. Unidades compuestas

Magnitudes escalares y vectoriales.

Operaciones básicas con vectores. Suma, resta, producto por un escalar. Vectores de igual dirección o de direcciones perpendiculares

Ejemplos físicos de operaciones con vectores: composición fuerzas y composición de velocidades

### Bloque 2. Cinemática y dinámica

Relatividad del movimiento. Trayectoria

Magnitudes para el estudio del movimiento: posición, distancia recorrida, velocidad, aceleración.

Estudio de las gráficas e-t y v-t en los movimientos uniformes y acelerados

Estudio analítico de los movimientos: uniforme rectilíneo, rectilíneo uniformemente acelerado, circular uniforme y circular uniformemente acelerado.

Análisis crítico de las concepciones pregalileanas de las relaciones entre fuerzas y movimientos y presentación de la idea de fuerza como interacción que produce variaciones en el estado de movimiento de los cuerpos

Principios de la dinámica. Introducción de la fuerza de rozamiento por deslizamiento.

Impulso mecánico y cantidad de movimiento. Principio de conservación de la cantidad de movimiento en un sistema aislado

### Bloque 3. Trabajo. Potencia y energía

Definición operativa de la magnitud trabajo en el contexto de las transformaciones mecánicas. Su utilización en diferentes situaciones. Introducción del concepto de potencia.

Relaciones entre trabajo y energía introduciendo la energía cinética y las potenciales gravitatoria (en las proximidades de la superficie terrestre).

Equivalencia entre calor y trabajo: concepto de calor como proceso de transferencia de energía.

Principio de conservación de la energía mecánica en ausencia de fuerzas disipativas. Balance de energía en presencia de fuerzas disipativas.

### Bloque 4. Electricidad y electromagnetismo

Revisión de la fenomenología de la electrización. Naturaleza eléctrica de la materia. Principio de conservación de la carga.

Interacción eléctrica. Ley de Coulomb. Estudio del campo eléctrico: Vector Intensidad de campo eléctrico. Potencial eléctrico. Diferencia de potencial entre dos puntos de un campo eléctrico.

Circuito eléctrico y magnitudes para su estudio cuantitativo: fuerza electromotriz, intensidad y resistencia. Ley de Ohm.

Factores de los que depende la resistencia de un conductor.

Ley de Ohm para un circuito completo. Asociaciones de resistencias.

Trabajo y potencia eléctricos. Efecto Joule.

Estudio experimental representando las líneas de campo de los campos magnéticos creados por una corriente rectilínea indefinida y por un solenoide en su interior.

Estudio del movimiento de cargas en campos magnéticos. Aplicaciones en motores eléctricos e instrumentos de medida

de corrientes.

Producción de corriente eléctrica mediante variaciones del flujo magnético: inducción electromagnética. Experiencias de Faraday y Henry. Ley de Lenz.

Producción y transporte de la energía eléctrica en los diversos tipos de centrales. Impacto medioambiental de la energía eléctrica.

## **Bloque 5. Vibraciones y ondas**

La ley de Hooke

El oscilador armónico simple (sistema muelle-masa). Características y magnitudes para su estudio

Estudio breve del movimiento armónico simple. Dedución de la ecuación de la elongación. Estudio cualitativo de la variación de la velocidad y de la aceleración.

Transformaciones de energía en el oscilador armónico

Movimiento ondulatorio. Velocidad de propagación

Clasificación de las ondas: Longitudinales y transversales. Unidimensionales, bidimensionales (planas) y tridimensionales.

Materiales y electromagnéticas

Estudio del sonido y sus cualidades. Nivel de intensidad sonora y contaminación acústica. Efecto *doppler*, estudio cualitativo del caso: observador en reposo y fuente en movimiento.

La transmisión de la energía a través de un medio: atenuación y absorción

Fenómenos ondulatorios (estudio cualitativo): reflexión, refracción

## **Criterios de evaluación**

Realizar cambios de unidades para diferentes magnitudes.

Componer fuerzas y velocidades para hallar gráficamente las resultantes y calcular sus módulos. Los vectores deberán tener igual dirección o direcciones perpendiculares

Realizar cálculos de magnitudes cinemáticas con movimientos lineales uniforme y uniformemente acelerado, y con el movimiento circular uniforme

Leer información presentada en gráficas e-t y v-t de movimientos uniformes y uniformemente acelerados tanto para interpretar su significado como para hacer cálculos.

Aplicar los principios de la dinámica: el segundo (ecuación fundamental de la dinámica) a situaciones sencillas (un solo cuerpo con movimiento en plano horizontal) y el tercero para dibujar el esquema de fuerzas aplicadas a un objeto.

Calcular la cantidad de movimiento de un cuerpo y usar el principio de conservación de la cantidad de movimiento a casos sencillos.

Calcular trabajos de fuerzas solamente en casos de fuerzas constantes que llevan la misma dirección del movimiento.

Usar el concepto de potencia para realizar cálculos.

Obtener los valores de energías cinéticas y potenciales y utilizar el principio de conservación de la energía para resolver situaciones que involucren energías cinética y potencial.

Calcular la fuerza entre dos cargas y la resultante de la fuerza que ejercen dos cargas sobre una tercera. Calcular la intensidad de campo eléctrico de una distribución de cargas. Las fuerzas o las intensidades de campo deben tener la misma dirección o direcciones perpendiculares.

Calcular el potencial eléctrico de una distribución de cargas y la diferencia de potencial entre dos puntos.

Aplicar la fórmula que relaciona la resistencia de un conductor con los factores de los que depende: resistividad, longitud y sección.

Calcular resistencias equivalentes a asociaciones en serie y en derivación y aplicar la ley de Ohm a un circuito completo para determinar la intensidad que circula por cada rama o la diferencia de potencial entre dos puntos del circuito.

Utilizar las fórmulas de la potencia eléctrica y la ley de Ohm para obtener valores de magnitudes eléctricas.

Aplicar la regla del sacacorchos para deducir el sentido de la fuerza sobre una carga en movimiento o una corriente eléctrica en el seno de un campo magnético uniforme. Relacionar este fenómeno con el funcionamiento de los motores eléctricos.

Aplicar la Ley de Lenz para deducir el sentido de la corriente inducida en un circuito. Relacionar la inducción con la construcción de generadores

Listar los tipos de centrales de producción eléctrica y las fuentes de energía que utilizan, indicando ventajas e



inconvenientes de cada una.

Extraer información de la ecuación de la elongación de un MAS y saber escribir la ecuación de un MAS a partir de la información de amplitud, frecuencia y fase inicial dada en el enunciado.

Explicar los valores de las variables elongación, velocidad, aceleración, energía cinética y energía potencial de un MAS en los puntos notables: centro y extremos de la oscilación.

Conocer y aplicar la ecuación de la velocidad de propagación de un movimiento ondulatorio. Describir los tipos de ondas según las tres clasificaciones: a) según la relación entre las direcciones de la oscilación y de la propagación, b) según las dimensiones, c) según la necesidad de un medio para propagarse o no.

Identificar los fenómenos ondulatorios de reflexión, refracción, difracción e interferencia. Distinguir las cualidades del sonido y hacer cálculos con el movimiento del sonido. Describir cualitativamente el efecto *doppler* para el sonido.



## **ADAPTACIÓN DE LOS BLOQUES PRESCRIPTIVOS EN UNIDADES**

### **UNIDAD 1. LAS MAGNITUDES FÍSICAS Y SU MEDIDA**

El sistema métrico decimal

El sistema internacional de unidades

Conversiones de unidades con factores de conversión. Unidades compuestas

Magnitudes escalares y vectoriales.

Operaciones básicas con vectores. Suma, resta, producto por un escalar. Vectores de igual dirección o de direcciones perpendiculares

Ejemplos físicos de operaciones con vectores: composición de fuerzas y composición de velocidades

### **UNIDAD 2. CINEMÁTICA**

Relatividad del movimiento. Trayectoria

Magnitudes para el estudio del movimiento: posición, distancia recorrida, velocidad, aceleración.

Estudio de las gráficas e-t y v-t en los movimientos uniformes y acelerados

Estudio analítico de los movimientos: uniforme rectilíneo, rectilíneo uniformemente acelerado, circular uniforme y circular uniformemente acelerado.

### **UNIDAD 3. DINÁMICA**

Análisis crítico de las concepciones pregalileanas de las relaciones entre fuerzas y movimientos y presentación de la idea de fuerza como interacción que produce variaciones en el estado de movimiento de los cuerpos

Principios de la dinámica. Introducción de la fuerza de rozamiento por deslizamiento.

Impulso mecánico y cantidad de movimiento. Principio de conservación de la cantidad de movimiento en un sistema aislado

### **UNIDAD 4. TRABAJO. POTENCIA Y ENERGÍA**

Definición operativa de la magnitud trabajo en el contexto de las transformaciones mecánicas. Su utilización en diferentes situaciones. Introducción del concepto de potencia.

Relaciones entre trabajo y energía introduciendo la energía cinética y las potenciales gravitatoria (en las proximidades de la superficie terrestre).

Equivalencia entre calor y trabajo: concepto de calor como proceso de transferencia de energía.

Principio de conservación de la energía mecánica en ausencia de fuerzas disipativas. Balance de energía en presencia de fuerzas disipativas.

### **UNIDAD 5. ELECTRICIDAD**

Revisión de la fenomenología de la electrización. Naturaleza eléctrica de la materia. Principio de conservación de la carga.

Interacción eléctrica. Ley de Coulomb. Estudio del campo eléctrico: Vector Intensidad de campo eléctrico. Potencial eléctrico. Diferencia de potencial entre dos puntos de un campo eléctrico.

Circuito eléctrico y magnitudes para su estudio cuantitativo: fuerza electromotriz, intensidad y resistencia. Ley de Ohm.

Factores de los que depende la resistencia de un conductor.

Ley de Ohm para un circuito completo. Asociaciones de resistencias.

Trabajo y potencia eléctricos. Efecto Joule.

### **UNIDAD 6. ELECTROMAGNETISMO.**

Estudio experimental representando las líneas de campo de los campos magnéticos creados por una corriente rectilínea indefinida y por un solenoide en su interior.

Estudio del movimiento de cargas en campos magnéticos. Aplicaciones en motores eléctricos e instrumentos de medida de corrientes.

Producción de corriente eléctrica mediante variaciones del flujo magnético: inducción electromagnética. Experiencias de Faraday y Henry. Ley de Lenz.

Producción y transporte de la energía eléctrica en los diversos tipos de centrales. Impacto medioambiental de la energía eléctrica.

## **UNIDAD 7. VIBRACIONES Y ONDAS**

La ley de Hooke

El oscilador armónico simple (sistema muelle-masa). Características y magnitudes para su estudio

Estudio breve del movimiento armónico simple. Deducción de la ecuación de la elongación. Estudio cualitativo de la variación de la velocidad y de la aceleración.

Transformaciones de energía en el oscilador armónico

Movimiento ondulatorio. Velocidad de propagación

Clasificación de las ondas: Longitudinales y transversales. Unidimensionales, bidimensionales (planas) y tridimensionales.

Materiales y electromagnéticas

Estudio del sonido y sus cualidades. Nivel de intensidad sonora y contaminación acústica. Efecto *doppler*, estudio cualitativo del caso: observador en reposo y fuente en movimiento.

La transmisión de la energía a través de un medio: atenuación y absorción

Fenómenos ondulatorios (estudio cualitativo): reflexión, refracción

## PRUEBA DE ACCESO A CICLOS FORMATIVOS DE GRADO SUPERIOR

### OPCIÓN C: CIENCIAS: FÍSICA

Duración: 1h 15 minutos

Elegir 5 de las 6 cuestiones propuestas

## CONTENIDOS DE LOS EXÁMENES

### 2017

1. Cinemática: Gráfica e-t
2. Cinemática: Plano inclinado
3. Trabajo y Energía: Ec, Potencia
4. Electricidad: Campo eléctrico
5. Electricidad: Circuito.
6. Ondas: MAS

### 2014

1. Cinemática: MRUA
2. Cinemática: Gráfica v-t
3. Trabajo y Energía: Potencia
4. Electricidad: Potencial eléctrico
5. Electricidad: Circuito.
6. Ondas: Teoría

### 2012

1. Cinemática: Gráfica v-t
2. Dinámica: Plano horizontal, plano inclinado
3. Trabajo y Energía: Ec
4. Electricidad: Coulomb
5. Electricidad: Circuito.
6. Ondas: MAS

### 2010

1. Cinemática: Gráfica e-t
2. Trabajo y Energía: W. Potencia.
3. Cinemática: Movimiento vertical.
4. Electricidad: Campo eléctrico
5. Electricidad: Ley de Ohm. Resistencias. Potencia
6. Ondas: MAS

### RESUMEN

- Cinemática: Gráfica e-t
- Cinemática: Gráfica e-t
- Cinemática: Gráfica e-t
- Cinemática: Gráfica v-t
- Cinemática: Gráfica v-t
- Cinemática: Movimiento vertical.
- Cinemática: Movimiento vertical.
- Cinemática: MRUA
- Cinemática: MRUA
- Cinemática: Plano inclinado
- Dinámica: Choque, cantidad de movimiento

### 2015

1. Cinemática: Movimiento vertical.
2. Dinámica: Choque, cantidad de movimiento
3. Trabajo y Energía
4. Electricidad: Campo eléctrico, potencial eléctrico
5. Ondas: MAS
6. Electricidad: Circuito.

### 2013

1. Cinemática: MRUA
2. Dinámica: Impulso mecánico
3. Trabajo y Energía: Potencia
4. Electricidad: Potencial eléctrico
5. Electricidad: Resistencias
6. Ondas: Sonido. Refracción.

### 2011

1. Cinemática: Gráfica e-t
2. Dinámica: Rozamiento.
3. Trabajo y Energía: Ec
4. Electricidad: Coulomb
5. Electricidad: Ley de Ohm. Resistencias
6. Ondas: MAS

- Dinámica: Impulso mecánico
- Dinámica: Plano horizontal, plano inclinado
- Dinámica: Rozamiento.
- Electricidad: Campo eléctrico
- Electricidad: Campo eléctrico
- Electricidad: Campo eléctrico, potencial eléctrico
- Electricidad: Circuito.
- Electricidad: Circuito.
- Electricidad: Circuito.
- Electricidad: Circuito.
- Electricidad: Coulomb

Electricidad: Coulomb  
Electricidad: Ley de Ohm. Resistencias  
Electricidad: Ley de Ohm. Resistencias. Potencia  
Electricidad: Potencial eléctrico  
Electricidad: Potencial eléctrico  
Electricidad: Resistencias  
Ondas: MAS  
Ondas: MAS  
Ondas: MAS  
Ondas: MAS

Ondas: MAS  
Ondas: Sonido. Refracción.  
Ondas: Teoría  
Trabajo y Energía  
Trabajo y Energía: Ec  
Trabajo y Energía: Ec  
Trabajo y Energía: Ec, Potencia  
Trabajo y Energía: Potencia  
Trabajo y Energía: Potencia  
Trabajo y Energía: W. Potencia.

## CONTENIDOS MÁS IMPORTANTES

---

<b>Magnitudes y unidades</b>	<b>0 veces</b>
<b>Cinemática</b>	<b>10 veces de 7</b>
Cinemática: Gráfica e-t	
Cinemática: Gráfica e-t	
Cinemática: Gráfica e-t	
Cinemática: Gráfica v-t	
Cinemática: Gráfica v-t	
Cinemática: Movimiento vertical.	
Cinemática: Movimiento vertical.	
Cinemática: MRUA	
Cinemática: MRUA	
Cinemática: Plano inclinado	
<b>Dinámica</b>	<b>5 veces de 7</b>
Dinámica: Choque, cantidad de movimiento	
Dinámica: Impulso mecánico	
Dinámica: Plano horizontal	
Dinámica: Plano inclinado	
Dinámica: Rozamiento.	
<b>Trabajo y Energía</b>	<b>7 veces de 7</b>
Trabajo y Energía	
Trabajo y Energía: Ec	
Trabajo y Energía: Ec	
Trabajo y Energía: Ec, Potencia	
Trabajo y Energía: Potencia	
Trabajo y Energía: Potencia	
Trabajo y Energía: W. Potencia	
<b>Electricidad</b>	<b>14 veces de 7</b>
Electricidad: Campo eléctrico	
Electricidad: Campo eléctrico	
Electricidad: Campo eléctrico, potencial eléctrico	
Electricidad: Circuito.	
Electricidad: Circuito.	
Electricidad: Circuito.	
Electricidad: Circuito.	
Electricidad: Coulomb	
Electricidad: Coulomb	
Electricidad: Ley de Ohm. Resistencias	
Electricidad: Ley de Ohm. Resistencias. Potencia	
Electricidad: Potencial eléctrico	
Electricidad: Potencial eléctrico	
Electricidad: Resistencias	
<b>Electromagnetismo</b>	<b>0 veces</b>
<b>Ondas</b>	<b>7 veces de 7</b>
Ondas: MAS	
Ondas: MAS	
Ondas: MAS	
Ondas: MAS	
Ondas: MAS	
Ondas: Sonido. Refracción.	
Ondas: Teoría	





## GLOSARIO DE TÉRMINOS FÍSICOS

---

- AC ó CA: Corriente alterna, se refiere a fenómenos eléctricos que oscilan regularmente en el tiempo.
- Aceleración - El aumento en la velocidad cada segundo. Se mide en metros por segundo,  $m/s^2$ .
- Aceleración: Variación de la magnitud, dirección y/o sentido del vector velocidad de un móvil en una unidad de tiempo.
- Acelerador: Máquina usada para acelerar partículas a altas velocidades (y por lo tanto a energías muy elevadas en relación con la energía de su masa en reposo).
- Aislante: Material que es mal conductor de la electricidad.
- Albedo: Relación entre la radiación reflejada y la incidente, habitualmente expresada en tanto por ciento.
- Albert Einstein (1879-1955) Uno de los grandes científicos del siglo XX, nació en el año 1879, Alemania. Murió el 18 de agosto de 1955 en los Estados Unidos.
- Amperio: Unidad de corriente eléctrica. Un flujo de un culombio de carga por segundo es un amperio.
- Amplitud - El alto de una onda. Desplazamiento máximo de cualquier fenómeno periódico.
- Amplitud: Distancia del punto medio al máximo (cresta) de una onda o al mínimo (valle).
- Ángulo crítico: Ángulo de incidencia mínimo para el cual un rayo de luz experimenta una reflexión total dentro de un medio.
- Ángulo de contacto: Ángulo entre la superficie de separación de dos fluidos no miscibles, y la superficie sólida con la que ambos están en contacto.
- Ángulo de incidencia: Ángulo que forma un rayo incidente con la normal a una superficie.
- Aniquilación: Proceso en el cual una partícula se encuentra con su antipartícula correspondiente, y ambas desaparecen. La energía se convierte a alguna otra forma, quizás como un par formado por una partícula diferente y su antipartícula (con sus respectivas energías), o tal vez como muchos mesones, o como un único bosón neutro. Las partículas producidas pueden ser cualquier combinación permitida, de acuerdo con los principios de conservación de la energía, del ímpetu y de todos los tipos de carga.
- Antimateria: Materia hecha de antifermiones. A los fermiones, que son partículas muy comunes en nuestro universo, los denominamos materia y a sus antipartículas, antimateria. En la teoría de partículas no existe una distinción a priori entre materia y antimateria. La asimetría que presenta el universo entre estas dos clases de partículas es uno de los misterios que aún no estamos completamente seguros de poder explicar.
- Antipartícula: Para cada tipo de fermión existe otro tipo de fermión, que tiene exactamente la misma masa, pero todas las cargas de signo opuesto (números cuánticos). Es la llamada antipartícula. Por ejemplo, la antipartícula de un electrón es una partícula de carga eléctrica positiva llamada positrón. Los bosones también tienen sus antipartículas, excepto aquellos que tienen todas sus cargas de valor nulo, como ocurre por ejemplo con el fotón o con un bosón compuesto obtenido a partir de un quark y su antiquark correspondiente. En este caso no hay manera de distinguir entre la partícula y la antipartícula; son el mismo objeto.
- Antiquark: La antipartícula de un quark.
- Astrofísica: La física de los objetos astronómicos, tales como estrellas y galaxias.
- Atomo - La partícula más pequeña de un elemento que puede tomar parte en una reacción.
- Banda de absorción: Intervalo de longitudes de onda (o frecuencias) del espectro electromagnético dentro del cual la energía radiante es absorbida por una sustancia.
- Barión: Un hadrón formado por tres quarks. Tanto el protón (uud) como el neutrón (udd) son bariones. Pueden también contener pares quark-antiquark adicionales.
- Barión: Partícula elemental pesada. Se denominan bariones los fermiones que tienen espín semi-entero y que interactúan fuertemente entre sí, como los nucleones (neutrón y protón) y los hiperones.
- Barometría: Parte de la física que trata de la teoría del barómetro y de las medidas de la presión atmosférica.
- Barométrico: Perteneciente o relativo al barómetro.
- Barómetro: Instrumento utilizado para medir la presión atmosférica.
- Batería: Fuente de fuerza electromotriz, transforma la energía química en energía eléctrica. Aparato capaz de establecer una corriente eléctrica estable en un circuito al mantener una diferencia de potencial aproximadamente constante entre sus terminales.
- Becquerel: Símbolo Bq: Denominado así en honor a Antoine Henri Becquerel. Un becquerel es la actividad de una fuente radiactiva en la que se produce una transformación o una transición nuclear por segundo.
- Bimetal: Lámina formada por dos capas de metales diferentes unidas por compresión, con coeficientes de dilatación muy distintos, de modo que se puede utilizar como indicador térmico en un termostato cuando, al variar la temperatura, el bimetal se dobla hacia uno u otro lado.
- Binario: Compuesto de dos unidades, elementos o guarismos.
- Bosón Z: Partícula portadora de las interacciones débiles. Aparece en todos los procesos débiles en los que no hay un cambio de sabor.
- Bosón: Una partícula que tiene momento angular intrínseco entero (spin) medido en unidades de  $\hbar$  (spin = 0, 1, 2, ...). Todas las partículas son o fermiones o bosones. Las partículas asociadas con todas las interacciones fundamentales (fuerzas) son bosones. También son bosones las partículas compuestas por un número par de fermiones (quarks).

- Bosones  $W^+$ ,  $W^-$  : Partículas portadoras de las interacciones débiles. Aparecen en todos los procesos débiles en los que hay intercambio de carga eléctrica.
- BTU: Siglas de British Thermal Unit, unidad térmica británica que expresa la cantidad de calor necesaria para elevar en un grado F la temperatura de una libra de agua a la presión de una atmosfera (atm). Equivale a 252,2 calorías.
- Calor específico Cantidad de calor necesaria para elevar la temperatura de un gramo de una sustancia un grado Celsius.
- Calor Una forma de energía que fluye entre dos especímenes de materia debido a su diferencia de temperatura.
- Calor: Es un flujo de energía que se produce entre cuerpos que se hallan a diferente temperatura.
- Caloría Cantidad de calor necesaria para elevar la temperatura de un gramo de agua de  $14.5^\circ\text{C}$  a  $15.5^\circ\text{C}$   $1\text{ caloría} = 4.184\text{ joules}$ .
- Cámara de muones: Las capas externas de un detector de partículas, capaces de registrar las trayectorias de partículas cargadas. Excepto por los neutrinos, que no tienen carga, sólo los muones que emergen del punto de colisión alcanzan esta capa .
- Cambio físico Aquel en el cual una sustancia pasa de un estado físico a otro, pero no se forman sustancias con diferente composición.
- Cambios físicos: son los cambios que Tienen lugar sin que se altere la estructura y composición de la materia, es decir, las sustancias puras que la componen son las mismas antes y después del cambio.
- Campo magnético dipolar: Estructura de campo magnético particular que tiene polos "norte" y "sur" de los cuales parecen emerger campos de sentido opuesto.
- Campo magnético interplanetario: Campo magnético proveniente del Sol y acarreado por el viento solar, que permea toda la heliosfera.
- Campo magnético: Campo de fuerzas que ocupa el espacio alrededor de todo imán o alambre que conduce corriente.
- Capacidad calorífica La cantidad de calor necesaria para elevar la temperatura de un cuerpo (de cualquier masa) un grado Celsius.
- Capacidad térmica: Capacidad calorífica; relación entre el calor absorbido (o liberado) por un sistema y la correspondiente elevación (o descenso) de la temperatura.
- Carga de color: La cantidad numérica que determina la intensidad con que la partícula participa en las interacciones fuertes. Los quarks y gluones tienen carga de color distinta de cero.
- Carga eléctrica: La magnitud que determina la intensidad con que la partícula participa en las interacciones electromagnéticas .
- Carga: Propiedad eléctrica a la cual se atribuyen las atracciones o repulsiones mutuas entre electrones o protones.
- Carga: Uno de los números cuánticos de una partícula. Determina si la partícula puede participar en un proceso de interacción determinado. Una partícula con carga eléctrica tiene interacciones eléctricas; una con carga fuerte tiene interacciones fuertes, etc.
- CERN: El mayor laboratorio, acelerador, europeo, internacional; está localizado cerca de Génova, Suiza.
- Colisionador: Acelerador en el cual dos haces, que viajan en direcciones opuestas, son guiados hasta enfrentarse para producir colisiones de alta energía, entre las partículas de un haz y las del otro.
- Combustión: es una reacción química de oxidación, en la cual generalmente se desprende una gran cantidad de energía, en forma de calor y luz, manifestándose visualmente como fuego.
- Condensación: cambio de estado de la materia que se encuentra en forma gaseosa a forma líquida.
- Conductor - Sustancia o cuerpo que ofrece poca resistencia al paso de calor o una corriente eléctrica.
- Confinamiento: Propiedad de la interacción fuerte; los quarks o los gluones nunca son hallados aislados sino solamente dentro de objetos compuestos de color neutro.
- Conservación de la carga: Principio que establece que, en cualquier proceso en que un grupo de partículas se transforma en otro, la carga eléctrica se conserva.
- Conservación: Cuando una cantidad (p.e. Carga eléctrica, energía, o el ímpetu) se conserva, vale lo mismo antes que después de una reacción entre partículas.
- Corriente - La razón de flujo de electricidad, medida en amperios.
- Cosmología: El estudio de la historia del universo.
- Coulomb - La unidad para carga eléctrica. Es la carga transportada en un segundo por una corriente de un amperio.
- Cuanto: La menor cantidad discreta de cualquier magnitud (plural cuantos).
- Decibelios - La unidad de la intensidad de sonido.
- Deformación: es el cambio en el tamaño o forma de un cuerpo debido a esfuerzos internos producidos por una o más fuerzas aplicadas sobre el mismo o la ocurrencia de dilatación térmica.
- Densidad Masa por unidad de volumen,  $D = M/V$ .
- Densidad - Masa por unidad de volumen, usualmente se expresa como g/ml.
- Derretirse: Cuando un sólido se transforma en líquido al calentarse, se dice que se ha derretido o fundido.
- Desplazamiento: Vector que une el punto de inicio del movimiento con el de llegada de un cuerpo que se ha movido.
- Dieléctrico, sobrecarga: Adición de carga eléctrica en un componente dieléctrico de un sistema electrónico debido a la incidencia de partículas cargadas energéticas. Esto puede perturbar y/o eliminar las señales electrónicas del sistema.
- Dieléctrico: Material que no conduce electricidad.
- Diferencia de potencial: Diferencia de potencial eléctrico (voltaje) entre dos puntos. La carga libre fluye cuando existe una

diferencia.

- Difracción: Desviación de una onda en torno a una barrera, como un obstáculo o los bordes de una abertura.
- Dilatación: es el aumento de longitud, volumen o alguna otra dimensión métrica que sufre un cuerpo físico debido al aumento de temperatura que se provoca en él por cualquier medio.
- Dinámica: Corresponde a aquella parte de la física que se encarga de analizar la causa de los movimientos. A través de la Dinámica, puede determinar cómo será éste y describirlo totalmente por medio de la Cinemática.
- Directividad: Propiedad de una antena de concentrar en un ángulo más o menos restringido la mayor parte de la energía electromagnética que es capaz de irradiar.
- Dispersión: Separación de la luz en colores según su frecuencia, por interacción con un prisma o una rejilla de difracción.
- Ebullición Cambio de estado de líquido a gas que se produce a una temperatura determinada y en toda la masa del líquido, se dice que el líquido hierve. Esto sucede porque, al aumentar la temperatura, las partículas del líquido adquieren más energía cinética, llega un momento en que todas son capaces de romper las fuerzas de unión del estado líquido y pasar al estado gaseoso.
- Ecuación de estado Ecuación fundamental del gas ideal  $PV = nRT$ , donde  $P$  = presión (atm),  $V$ = volumen (L),  $n$  = moles,  $T$  = temperatura absoluta y  $R$  = constante universal de los gases (0.082).
- Ecuación de Nerst Ecuación que relaciona el potencial de una celda,  $E$ , con el potencial estándar,  $E^\circ$ , y las concentraciones de reactivos y productos.
- Efecto Doppler: Cambio en la frecuencia de una onda debido al movimiento de la fuente.
- Eléctricamente polarizado: Se aplica a un átomo o molécula cuyas cargas se alinean, siendo un lado mas positivo o negativo que el opuesto.
- Electrodo: Consiste en un cuerpo conductor que está en comunicación por una parte, con el circuito, y por la otra, con un medio sobre el cual ejerce la corriente una acción química, o donde una acción química da origen a la corriente.
- Electroimán: Imán cuyo campo es producto de una corriente eléctrica.
- Electrón - volt: Unidad de energía, igual a la energía que un electrón (o protón) ganaría si es acelerado por un voltaje eléctrico de 1 volt.
- Electrón Partícula subatómica de carga negativa  $1,6 \times 10^{-19}$  C y masa de  $9,1 \times 10^{-28}$  g. los electrones se encuentran en movimiento en el átomo, distribuido en niveles energéticos alrededor del núcleo atómico. Los más externos se llaman electrones-valencia porque de ellos dependen las propiedades del elemento y participan directamente de los enlaces que pueda realizar.
- Electrón (e): La partícula, eléctricamente cargada, de menor masa y, por lo tanto, absolutamente estable. Es el leptón más común; tiene carga eléctrica -1.
- Electroósmosis: Flujo a través de medios porosos causado por diferencias de potencial eléctrico.
- Energía cinética: es aquella energía que posee debido a su movimiento. Se define como el trabajo necesario para acelerar un cuerpo de una masa determinada desde el reposo hasta la velocidad indicada.
- Energía Potencial - Energía de un objeto debido a su posición.
- Energía - Medida de la capacidad para realizar un trabajo. Se expresa en julios (J).
- Entropía - Medida del desorden de un sistema.
- Error sistemático Error cuya fuente y valor se conoce con exactitud. Afecta la medida en una sola dirección y también se denomina error determinado.
- Estado gaseoso: es el estado de agregación de la materia que no tiene forma ni volumen propio.
- Estado líquido: es un estado de agregación de la materia en forma de fluido altamente incompresible (lo que significa que su volumen es, muy aproximadamente, constante en un rango grande de presión).
- Estado sólido: es un estado de la materia que está caracterizado por un volumen y forma definidos (se resiste a la deformación).
- Evento: Lo que ocurre cuando dos partículas colisionan, o cuando una partícula decae. Las teorías de partículas predicen la probabilidad de que ocurran varios acontecimientos posibles, cuando se estudian muchas colisiones o decaimientos similares. No se puede predecir el resultado para un evento en particular.
- Experimento de blanco fijo: Un experimento en el cual el haz de partículas proveniente del acelerador impacta contra un blanco estacionario (o casi estacionario). El blanco puede ser un sólido, un tanque conteniendo líquido o gas, o un chorro de gas.
- Fábrica-B: Un acelerador diseñado para maximizar la producción de mesones B. Entonces se pueden estudiar, por medio de detectores especiales, las propiedades de los mesones.
- Factores de estabilidad nuclear: Son los factores de los que depende la estabilidad de un núcleo. Ellos son el cociente neutrón/protón y la paridad (número par o impar de protones y electrones).
- Fermilab: Fermi National Accelerator Laboratory en Batavia, Illinois (cerca de Chicago). Llamado así en honor al físico, pionero de la física de partículas, Enrico Fermi.
- Fermión: Cualquier partícula que tiene momento angular intrínseco (spin) impar semi entero ( $1/2, 3/2, \dots$ ), medido en unidades de  $\hbar$ . Como una consecuencia de este momento angular peculiar, los fermiones obedecen una regla llamada el Principio de Exclusión, que establece que dos fermiones no pueden existir en el mismo estado al mismo tiempo. Muchas de las propiedades de la materia ordinaria surgen como consecuencia de esta regla. Los electrones, protones, y neutrones son todos

fermiones, lo mismo que todas las partículas de materia fundamentales, tanto quarks como leptones.

- Física Espacial: El estudio de las condiciones y procesos a través de nuestro medio-ambiente espacial. Su dominio incluye el Sol, el medio interplanetario, la magnetósfera, la ionósfera, y la alta atmósfera.
- Física Nuclear: Ciencia que estudia la energía que deriva de la alteración del núcleo de los átomos.
- Física: Ciencia que estudia las propiedades de la materia en relación a la energía, y las leyes que tienden a modificar su estado sin alterar su naturaleza.
- Fisión: es la escisión del núcleo de un átomo acompañada de liberación de energía.
- Flotabilidad: Fuerza resultante, vertical y dirigida hacia arriba, ejercida por el agua sobre un cuerpo que se encuentra total o parcialmente sumergido.
- Foco: En óptica, es el punto donde convergen los rayos de luz paralelos.
- Fotón: La partícula portadora de las interacciones electromagnéticas.
- Fotón: Descripción "particular" de la radiación electromagnética, que se puede comportar tanto como onda o partícula.
- Fragmentación: es un método de división asexual animal por el cual un individuo se divide en dos o más trozos, cada uno de los cuales es capaz de reconstruir un animal por completo.
- Frecuencia - El número de ondas o ciclos por segundo.
- Frecuencia: Número de sucesos (ciclos, vibraciones, oscilaciones o cualquier suceso repetitivo) por unidad de tiempo; se mide en hertz que es el inverso del período.
- Frente de ondas: Cresta, valle o cualquier porción continua de una onda bidimensional o tridimensional en la cual las vibraciones están en la misma etapa al mismo tiempo.
- Fricción - Una fuerza que se opone al movimiento de dos objetos en contacto.
- Fuerza - Cualquier acción que altera el estado de reposo de un cuerpo, o el estado de movimiento uniforme de un cuerpo. Se mide en Newtons (N).
- Fuerzas intermoleculares Fuerza atractivas y repulsivas existentes entre los núcleos de los átomos y los electrones que los rodean. Estas fuerzas dan lugar a grupos polarizados, dipolos, fuerzas de Van der Waals y puentes de hidrógeno.
- Fusión Cambio de estado de sólido a líquido que se produce a una temperatura y presión determinadas y es diferente en cada sustancia pura. Se ha de suministrar calor al sólido para que se rompan las uniones del estado sólido. Así las partículas tendrán más libertad de movimiento y serán capaces de fluir, característica del estado líquido. Gas real
- Galileo Galilei (1564- 1642) Astrónomo, filósofo, matemático y físico que estuvo relacionado estrechamente con la revolución científica.
- Galón: Medida de capacidad para líquidos usada en Gran Bretaña, donde equivale a cerca de 4,546 litros (L) y en América del Norte, donde equivale a algo menos de 3,785 litros (L).
- Galvánico: Dícese de las corrientes eléctricas producidas por una pila voltaica.
- Galvanismo: Fenómeno por el cual se establece una corriente eléctrica continúa entre dos metales, como el cobre y el cinc, cuando se hallan separados por un líquido adecuado.
- Galvanómetro: Instrumento de precisión utilizado para la medida de corrientes eléctricas de pequeña intensidad.
- Gas real Todos los gases tal como existen. El comportamiento de un gas real se considera más o menos ideal a bajas presiones y elevadas temperaturas.
- Gas - Estado de la materia caracterizado por el movimiento al azar de partículas que están muy separadas.
- Gases ideales Gases que cumplen la ley general de los gases a cualquier temperatura. En un gas ideal o perfecto no hay fuerzas intermoleculares y el volumen ocupado por sus moléculas es despreciable frente al total. Si bien un gas cumple rigurosamente estas leyes, el hidrógeno, el nitrógeno y el helio se aproximan bastante a presiones bajas y temperaturas relativamente elevadas.
- Gauss: Símbolo G: Denominado así en honor a Carl Friedrich Gauss. Unidad de medida de la inducción magnética o campo magnético en el Sistema Cegesimal. Definición: Un gauss se define como un maxwell por centímetro cuadrado.
- Gel Coloide formado por una sustancia dispersa líquida y un medio de dispersión sólido. La sustancia dispersa presenta una estructura molecular de fibras trenzadas que encierran al medio de dispersión. El resultado es un coloide móvil y deformable. Se pueden encontrar geles elásticos, que tienen gran capacidad de regeneración, y geles rígidos que son irreversibles.
- Generación: Un grupo formado por un quark y un leptón de cada tipo de carga, agrupados conforme a su masa. La primer generación contiene los quarks up y down, el electrón y el neutrino del electrón.
- Gluón (g): La partícula portadora de las interacciones fuertes.
- Grado: Unidad de muy diversas escalas empíricas de medida. Centígrado: Cada una de las divisiones de la escala centígrada o Celsius de temperatura, en la que se toma como punto 0 el de fusión del hielo y como punto 100 el de ebullición del agua, dividiéndose este intervalo en 100 partes.
- Gramo: Símbolo g: Unidad fundamental de masa en el sistema cegesimal. Definición: El gramo se define como la masa de un centímetro cúbico de agua destilada a 4 grados C. Equivale a una milésima parte del kilogramo, unidad de masa del sistema internacional.
- Gravedad específica Relación entre la densidad de una sustancia y la densidad del agua pura a determinada temperatura, usualmente 4 °C.
- Gravedad: Fuerza con que la Tierra o cualquier otro astro atrae a los cuerpos situados sobre su superficie o cerca de ella. Aceleración que adquiere un cuerpo debida a la gravedad.

- Gravitación: Moverse un cuerpo a consecuencia de la atracción gravitatoria de otro. Descansar un cuerpo sobre otro.
- Gravitón: Partícula cuántica causante de las interacciones gravitatorias. El gravitón o cuanto de gravitación es una partícula elemental intranuclear, de masa nula y espín +2, que aparece por consideraciones formales al cuantificar el campo gravitatorio y cumple las leyes formuladas en la estadística de Bose-Einstein.
- Hadrón: Una partícula compuesta, formada por constituyentes que participan en las interacciones fuertes (quarks y/o gluones). Comprende los mesones y los bariones. Los hadrones participan en las interacciones fuertes residuales.
- Hato: Medida agraria = 2 leguas de radio y 12,5754 de perímetro. En Cuba = 226,068 km<sup>2</sup>.
- Haz: El chorro de partículas producidas por un acelerador, usualmente apiñadas en grupos.
- Hectárea: Medida de superficie = 10000 m<sup>2</sup>.
- Henry: Símbolo H: Denominado así en honor a Joseph Henry. Unidad de inductancia. Definición: Un Henry es la inductancia eléctrica de un circuito cerrado en el que se produce una fuerza electromotriz de un volt o voltio cuando la corriente eléctrica que recorre el circuito varía uniformemente a razón de un amperio o amperio por segundo. Hertz o Hercio: Símbolo Hz: Denominado así en honor a Heinrich Rudolf Hertz. Unidad de frecuencia. Definición: Un hertz es la frecuencia de un fenómeno periódico cuyo período es un segundo.
- Heterogéneo Término que se aplica a los sistemas en los que existen varias fases. Un sistema heterogéneo no se considera una solución química.
- HF: Alta-frecuencia, se refiere a frecuencias de radio en el rango de 3-30 megahertz.
- Hidráulica: Parte de la física que estudia la mecánica de los fluidos.
- Hidrodinámica: Estudia el comportamiento de los líquidos en movimiento.
- Hidrostática: Parte de la hidráulica que estudia el equilibrio de los líquidos en reposo.
- Hiperrón: Cada una de las partículas elementales cuya masa es superior a la del neutrón, pero de vida media corta.
- Holografía: Técnica de reproducción de imágenes de objetos, similar a la fotografía, que permite observar tridimensionalmente el objeto.
- Indestructible: incapaz de ser destruido o descompuesto.
- Inducción eléctrica: Acción que ejerce un campo eléctrico sobre un conductor.
- Inducción magnética: Poder imantador de un campo magnético.
- Inducción: Acción que ejerce un campo eléctrico o magnético sobre un conductor. La inducción electromagnética fue descubierta independientemente por Faraday y Henry. Establece que un campo magnético variable en el tiempo crea un campo eléctrico.
- Inercia - Tendencia de un cuerpo a permanecer en su mismo estado de movimiento ya sea de reposo o movimiento uniforme.
- Inercia: Propiedad de la materia que expresa la tendencia de todos los cuerpos a conservar su estado de reposo o movimiento rectilíneo uniforme.
- Inerte Término que se aplica a las sustancias químicas que prácticamente no reaccionan con ninguna otra o sólo lo hacen bajo condiciones extremas. Por ejemplo, los gases nobles.
- Intensidad de la corriente eléctrica: Cantidad de electricidad que pasa por segundo por la sección de un conductor.
- Intensidad luminosa: Flujo de luz emitido por una fuente luminosa en un ángulo sólido unitario.
- Intensidad: Grado de energía o magnitud de una fuerza física o anímica.
- Interacción débil: La interacción responsable de todos los procesos en los cuales cambia el sabor, y por lo tanto responsable de la inestabilidad de los quarks y leptones pesados, y de las partículas que los contienen. También han sido observadas interacciones débiles en las que no hay un cambio de sabor (o carga).
- Interacción electrodébil: En el Modelo Standard las interacciones electromagnéticas y débiles están relacionadas (unificadas); los físicos usan el término electrodébil para abarcar a las dos.
- Interacción electromagnética: La interacción debida a la carga eléctrica, incluyendo las interacciones magnéticas.
- Interacción fuerte: La interacción responsable de la ligadura de los quarks, antiquarks, y gluons para formar hadrones. Las interacciones fuertes residuales proveen la fuerza de ligadura nuclear.
- Interacción fundamental: En el Modelo Standard las interacciones fundamentales son la fuerte, la electromagnética, la débil, y la interacción gravitacional. De acuerdo con la teoría existe al menos una interacción fundamental más, que es responsable de las masas de las partículas fundamentales. Cinco tipos de interacciones son los necesarios para explicar todos los fenómenos físicos observados.
- Interacción gravitacional: La interacción entre partículas debida a su masa/energía.
- Interacción residual: Interacción entre objetos que no portan una carga pero que están formados por constituyentes que sí tienen esa carga. Aunque algunas sustancias químicas involucran iones eléctricamente cargados, la mayor parte de la química se debe a interacciones electromagnéticas residuales entre átomos eléctricamente neutros. La interacción residual fuerte entre protones y neutrones, debida a las cargas fuertes de sus quarks constituyentes, es la responsable de la ligadura del núcleo.
- Interacción: Un proceso en el cual una partícula decae o responde a una fuerza debida a la presencia de otra partícula (como en una colisión). También se llama así la propiedad subyacente de la teoría que causa tales efectos.
- Interferencia: Acción recíproca de las ondas, ya sea en el agua, ya en la propagación del sonido, del calor o de la luz, etc., de la que resulta, en ciertas condiciones, aumento, disminución o neutralización del movimiento ondulatorio.
- Ion: Átomo o agrupación de átomos que por pérdida o ganancia de uno o más electrones adquiere carga eléctrica.
- Joule (J): Unidad derivada del SI. El joule es el trabajo efectuado cuando el punto de aplicación de 1 newton se desplaza una

distancia de 1 metro en la dirección de la fuerza.

- Julio - La unidad de energía. Se define como el trabajo hecho cuando una fuerza de un newton mueve un objeto a través de un metro de distancia.
- Kaón (K): Un mesón formado por un quark extraño (strange) y un antiquark-up (o anti-down), o bien por un un antiquark-extraño y un quark up (o down).
- Kelvin: Símbolo K: Denominado así en honor a William Thomson, (Lord Kelvin). Unidad de temperatura termodinámica del Sistema Internacional de Unidades (SI). Definición: El kelvin es la fracción  $1/273,16$  de la temperatura termodinámica del punto triple del agua.
- Kiloamperímetro: Aparato eléctrico calibrado para que sea capaz de medir intensidades de corriente del orden de varios miles de amperios.
- Kilocaloría: Símbolo kcal: Unidad de medida de la energía calorífica equivalente a 1.000 calorías.
- Kilociclo: Unidad de frecuencia equivalente a 1.000 oscilaciones por segundo.
- Kilográmetro: Símbolo kgm: Unidad fundamental de energía o de trabajo en el sistema técnico. Definición: Un kilográmetro se define como el trabajo realizado por la fuerza de un kilopondio cuando el cuerpo a que está aplicada se desplaza un metro en su misma dirección y sentido. Equivale a 9,8 julios.
- Kilogramo por metro cubico: Símbolo kg/m<sup>3</sup>: Unidad de masa en volumen. Definición: Un kilogramo por metro cúbico es la masa en volumen de un cuerpo homogéneo cuya masa es de un kilogramo y el volumen de un metro cúbico (m<sup>3</sup>).
- Kilogramo por segundo: Símbolo kg/s: Unidad de caudal másico de una corriente uniforme tal que, una sustancia de un kilogramo de masa atraviesa una sección determinada en un segundo.
- Kilogramo: Símbolo kg: Unidad de masa del Sistema Internacional de Unidades (SI). Definición: El kilogramo es igual a la masa del prototipo internacional del kilogramo. Patrón: Masa de un cilindro de platino e iridio que se conserva en la Oficina Internacional de Pesas y Medidas de Sèvres.
- Kilohercio: Símbolo khz: Unidad de frecuencia equivalente a mil oscilaciones por segundo.
- Kilolitro: Símbolo kl: Medida de capacidad que equivale a 1.000 litros o a un metro cúbico.
- La Oficina Internacional de Pesas y Medidas, ha designado al quilate métrico un peso de 200 mg, se entiende como unidad de peso para piedras preciosas, es decir, 1 quilate métrico = 0,2 g.
- Laser: Dispositivo para la generación de haces de luz coherente y la radiación generada por él. Su nombre se deriva de las palabras Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation (amplificación de la luz por medio de emisión estimulada de radiaciones).
- Lente convergente: Lente cuya parte media es más gruesa y hace que los rayos de luz paralelos converjan en un foco.
- Lente: Disco de vidrio u otro material transparente limitado por dos superficies curvas, o una plana y otra curva, cuya forma hace que se refracte la luz que la atraviesa, y que forma imágenes reales o virtuales de los objetos que están en su campo óptico.
- Leptón: Un fermión fundamental que no participa en las interacciones fuertes. Los leptones eléctricamente cargados son: los electrones (e), los muones, las partículas tau, y sus antipartículas. Los leptones eléctricamente neutros son llamados neutrinos.
- Ley de Boyle Establece que a temperatura constante (proceso isotérmico), el volumen de una muestra de gas es inversamente proporcional a su presión.
- Ley de Faraday Ley enunciada por Faraday en 1833 como resultado de sus investigaciones acerca de la producción de cambios químicos con electricidad. "La masa de sustancia que se deposita en un electrodo de una celda electroquímica, es proporcional a la cantidad de corriente que circula por la celda".
- LHC: El Gran Colisionador de Hadrones del laboratorio CERN en Génova, Suiza. El LHC colisionará protones contra protones, a energías en el centro de masa del orden de los 14 tev. Cuando sea completado, en el año 2004, será el acelerador de partículas más poderoso del mundo. Se espera que permitirá descifrar muchos de los secretos de la física de partículas.
- Libra: Símbolo lb: Medida de fuerza utilizada en los países anglosajones.
- Linacs: Una abreviatura de acelerador lineal, es decir, un acelerador que no tiene curvas.
- Líquido - Estado de la materia en que las moléculas están cerca pero pueden cambiar su posición con facilidad.
- Litro: Símbolo L: Unidad de capacidad del sistema métrico decimal, equivalente al contenido de un decímetro cúbico.
- Longitud de onda - Distancia entre dos ondas sucesivas.
- Lumen: Símbolo lm: Unidad de flujo luminoso. Definición: Un lumen es el flujo luminoso emitido en un ángulo sólido de un estereorradián por una fuente puntual uniforme que, situada en el vértice del ángulo sólido, tiene una intensidad luminosa de una candela.
- Luminiscencia: Propiedad que poseen ciertos cuerpos de emitir luz sin que se dé elevación de temperatura.
- Lux: Símbolo lx: Unidad de iluminancia. Definición: Un lux es la iluminancia de una superficie que recibe un flujo luminoso de un lumen, uniformemente repartido sobre un metro cuadrado de la superficie.
- Luz - Radiación electromagnética con longitud de onda entre  $4 \times 10^{-7}$  y  $7 \times 10^{-7}$  metros.
- Luz: Radiación electromagnética cuya longitud de onda es capaz de impresionar la retina del ojo y provocar la sensación de visión. Claridad emitida por el Sol que ilumina los objetos y los hace visibles.
- Magnetismo: Conjunto de fenómenos atractivos y repulsivos producidos por los imanes y las corrientes eléctricas.
- Magnitud derivada: Se obtiene mediante expresiones matemáticas a partir de las magnitudes fundamentales (densidad, superficie, velocidad).

- Magnitud escalar: Magnitud que se describe mediante un número y una unidad.
- Magnitud fundamental: Se define por sí misma y es independiente de las demás (masa, tiempo, longitud, etc.).
- Magnitud vectorial: Magnitud que se describe con tres características cantidad, dirección y sentido.
- Masa en reposo: La masa en reposo ( $m$ ) de una partícula es la masa dada por la energía de la partícula aislada (libre), en reposo, dividida por el cuadrado de la velocidad de la luz. Cuando los físicos de partículas usan la palabra "masa," siempre se refieren a la "masa en reposo" ( $m$ ) del objeto en cuestión.
- Masa Medida de la cantidad de materia que posee un cuerpo. La masa es la misma en cualquier lugar donde se encuentre el cuerpo.
- Masa: Magnitud física que expresa la cantidad de materia que contiene un cuerpo. Su unidad en el Sistema Internacional es el kilogramo (kg).
- Materia oscura: Materia que existe en el espacio, pero que no es visible para nosotros porque no emite radiación como para observarla. El movimiento de las estrellas alrededor de los centros de sus galaxias implica que cerca del 90% de la materia en una galaxia típica es oscura. Los físicos suponen que también existe materia oscura entre las galaxias, pero esto es más difícil de verificar.
- Materia Todo aquello que posee masa y ocupa un lugar en el espacio. Los rayos catódicos se componen de materia ya que son electrones.
- Mecánica cuántica: Las leyes físicas que se aplican en las escalas muy pequeñas. El rasgo esencial es que la carga eléctrica, el ímpetu, y el ímpetu angular, así como las otras cargas, vienen en cantidades discretas llamadas cuantos.
- Mecánica: Parte de la Física que estudia las fuerzas y los movimientos que éstas provocan.
- Mesón: Un hadrón formado por un número par de quarks. La estructura básica de la mayoría de los mesones es un quark y un antiquark.
- Metro a la potencia menos uno: Símbolo  $m^{-1}$ : Unidad de número de ondas. Definición: Un metro a la potencia menos uno es el número de ondas de una radiación monocromática cuya longitud de onda es igual a un metro.
- Metro cuadrado: Símbolo  $m^2$ : Unidad de superficie. Definición: Un metro cuadrado es el área de un cuadrado de un metro de lado.
- Metro cúbico por segundo: Símbolo  $m^3/s$ : Unidad de caudal en volumen.
- Mezcla Combinación de varias sustancias tal que los componentes conservan sus propiedades y se pueden separar por métodos físicos. Si la mezcla esta formada por una sola fase, es una mezcla homogénea. Una mezcla homogénea sólida entre metales se denomina aleación, y si la fase resultante es líquida se denomina disolución. Si la mezcla esta formada por más de dos fases recibe el nombre de mezcla heterogénea, esta no es uniforme a la subdivisión y sus componentes se pueden apreciar a simple vista.
- Modelo Standard: Los físicos llaman así a la teoría de las partículas fundamentales y sus interacciones, descrita en estas páginas. Ha sido verificada ampliamente y es aceptada como correcta por los físicos de partículas.
- Momento - La masa de un objeto multiplicada por la velocidad.
- Muón: El segundo sabor de los leptones cargados (en orden creciente de masa); su carga eléctrica es  $-1$ .
- Neutra: Tener una carga neta igual a cero. Si no se especifica lo contrario, usualmente se refiere a cargas eléctricas.
- Neutralidad de carga: Condición en que en una región del espacio el número de cargas positivas es igual al de electrones.
- Neutrino: Un leptón sin carga eléctrica. Los neutrinos participan solamente en las interacciones débiles y gravitacionales, y por eso son muy difíciles de detectar. Hay tres tipos conocidos de neutrinos; todos ellos son muy livianos y posiblemente tienen masa cero.
- Neutrino: Partícula neutra de masa en reposo igual a cero, forma parte del neutrón.
- Neutrón Partícula elemental situada en el núcleo del átomo, de masa  $1,675 \cdot 10^{-24}$  g y sin carga eléctrica. Aunque en general los neutrones son estables en el interior de los átomos, en proceso radioactivos un neutrón se desintegra por dar un protón y un electrón.
- Neutrón (n): Un barión con carga eléctrica cero; es un fermión con una estructura básica de dos quarks down y un quark up (mantenidos juntos por gluones). El componente neutro de un núcleo atómico está hecho de neutrones. Los diferentes isótopos de un mismo elemento, son distinguibles por tener un número diferente de neutrones en sus núcleos.
- Newton: Símbolo N: Denominado así en honor a Isaac Newton. Unidad de fuerza. Definición: Un newton es la fuerza que, aplicada a un cuerpo que tiene una masa de un kilogramo, le comunica una aceleración de un metro por segundo cuadrado.
- Núcleo atómico Parte central del átomo que contiene la mayor parte de la masa y la carga positiva. El núcleo más sencillo es el del isótopo protio del elemento hidrógeno, que solo contiene un protón. La inestabilidad del núcleo da lugar a las reacciones nucleares o procesos radioactivos.
- Núcleo: protones y neutrones que interactúan fuertemente y conforman la parte central del átomo.
- Número de Weber: Parámetro adimensional que expresa la relación entre las fuerzas de inercia y las fuerzas de tensión superficial.
- Ocular: La lente de un telescopio más próxima al ojo; aumenta la imagen real de la primera lente.
- Ohm: Unidad de resistencia eléctrica.
- Oleaje: Rápido aumento o disminución del flujo o del nivel de agua. En el caso de un cauce se transmite como una onda longitudinal a lo largo de dicho cauce. Puede ser ondulante o rompiente.
- Onda de choque: Estructura que permanece en un medio (como el viento solar) enfrente de un obstáculo, cuando la rapidez

del obstáculo es mayor que la rapidez de las ondas en el medio. El "frente-de-onda" permanece en el frente de la magnetósfera, y los choques interplanetarios preceden a las EMC rápidas en su trayecto desde el Sol. En un choque de este tipo, la densidad y temperatura aumentan, mientras que la velocidad decrece para permitir al medio fluir alrededor del obstáculo.

- Onda electromagnética: Onda que es en parte eléctrica y en parte magnética y transporta energía: La emiten las cargas eléctricas oscilantes.
- Onda oscilatoria: Onda en la que cada partícula individual oscila alrededor de un punto, con un desplazamiento en la dirección de traslación de la onda, muy pequeño o no permanente.
- Onda: Oscilación en el espacio y el tiempo; perturbación que se repite de manera regular y que se transmite progresivamente de una región de un medio a otra sin transporte de materia.
- Onda-corta: Se refiere técnicamente a las ondas de radio con longitudes menores a 80 metros, correspondiente a una frecuencia de 3.75 megahertz o más. A menudo se usa el término refiriéndose a frecuencias altas o HF.
- Ondas mecánicas: Son las ondas que se propagan a lo largo de un medio material, en el cual los elementos constitutivos del medio, oscilan.
- Partícula fundamental: Una partícula sin subestructura interna. En el Modelo Standard los quarks, leptones, fotones, gluones, bosones  $W^+$ ,  $W^-$ , y  $Z$  son fundamentales. Todos los demás objetos están hechos a partir de éstos.
- Partícula o punto material: es un cuerpo puntiforme, que en la realidad no existe y que corresponde a la idealización matemática de un objeto cuyas dimensiones y orientación en el espacio son despreciables para la descripción particular del movimiento.
- Partícula secundaria: Partícula energética, como un electrón o un protón, que es producida cuando un rayo cósmico o partícula altamente energética colisiona con un átomo.
- Partícula subatómica: Cualquier partícula pequeña, comparada con el tamaño de un átomo.
- Partícula virtual: Una partícula que existe solamente por un lapso extremadamente corto y en un proceso intermediario. El principio de incerteza de Heisenberg permite una aparente violación de la conservación de energía. Sin embargo, si se observan solamente el decaimiento inicial de la partícula y el producto final del decaimiento, se ve que la energía se conserva.
- Partículas Elementales: Son todas aquellas que forman parte del microcosmo, constituido por átomos y núcleos, están definidas por sus propiedades de carga y masa (energía).
- Partículas energéticas: Electrones, iones, o átomos que tienen energías muy superiores a las esperadas considerando la temperatura del gas del cual provienen. En Física Espacial, "energético" generalmente significa energías de kilo- a giga-electronvolt.
- Pascal - Unidad para presión. Un pascal es un newton dividido entre un metro cuadrado.
- Patrón de interferencia: Patrón que se forma por la superposición de dos o más ondas que llegan a una región al mismo tiempo.
- Período: Tiempo que tarda la partícula en describir la oscilación completa.
- Peso Fuerza con que son atraídos los cuerpos hacia el centro de la tierra con aceleración igual a la de la gravedad, equivale al producto de la masa por la gravedad:  $w = mg$ . Un hombre en la luna pesa 1/6 de su peso en la tierra. Se mide en newtons.
- Pión: El tipo de mesón de menor masa; los piones pueden tener cargas eléctricas de +1, -1, o 0.
- Plasma Estado de la materia caracterizado porque todos sus átomos están ionizados, aunque el sistema es eléctricamente neutro. El plasma es un fluido, ya que los electrones y los iones positivos resultantes de la ionización circulan libre y caóticamente, de forma similar a como lo hacen moléculas de un gas.
- Por lo que respecta a diamantes, su peso suele expresarse por puntos, 100 puntos = 1 quilate.
- Posición final: Vector comprendido entre el origen de un sistema de coordenadas y el punto de llegada del móvil. La posición final es el vector que indica el punto hasta el cual llegó el móvil.
- Posición inicial: Vector comprendido entre el origen del sistema de referencia escogido y el punto de partida de un móvil
- Positrón ( $e^+$ ): La antipartícula de un electrón.
- Ppm Partes por millón. Forma de medir concentraciones pequeñas. 300 ppm equivalen a 0,03%.
- Presión atmosférica Presión ejercida por la mezcla de gases que forman la atmósfera. Su valor es muy grande, pero como actúa en todas las direcciones se equilibra.
- Presión Fuerza por unidad de área. La presión, término más corrientemente aplicado a los gases, se expresa en atmósferas, mm de Hg (torr) o kilopascales.
- Presión parcial Presión ejercida por un gas y una mezcla de gases ideales. Equivale a la que haría este gas si en solitario y a la misma temperatura ocupara el mismo volumen que ocupa la mezcla.
- Proceso reversible Reacción química o cambio físico en la que los productos pueden reaccionar para volver a dar las sustancias iniciales, de modo que se establece un proceso dinámico en ambos sentidos. Se alcanza el equilibrio cuando las dos velocidades se igualan.
- Protón - Partícula subatómica de carga positiva que está presente en el núcleo de los átomos.
- Protón (p): El hadrón más común; es un barión con carga eléctrica +1 igual, opuesta a la del electrón. Los protones tiene una estructura básica de dos quarks up y un quark down (que se mantienen juntos a causa de los gluones). El núcleo de un átomo de hidrógeno es un protón. Un núcleo con carga eléctrica  $Z$  contiene  $Z$  protones; por eso el número de protones es lo que distingue los diferentes elementos químicos.
- Quanto: teoría matemática creada originalmente introducido por Max Plank (1900) Para explicar la radiación del cuerpo



negro de los cuerpos mas calientes.

- Quantum: Cantidad definida de energía liberada a adsorbidad en un proceso.
- Quark bottom (b): El quinto quark (en orden creciente de masa); su carga eléctrica es  $-1/3$ .
- Quark charm (encanto) (c): El cuarto quark (en orden creciente de masa); tiene carga eléctrica  $+2/3$ .
- Quark down (d): El segundo sabor del quark (en orden creciente de masa); su carga eléctrica es  $-1/3$ .
- Quark extraño (s): El tercer sabor de un quark (en orden creciente de masa); tiene carga eléctrica  $-1/3$ .
- Quark top (t): El sexto sabor de los quarks (en orden creciente de masa); tienen carga eléctrica  $2/3$ . Su masa es mucho mayor que la de cualquier otro quark o leptón.
- Quark up (u): El sabor de menor masa de un quark; tiene carga eléctrica  $2/3$ .
- Quark (q): Un fermión fundamental que sufre las interacciones fuertes. Los quarks tienen carga eléctrica de  $+2/3$  (up, charm, top) o bien  $-1/3$  (down, strange, bottom) en unidades de la carga del protón.
- Quark: Uno de los componentes indivisibles de la materia según la teoría estándar.
- Quilate = 205,4 mg.
- Quintal Métrico: Unidad de peso = 100 kg.
- Quintal: Unidad de peso = 100 libras = 4 arrobas.
- Quiralidad: Base de las actividad óptica.
- Radiación electromagnética: Campos eléctricos y magnéticos oscilantes que se propagan a la velocidad de la luz. Ondas de radio, radiación infrarroja, luz, radiación ultravioleta, rayos-x, y rayos gama son algunas formas de radiación electromagnética. El elemento básico de esta radiación es el fotón.
- Radiación - Cualquier forma de energía que se mueve como ondas o rayos.
- Radiación, cinturón de: Regiones de partículas energéticas atrapadas en el campo magnético planetario. En la Tierra reciben el nombre de cinturones de Van Allen.
- Radiación, dosis de: Medida de la cantidad de exposición a la radiación. En caso de sobredosis puede producir daño microscópico en los materiales.
- Radiación: Forma de transporte de energía, ya sea por partículas masivas o fotones.
- Radio: Conjunto de dispositivos para transmitir a distancia la voz y la música, haciéndolas así asequibles simultáneamente a muchas personas.
- Radio-cintilación: Fluctuación de la amplitud o fase de una señal de radio producida por la estructura irregular del medio a través del cual se está propagando.
- Radiodifusión: Transmisión mediante ondas hertzianas de noticias, reportajes, música, etc., destinadas al público en general.
- Radio-ondas: Radiación electromagnética con longitud-de-onda de alrededor de 100 micrones (micrón = millonésima de un metro).
- Radiotelefonía: Sistema de comunicación telefónica por medio de ondas hertzianas.
- Radiotelegrafía: Sistema de comunicación telegráfica por medio de ondas hertzianas.
- Rastreo: La reconstrucción de la "traza" dejada en un detector por el pasaje de una partícula a través de él.
- Reflexión - El cambio en la dirección de un rayo de luz cuando rebota en un límite entre dos sustancias.
- Refracción - Cambio en la dirección de un rayo de luz cuando pasa de un medio a otro. Por ejemplo, de aire a agua.
- Resistencia - Oposición al flujo de una corriente eléctrica. A mayor resistencia tenga un alambre menos electricidad conduce. Se mide en ohms.
- Resonancia - Aumento en el tamaño de una vibración cuando un objeto es sujeto a una fuerza que cambia su frecuencia natural.
- Sabor: Nombre usado para designar los diferentes tipos de quarks (up, down, strange, charm --o encanto--, bottom, top) y para los diferentes tipos de leptones (electrón, muón, tau). Para cada sabor de un leptón existe el correspondiente sabor del neutrino. En otras palabras, el sabor es una cantidad que distingue los diferentes tipos de quarks/leptones. Los quarks y leptones de diferentes sabores tienen diferente masa. En el caso de los neutrinos todavía no sabemos si tienen masa o qué son las masas.
- Satélite - Objeto que se mueve en una órbita alrededor de un planeta.
- Sincrotrón: Un tipo de acelerador circular en el cual las partículas viajan en grupos sincronizados, en radios fijos.
- Sistema abierto: Es todo sistema que permite transferencia de masa y energía con el entorno.
- Sistema aislado: Todo sistema que no intercambia materia ni energía con el alrededor.
- Sistema cerrado: Un sistema cerrado sólo intercambia energía con el alrededor.
- Sistema de referencia: Uno o más puntos fijos elegidos por el observador para describir e movimiento de un objeto.
- Sistema de unidades: Conjunto mínimo de magnitudes fundamentales y derivadas, cuya unidad o patrón es arbitraria pero invariable con las cuales se puede dar una descripción cuantitativa consistente y precisa de todas las magnitudes de la física.
- Sistema multibanda: Sistema para la observación simultánea del mismo objeto (pequeño) con varias ondas filtradas, a través de las cuales se pueden registrar datos.
- Sistema multicanal: Sistema de exploración capaz de observar y registrar varios canales de datos simultáneamente, preferentemente a través del mismo objetivo.
- Sistema Porción particular del universo que va a ser objeto de estudio, éstos pueden ser abiertos o cerrados.
- SLAC: El centro donde se encuentra el acelerador lineal de Stanford (Stanford Linear Accelerator Center); localizado en Stanford, California.

- Solar, Física: Estudio de las condiciones y procesos a través del Sol y su atmósfera.
- Solidificación: Proceso de transformación de un líquido en sólido por desprendimiento de calor.
- Sólido - Estado de la materia en que las partículas están cerca y en posiciones fijas unas con otras.
- Spin: Ímpetu angular intrínseco, en unidades de  $\hbar$ , donde  $\hbar = 6.58 \times 10^{-34}$  Js.
- Subíndices Números enteros que aparecen en la fórmula química de un compuesto e indican el número relativo de átomos presentes en la molécula.
- Suspensión Dispersión coloidal de partículas sólidas en un líquido. Las partículas suspendidas son visibles con una lupa e incluso a simple vista. Una suspensión se caracteriza por tener una velocidad de sedimentación alta; esta velocidad aumenta con el tamaño de las partículas dispersas y es fácilmente separable por decantación o filtración.
- Sustancia Porción de materia pura de composición química definida e imposible de separar por métodos físicos. Las sustancias pueden ser elementos o compuestos.
- Tau: El tercer sabor de un leptón cargado (en orden creciente de masa); tiene carga eléctrica -1.
- Temperatura absoluta Temperatura basada en la escala Kelvin o absoluta de temperaturas, en la que se define un punto referencial, el cero absoluto, que equivale a  $-273,16^\circ\text{C}$ . La temperatura expresada en Kelvin se obtiene:  $T(\text{K})=t(^{\circ}\text{C})+273,16$ .
- Temperatura - Medida de la energía cinética de las partículas.
- Temperatura: Medida del calor o frío que tiene una cosa.
- Tempestades magnéticas o geomagnéticas: Periodos en que el campo magnético medido en la tierra es perturbado fuertemente, la radiación del medio-ambiente se intensifica, se producen auroras, y las corrientes eléctricas en la ionósfera aumentan y son inducidas en la superficie.
- Tensión superficial Fuerza que actúa a lo largo de la superficie de un líquido y en dirección paralela a la misma. Es consecuencia de la fuerza atractiva que realizan las moléculas de un líquido sobre aquellas que se encuentran en la superficie de separación del mismo. Mientras que las moléculas del interior son atraídas por igual en todas las direcciones, las de la superficie solamente son atraídas hacia el interior.
- Tensión superficial: Tensión interfacial; energía superficial por unidad de área en la interfaz entre dos medios (por ejemplo, aire y agua), y que produce el fenómeno de la capilaridad.
- Teoría del big-bang: La teoría de un universo en expansión que comenzó como un medio infinitamente denso y caliente. El instante inicial se denomina el Big Bang.
- Teoría: Conjunto de leyes científicas que explican un determinado fenómeno.
- Termodinámica Rama científica que estudia la relación entre la energía, el calor transferido y el trabajo desarrollado en los procesos que tienen lugar en la naturaleza.
- Termodinámica: Estudio de los sistemas en relación a la factibilidad de los procesos que ocurren en ellos y a los intercambios de energía que en una transformación, cualquiera sea su naturaleza, tiene lugar entre el sistema y su entorno.
- Termología: Parte de la física que trata de todos los fenómenos en los que interviene el calor.
- Termómetro Instrumento utilizado para medir la temperatura de un cuerpo. Consta de un tubo de vidrio graduado que contiene un líquido dilatante, como mercurio o alcohol. Al aumentar la temperatura, el líquido se dilata y sube desde el bulbo en el que se encuentra.
- Termómetro: Instrumento que se utiliza para medir la temperatura.
- Tiempo de vida media Tiempo que tarda en consumirse la mitad de un reactivo en una reacción. En las reacciones de desintegración radiactiva el tiempo de vida media es una constante.
- Tiempo - Intervalo entre dos eventos.
- Trabajo - Fuerza multiplicada por desplazamiento. Se hace trabajo cuando una fuerza mueve un objeto.
- Transformador: Sistema que permite aumentar o reducir el voltaje por inducción electromagnética.
- Transmisor: Dícese del aparato que sirve para transmitir las señales eléctricas, telegráficas, telefónicas o radiadas.
- Trayectoria: Línea que une las sucesivas posiciones instantáneas ocupadas por un móvil. Todo cuerpo que manifiesta movimiento describe una trayectoria y es independiente del sistema de referencia utilizado.
- Traza: El registro de la trayectoria de una partícula cuando atraviesa un detector.
- Unidad de Corriente Eléctrica: El amperio (A) es la intensidad de corriente.
- Unidad de Intensidad Luminosa: La candela (cd) es la intensidad luminosa, en una dirección dada, de una fuente que emite radiación monocromática de frecuencia  $540 \times 10^{12}$  hertz y que tiene una intensidad energética en esta dirección de  $1/683$  W por estereorradián (sr).
- Unidad de Longitud: El metro (m) es la longitud recorrida por la luz en el vacío durante un período de tiempo de  $1/299\,792\,458$  s.
- Unidad de masa atómica Unidad de masa que equivale a  $1/12$  de la masa de un átomo de  $^{12}\text{C}$ . Por definición, un átomo de  $^{12}\text{C}$  tiene una masa exacta de 12 u.
- Unidad de Masa: El kilogramo (kg) es la masa del prototipo internacional de platino iridiado que se conserva en la Oficina de Pesas y Medidas de París.
- Unidad de Temperatura Termodinámica: El Kelvin (K) es la fracción  $1/273,16$  de la temperatura termodinámica del punto triple del agua.
- Unidad de Tiempo: El segundo (s) es la duración de  $9\,192\,631\,770$  períodos de la radiación correspondiente a la transición entre dos niveles fundamentales del átomo Cesio 133.

- Unidad: Patrón de comparación de cualquier magnitud.
- Unidades derivadas: Ciertas unidades derivadas han recibido unos nombres y símbolos especiales. Estas unidades pueden así mismo ser utilizadas en combinación con otras unidades base o derivadas para expresar unidades de otras cantidades. Estos nombres y símbolos especiales son una forma de expresar unidades de uso frecuente.
- Unidades secundarias: Múltiplos y submúltiplos de las unidades fundamentales y derivadas.
- Valoración de residuos: Se denominan así a los procesos que permiten aprovechar los residuos para obtener de ellos nuevos productos u otros rendimientos útiles.
- Vapor Gas cuya temperatura está por debajo de la crítica. Un vapor puede licuarse por efecto de un aumento de la presión, pero un gas no.
- Vaporización: es el cambio de estado de líquido a gaseoso. Hay dos tipos de vaporización: la ebullición y la evaporación.
- Vatio - Unidad de potencia, igual a 1Julio/seg. Un vatio es la potencia que resulta cuando se disipa un julio de energía en un segundo.
- Vector velocidad media o velocidad media vectorial de u móvil: Cociente entre su vector desplazamiento y el tiempo empleado por el móvil.
- Velocidad instantánea: La velocidad instantánea de un móvil es la que posee en un punto de su trayectoria.
- Velocidad Relativa: La velocidad relativa entre dos observadores es el valor de la velocidad de un observador medida por el otro.
- Velocidad: Razón de cambio en la posición de un objeto. Se mide en metros/segundo.
- Viscosidad Propiedad que mide la resistencia interna de un fluido a que sus capas de moléculas se deslicen unas sobre otras.
- Voltio - Un voltio es la fuerza necesaria para llevar un amperio de corriente en contra de un ohm de resistencia. Es la unidad de diferencia en potencial.
- W: Símbolo que representa el Vatio.
- Watt: Unidad de potencia eléctrica del Sistema Internacional, correspondiente a 1 julio por segundo. Las potencias en vatios = (corriente en amperios) (diferencia de potencial en voltios).
- Weierstrass: es un teorema que explica que si una función  $f(x)$  está definida y es continua en un intervalo cerrado  $[a, b]$ , entonces  $f(x)$  alcanza al menos un máximo y un mínimo absolutos en el intervalo  $[a, b]$ .
- y se forman otras con propiedades diferentes.
- Yarda: es una medida de longitud del Sistema Inglés.
- Yocto: es un prefijo que significa cuatrillonésimo.
- Yotta: es un prefijo que significa cuatrillón.
- Zepto: es un prefijo que significa miltrillonésimo.
- Zetta: es un prefijo que significa mil trillones.
- Zona esférica: una zona esférica es la parte de la esfera comprendida entre dos planos secantes paralelos.



# UNIDAD 1. LAS MAGNITUDES FÍSICAS Y SU MEDIDA

El sistema métrico decimal

El sistema internacional de unidades

Conversiones de unidades con factores de conversión. Unidades compuestas

Magnitudes escalares y vectoriales.

Operaciones básicas con vectores. Suma, resta, producto por un escalar. Vectores de igual dirección o de direcciones perpendiculares

Ejemplos físicos de operaciones con vectores: composición de fuerzas y composición de velocidades

<https://yosoytuprofe.com/2016/10/19/las-magnitudes-fisicas-y-sus-medidas/>

Podemos interpretar los fenómenos de la naturaleza gracias a que los cuerpos poseen propiedades que pueden ser **medidas**. Por ello, hoy estudiaremos las magnitudes físicas y sus medidas .

## ¿Qué es una magnitud física?

Una **magnitud física** es todo aquello que se puede medir. Entendiendo por **medir** la comparación de una magnitud con otra de la misma especie que se toma como unidad.

Debemos saber que existen dos tipo de magnitudes:

Las **magnitudes básicas o fundamentales**: son aquellas que se definen por sí mismas y son independientes de las demás. Ej: tiempo.

Las **magnitudes derivadas**: son aquellas que se obtienen a partir de las magnitudes fundamentales mediante expresiones matemáticas. Ej: velocidad= distancia/tiempo

Las **unidades de medida** son aquellos valores de referencia que nos sirven para comparar las magnitudes físicas y a la que se le asigna valor 1. El resultado de una medida **debe ir siempre** acompañado de su unidad de medida.

**TABLA.** Unidades básicas en el SI

Magnitud básica	Unidad	Abreviatura
Longitud	metro	m
Masa	Kilogramo	Kg
Tiempo	segundo	s
Temperatura	Kelvin	K
Intensidad de corriente	Amperio	A

El **metro** se define como la longitud igual a cierto número de veces (1650763,73) la longitud de onda en el vacío de la luz anaranjada que emite el Kriptón-86.

El **kilogramo** es la masa del kilogramo patrón que se conserva en Sévres y que es un cilindro de platino e iridio sancionado por la III Conferencia general de pesas y medidas.

El **segundo** se mide utilizando el movimiento de los electrones en los átomos. Es el tiempo que tarda un electrón del átomo de Cesio-133 en moverse entre dos niveles electrónicos (9192631270 periodos de la radiación correspondiente a la transición entre los niveles electrónicos del estado fundamental del Cesio).

El **Amperio** se define como la intensidad de corriente que circula por dos conductores rectilíneos y paralelos separados a

una distancia de un metro cuando la fuerza mutua que actúa entre ellos es de  $2 \cdot 10^{-7}$  Newton por metro de cada conductor en el vacío.

Una buena unidad de medida debe cumplir:

**Ser siempre constante**, no debe depender del tiempo ni de las personas que realice la medida.

**Es universal**, es decir, poder ser utilizada en cualquier parte del mundo.

**Debe ser fácil de reproducir.**

**TABLA.** Múltiplos y submúltiplos de las unidades del SI

Prefijo	Símbolo	Potencia
tera	T	$10^{12}$
giga	G	$10^9$
mega	M	$10^6$
kilo	k	$10^3$
hecto	h	$10^2$
deca	da	$10^1$
deci	d	$10^{-1}$
centi	c	$10^{-2}$
mili	m	$10^{-3}$
micro	$\mu$	$10^{-6}$
nano	n	$10^{-9}$
pico	p	$10^{-12}$

Muchas veces es necesario transformar las unidades, bien porque no están en el SI, bien porque lo necesitemos por comodidad. Para realizar estas transformaciones de unas unidades a otras utilizamos los factores de conversión.

**El factor de conversión** es una fracción igual a la unidad que expresa la equivalencia entre dos unidades. Ej:  $1000\text{m}/1\text{km}=1$

**TABLA.** Factores de conversión

$1 \text{ L} = 1 \text{ dm}^3$	$1 \text{ h} = 3600 \text{ s}$
$1 \text{ kp} = 9,8 \text{ N}$	$1 \text{ KWh} = 3,6 \cdot 10^6 \text{ J}$
$1 \text{ CV} = 735,5 \text{ W}$	$1 \text{ mol de gas (c.n.)} = 22,4 \text{ L}$

**TABLA.** Unidades derivadas en el SI

Magnitud	Unidad	Símbolo
Superficie	metro cuadrado	m <sup>2</sup>
Volumen	metro cúbico	m <sup>3</sup>
Densidad	kilogramo por metro cuadrado	kg. m <sup>-3</sup>
Velocidad	metro por segundo	m.s <sup>-1</sup>
Aceleración	metro por segundo al cuadrado	m.s <sup>-2</sup>
Fuerza	newton	N
Energía, trabajo	julio	J
Potencia	vatio	W
Carga eléctrica	culombio	C
Intensidad del campo magnético	newton por culombio	N.C <sup>-1</sup>
Potencial eléctrico	voltio	V
Resistencia eléctrica	ohmio	Ω

### Factores de conversión para unidades compuestas

Los factores de conversión también sirven para convertir unidades compuestas como la velocidad, por ejemplo km/h en m/s, o el flujo de volumen, por ejemplo μL/min (microlitros por minuto) en mL/h (mililitros/hora).

Por ejemplo, vamos a convertir 200μL/min a mL/h. Lo primero es encontrar las igualdades que nos serán necesarias: ¿cuanto es un mili?, ¿cuanto es un micro?, ¿cuantos minutos hay en una hora?:

$$1\text{m} = 10^{-3} = 0,001$$

$$1\mu = 10^{-6} = 0,000001$$

$$1\text{h} = 60\text{min}$$

cada una de estas igualdades la convertiremos en un factor de conversión como ya sabemos hacer, una fracción que multiplicará a los 200μL/min. ¿Qué hay que poner en el numerador, y qué en el denominador?

Como queremos eliminar μ (micro) del numerador, tenderemos que poner la μ en el denominador, es decir, usaremos el factor 10<sup>-6</sup>/μ.

Como queremos eliminar los minutos para poner las horas, y los minutos están en el denominador, en el factor de conversión los minutos tendrán que aparecer en el numerador: 60min/h

Finalmente, como queremos poner los milis (m) en el numerador, pues ponemos el factor de conversión con m en el numerador, es decir 1m/10<sup>-3</sup>.

El resultado será

$$200 \cdot \mu\text{L}/\text{min} \cdot 10^{-6}/\mu \cdot 60\text{min}/1\text{h} \cdot 1\text{m}/10^{-3} = 200 \cdot (10^{-6} \cdot 60)/10^{-3} \cdot (\mu\cdot\text{L}\cdot\text{min}\cdot\text{m})/(\text{min}\cdot\mu\cdot\text{h}) = 200\text{mL}/\text{h}$$

observar que los minutos y el prefijo μ se cancelan. Aplicando los factores de conversión nos olvidamos por completo de las habituales dudas ¿hay que multiplicar o dividir? que conducen a errores.

otros ejemplos

Queremos pasar 2 horas a minutos:

$$2 \text{ horas} \cdot \frac{60 \text{ minutos}}{1 \text{ hora}} = 120 \text{ minutos}$$

FACTOR DE CONVERSIÓN

Para convertir esta cantidad lo que hacemos es poner la unidad que queremos eliminar en el denominador y la unidad a la que queremos convertir en el numerador, para así poder multiplicar el 2 con el numerador que es 60 y así obtener el valor de 120 minutos

Queremos pasar 30 cm a m:

$$30 \text{ cm} \cdot \frac{1 \text{ m}}{100 \text{ cm}} = 0,3 \text{ m}$$

FACTOR DE CONVERSIÓN

Queremos pasar 120 km/h a m/s:

$$120 \frac{\text{km}}{\text{hora}} \cdot \frac{1000 \text{ m}}{1 \text{ km}} \cdot \frac{1 \text{ hora}}{3600 \text{ s}} = 33,3 \text{ m/s}$$

FACTOR DE CONVERSIÓN de km a m      FACTOR DE CONVERSIÓN de horas a segundos

## EJERCICIOS DE REPASO. CAMBIO DE UNIDADES

1.- Expresa en unidades del SI las siguientes medidas:

a)  $20,3 \text{ dam}^2$ .  $20,3 \cancel{\text{dam}^2} \cdot \frac{1 \text{ m}^2}{10^2 \cancel{\text{dam}^2}} = 2,03 \cdot 10^{-1} \text{ m}^2$ .

b)  $2,5 \text{ mm}^3$ .  $2,5 \cancel{\text{mm}^3} \cdot \frac{1 \text{ m}^3}{10^9 \cancel{\text{mm}^3}} = 2,5 \cdot 10^{-9} \text{ m}^3$ .

c)  $1,7 \text{ g/cm}^3$ .  $1,7 \frac{\cancel{\text{g}}}{\cancel{\text{cm}^3}} \cdot \frac{1 \text{ kg}}{10^3 \cancel{\text{g}}} \cdot \frac{10^6 \cancel{\text{cm}^3}}{1 \text{ m}^3} = 1,7 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$ .

d)  $72 \text{ km/h}$ .  $72 \frac{\cancel{\text{km}}}{\cancel{\text{h}}} \cdot \frac{1 \cancel{\text{h}}}{3600 \text{ s}} \cdot \frac{10^3 \text{ m}}{1 \cancel{\text{km}}} = 20 \text{ m/s}$ .

2.- Expresa en unidades del SI las siguientes medidas. Utiliza la notación científica.

a)  $20 \text{ km/min}$ .  $20 \frac{\cancel{\text{km}}}{\cancel{\text{min}}} \cdot \frac{10^3 \text{ m}}{1 \cancel{\text{km}}} \cdot \frac{1 \cancel{\text{min}}}{60 \text{ s}} = \frac{1}{3} \cdot 10^3 \text{ m/s}$ .

b)  $70 \text{ cm}^3$ .  $70 \cancel{\text{cm}^3} \cdot \frac{1 \text{ m}^3}{10^6 \cancel{\text{cm}^3}} = 7 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3$ .

c)  $1,3 \text{ g/ml}$ .  $1,3 \frac{\cancel{\text{g}}}{\cancel{\text{ml}}} \cdot \frac{1 \text{ kg}}{10^3 \cancel{\text{g}}} \cdot \frac{10^3 \cancel{\text{ml}}}{1 \cancel{\text{l}}} \cdot \frac{1 \cancel{\text{l}}}{1 \cancel{\text{dm}^3}} \cdot \frac{10^3 \text{ dm}^3}{1 \text{ m}^3} = 1,3 \text{ kg/m}^3$ .

d)  $63,5 \text{ cm}^2$ .  $63,5 \cancel{\text{cm}^2} \cdot \frac{1 \text{ m}^2}{10^4 \cancel{\text{cm}^2}} = 6,35 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$ .

e)  $245,8 \text{ dm}^3$ .  $245,8 \cancel{\text{dm}^3} \cdot \frac{1 \text{ m}^3}{10^3 \cancel{\text{dm}^3}} = 2,5 \cdot 10^{-1} \text{ m}^3$ .

f)  $0,8 \text{ g/cm}^3$ .  $0,8 \frac{\cancel{\text{g}}}{\cancel{\text{cm}^3}} \cdot \frac{1 \text{ kg}}{10^3 \cancel{\text{g}}} \cdot \frac{10^6 \cancel{\text{cm}^3}}{1 \text{ m}^3} = 8 \cdot 10^2 \text{ kg/m}^3$ .

g)  $5 \text{ cm}^3$ .  $5 \cancel{\text{cm}^3} \cdot \frac{1 \text{ m}^3}{10^6 \cancel{\text{cm}^3}} = 5 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3$ .

h)  $0,02 \text{ g/cm}^3$ .  $0,02 \frac{\cancel{\text{g}}}{\cancel{\text{cm}^3}} \cdot \frac{1 \text{ kg}}{10^3 \cancel{\text{g}}} \cdot \frac{10^6 \cancel{\text{cm}^3}}{1 \text{ m}^3} = 2 \cdot 10^1 \text{ kg/m}^3$ .

i)  $0,05 \text{ km}^2$ .  $0,05 \cancel{\text{km}^2} \cdot \frac{10^6 \text{ m}^2}{1 \cancel{\text{km}^2}} = 5 \cdot 10^4 \text{ m}^2$ .



3.- Realiza los siguientes cambios de unidades:

a)  $25 \text{ cm}^3$  a  $\text{m}^3$ .  $25 \cancel{\text{cm}^3} \cdot \frac{1 \text{m}^3}{10^6 \cancel{\text{cm}^3}} = 2,5 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3$ .

b)  $5 \text{ kg/m}^3$  a  $\text{g/cm}^3$ .  $5 \frac{\cancel{\text{kg}}}{\cancel{\text{m}^3}} \cdot \frac{10^3 \text{g}}{1 \cancel{\text{kg}}} \cdot \frac{1 \cancel{\text{m}^3}}{10^6 \cancel{\text{cm}^3}} = 5^{-3} \text{ g/cm}^3$ .

c)  $10 \text{ km/h}$  a  $\text{m/s}$ .  $10 \frac{\cancel{\text{km}}}{\cancel{\text{h}}} \cdot \frac{10^3 \text{m}}{1 \cancel{\text{km}}} \cdot \frac{1 \cancel{\text{h}}}{3600 \text{s}} = \frac{1}{36} \cdot 10^2 \text{ m/s} = \frac{25}{9} \text{ m/s}$ .

d)  $7 \text{ m/s}$  a  $\text{km/h}$ .  $7 \frac{\cancel{\text{m}}}{\cancel{\text{s}}} \cdot \frac{1 \cancel{\text{km}}}{10^3 \cancel{\text{m}}} \cdot \frac{3600 \cancel{\text{s}}}{1 \text{h}} = 2,52 \cdot 10 \text{ km/h}$ .

e)  $30 \text{ cm}^2$  a  $\text{m}^2$ .  $30 \cancel{\text{cm}^2} \cdot \frac{1 \text{m}^2}{10^4 \cancel{\text{cm}^2}} = 3 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$ .

f)  $5 \cdot 10^{-4} \text{ t}$  a  $\text{g}$ .  $5 \cdot 10^{-4} \cancel{\text{t}} \cdot \frac{10^6 \text{g}}{1 \cancel{\text{t}}} = 5 \cdot 10^2 \text{ g}$ .

g)  $10 \text{ kg/m}^3$  a  $\text{g/cm}^3$ .  $10 \frac{\cancel{\text{kg}}}{\cancel{\text{m}^3}} \cdot \frac{10^3 \text{g}}{1 \cancel{\text{kg}}} \cdot \frac{1 \cancel{\text{m}^3}}{10^6 \cancel{\text{cm}^3}} = 1 \cdot 10^{-2} \text{ g/cm}^3$ .

h)  $5 \text{ mg/cm}^3$  a  $\text{kg/l}$ .  $5 \cdot \frac{\cancel{\text{mg}}}{\cancel{\text{cm}^3}} \cdot \frac{1 \cancel{\text{kg}}}{10^6 \cancel{\text{mg}}} \cdot \frac{10^3 \cancel{\text{cm}^3}}{1 \cancel{\text{dm}^3}} \cdot \frac{1 \cancel{\text{dm}^3}}{1 \text{l}} = 5 \cdot 10^{-3} \text{ kg/l}$ .

i)  $120 \text{ m/s}$  a  $\text{cm/h}$ .  $120 \frac{\cancel{\text{m}}}{\cancel{\text{s}}} \cdot \frac{3600 \cancel{\text{s}}}{1 \text{h}} \cdot \frac{10^2 \text{cm}}{1 \cancel{\text{m}}} = 4,32 \cdot 10^7 \text{ cm/h}$ .

Fuentes:

<https://www.fisicapractica.com/magnitudes.php>

<https://www.fisic.ch/contenidos/elementos-b%C3%A1sicos-1/vectores/>

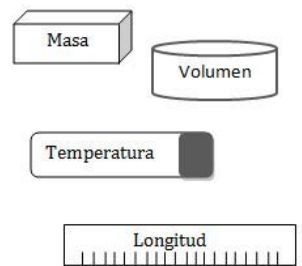
### Magnitudes escalares y vectoriales

Las magnitudes son propiedades físicas que pueden ser medidas, como por ejemplo temperatura, longitud, fuerza, corriente eléctrica, etc. Encontramos dos tipos de magnitudes, las escalares y las vectoriales.

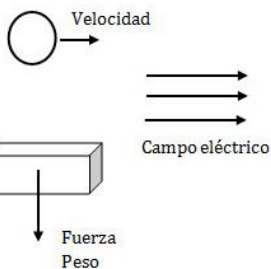
#### Magnitudes escalares

Las magnitudes escalares tienen únicamente como variable a un número que representa una determinada cantidad. Son aquellas que quedan definidas exclusivamente por un módulo, es decir, por un número acompañado de una unidad de medida. Es el caso de masa, tiempo, temperatura, distancia. Por ejemplo, 5,5 kg, 2,7 s, 400 °C y 7,8 km, respectivamente.

La masa de un cuerpo, que en el Sistema Internacional de Unidades se mide en kilogramos, el volumen, que se mide en metros cúbicos, la temperatura o la longitud, son algunos ejemplos de magnitudes escalares.



#### Magnitudes vectoriales



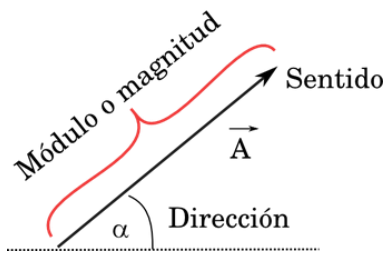
En muchos casos las magnitudes escalares no nos dan información completa sobre una propiedad física.

Por ejemplo una fuerza de determinado valor puede estar aplicada sobre un cuerpo en diferentes sentidos y direcciones. Tenemos entonces las magnitudes vectoriales que, como su nombre lo indica, se representan mediante vectores, es decir que además de un módulo (o valor absoluto) tienen una dirección y un sentido.

Ejemplos de magnitudes vectoriales son la velocidad, la fuerza, la aceleración y el campo eléctrico.

Todas las magnitudes vectoriales se representan gráficamente mediante vectores, que simbolizan a través de una flecha.

## Vector

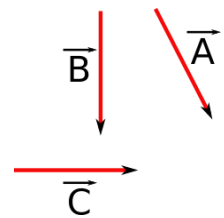


Un vector tiene tres características esenciales: módulo, dirección y sentido. Para que dos vectores sean considerados iguales, deben tener **igual módulo, igual dirección e igual sentido**.

Los vectores se representan geoméricamente con flechas y se le asigna por lo general una letra que en su parte superior lleva una pequeña flecha de izquierda a derecha como se muestra en la figura.

Imagen 1: Muestra las principales características de un vector

Imagen 2: Vectores con igual módulo, pero distintas direcciones



**Módulo:** está representado por el tamaño del vector, y hace referencia a la intensidad de la magnitud (número). Se denota con la letra solamente **A** o **|A|**

*Vectores de igual módulo.* Todos podrían representar, por ejemplo, una velocidad de 15 km/h, pero en distintas direcciones, por lo tanto todos tendrían **distinta velocidad**.

*Vectores de distinto módulo.* Se espera que el vector de menor tamaño represente por ejemplo una velocidad menor que la de los demás.

*Vectores de distinto módulo:* Así, los vectores de la figura podrían representar velocidades de 20 km/h, 5 km/h y 15 km/h, respectivamente.

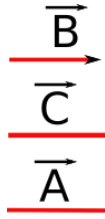


Imagen 3: Muestra tres vectores de distinto módulo, pero igual dirección y sentido

**Dirección:** corresponde a la inclinación de la recta, y representa al ángulo entre ella y un eje horizontal imaginario (ver figura 2) . También se pueden utilizar los ejes de coordenadas cartesianas (**x, y y z**) como también los puntos cardinales para la dirección.

*Vectores de distinto módulo:* Dos vectores tienen la misma dirección cuando la inclinación de la recta que los representa es la misma, es decir, cuando son paralelos.

*Vectores de igual dirección:* Sin importar hacia dónde apuntan o cuál es su tamaño, los vectores de la figura son paralelos, por lo que tienen la misma dirección. (figura 3)

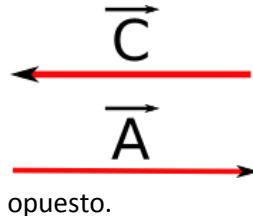
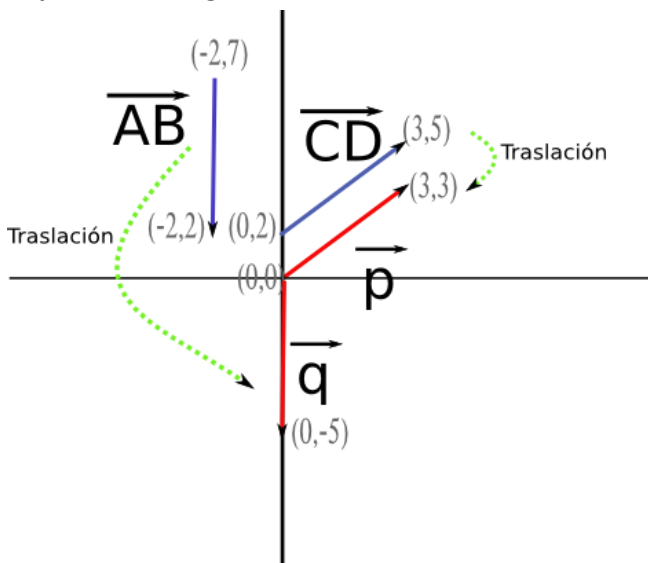


Imagen 4: Representa dos vectores con igual módulo, dirección, pero sentidos contrarios.

**Sentido:** está indicado por la punta de la flecha. (**signo positivo que por lo general no se coloca, o un signo negativo**). No corresponde comparar el sentido de dos vectores que no tienen la misma dirección, de modo que se habla solamente de vectores con el mismo sentido o con sentido opuesto.

## Representación geométrica de un Vector



Ya has aprendido que los vectores son definidos a través de tres características, que son: **módulo, dirección y sentido**. Aunque su posición en el espacio no es uno de los componentes para definirlo, el estudio de los vectores se facilita si los ubicamos en un sistema de coordenadas cartesianas que nos ayude a tener mayor precisión, de manera de poder representarlos de una forma algebraica como de una manera geométrica.

Imagen 5: Muestra la traslación de los vectores al origen

Una de las características es que cuando tenemos un vector que no está en el origen de nuestro plano cartesiano, lo podemos trasladar, de manera que siempre el origen sea el (0,0) y así facilitar nuestros cálculos, pues sólo necesitaremos el punto final para determinarlo.

En el dibujo anterior hemos llamado **p** al vector **CD** trasladado. Por otro lado hemos llamado **q** al vector **AB** trasladado. Si sus puntos de origen se trasladan al origen, veremos que el vector

que antes tenía como coordenadas **(0,2)** y **(3,5)** ha sido traslado, de manera que sólo debemos identificar el punto final que en este caso corresponde a **(3,3)**. De igual forma se ha procedido para el vector **q**.

## Actividad modelada

Grafica los vectores  $\vec{e}$  (0, 3),  $\vec{f}$  (9, 2),  $\vec{g}$  (3, -6),  $\vec{h}$  (-5, -2), y  $\vec{i}$  (4, 5), calcula el módulo de cada uno de ellos y ordénalos en forma creciente.

Los vectores mencionados se encuentran graficados en la figura, y a continuación se calculará el módulo de ellos.

El módulo del vector  $\vec{e}$  es trivial, puesto que es igual a 3 unidades, y para obtenerlo basta con contar los cuadritos en el plano cartesiano.

Un caso más interesante tenemos en cualquiera de los demás vectores. El módulo del vector  $\vec{f}$ , por ejemplo, se calcula como la hipotenusa de un triángulo rectángulo de catetos 2 y 9 unidades:

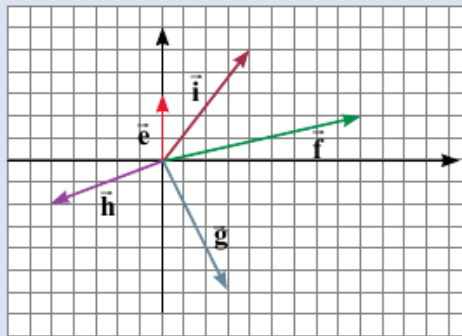
$$\sqrt{2^2 + 9^2} = \sqrt{4 + 81} = \sqrt{85} = 9,2u$$

Observa que en todos los casos el módulo corresponde a la hipotenusa de un triángulo cuyos catetos son los valores absolutos de las componentes cartesianas del punto final del vector cuando este se inicia en el origen.

Así, por ejemplo, el vector  $\vec{g}$  tiene componentes (3, -6), por lo que su módulo es la hipotenusa de un triángulo rectángulo de catetos 3 u y 6 u, es decir, su módulo es  $\sqrt{9 + 36} = \sqrt{45} = 6,7u$ .

Continuando con el mismo procedimiento para los demás vectores, se tendría que el orden creciente de los vectores según su módulo es:

- |   |   |
|---|---|
| 1. $\vec{e}$ , módulo = $\sqrt{9} u = 3 u$    | 4. $\vec{i}$ , módulo = $\sqrt{41} = 6,4 u$   |
| 2. $\vec{h}$ , módulo = $\sqrt{29} u = 5,4 u$ | 5. $\vec{f}$ , módulo = $\sqrt{85} u = 9,2 u$ |
| 3. $\vec{g}$ , módulo = $\sqrt{45} u = 6,7 u$ |   |



## Operaciones geométricas vectoriales

Al igual que los números, los vectores pueden operarse entre sí, a través de la suma, la resta, la multiplicación por un escalar, la división por un escalar, producto punto y producto cruz. Estos dos últimos son propios de los vectores.

### Suma geométrica de vectores

Al sumar dos vectores se obtiene otro vector (vector suma o resultante). Para obtener el vector suma es necesario recurrir a lo que se conoce como "regla del paralelogramo". Esto es, se construye un paralelogramo que tenga los vectores como lados y se traza la diagonal del mismo para obtener el vector suma.

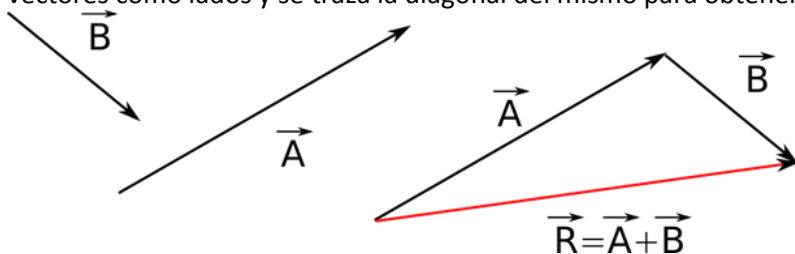


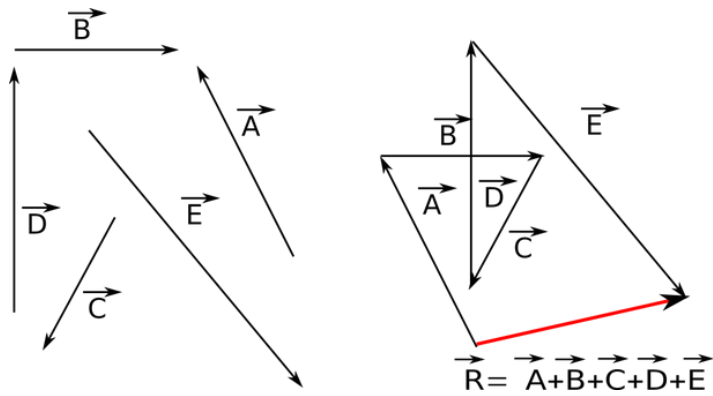
Imagen 6: Muestra la suma de vectores

Si queremos sumar  $A + B$ , se dibuja uno a continuación del otro, trasladándolo. El vector resultante es el que va desde el punto inicial del primero vector hasta el final del último. Cabe destacar que la suma es conmutativa es decir:

$$A + B = B + A$$

Cuando se quiere sumar más de un vector, se procede de la misma forma anterior, pero ahora se colocan uno a continuación del otro hasta el último. Luego la recta que une el inicio del primer vector con el término del último es el vector resultante.

Imagen 7: Muestra la suma de más de dos vectores



### Resta geométrica de vectores

Para la resta se procede de la misma forma que la suma, pero el vector que resta se debe dibujar con sentido contrario, o sea el signo negativo cambia el sentido del vector. Luego el vector resultante es el que va desde el punto inicial del primer vector, hasta el final del vector que se le cambio el sentido.

Cabe mencionar que la resta no es conmutativa

$A - B$  es distinto a  $B - A$

$A - B = - (B - A)$

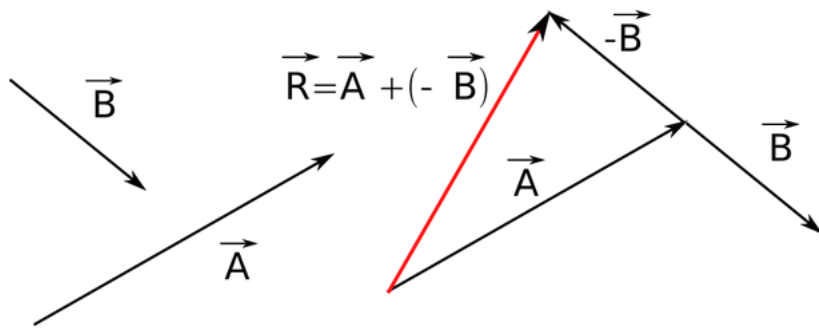
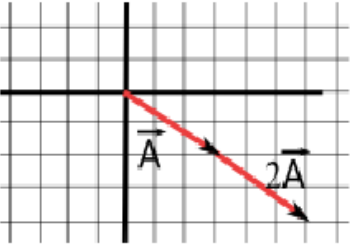
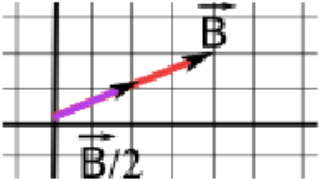
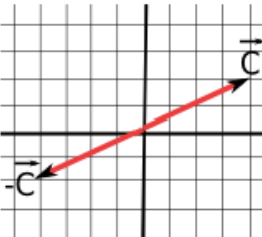


Imagen 8: Muestra la resta de dos vectores

### Multiplicación de un escalar por un vector

Multiplicación por un número positivo mayor que 1	Multiplicación por un número positivo menor que 1 y mayor que cero
<p>En este caso el vector que se multiplica aumenta de módulo según el valor del escalar que multiplica y su dirección y sentido nunca cambian.</p> <p><b>Ejemplo:</b> sea el vector <math>A = (3, -2)</math> el cual se multiplica por 2, entonces tenemos:</p> <p><i>Forma algebraica</i>  <math>2 \cdot (3, -2) = (6, -4)</math></p> <p><i>Forma geométrica</i></p> 	<p>En este caso el escalar que multiplica al vector, hace que el módulo disminuya en cierto valor manteniendo su dirección y sentido.</p> <p><b>Ejemplo:</b> Sea el vector <math>B = (4, 2)</math> si lo multiplicamos por 0,5, entonces tenemos:</p> <p><i>Forma algebraica</i>  <math>0,5 \cdot (4, 2) = (2, 1)</math></p> <p><i>Forma geométrica</i></p> 
Multiplicación por un -1	
<p>En este caso, al multiplicar un vector por el escalar -1, o cualquier número negativo cambia el sentido del vector y si es un número mayor o menor que 1 cambia el tamaño del módulo también.</p> <p><b>Ejemplo:</b> Sea <math>C = (4, 2)</math> y se multiplica por -1, entonces tenemos que:</p> <p><math>-1 \cdot (4, 2) = (-4, -2)</math></p> 	

### Representación algebraica de un vector

#### Componentes rectangulares

Se basa en escribir un vector como suma de otros dos los cuales son ortogonales (perpendiculares entre si), para ello se apoya en el plano cartesiano, los vectores que se suman estén en alguno de los ejes. Las componentes rectangulares se llaman así porque se fundamenta en la construcción de un rectángulo.

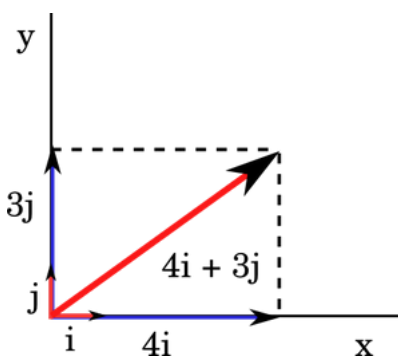


imagen 9: Todo vector se puede escribir como la suma de otro dos ortogonales

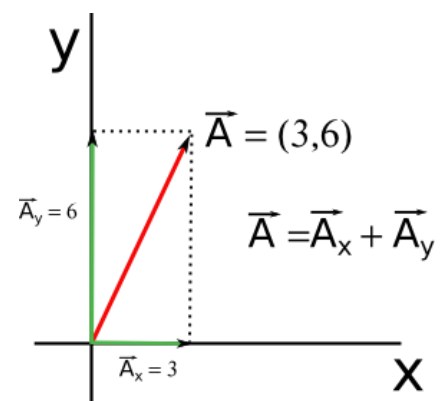
En la imagen se puede ver que el vector  $A$ , no es más que la suma de un vector en el eje "X" y otro en el eje "Y". Cada uno de estos vectores se le conoce con el nombre de componente, así el vector  $A_x$  es la componente "X" del vector  $A$ .

Para poder escribir correctamente estos vectores debemos introducir los vectores unitarios, los cuales se detallan a continuación.

#### Vectores Unitarios

Imagen 10: Vector escrito según sus componentes

Se caracterizan porque su módulo es 1, por lo tanto sólo indican dirección. Como estamos trabajando con el plano



cartesiano tendremos los siguientes vectores unitarios asociados a cada uno de los ejes.

$$\hat{u} = \frac{\vec{v}}{|\vec{v}|}$$

$\hat{u} = (\hat{u}_x, \hat{u}_y, \hat{u}_z)$  a cada vector unitario según el eje de coordenadas se le simboliza así:

$$\hat{u} = (\hat{i}, \hat{j}, \hat{k})$$

### Suma y resta de manera algebraica

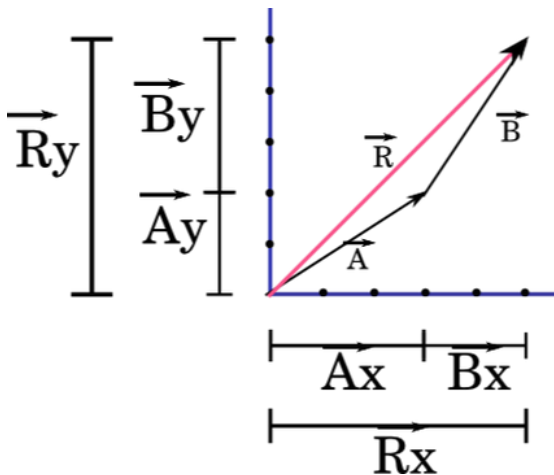


Imagen 11: suma algebraica de vectores

Sean dos vectores **A** y **B** que se quieren sumar, entonces procedemos de la manera gráfica que sabemos, lo que nos da como resultado el vector **R**. Ahora lo que haremos es escribir tanto el vector **A** como el **B** según sus componentes, entonces nos damos cuenta que la suma de la componente "X" del vector **A** y **B**, es la componente "X" del vector **R** y así también con el eje "Y".

Por lo tanto para sumar vectores de manera algebraica se debe escribir cada vector según sus componentes y luego sumar las componentes "X" e "Y" de los vectores, el resultado será el vector resultante según sus componentes, con las cuales se puede sacar el módulo del vector **R**.

Sea los vectores:

$$\vec{A} = A_x \hat{i} + A_y \hat{j}$$

$$\vec{B} = B_x \hat{i} + B_y \hat{j}$$

$$\vec{A} + \vec{B} = (A_x + B_x) \hat{i} + (A_y + B_y) \hat{j}$$

$$\vec{R}_x = (A_x + B_x) \hat{i}$$

$$\vec{R}_y = (A_y + B_y) \hat{j} \quad \text{así}$$

$$\vec{R} = R_x \hat{i} + R_y \hat{j} \quad \text{y el módulo es: } |\vec{R}| = \sqrt{R_x^2 + R_y^2}$$

Ejemplo 1: Dados los vectores  $A=(3,4)$  y  $B=(1,-2)$  ¿Cuál es el vector resultante?

$$\vec{A} = 3\hat{i} + 4\hat{j}$$

$$\vec{B} = 1\hat{i} - 2\hat{j}$$

$$\vec{R} = \vec{A} + \vec{B} = (3+1)\hat{i} + (4-2)\hat{j}$$

$$\vec{R} = 4\hat{i} + 2\hat{j} \quad \text{y el módulo es: } |\vec{R}| = \sqrt{4^2 + 2^2} = \sqrt{20} = 2\sqrt{5}$$

### Componentes de un vector

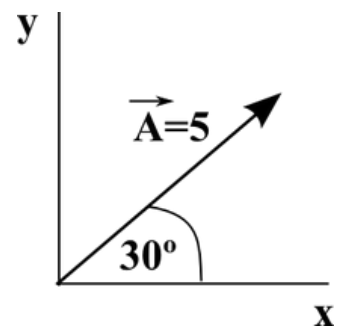
#### Cálculo de las componentes de un vector

Como no hemos dado cuenta para sumar o restar y operar con los vectores es necesario escribirlos en sus componentes, para ello utilizaremos las proporciones trigonométricas.

Entonces al aplicar estas proporciones tenemos para el vector A que:

Componente **x** es  $5 \cos 30$

Componente **y** es  $5 \sin 30$



El vector **A** según sus componentes es

$$\vec{A} = 5 \cos 30^\circ \hat{i} + 5 \sin 30^\circ \hat{j}$$

$$\vec{A} = 5 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} \hat{i} + 5 \cdot \frac{1}{2} \hat{j}$$

$$\vec{A} = 4,33 \hat{i} + 2,5 \hat{j}$$

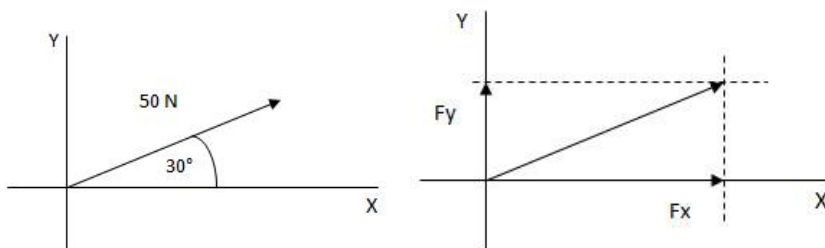
### Composición y descomposición de fuerzas

La composición y la descomposición de fuerzas son los procedimientos que consisten en transformar una fuerza en sus dos componentes rectangulares (descomposición) o sus dos componentes rectangulares en una fuerza (composición).

#### Descomposición de fuerzas

La descomposición de fuerzas en componentes rectangulares consiste en hallar las proyecciones de una fuerza sobre sus dos ejes cartesianos. Es decir que se transforma una fuerza en otras dos que se encuentren sobre los ejes y que sumadas dan la fuerza original.

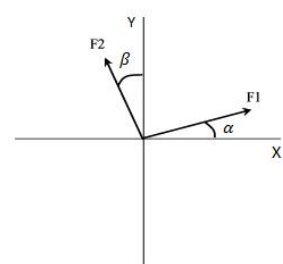
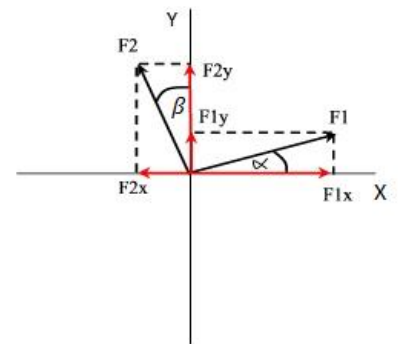
Por ejemplo, una fuerza de 50 N con un ángulo de 30° la podemos representar de la siguiente manera:



Lo que hacemos entonces es proyectar cada fuerza dada sobre los ejes X e Y, reemplazándola de esta manera por dos fuerzas perpendiculares entre sí que sumadas dan la fuerza original.

Debido a que entre las fuerzas y los ejes se forman triángulos rectángulos, descomponer una fuerza consiste en hallar dos catetos a partir del valor de la hipotenusa y de algún ángulo. Por lo tanto para llevar a cabo la descomposición se aplican relaciones trigonométricas.

También podemos componer fuerzas. Es decir a partir de dos fuerzas hallar una sola. Es equivalente a tener dos catetos de un triángulo y buscar la hipotenusa. Esto se hace utilizando el teorema de Pitágoras (para hallar el largo) y relaciones trigonométricas para hallar el ángulo.



#### Ejemplo de descomposición con más de una fuerza

Si tenemos varias fuerzas podemos descomponer cada una sobre sus ejes y luego hacer una sumatoria por eje en el caso de que lo que queramos hacer sea sumarlas.

En el siguiente ejemplo se tienen dos fuerzas y se calculan las dos componentes rectangulares para cada una.

Proyectamos las fuerzas sobre los ejes

$$F_1 = 100 \text{ newton} \quad \alpha = 20^\circ \text{ del eje X}$$

$$F_2 = 80 \text{ newton} \quad \beta = 20^\circ \text{ del eje Y}$$

$$\cos \alpha = \frac{F_{1X}}{F_1} \quad F_{1X} = F_1 \cdot \cos \alpha$$

$$\sin \alpha = \frac{F_{1Y}}{F_1} \quad F_{1Y} = F_1 \cdot \sin \alpha$$

$$\sin \beta = \frac{F_{2X}}{F_2} \quad F_{2X} = F_2 \cdot \sin \beta$$

$$\cos \beta = \frac{F_{2Y}}{F_2} \quad F_{2Y} = F_2 \cdot \cos \beta$$

Para la F1: Planteamos las siguientes relaciones trigonométricas

Despejamos las componentes sobre los ejes X e Y

Para la F2: Planteamos las mismas relaciones trigonométricas para la fuerza número 2

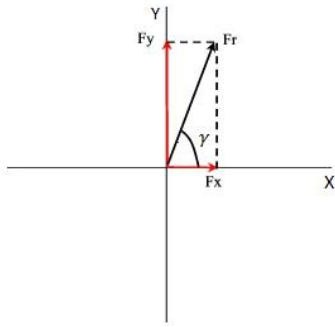
Despejamos las componentes sobre cada eje

Luego de tener cada componente separada podemos hacer la sumatoria sobre cada eje y obtenemos una fuerza total  $F_x$  para el eje X y otra  $F_y$  para el eje Y.

$$\Sigma F_x = +F_{1X} - F_{2X}$$

$$\Sigma F_y = +F_{1Y} + F_{2Y}$$

## Composición de fuerzas



Para hallar la resultante total hay que realizar el procedimiento inverso, es decir componer las dos fuerzas.

El módulo se calcula como la raíz cuadrada de cada componente al cuadrado:

$$F = \sqrt{F_x^2 + F_y^2}$$

El ángulo se puede calcular con la tangente:

$$\text{Tg } \gamma = \frac{F_y}{F_x}$$

$$\gamma = \text{Arc Tg} \left( \frac{F_y}{F_x} \right)$$

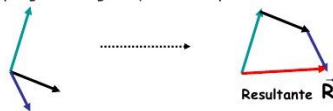
<https://es.slideshare.net/chemaportaceli/vectores-3346540>

## COMPOSICIÓN DE FUERZAS

Para componer dos o más fuerzas existen dos métodos, aunque no siempre aplicaremos ambos. Son:

### Gráfico

Se colocan las fuerzas una a continuación de la otra respetando sus correspondientes direcciones y sentidos ("se transportan"). La resultante será el vector determinado por el punto de aplicación inicial y el extremo del último vector dibujado. Cuando se aplica a dos vectores se le suele llamar también "método del paralelogramo"; para más de dos vectores, "método del polígono". Seguro que eres capaz de deducir el porqué...

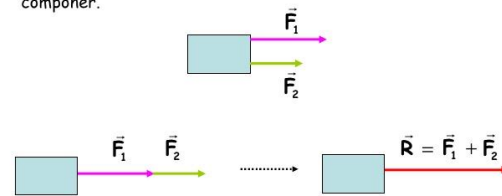


### Numérico

Dependiendo de las direcciones y sentidos de las fuerzas a componer tendremos que sumar los módulos, restarlos o realizar operaciones más complejas.

### a) Misma dirección

a.1) **Mismo sentido:** se suman los módulos de los vectores a componer.

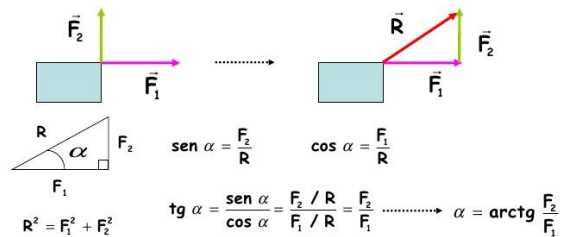


Numéricamente:

$$R = F_1 + F_2$$

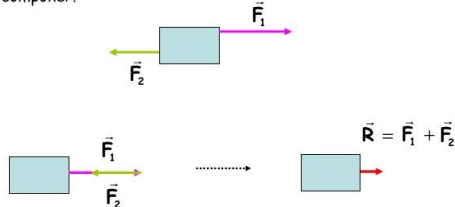
### b) Distinta dirección

b.1) **Perpendiculares:** se aplica el método gráfico y usamos el teorema de Pitágoras sobre el triángulo que determinan los dos vectores y su resultante. Obviamente, el triángulo es rectángulo (para los despistados).



### a) Misma dirección

a.2) **Sentidos contrarios:** se restan los módulos de los vectores a componer.

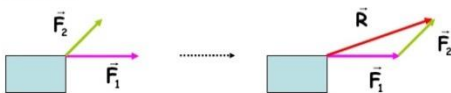


Numéricamente:

$$R = F_1 - F_2$$

### b) Distinta dirección

b.2) **No perpendiculares:** se aplica el método gráfico exclusivamente. El método numérico se dejará para cursos más avanzados.



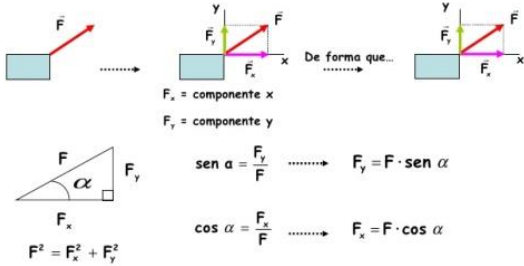
En caso que hubiera que componer más de un vector, lo haríamos sucesivamente, uno a uno:





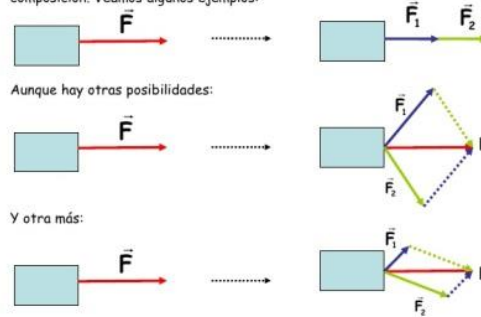
## DESCOMPOSICIÓN DE FUERZAS

Entonces, ¿cuál es la forma correcta de descomponer un vector? Pues todas. En realidad hay infinitas maneras de descomponer un vector y todas son correctas pues cumplen la definición de descomposición vectorial. Nosotros vamos a estudiar una llamada **DESCOMPOSICIÓN NORMAL**, en la que los vectores obtenidos (**componentes**), son perpendiculares entre sí.



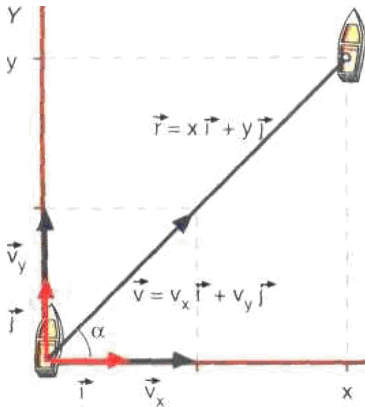
## DESCOMPOSICIÓN DE FUERZAS

Descomponer un vector consiste en encontrar otros vectores (normalmente dos) cuya composición nos de el vector inicial. Esencialmente, es el proceso contrario al de la composición. Veamos algunos ejemplos:



## Composición de dos movimientos perpendiculares

Imaginemos una barca con la que el remero pretende cruzar el río perpendicularmente a las orillas. La barca es desviada por la corriente del río de manera que su trayectoria es una recta que forma un ángulo  $\alpha$  con la orilla.



El movimiento real de la barca está compuesto por:

Un MRU perpendicular a las orillas del río, debido al esfuerzo de los remeros.

Un MRU paralelo a las orillas, debido a la corriente del río.

### Vector velocidad.

El móvil sale del punto O sometido a la vez a las velocidades constantes  $v_x$  y  $v_y$ , perpendiculares, siendo  $v$  la velocidad resultante. Ésta es la suma

vectorial de  $v_x$  y  $v_y$ :  $\vec{v} = v_x \vec{i} + v_y \vec{j}$  y su módulo vale  $|\vec{v}| = \sqrt{v_x^2 + v_y^2}$

## PRUEBA DE ACCESO A CICLOS FORMATIVOS DE GRADO SUPERIOR JUNIO 2016

1. Realiza los siguientes cambios de unidades (0,2 puntos por apartado):

- |   |                                |
|---|--------------------------------|
| a) 450 m <sup>2</sup> a cm <sup>2</sup> | f) 30 m/s a km/h               |
| b) 142 nm a m                           | g) 67,9 kg a mg                |
| c) 34 °C a K                            | h) 0,8 mA a μA                 |
| d) 1 día a seg                          | i) 980 g/L a kg/m <sup>3</sup> |
| e) 250 mL a m <sup>3</sup>              | j) 7,2 GV a kV                 |



## **UNIDAD 2. CINEMÁTICA**

**Relatividad del movimiento. Trayectoria**

**Magnitudes para el estudio del movimiento: posición, distancia recorrida, velocidad, aceleración.**

**Estudio de las gráficas e-t y v-t en los movimientos uniformes y acelerados**

**Estudio analítico de los movimientos: uniforme rectilíneo, rectilíneo uniformemente acelerado, circular uniforme y circular uniformemente acelerado.**

**2.1. Movimiento de un cuerpo**

**2.2. Posición de un cuerpo. Necesidad de un sistema de referencia.**

**2.3. Diferencia entre posición, distancia recorrida y desplazamiento.**

**2.4. Velocidad media y velocidad instantánea.**

**2.5. Concepto de aceleración**

**2.6. Estudio de algunos movimientos**

**2.6.1. Movimiento rectilíneo uniforme. (MRU)**

**2.6.2. Movimiento rectilíneo uniformemente variado o acelerado. (MRUA)**

**2.6.3. Movimientos con gravedad**

**Caída libre**

**Lanzamiento vertical**

**2.6.4. Movimiento circular uniforme (MCU)**

**2.6.5. La aceleración en los movimientos curvilíneos**

**EJERCICIOS RESUELTOS DE GRÁFICAS DE MOVIMIENTO**

**EJERCICIOS RESUELTOS DE CINEMÁTICA**

**EXÁMENES DE LA COMUNITAT VALENCIANA**

**OTROS EJERCICIOS**

## 2.1. Movimiento de un cuerpo

Decimos que un cuerpo está en movimiento cuando cambia de posición a lo largo del tiempo con respecto a un punto de referencia que consideramos fijo.

Pero el movimiento de un cuerpo es un concepto relativo, puesto que su posición se determina en cada instante con relación a un punto de referencia que hemos seleccionado; de tal modo que un cuerpo puede estar en movimiento respecto a un sistema de referencia y en cambio estar en reposo a otro.

## 2.2. Posición de un cuerpo. Necesidad de un sistema de referencia.

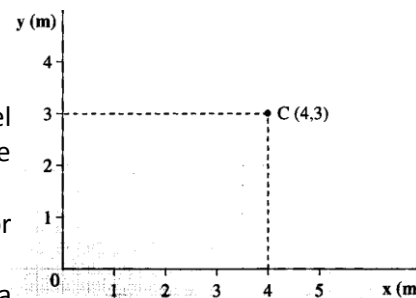
Para determinar la posición de un cuerpo es necesario establecer previamente el sistema de referencia que vamos utilizar. Con frecuencia se utiliza como sistema de referencia un sistema de ejes de coordenadas. Observa la figura anterior:

La posición del cuerpo se determina por sus coordenadas  $x$  e  $y$ . En la figura anterior la posición del cuerpo sería  $x = 4$ ,  $y = 3$ .

Si al transcurrir el tiempo las coordenadas del cuerpo varían, decimos que ha cambiado de posición y, por tanto, que está en movimiento. Si se mantienen con el mismo valor durante cierto tiempo, diremos que está en reposo.

La línea descrita por el cuerpo en su movimiento, se conoce con el nombre de **trayectoria**.

Según la forma de la trayectoria, los movimientos se pueden clasificar en: **rectilíneos**, cuando la trayectoria es una recta, y **curvilíneos**, cuando es una curva. Si la curva descrita es una circunferencia el movimiento se conoce con el nombre de **movimiento circular**.



## 2.3. Diferencia entre posición, distancia recorrida y desplazamiento.

La **posición de un cuerpo** es la distancia medida sobre la trayectoria desde el origen de referencia hasta el punto donde se encuentra el cuerpo.

En la **distancia recorrida** hay que tener en cuenta la posición inicial del cuerpo y medir la distancia recorrida sobre la trayectoria desde la posición inicial hasta la posición final. La distancia recorrida entre dos puntos es la distancia real, medida sobre la trayectoria, que el cuerpo recorre.

El **desplazamiento** es la diferencia entre la posición final del cuerpo y la posición inicial. El valor del desplazamiento entre dos puntos coincide con el de la distancia recorrida, si el cuerpo no cambia de sentido en su movimiento y la trayectoria es rectilínea. Pero si durante el recorrido se produce un cambio de sentido los valores obtenidos para el desplazamiento y la distancia recorrida serán diferentes.

## 2.4. Velocidad media y velocidad instantánea.

Para conocer la rapidez con que se realiza un movimiento hay que tener en cuenta, la distancia recorrida y el tiempo que se ha tardado en recorrerla.

A la magnitud que nos permite conocer la distancia recorrida por unidad de tiempo se le da el nombre de **velocidad**.

La unidad de velocidad en el Sistema Internacional (SI) es el metro por segundo (m/s), aunque con frecuencia en la vida cotidiana se hable de kilómetros hora (km/h).

La velocidad que obtenemos al dividir la distancia total recorrida ( $e$ ) por el tiempo que se ha empleado en recorrerla ( $t$ ), se conoce con el nombre de **velocidad media**.

$$V_m = e / t \quad \text{donde:}$$

$v_m$  es la velocidad media del móvil en m/s.

$e$  es la distancia total recorrida en m.

$t$  es el tiempo empleado en recorrer la distancia  $e$ .

A la velocidad media que posee el cuerpo en un punto determinado de su trayectoria, o en un instante determinado, se la conoce con el nombre de **velocidad instantánea**.

### EJEMPLOS:

1. Un móvil recorre 60 metros en 5 segundos. ¿Cuál es su velocidad?

$$V = e / t = 60 \text{ m} / 5 \text{ s} = 12 \text{ m} / \text{s}$$

2. Un avión realiza un vuelo de 3600 km a la velocidad media de 800 km/h. Calcula el tiempo invertido en el mismo.

$$V = e / t \quad t = e / v = 3600 \text{ km} / 800 \text{ km/h} = 4,5 \text{ h}$$

## 2.5. Concepto de aceleración

Su sentido es el siguiente: la aceleración es positiva cuando la velocidad aumenta y negativa si la velocidad disminuye.

Por tanto, la **aceleración** mide la **variación de velocidad por unidad de tiempo**.

Para calcular la aceleración, dividimos la variación de la velocidad entre el tiempo que ha tardado en producirse la variación. A esta aceleración se le llama **aceleración media**.

$$a = (V_2 - V_1) / (t_2 - t_1) \quad \text{donde:}$$

$a$  es la aceleración media

$v_2$  es la velocidad final en m/s

$v_1$  es la velocidad inicial en m/s

$t_2$  es el tiempo final en s

$t_1$  es el tiempo inicial en s

La unidad de aceleración en el Sistema Internacional es el metro por segundo al cuadrado ( $\text{m/s}^2$ ).

### EJEMPLO:

Una moto que circula a 72 km/h acelera alcanzando al cabo de 10 s una velocidad de 90 km/h. Calcula la aceleración de la moto.

$$V_1 = 72 \text{ km/h} = 20 \text{ m/s}$$

$$V_2 = 90 \text{ km/h} = 25 \text{ m/s}$$

$$t_2 - t_1 = 10 \text{ s}$$

$$a = (25 - 20) / 10 = 5 / 10 = 0,5 \text{ m} / \text{s}^2$$

## 2.6. Estudio de algunos movimientos

### 2.6.1. Movimiento rectilíneo uniforme. (MRU)

Un **movimiento rectilíneo uniforme** es aquel que lleva un cuerpo cuando su trayectoria es una recta y mantiene su velocidad constante durante el intervalo de tiempo considerado.

Las características de este tipo de movimiento son las siguientes:

- La trayectoria es rectilínea.
- Al ser la velocidad constante, su valor en cada punto (velocidad instantánea) coincide con el valor de la velocidad media.
- La aceleración es cero, dado que no se producen variaciones de la velocidad.
- El móvil recorre distancias iguales en tiempos iguales.

Si el móvil parte del origen de referencia, su posición en cualquier instante se puede obtener a partir de la definición de la velocidad media:

$$v = e / t$$

$$e = v \cdot t$$

### Análisis de tablas de datos y gráficas

Las gráficas nos permiten describir el movimiento de un cuerpo, durante un cierto tiempo. Dos gráficas, que se utilizan con mucha frecuencia, son las que relacionan la posición con el tiempo ( $e-t$ ) y la velocidad con el tiempo ( $v-t$ ).

Para construir una gráfica se sitúa en el eje vertical (**ordenadas**) la variable dependiente (posición, velocidad,...) y en el eje horizontal (**abscisas**) la variable independiente (generalmente el tiempo). A continuación se dibujan los puntos correspondientes a cada par de valores de la tabla y se traza la curva que mejor se ajuste a los puntos.

## 2.6.2. Movimiento rectilíneo uniformemente variado o acelerado. (MRUA)

Un **movimiento rectilíneo uniformemente acelerado** es el que lleva un móvil cuando su trayectoria es línea recta y su aceleración se mantiene constante y *positiva* durante el intervalo de tiempo considerado.

Un **movimiento rectilíneo uniformemente decelerado** es el que lleva un móvil cuando su trayectoria es línea recta y su aceleración se mantiene constante y *negativa* durante el intervalo de tiempo considerado.

Las características de este tipo de movimiento son las siguientes:

- La trayectoria es rectilínea
- Al ser la aceleración constante, la aceleración instantánea coincide con el valor de la aceleración media.
- Se producen variaciones de la velocidad iguales en tiempos iguales.

La ecuación que nos permite conocer la velocidad del cuerpo en cualquier instante se puede obtener a partir de la definición de la aceleración media:

donde:

$a$  es la aceleración media ( $\text{m/s}^2$ ).

$v_2$  es la velocidad final en  $\text{m/s}$ .

$v_1$  es la velocidad inicial en  $\text{m/s}$ .

$t$  es el intervalo de tiempo final (s).

Haciendo cálculos con la ecuación del espacio recorrido para el movimiento rectilíneo uniforme y teniendo en cuenta que la velocidad media es variable, se obtiene que la distancia recorrida por el cuerpo será:

donde:

$e$  es la distancia total recorrida (m).

$v_1$  es la velocidad inicial (m/s).

$t$  es el intervalo de tiempo final (s).

$a$  es la aceleración media ( $\text{m/s}^2$ ) A las velocidades  $v_1$  y  $v_2$  se les suele llamar, respectivamente, velocidad inicial ( $v_0$ ) y velocidad final ( $v$ ), de manera que las ecuaciones del movimiento rectilíneo variado serán:

$$a = \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1} = \frac{v_2 - v_1}{t} \Rightarrow v_2 - v_1 = at \Rightarrow v_2 = v_1 + at$$

$$e = v_1 \cdot t + \frac{1}{2} \cdot at^2$$

$$v = v_0 + a \cdot t$$

$$e = v_0 \cdot t + \frac{1}{2} \cdot at^2$$

### EJEMPLO:

**Un móvil parte del reposo con una aceleración constante de  $1 \text{ m/s}^2$ . Calcular la velocidad al cabo de un minuto y el espacio recorrido en ese tiempo.**

$$v = v_0 + a \cdot t$$

$v_0 = 0 \text{ m/s}$  porque está en reposo.

$$a = 0,5 \text{ m/s}^2$$

$$t = 1 \text{ min} = 60 \text{ s}$$

$$v = v_0 + a \cdot t = 0 + 0,5 \cdot 60 = 30 \text{ m/s}$$

$$e = v_0 \cdot t + \frac{1}{2} \cdot at^2 = 0 \cdot 60 + \frac{1}{2} \cdot 0,5 \cdot 60^2 = 900 \text{ m}$$



## 2.6.3 Movimientos con gravedad

### Caída libre

Cuando dejamos caer un cuerpo desde una cierta altura de la superficie terrestre, observamos que cae libremente con movimiento en el cual su velocidad aumenta progresivamente.

Es importante destacar la influencia que tiene el rozamiento con la atmósfera en la caída de los cuerpos.

Cuando el rozamiento es nulo o de valor despreciable, todos los cuerpos tardan el mismo tiempo en caer desde la misma altura. El movimiento es, por tanto, uniformemente acelerado y el valor de la aceleración (**g**), aproximadamente, es de **9,8 m/s<sup>2</sup>**

Sus ecuaciones son:

$$a = v / t \quad v = a \cdot t \quad v = 9,8 t$$

$$e = \frac{1}{2} 9,8 t^2$$

**EJEMPLO:**

*Desde una cierta altura se deja caer un objeto, tardando 15 s en llegar al suelo. Calcular la velocidad con que llega al suelo y la altura desde la que cayó.*

$$v = 9,8 t = 9,8 \cdot 15 = 147 \text{ m/s}$$

$$e = \frac{1}{2} 9,8 t^2 = \frac{1}{2} 9,8 \cdot 15^2 = 1102,5 \text{ m}$$

**Lanzamiento vertical**

Si en vez de soltar el cuerpo lo lanzamos verticalmente hacia arriba, se puede comprobar que la velocidad disminuye uniformemente a medida que va subiendo el cuerpo, hasta que llega un momento que su velocidad es cero. Si consideramos despreciable el rozamiento con la atmósfera, el movimiento es uniformemente acelerado y el valor de la aceleración coincide con el de la caída libre, pero con signo negativo, aproximadamente **-9,8 m/s<sup>2</sup>** en las proximidades de la superficie de la Tierra.

Sus ecuaciones en esta ocasión son:

$$0 = v_0 - 9,8 t$$

$$e = v_0 t + \frac{1}{2} (-9,8) t^2$$

**EJEMPLO:**

*Se lanza una pelota hacia arriba con un velocidad de 29,4 m/s. Calcular la altura máxima que alcanza el objeto respecto al punto de lanzamiento y el tiempo que tardará en alcanzarla.*

$$0 = v_0 - 9,8 t \Rightarrow v_0 = 9,8 t \Rightarrow t = \frac{v_0}{9,8} = \frac{29,4}{9,8} = 3 \text{ s}$$

$$e = v_0 \cdot t + \frac{1}{2} \cdot (-9,8) \cdot t^2 = 29,4 \cdot 3 + \frac{1}{2} \cdot (-9,8) \cdot 3^2 = 88,2 - 44,1 = 44,1 \text{ m}$$

**2.6.4. Movimiento circular uniforme (MCU)**

Se define como **movimiento circular** aquél cuya trayectoria es una circunferencia.

El **movimiento circular, llamado también curvilíneo**, es otro tipo de movimiento sencillo.

Estamos rodeados por objetos que describen movimientos circulares: un disco compacto durante su reproducción en el equipo de música, las manecillas de un reloj o las ruedas de una motocicleta son ejemplos de movimientos circulares; es decir, de cuerpos que se mueven describiendo una circunferencia.

A veces el movimiento circular no es completo: cuando un coche o cualquier otro vehículo toma una curva realiza un movimiento circular, aunque nunca gira los 360º de la circunferencia.

La experiencia nos dice que todo aquello que da vueltas tiene movimiento circular. Si lo que gira da siempre el mismo número de vueltas por segundo, decimos que posee **movimiento circular uniforme (MCU)**.

Ejemplos de cosas que se mueven con movimiento circular uniforme hay muchos:

La tierra es uno de ellos. Siempre da una vuelta sobre su eje cada 24 horas. También gira alrededor del sol y da una vuelta cada 365 días. Un ventilador, los viejos tocadiscos, la rueda de un auto que viaja con velocidad constante, son otros tantos ejemplos.

Pero no debemos olvidar que también hay objetos que giran con **movimiento circular variado**, ya sea acelerado o decelerado.

**El movimiento circular en magnitudes angulares**

La descripción de un **movimiento circular** puede hacerse bien en función de **magnitudes lineales** ignorando la forma de la trayectoria (y tendremos velocidad y aceleración tangenciales), o bien en función de **magnitudes angulares** (y tendremos velocidad y aceleración angulares). Ambas descripciones están relacionadas entre sí mediante el valor del radio de la circunferencia trayectoria.

Al trabajar con magnitudes angulares es imprescindible entender lo relativo a una unidad de medida angular conocida como **radián**.

### El radián

Si tenemos un ángulo cualquiera y queremos saber cuánto mide, tomamos un transportador y lo medimos. Esto nos da el ángulo medido en grados. Este método viene de dividir la circunferencia en 360°, y se denomina sexagesimal.

(Para usar la calculadora en grados hay que ponerla en **DEG**, Degrees, que quiere decir grados en inglés).

El sistema de grados sexagesimales es **una** manera de medir ángulos, pero hay otros métodos, y uno de ellos es usando radianes.

Ahora veamos el asunto de medir los ángulos pero en **radianes**.

Para medir un ángulo en radianes se mide el largo del arco (s) abarcado por el ángulo  $\theta$  de la figura. Esto se puede hacer con un centímetro, con un hilito o con lo que sea. También se mide el radio del círculo.

Para obtener el valor del ángulo ( $\theta$ ) en radianes usamos la fórmula:

$$\theta_{(\text{rad})} = \frac{\text{arco}}{\text{radio}}$$

y tenemos el ángulo medido en radianes

Hacer la división del arco sobre radio significa ver cuántas veces entra el radio en el arco. Como el radio y el arco deben medirse en la misma unidad, el radián resulta ser **un número sin unidades**.

Esto significa que el valor del ángulo en radianes solo me indica cuántas veces entra el radio en el arco. Por ejemplo, si el ángulo  $\theta$  mide 3 radianes, eso significa que el radio entra 3 veces en el arco abarcado por ese ángulo.

Su quisiéramos calcular o conocer al valor del arco, hacemos:

$$\text{arco} = \theta_{(\text{rad})} \cdot \text{radio}$$

### ¿A cuántos grados equivale un radián?

Pero el valor de un ángulo en radianes se puede expresar (convertir) en grados. En una **circunferencia** entera (360°) el arco entero es el **perímetro**, que es igual a  $(2\pi \cdot r)$ . Así, a partir de la fórmula

$$\theta_{(\text{rad})} = \frac{\text{arco}}{\text{radio}}$$

es que 360° equivalen a:

$$360^\circ = \frac{2\pi \cdot r}{r} = 2\pi \text{ rad}$$

$$\Rightarrow 1 \text{ rad} = \frac{360^\circ}{2\pi} = \frac{360^\circ}{2(3,14)} = \frac{360^\circ}{6,28} = 57,3^\circ$$

Un ángulo de un radián equivale a un ángulo de 57,3°.

Para usar la calculadora en radianes hay que ponerla en " **RAD**

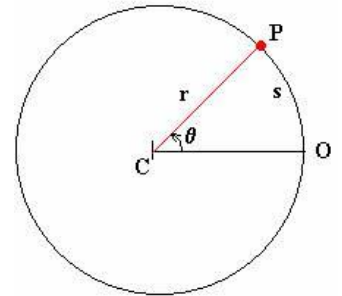
**Para convertir grados en radianes podemos usar la equivalencia:  $360^\circ = 2\pi \text{ rad}$**

### Periodo y frecuencia

La principal característica del movimiento circular uniforme es que en cada vuelta o giro completo de 360°, equivalente a un ciclo, se puede establecer un punto fijo como inicio y fin del ciclo.

En física, los ciclos son también llamados revoluciones para un determinado tiempo.

El **periodo (T)** de un movimiento circular es el tiempo que tarda una partícula o un cuerpo en realizar una vuelta completa, revolución o ciclo completo.





Por ejemplo, el periodo de rotación de la tierra es 24 horas. El periodo de rotación de la aguja grande del reloj es de 1 hora. La unidad utilizada para el periodo es el segundo o, para casos mayores, unidades mayores.

Conocida la frecuencia (en ciclos o revoluciones por segundo) se puede calcular el periodo (T) mediante la fórmula:

$$T = \frac{1}{F} \quad T = \frac{\text{seg}}{\text{ciclo}}$$

Se denomina **frecuencia** (F) de un movimiento circular al número de revoluciones, vueltas o ciclos completos durante la unidad de tiempo. La unidad utilizada para cuantificar (medir) la frecuencia de un movimiento es el **hertz (Hz)**, que indica el número de revoluciones o ciclos por cada segundo.

Para su cálculo, usamos la fórmula

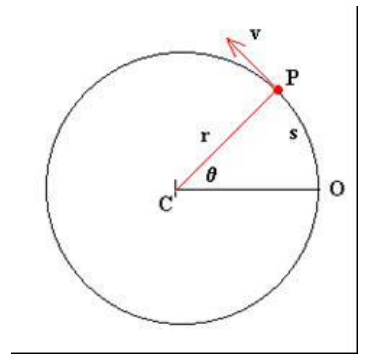
$$F = \frac{1}{T} \quad F = \frac{\text{ciclos}}{\text{seg}} \quad \text{o hertz:}$$

(En ocasiones se usa, en vez de **hertz**,  $\text{seg}^{-1}$  o  $\text{s}^{-1}$ ). Nótese que la frecuencia (F) es la inversa del periodo (T).

Una vez situado el origen O describimos el movimiento circular mediante las siguientes magnitudes angulares.

### Posición angular ( $\theta$ )

Podemos imaginar, como ejemplo, que se tiene una piedra amarrada a una cuerda y la movemos en círculos de radio r. En un instante de tiempo t el móvil (en nuestro caso la piedra) se encuentra en el punto P. Su posición angular (lo que la piedra ha recorrido en la circunferencia) viene dada por el ángulo  $\theta$ , formado por el punto P, el centro de la circunferencia C y el origen O (desde donde empezó a girar la piedra).



### La velocidad angular ( $\omega$ )

Cuando un objeto se mueve en una circunferencia, llevará una velocidad, ya que recorre un espacio, pero también **recorre un ángulo**.

Para tener una idea de la rapidez con que algo se está moviendo con movimiento circular, se ha definido la velocidad angular ( $\omega$ ) como el número de vueltas que da el cuerpo por unidad de tiempo.

Si un cuerpo tiene gran velocidad angular quiere decir que da muchas vueltas por segundo.

De manera sencilla: en el movimiento circular la velocidad angular está dada por la cantidad de vueltas que un cuerpo da por segundo.

Otra manera de decir lo mismo sería: en el movimiento circular la velocidad angular está dada por el ángulo recorrido ( $\theta$ ) dividido por unidad de tiempo. El resultado está en grados por segundo o en rad por segundo.

$$\text{velocidad angular } \omega = \frac{\Delta\theta \leftarrow \text{ángulo recorrido}}{\Delta t \leftarrow \text{tiempo empleado}} \quad \omega = \frac{\theta}{t}$$

$\omega$  = velocidad angular en rad/seg.

$\theta$  = desplazamiento angular en rad.

t = tiempo en segundos en que se efectuó el desplazamiento angular.

La velocidad angular también se puede determinar si sabemos el tiempo que tarda en dar una vuelta completa o periodo (T):

$$\omega = \frac{2\pi}{T} \quad \text{Como } T = \frac{1}{F} \text{ entonces } \omega = \frac{2\pi}{\frac{1}{F}} = 2\pi \cdot \frac{F}{1} = 2\pi F \frac{\text{rad}}{\text{seg}}$$

Aquí debemos apuntar que una misma velocidad angular se puede expresar de varias maneras diferentes.

Por ejemplo, para las lavadoras automáticas o para los motores de los autos se usan las **revoluciones por minuto (rpm)**.

También a veces se usan las **rps (revoluciones por segundo)**.

También se usan los **grados por segundo** y los **radianes por segundo**.

Es decir, hay muchas unidades diferentes de velocidad angular. Todas se usan y hay que saber pasar de una a otra, lo que se hace aplicando una regla de 3 simple.

Por ejemplo, pasar una velocidad de 60 rpm a varias unidades diferentes:

$$60 \text{ rpm} = \frac{1 \text{ rev}}{\text{seg}} = \frac{360^\circ}{\text{seg}} = \frac{2\pi \text{ rad}}{\text{seg}}$$

La más importante de todas las unidades de velocidad angular es **radianes por segundo**. Esta unidad es la que se usa en los problemas.

**Nota importante:**

Según lo anterior es correcto, entonces, decir que la velocidad angular es

$$\omega = \frac{\text{radianes}}{\text{segundo}}$$

, pero resulta que el radián es sólo un número comparativo, por lo mismo que la palabra radián suele no ponerse y en la práctica la verdadera unidad es  $\frac{1}{\text{seg}}$ , que también puede ponerse como  $\frac{1}{\text{s}}$ , e incluso como  $\text{s}^{-1}$ .

En efecto, muchas veces la velocidad angular se expresa en segundos elevado a menos uno ( $\text{s}^{-1}$ ) y para quienes no lo saben resulta incomprensible.

### La velocidad tangencial (v)

Aparte de la **velocidad angular**, también es posible definir la **velocidad lineal** de un móvil que se desplaza en círculo.

Por ejemplo, imaginemos un disco que gira. Sobre el borde del disco hay un punto que da vueltas con movimiento circular uniforme.

Ese punto tiene siempre una velocidad lineal que es tangente a la trayectoria. Esa velocidad se llama **velocidad tangencial**.

Para calcular la velocidad tangencial hacemos: espacio recorrido sobre la circunferencia (o arco recorrido) dividido por el tiempo empleado, que expresamos con la fórmula:

$$v_t = \frac{\text{arco}}{t} = \frac{\theta_{(\text{rad})} \cdot r}{t} \text{ pero como } \frac{\theta_{(\text{rad})}}{t} = \omega \text{ entonces } v_t = \omega \cdot r \text{ que se lee velocidad tangencial es igual a velocidad angular multiplicada por el radio.}$$

Como la velocidad angular ( $\omega$ ) también se puede calcular en función del periodo (T) con la fórmula  $\omega = \frac{2\pi}{T}$  y la

velocidad tangencial siempre está en función del radio, entonces la fórmula  $v_t = \omega \cdot r$  se convierte en  $v_t = \frac{2\pi r}{T}$  que se lee: la velocidad tangencial es igual a 2 pi multiplicado por el radio (r) y dividido por el periodo (T).

Además, como  $\omega$  (velocidad angular) se expresa en  $\frac{1}{\text{seg}}$  y el radio se expresa en metros, las unidades de la velocidad tangencial serán metros por segundo (m/seg).

### 2.6.5. La aceleración en los movimientos curvilíneos

En los movimientos curvilíneos o circulares **la dirección cambia a cada instante**. Y debemos recordar que la velocidad considerada como vector **v** podrá variar (acelerar o decelerar) cuando varíe sólo su dirección, sólo su módulo o, en el caso más general, cuando varíen ambos.

#### La aceleración asociada a los cambios en dirección

En razón de la aseveración anterior, y desde un punto de vista sectorial (distancia), un **movimiento circular uniforme** es también un **movimiento acelerado**, aun cuando el móvil recorra la trayectoria a ritmo constante.

La dirección del vector velocidad, que es tangente a la trayectoria, va cambiando a lo largo del movimiento, y esta variación de **v** que afecta sólo a su dirección da lugar a una aceleración, llamada **aceleración centrípeta**.

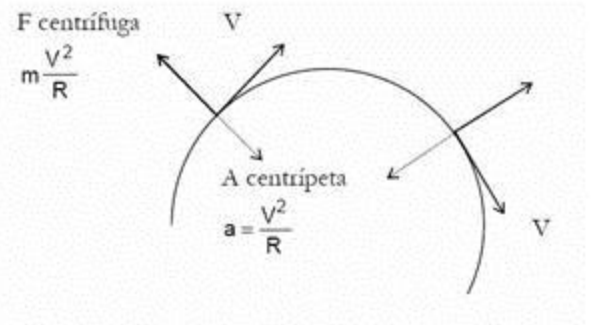
## Aceleración centrípeta

Cuando se estudió la aceleración en el **movimiento rectilíneo**, dijimos que ella no era más que el **cambio constante** que experimentaba la velocidad por **unidad de tiempo**. En este caso, la velocidad cambiaba únicamente en **valor numérico** (su módulo o rapidez), no así en **dirección**.

Ahora bien, cuando el móvil o la partícula realiza un **movimiento circular uniforme**, es lógico pensar que en cada punto el valor numérico de la velocidad (su módulo) es el mismo, en cambio es fácil darse cuenta de que la dirección del vector velocidad va cambiando a cada instante.

La variación de dirección del vector lineal origina una aceleración que llamaremos **aceleración centrípeta**. Esta aceleración tiene la dirección del radio y apunta siempre hacia el centro de la circunferencia.

Como deberíamos saber, cuando hay un cambio en alguno de los componentes del vector velocidad tiene que haber una **aceleración**. En el caso del movimiento circular esa aceleración se llama **centrípeta**, y lo que la provoca es el cambio de dirección del vector velocidad angular.



## Aceleración centrípeta.

Veamos el dibujo de la derecha:

El vector velocidad tangencial cambia de dirección y eso provoca la aparición de una aceleración que se llama aceleración centrípeta, que apunta siempre hacia el centro.

La **aceleración centrípeta** se calcula por cualquiera de las siguientes dos maneras:

$$a_c = \frac{v^2}{R} = \omega^2 \cdot r$$

## La aceleración asociada a los cambios en su módulo (rapidez)

Ya sabemos que un movimiento circular, aunque sea uniforme, posee la aceleración centrípeta debida a los cambios de dirección que experimenta su vector velocidad. Ahora bien, si además la velocidad del móvil varía en su magnitud (módulo) diremos que además posee **aceleración angular**.

Resumiendo: si un móvil viaja en círculo con velocidad variable, su aceleración se puede dividir en dos componentes: una aceleración de la parte radial (la aceleración centrípeta que cambia la *dirección* del vector velocidad) y una aceleración angular que cambia la *magnitud* del vector velocidad, además de una aceleración tangencial si consideramos solo su componente lineal.

Como corolario, podemos afirmar que un **movimiento circular uniforme** posee solo **aceleración centrípeta** y que un **movimiento circular variado** posee **aceleración centrípeta** y, además, **aceleraciones angular y tangencial**.

## Aceleración angular

Tal como el movimiento lineal o rectilíneo, el movimiento circular puede ser uniforme o acelerado. La rapidez de rotación puede aumentar o disminuir.

La aceleración angular ( $\alpha$ ) se define como la variación de la velocidad angular con respecto al tiempo y está dada por:

$$\alpha = \frac{\omega_f - \omega_i}{t}$$

donde:

$\alpha$  = aceleración angular final en  $\text{rad/s}^2$

$\omega_f$  = velocidad angular final en  $\text{rad/s}$

$\omega_i$  = velocidad angular inicial en  $\text{rad/s}$

$t$  = tiempo transcurrido en  $\text{seg}$

Una forma más útil de la ecuación anterior es:  $\omega_f = \omega_i + \alpha t$

## Aceleración tangencial

Imaginemos de nuevo un disco que gira. Sobre el borde del disco hay un punto que da vueltas con **movimiento circular acelerado**.

Ese punto tiene siempre una velocidad variada que es tangente a la trayectoria. Esa variación de velocidad se llama **aceleración tangencial**.

Es la aceleración que representa un cambio en la velocidad lineal, y se expresa con la fórmula

$$a_t = \alpha \cdot r$$

Donde

$\alpha$  = valor de la aceleración angular en rad/s<sup>2</sup>

$r$  = radio de la circunferencia en metros (m)

Entonces, la aceleración tangencial es igual al producto de la aceleración angular por el radio.

### Otras fórmulas usadas en el movimiento circular

Vimos que la velocidad angular ( $\omega$ ) es igual al ángulo recorrido dividido por el tiempo empleado. Cuando el tiempo empleado sea justo un período (T), el ángulo recorrido será 2 pi (igual a una vuelta).

Entonces podemos calcular la velocidad angular ( $\omega$ ) como:

$$\omega = \frac{2\pi}{T} \quad \text{Pero como } T = \frac{1}{F}, \text{ esta misma fórmula se puede poner como: } \omega = 2\pi \cdot F$$

### EJEMPLOS

#### 1. Un móvil con trayectoria circular recorrió 820° ¿Cuántos radianes son?

Sabemos que 1 rad = 57,3°

$$\text{Entonces } \frac{820^\circ}{57,3^\circ} = 14,31 \text{ radianes}$$

#### 2. Un tractor tiene una rueda delantera de 30 cm de radio, mientras que el radio de la trasera es de 1 m. ¿Cuántas vueltas habrá dado la rueda trasera cuando la delantera ha completado 15 vueltas?

En este ejercicio la longitud (distancia, espacio) que recorre cada rueda en una vuelta corresponde al perímetro de cada una (**perímetro del círculo**), cuya fórmula es  $P = 2 \cdot \pi \cdot r$ , entonces:

$$P_1 = 2 \cdot \pi \cdot 0,3 \text{ m} = 1,884 \text{ m}$$

$$P_2 = 2 \cdot \pi \cdot 1 \text{ m} = 6,28 \text{ m}$$

Entonces, si en una vuelta la rueda delantera recorre 1,884 metro, en 15 vueltas recorrerá:  $15 \cdot 1,884 \text{ m} = 28,26 \text{ m}$   
¿Cuántas veces la rueda trasera ha tenido que girar (dar una vuelta) para recorrer esa distancia de 28,26 m?

Dividimos esa distancia por la distancia recorrida en una vuelta por la rueda trasera:

$$28,26 \text{ m} : 6,28 \text{ m} = 4,5 \text{ vueltas.}$$

Por lo tanto, la rueda trasera ha tenido que dar cuatro vueltas y media para recorrer la misma distancia que la delantera ha recorrido en 15 vueltas.

#### 3. Un automóvil, cuyo velocímetro indica en todo instante 72 km/h, recorre el perímetro de una pista circular en un minuto. Determinar el radio de la misma. Si el automóvil tiene una aceleración en algún instante, determinar su módulo, dirección y sentido.

Si la pista es circular, la velocidad que tiene el auto es la velocidad tangencial. Si da una vuelta a la pista en un minuto, significa que su período (T) es de un minuto.

$$\text{Ahora, como } \omega = \frac{2\pi}{T}, \text{ entonces: } \omega = \frac{2\pi}{60} = \frac{6,28}{60} = 0,104 \frac{1}{\text{s}} \text{ velocidad angular.}$$

Por otro lado, la velocidad tangencial es 20 m/s (72 km/h), reemplazando en la fórmula:

$$v_t = \omega \cdot r \quad \text{Tenemos } 20 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 0,104 \frac{1}{\text{s}} \cdot r \quad \text{Calculamos r: } r = \frac{20 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{0,104 \frac{1}{\text{s}}} = 192 \text{ m}$$

**R = 192 m Radio de la pista**

Ahora, aunque su velocidad (rapidez) sea constante, igual tiene aceleración centrípeta, cuyo módulo es

$$a_c = \omega^2 \cdot r = \left(0,104 \frac{1}{s}\right)^2 \cdot 192 m = 0,010816 \frac{1}{s^2} \cdot 192 m = 2,08 \frac{m}{s^2}$$

Aceleración centrípeta, dirigida hacia el centro de la pista.

**4. Un automóvil recorre la circunferencia de 50 cm de radio con una frecuencia F de 10 hz.**

**Determinar:**

**a) el periodo.**

**b) la velocidad angular.**

**c) su aceleración.**

Sabemos que

$$\omega = 2\pi \cdot F, \text{ entonces } \omega = 2\pi \cdot F = 2 \cdot \pi \cdot 10 \frac{1}{s} = 62,8 \frac{1}{s}, \text{ velocidad angular (039)}$$

$$T = \frac{1}{F} = \frac{1}{10 \frac{1}{s}} = 0,1$$

El período T es 0,1 s (Período)

Conocemos la velocidad angular y el radio, podemos calcular la velocidad tangencial:

$$v_t = \omega \cdot r = 62,8 \frac{1}{s} \cdot 0,5 m = 31,4 \frac{m}{s}, \text{ velocidad tangencial.}$$

Su aceleración va a ser la aceleración centrípeta, que siempre esta apuntando hacia el centro de la circunferencia. El

$$a_c = \frac{v^2}{R} = \omega^2 \cdot r \quad \text{Usando}$$

módulo de esta aceleración se puede calcular por cualquiera de las siguientes dos fórmulas:

$$a_c = \omega^2 \cdot r$$

$$a_c = \left(62,8 \frac{1}{s}\right)^2 \cdot 0,5 m$$

$$a_c = 3.943,84 \frac{1}{s^2} \cdot 0,5 m = 1.972 \frac{m}{s^2}$$

la segunda:

**5. ¿Cuál es la aceleración que experimenta un niño que viaja en el borde de un carrusel que tiene 2 m de radio y que da una vuelta cada 8 segundos?**

Si el niño da 1 vuelta cada 8 segundos su velocidad angular va a ser:

$$\omega = \frac{2\pi}{t}$$

$$\omega = \frac{2(3,14)}{8s} = 0,785 \frac{1}{s}$$

$$a_c = \left(0,785 \frac{1}{s}\right)^2 \cdot 2 m$$

Para calcular la aceleración centrípeta tenemos  $a_c = \omega^2 \cdot r$  Entonces:

$$a_c = 0,62 \frac{1}{s^2} \cdot 2 m = 1,23 \frac{m}{s^2}$$

Es la aceleración centrípeta del niño.

**6. Calcular la velocidad angular y la frecuencia con que debe girar una rueda, para que los puntos situados a 50 cm de su eje estén sometidos a una aceleración que sea 500 veces la de la gravedad.**

Veamos los datos:

Necesitamos que la aceleración centrípeta sea igual a 500 g:

$$a_c = 500 \cdot g$$

$$a_c = 500 \cdot 10 \frac{m}{s^2} = 5.000 \frac{m}{s^2}$$

La velocidad angular para la cual se cumpla esto va a ser:

Después calculamos la frecuencia (F) a partir de.....

$$a_c = \omega^2 \cdot r \quad \omega = 2\pi \cdot F$$

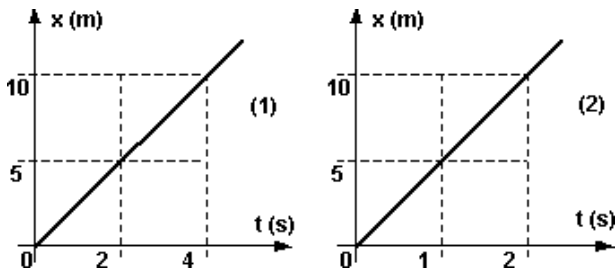
$$5.000 \frac{m}{s^2} = \omega^2 \cdot 0,5 m \quad F = \frac{\omega}{2\pi}$$

$$\omega^2 = \frac{5.000 \frac{m}{s^2}}{0,5 m} \quad F = \frac{100 \frac{1}{s}}{2\pi}$$

$$\omega^2 = 10.000 \frac{1}{s^2} \quad F = \frac{100 \frac{1}{s}}{6,28}$$

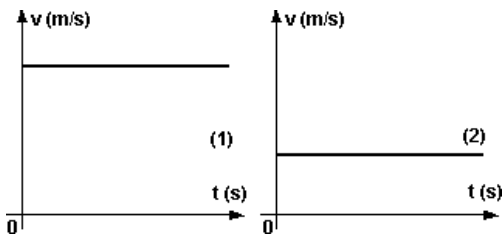
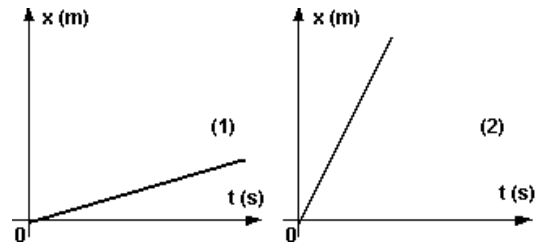
$$\omega = \sqrt{10.000 \frac{1}{s^2}} \quad F = \frac{100 \frac{1}{s}}{6,28} = 15,92 \frac{1}{s}$$

## EJERCICIOS RESUELTOS. GRÁFICAS DE MOVIMIENTO

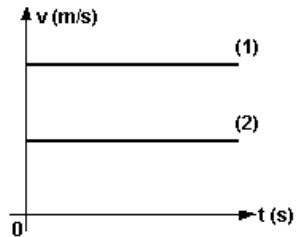


**Problema n° 1)** De estos dos gráficos, ¿cuál representa el movimiento más veloz? ¿Por qué?

**Problema n° 2)** ¿Cuál de los dos movimientos representado, el (1) o el (2), tiene mayor velocidad? ¿Por qué?



**Problema n° 3)** ¿Cuál de los dos movimientos representado, el (1) o el (2), tiene mayor velocidad? ¿Por qué?

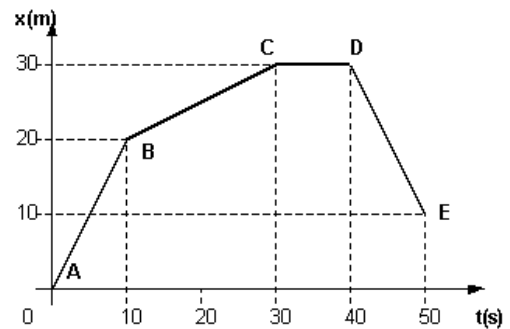


**Problema n° 4)** ¿Cuál de los dos movimientos representado, el (1) o el (2), tiene mayor velocidad? ¿Por qué?

**Problema n° 5)** ¿A cuántos m/s equivale la velocidad de un móvil que se desplaza a 72 km/h?

**Problema n° 6)** Un móvil viaja en línea recta con una velocidad media de 1.200 cm/s durante 9 s, y luego con velocidad media de 480 cm/s durante 7 s, siendo ambas velocidades del mismo sentido:

¿cuál es el desplazamiento total en el viaje de 16 s?



**Problema n° 7)** Para la gráfica de la figura, interpretar cómo ha variado la velocidad y hallar la distancia recorrida en base a ese diagrama.

### Desarrollo problema 1

Para analizar o comparar gráficos siempre se debe tener en cuenta lo que se representa en cada eje, así como la escala y las unidades en cada eje.

Son gráficos de posición en función del tiempo y se representan rectas, por lo tanto se trata de dos movimientos con velocidad constante, en éste caso la pendiente de la recta es la velocidad, para el caso:

$$\Delta v = \Delta x / \Delta t \quad \Delta v_1 = \Delta x_1 / \Delta t_1 \quad \Delta v_1 = 10 \text{ m} / 4 \text{ s} \quad \Delta v_1 = 2,5 \text{ m/s}$$

$$\Delta v_2 = \Delta x_2 / \Delta t_2 \quad \Delta v_2 = 10 \text{ m} / 2 \text{ s} \quad \Delta v_2 = 5 \text{ m/s}$$

El gráfico (2) representa un movimiento más veloz.

### Desarrollo problema 2

Para analizar o comparar gráficos siempre se debe tener en cuenta lo que se representa en cada eje, así como la escala y las unidades en cada eje. Como no tiene los ejes graduados no se puede emitir un resultado. OTRA EXPLICACIÓN EN CLASE

### Desarrollo problema 3

Para analizar o comparar gráficos siempre se debe tener en cuenta lo que se representa en cada eje, así como la escala y

las unidades en cada eje. Como no tiene los ejes graduados no se puede emitir un resultado. OTRA EXPLICACIÓN EN CLASE

#### Desarrollo problema 4

Para analizar o comparar gráficos siempre se debe tener en cuenta lo que se representa en cada eje, así como la escala y las unidades en cada eje.

En éste caso se representan dos movimientos en un mismo gráfico, por lo tanto no importa si los ejes no están graduados, el movimiento más veloz es el (1).

#### Desarrollo problema 5

$$v = 72 \frac{km}{h} \cdot \frac{1h}{3600 s} \cdot \frac{1000 m}{1km} = 72 \frac{1}{3600 s} \cdot \frac{1000 m}{1} = 20 \frac{m}{s}$$

#### Desarrollo problema 6

Datos:

$$v_1 = 1.200 \text{ cm/s} \quad t_1 = 9 \text{ s}$$

$$v_2 = 480 \text{ cm/s} \quad t_2 = 7 \text{ s}$$

a) El desplazamiento es:  $e = v \cdot t$

$$\text{Para cada lapso de tiempo:} \quad e_1 = (1200 \text{ cm/s}) \cdot 9 \text{ s} \quad e_1 = 10800 \text{ cm}$$

$$e_2 = (480 \text{ cm/s}) \cdot 7 \text{ s} \quad e_2 = 3360 \text{ cm}$$

$$\text{El desplazamiento total es: } e_t = e_1 + e_2 = 10800 \text{ cm} + 3360 \text{ cm} = \mathbf{14160 \text{ cm}} = 141,6 \text{ m}$$

#### Desarrollo problema 7

A partir de la pendiente de cada tramo de recta obtenemos la velocidad.

$$v_{AB} = \Delta e_{AB} / \Delta t_{AB} = (20 \text{ m} - 0 \text{ m}) / (10 \text{ s} - 0 \text{ s}) = \mathbf{2 \text{ m/s}}$$

$$v_{BC} = \Delta e_{BC} / \Delta t_{BC} = (30 \text{ m} - 20 \text{ m}) / (30 \text{ s} - 10 \text{ s}) = \mathbf{0,5 \text{ m/s}}$$

$$v_{CD} = \Delta e_{CD} / \Delta t_{CD} = (30 \text{ m} - 30 \text{ m}) / (40 \text{ s} - 30 \text{ s}) = \mathbf{0 \text{ m/s}}$$

$$v_{DE} = \Delta e_{DE} / \Delta t_{DE} = (10 \text{ m} - 30 \text{ m}) / (50 \text{ s} - 40 \text{ s}) = \mathbf{-2 \text{ m/s}}$$

(la velocidad nunca puede quedarse con signo negativo. Hay que explicar qué significa el signo)

$$\Delta e_{AE} = e_E - e_A = 10 \text{ m} - 0 \text{ m} = \mathbf{10 \text{ m}}$$

Esto se debe a que el móvil regresa por el mismo camino.

## EJERCICIOS RESUELTOS. CINEMÁTICA

**Problema n° 1)** Desde un 5° piso de un edificio se arroja una piedra verticalmente hacia arriba con una velocidad de 90 km/h, ¿cuánto tardará en llegar a la altura máxima? Usar  $g = 10 \text{ m/s}^2$

### Desarrollo problema 1

*Datos:*

$$v_0 = 90 \text{ km/h} \quad v_0 = 25 \text{ m/s}$$

Ecuaciones:

$$(1) v_f = v_0 + g \cdot t$$

$$(2) e = v_0 \cdot t + \frac{1}{2} g \cdot t^2$$

$$(3) v_f^2 - v_0^2 = 2 \cdot g \cdot h$$

Para  $v_f = 0$  empleamos la ecuación (1):  $0 = v_0 + g \cdot t$

$$t = -v_0/g = -(25 \text{ m/s})/(-10 \text{ m/s}^2) = 2,5 \text{ s}$$

**Problema n° 2)** Se lanza una pelota hacia arriba y se recoge a los 2 s, calcular: ¿Con qué velocidad fue lanzada? ¿Qué altura alcanzó?

### Desarrollo problema 2

*Datos:*

$$t = 2 \text{ s}$$

Ecuaciones:

$$(1) v_f = v_0 + g \cdot t$$

$$(2) e = v_0 \cdot t + \frac{1}{2} g \cdot t^2$$

$$(3) v_f^2 - v_0^2 = 2 \cdot g \cdot h$$

Los 2 s se componen de 1 s hasta alcanzar la altura máxima ( $v_f = 0$ ) y 1 s para regresar, de la ecuación (1):

$$0 = v_0 + g \cdot t \quad v_0 = -g \cdot t$$

$$v_0 = -(-10 \text{ m/s}^2) \cdot (1 \text{ s}) = 10 \text{ m/s}$$

De la ecuación (2):

$$e = (10 \text{ m/s}) \cdot (1 \text{ s}) + (1/2) \cdot (-10 \text{ m/s}^2) \cdot (1 \text{ s})^2 = 5 \text{ m}$$

**Problema n° 3)** ¿Cuál será la distancia recorrida por un móvil a razón de 90 km/h, después de un día y medio de viaje?

### Desarrollo problema 3

*Datos:*

$$v = 90 \text{ km/h}$$

$$t = 1,5 \text{ día} = 1,5 \cdot 24 \text{ h} = 36 \text{ h}$$

$$v = e/t$$

$$e = v \cdot t$$

$$e = (90 \text{ km/h}) \cdot 36 \text{ h}$$

$$e = 3240 \text{ km}$$

**Problema n° 4)** Un ciclista que va a 30 km/h, aplica los frenos y logra detener la bicicleta en 4 segundos. Calcular: ¿Qué desaceleración produjeron los frenos? ¿Qué espacio necesito para frenar?

### Desarrollo problema 4

*Datos:*

$$v_0 = 30 \text{ km/h} = (30 \text{ km/h}) \cdot (1000 \text{ m}/1 \text{ km}) \cdot (1 \text{ h}/3600 \text{ s}) = 8,33 \text{ m/s} \quad v_f = 0 \text{ km/h} = 0 \text{ m/s} \quad t = 4 \text{ s}$$

Ecuaciones:

$$(1) v_f = v_0 + a \cdot t$$

$$(2) e = v_0 \cdot t + \frac{1}{2} a \cdot t^2$$

$$\text{De la ecuación (1): } v_f = v_0 + a \cdot t \quad 0 = v_0 + a \cdot t \quad a = -v_0/t \quad a = (-8,33 \text{ m/s})/(4 \text{ s}) = -2,08 \text{ m/s}^2$$

Con el dato anterior aplicamos la ecuación (2):

$$e = (8,33 \text{ m/s}) \cdot (4 \text{ s}) + (-2,08 \text{ m/s}^2) \cdot (4 \text{ s})^2/2 \quad e = 16,67 \text{ m}$$



**Problema n° 5)** Un auto parte del reposo. A los 5 s posee una velocidad de 90 km/h. Si su aceleración es constante, calcular: ¿Cuánto vale la aceleración? ¿Qué espacio recorrió en esos 5 s? ¿Qué velocidad tendrá los 11 s?

Desarrollo problema 5

Datos:

$$v_0 = 0 \text{ km/h} = 0 \text{ m/s}$$

$$v_f = 90 \text{ km/h} = (90 \text{ km/h}) \cdot (1000 \text{ m/1 km}) \cdot (1 \text{ h/3600 s}) = 25 \text{ m/s} \quad t = 5 \text{ s}$$

Ecuaciones:

$$(1) v_f = v_0 + a \cdot t$$

$$(2) e = v_0 \cdot t + \frac{1}{2} a \cdot t^2$$

$$\text{De la ecuación (1): } v_f = a \cdot t \quad t = v_f/a \quad a = (25 \text{ m/s})/(5 \text{ s}) \quad a = 5 \text{ m/s}^2$$

$$\text{De la ecuación (2): } e = v_0 \cdot t + a \cdot t^2/2 \quad e = a \cdot t^2/2 \quad e = (5 \text{ m/s}^2) \cdot (5 \text{ s})^2/2 \quad e = 62,5 \text{ m}$$

$$\text{Para } t = 11 \text{ s aplicamos la ecuación (1): } v_f = (5 \text{ m/s}^2) \cdot (11 \text{ s}) = \mathbf{55 \text{ m/s}}$$

# CINEMÁTICA

## EXÁMENES DE LA COMUNITAT VALENCIANA

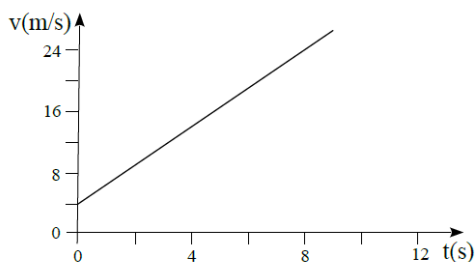
### Opción B (Física y Química)

**2017**

1. Un automóvil circula a 90 km/h durante 7 min. ¿Qué distancia habrá recorrido en ese tiempo? A continuación, el vehículo frena bruscamente, deteniéndose en 10 s ¿Cuál ha sido la aceleración y la distancia de frenada? (2 puntos)

**2016**

2. La gráfica siguiente representa la variación de la velocidad de un móvil con el tiempo. Responde razonadamente a las siguientes preguntas (0,4 puntos por apartado).



**2015**

3. Desde dos poblaciones, A y B, que distan 8,00 km, salen al encuentro dos vehículos. El primero parte de A desde el reposo con una aceleración constante de 0,600 m/s<sup>2</sup>. El segundo sale de B, 20,0 s más tarde, con una velocidad constante de 81,0 km/h. Suponiendo que la carretera entre ambos pueblos sea rectilínea, calcula:

- El instante en que se encontrarán.
- La velocidad que llevará cada vehículo en el instante de encuentro.

**2014**

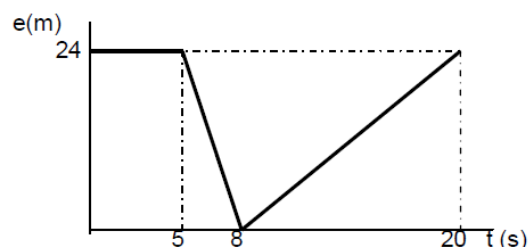
4. Se lanza verticalmente hacia arriba, desde el suelo, un cuerpo con una velocidad de 30 m/s. Calcula: a) La altura a la que se encuentra dos segundos después. b) La altura máxima alcanzada. Tomar  $g = 10 \text{ m/s}^2$

**2013**

5. Calcular la distancia recorrida por un coche que viaja a 120 km/h y frena parándose en 12 segundos.

**2012**

6.



A partir de la gráfica espacio-tiempo adjunto:

a) Para cada tramo: describir el tipo de movimiento y calcular su velocidad

b) Calcular la velocidad media del móvil en los 20 segundos representados

**2011**

7. Un automóvil se mueve a 108 km/h. a) ¿Qué distancia recorre entre las 09h 37min y las 09h 45 min. b) Cuando son las 09h 45 min el conductor levanta el pie del acelerador y el automóvil tarda 30 segundos en detenerse. ¿Qué distancia ha recorrido en esos 30 segundos?

**2010**

8. Un coche circula con una velocidad de 120 km/h. En un instante dado el conductor frena y el coche reduce su velocidad

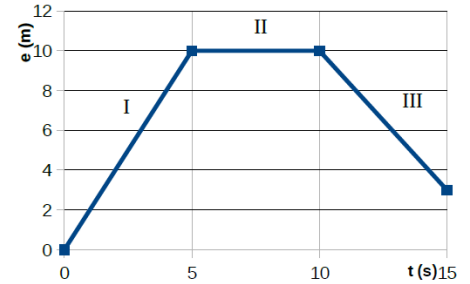
hasta 80 km/h en 5 segundos. Calcular: a) El valor de la aceleración, que se supone constante. b) la distancia recorrida en los 5 segundos de frenada.

**Opción C (Física)**

**2017**

9. Observa el grafico espacio-tiempo y contesta las preguntas:

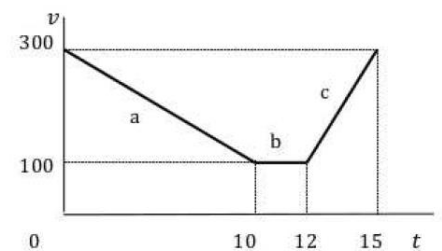
- a) .Que distancia se ha recorrido en cada tramo? (0,5 puntos)
- b) .Que velocidad lleva el objeto en cada tramo? (1 punto)
- c) Indica el tipo de movimiento en cada tramo. (0,5 puntos)



**2015**

10. Se deja caer una bola de acero desde la terraza de un edificio de 80 m de altura. Suponiendo que el rozamiento entre la bola y el aire es despreciable, calcula:

- a) El tiempo que tarda la bola en llegar al suelo.
- b) La velocidad con la que impacta con el suelo.



**2014**

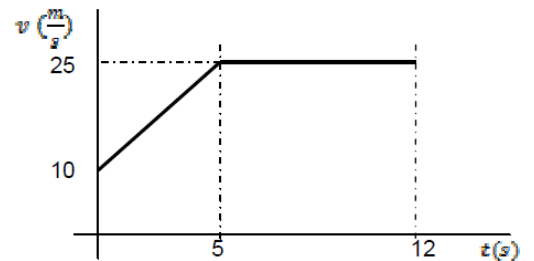
11. Un coche circula con una velocidad de 120 km/h. En un instante dado el conductor frena y el coche reduce su velocidad hasta 80 km/h en 4 segundos.

Calcular: a) El valor de la aceleración, que se supone constante. b) la distancia recorrida en los 4 segundos de frenada.

12. La gráfica adjunta velocidad-tiempo tiene tres etapas. Las unidades son del sistema internacional. Para cada etapa, describe el movimiento del móvil y calcula su aceleración

**2013**

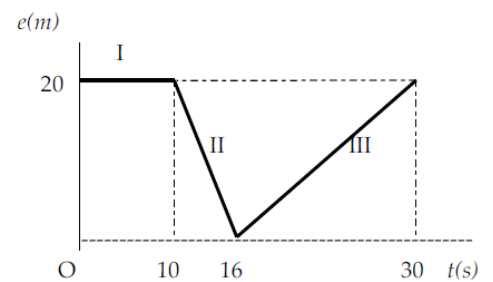
13. Un automóvil viaja a 108 km/h cuando el conductor ve un obstáculo en la carretera e inmediatamente aplica los frenos. Calcula la distancia recorrida por el coche hasta que se detiene si el tiempo de respuesta del conductor ha sido de 0,8 s y la aceleración de frenado es de  $5 \text{ m/s}^2$



**2012**

14. A partir de los datos del gráfico velocidad-tiempo adjunto:

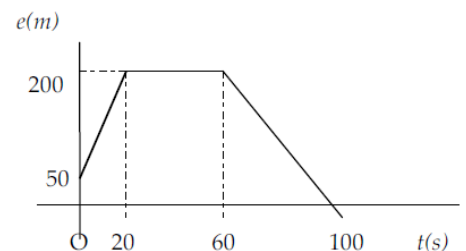
- a) Para cada tramo, calcula la aceleración y di el tipo de movimiento que representa
- b) Calcula la velocidad media en los 12 segundos representados



**2011**

15. El gráfico adjunto representa la variación de la posición con el tiempo de un móvil.

- a) ¿Qué distancia recorre el móvil en cada tramo?
- b) Calcula la velocidad en cada tramo y describe el tipo de movimiento que efectúa en cada uno.



**2010**

16. El gráfico adjunto representa la variación de la posición con el tiempo de un móvil.

- a) ¿Qué distancia recorre el móvil en cada tramo?
- b) Calcula la velocidad en cada tramo y describe el movimiento que efectúa en cada uno de ellos.

---

## OTROS EJERCICIOS

1. La distancia que separa dos señales consecutivas de una carretera recta es de 60 metros. Calcular el tiempo que emplea un móvil en recorrer dicha distancia si su velocidad es constante e igual a 72 km/h.
2. Un automóvil circula por una carretera recta, pasa por el kilómetro 145 y al cabo de medio minuto pasa por el kilómetro 175. ¿Cuál ha sido la velocidad media del automóvil durante ese intervalo, expresada en m/s y en km/h?
3. Un ciclista marcha con una velocidad constante por un camino recto que mide 6 km. ¿Cuál es su velocidad en m/s si tarda en recorrer dicho tramo 10 minutos?
4. Calcular el espacio que recorre en un minuto una motocicleta que circula a una velocidad constante de 108 km/h.
5. Un móvil parte del reposo con una aceleración constante de  $20 \text{ cm/s}^2$ . Calcular su velocidad al cabo de un minuto y el espacio recorrido en ese tiempo. Expresar los resultados en el sistema internacional.
6. Una moto que circula a 72 km/h acelera alcanzando al cabo de 5 segundos una velocidad de 90 km/h. Calcular la aceleración de la moto y el espacio recorrido en ese intervalo de tiempo.
7. Una automóvil que circula a 108 km/h frena durante 4 segundos recorriendo 45 m hasta detenerse. Determinar la deceleración, producida al frenar.
8. Un coche lleva una velocidad de 90 km/h, velocidad que alcanza en medio minuto tras partir del reposo. Si en ese tiempo ha recorrido dos kilómetros y medio, calcula la aceleración experimentada por el coche.
9. Un automóvil marcha a 60 km/h pero el conductor decide al cabo de dos minutos de trayecto doblar su velocidad. Calcula la aceleración experimentada y la distancia que ha recorrido.
10. Un coche circula por una carretera a 90 km/h. Al observar un control de la policía frena y se detiene para mostrar su documentación. Si el coche ha empleado 70 metros para lograr detenerse, calcula el tiempo transcurrido hasta pararse si su deceleración ha sido de  $-3 \text{ m/s}^2$ .
11. Desde una cierta altura se deja caer un objeto, que tarda 10 s en llegar al suelo. Calcular la velocidad con la que llega al suelo y la altura desde la que cayó.
12. Se lanza un objeto verticalmente hacia arriba con una velocidad de 19,6 m/s. Calcular la altura máxima que alcanza el objeto respecto al punto de lanzamiento y el tiempo que tarda en alcanzarla.
13. Desde el tercer piso de un edificio se deja caer una pelota que tarda 5 segundos en hacer al suelo. ¿Qué altura tiene este tercer piso? ¿Con qué velocidad llega al suelo?
14. Se deja caer una piedra desde un puente ¿A qué altura sobre la superficie del agua estará el puente si la piedra tarda 3 segundos en llegar al superficie del agua?
15. Disparando verticalmente una bola de cañón con una velocidad inicial de 588 m/s. ¿Qué altura máxima alcanzará?
16. Una bala se dispara verticalmente hacia arriba con una velocidad de 196 m/s. Calcula:
  - a) Al cabo de cuánto tiempo se detendrá.
  - b) La altura máxima que alcanzará.
  - c) Cuánto tiempo empleará en caer.

**17.** Calcular la altura máxima de un proyectil lanzado verticalmente hacia arriba con una velocidad de 539 m/s y el tiempo que tardará en subir.

**18.** Lanzamos un proyectil verticalmente hacia arriba con una velocidad de 400 km/h. Calcula:

- a) La altura que alcanza dos segundos después.
- b) La altura que alcanza como máximo.
- c) El tiempo que tarda el proyectil en volver a su posición de origen.



## **UNIDAD 3. DINÁMICA**

**Análisis crítico de las concepciones pregalileanas de las relaciones entre fuerzas y movimientos y presentación de la idea de fuerza como interacción que produce variaciones en el estado de movimiento de los cuerpos**

**Principios de la dinámica. Introducción de la fuerza de rozamiento por deslizamiento.**

**Impulso mecánico y cantidad de movimiento. Principio de conservación de la cantidad de movimiento en un sistema aislado**

**3.1. Fuerza y medidas de fuerza**

**3.2. Fuerzas resultantes**

**3.2.1. Fuerzas concurrentes**

**3.3. Leyes de Newton. Principios de la dinámica.**

**3.3.1. 1ª Ley de Newton. Principio de inercia.**

**3.3.2. 2ª Ley de Newton. Principio fundamental.**

**3.3.3. 3ª Ley de Newton. Principio de la acción y la reacción**

**3.4. Fuerza de rozamiento**

**3.5. Fuerza Peso**

**3.6. Impulso mecánico y cantidad de movimiento.**

**3.7. Principio de conservación de la cantidad de movimiento en un sistema aislado**

**EXÁMENES DE LA COMUNITAT VALENCIANA**

**EJERCICIOS**

### 3.1. Fuerza y medidas de fuerza

Todas las ciencias admiten como verdad universal que hay una causa para cada efecto. La de los cambios en el movimiento se llama fuerza. Una fuerza es capaz de: iniciar y/o modificar un movimiento, cambiar la forma de los objetos. Del segundo efecto de las fuerzas, la deformación, trataremos en otro tema. En el primero debemos incluir: producción de movimiento, detención, alteración de su dirección, variación de su rapidez y cambio de sentido.

Los datos de identidad de las fuerzas son su intensidad, dirección y sentido, por lo tanto la fuerza es una magnitud vectorial.

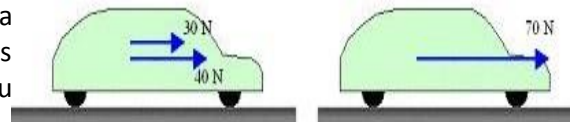
### 3.2. Fuerzas resultantes

A menudo, sobre un mismo cuerpo intervienen varias fuerzas simultáneamente. Mediante un balance de dichas fuerzas se puede averiguar cómo será el movimiento al que dan lugar. Esto es así porque del balance se obtiene una fuerza, la fuerza resultante, que contiene toda la información del movimiento que origina el conjunto. La simbolizaremos con  $F_R$  o  $F_T$

#### 3.2.1. Fuerzas concurrentes

Las fuerzas que, además de actuar sobre un mismo objeto, comparten el punto de aplicación se llaman fuerzas concurrentes. Pueden ser:

*Fuerzas en la misma dirección y sentido.* La resultante de un sistema formado de dos fuerzas de la misma dirección y el mismo sentido, es una fuerza con la misma dirección y sentido que las componentes, y su módulo es igual a la suma de los módulos de las componentes.



*Fuerzas en la misma dirección y en sentidos contrarios.* La resultante de un sistema formado por 2 fuerzas de la misma dirección y sentidos contrarios, es una fuerza con la misma dirección que las componentes, su sentido coincide con el de la componente de mayor módulo, y su módulo es igual a la diferencia entre los módulos de las componentes.



Si la resultante obtenida tiene signo negativo, procederemos a realizar el valor absoluto. Ejemplo:

$$F_2 - F_1 = |-3| = 3 \text{ N}$$

### 3.3. Leyes de Newton. Principios de la dinámica.

En el epígrafe anterior has aprendido que para modificar un movimiento es necesario aplicar una fuerza.

#### 3.3.1. 1ª Ley de Newton. Principio de inercia.

La inercia es la tendencia de los cuerpos a conservar su estado de reposo o movimiento. El físico Isaac Newton construyó la primera de las tres leyes con las que explicó el movimiento.

*“Todo cuerpo permanece en su estado de reposo o movimiento uniforme siempre que no exista una fuerza sobre él”.*

Esta ley se denomina *Principio de Inercia* porque establece que los cuerpos ofrecen una inercia (resistencia) a los cambios de velocidad. Así, por ejemplo:

Si estamos de pie en un autobús que está parado, cuando éste arranca, nuestro cuerpo tiende a irse hacia atrás; pues “por inercia” nuestro cuerpo tiende a seguir en reposo.

Si estamos de pie en un autobús que está en movimiento, cuando éste frena bruscamente, nuestro cuerpo tiende a irse hacia delante; pues, “por inercia” nuestro cuerpo tiende a seguir con la velocidad que llevaba.

#### 3.3.2. 2ª Ley de Newton. Principio fundamental.



“Siempre que se aplique sobre un cuerpo una fuerza (o un conjunto de ellas cuya resultante no sea igual a cero) se le imprimirá una aceleración con la misma dirección y sentido que la fuerza que la origina y un módulo proporcional a su intensidad”.

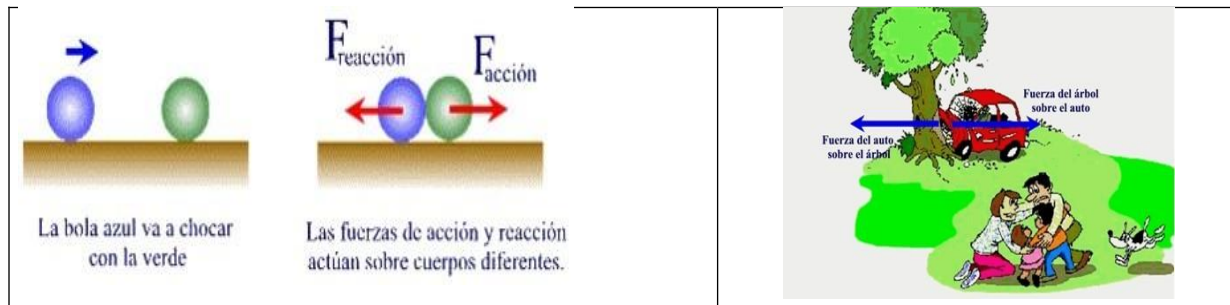
La 2ª ley de Newton se expresa:  $F = m \cdot a$

La unidad de la fuerza es el Newton (N), que es igual a  $1 \text{ kg} \cdot \text{m}/\text{s}^2$

### 3.3.3. 3ª Ley de Newton. Principio de la acción y la reacción

“Cuando un objeto ejerce una fuerza (acción) sobre otro, el segundo ejerce sobre el primero una fuerza (reacción) de la misma intensidad y dirección, pero de sentido contrario”.

EJEMPLO:



### 3.4. Fuerza de rozamiento

Supongamos que sobre un objeto, que se encuentra en reposo sobre una superficie horizontal, aplicamos una fuerza horizontal  $F$  lo suficientemente pequeña para que el objeto continúe en reposo.

Sobre el objeto actuará otra fuerza opuesta a  $F$  para que la resultante sea nula.

Esta fuerza es **la fuerza de rozamiento ( $F_{roz}$ )** y corresponde a la interacción entre las superficies en contacto (la del objeto y la de apoyo).

La fuerza de rozamiento actúa cuando un cuerpo se desliza o tiende a deslizarse por una superficie material.

Se define como la fuerza que la superficie opone al deslizamiento del cuerpo.

La dirección de la fuerza de rozamiento coincide con la dirección hacia la que tienda a deslizarse o se desliza el cuerpo, y su sentido es opuesto al deslizamiento.

Las leyes clásicas del rozamiento describen los factores de los que depende la fuerza de rozamiento. Fueron enunciadas por Guillaume Amontons (1663-1705) y Charles Augustin de Coulomb (1736-1806) y establecen que:

- La fuerza de rozamiento entre dos cuerpos es proporcional a la fuerza normal que ejerce un cuerpo sobre el otro.
- La fuerza de rozamiento no depende del área de contacto de ambos cuerpos, aunque sí de la naturaleza de sus materiales.
- La fuerza de rozamiento no depende de la velocidad a la que se deslicen los cuerpos.
- La fuerza de rozamiento tiene sentido opuesto al movimiento (a la velocidad).

Partiendo de estos factores, matemáticamente la **fuerza de rozamiento** se obtiene por medio de la siguiente expresión:

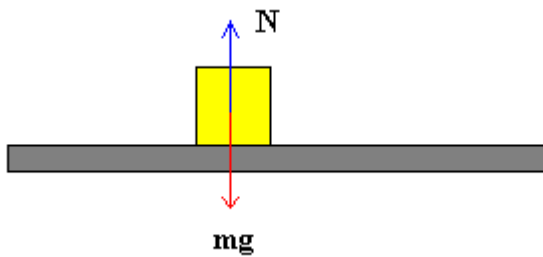
$$F_{roz} = \mu \cdot N \quad \text{donde}$$

$\mu$  es el coeficiente de rozamiento. Se trata de un valor adimensional que depende de la naturaleza y del tratamiento de las sustancias que están en contacto.

$N$  es el módulo de la fuerza normal.

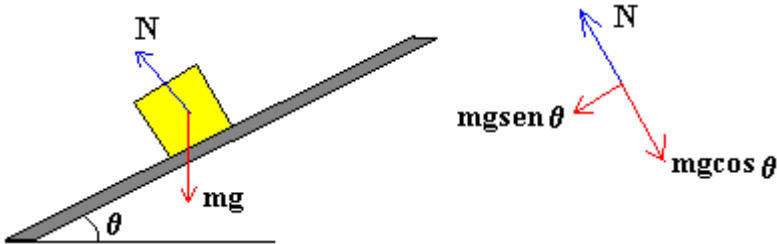
#### La fuerza normal

La fuerza normal, reacción del plano o fuerza que ejerce el plano sobre el bloque depende del peso del bloque, la inclinación del plano y de otras fuerzas que se ejerzan sobre el bloque.

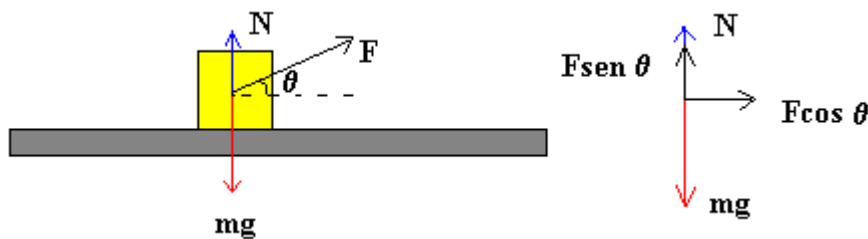


Supongamos que un bloque de masa  $m$  está en reposo sobre una superficie horizontal, las únicas fuerzas que actúan sobre él son el peso  $mg$  y la fuerza normal  $N$ . De las condiciones de equilibrio se obtiene que la fuerza normal  $N$  es igual al peso  $mg$   
 $N=mg$

Si ahora, el plano está inclinado un ángulo  $\theta$ , el bloque está en equilibrio en sentido perpendicular al plano inclinado por lo que la fuerza normal  $N$  es igual a la componente del peso perpendicular al plano,  $N=mg \cdot \cos\theta$



Consideremos de nuevo el bloque sobre la superficie horizontal. Si además atamos una cuerda al bloque que forme un ángulo  $\theta$  con la horizontal, la fuerza normal deja de ser igual al peso. La condición de equilibrio en la dirección perpendicular al plano establece  $N + F \cdot \sin\theta = mg$



### EJEMPLOS:

**1. Si un objeto no tiene aceleración, ¿cuánto debe valer la fuerza de rozamiento con el suelo si la fuerza con la que tiramos de él es 10 N?**

La fuerza de rozamiento tendrá que ser de 10 N pero en sentido contrario, para que la resultante sea nula. En ese caso la aceleración es nula.

**2. En el ejemplo anterior, si tiramos de él con una fuerza de 5 N más que antes, ¿cuál es la masa del objeto si se mueve con una aceleración de 2 m/s<sup>2</sup>?**

$$F_R = F - F_{roz} = 15 - 10 = 5 \text{ N} \quad a = 2 \text{ m/s}^2 \quad F_R = m \cdot a \Rightarrow m = \frac{F_R}{a} = \frac{5}{2} = 2,5 \text{ kg}$$

**3. Un objeto de 10 kg está parado sobre el suelo cuando ejercemos una fuerza de 20 N. ¿Cuánto vale la fuerza de rozamiento?**

**¿Cuánto vale la aceleración?**

**Si ahora tiene una aceleración de 1 m/s<sup>2</sup>, ¿qué fuerza estamos ejerciendo sobre él?**

La fuerza de rozamiento tendrá que ser 20 N para que el objeto esté parado.

Si está parado la aceleración es 0 m/s<sup>2</sup>

$$F_R = F - F_{roz} = m \cdot a = 10 \cdot 1 = 10 \text{ N}$$

$$F_R = F - F_{roz} = 10 \text{ N} \quad F = F_{roz} + 10 = 20 + 10 = 30 \text{ N}$$

### 3.5. Fuerza Peso

El movimiento que adquiere un cuerpo al caer libremente se debe a la atracción de la Tierra sobre el mismo. El Peso de

un cuerpo es la fuerza con la que la tierra atrae al cuerpo.  $P = m \cdot g$

Masa. Unidad de medida: kg

Aceleración de la gravedad  $g = (9,8 \text{ m/s}^2)$ .

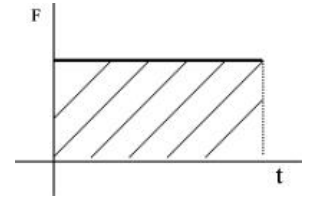
$1 \text{ kg} \cdot \text{m/s}^2 = 1 \text{ newton (N)}$ .

La dirección del peso siempre es vertical y su sentido descendente (dirigido hacia el suelo).

### 3.6. Impulso mecánico y cantidad de movimiento.

#### Impulso mecánico

El impulso es el producto entre una fuerza y el tiempo durante el cual está aplicada. Es una magnitud vectorial. El módulo del impulso se representa como el área bajo la curva de la fuerza en el tiempo, por lo tanto si la fuerza es constante el impulso se calcula multiplicando la  $F$  por  $\Delta t$ .



$$I = F \cdot \Delta t$$

$I$  = Impulso [kg·m/s]

$F$  = Fuerza [N]

$\Delta t$  = Intervalo de tiempo [s]

Unidad de impulso: El impulso se mide en kg·m/s, una unidad equivalente a N·s.

#### Cantidad de Movimiento

La cantidad de movimiento o momento lineal es el producto de la velocidad por la masa. La velocidad es un vector mientras que la masa es un escalar. Como resultado obtenemos un vector con la misma dirección y sentido que la velocidad.

La cantidad de movimiento sirve, por ejemplo, para diferenciar dos cuerpos que tengan la misma velocidad, pero distinta masa. El de mayor masa, a la misma velocidad, tendrá mayor cantidad de movimiento.

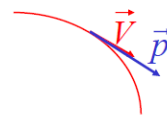
$$\vec{p} = m \cdot \vec{v}$$

$p$  = Cantidad de movimiento [kg·m/s]

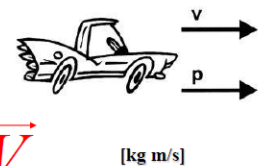
$m$  = Masa [kg]

$v$  = Velocidad [m/s]

Unidad de cantidad de movimiento: La cantidad de movimiento se mide en kg·m/s. Tiene la misma unidad que el impulso aunque sean conceptos diferentes.



$$\vec{p} = m\vec{v}$$



[kg m/s]

#### Relación entre impulso y la cantidad de movimiento

El impulso aplicado a un cuerpo es igual a la variación de la cantidad de movimiento, por lo tanto el impulso también puede calcularse como:

$$I = \Delta p$$

Dado que el impulso es igual a la fuerza por el tiempo, una fuerza aplicada durante un tiempo provoca una determinada variación en la cantidad de movimiento, independientemente de la masa (teorema del impulso mecánico)

$$F \cdot \Delta t = \Delta p$$

### 3.7. Principio de conservación de la cantidad de movimiento en un sistema aislado

Newton fue el primero en darse cuenta que para cambiar la cantidad de movimiento es necesario que sobre el cuerpo actúe una fuerza. El cambio de la cantidad de movimiento dependerá tanto del valor de la fuerza como del tiempo que esté actuando esa fuerza, de forma que podremos escribir:  $p = F \cdot t$  (Esta es la forma en la que Newton expresó la segunda ley de la dinámica).

$$P = F \cdot t \quad F = P / t = (m \cdot v) / t = m (v/t) = m \cdot a$$

Recuerda el teorema del impulso mecánico:  $F \cdot \Delta t = \Delta p$

Si la fuerza resultante es nula,  $F = 0$ , también será nula la variación del momento lineal  $\Delta p = 0$ , lo que equivale a decir que el momento lineal es constante (si no hay cambio,  $p = \text{cte}$ )

Si te fijas, la conservación de la cantidad de movimiento de un cuerpo equivale al Principio de inercia.

Si la resultante de las fuerzas que actúan sobre el cuerpo es nula, su momento lineal o cantidad de movimiento es constante y si la masa del cuerpo es constante, su velocidad también lo es. Este razonamiento lo podemos expresar así:

$$F = 0 \quad \Delta p = 0 \quad mv = \text{cte} \quad \text{y si} \quad m = \text{cte} \quad v = \text{cte}$$

### Principio de conservación de la cantidad de movimiento:

Por lo tanto, en un sistema aislado no hay variación de la cantidad de movimiento, o lo que es lo mismo, la cantidad de movimiento total del sistema permanece constante.

Si la resultante de las fuerzas exteriores que actúan sobre un sistema de partículas es nula, la cantidad de movimiento del sistema permanece constante.



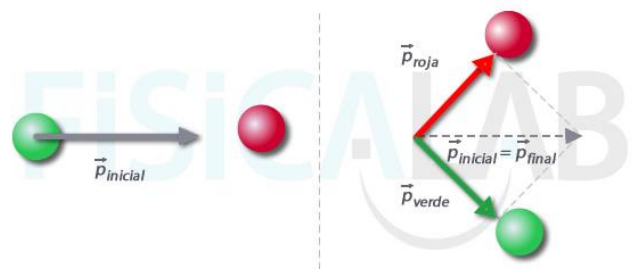
#### Cuna de Newton

La cuna de Newton, también conocida como péndulo de Newton, ilustra la conservación del momento lineal en ausencia de fuerzas exteriores.

Cuando lanzas una de las bolas de los extremos contra las demás, la fuerza es transmitida a través del resto de bolas hasta la bola del extremo contrario. Este proceso se repite, idealmente, de manera indefinida. En la realidad, las fuerzas disipativas hacen que las bolas terminen parándose.

### Choques y explosions

En física decimos que un **sistema aislado** es aquel que no interacciona con el exterior, y por tanto no se ve sometido a fuerzas externas a él. Las partículas que intervienen en choques, explosiones, colisiones, motores a reacción, etc, se pueden considerar sistemas aislados en los que las fuerzas exteriores se pueden despreciar frente a la intensidad de las interiores. El principio de conservación del momento lineal tiene una importante aplicación en el estudio de estos fenómenos, cuando no conocemos las causas que los originan, ya que antes del fenómeno y después del fenómeno el momento lineal de todo el sistema debe ser el mismo.



### Conservación del momento en un choque

Si al lanzar la bola verde contra la roja, esta última adquiere el momento lineal  $p(\text{roja})$ , la única posibilidad es que la bola verde salga disparada en la dirección que marca la imagen, y con el momento lineal  $p(\text{verde})$ . Esto es debido a que el momento lineal final del sistema, que es la suma vectorial (regla del paralelogramo) de los momentos lineales de cada una de las bolas, debe coincidir con el momento lineal inicial, anterior al choque, que es el que tenía la bola verde.

El principio de conservación del movimiento, es un caso particular del principio de conservación de la energía.

Para este caso estamos analizando choques inelásticos, o sea que no existe deformaciones de los cuerpos durante la colisión, y también se considerará que no hay pérdidas por calor.

Recordemos la Ley de conservación de la cantidad de movimiento:

*En cualquier sistema o grupo de cuerpos que interactúen, la cantidad de movimiento total, antes de las acciones, es igual a la cantidad de movimiento total luego de las acciones.*

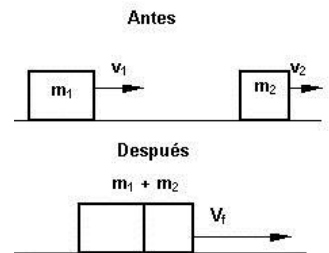
$$\Sigma m \cdot v = 0$$

$$m_i \cdot v_i = m_f \cdot v_f$$

$$\Delta P = \Delta p_1 + \Delta p_2$$

## EJEMPLOS

**1. Un cuerpo de masa  $m = 4\text{kg}$  se mueve según una recta con velocidad de  $6\text{ m/s}$ . Delante de él marcha otro de  $6\text{kg}$ , con velocidad de  $3\text{ m/s}$ , en el mismo sentido. Siendo el choque plástico (INELÁSTICO) determinar la velocidad de ambos después del choque.**



El enunciado nos dice, que el choque es plástico o inelástico, lo que quiere decir que los dos cuerpos continúan unidos luego del choque.

Como sabemos que la cantidad de movimiento en cualquier choque es conservativa podemos plantear las siguientes ecuaciones.

$$\Delta P = P_f - P_i = 0$$

$$(m_1 + m_2) \cdot v_f - (m_1 \cdot v_1 + m_2 \cdot v_2) = 0$$

$$(m_1 + m_2) \cdot v_f = m_1 \cdot v_1 + m_2 \cdot v_2$$

$$v_f = \frac{m_1 \cdot v_1 + m_2 \cdot v_2}{(m_1 + m_2)}$$

Reemplazando los datos obtenemos como resultado que la velocidad final del conjunto es  $4,2\text{ m/s}$ .

$$v_f = \frac{4 \cdot 6 + 6 \cdot 3}{(4 + 6)} = 4,2 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

**“DESPUÉS DE UN CHOQUE PLÁSTICO O INELÁSTICO, LOS DOS CUERPOS QUEDAN UNIDOS Y SE MUEVEN A LA MISMA VELOCIDAD”**

**2. Una esfera de  $2\text{KG}$  se mueve hacia la derecha a una velocidad de  $5\text{ m/s}$  y choca contra otra de  $3\text{KG}$  que se mueve a  $2\text{ m/s}$  en igual dirección y sentido. Después del choque la esfera de  $3\text{Kg}$  se mueve a  $4,2\text{ m/s}$ . Determinar la velocidad de la otra esfera después del choque.**

Como siempre decimos, el impulso es conservativo en cualquier choque con lo cual siempre podemos plantear la siguiente ecuación.

$$\Delta P = P_f - P_i = 0$$

$$m_1 v_1 + m_2 v_2 = m_1 v'_1 + m_2 v'_2$$

De la ecuación solo tenemos que despejar  $v'_1$  que representa la velocidad del cuerpo 1 después del choque, si despejamos y reemplazamos los valores obtenemos como resultado lo siguiente.

$$\frac{m_1 v_1 + m_2 v_2 - m_2 v'_2}{m_1} = v'_1$$

$$\frac{2 \cdot 5 + 3 \cdot 2 - 3 \cdot 4,2}{2} = v'_1$$

$$1,7 \text{ m/s} = v'_1$$

**3. Un cuerpo de  $2\text{ kg}$  de masa se dirige en línea recta a  $5\text{ m/s}$  hacia otro cuerpo de  $3\text{ kg}$  que se encuentra detenido. Luego del choque ambos cuerpos quedan pegados. Calcular la velocidad final de los mismos.**

Planteamos la fórmula de conservación de la cantidad de movimiento.

$$m_1 \cdot V_{1(0)} + m_2 \cdot V_{2(0)} = m_1 \cdot V_{1(f)} + m_2 \cdot V_{2(f)}$$

Como sabemos que ambos cuerpos quedan pegados, reemplazamos las dos velocidades finales por una sola ( $V_f$ ).

$$m_1 \cdot V_{1(0)} + m_2 \cdot V_{2(0)} = m_1 \cdot V_{(f)} + m_2 \cdot V_{(f)}$$

Despejamos la velocidad final del sistema y reemplazamos por los valores del ejercicio.

$$m_1 \cdot V_{1(0)} + m_2 \cdot V_{2(0)} = V_{(f)} \cdot (m_1 + m_2)$$

$$\frac{m_1 \cdot V_{1(0)} + m_2 \cdot V_{2(0)}}{m_1 + m_2} = V_{(f)}$$

$$V_{(f)} = \frac{2 \text{ kg} \cdot 5 \frac{\text{m}}{\text{s}} + 3 \text{ kg} \cdot 0 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{2 \text{ kg} + 3 \text{ kg}} = \frac{10 \text{ kg} \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}}}{5 \text{ kg}} = 2 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

## DINÁMICA

### EXÁMENES DE LA COMUNITAT VALENCIANA

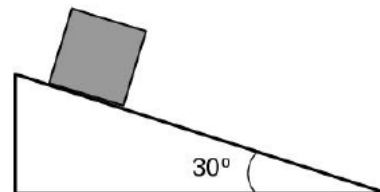
#### OPCIÓN C (Física)

En la opción B (Física y Química no ha salido nada)

##### 2017

1. Calcula la aceleración con la que cae un bloque de 5 kg, que se encontraba inicialmente en reposo, por una rampa inclinada  $30^\circ$ . Considera despreciable el rozamiento. (2 puntos)

DATOS: Toma  $g = 10 \text{ m/s}^2$ .



##### 2015

2. Un vagón de 4000 kg de masa se desplaza por una vía rectilínea a 4,0 m/s y choca contra otro vagón de 5000 kg que se mueve por la misma vía y a la misma velocidad, pero en sentido contrario. Después del choque permanecen enganchados y se mueven juntos.

a) Calcula la velocidad de los vagones después del choque.

b) ¿Se conserva la cantidad de movimiento antes y después del choque? ¿Por qué? ¿Y la energía mecánica? ¿Por qué?

##### 2013

3. Calcular el impulso mecánico que se realiza en un golpe con la raqueta de tenis cuando el jugador devuelve con velocidad de 25 m/s una pelota de 70 g de masa que le llega con la velocidad de 20 m/s. Calcula también la fuerza que ha actuado sobre la pelota. El tiempo de contacto entre la raqueta y la pelota se estima en 0,2 s

##### 2012

4. Un bloque de 30 kg de masa se mueve por un plano horizontal, sin rozamiento, bajo la acción de una fuerza de 250 N. Calcula la aceleración que adquiere el bloque

a) Si la fuerza actúa horizontalmente.

b) Si la fuerza actúa formando un ángulo de  $50^\circ$  con la horizontal

##### 2011

5. Un bloque de 300 kg es empujado por una fuerza horizontal cuyo valor es 1200 N. El coeficiente de rozamiento dinámico es  $\mu = 0,2$ . Calcula la aceleración del bloque. Toma  $g = 9,8 \text{ m/s}^2$

## OTROS EJERCICIOS

- Hallar la fuerza que tienen que actuar sobre una masa de 30 kg para que le proporcione una aceleración de  $500 \text{ cm/s}^2$ .
- Hallar la masa de un cuerpo, si al aplicarle una fuerza de 98 N adquiere una aceleración de  $2 \text{ m/s}^2$ .
- ¿Qué aceleración adquirirá un cuerpo de 5 kg al actuar sobre él una fuerza de 10 N?
- Sobre un cuerpo actúan simultáneamente dos fuerzas de intensidades 3 N y 4 N. Si dichas fuerzas tienen la misma dirección y sentido, ¿cuál es la intensidad de la fuerza resultante?
- Sobre un cuerpo de 10 kg de masa, actúa una fuerza de 300 N durante 5 segundos. Hallar:
  - La aceleración comunicada al cuerpo.
  - Su velocidad al cabo de 5 s.
  - El espacio recorrido por el cuerpo en esos 5 s.
- Un cuerpo de 60 kg está sometido a una fuerza de 150 N durante 10 segundos. Calcula la velocidad alcanzada al cabo de ese tiempo y el espacio recorrido.
- Una fuerza de 100 N es capaz de mover una carga de 20 kg, si el rozamiento con la superficie de contacto es de 15 N calcula el espacio recorrido tras 15 segundos y la velocidad alcanzada.
- ¿Cuánto tiempo tiene que actuar una fuerza de 100 N sobre un cuerpo de 25 kg de masa para comunicarle una velocidad de 25 m/s?
- Calcular el valor de la fuerza que hace un levantador de pesas cuando levanta 150 kg en los siguientes casos:
  - Cuando eleva las pesas a velocidad constante.
  - Cuando eleva las pesas con una aceleración de  $1 \text{ m/s}^2$ .
  - Cuando baja las pesas con una aceleración de  $4 \text{ m/s}^2$ .
- Calcula la fuerza que debe realizar un pistón neumático para levantar una carga de 1200 N en los siguientes casos:
  - Si sube la carga con una aceleración de  $200 \text{ cm/s}^2$ .
  - Si realiza la acción a la velocidad constante de 3 m/s.
- Si un camión de 14000 kg de masa marcha por una carretera recta a la velocidad constante de 90 km/h, ¿cuánto vale la resultante de las fuerzas que actúan sobre el camión? ¿Por qué?
- Un cuerpo de 20 kg se mueve con aceleración de  $2 \text{ m/s}^2$  gracias a la acción de una fuerza de 18000 N.
  - Calcula el rozamiento que experimenta el cuerpo con la superficie de contacto.
  - La velocidad que alcanza pasados 13 segundos.
- Un cuerpo de 5 kg está apoyado sobre una superficie horizontal. El cuerpo comienza a moverse cuando le ejercemos una fuerza horizontal de 50 N. si el rozamiento es de 4 N, calcula la aceleración experimentada por el cuerpo y la distancia recorrida tras 6 segundos en movimiento.
- Calcular la aceleración que adquiere un cuerpo de 20 kg de masa, situado sobre una superficie horizontal, al aplicarle una fuerza horizontal de 300 N, en los siguientes casos:
  - El objeto está sobre ruedas y el rozamiento es despreciable.
  - La fuerza de rozamiento entre las superficies en contacto es de 100 N.
- Un cuerpo de 5 kg de masa está apoyado sobre una superficie horizontal. El cuerpo comienza a moverse cuando ejercemos una fuerza lateral de 10 N. Determina el rozamiento con la superficie de contacto si la aceleración experimentada es de  $1 \text{ m/s}^2$ .
- Un cuerpo se mueve por una superficie recta y horizontal con una velocidad constante de 90 km/h. La fuerza de rozamiento con la superficie es de 1200 N.
  - Averigua la fuerza gracias a la cual se mueve el cuerpo.
  - Calcula la distancia que recorre en 30 segundos.



## **UNIDAD 4. TRABAJO. POTENCIA Y ENERGÍA**

**Definición operativa de la magnitud trabajo en el contexto de las transformaciones mecánicas. Su utilización en diferentes situaciones. Introducción del concepto de potencia.**

**Relaciones entre trabajo y energía introduciendo la energía cinética y la potencial gravitatoria (en las proximidades de la superficie terrestre).**

**Equivalencia entre calor y trabajo: concepto de calor como proceso de transferencia de energía.**

**Principio de conservación de la energía mecánica en ausencia de fuerzas disipativas. Balance de energía en presencia de fuerzas disipativas.**

### **4.1. La energía**

#### **3.1.1. Introducción**

#### **3.1.2. Tipos de energía**

### **4.2. Energía mecánica**

### **4.3. Energía cinética**

### **4.4. Energía potencial**

### **4.5. Principio de conservación de la energía mecánica**

### **4.6. Trabajo y potencia**

#### **4.6.1. El Trabajo**

#### **4.6.2. La potencia**

### **4.7. Equivalencia entre calor y Trabajo: concepto de calor como proceso de transferencia de energía.**

### **4.8. Principio de conservación de la energía mecánica en ausencia de fuerzas disipativas.**

### **4.9. Balance de energía en presencia de fuerzas disipativas.**

**EXÁMENES DE LA COMUNITAT VALENCIANA**

**OTROS EJERCICIOS**

## 4.1. La energía

### 4.1.1. Introducción

Al mirar a nuestro alrededor se observa que las plantas crecen, los animales se trasladan y que las máquinas y herramientas realizan las más variadas tareas. Todas estas actividades tienen en común que precisan del concurso de la energía.

La energía es una propiedad asociada a los objetos y sustancias y se manifiesta en las transformaciones que ocurren en la naturaleza.

La energía se manifiesta en los cambios físicos, por ejemplo, al elevar un objeto, transportarlo, deformarlo o calentarlo.

La energía está presente también en los cambios químicos, como al quemar un trozo de madera o en la descomposición de agua mediante la corriente eléctrica.

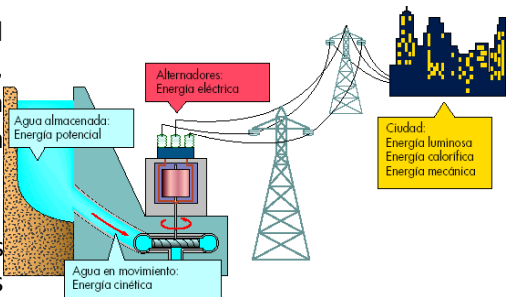
Se trata de una magnitud física y por lo tanto, medible. La unidad de energía en el Sistema Internacional es el julio (J), la misma que el trabajo.

Un julio es la energía necesaria para elevar un peso de 1 newton (N) hasta un 1 metro (m):  $1 J = 1 N \cdot 1 m$

El kilojulio (KJ), se utiliza mucho también, así como el kilovatio por hora (Kw·h) que equivale a  $3,6 \cdot 10^6 J$ .

### 4.1.2. Tipos de energía

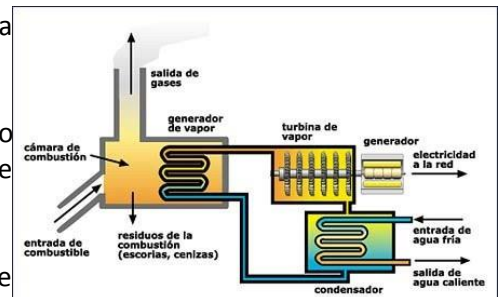
**Energía eléctrica:** es causada por el movimiento de las cargas eléctricas en el interior de los materiales conductores. Esta energía produce, fundamentalmente, 3 efectos: luminoso, térmico y magnético. Ej.: La transportada por la corriente eléctrica en nuestras casas y que se manifiesta al encender una bombilla.



**Energía térmica:** La Energía térmica se debe al movimiento de las partículas que constituyen la materia. Un cuerpo a baja temperatura tendrá menos energía térmica que otro que esté a mayor temperatura.

La transferencia de energía térmica de un cuerpo a otro debido a una diferencia de temperatura se denomina calor.

La **Energía química** es la que se produce en las reacciones químicas. Una pila o una batería poseen este tipo de energía. Ej.: La que posee el carbón y que se manifiesta al quemarlo.



La **Energía nuclear** es la energía almacenada en el núcleo de los átomos y que se libera en las reacciones nucleares de fisión y de fusión. Ej.: la energía del uranio, que se manifiesta en los reactores nucleares.

**Energía luminosa, radiante o electromagnética:** se trata de la energía de las ondas electromagnéticas como: los rayos infrarrojos, los rayos de luz, los rayos ultravioletas, los rayos X, etc. La mayor parte de este tipo de energía la recibimos del Sol.

**Energía sonora:** está relacionada con la transmisión por el aire de ciertas ondas, vibraciones o sonidos (ondas materiales o mecánicas) que son perceptibles por el oído humano haciendo posible entre otras cosas la comunicación.

**Energía nuclear:** proviene de las reacciones nucleares que se producen bien de forma espontánea en la naturaleza o bien de forma artificial en las centrales nucleares.

## 4.2. Energía mecánica

La energía mecánica de un cuerpo está constituida por la suma de dos componentes; la energía que dicho cuerpo adquiere por el hecho de moverse, denominada Energía de movimiento o Energía cinética ( $E_c$ ), y la energía que posee en virtud de la posición que ocupa, a la que llamamos Energía de posición o Energía potencial ( $E_p$ ).

$$E_m = E_p + E_c$$

### 4.3. Energía cinética

El valor de la energía cinética ( $E_c$ ) de un cuerpo que se esté moviendo va a depender de la masa de dicho cuerpo y de la velocidad con que éste se desplace. Así, una persona de 80 kg poseerá el doble de energía cinética que otra de 40 kg cuando ambas se muevan a la misma velocidad.

La medida matemática de la energía cinética se obtienen mediante la siguiente ecuación:  $E_c = \frac{1}{2} m v^2$  donde  $m$  representa el valor de la masa del cuerpo en kg y  $v$  es la velocidad a la que se desplaza expresada en m/s.

### 4.4. Energía potencial

El valor de la energía potencial ( $E_p$ ) de este mismo cuerpo cuando esté en reposo, va a depender tanto de la masa como de la altura a la que esté situado con respecto al suelo. Así, un cuerpo de 80 kg poseerá mayor energía potencial que otro de 40 kg si ambos se encuentran situados a la misma altura. Obtenemos el valor matemático de la energía potencial mediante la siguiente ecuación:  $E_p = m g h$  donde  $m$  representa el valor de la masa del cuerpo en kg,  $g$  es la aceleración de la gravedad cuyo valor se considera constante:  $9,8 \text{ m/s}^2$ ,  $h$  es el valor de la altura a la que esté situado el cuerpo, expresada en metros.

El aumento de energía cinética de un cuerpo implica una disminución equivalente de su energía potencial y viceversa, de esta manera la energía mecánica de dicho cuerpo se mantiene constante.

El valor de la energía mecánica vendrá expresado en julios.

#### EJEMPLOS:

**1. Calcula el valor de la energía cinética de un objeto de 10 kg de masa cuando lleva una velocidad de 2 m/s.**

$$m = 10 \text{ kg} \quad v = 2 \text{ m/s}$$

$$E_c = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 = \frac{1}{2} \cdot 10 \cdot 2^2 = \frac{1}{2} \cdot 10 \cdot 4 = 20 \text{ J}$$

**2. Calcula el valor de la energía potencial de un objeto de 2 kg de masa cuando se encuentra a una altura de 5 m.**

$$m = 2 \text{ kg} \quad g = 9,8 \text{ m/s}^2 \quad h = 5 \text{ m}$$

$$E_p = m g h = 2 \cdot 9,8 \cdot 5 = 98 \text{ J}$$

### 4.5. Principio de conservación de la energía mecánica

En la realización de todos nuestros quehaceres cotidianos; subir y bajar escaleras, ir a comprar, limpiar, caminar... consumimos una determinada cantidad de energía. Pero lo que identificamos como consumo es más bien una transformación, nos movemos porque transformamos la energía química que nos aportan los alimentos en energía mecánica (movimiento muscular).

El principio de conservación de la energía mecánica dice:

*“La energía mecánica de un cuerpo se conserva cuando sobre él sólo actúa el peso”.*

Si sobre un cuerpo actúa la fuerza de rozamiento la energía mecánica se ve disminuida en la cantidad que representa dicha fuerza.

#### EJEMPLOS:

**Un objeto de 1 kg se lanza verticalmente hacia arriba, con una velocidad de 10 m/s. ( $g = 10 \text{ m/s}^2$ ) calcula:**

**a) La energía mecánica del objeto en el momento de lanzarlo.**

- b) La energía cinética y la velocidad del objeto cuando éste se encuentra a una altura de 2 m.  
 c) La energía potencial cuando el objeto alcanza su altura máxima, y la medida de dicha altura.

a)

$$m = 1 \text{ kg} \quad v = 10 \text{ m/s} \quad g = 10 \text{ m/s}^2 \quad h = 0 \text{ m}$$

$$E_m = E_c + E_p = \frac{1}{2} m v^2 + m g h = \frac{1}{2} \cdot 1 \cdot 10^2 + 0 = 50 \text{ J}$$

b)

$$m = 1 \text{ kg} \quad g = 10 \text{ m/s}^2 \quad h = 2 \text{ m} \quad v = ?$$

Con la altura podemos conocer la energía potencial:  $E_p = m g h = 1 \cdot 10 \cdot 2 = 20 \text{ J}$

Teniendo en cuenta el principio de conservación de la energía, en este momento la energía mecánica es 50 J (calculado en el apartado anterior). Entonces:  $E_m = E_c + E_p \quad 50 = E_c + 20 \quad E_c = 30 \text{ J}$

Además, utilizando la fórmula de la energía cinética podemos calcular la velocidad  $v = 7,75 \text{ m/s}$ .

c)

$$m = 1 \text{ kg} \quad v = 0 \text{ m/s} \quad g = 10 \text{ m/s}^2 \quad h = ?$$

$E_m = E_c + E_p \quad 50 = E_c + E_p$  pero como la velocidad es cero cuando llega a la altura máxima, la energía cinética es cero y la energía potencial es igual a la energía mecánica.  $E_p = 50 \text{ J}$

A partir de la fórmula de la energía potencial se puede calcular la altura máxima  $h_{\text{máx}} = 5 \text{ m}$ .

## 4.6. Trabajo y potencia

### 4.6.1. El Trabajo

La realización de cualquier trabajo exige el empleo de cierta dosis de energía. Pero bajo el punto de vista de la Física, por mucha energía que apliquemos en mover un objeto, si no somos capaces de desplazarlo, no habremos realizado ningún trabajo.

Según esta disciplina, para realizar un trabajo es necesario que al aplicar una fuerza sobre un cuerpo logremos que dicho cuerpo se desplace. Así realizamos trabajo cuando tiramos del carro de la compra, levantamos objetos,...

El valor del **trabajo** ( $T$  o  $W$ ) realizado, cuando el cuerpo se desplace en la misma dirección en que se aplica la fuerza, se calcula mediante la ecuación:  **$W = F e \cos\alpha$**  donde:

$W$  es el trabajo en julios (J)

$F$  es la fuerza en newtons (N)

$e$  es el desplazamiento (posición final menos posición inicial) en metros

$\alpha$  es el ángulo formado entre la fuerza y el desplazamiento producido.

Si el trabajo se realiza en la misma dirección del movimiento:  **$W = F e$**  (EXPLICACIÓN EN CLASE)

Tan importante como la cantidad de trabajo efectuado es la velocidad con que este se efectúe. Para ello existe en Física una magnitud denominada **Potencia**.

### 4.6.2. La potencia

La **potencia** se define como la velocidad con la que se realiza un trabajo. La potencia es el trabajo realizado por unidad de tiempo. Su ecuación es:  **$P = W / t$**  donde:

$W$  es el trabajo realizado y se mide en julios

$t$  es el tiempo empleado, en segundos

$P$  es la potencia, cuya unidad en el sistema internacional es el julio por segundo (J/s) a la que también se le llama vatio ( $w$ ).

El vatio resulta ser una unidad muy pequeña por lo que normalmente se utilizan múltiplos de ella, tales como el kilovatio (Kw) que equivale a 1000 vatios o el caballo de vapor (c.v.) que son 735 vatios.



**EJEMPLO:**

**Para desplazar un objeto 5 m hemos tenido que aplicar una fuerza equivalente a 40 N durante 50 segundos. Calcular el valor del trabajo realizado y la potencia consumida.**

$$F = 40 \text{ N} \quad e = 5 \text{ m} \quad t = 50 \text{ s}$$

$$W = F e = 40 \cdot 5 = 200 \text{ J} \quad P = W / t = 200 \text{ J} / 50 \text{ s} = 4 \text{ W}$$

#### 4.7. Equivalencia entre calor y trabajo: concepto de calor como proceso de transferencia de energía.

Si calor y trabajo son ambas formas de energía en tránsito de unos cuerpos o sistemas a otros, deben estar relacionadas entre sí. La comprobación de este tipo de relación fue uno de los objetivos experimentales perseguidos con insistencia por el físico inglés James Prescott Joule (1818-1889). Aun cuando efectuó diferentes experimentos en busca de dicha relación, el más conocido consistió en determinar el calor producido dentro de un calorímetro a consecuencia del rozamiento con el agua del calorímetro de un sistema de paletas giratorias y compararlo posteriormente con el trabajo necesario para moverlas.

La energía mecánica puesta en juego era controlada en el experimento de Joule haciendo caer unas pesas cuya energía potencial inicial podía calcularse fácilmente de modo que el trabajo  $W$ , como variación de la energía mecánica, vendría dado por:  $W = \Delta E_p = m g h$  siendo  $m$  la masa de las pesas,  $h$  la altura desde la que caen y  $g$  la aceleración de la gravedad.

Por su parte, el calor liberado por la agitación del agua que producían las aspas en movimiento daba lugar a un aumento de la temperatura del calorímetro y la aplicación de la ecuación calorimétrica:  $Q = m c (T_f - T_i)$  permitía determinar el valor de  $Q$  y compararlo con el de  $W$ .

Tras una serie de experiencias en las que mejoró progresivamente sus resultados, llegó a encontrar que el trabajo realizado sobre el sistema y el calor liberado en el calorímetro guardaban siempre una relación constante y aproximadamente igual a 4,2. Es decir, por cada 4,2 joules de trabajo realizado se le comunicaba al calorímetro una cantidad de calor igual a una caloría.

Ese valor denominado *equivalente mecánico del calor* se conoce hoy con más precisión y es considerado como **4,184 joules/calorías**.

La relación numérica entre calor  $Q$  y trabajo  $W$  puede, entonces, escribirse en la forma:

$$W \text{ (joules)} = 4,18 \cdot Q \text{ (calorías)}$$

La consolidación de la noción de calor como una forma más de energía, hizo del equivalente mecánico un simple factor de conversión entre unidades diferentes de una misma magnitud física, la energía; algo parecido al número que permite convertir una longitud expresada en pulgadas en la misma longitud expresada en centímetros.

Todos los cuerpos poseen energía interna, debido en parte a la energía cinética de sus partículas. Esta energía se llama energía térmica. A mayor velocidad de las partículas mayor es la energía del cuerpo.

La temperatura es una magnitud macroscópica. Los cuerpos con más temperatura pasan energía a los cuerpos con menos temperatura, hasta que éstas se igualan.

La **temperatura** está directamente relacionada con la **energía térmica** de un cuerpo. A más **temperatura**, más **velocidad** tendrán sus partículas.

La energía térmica se asocia a la energía cinética de las partículas que componen un cuerpo.

Cuanto mayor sea la temperatura mayor será la energía de las partículas y mayor será la velocidad de las partículas.

Las partículas en los sólidos sólo pueden vibrar, mientras que en los gases se mueven casi con total libertad.

Cuando a un sólido se le da calor, aumenta la energía térmica de sus partículas y éstas vibran con más velocidad. Cuando su velocidad es lo suficientemente grande ya no pueden mantenerse juntas y se separan. Así el sólido va pasando a estado líquido o gaseoso.

Lo contrario pasa cuando un gas pierde calor, sus partículas pierden energía y pueden terminar juntándose dando lugar a sólidos o líquidos.

Calor y trabajo son dos tipos de energía en tránsito, es decir, energía que pasa de un cuerpo a otro. Ambas tienen la misma unidad, Julio en el S.I.

La principal diferencia entre ambas es la forma en la que se transfieren. El calor se transfiere entre dos cuerpos que tienen diferente temperatura. El trabajo se transfiere cuando entre dos cuerpos se realizan fuerzas que provocan desplazamientos o cambios dimensionales.

El calor se transfiere a través de un **vínculo térmico** (diferencia de temperatura). El trabajo se transfiere a través de un **vínculo mecánico** (fuerzas y desplazamientos).

El calor se puede transferir mediante **convección**, **radiación** o **conducción**.

#### 4.8. Principio de conservación de la energía mecánica en ausencia de fuerzas disipativas.

##### Fuerzas conservativas o no disipativas

Cuando sólo actúan este tipo de fuerzas, la energía mecánica total se conserva, o sea, NO varía.

Ejemplos de fuerzas conservativas: la gravitatoria, la elástica y la eléctrica.

##### Fuerzas disipativas o no conservativas

Son aquellas que transforman la energía mecánica en calor, por ejemplo: la fuerza de rozamiento.

##### Definiciones:

Una fuerza es conservativa si el trabajo efectuado por ella sobre una partícula que se mueve en cualquier viaje de ida y vuelta es 0.

Una fuerza es no conservativa (o disipativa) si el trabajo efectuado por ella sobre una partícula que se mueve en cualquier viaje de ida y vuelta es distinto de 0.

Llamamos **energía mecánica** de un cuerpo a la suma de la energía cinética  $E_c$  y potencial  $E_p$  que posee:

$$E_m = E_c + E_p$$

La **energía mecánica** de un cuerpo se mantiene **constante** cuando todas las fuerzas que actúan sobre él son **conservativas**.

Es probable que en numerosas ocasiones hayas oído decir que "la energía ni se crea ni se destruye, solo se transforma". En realidad, tal afirmación es uno de los principios más importantes de la Física y se denomina **Principio de Conservación de la Energía**. Vamos a particularizarlo para el caso de la energía mecánica.

Para entender mejor este concepto vamos a ilustrarlo con un ejemplo. Imagina una pelota colgada del techo que cae sobre un muelle. Según el principio de conservación de la energía mecánica, *la energía mecánica de la bola es siempre la misma* y por tanto durante todo el proceso dicha energía permanecerá constante, tan sólo cambiarán las aportaciones de los distintos tipos de energía que conforman la energía mecánica.

Para comprobar el **principio de conservación de la energía mecánica** razonamos de la siguiente manera:

El **teorema de la energía cinética** establece que la variación de energía cinética  $\Delta E_c$  entre dos puntos (la cual se traduce en una variación de su velocidad) que sufre un cuerpo es igual al trabajo realizado por la **fuerza resultante** que actúa sobre el cuerpo entre los puntos inicial y final. Esto se cumple tanto si las fuerzas son conservativas como si no.

$$W = \Delta E_c$$

Por otro lado, en el caso de fuerzas conservativas, dicho trabajo coincide con la variación de energía potencial cambiada de signo.

$$W = -\Delta E_p$$

De lo anterior, y teniendo en cuenta que en ambos casos nos referimos al mismo trabajo, podemos escribir:

$$\Delta E_c = -\Delta E_p \quad \Delta E_c + \Delta E_p = 0 \quad \Delta(E_c + E_p) = 0 \quad \Delta E_m = 0$$

Por tanto **la energía mecánica no cambia, permanece constante**.

#### EJEMPLOS

**1. Determina la altura máxima que alcanzará un cuerpo que es lanzado verticalmente a 9 m/s. Utiliza el Principio de Conservación de la Energía para resolver el problema.**

#### Datos

Valor de la velocidad inicial:  $v_i = 9 \text{ m/s}$

### Consideraciones previas

Este problema puede ser resuelto exclusivamente teniendo en cuenta las expresiones del movimiento rectilíneo uniformemente acelerado (m.r.u.a), ya que se trata de una caída libre. Aquí nos piden, en cambio, que usemos el Principio de Conservación de la Energía Mecánica para ello

La única fuerza que actúa sobre el cuerpo, el peso, es conservativa (despreciamos rozamiento con el aire)

La energía mecánica del sistema permanece constante en todo momento en ausencia de fuerzas no conservativas ( $\Delta E_m = 0$ ).

Se produce una transformación paulatina de la energía cinética inicial del cuerpo, en energía potencial. Dicho de otro modo:  $E_{c_f} = 0$ ;  $E_{p_0} = 0$ ;

Consideramos el valor de la gravedad  $g = 9,8 \text{ m/s}^2$

### Resolución

$$\begin{array}{lllll} \Delta E_m = 0 & E_{m_f} = E_{m_i} & E_{c_f} + E_{p_f} = E_{c_i} + E_{p_i} & 0 + E_{p_f} = E_{c_i} + 0 & E_{p_f} = E_{c_i} \\ m \cdot g \cdot h_f = 1/2 \cdot m \cdot v_i^2 & g h_f = 1/2 v_i^2 & 2 \cdot g h_f = v_i^2 & 2 \cdot 9,8 h_f = 9^2 & 19,6 h_f = 81 \\ \text{de donde } h_f = 4,13 \text{ m} & & & & \end{array}$$

2. Se deja caer un objeto de masa 5 kg desde una altura de 20m. calcula

a) la energía mecánica inicial

b) velocidad del objeto al llegar al suelo.

3. Se dispara una piedra verticalmente hacia arriba con una velocidad de 20 m/s. Calcular

a) Altura máxima

b) Altura a la que se encuentra cuando su  $v = 6 \text{ m/s}$

### LOS HAREMOS EN CLASE

#### 4.9. Balance de energía en presencia de fuerzas disipativas.

En el caso general de que en nuestro sistema aparezcan *fuerzas no conservativas o disipativas*, **la energía mecánica no se conserva**.

Existen dos contribuciones para el trabajo total  $W_t$ :

Trabajo de *fuerzas conservativas*  $W_c$

Trabajo de *fuerzas no conservativas*  $W_{nc}$

Por tanto:  $W_t = W_c + W_{nc}$

Si sobre un cuerpo actúan fuerzas conservativas y no conservativas, la **variación de energía mecánica** coincide con el **trabajo** realizado por las **fuerzas no conservativas**

$$W_{nc} = \Delta E_m$$

La **fuerza de rozamiento** es uno de los casos más destacados de **fuerza no conservativa o disipativa**. Imagina el caso sencillo en que lanzas una canica deslizándose *por el suelo* a cierta velocidad. Al cabo de un tiempo, esta acabará por pararse. La energía mecánica de la canica está formada únicamente por su energía cinética ( $E_m = E_c + E_p$ ). Suponiendo la fricción con el aire despreciable, la fuerza de rozamiento, disipativa, va a ser la responsable de que nuestra canica vaya, poco a poco, perdiendo su energía mecánica (coincidente en este caso con la cinética).

### EJEMPLO

Lanzamos una bola de 2 kg de peso en línea recta a una velocidad de 4 m/s rodando por el suelo. Sabiendo que recorre 20 m antes de detenerse y suponiendo que la fricción con el aire es nula, calcula el valor de la fuerza de rozamiento con el suelo.

### Datos

Masa del cuerpo:  $m = 2 \text{ kg}$

Velocidad del cuerpo (módulo):  $v_i = 4 \text{ m/s}$

Desplazamiento (módulo):  $\Delta r \text{ (e)} = 20 \text{ m}$

### Consideraciones previas

Para el estudio que nos ocupa, podemos considerar que la energía potencial es nula y por tanto el incremento de la energía mecánica coincide con el incremento de la energía cinética

Dado que el cuerpo acaba deteniéndose, la energía cinética final es cero ( $E_{c_f}=0$ )

El ángulo que forma la fuerza de rozamiento con el vector desplazamiento es de 180 grados ( $\pi$  rad): lo que hace que la fuerza no disipativa, la fuerza de rozamiento, sea negativa. Recordad: El Trabajo de rozamiento  **$W_{roz} = -F_{roz} \cdot e$**

### Resolución

Con las consideraciones anteriores nos queda:

$$\Delta E_m = \Delta E_c + \Delta E_p \quad \Delta E_m = (E_{c_f} - E_{c_i}) + (E_{p_f} - E_{p_i}) = (0 - E_{c_i}) + (0 - 0) = -E_{c_i} = -\frac{1}{2} m v_i^2 = -\frac{1}{2} \cdot 2 \cdot 4^2 = -16 \text{ J}$$

$$\Delta E_m = W_{nc}$$

$$W_{nc} = W_{roz} = -F_{roz} \cdot e = -F_{roz} \cdot 20$$

$$\Delta E_m = W_{nc} \quad \Delta E_m = -F_{roz} \cdot 20 \quad -16 = -F_{roz} \cdot 20 \quad F_{roz} = 16/20 = 0,8 \text{ N}$$



**TRABAJO Y ENERGÍA**  
**EXÁMENES DE LA COMUNITAT VALENCIANA**

**Opción B: Física y Química**

---

**2017**

1. Un coche de 1250 kg, inicialmente en reposo, arranca con una aceleración de  $0,8 \text{ m/s}^2$ , desplazándose 1 km por una carretera horizontal que se supone sin rozamiento. ¿Que trabajo realiza el motor? ¿Cual ha sido su potencia? (2 puntos)

**2016**

2. Se deja caer un cuerpo de 12 kg desde una altura de 40 m. Supón despreciable la resistencia del aire. Determina (0,5 puntos por apartado):

- La energía potencial cuando está a una altura de 30 m.
- La energía cinética que tiene en ese instante y su velocidad.
- El trabajo que efectúa cuando choca contra el suelo.
- La velocidad con la que llega al suelo.

Dato:  $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ .

**2015**

3. Un hombre tira de un trineo de 70 kg con una fuerza de 100 N, mediante una cuerda que forma un ángulo de  $28^\circ$  con la horizontal. El coeficiente de rozamiento entre el trineo y la nieve es de 0,10.

Calcula:

- La fuerza normal ejercida por la superficie sobre el trineo.
- La aceleración que experimentará el trineo.

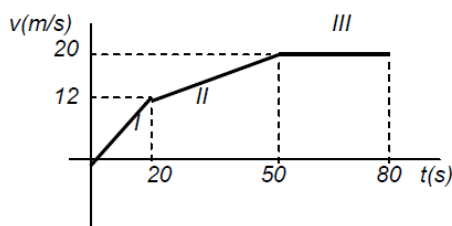
Dato:  $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ .

**2014**

4. Lanzamos un bloque de madera de masa por un suelo horizontal, con el que tiene un coeficiente de rozamiento al deslizamiento  $\mu=0,2$ , con una velocidad inicial de 5 m/s. a) Calcula la aceleración de frenado del bloque. , b) ¿Qué velocidad tendrá al cabo de 1 s? Tomar  $g= 10 \text{ m/s}^2$

**2013**

5.



2. La gráfica adjunta corresponde a la variación de la velocidad con el tiempo de un móvil de 1200 kg de masa que se mueve con movimiento rectilíneo.

Calcula la fuerza resultante que actúa sobre el móvil en cada uno de los tres tramos.

I

**2012**

6. Un montacargas eleva un peso de 1500 Kg N al piso 15 de un edificio, siendo 3'2 m la altura de cada piso.

- Calcúlese la energía potencial de dicho peso a esa altura.
- Debido a una mala manipulación el peso cae a la calle. Calcúlese la velocidad de llegada al suelo, considerando despreciable el rozamiento con el aire.

Tomar  $g= 9'8 \text{ m/s}^2$

**2011**

7. a) Calcula la energía cinética de un avión de 5 toneladas de masa, moviéndose a una velocidad de 756 km/h . b) Calcula a qué altura debe volar el avión para que su energía potencial valga lo mismo que la energía cinética del apartado a.

Tomar  $g= 9'8 \text{ m/s}^2$

**2010**

8. El motor de un automóvil es capaz de comunicarle una aceleración de durante partiendo del reposo. a) Despreciando rozamientos, determina la energía cinética del automóvil a final de los 12 s. b) ¿Cuál es la potencia desarrollada por el motor en CV? Datos: 1CV=736W

### Opción C: Física

---

**2017**

9. Un coche de 1250 kg, inicialmente en reposo, arranca con una aceleración de  $0,8 \text{ m/s}^2$ , desplazándose 1 km por una carretera horizontal que se supone sin rozamiento. ¿Que trabajo realiza el motor? ¿Cual ha sido su potencia? (2 puntos)

**2016**

10. Se deja caer un cuerpo de 12 kg desde una altura de 40 m. Supón despreciable la resistencia del aire. Determina (0,5 puntos por apartado):

- La energía potencial cuando está a una altura de 30 m.
- La energía cinética que tiene en ese instante y su velocidad.
- El trabajo que efectúa cuando choca contra el suelo.
- La velocidad con la que llega al suelo.

Dato:  $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ .

**2015**

11. Un hombre tira de un trineo de 70 kg con una fuerza de 100 N, mediante una cuerda que forma un ángulo de  $28^\circ$  con la horizontal. El coeficiente de rozamiento entre el trineo y la nieve es de 0,10.

Calcula:

- La fuerza normal ejercida por la superficie sobre el trineo.
- La aceleración que experimentará el trineo.

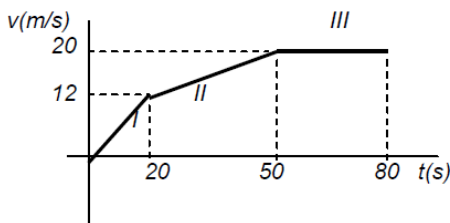
Dato:  $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ .

**2014**

12. Lanzamos un bloque de madera de masa por un suelo horizontal, con el que tiene un coeficiente de rozamiento al deslizamiento  $\mu=0,2$ , con una velocidad inicial de 5 m/s. a) Calcula la aceleración de frenado del bloque. , b) ¿Qué velocidad tendrá al cabo de 1 s? Tomar  $g= 10 \text{ m/s}^2$

**2013**

13.



2. La gráfica adjunta corresponde a la variación de la velocidad con el tiempo de un móvil de 1200 kg de masa que se mueve con movimiento rectilíneo.

Calcula la fuerza resultante que actúa sobre el móvil en cada uno de los tres tramos.

**2012**

14. Un montacargas eleva un peso de 1500 Kg N al piso 15 de un edificio, siendo 3'2 m la altura de cada piso.

- Calcúlese la energía potencial de dicho peso a esa altura.
- Debido a una mala manipulación el peso cae a la calle. Calcúlese la velocidad de llegada al suelo, considerando despreciable el rozamiento con el aire.

Tomar  $g= 9'8 \text{ m/s}^2$

**2011**

15. a) Calcula la energía cinética de un avión de 5 toneladas de masa, moviéndose a una velocidad de 756 km/h . b)

Calcula a qué altura debe volar el avión para que su energía potencial valga lo mismo que la energía cinética del apartado a. Toma  $g = 9.8 \text{ m/s}^2$

**2010**

16. El motor de un automóvil es capaz de comunicarle una aceleración de  $2 \text{ m/s}^2$  durante  $12 \text{ s}$  partiendo del reposo. a) Despreciando rozamientos, determina la energía cinética del automóvil a final de los  $12 \text{ s}$ . b) ¿Cuál es la potencia desarrollada por el motor en CV? Datos:  $1 \text{ CV} = 736 \text{ W}$

---

## OTROS EJERCICIOS

1. ¿Cuál es la energía cinética de un camión de 10 toneladas de masa, cuando se mueve con una velocidad de 72 km/h?
2. La energía cinética de un automóvil de 1200 kg de masa es 375000 J. ¿Cuál es su velocidad media en km/h?
3. Calcular la energía potencial de un lámpara de 2 kg de masa, que cuelga del techo 2,5 m respecto del suelo.
4. ¿A qué altura hay que colocar un objeto de 5 kg de masa, para que su energía potencial sea 2450 J?
5. Un objeto de 500 g se lanza verticalmente hacia arriba, con una velocidad de 20 m/s. Considerando la gravedad  $10 \text{ m/s}^2$ , calcula:
  - a) La energía mecánica del objeto en el momento de lanzarlo.
  - b) La energía cinética y la velocidad del objeto cuando éste se encuentra a una altura de 15 m.
  - c) La energía potencial cuando el objeto alcanza su altura máxima, y la medida de dicha altura.
6. Desde una altura de 80 m se lanza verticalmente hacia abajo un objeto de 200 g de masa con una velocidad inicial de 5 m/s. Considerando la gravedad  $10 \text{ m/s}^2$ , calcula:
  - a) La energía mecánica en el momento de lanzarlo.
  - b) La energía cinética y la velocidad del objeto cuando se encuentre a una altura de 50 m.
  - c) La energía potencial y la altura del objeto cuando lleve una velocidad de 35 m/s.
  - d) La energía cinética y la velocidad del objeto en el momento de llegar al suelo.
7. Desde una altura de 8 metros se deja caer un objeto de 1 kg de masa y llega al suelo con una velocidad de 12 m/s. Calcular:
  - a) La energía mecánica en el momento de soltarlo.
  - b) La energía mecánica del objeto en el momento de llegar al suelo.
  - c) La energía perdida debido al rozamiento con el aire.
8. Se lanza un cuerpo de 4 kg verticalmente hacia arriba, con una velocidad inicial de 8 m/s. Si se pierde una energía de 10,4 J por efecto del rozamiento con el aire, calcular la altura máxima que alcanza.
9. ¿A qué altura se encuentran una de otra, dos macetas de 10 kg y 20 kg respectivamente si ambas poseen la misma energía potencial?
10. Para desplazar 8 m un automóvil aparcado en segunda fila hemos tenido que aplicar una fuerza equivalente a 64 N durante 40 segundos. Calcular el valor del trabajo realizado y la potencia consumida.
11. Hallar el trabajo realizado por una fuerza de 60 N, cuando desplaza su punto de aplicación 12 metros en la dirección de la fuerza.
12. Sabiendo que una persona realiza un trabajo de 1000 J en un recorrido de 50 m, ¿cuál es el valor de la fuerza ejercida por la persona?
13. Una fuerza realiza un trabajo de 100 J al trasladar un cuerpo durante 5 segundos. Calcula la potencia ejercida por dicha fuerza.
14. ¿Cuánto tiempo tarda un motor de 100 w de potencia en realizar un trabajo de 1000 J?
15. ¿Qué cantidad de energía consume un motor de 100 w en un minuto?

## **UNIDAD 5. ELECTRICIDAD**

Revisión de la fenomenología de la electrización. Naturaleza eléctrica de la materia. Principio de conservación de la carga.

Interacción eléctrica. Ley de Coulomb. Estudio del campo eléctrico: Vector Intensidad de campo eléctrico. Potencial eléctrico. Diferencia de potencial entre dos puntos de un campo eléctrico.

Circuito eléctrico y magnitudes para su estudio cuantitativo: fuerza electromotriz, intensidad y resistencia. Ley de Ohm.

Factores de los que depende la resistencia de un conductor.

Ley de Ohm para un circuito completo. Asociaciones de resistencias.

Trabajo y potencia eléctricos. Efecto Joule.

### **5.1. Electrostática**

#### **5.1.1. Introducción**

#### **5.1.2. ¿Qué es la carga eléctrica?**

#### **5.1.3. Ley de Coulomb**

##### **5.1.3.1. Fuerza Eléctrica**

##### **5.1.3.2. Unidad de Carga Eléctrica**

#### **5.1.4. Introducción al Concepto de Campo Eléctrico**

#### **5.1.5. Introducción al Concepto de Potencial Eléctrico**

### **5.2. La corriente eléctrica**

#### **5.2.1. Aislantes y conductores**

#### **5.2.2. Magnitudes de la corriente eléctrica**

##### **5.2.2.1. Diferencia de potencial (ddp, voltaje o tensión eléctrica. También llamada “fuerza electromotriz: fem)**

##### **5.2.2.2. Intensidad de corriente**

##### **5.2.2.3. Resistencia: Ley de Ohm**

##### **5.2.2.4. Instrumentos de medida**

#### **5.2.3. Circuito eléctrico**

#### **5.2.4. Generadores**

#### **5.2.5. Efectos de la corriente eléctrica**

#### **5.2.6. Energía y potencia eléctrica**

#### **5.2.7. Tipos de circuitos eléctricos**

##### **5.2.7.1. Circuitos en Serie**

##### **5.2.7.2. Circuitos en Paralelo**

#### **5.2.8. Transformaciones energéticas en un circuito**

### **FÓRMULAS DEL CAMPO ELÉCTRICO**

### **EXÁMENES DE LA COMUNITAT VALENCIANA**

### **OTROS EJERCICIOS**

## 5.1. Electrostática

<https://www.fiscalab.com/tema/electrostatica-intro#contenidos>

### 5.1.1. Introducción

Desde que los griegos descubrieron las curiosas propiedades del ámbar al ser frotado, hasta los actuales nanoconductores, el estudio de la electricidad ha ocupado algunas de las mentes más lúcidas de la humanidad.

La **electrostática** es la rama de la Física que estudia las interacciones entre cuerpos cargados eléctricamente que se encuentran en reposo. En este tema estudiaremos los fundamentos y leyes que gobiernan la **electricidad** y descubriremos que la carga eléctrica es una propiedad intrínseca de la materia, al igual que lo es la masa.

¿Has probado a frotar un bolígrafo de plástico en un jersey de lana y acercarlo a un grupo de pequeños papeles? Si no lo has hecho todavía podrás comprobar que los trocitos de papel son atraídos por tu bolígrafo e incluso algunos pueden quedar suspendidos en él.



Esta fuerza de atracción capaz de vencer la fuerza de la gravedad, denominada **fuerza eléctrica**, es y ha sido objeto de estudio por numerosos científicos a lo largo de la historia.

Y es que esta capacidad que poseen algunos objetos al ser rozados, ya era conocida por los antiguos griegos. En concreto, Tales de Mileto (s. VII

a.C.) comprobó que al frotar ciertos cuerpos con un paño aparecían ciertas fuerzas "inexplicables" y que eran mucho más intensas en el ámbar, en griego, *elektron*.

Sin embargo, no se comienza a comprender estos fenómenos hasta la llegada del Renacimiento. A principios del siglo XVII, William Gilbert (1554-1603) descubrió numerosos materiales que poseían un comportamiento similar al ámbar, a los que llamó "eléctricos". Basándose en este hecho, estableció una clasificación que diferenciaba entre sustancias eléctricas y no eléctricas. Años más tarde, dicha clasificación fué rechazada por Charles François de Cisternay du Fay (1698-1739), quién descubrió que existen dos tipos de electricidad estableciendo la teoría del doble fluido eléctrico: vítreo (opuesto al ámbar) o resinoso (como el ámbar).

Por otro lado Benjamin Franklin (1706-1790), en el siglo XVIII estableció que la electricidad era un fluido que puede encontrarse en exceso (carga positiva) o en defecto (carga negativa), estableciendo así lo que se conoce como la teoría del fluido eléctrico único. Sin embargo en ese mismo siglo, Michael Faraday (1791-1867), determinó que Franklin estaba parcialmente equivocado y que la electricidad no se trataba de un fluido si no de partículas con carga. Esa carga fué bautizada por el físico George Johnstone Stoney (1826-1911) como **electrón** (en honor al ámbar), aunque no sería hasta 1897 cuando Joseph John Thomson (1856-1940) lo descubre por medio de una serie de experimentos con rayos catódicos. Posteriormente, Ernest Rutherford encontró otra partícula subatómica con carga opuesta al electrón que llamó **protón**.



Benjamin Franklin



Michael Faraday



Ernest Rutherford

Hoy en día sabemos que **la materia es intrínsecamente eléctrica** porque las partículas que componen los átomos poseen esta propiedad.

Todos estos estudios condujeron a una importante conclusión, y es que:

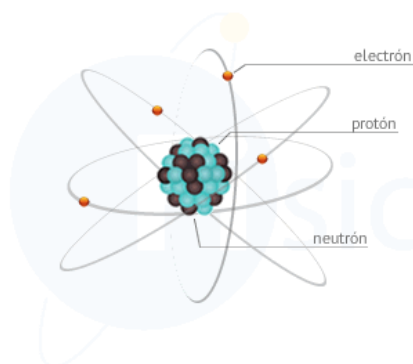
La interacción que se produce entre dos cuerpos electrizados por frotamiento, denominada **interacción electrostática**, puede ser de carácter atractivo o repulsivo.

### 5.1.2. ¿Qué es la carga eléctrica?

En la física moderna, la **carga eléctrica** es una propiedad intrínseca de la materia responsable de producir las interacciones electrostáticas.

En la actualidad no se sabe qué es o por qué se origina dicha carga, lo que si se conoce es que **la materia ordinaria se compone de átomos** y estos a su vez se componen de otras partículas llamadas protones ( $p^+$ ) y electrones ( $e^-$ ). Los primeros se encuentran en lo que se denomina núcleo del átomo y los segundos, en lo que se denomina corteza, girando entorno al núcleo. Dado que se encuentran en la periferia, estos se fugan (se pierden) o ingresan (se ganan) con facilidad. Al igual que existen dos tipos de electrización (atractiva y repulsiva), existen dos tipos de carga (positiva y negativa). Los electrones poseen carga negativa y los protones positiva, aunque son idénticas en valor absoluto. Robert Millikan, en 1909 pudo medir el valor de dicha carga, simbolizado con la letra e, estableciendo que:

$$e = 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ culombios (C)}$$



#### Modelo Básico del Átomo

Los átomos se componen de un núcleo y una corteza.

El núcleo está formado por protones (carga positiva) y neutrones (carga neutra).

En la corteza se encuentran los electrones (carga negativa) orbitando entorno al núcleo.

#### Propiedades de la carga eléctrica

1. Dado que la materia se compone de protones y electrones, y su carga es e, podemos deducir que **la carga eléctrica es una magnitud cuantizada**, o lo que es lo mismo, la carga eléctrica de cualquier cuerpo es siempre un **múltiplo del valor de e**.

2. En cualquier caso, la carga eléctrica de un cuerpo se dice que es:

**Negativa**, cuando tiene más electrones que protones.

**Positiva**, cuando tiene menos electrones que

protones.

**Neutra**, cuando tiene igual número de electrones que de protones.

3. En cualquier fenómeno físico, la carga del sistema que estemos estudiando es idéntica antes y después de que ocurra el fenómeno físico, aunque se encuentre distribuida de otra forma. Esto constituye lo que se conoce como el **principio de conservación de la carga**: **La carga ni se crea ni se destruye ya que su valor permanece constante**.

4. Las cargas pueden circular libremente por la superficie de determinados cuerpos. Aquellos que permiten dicho movimiento reciben el nombre **conductores** y aquellos que no lo permiten se denominan **aislantes**.

5. La fuerza de atracción o repulsión entre dos cargas, tal y como establece la **ley de Coulomb**, depende del inverso del cuadrado de la distancia que los separa.

	Carga
<b>Protón</b>	$1,67 \cdot 10^{-19} \text{ C}$
<b>Neutrón</b>	0
<b>Electrón</b>	$-1,67 \cdot 10^{-19} \text{ C}$

### 5.1.3. Ley de Coulomb

#### 5.1.3.1. Fuerza Eléctrica

En 1785, Charles Augustin de Coulomb (1736-1806), físico e ingeniero francés que también enunció las leyes sobre el rozamiento, presentó en la Academia de Ciencias de París, una memoria en la que se recogían sus experimentos realizados sobre cuerpos cargados, y cuyas conclusiones se pueden resumir en los siguientes puntos:

Los cuerpos cargados sufren una **fuerza de atracción o repulsión** al aproximarse.

El valor de dicha **fuerza es proporcional al producto del valor de sus cargas**.

La fuerza es de **atracción** si las cargas son de **signo opuesto** y de **repulsión** si son del **mismo signo**.

La fuerza es **inversamente proporcional** al cuadrado de la distancia que los separa.

Estas conclusiones constituyen lo que se conoce hoy en día como la **ley de Coulomb**.

La **fuerza eléctrica** con la que se atraen o repelen dos cargas puntuales en reposo es directamente proporcional al producto de las mismas, inversamente proporcional al cuadrado de la distancia que las separa y actúa en la dirección de la recta que las une.

$$F = K \cdot Q \cdot q / r^2$$

donde:

F es la fuerza eléctrica de atracción o repulsión. En el S.I. se mide en Newtons (N).

Q y q son los valores de las dos cargas puntuales. En el S.I. se miden en Culombios (C).

r es el valor de la distancia que las separa. En el S.I. se mide en metros (m).

K es una constante de proporcionalidad llamada constante de la ley de Coulomb. No se trata de una constante universal y depende del medio en el que se encuentren las cargas. En concreto para el vacío k es aproximadamente  $9 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 / \text{C}^2$  utilizando unidades en el S.I.

Si te fijas bien, te darás cuenta que si incluyes el signo en los valores de las cargas, el valor de la fuerza eléctrica en esta expresión puede venir acompañada de un signo. Este signo será:

**positivo.** cuando la fuerza sea de repulsión (las cargas se repelen).

**negativo.** cuando la fuerza sea de atracción (las cargas se atraen).

Por tanto, si te indican que dos cargas se atraen con una fuerza de 5 N, no olvides que en realidad la fuerza es -5 N, porque las cargas se atraen.

Ley de Coulomb  $\Rightarrow F = K \frac{q_1 q_2}{r^2}$

Ley Gravitacion Universal  $\Rightarrow F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$

#### EJEMPLOS:

**1. ¿Con que fuerza se atraen o se repelen un electrón y un protón situados a  $10^{-7}$  m de distancia? ¿Qué indica el signo de la fuerza que has obtenido? (datos:  $q_e = -1.6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ ;  $q_p = 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ ;  $K = 9 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 / \text{C}^2$ )**

Datos

$$q_e = -1.6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$$

$$q_p = 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$$

$$r = 10^{-7} \text{ m}$$

Aplicando la expresión de la **fuerza eléctrica de la ley de Coulomb**, obtenemos que:

$$F = K \cdot q_e \cdot q_p / r^2 \quad F = 9 \cdot 10^9 \cdot 1.6 \cdot 10^{-19} \cdot (-1.6 \cdot 10^{-19}) / (10^{-7})^2 \quad F = -2.30 \cdot 10^{-14} \text{ N}$$

El signo negativo en la fuerza indica que las cargas se atraen, ya que son cargas de distinto signo.

**2. Una carga de  $3 \times 10^{-6} \text{ C}$  se encuentra 2 m de una carga de  $-8 \times 10^{-6} \text{ C}$ , ¿Cuál es la magnitud de la fuerza de atracción entre las cargas?**

$$F = K \frac{q_1 \cdot q_2}{d^2} \quad F = \left[ 9 \times 10^9 \frac{\text{Nm}^2}{\text{C}^2} \right] \frac{(3 \times 10^{-6} \text{ C}) \cdot (-8 \times 10^{-6} \text{ C})}{(2 \text{ m})^2} \quad F = -54 \times 10^{-3} \text{ N} = -0.054 \text{ N}$$

**3. Una carga de  $-5 \times 10^{-7} \text{ C}$  ejerce una fuerza a otra carga de 0.237 N a una distancia de 3.5 metro, ¿cuál es el valor de la segunda carga?**

$$F = K \frac{q_1 \cdot q_2}{d^2} \quad q_2 = \frac{F \cdot d^2}{K \cdot q_1} \quad q_2 = \frac{(0.237 \text{ N})(3.5 \text{ m})^2}{\left[ 9 \times 10^9 \frac{\text{Nm}^2}{\text{C}^2} \right] \cdot (-5 \times 10^{-7} \text{ C})} \quad q_2 = -0.644 \times 10^{-3} \text{ C}$$

**4. ¿Cuál es la distancia a la que debemos colocar dos cargas puntuales en el vacío o en el aire,  $q_1 = 4 \mu\text{C}$  y  $q_2 = -4 \mu\text{C}$ , para que se atraigan con una fuerza de 4.8 N?  $K = 9 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 / \text{C}^2$ )**

PARA REALIZAR EN CLASE

#### 5.1.3.2. Unidad de Carga Eléctrica



En el Sistema Internacional de Unidades (S.I.) la carga eléctrica ( $q$ ) es una magnitud derivada cuya unidad recibe el nombre de culombio (C), en honor al físico francés Charles-Augustin de Coulomb. Para definirla se hace uso de la intensidad de corriente eléctrica que es una magnitud fundamental en el S.I. y cuya unidad es el amperio (A). De esta forma:

Un **culombio** (C) es la cantidad de carga eléctrica que atraviesa cada segundo (s) la sección de un conductor por el que circula una corriente eléctrica de un amperio (A).

$$1 \text{ C} = 1 \text{ A}\cdot\text{s}$$

Un culombio es una unidad de carga muy grande por lo que es común utilizar submúltiplos de esta. A continuación puedes encontrar algunos de los más utilizados:

$$\text{Miliculombio. } 1 \text{ mC} = 10^{-3} \text{ C}$$

$$\text{Microculombio. } 1 \mu\text{C} = 10^{-6} \text{ C}$$

$$\text{Nanoculombio. } 1 \text{ nC} = 10^{-9} \text{ C}$$

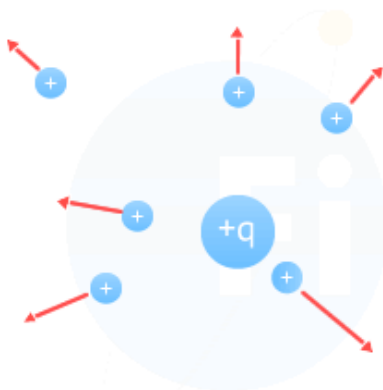
$$\text{Picoculombio. } 1 \text{ pC} = 10^{-12} \text{ C}$$

La cantidad de electricidad  $Q$  se calcula así:  $Q = I \cdot t$  donde  $I$  es la intensidad de la corriente en amperios (A) y  $t$  el tiempo en segundos (s)

#### 5.1.4. Introducción al Concepto de Campo Eléctrico

Tal y como establece la ley de Coulomb, la fuerza eléctrica es una fuerza a distancia. Si tenemos una carga positiva  $q$  y situamos próxima a ella otra carga positiva  $q'$ , que llamaremos carga testigo,  $q'$  sufrirá de forma instantánea la acción de una fuerza eléctrica de repulsión que la obligará a moverse.

Si lo piensas bien, esto se cumple en todas las direcciones del espacio alrededor de la carga  $q$ , por tanto es lógico pensar que la propia carga crea un área de influencia donde hace notar su presencia independientemente de la carga testigo.



#### campo eléctrico

Si situamos una carga  $+q$ , esta ejerce una influencia en el espacio que la rodea, provocando que cualquier carga testigo que situemos sufra una fuerza eléctrica, independientemente de donde se sitúe.

Para explicar la instantaneidad con la que se aplican las fuerzas a distancia y dicha área de influencia, el físico inglés Michael Faraday (1791-1867) introdujo el concepto de campo de fuerzas. En concreto, para el caso de la fuerza eléctrica:

Un **campo eléctrico** es la perturbación que genera una carga eléctrica en el espacio que la rodea, de tal forma que si introducimos una carga testigo en dicho campo actuará sobre ella una fuerza eléctrica.

Las magnitudes que describen a los campos eléctricos son:

La intensidad del campo eléctrico en un punto

El potencial eléctrico en un punto.

#### Intensidad del Campo Eléctrico

Para determinar la existencia o inexistencia de un determinado campo eléctrico, así como sus características, es necesario introducir dentro de él una carga  $q'$  que nos sirva de testeador. Esta carga  $q'$  se denomina carga de prueba o carga testigo y por convenio siempre se considera positiva.

Si la carga testigo sufre la acción de una fuerza eléctrica, querrá decir que se encuentra en el seno de un campo eléctrico y gracias a ella podremos cuantificarlo por medio de una nueva magnitud denominada intensidad del campo eléctrico.

La **intensidad del campo eléctrico** ( $E \rightarrow$ ) en un punto es una magnitud vectorial que representa la fuerza eléctrica ( $F \rightarrow$ ) que actúa por unidad de carga testigo positiva,  $q'$ , situada en dicho punto.

$$E \rightarrow = F \rightarrow / q' \quad \mathbf{E} = \mathbf{F} / q'$$

La unidad de intensidad del campo eléctrico en el Sistema Internacional (S.I.) es el newton por culombio (N/C).

Así, la intensidad del campo eléctrico, llamada más comunmente campo eléctrico (de forma simplificada), es un vector que tiene la misma dirección y sentido que la fuerza eléctrica que actúa sobre la carga testigo positiva. Además, su módulo se puede obtener mediante la siguiente expresión:  $E = Fq'$

#### EJEMPLO

**Una carga de  $5 \times 10^{-6} \text{ C}$  se introduce a una región donde actúa un campo de fuerza de  $0.04 \text{ N}$ . ¿Cuál es la intensidad del campo eléctrico en esa región?**

$$E = \frac{F}{q} = \frac{0.04 \text{ N}}{5 \times 10^{-6} \text{ C}} = 8000 \frac{\text{N}}{\text{C}}$$

### 5.1.5. Introducción al Concepto de Potencial Eléctrico

Si introducimos una carga  $q'$  en el seno de un campo eléctrico, la carga sufrirá la acción de una fuerza eléctrica y como consecuencia de esto, adquirirá cierta energía potencial eléctrica (también conocida como energía potencial electrostática). Si lo vemos desde una perspectiva más simple, podemos pensar que el **campo eléctrico crea un área de influencia** donde cada uno de sus puntos tienen la propiedad de poder **conferir una energía potencial** a cualquier carga que se sitúe en su interior.

A partir de este razonamiento, se establece una nueva magnitud escalar propia de los campos eléctricos denominada **potencial eléctrico** y que representa la energía potencial electrostática que adquiere una unidad de carga positiva si la situamos en dicho punto.

El **potencial eléctrico** en un punto del espacio de un campo eléctrico es la **energía potencial eléctrica** que adquiere una **unidad de carga positiva** situada en dicho punto.

$$\mathbf{V} = E_p / q'$$

donde:

V es el potencial eléctrico en un punto del campo eléctrico. Su unidad en el S.I. es el julio por culombio (J/C) que en honor a Alesandro Volta recibe el nombre de Voltio.

$E_p$  es la energía potencial eléctrica que adquiere una carga testigo positiva  $q'$  al situarla en ese punto.

El hecho de que todas las magnitudes sean escalares, permite que el estudio del campo eléctrico sea más sencillo. De esta forma, si conocemos el valor del potencial eléctrico V en un punto, podemos determinar que la energía potencial eléctrica de una carga q situada en él es:  **$E_p = V \cdot q$**

### Potencial eléctrico creado por una carga puntual

Tal y como estudiamos en el apartado de intensidad del campo eléctrico, una única carga q es capaz de crear un campo eléctrico a su alrededor.

El potencial eléctrico del campo eléctrico creado por una carga puntual q se obtiene por medio de la siguiente expresión:

$$V = K \frac{Q}{r}$$

donde:

V es el potencial eléctrico en un punto.

K es la constante de la ley de Coulomb.

q es la carga puntual que crea el campo eléctrico.

r es la distancia entre la carga y el punto donde medimos el potencial.

Si observas detenidamente la expresión puedes darte cuenta de que:

Si la carga q es positiva, la energía potencial es positiva y el potencial eléctrico V es positivo.

Si la carga q es negativa, la energía potencial es negativa y el potencial eléctrico V es negativo.

Si no existe carga, la energía potencial y el potencial eléctrico es nulo.  
El potencial eléctrico no depende de la carga testigo  $q'$  que introducimos para medirlo.

#### EJEMPLO

¿Cuál es el potencial eléctrico creado por una carga puntual de  $-2 \text{ mC}$  en un punto situado a 5 metros de ella en el vacío?

$$V = K \frac{Q}{r} \quad V = 9 \cdot 10^9 \cdot (-2) \cdot 10^{-3} / 5 = - 18 \cdot 10^6 / 5 = - 3,6 \cdot 10^6 \text{ V}$$

## 5.2. La corriente eléctrica

	Carga
Protón	$1,67 \cdot 10^{-19} \text{ C}$
Neutrón	0
Electrón	$-1,67 \cdot 10^{-19} \text{ C}$

### 5.2.1. Aislantes y conductores

En ciertos materiales los átomos comparten sus electrones. Al poder moverse con libertad los electrones de unos átomos a otros, estos materiales son buenos **conductores** de la electricidad. Es el caso de los metales.

Por el contrario, en otras sustancias los electrones están más fuertemente ligados a los núcleos. En este caso la electricidad no se conduce con facilidad y el material se denomina **aislante**. Este es el caso del plástico, del vidrio,...

### 5.2.2. Magnitudes de la corriente eléctrica

La **corriente eléctrica** es el movimiento de electrones a lo largo de los conductores.

Hay tres magnitudes que la corriente eléctrica nos obliga a conocer para poder explicar el movimiento de los electrones. Se trata de la **diferencia de potencial**, la **intensidad** y la **resistencia**.

#### 5.2.2.1. Diferencia de potencial (ddp, voltaje o tensión eléctrica. También llamada "fuerza electromotriz: fem)

Si en los dos extremos de un hilo conductor no hay el mismo número de cargas negativas, estas se desplazan con la intención de igualar el nivel de cada uno. Ese desplazamiento es la corriente eléctrica.

Como ves esa diferencia, denominada **diferencia de potencial** o **tensión**, es imprescindible para que los electrones se muevan. Esta magnitud se mide en **voltios (V)**. Los generadores se encargan de mantener continuamente el desnivel de electrones entre los extremos de un circuito eléctrico.

Un ejemplo de generador, de uso cotidiano, es la pila.

#### 5.2.2.2. Intensidad de corriente

La cantidad de electrones que se desplazan cada unidad de tiempo por el recorrido eléctrico se llama intensidad. La intensidad se miden amperios (A).

Su ecuación es:  $I = Q / t$  donde:

$I$  es la intensidad de corriente en amperios (A)

$t$  es el tiempo en segundos (s)

$Q$  es la carga eléctrica en culombios (C)

#### EJEMPLO:

**Calcula la intensidad de corriente eléctrica si por un punto del conductor pasan 90 culombios en 1 minuto.**

$$Q = 90 \text{ C}$$

$$t = 1 \text{ min} = 60 \text{ s}$$

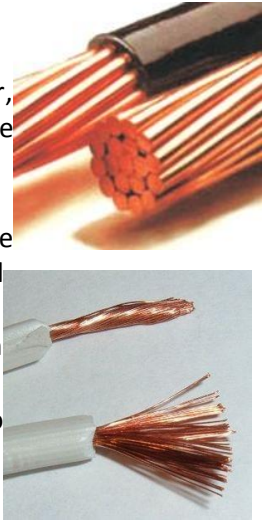
$$I = Q / t = 90 \text{ C} / 60 \text{ s} = 1,5 \text{ A}$$

### 5.2.2.3. Resistencia: Ley de Ohm

Para medir la corriente eléctrica hay que tener en cuenta las características del cable conductor, ya que de ellas depende la velocidad del paso de electrones. La mayor o menor oposición que ofrece el conductor al paso de cargas negativas se denomina **resistencia**.

La resistencia se origina por el choque de los electrones con los átomos y depende de:

- el **material** del que esté hecho. No todos los metales conducen igual de bien. Los que mejor lo hacen son la plata y el cobre. El precio del primero ha hecho del cobre el material más usado con fines eléctricos.
- el **grosor** del cable. Cuanto mayor sea su sección, la intensidad de corriente es también mayor.
- la **longitud** del conductor. La intensidad de corriente se ve disminuida cuanto más largo es el cable.



La unidad de la resistencia es el **ohmio ( $\Omega$ )**.

#### La Ley de Ohm afirma que:

*“el cociente entre la diferencia de potencial (V) aplicada a los extremos de un conductor y la intensidad (I) que circula por él es una cantidad constante denominada resistencia (R)”*

La ecuación que representa la ley de Ohm es:  **$R = V / I$**

$$V = I R \quad \text{donde:}$$

V es la diferencia de potencial en voltios (V)

R es la resistencia en ohmios ( $\Omega$ )

I es la intensidad de corriente en amperios (A)

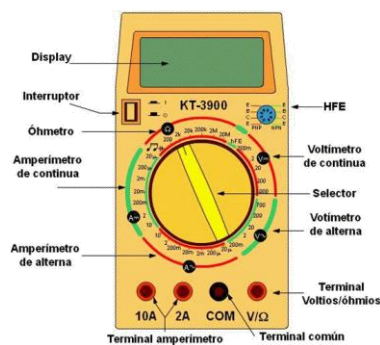
#### EJEMPLO:

**¿Cuál es la resistencia de un conductor por el que circula una corriente de 10 amperios con una diferencia de potencial de 220 voltios?**

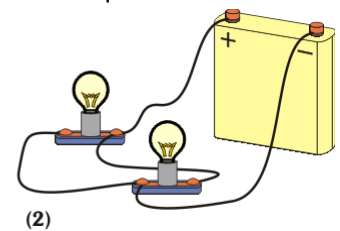
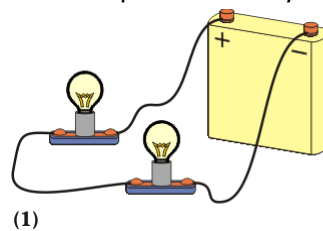
$$I = 10 \text{ A} \quad V = 220 \text{ V} \quad R = V / I = 220 \text{ V} / 10 \text{ A} = 22 \Omega$$

### 5.2.2.4. Instrumentos de medida

Para medir las diferentes magnitudes eléctricas, existen instrumentos específicos siendo los más utilizados el voltímetro, el amperímetro y el polímetro.



**Voltímetro.**-Mide el voltaje o tensión eléctrica. El aparato se conecta en paralelo con el componente o generador cuya tensión se quiere medir. La resistencia interna del aparato es muy alta de modo que a través de él casi no



circula corriente. Suele

tener varias escalas, voltios o milivoltios siendo preciso elegir la escala adecuada a la tensión que se va a medir. Si trabajamos con tensiones muy elevadas debemos tener cuidado para no dañarlo.

Conexión de bombillas en serie (1) y en paralelo (2)

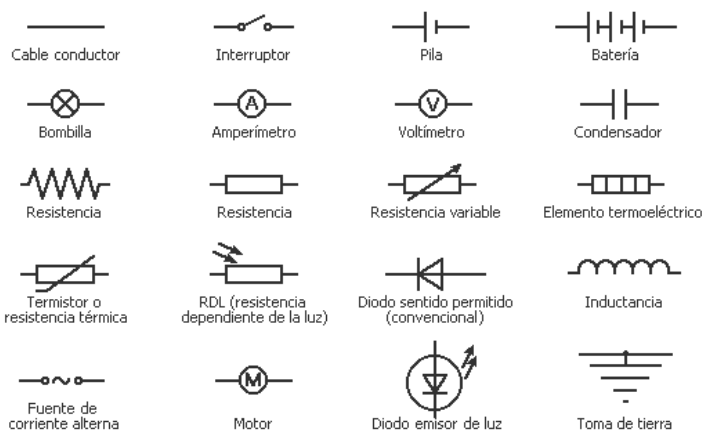
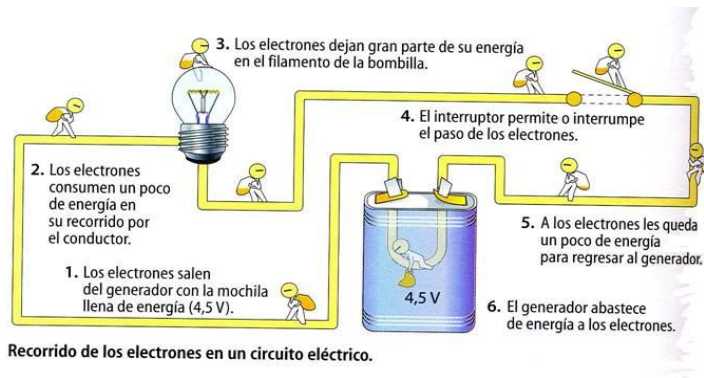
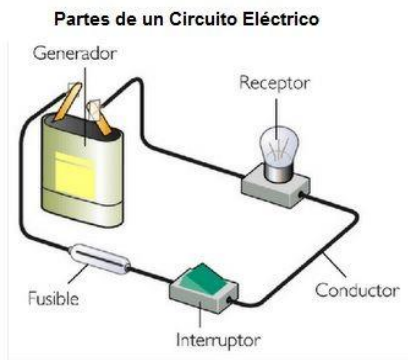
**Amperímetro.**- Mide la intensidad de la corriente

Se conecta en serie con el circuito. La resistencia interna del aparato es muy pequeña por lo que apenas afecta a la corriente del circuito. También aquí debemos seleccionar la escala adecuada a la intensidad que vamos a trabajar. Si conectamos el aparato en paralelo podemos dañarlo.

**Polímetro.**- Es más avanzado que los anteriores, nos permite medir tensión, intensidad, resistencia,... en diferentes escalas de medida. Puede ser analógico o digital.

### 5.2.3. Circuito eléctrico

Conjunto de operadores unidos de tal forma que permitan el paso de corriente eléctrica para conseguir algún efecto útil (luz, calor, movimiento,...). Los elementos básicos de un circuito eléctrico son:



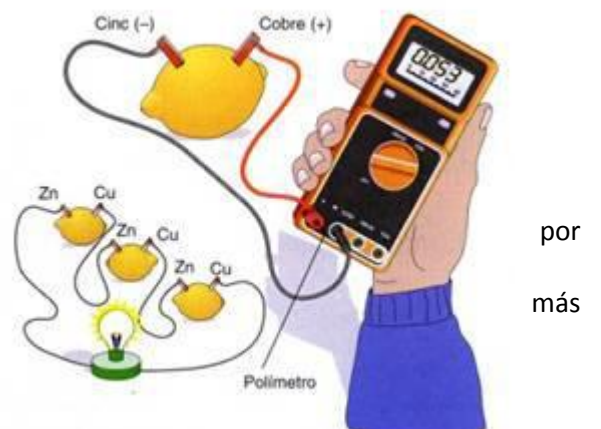
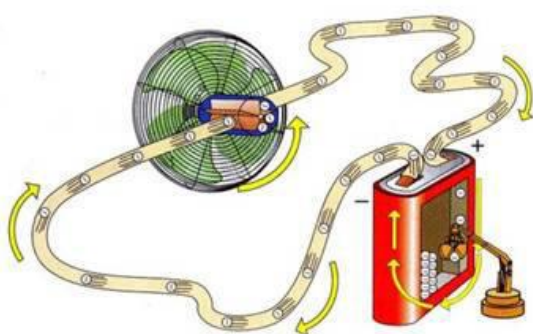
### 5.2.4. Generadores

La obtención de energía eléctrica se puede producir de varias formas, frotamiento, presión, luz, acción de campos magnéticos, reacciones químicas,... Los métodos utilizados son los dos últimos.

El uso de la energía química para la producción de energía eléctrica se da en las pilas.

Ciertas sustancias naturales tienen la propiedad de generar corriente eléctrica en su interior gracias a la reacción química que se produce entre sus componentes. Si tomamos varios limones y unas chapas de cobre y cinc podremos fabricar una pila de voltaje muy bajo, se trata de una pila muy básica.

Las pilas y baterías comerciales son generadores químicos de energía

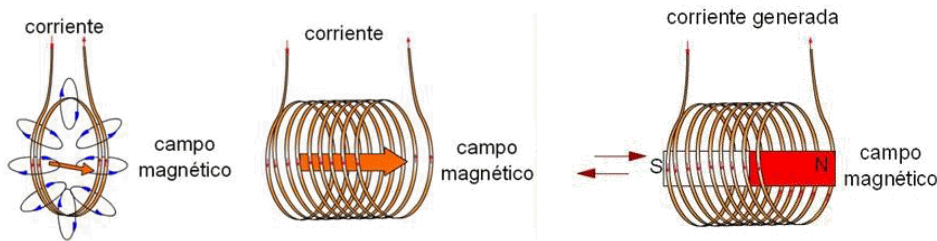


eléctrica que utilizan elementos capaces de desarrollar un flujo de electrones más intenso.

Hans Christian Oesterd (1777-1851), físico danés, observó, mediante un experimento que la aguja de una brújula situada cerca de una corriente eléctrica se desviaba. Esto le llevó a una conclusión muy sencilla:

La corriente eléctrica pasando a través de un conductor actúa como un imán.

Michael Faraday (1791-1867) se enteró del experimento de Oesterd y se le ocurrió la siguiente idea: ¿es posible que el movimiento de un imán genere corriente eléctrica? Para comprobar esta hipótesis construyó una bobina, arrollamiento de un cable conductor y situó un imán en su interior. Produjo el movimiento de uno respecto al otro y observó que se generaba un flujo eléctrico, a este fenómeno lo denominó inducción magnética, base del funcionamiento de las dinamos.



Si enrollamos un cable alrededor de un hierro (un tornillo, varillas,...) tendremos una bobina mucho más potente ya que el hierro facilita la circulación del campo magnético por el interior de la bobina. Este diseño se denomina electroimán y tiene múltiples aplicaciones, timbres, grúa industrial, ...

Los alternadores y las dinamos son máquinas eléctricas que transforman la energía mecánica de rotación, que reciben a través de su eje en energía eléctrica alterna y continua respectivamente.

**El alternador.**- Cuando un conductor se desplaza a través de un campo magnético se genera en este una corriente eléctrica inducida.

**La dinamo y el motor.**- Empleando un imán y una espira con unos anillos colectores es posible generar corriente eléctrica alterna, si sustituimos los anillos colectores por un solo anillo dividido en dos partes aisladas entre sí tendremos una dinamo. En este caso la corriente circula en un solo sentido, corriente continua (bicicletas)

La dinamo es una máquina reversible puede trabajar como generador o como motor. Como generador transforma la energía mecánica en energía eléctrica y como motor transforma la energía eléctrica en mecánica de rotación.

### 5.2.5. Efectos de la corriente eléctrica

- Efecto luminosos
- Efecto térmico o efecto Joule.- Cuando la corriente eléctrica atraviesa un conductor aumenta su temperatura. Este efecto no es deseado en los conductores. La cantidad de calor producida en un conductor depende de las características de éste, es decir, de su resistencia, del tiempo y de la cantidad de corriente que circula por el mismo.
- Efecto magnético.- Como ya vimos descubierto por Oesterd
- Efecto químico.- Cuando la corriente eléctrica atraviesa disoluciones electrolíticas o conductoras.
- Efectos fisiológicos.- Efectos que produce la corriente eléctrica sobre los seres vivos. Se pueden clasificar en:
  - Efectos beneficiosos, aparatos para tratamientos en medicina, electrocardiogramas, electrocirugía, electrodiálisis...
  - Efectos perjudiciales producen electrocución. Paradas cardiorespiratorias, quemaduras,...

### 5.2.6. Energía y potencia eléctrica

La energía o trabajo eléctrico,  $W$ , es el producto de la fuerza electromotriz (voltaje o tensión) necesaria para transportar las cargas eléctricas por el valor de estas cargas. Se mide en Julios (J).

$$E = W = (fem) \cdot (carga) = V q = V I t$$

La potencia eléctrica podemos definirla como la cantidad de energía eléctrica generada o transformada por unidad de tiempo.

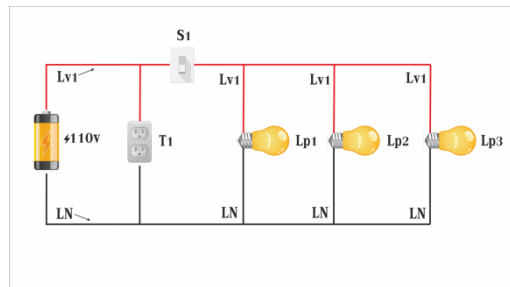
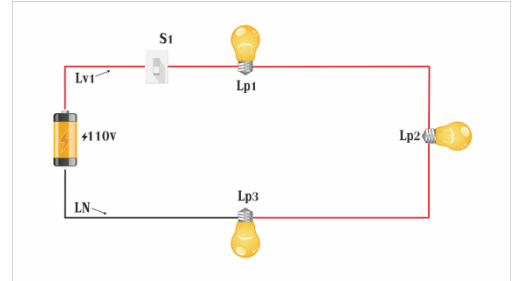
$$P = \frac{W}{t} = \frac{V \cdot I \cdot t}{t} = V \cdot I$$

Luego, también se cumple:  $E = V I t = P \cdot t$

### 5.2.7. Tipos de circuitos eléctricos

En un circuito eléctrico, hay tres formas de conectar los generadores y los receptores: en serie, en paralelo y mixto.

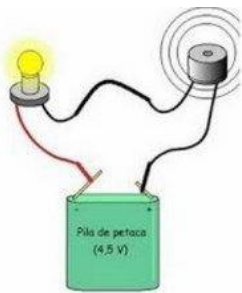
Serie.- Los elementos de un circuito están conectados en serie cuando se colocan uno a continuación de otro formando una cadena, de modo que la corriente que circula por un determinado elemento será la misma que para el resto.



Paralelo.- Los elementos de un circuito están conectados en paralelo cuando todos ellos están conectados a los mismos puntos y por tanto, a todos se les aplica el mismo voltaje o tensión.

#### 5.2.7.1. Circuitos en Serie

Las características de los circuitos en serie son:



Los elementos están conectados como los eslabones de una cadena (el final de uno con el principio del otro). La salida de uno a la entrada del siguiente y así sucesivamente hasta cerrar el circuito. Veamos una bombilla y un timbre conectados en serie:

Todos los elementos que se conectan en serie tienen la misma intensidad, o lo que es lo mismo, la misma intensidad recorre todos los elementos conectados en serie. Fíjate que la intensidad que sale de la pila es la misma que atraviesa cada receptor.

$$I_t = I_1 = I_2 = I_3 \dots$$

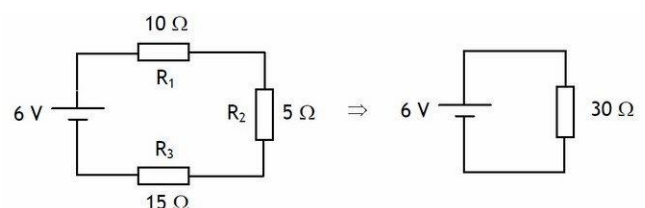
La tensión total de los elementos conectados en serie es la suma de cada una de las tensiones en cada elemento:  $V_t = V_1 + V_2 + V_3 \dots$

La resistencia total de todos los receptores conectados en serie es la suma de la resistencia de cada receptor.

$$R_t = R_1 + R_2 + R_3 \dots$$

Si un elemento de los conectados en serie deja de funcionar, los demás también. Date cuenta que si por un elemento no circula corriente, al estar en serie con el resto, por los demás tampoco ya que por todos pasa la misma corriente o intensidad (es como si se cortara el circuito).

Veamos cómo se resuelve un circuito en serie con 3 resistencias



### Ejercicios de Circuitos en Serie

Lo primero será calcular la resistencia total. Esta resistencia total también se llama resistencia equivalente, porque podemos sustituir todas las resistencias de los receptores en serie por una sola cuyo valor será el de la resistencia total. Fíjate en el circuito siguiente:

$$R_t = R_1 + R_2 + R_3 = 10 + 5 + 15 = 30 \Omega.$$

El circuito equivalente quedaría como el de la derecha con una sola resistencia de 30 ohmios.

Ahora podríamos calcular la Intensidad total del circuito. Según la ley de ohm:

$$I_t = V_t / R_t = 6 / 30 = 0,2 \text{ A que resulta que como todas las intensidades en serie son iguales:}$$

$$I_t = I_1 = I_2 = I_3 = 0,2 \text{ A. Todas valen } 0,2 \text{ amperios.}$$

Ahora solo nos queda aplicar la ley de ohm en cada receptor para calcular la tensión en cada uno de ellos:

$$V_1 = I_1 \times R_1 = 0,2 \cdot 10 = 2 \text{ V}$$

$$V_2 = I_2 \times R_2 = 0,2 \cdot 5 = 1 \text{ V}$$

$$V_3 = I_3 \times R_3 = 0,2 \cdot 15 = 3 \text{ V}$$

Ahora podríamos comprobar si efectivamente la suma de las tensiones es igual a la tensión total:

$$V_t = V_1 + V_2 + V_3 = 2 + 1 + 3 = 6 \text{ V Como ves resulta que es cierto, la suma es igual a la tensión total de la pila } 6 \text{ Voltios.}$$

**Recuerda:** Para tener un circuito resuelto por completo es necesario que conozcas el valor de R, de I y de V del circuito total, y la de cada uno de los receptores.

Como ves ya tenemos todos los datos del circuito, por lo tanto ¡Ya tenemos resuelto nuestro circuito en serie!

Puede que nos pidan calcular las potencias en el circuito. En este caso sabiendo la fórmula la potencia que es:

$$P = V \cdot I$$

$$P_t = V_t \cdot I_t = 6 \cdot 0,2 = 1,2 \text{ W}$$

$$P_1 = V_1 \cdot I_1 = 2 \cdot 0,2 = 0,4 \text{ W}$$

$$P_2 = V_2 \cdot I_2 = 1 \cdot 0,2 = 0,2 \text{ W}$$

$$P_3 = V_3 \cdot I_3 = 3 \cdot 0,2 = 0,6 \text{ W}$$

Fíjate que en el caso de las potencias la suma de las potencias de cada receptor siempre es igual a la potencia total ( en serie y en paralelo)  $P_t = P_1 + P_2 + P_3$ .

Si no s piden la energía consumida en un tiempo determinado solo tendremos que aplicar la fórmula de la energía:

$$E = P \cdot t.$$

Por ejemplo vamos hacerlo para 2 horas.

$$E_t = P \cdot t = 1,2 \times 2 = 2,4 \text{ wh (vatios por hora).}$$

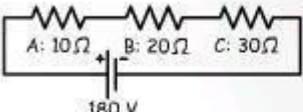
Si nos piden en KWh (kilovatios por hora) antes de aplicar la fórmula tendremos que pasar los vatios de potencia a kilovatios dividiendo entre mil.

$$P = 0,0012 \cdot 2 = 0,0024 \text{ Kwh}$$

También podríamos calcular las energía de cada receptor:  $E_1 = P_1 \times t$  ;  $E_2 = P_2 \times t$  ...., pero eso ya lo dejamos para que lo hagas tu solito.

Aquí tienes otros dos circuitos en serie resueltos:

Ojo que no te despiste la colocación de las resistencias en el segundo circuito, si te fijas están una a continuación de otra, por lo tanto están en serie.



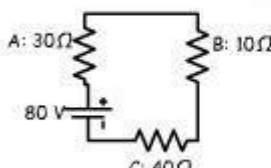
**CIRCUITO SERIE**

$$R_s = R_A + R_B + R_C = 10 + 20 + 30 = 60 \Omega$$

$$I_t = \frac{V}{R_s} = \frac{180}{60} = I_A = I_B = I_C = 3 \text{ A}$$

$$V_A = R_A \cdot I_t = 10 \cdot 3 = 30 \text{ V}$$

$$V_B = R_B \cdot I_t = 20 \cdot 3 = 60 \text{ V}$$

$$V_C = R_C \cdot I_t = 30 \cdot 3 = 90 \text{ V}$$


**CIRCUITO SERIE**

$$R_s = R_A + R_B + R_C = 30 + 10 + 40 = 80 \Omega$$

$$I_t = \frac{V}{R_s} = \frac{80}{80} = I_A = I_B = I_C = 1 \text{ A}$$

$$V_A = R_A \cdot I_t = 30 \cdot 1 = 30 \text{ V}$$

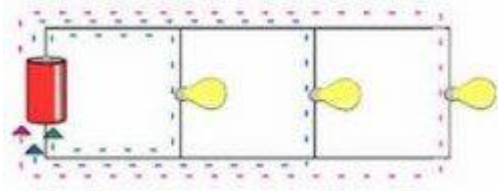
$$V_B = R_B \cdot I_t = 10 \cdot 1 = 10 \text{ V}$$

$$V_C = R_C \cdot I_t = 40 \cdot 1 = 40 \text{ V}$$



### 5.2.7.2. Circuitos en Paralelo

Las características de los circuitos en paralelo son:



Los elementos tienen conectadas sus entradas a un mismo punto del circuito y sus salidas a otro mismo punto del circuito.

Todos los elementos o receptores conectados en paralelo están a la misma tensión, por eso:  $V_t = V_1 = V_2 = V_3 \dots$

La suma de la intensidad que pasa por cada una de los receptores es la intensidad total:

$$I_t = I_1 + I_2 + I_3 \dots$$

OJO no te confundas, si te fijas es al revés que en serie.

La resistencia total o equivalente de los receptores conectados en paralelo se calcula con la siguiente fórmula:

$$\frac{1}{R_e} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots + \frac{1}{R_n}$$

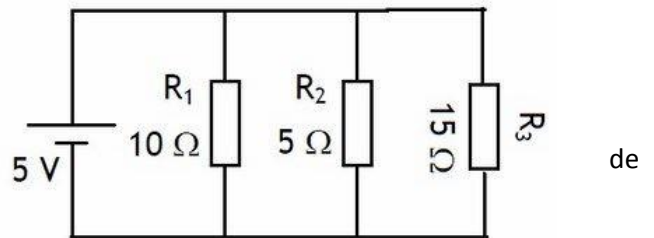
$$R_t = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots}$$

Si un receptor deja de funcionar, los demás receptores siguen funcionando con normalidad. Este es el principal motivo por lo que la mayoría de los receptores se conectan en paralelo en las instalaciones.

Vamos a calcular un circuito en paralelo.

#### Ejercicios de Circuitos en Paralelo

Podríamos seguir los mismos pasos que en serie, primero resistencia equivalente, luego la  $I_t$ , etc. En este caso vamos a seguir otros pasos y nos evitaremos tener que utilizar la fórmula la resistencia total.



Sabemos que todas las tensiones son iguales, por lo que:

$$V_t = V_1 = V_2 = V_3 = 5 \text{ V}; \text{ todas valen 5 voltios.}$$

Ahora calculamos la intensidad en cada receptor con la ley de Ohm;  $I = V / R$ .

$$I_1 = V_1 / R_1 = 5/10 = 0,5 \text{ A}$$

$$I_2 = V_2 / R_2 = 5/5 = 1 \text{ A}$$

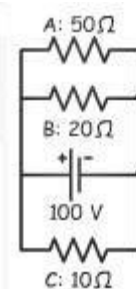
$$I_3 = V_3 / R_3 = 5/15 = 0,33 \text{ A}$$

La intensidad total del circuito será la suma de todas las de los receptores.

$$I_t = I_1 + I_2 + I_3 = 0,5 + 1 + 0,33 = 1,83 \text{ A}$$

Date cuenta que la  $I_3$  realmente es 0,33333333... por lo que cometeremos un pequeño error sumando solo 0,33, pero es tan pequeño que no pasa nada.

¿Nos falta algo para acabar de resolver el circuito? Pues NO, ¡Ya tenemos nuestro circuito en paralelo resuelto! ¿Fácil no?.



$$I_A = \frac{V}{R_A} = \frac{100}{50} = 2 \text{ A}$$

$$I_B = \frac{V}{R_B} = \frac{100}{20} = 5 \text{ A}$$

$$I_C = \frac{V}{R_C} = \frac{100}{10} = 10 \text{ A}$$

$$I_t = I_A + I_B + I_C = 17 \text{ A}$$

CIRCUITO PARALELO

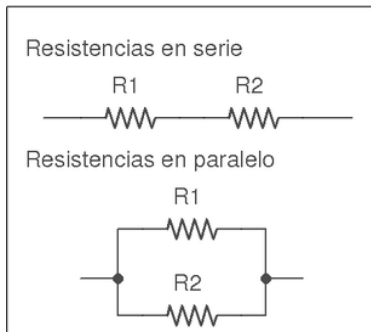
Repito que podríamos empezar por calcular  $R_t$  con la fórmula, pero es más rápido de esta forma. Si quieres puedes probar de la otra manera y verás que te dará lo mismo.

Para calcular las potencias y las energías se hace de la misma forma que en serie.

Aquí, otro circuito en paralelo resuelto:

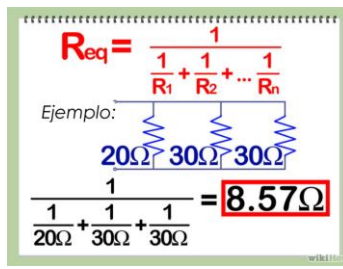
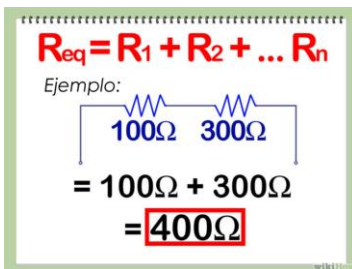
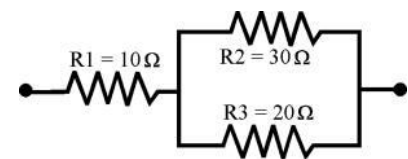
**Recuerda:**

$$V = I \cdot R \quad R = V / I \quad I = V / R$$



- En serie:  $R_{eq} = R_1 + R_2 + R_3 \dots$
- En paralelo:  $\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \dots$
- Mixto: según posición, combinación de las anteriores.

**Mixto (LO VEREMOS EN CLASE)**



### 5.2.8. Transformaciones energéticas en un circuito

Un circuito se compone en esencia de un generador y de receptores que son accionados mediante interruptores.

El generador se encarga de transformar energía no eléctrica en eléctrica para suministrarla al circuito.

La energía eléctrica en sí no tiene utilidad práctica. Para que se pueda utilizar es preciso que sea transformada en otros tipos de energía. Ésta es la misión de los receptores. Veamos algunos ejemplos:

- Las lámparas transforman energía eléctrica en luminosa y calorífica.
- Los motores (lavadoras, bombas, grúas, etc.) transforman la energía eléctrica en mecánica.
- Los altavoces transforman la energía eléctrica en sonora.
- Las estufas, los calentadores y, en general, todos los aparatos que hacen elevar la temperatura llevan una resistencia que transforma la energía eléctrica en calorífica.

El trabajo realizado por la corriente eléctrica, es decir, la energía eléctrica transformada en no eléctrica por un receptor vendrá dado por la expresión:

$$W = V \cdot Q \text{ donde:}$$

$T$  es el trabajo realizado en julios (J)

$V$  es la diferencia de potencial en voltios (V)

$Q$  es la carga eléctrica en culombios (C)

$$W = V \cdot Q = V \cdot I \cdot t = P \cdot t$$

$$\text{O bien: } \mathbf{W} = V \cdot Q = V \cdot I \cdot t = I \cdot R \cdot I \cdot t = \mathbf{I^2 \cdot R \cdot t} \text{ (en Julios)}$$

Esta última expresión, constituye la **Ley de Joule**, cuyo enunciado dice: “La energía calorífica desprendida de una resistencia es directamente proporcional a la resistencia, al cuadrado de la intensidad y al tiempo”.

Para medir la energía eléctrica “consumida”, y que pagamos los consumidores en el recibo de luz, se emplea el kilovatio-hora (KWh):

$$1 \text{ KWh} = 3.600.000 \text{ J}$$

Otras unidades de uso común para medir la energía calorífica son la caloría (cal) y la kilocaloría (Kcal):

$$1 \text{ J} = 0,24 \text{ cal}$$

$$1 \text{ cal} = 4,18 \text{ J}$$

$$1 \text{ kcal} = 1000 \text{ cal}$$

**EJEMPLO:**

**¿Cuántos julios de calor genera una corriente de 0,3 amperios que atraviesa una resistencia de 48  $\Omega$  durante una hora?**

$$R = 48 \Omega \quad I = 0,3 \text{ A} \quad t = 1 \text{ h} = 3600 \text{ s}$$

$$W = R \cdot I^2 \cdot t = 48 \cdot 0,3^2 \cdot 3600 = 15.552 \text{ J}$$

## FÓRMULAS DEL CAMPO ELÉCTRICO

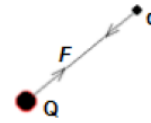
### 1. CAMPO ELÉCTRICO

Ley de Coulomb:

Fuerza de interacción entre dos cargas eléctricas  $Q$  y  $q$  situadas a una distancia  $r$  entre sí.

Módulo:  $F_{12} = F_{21} = K \frac{q_1 q_2}{r^2}$  Sentido: según el valor de las cargas. Repulsiva del mismo signo.

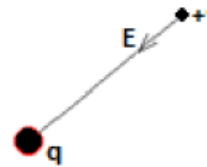
Donde  $K$  es la Constante de Coulomb de  $\epsilon$   $K = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{C}^2}$  valor:



### Concepto de campo eléctrico

Cuando, se supone, que solamente está presente una carga  $Q$ .

$$\vec{E} = K \frac{q}{r^2} \quad |\vec{E}| = \frac{|\vec{F}|}{q} \quad \circ \quad F = E \cdot q$$



### Potencial eléctrico

Potencial  $V$  supone la energía potencial de la unidad de carga positiva imaginariamente situada en  $P$ ,  $V = E_p/q$ . El potencial es escalar y se mide en volt (V).

$$V = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q}{r}$$

**ELECTROSTÁTICA Y ELECTRICIDAD**  
**EXÁMENES DE LA COMUNITAT VALENCIANA**

**Opción B: Física y Química**

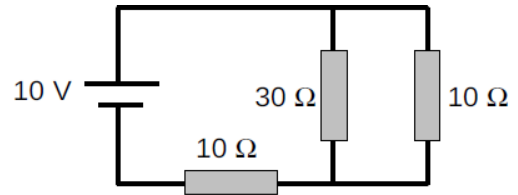
**2017**

1. El circuito eléctrico de una habitación tiene conectadas en serie, cinco bombillas de  $500 \Omega$  de resistencia. Si la instalación tiene una diferencia de potencial de  $220 \text{ V}$ , calcula la intensidad que circula y la potencia desarrollada. (2 puntos)

**2015**

2. Sea un circuito con dos resistencias en paralelo de  $10 \Omega$  y  $30 \Omega$ , que se conectan en serie a otra resistencia  $10 \Omega$  y a una batería de  $10 \text{ V}$ , calcula:

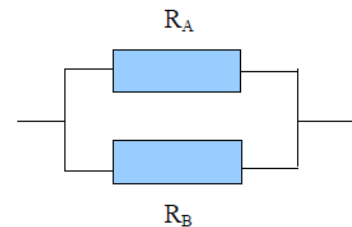
- La intensidad de la corriente eléctrica en el circuito.
- La potencia suministrada por la batería.



**2014**

3. Se tienen dos resistencias de  $R_A = 8 \text{ W}$  y  $R_B = 20 \text{ W}$ , asociadas en paralelo. Si por la primera pasa una intensidad de  $2 \text{ A}$ .

- ¿Cuál es la ddp aplicada en bornes de la asociación?
- ¿Cuál es la intensidad total que circula por la asociación?



**2012**

4. Por una resistencia de  $12 \text{ W}$  circula una corriente de  $1,5 \text{ A}$ . ¿Cuál será el valor de la intensidad si intercalamos entre A y B otra resistencia de  $20 \text{ W}$  conectada en serie a la primera?

**2011**

5. Un calentador eléctrico tiene 4 resistencias de nichrome de  $10 \text{ W}$  en serie. El calentador está diseñado para usarlo a  $220 \text{ V}$  de tensión. Calcula la potencia que desarrolla y la intensidad que circula.

**2010**

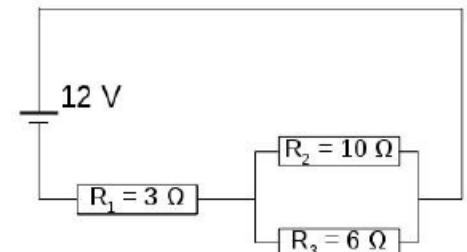
6. Por una resistencia de  $2 \text{ ohmios}$  circula una corriente de  $6 \text{ A}$ . ¿Cuál será el valor de la intensidad si añadimos al circuito otra resistencia de  $8 \text{ ohmios}$  conectada en serie a la primera?

**Opción C: Física**

**2017**

7. Dos cargas  $q_1 = +2 \mu\text{C}$  y  $q_2 = -5 \mu\text{C}$ , se encuentran separadas  $10 \text{ cm}$ . Calcula el valor, la dirección y el sentido del campo eléctrico en el punto medio de la recta que une ambas cargas. DATOS:  $K = 9 \cdot 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2$ . (2 puntos)

8. Para el circuito de la figura, con  $R_1 = 3 \Omega$ ;  $R_2 = 10 \Omega$  y  $R_3 = 6 \Omega$ . Calcula la resistencia equivalente, la intensidad total que circula por el circuito y la potencia eléctrica. (2 puntos)



**2015**

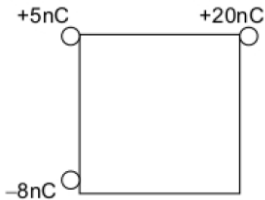
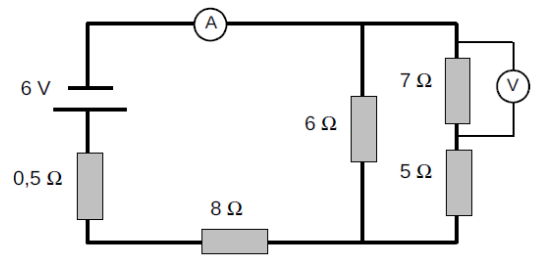
9. Dos cargas de  $+10 \text{ nC}$  y  $-10 \text{ nC}$  respectivamente están en el vacío, separadas por una distancia de  $2,5 \text{ m}$ . Calcula:

- El vector campo eléctrico (módulo, dirección y sentido) en el punto medio entre ambas cargas.
- El potencial eléctrico en dicho punto.

Dato:  $K_0 = 9,0 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}^2$

10. Dado el esquema del circuito de la figura, determina las lecturas del amperímetro y del voltímetro.

Razona tus respuestas.



**2014**

11. En tres de los vértices de un cuadrado de 4 cm. de lado hay tres cargas cuyos valores y signos están en el esquema. Calcula el potencial eléctrico en el cuarto vértice.

12. Un circuito está formado por un generador de 16 V de fem y  $6 \Omega$  de resistencia interna, y una resistencia externa de  $44 \Omega$ . Calcular: a) la intensidad de corriente que circula y b) La ddp en bornes del generador

**2013**

13. Dos partículas positivas con cargas de 12 nC se encuentran separadas 30 cm.

a) Calcula el potencial eléctrico en un punto P de la recta que une ambas cargas y que está a 10 cm de una de ellas;  
b) Calcula de nuevo el potencial en el mismo punto P pero con la carga situada a 10 cm siendo de signo negativo. *Dato:  $K = 9 \cdot 10^9 \text{ S.I.}$*

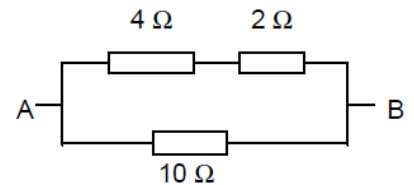
14. Un hilo metálico tiene  $120 \Omega$  de resistencia. Se corta en tres trozos de igual longitud y se conectan en paralelo. ¿Cuál es el valor de la resistencia de la asociación en paralelo construida?

**2012**

15. Dos cargas positivas, iguales, situadas en el aire y a 5 cm de distancia se repelen con una fuerza de 38 N . Calcula el valor de las cargas *Dato:  $K = 9 \cdot 10^9 \text{ S.I.}$*

16. a) Hallar la resistencia equivalente de la asociación de la figura

b) Calcular la intensidad total y la intensidad que circula por cada rama si la diferencia de potencia entre los bornes de la asociación A y B es de 15 V



**2011**

17. Dos cargas de  $Q_1 = +6\mu\text{C}$  y  $Q_2 = -2\mu\text{C}$  y están situadas en el eje X, la positiva en + 6 cm y la negativa en -6 cm

. ¿Cuál es el valor, dirección y sentido de la fuerza sobre una carga  $q = -2\mu\text{C}$  situada en el origen?

*Dato :  $K = 9 \times 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2$*

18. Se dispone de dos bombillas con las siguientes especificaciones (24V, 75W) y (24V, 60W) . **a)** Calcular la resistencia de cada bombilla. **b)** Si ambas bombillas se conectan en paralelo a una fuente de alimentación de 24 V , ¿qué intensidad circulará por cada una de ellas? **c)** Calcular la intensidad que circulará por cada bombilla si se conectan en serie a la misma fuente de 24 V

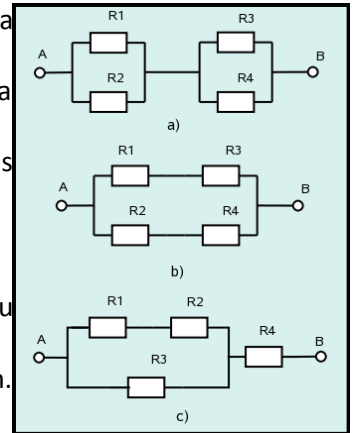
**2010**

19. Dos cargas eléctricas A, B, cuyos valores son  $q_A = +30 \mu\text{C}$  y  $q_B = +15 \mu\text{C}$  distan entre sí 50 cm. Calcular la intensidad del campo eléctrico en el punto medio de la recta que une ambas cargas e indica su orientación *Dato :  $K = 9 \times 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2$*

20. Un electrodoméstico tiene dos resistencias de nichrome de  $30 \Omega$  en paralelo. Calcular la intensidad que circula por el electrodoméstico y la potencia que desarrolla cuando se conecta a la red de 220 V.

## OTROS EJERCICIOS (A: ELECTRICIDAD)

1. ¿Cuál será la intensidad de la corriente eléctrica si por un punto de un conductor pasan 150 culombios en un minuto?
2. Por un conductor circula una corriente de 5 amperios de intensidad. ¿Cuál es la carga que pasa por el conductor en 5 minutos?
3. ¿Cuánto tiempo han de pasar 600 culombios para que la intensidad de corriente sea 10 amperios?
4. ¿Cuál es la resistencia de un conductor por el que circula una corriente de 20 amperios si su diferencia de potencial es de 220 voltios?
5. Calcula la diferencia de potencial de una corriente de 4 amperios que atraviesa un circuito de 50 ohmios de resistencia.
6. Calcular la intensidad que circula por una resistencia de  $15 \Omega$  cuando se conecta a un diferencial de 75 V.
7. La resistencia equivalente a otras dos, iguales entre sí y asociadas en paralelo, es de  $5 \Omega$ . ¿Cuál es el valor de cada resistencia?
8. Calcular la resistencia equivalente para los siguientes casos:  
 $R_1 = 5 \Omega$ ,  $R_2 = 2 \Omega$ ,  $R_3 = 4 \Omega$  y  $R_4 = 3 \Omega$ .
9. ¿Qué potencia tiene un calentador si su diferencia de potencial es de 220 V y su intensidad 10 A?
10. Una plancha eléctrica de 600 w se conecta a una red de 125 V de tensión. Calcular:
  - a) La intensidad de corriente que la recorre.
  - b) La carga eléctrica que circula por la plancha en 5 min
11. Una bombilla lleva las siguientes inscripciones: 60 w –120 V. Calcula:
  - a) La intensidad que circula por ella.
  - b) Su resistencia
  - c) La intensidad que circularía por ella, si se conectase a una red de 240 V.
12. En nuestra casa tenemos contratada con la compañía eléctrica, una potencia de 2,2 Kw. La tensión de la red es de 220 V.
  - a) ¿Cuál será la intensidad de corriente que nos llega?
  - b) Si en la cocina disponemos de una lavadora de 2000 w, dos lámparas de 60 w, una freidora de 1000 w y una batidora de 150 w, ¿qué aparatos no podríamos conectar a la vez?
13. Si la potencia contratada con la compañía eléctrica es de 3300 w, razona en cuáles de los siguientes casos saltaría “el automático”, si conectamos a la vez los siguientes receptores:
  - a) Lavadora de 2300 w, grill de 1000 w y televisión de 100 w.
  - b) Seis lámparas de 60 w cada una y una secadora de 2800 w.
  - c) Una aspiradora de 900 w, una batidora de 150 w y un microondas de 1100 w.
14. Para desayunar necesitamos conectar todos los días los siguientes aparatos eléctricos: un tostador con una potencia de 700 w durante 3 minutos; un microondas de 800 w durante 2 minutos y una lámpara de 60 w durante 20 minutos. Si el kilovatio-hora está a 9 céntimos de euro, ¿cuánto nos cuesta la energía utilizada para desayunar durante un mes (tendiendo en cuenta que el mes tiene 30 días)?
15. Una lámpara lleva la inscripción 220 V-110 w. Calcula:
  - a) La intensidad de la corriente que circula por la lámpara.
  - b) La resistencia del filamento.
  - c) El coste mensual si la encendemos tres horas diarias y el kilovatio-hora cuesta 9 céntimos de euro.



## OTROS EJERCICIOS (B: CAMPO ELÉCTRICO)

1. Calcula la distancia entre las cargas  $q_1 = 3 \mu\text{C}$  y  $q_2 = 8 \mu\text{C}$  para que se repelan con  $F = 0,6 \text{ N}$  Si están en el vacío.

$$F = \frac{1}{4 \cdot \pi \cdot \epsilon_0} \cdot \frac{Q \cdot q}{d^2} = K_0 \cdot \frac{Q \cdot q}{d^2}$$

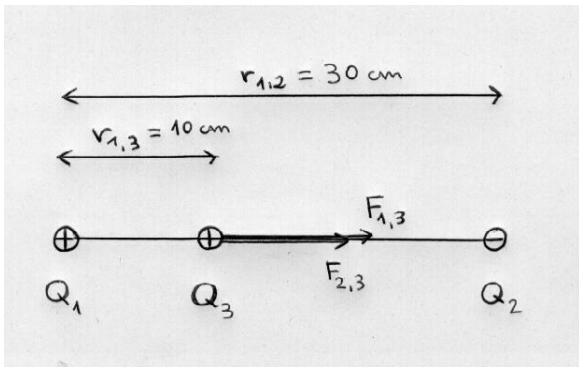
Despejando la distancia, tenemos:

$$d = \sqrt{K_0 \cdot \frac{Q \cdot q}{F}} = \sqrt{9 \cdot 10^9 \cdot \frac{3 \cdot 10^{-6} \cdot 8 \cdot 10^{-6}}{0,6}} = 0,6 \text{ m}$$

2. Si la distancia entre dos protones en el interior de un núcleo atómico es  $0,3 \cdot 10^{-15} \text{ m}$ , calcula la fuerza eléctrica entre ellos. Datos:  $q_p = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ .

$$F_e = K_0 \cdot \frac{Q \cdot q}{d^2} = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{(1,6 \cdot 10^{-19})^2}{(0,3 \cdot 10^{-15})^2} = 2560 \text{ N}$$

3. Dos cargas eléctricas  $Q_1 = +5 \mu\text{C}$  y  $Q_2 = -4 \mu\text{C}$  están separadas 30 cm. Colocamos una tercera carga  $Q_3 = +2 \mu\text{C}$  sobre el segmento que une a  $Q_1$  y  $Q_2$  a 10 cm de  $Q_1$ . Calcular la fuerza eléctrica que actúa sobre  $Q_3$ .



donde  $Q_1 = +5 \mu\text{C}$ ,  $Q_2 = -4 \mu\text{C}$  y  $Q_3 = +2 \mu\text{C}$

La fuerza que la carga 1 ejerce sobre la carga 3 será:

$$F_{1,3} = K \frac{Q_1 Q_3}{r_{1,3}^2} = 9 \cdot 10^9 \frac{5 \cdot 10^{-6} \cdot 2 \cdot 10^{-6}}{(0,1)^2} = 9 \text{ N}$$

y la fuerza que la carga 2 ejerce sobre la carga 3 será:

$$F_{2,3} = K \frac{Q_2 Q_3}{r_{2,3}^2} = 9 \cdot 10^9 \frac{2 \cdot 10^{-6} \cdot 4 \cdot 10^{-6}}{(0,2)^2} = 18 \text{ N}$$

dado que tienen la misma dirección y sentido, la fuerza resultante será la suma de las dos.  $F = F_{1,3} + F_{2,3} = 9 + 1,8 = 10,8 \text{ N}$

Esta es la fuerza eléctrica resultante que actúa sobre la carga 3, cuya dirección es la recta que une  $Q_1$  con  $Q_2$  y cuyo sentido es hacia  $Q_2$ .

4. Tres cargas iguales de valor  $Q = 2 \mu\text{C}$  están colocadas en tres de los vértices de un cuadrado de lado 10 cm. Calcula el módulo de la fuerza que actúa sobre una carga  $q = 1 \mu\text{C}$  si está colocada: a) En el cuarto vértice. b) En el centro del cuadrado.

a) La distancia de  $q_1$  y de  $q_3$  al cuarto vértice es el lado del cuadrado, y la distancia de  $q_2$  a dicho vértices es:

$$d_2 = \sqrt{0,1^2 + 0,1^2} = \sqrt{0,02} \text{ m}$$

Los módulos de las fuerzas ejercidas por estas cargas son:

$$F_1 = K \cdot \frac{q_1 \cdot q}{d_1^2} = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{2 \cdot 10^{-6} \cdot 1 \cdot 10^{-6}}{0,1^2} = 1,8 \text{ N}$$

$$F_2 = K \cdot \frac{q_2 \cdot q}{d_2^2} = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{2 \cdot 10^{-6} \cdot 1 \cdot 10^{-6}}{(\sqrt{0,02})^2} = 0,9 \text{ N}$$

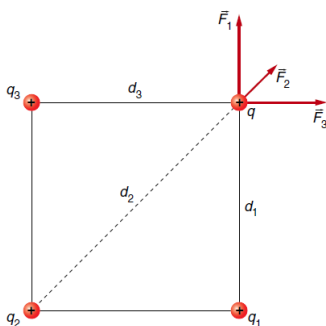
$$F_3 = K \cdot \frac{q_3 \cdot q}{d_3^2} = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{2 \cdot 10^{-6} \cdot 1 \cdot 10^{-6}}{0,1^2} = 1,8 \text{ N}$$

La figura anterior permite obtener fácilmente las componentes cartesianas de estos vectores; de acuerdo con ella, las fuerzas son:

$$\vec{F}_1 = 1,8 \cdot \vec{j} \text{ N}$$

$$\vec{F}_2 = 0,9 \cdot \cos 45^\circ \cdot \vec{i} + 0,9 \cdot \cos 45^\circ \cdot \vec{j} = (0,64 \cdot \vec{i} + 0,64 \cdot \vec{j}) \text{ N}$$

$$\vec{F}_3 = 1,8 \cdot \vec{i} \text{ N}$$



Aplicando el principio de superposición, la fuerza sobre la carga colocada en el cuarto vértice es:

$$\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 = 1,8 \cdot \vec{j} + 0,64 \cdot \vec{i} + 0,64 \cdot \vec{j} + 1,8 \cdot \vec{i} = 2,44 \cdot \vec{i} + 2,44 \cdot \vec{j} \text{ N}$$

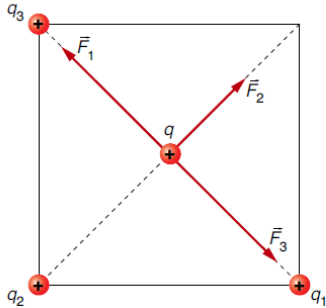
El módulo de esta fuerza vale:

$$F = \sqrt{2,44^2 + 2,44^2} = 3,45 \text{ N}$$



b) Las fuerzas que ejercen las cargas  $q_1$  y  $q_3$  sobre la carga situada en el centro del cuadrado tienen el mismo módulo, la misma dirección y sentidos opuestos. Por tanto, estas fuerzas se anulan, y la fuerza resultante sobre la carga  $q$  situada en el centro del cuadrado coincide con la que ejerce la carga  $q_2$ , cuyo valor es:

$$F = F_2 = K \cdot \frac{q_2 \cdot q}{d_2^2} = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{2 \cdot 10^{-6} \cdot 1 \cdot 10^{-6}}{\left(\frac{\sqrt{0,02}}{2}\right)^2} = 3,6 \text{ N}$$



**5. Calcula el módulo del campo eléctrico creado por la carga puntual  $q = 16 \text{ nC}$  a una distancia de 1, 2, 3 y 4 m. Dibuja la gráfica  $E-x$  y las líneas del campo producido por  $q$ .**

El módulo del campo eléctrico producido por la carga  $q$  es:

• Para  $d = 1 \text{ m}$ :

$$E_1 = K \cdot \frac{q}{d_1^2} = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{16 \cdot 10^{-9}}{1^2} = 144 \text{ N/C}$$

• Para  $d = 2 \text{ m}$ :

$$E_2 = K \cdot \frac{q}{d_2^2} = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{16 \cdot 10^{-9}}{2^2} = 36 \text{ N/C}$$

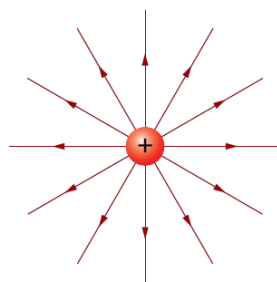
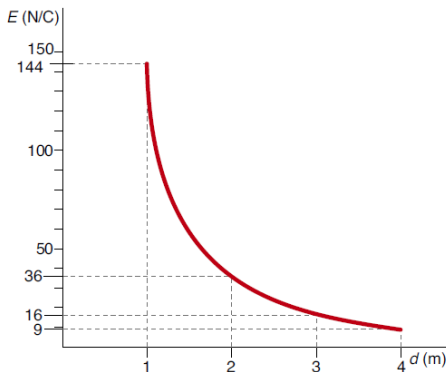
• Para  $d = 3 \text{ m}$ :

$$E_3 = K \cdot \frac{q}{d_3^2} = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{16 \cdot 10^{-9}}{3^2} = 16 \text{ N/C}$$

• Para  $d = 4 \text{ m}$ :

$$E_4 = K \cdot \frac{q}{d_4^2} = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{16 \cdot 10^{-9}}{4^2} = 9 \text{ N/C}$$

La representación de la variación del módulo de la intensidad del campo eléctrico producido por una carga puntual en función de la distancia, y las líneas del campo, son:



6.

La carga  $Q = -2 \mu\text{C}$  está en el vacío situada en el origen de coordenadas. Calcula:

a) El campo eléctrico producido por  $Q$  en los puntos  $A(3, 0) \text{ m}$ ,  $B(0, 4) \text{ m}$  y  $C(3, 3) \text{ m}$ .

b) La fuerza (módulo, dirección y sentido) que ejerce  $Q$  sobre una carga  $q$ , de  $-1 \mu\text{C}$ , colocada en  $B$ .

a) En la figura de la derecha se representa la situación descrita en el enunciado del problema.

El campo producido por la carga  $Q$  en cada uno de los puntos es:

– Punto  $A$ : la distancia de la carga al punto y el vector unitario en la dirección que une la carga y el punto son:

$$\vec{r}_A = 3 \cdot \vec{i} \text{ m} \rightarrow \\ \rightarrow r_A = d_A = 3 \text{ m} ; \vec{u}_A = \vec{i}$$

Luego:

$$\vec{E}_A = K \cdot \frac{Q}{d_A^2} \cdot \vec{u}_A = \\ = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{-2 \cdot 10^{-6}}{3^2} \cdot \vec{i} = -2000 \cdot \vec{i} \text{ N/C}$$

– Punto  $B$ : la distancia de la carga al punto y el vector unitario en este caso son:

$$\vec{r}_B = 4 \cdot \vec{j} \text{ m} \rightarrow r_B = d_B = 4 \text{ m} ; \vec{u}_B = \vec{j}$$

Por tanto:

$$\vec{E}_B = K \cdot \frac{Q}{d_B^2} \cdot \vec{u}_B = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{-2 \cdot 10^{-6}}{4^2} \cdot \vec{j} = -1125 \cdot \vec{j} \text{ N/C}$$

– Punto  $C$ : en este caso, tenemos:

$$\vec{r}_C = 3 \cdot \vec{i} + 3 \cdot \vec{j} \text{ m} \rightarrow r_C = d_C = \sqrt{3^2 + 3^2} = \sqrt{18} = 3 \cdot \sqrt{2} \text{ m}$$

$$\vec{u}_C = \frac{3 \cdot \vec{i} + 3 \cdot \vec{j}}{3 \cdot \sqrt{2}} = \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot \vec{i} + \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot \vec{j}$$

$$\vec{E}_C = K \cdot \frac{Q}{d_C^2} \cdot \vec{u}_C = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{-2 \cdot 10^{-6}}{(3 \cdot \sqrt{2})^2} \cdot \left( \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot \vec{i} + \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot \vec{j} \right) = \\ = -1000 \cdot \left( \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot \vec{i} + \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot \vec{j} \right) = (-707 \cdot \vec{i} - 707 \cdot \vec{j}) \text{ N/C}$$

b) La fuerza sobre la carga  $q$  colocada en  $B$  es:

$$\vec{F} = q \cdot \vec{E} = (-1 \cdot 10^{-6}) \cdot (-1125 \cdot \vec{j}) = 1,125 \cdot 10^{-3} \cdot \vec{j} \text{ N}$$

7.

**La carga  $q_1 = +4 \mu\text{C}$  está en el origen, y la carga  $q_2 = -9 \mu\text{C}$  está en el punto  $B(3, 0)$  m. Calcula:**

**a) El punto donde se anula el campo.**

**b) La fuerza sobre una carga  $q = -1 \mu\text{C}$  situada en el eje  $X$  en el punto  $x = 1,2$  m.**

a) En el punto donde se anula el campo se cumple que:

$$\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 = 0 \rightarrow \vec{E}_1 = -\vec{E}_2$$

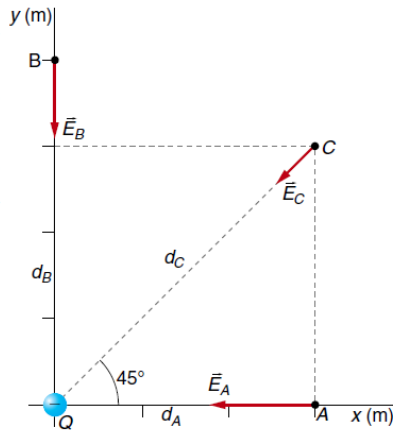
Por tanto, los módulos del campo creado por cada carga han de ser iguales, y los sentidos de los campos, opuestos.

Los vectores  $\vec{E}_1$  y  $\vec{E}_2$  solo pueden tener la misma dirección en puntos del eje  $X$ , es decir,  $(x, 0)$ , y para que los módulos de ambos campos sean iguales en ese punto, se ha de cumplir:

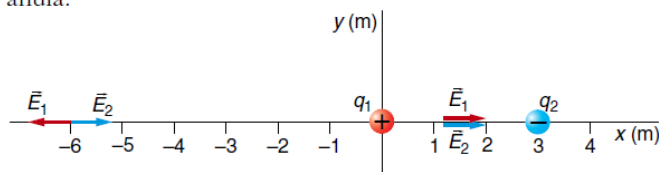
$$E_1 = E_2 \rightarrow K \cdot \frac{|q_1|}{d_1^2} = K \cdot \frac{|q_2|}{d_2^2} \rightarrow \frac{4 \cdot 10^{-6}}{x^2} = \frac{9 \cdot 10^{-6}}{(x-3)^2} \rightarrow 4 \cdot (x-3)^2 = 9 \cdot x^2$$

$$4 \cdot x^2 - 24 \cdot x + 36 = 9 \cdot x^2 \rightarrow 5 \cdot x^2 + 24 \cdot x - 36 = 0$$

Cuyas soluciones son  $x_1 = -6$  m y  $x_2 = 1,2$  m.



En la figura siguiente podemos comprobar que el campo **solo se anula en el punto (-6, 0) m**, puesto que en ese punto los campos tienen sentidos opuestos, mientras que, en el punto (1,2, 0) m, los campos tienen el mismo sentido y su suma no se anula.



b) Como ya hemos visto, el campo eléctrico en el punto (1,2, 0) m no es nulo, por lo que una carga situada en ese punto estará sometida a una fuerza proporcional al valor de dicho campo.

El campo producido por cada carga en el punto (1,2, 0) m es:

$$\vec{E}_1 = K \cdot \frac{q_1}{d_1^2} \cdot \vec{u}_1 = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{4 \cdot 10^{-6}}{1,2^2} \cdot \vec{i} = 25\,000 \cdot \vec{i} \text{ N/C}$$

$$\vec{E}_2 = K \cdot \frac{q_2}{d_2^2} \cdot \vec{u}_2 = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{-9 \cdot 10^{-6}}{(3-1,2)^2} \cdot (-\vec{i}) = 25\,000 \cdot \vec{i} \text{ N/C}$$

Aplicando el principio de superposición, el campo total en ese punto es:

$$\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 = 25\,000 \cdot \vec{i} + 25\,000 \cdot \vec{i} = 50\,000 \cdot \vec{i} \text{ N/C}$$

Y, por tanto, la fuerza sobre la carga  $q$  es:

$$\vec{F} = q \cdot \vec{E} = (-1 \cdot 10^{-6}) \cdot 50\,000 \cdot \vec{i} = -0,05 \cdot \vec{i} \text{ N}$$

8.

**Calcula el potencial eléctrico producido por la carga  $Q = 20 \text{ nC}$  a una distancia de 1, 2, 3, 4, 5 y 6 m. Realiza la gráfica del potencial,  $V$ , en función de la distancia,  $r$ .**

El valor del potencial para cada una de esas distancias es:

- Para  $d = 1 \text{ m}$ :

$$V_1 = K \cdot \frac{q}{d_1} = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{20 \cdot 10^{-9}}{1} = 180 \text{ V}$$

- Para  $d = 2 \text{ m}$ :

$$V_2 = K \cdot \frac{q}{d_2} = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{20 \cdot 10^{-9}}{2} = 90 \text{ V}$$

- Para  $d = 3 \text{ m}$ :

$$V_3 = K \cdot \frac{q}{d_3} = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{20 \cdot 10^{-9}}{3} = 60 \text{ V}$$

- Para  $d = 4 \text{ m}$ :

$$V_4 = K \cdot \frac{q}{d_4} = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{20 \cdot 10^{-9}}{4} = 45 \text{ V}$$

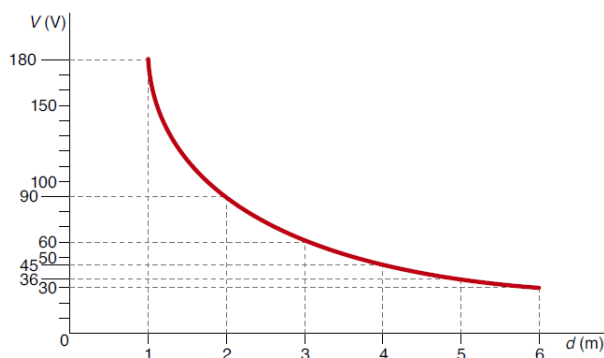
- Para  $d = 5 \text{ m}$ :

$$V_5 = K \cdot \frac{q}{d_5} = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{20 \cdot 10^{-9}}{5} = 36 \text{ V}$$

- Para  $d = 6 \text{ m}$ :

$$V_6 = K \cdot \frac{q}{d_6} = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{20 \cdot 10^{-9}}{6} = 30 \text{ V}$$

Con los valores obtenidos podemos representar la gráfica del potencial en función de la distancia:



9. Una carga puntual de valor  $nq$  se coloca en el origen de coordenadas, mientras que otra carga de valor  $-q$  se coloca sobre el eje X a una distancia  $d$  del origen. Calcula las coordenadas del punto donde el campo eléctrico es nulo si  $n = 4$ . ¿Cuánto valdrá el potencial electrostático en ese punto?

$$E_+ = E_- \Rightarrow \frac{K nq}{x^2} = \frac{K q}{(x-d)^2} \Rightarrow n(x-d)^2 = x^2$$

Si  $n = 4$ , entonces:  $2(x-d) = x \Rightarrow x = 2d$ . El punto  $A$  está situado a una distancia  $2d$  hacia la parte positiva del eje X.

Aplicando la definición de potencial electrostático, se tiene que:

$$V_A = V_{A+} + V_{A-} = \frac{K \cdot 4 \cdot q}{2 \cdot d} + \frac{K \cdot (-q)}{d} = \frac{K q}{d}$$



## **UNIDAD 6. ELECTROMAGNETISMO.**

Estudio experimental representando las líneas de campo de los campos magnéticos creados por una corriente rectilínea indefinida y por un solenoide en su interior.

Estudio del movimiento de cargas en campos magnéticos. Aplicaciones en motores eléctricos e instrumentos de medida de corrientes.

Producción de corriente eléctrica mediante variaciones del flujo magnético: inducción electromagnética. Experiencias de Faraday y Henry. Ley de Lenz.

Producción y transporte de la energía eléctrica en los diversos tipos de centrales. Impacto medioambiental de la energía eléctrica.

### **TEMA DIFÍCIL. HASTA AHORA NO HA SALIDO NADA EN LOS EXÁMENES**

- 6.1. El electromagnetismo
  - 6.2. Fuerzas magnéticas
  - 6.3. Espectros magnéticos
  - 6.4. El campo magnético
    - 6.4.1. Líneas de fuerza del campo magnético
    - 6.4.2. La intensidad del campo magnético
  - 6.5. Campos magnéticos debidos a la circulación de corriente
    - 6.5.1. Experiencia de Oersted
    - 6.5.2. Campo magnético debido a una corriente rectilínea
      - 6.5.2.1. Módulo del campo debido a un conductor rectilíneo
      - 6.5.2.2. Dirección del campo magnético debido a un conductor rectilíneo
      - 6.5.2.3. Sentido del campo debido a un conductor rectilíneo
    - 6.5.3. Campo magnético debido a un solenoide
      - 6.5.3.1. Módulo del campo debido a una bobina
      - 6.5.3.2. Dirección y sentido del campo magnético
  - 6.6. Movimiento de partículas en un campo magnético
    - 6.6.1. Acción del campo eléctrico sobre una carga
    - 6.6.2. Fuerza sobre una carga
      - 6.6.2.1. Fuerza de Lorentz
      - 6.6.2.1. Dirección y sentido de la fuerza de Lorentz
    - 6.6.3. Movimiento de una carga en un campo magnético
  - 6.7. Aplicaciones en motores eléctricos e instrumentos de medida de corrientes.
    - 6.7.1. Galvanómetro de cuadro móvil
    - 6.7.2. Motor eléctrico
    - 6.7.3. Motor de corriente continua.
    - 6.7.4. Motor de corriente alterna
  - 6.8. Producción de corriente eléctrica mediante variaciones del flujo magnético: inducción electromagnética.
    - 6.8.1. Ley De Faraday-Henry
      - 6.8.1.1. Experimento de Faraday.
      - 6.8.1.2. Flujo magnético
      - 6.8.1.3. Ley de Faraday
    - 6.8.2. Ley de Lenz
    - 6.8.3. Unificación de las leyes de Faraday y Lenz
  - 6.9. Producción y transporte de la energía eléctrica en los diversos tipos de centrales.
  - 6.10. Impacto medioambiental de la energía eléctrica.
- ALGUNOS PROBLEMAS RESUELTOS DE EJEMPLO

## 6.1. El electromagnetismo

<http://kimerius.com/app/download/5783170156/Campo+magn%C3%A9tico-.pdf>

Las fuerzas características de los imanes se denominan fuerzas magnéticas. El desarrollo de la física amplió el tipo de objetos que sufren y ejercen fuerzas magnéticas. Las corrientes eléctricas y, en general, las cargas en movimiento se comportan como imanes, es decir, producen campos magnéticos. Siendo las cargas móviles las últimas en llegar al panorama del magnetismo han permitido, sin embargo, explicar el comportamiento de los imanes, esos primeros objetos magnéticos conocidos desde la antigüedad.

La noción de **electromagnetismo** se utiliza para nombrar a la **interacción** que se establece entre **campos magnéticos** y **campos eléctricos**. El concepto también se emplea para denominar a la especialización de la **física** centrada en el estudio de estas cuestiones.

El electromagnetismo se encarga de la descripción de los fenómenos que se desarrollan a partir de la intervención de **cargas** eléctricas, tanto en movimiento como en reposo, que dan lugar a **campos magnéticos** y **eléctricos** y que producen efectos sobre gases, líquidos y sólidos.

Al electromagnetismo se lo califica como una **interacción fundamental** que involucra a partículas subatómicas y que se genera a partir de la carga eléctrica de éstas. Hasta **1820**, los fenómenos magnéticos y los fenómenos eléctricos eran tomados como **independientes**. En dicho año, sin embargo, el científico danés **Hans Christian Ørsted** (u **Oersted**) descubrió de manera casual el vínculo entre ellos y así surgió el electromagnetismo.

Puede decirse que el electromagnetismo se encarga de estudiar la relación entre los fenómenos magnéticos y los fenómenos eléctricos. **Oersted** advirtió que las **fuerzas** que se originan por las cargas eléctricas que se encuentran en movimiento posibilitan la aparición de las fuerzas magnéticas.

Las cargas eléctricas en movimiento generan, a su alrededor, un campo eléctrico y también un campo magnético. Este campo magnético, a su vez, ejerce una fuerza sobre todas las cargas eléctricas que se hallan en su ámbito de **acción**: la **fuerza electromagnética**. El valor de los campos magnéticos, por otro lado, está vinculado a la distancia del punto respecto al conductor, a la forma de éste y a la intensidad de la corriente eléctrica.



## 6.2. Fuerzas magnéticas

A diferencia de lo que sucede con una barra de ámbar electrizada por frotamiento la cual atrae hacia sí todo tipo de objetos con la condición de que sean ligeros, un imán ordinario sólo ejerce fuerzas magnéticas sobre cierto tipo de materiales, en particular sobre el hierro. Este fue uno de los obstáculos que impidieron una aproximación más temprana entre el estudio de la electricidad y el del magnetismo.

Las fuerzas magnéticas son fuerzas de acción a distancia, es decir, se producen sin que exista contacto físico entre los dos imanes. Esta circunstancia, que excitó la imaginación de los filósofos antiguos por su difícil explicación, contribuyó más adelante al desarrollo del concepto de campo de fuerzas.

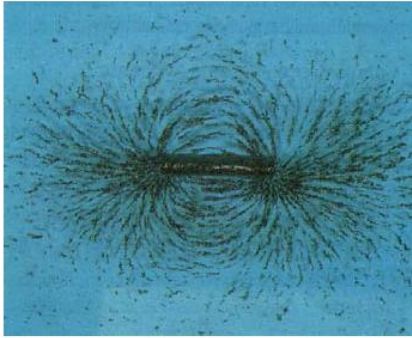
Experiencias con imanes y dinamómetros permiten sostener que la intensidad de la fuerza magnética de interacción entre imanes disminuye con el cuadrado de la distancia.

Representando por **F<sub>m</sub>** la fuerza magnética, por **r** la distancia y por el símbolo de la proporcionalidad directa, tal propiedad se expresa en la forma:

$$F_m \sim \frac{1}{r^2}$$

## 6.3. Espectros magnéticos

Cuando se espolvorea en una cartulina o en una lámina de vidrio, situadas sobre un imán, limaduras de hierro, éstas se orientan de un modo regular a lo largo de líneas que unen entre sí los dos polos del imán. Lo que sucede es que cada limadura se comporta como una pequeña brújula que se orienta en cada punto como consecuencia de las fuerzas



magnéticas que soporta. La imagen que forma este conjunto de limaduras alineadas constituye el espectro magnético del imán.

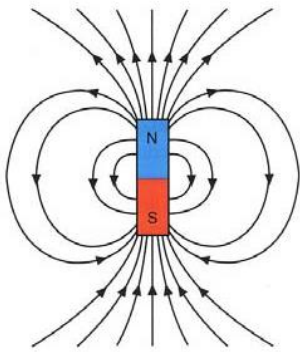
El espectro magnético de un imán permite no sólo distinguir con claridad los polos magnéticos, sino que además proporciona una representación de la influencia magnética del imán en el espacio que le rodea.

Esta imagen física de la influencia de los imanes sobre el espacio que les rodea hace posible una aproximación relativamente directa a la idea de campo magnético.

## 6.4. El campo magnético

El hecho de que las fuerzas magnéticas sean fuerzas de acción a distancia permite recurrir a la idea física de campo para describir la influencia de un imán o de un conjunto de imanes sobre el espacio que les rodea.

### 6.4.1. Líneas de fuerza del campo magnético



Al igual que en el caso del campo eléctrico, se recurre a la noción de líneas de fuerza para representar la estructura del campo. En cada punto las líneas de fuerza del campo magnético indican la dirección en la que se orientaría una pequeña brújula situada en tal punto. Así las limaduras de hierro espolvoreadas sobre un imán se orientan a lo largo de las líneas de fuerza del campo magnético correspondiente y el espectro magnético resultante proporciona una representación espacial del campo.

Por convenio se admite que las líneas de fuerza salen del polo Norte y se dirigen al polo Sur.

### 6.4.2. La intensidad del campo magnético

Como sucede en otros campos de fuerza, el campo magnético queda definido matemáticamente si se conoce el valor que toma en cada punto una magnitud vectorial que recibe el nombre de intensidad de campo. Las brújulas, al alinearse a lo largo de las líneas de fuerza del campo magnético, indican la dirección y el sentido de la intensidad del campo **B**.

La intensidad del campo magnético, a veces denominada inducción magnética, o campo se representa por la letra **B** y es un vector tal que en cada punto coincide en dirección y sentido con los de la línea de fuerza magnética correspondiente.

La unidad del campo magnético en el SI es el tesla (T) y representa la intensidad que ha de tener un campo magnético para que una carga de 1 C, moviéndose en su interior a una velocidad de 1 m/s perpendicularmente a la dirección del campo, experimentase una fuerza magnética de 1 newton.

$$1 \text{ T} = \frac{1 \text{ N}}{1 \text{ C} \cdot 1 \text{ m/s}}$$

Aunque no pertenece al SI, con cierta frecuencia se emplea el gauss (G):

$$1 \text{ T} = 10^4 \text{ G}$$

## 6.5. Campos magnéticos debidos a la circulación de corriente

Aun cuando los filósofos griegos presintieron que las fuerzas eléctricas y las magnéticas tenían un origen común, la experimentación desarrollada desde Gilbert (1544-1603) en torno a este tipo de fenómenos no reveló ningún resultado que indicara que un cuerpo cargado en reposo es atraído o repelido por un imán.

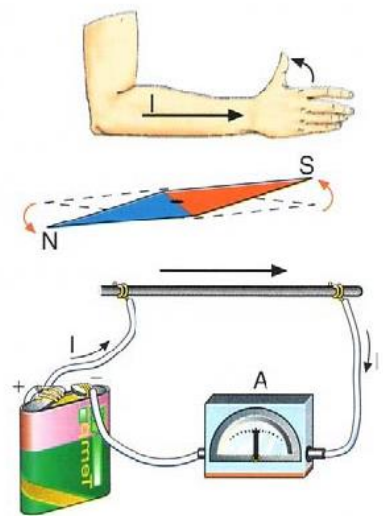
### 6.5.1. Experiencia de Oersted

A pesar de su similitud, los fenómenos eléctricos parecían independientes de los fenómenos magnéticos. Esta era la opinión de los colegas de Christian Oersted (1777-1851) y probablemente la suya propia hasta que un día de 1819, al finalizar una clase práctica en la Universidad de Copenhague, fue protagonista de un descubrimiento que lo haría famoso.

Al acercar una aguja imantada a un hilo de platino por el que circulaba corriente advirtió, perplejo, que la aguja efectuaba una gran oscilación hasta situarse perpendicular al hilo. Al invertir el sentido de la corriente, la aguja invirtió también su orientación.

La aguja de la brújula se desvía al pasar corriente por un conductor disponiéndose tal como lo haría el dedo pulgar si situásemos el brazo paralelo al conductor con la corriente entrando por el codo.

Este experimento, considerado por algunos como fortuito y por otros como intencionado, constituyó la primera demostración de la relación existente entre la electricidad y el magnetismo: Aunque las cargas eléctricas en reposo carecen de efectos magnéticos, las corrientes eléctricas, es decir, las cargas en movimiento, crean campos magnéticos y se comportan, por lo tanto, como imanes.



### 6.5.2. Campo magnético debido a una corriente rectilínea



La repetición de la experiencia de Oersted con la ayuda de limaduras de hierro dispuestas sobre una cartulina perpendicular al hilo conductor rectilíneo, pone de manifiesto una estructura de líneas de fuerza del campo magnético resultante, formando circunferencias concéntricas que rodean al hilo.

#### 6.5.2.1. Módulo del campo debido a un conductor rectilíneo

Experiencias más detalladas indican que la intensidad del campo **B** depende de:

- El medio en que se encuentra el conductor,  $\mu$  representa una constante característica del medio que recibe el nombre de permeabilidad magnética. En el vacío su valor es  $\mu_0 = 4 \cdot 10^{-7} \text{ T m/A}$ .
- La intensidad que circula por el conductor, siendo tanto mayor cuando mayor es la intensidad de corriente  $I$ .
- La distancia al conductor, cuanto menor es la distancia  $r$  al hilo mayor es la intensidad de campo.

$$B = \frac{\mu I}{2\pi r}$$

Todo lo cual queda englobado en la ecuación:

No olvides que la intensidad de campo magnético es una magnitud vectorial; por lo cual, para quedar completamente definida hemos de determinar su módulo, obtenido a través de la aplicación de la ecuación que acabamos de detallar, su dirección y su sentido.

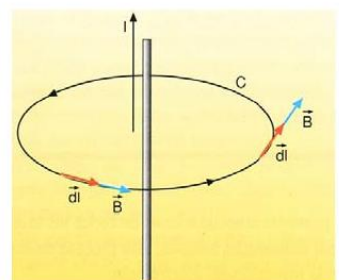
#### 6.5.2.2. Dirección del campo magnético debido a un conductor rectilíneo

La dirección del vector **B** es siempre tangente a la línea de campo según de detalla a continuación:

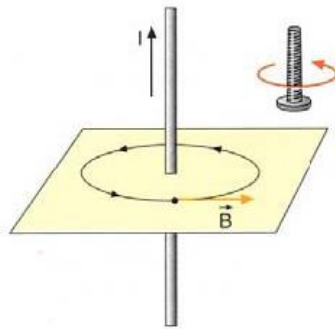
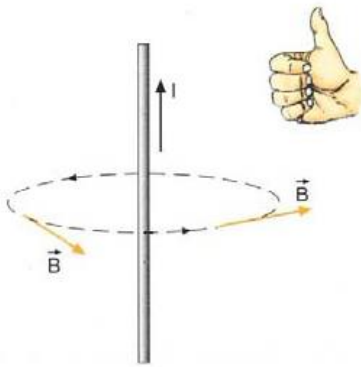
#### 6.5.2.3. Sentido del campo debido a un conductor rectilíneo

El sentido de las líneas de campo magnético o inducción **B** generada al circular corriente a través de un conductor rectilíneo puede determinarse aplicando la regla de la mano derecha que aparece representada en la figura que se detalla a continuación.

Otro método sería el conocido como regla del tornillo o del sacacorchos que consiste en pensar hacia dónde se





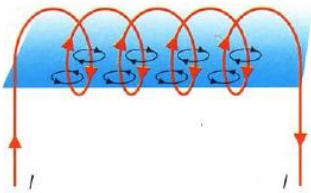


desplazaría éste al hacerlo girar de modo que avanzase en el sentido de la corriente.

En la figura se muestra cómo hemos de colocar la mano derecha con el pulgar extendido y dirigido hacia en sentido en que circula la corriente, marcando así los restantes dedos el sentido de las líneas de campo magnético.

### 6.5.3. Campo magnético debido a un solenoide

Un solenoide o bobina es, en esencia, un conjunto de espiras iguales y paralelas dispuestas a lo largo de una determinada longitud que son recorridas por la misma intensidad de corriente. Su forma es semejante a la del alambre espiral de un bloc.



#### 6.5.3.1. Módulo del campo debido a una bobina

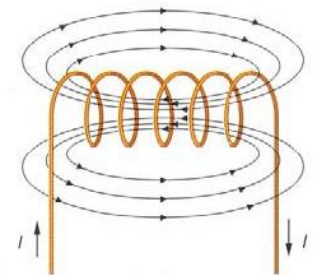
El estudio experimental de la intensidad del campo magnético **B** debido a un solenoide en un punto cualquiera de su interior pone de manifiesto que una mayor proximidad entre las espiras produce un campo magnético más intenso, lo cual se refleja en la expresión de **B** a través del cociente  $N/L$ , siendo  $N$  el número de espiras y  $L$  la longitud del solenoide. Dicha expresión

$$B = \mu_0 I \frac{N}{L}$$

viene dada por la ecuación: \_\_\_\_\_

#### 6.5.3.2. Dirección y sentido del campo magnético

El espectro magnético del campo creado por un solenoide se parece más aún al de un imán recto que el debido a una sola espira. La regla que permite relacionar la polaridad magnética del solenoide como imán con el sentido convencional de la corriente que circula por él es la misma que la aplicada en el caso de una sola espira.



## 6.6. Movimiento de partículas en un campo magnético

Los campos eléctricos y magnéticos desvían las trayectorias de las cargas en movimiento, pero lo hacen de modos diferentes:

### 6.6.1. Acción del campo eléctrico sobre una carga

Una partícula cargada que se mueve en un campo eléctrico (como el producido entre las dos placas de un condensador plano dispuesto horizontalmente) sufre una fuerza eléctrica  $F_e$  en la misma dirección del campo  $E$  que curva su trayectoria. Si la partícula alcanza el espacio comprendido entre las dos placas según una dirección paralela, se desviará hacia la placa + si su carga es negativa y hacia la - en caso contrario, pero siempre en un plano vertical, es decir, perpendicular a ambas placas. Dicho plano es el definido por los vectores  $v$  y  $E$ .

Si las dos placas del condensador se sustituyen por los dos polos de un imán de herradura, la partícula sufre una fuerza magnética  $F_m$  que según la regla de la mano izquierda es perpendicular a los vectores  $v$  y  $B$ . En este caso la trayectoria de la partícula cargada se desvía en el plano horizontal.

### 6.6.2. Fuerza sobre una carga

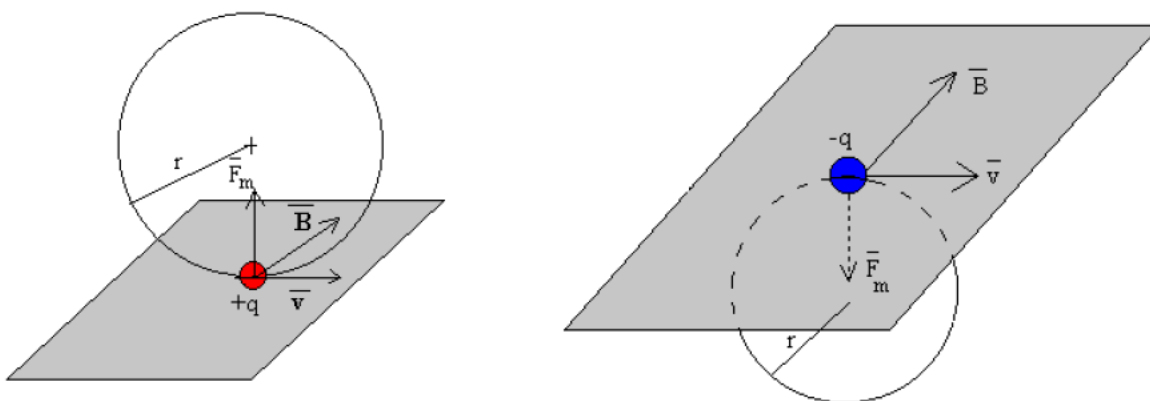
De la observación experimental de lo que le sucede a una carga  $q$  en movimiento en presencia de un campo magnético se

desprende lo siguiente: si la carga estuviera en reposo no se apreciaría ninguna fuerza; sin embargo, si la carga  $q$  se mueve dentro del campo creado por un imán se observa cómo su trayectoria se curva, lo cual indica que una fuerza magnética  $F_m$  se está ejerciendo sobre ella.

### 6.6.2.1. Fuerza de Lorentz

Del estudio experimental de este fenómeno se deduce que:

- $F_m$  es tanto mayor cuanto mayor es la magnitud de la carga  $q$  y su sentido depende del signo de la carga.
- $F_m$  es tanto mayor cuanto mayor es la velocidad  $v$  de la carga  $q$ .
- $F_m$  se hace máxima cuando la carga se mueve en una dirección perpendicular a las líneas de fuerza y resulta nula cuando se mueve paralelamente a ella.
- La dirección de la fuerza magnética en un punto resulta perpendicular al plano definido por las líneas de fuerza a nivel de ese punto y por la dirección del movimiento de la carga  $q$ , o lo que es lo mismo,  $F_m$  es perpendicular al plano formado por los vectores  $B$  y  $v$ .



Como verás el sentido en que describe la trayectoria circular la partícula depende del signo de la carga, girando en sentido horario si es negativa y en sentido opuesto si es positiva.

Las conclusiones experimentales anteriormente reseñadas quedan resumidas en la siguiente expresión conocida como

$$F_m = q \cdot v \cdot B \cdot \text{sen} \cdot \theta$$

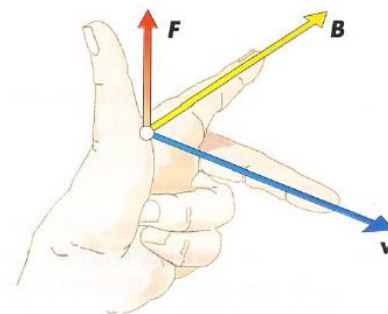
**Fuerza de Lorentz** o fuerza debida al campo magnético que actúa sobre una carga:

Donde  $B$  representa el módulo o magnitud de la intensidad del campo y  $\theta$  el ángulo que forman los vectores  $v$  y  $B$ .

### 6.6.2.1. Dirección y sentido de la fuerza de Lorentz

Dado que  $F_m$ ,  $v$  y  $B$  pueden ser considerados como vectores, es necesario además reunir en una regla lo relativo a la relación entre sus direcciones y sentidos: el vector  $F_m$  es perpendicular al plano formado por los vectores  $v$  y  $B$  y su sentido coincide con el de avance de un tornillo que se hiciera girar en el sentido que va de  $v$  a  $B$  (por el camino más corto).

Dicha regla, llamada del tornillo de Maxwell, es equivalente a la de la mano izquierda, según la cual las direcciones y sentidos de los vectores  $F_m$ ,  $v$  y  $B$  vienen dados por los dedos pulgar, índice y corazón de la mano izquierda dispuestos en la forma que se muestra en la figura adjunta.



### 6.6.3. Movimiento de una carga en un campo magnético

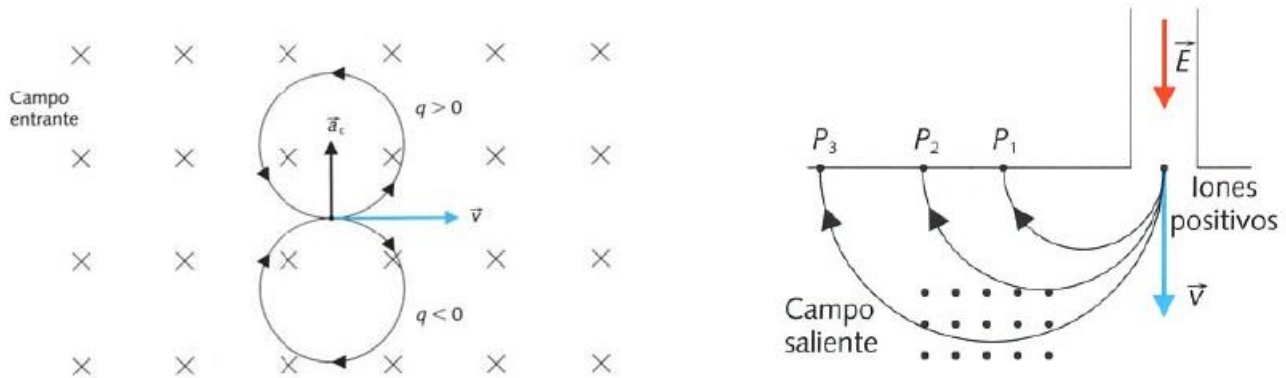
Como ya hemos dicho anteriormente la actuación de la fuerza de Lorentz supone una desviación de la carga según una trayectoria circular.

Como ya sabrás siempre que un cuerpo gira actúa sobre él la fuerza centrípeta, es decir:  $F_m = F_c$

Pudiendo así calcular el radio de la trayectoria que describe la carga al adentrarse en el seno del campo magnético.

$$q \cdot v \cdot B \sin \delta = m \cdot v^2 / r$$

Como puedes ver en las dos figuras que se detallan a continuación hemos dibujado las líneas de campo magnético perpendiculares a la hoja a través de cruces si el campo es entrante y de puntos si es saliente; esto nos permite dibujar sobre el papel la trayectoria circular que describiría una partícula al adentrarse en el campo .



Asimismo, si deseásemos conocer el periodo (T), o tiempo que tardaría la carga en completar una revolución bastaría con pensar que el movimiento circular que describe es un movimiento uniforme, por lo tanto, como la trayectoria es circular y la longitud de una circunferencia es  $2 \cdot \pi \cdot r$  quedaría:  $v = e / t = 2 \cdot \pi \cdot r / T$

## 6.7. Aplicaciones en motores eléctricos e instrumentos de medida de corrientes.

### 6.7.1. Galvanómetro de cuadro móvil

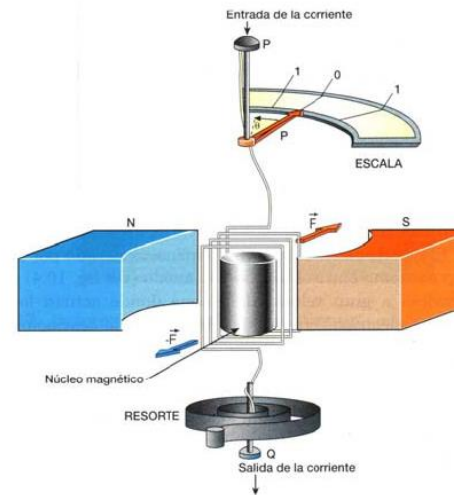
El galvanómetro de cuadro o bobina móvil se basa en el fenómeno anteriormente descrito. La expresión del momento M de la fuerza magnética aplicada a una bobina de N espiras resulta de multiplicar por el número de espiras el momento de una sola, es decir:

$$M = N \cdot B \cdot I \cdot S \cdot \sin \phi$$

Como verás el momento M y la intensidad de corriente I son directamente proporcionales.

En un galvanómetro de cuadro móvil una aguja cuyo extremo señala una escala graduada se mueve junto con una bobina, y un resorte en espiral se opone a cualquier movimiento de giro, manteniendo la aguja, en ausencia de corriente, en el cero de la escala.

Si se hace pasar por la bobina una corriente eléctrica, el par de las fuerzas magnéticas deforman el resorte oponiéndose al par recuperador de éste. Cuando sus momentos respectivos se igualan, la aguja se detiene en una posición que estará tanto más desplazada del origen de la escala cuanto mayor sea la intensidad de corriente que circula por el galvanómetro.



### 6.7.2. Motor eléctrico

Aun cuando una bobina por la que circula una corriente eléctrica puede girar por la acción de un campo magnético, dicho giro es transitorio y acaba cuando el plano de la bobina se sitúa perpendicularmente al campo.

Para conseguir un movimiento de rotación continuado es necesario que en cada media vuelta se invierta el sentido de la corriente que circula por la bobina, con lo que el nuevo par actuando en el sentido del movimiento provoca la siguiente media vuelta y así sucesivamente.

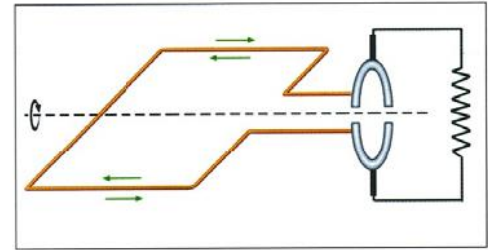
Aun cuando en la posición de la bobina perpendicular a las líneas de fuerza el momento es nulo, dicha orientación es sobrepasada debido a la inercia de la bobina en movimiento, lo que permite que el nuevo par entre en acción.

### 6.7.3. Motor de corriente continua

En un motor de corriente continua la bobina está arrollada sobre un cilindro formado por láminas de hierro; este conjunto constituye el rotor.

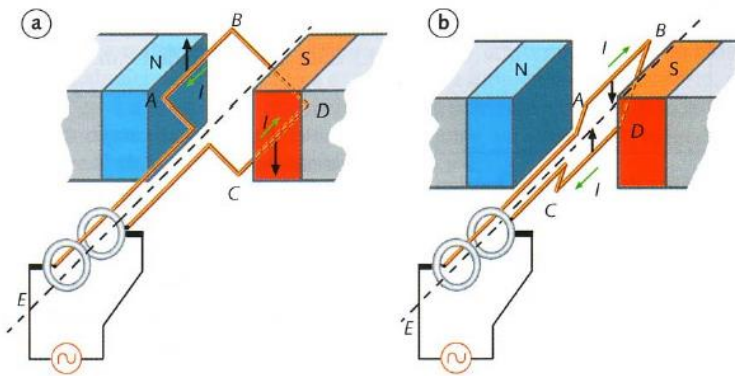
El elemento conmutador encargado de invertir en cada media vuelta el sentido de la corriente eléctrica que circula por la bobina, está formado por dos piezas semicilíndricas o delgas, aisladas eléctricamente entre sí, solidarias al rotor y en contacto con unas varillas de grafito o escobillas, cuya misión es mantener el paso de la corriente del generador a la bobina.

Con frecuencia el campo magnético es producido por un electroimán alimentado también por corriente eléctrica.



#### 6.7.4. Motor de corriente alterna

La corriente alterna, que es la empleada habitualmente para usos domésticos e industriales, se caracteriza porque invierte su sentido de modo alternativo a razón de 50 veces por segundo, lo cual hace innecesario el conmutador. Por tal motivo, los motores que funcionan con corriente alterna disponen de unos anillos colectores completos y no partidos en dos mitades aisladas como en los motores de corriente continua.



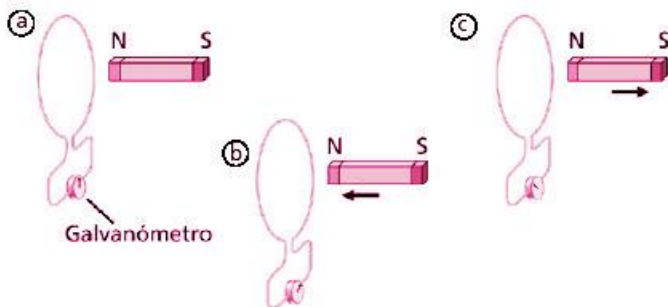
### 6.8. Producción de corriente eléctrica mediante variaciones del flujo magnético: inducción electromagnética.

#### 6.8.1. Ley De Faraday-Henry

El experimento de Oersted puso de manifiesto que las corrientes eléctricas son capaces de engendrar campos magnéticos. Para completar la comprensión de las relaciones entre la electricidad y el magnetismo era necesario constatar el proceso inverso: cómo producir una corriente eléctrica a partir de un campo magnético. Los trabajos del británico Michael Faraday (1791-1867) y el estadounidense Joseph Henry (1797-1878) sirvieron para sentar definitivamente las bases del electromagnetismo.

##### 6.8.1.1. Experimento de Faraday.

La creación de una corriente eléctrica en un circuito a partir de fenómenos magnéticos puede lograrse mediante un sencillo experimento ideado independientemente por Faraday y por Henry.



Cuando se mantiene en reposo un imán frente a un circuito eléctrico en forma de espira (a), el galvanómetro no detecta corriente. Si se acerca el imán al circuito (b), se produce corriente en un sentido, y cuando se aleja (c), el flujo de corriente toma sentido contrario.

La interpretación que dio Faraday a este experimento es que la aparición de la corriente se debía a la variación que se producía al mover el imán en el número de líneas de campo magnético que atravesaban el circuito.

##### 6.8.1.2. Flujo magnético

Para contar el número de líneas de campo que atravesaban el circuito en forma de espira de su experimento, Faraday definió el concepto de flujo magnético como el producto escalar de la densidad del campo magnético por el vector representativo del área de la espira (perpendicular a la superficie y con módulo igual a dicha área):

$\Phi = \vec{B} \cdot \vec{A} = B \cdot A \cdot \cos \alpha$  siendo  $\alpha$  el ángulo que forma la dirección del campo magnético con la normal a la superficie considerada.

### 6.8.1.3. Ley de Faraday

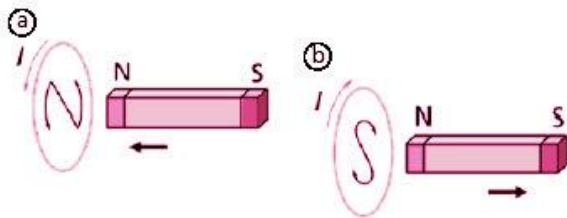
En el experimento de Faraday-Henry se constata que si el flujo magnético cambia de manera brusca (por ejemplo, al mover el imán con mayor rapidez), la intensidad de corriente eléctrica inducida aumenta. La variación del flujo magnético con respecto al tiempo viene dada por la llamada ley de Faraday:

$$\mathcal{E} = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$$

siendo  $\mathcal{E}$  la fuerza electromotriz (f.e.m.) generada por el campo magnético.

### 6.8.2. Ley de Lenz

El sentido de la corriente que circula por la espira del experimento de Faraday-Henry se define según la llamada ley de Lenz (por el físico estonio Heinrich Lenz, 1804- 1865): la corriente inducida por un campo magnético variable adopta el sentido por el cual tiende a oponerse a la causa que la provoca.



Según la ley de Lenz, al acercar el imán al circuito se genera una corriente que induce un campo magnético que repele al imán (a). Cuando la barra imantada se aleja (b), la corriente generada engendra un campo que tiende a atraer al imán hacia el circuito.

### 6.8.3. Unificación de las leyes de Faraday y Lenz

Para unir las leyes de Lenz y Faraday en un único principio se define el concepto de espira orientada que es aquella en la que se ha establecido una cara privilegiada, llamada principal o positiva, donde se orienta el vector superficie  $\vec{A}$ . Entonces:

La f.e.m. inducida en la espira es positiva cuando la corriente generada tiene el sentido de las agujas del reloj, y negativa en sentido contrario.

El flujo magnético que atraviesa una espira orientada es igual a  $\Phi = \vec{B} \cdot \vec{A} = B A \cos \alpha$ , siempre que  $\vec{A}$  sea el vector representativo de la cara positiva.

## 6.9. Producción y transporte de la energía eléctrica en los diversos tipos de centrales.

Como consumidores de energía eléctrica cada vez somos más conscientes de la importancia de nuestro comportamiento y hábitos para lograr avances en la eficiencia energética, pero somos el último eslabón de una larga cadena que se inicia en el punto de generación de la energía y llega hasta nosotros a través de la red de transporte. La eficacia del sistema eléctrico depende de su correcto funcionamiento minimizando las pérdidas en el recorrido y adecuando la oferta y la demanda en tiempo real.

La generación de electricidad tiene lugar en las centrales de producción que pueden ser de diversos tipos, según la tecnología que empleen: nuclear, hidráulica, térmica, solar, eólica, etc. En nuestro país el 30% de la demanda anual de energía eléctrica se cubre a partir de fuentes renovables, como el viento, el agua o el sol. En este eslabón de la cadena de la electricidad se producen las primeras pérdidas debido a que ninguna tecnología en la actualidad es capaz de aprovechar al 100% el potencial energético del suministro que emplea. En una central térmica, por ejemplo, a partir de 10 unidades de combustible, solo se producen 2 de electricidad, mientras en una central hidráulica, de 10 unidades de energía potencial del agua, 8 pasan a ser electricidad.

A través de la red de transporte de alta tensión la electricidad sale de los puntos de generación hasta los puntos de distribución a los consumidores. La red de transporte española está compuesta por más de 34.700 kilómetros (¡casi tres veces el diámetro de la Tierra!) de líneas eléctricas de alta tensión y casi 3.400 posiciones de subestaciones, y cuenta con más de 66.000 MVA de capacidad de transformación. Este sistema es el responsable de que en todo momento la oferta de energía sea la adecuada para la demanda, y también debe ser gestionada para reducir al máximo las pérdidas de energía. Aún así estas pérdidas se producen, alcanzando en el transporte en torno al 3% por cada 1.000 km.

En su recorrido por el sistema se reduce el voltaje de la electricidad hasta llegar a nuestros hogares o industrias, de lo contrario podría quemar nuestros electrodomésticos y máquinas. Así distinguimos entre líneas de alta, media y baja tensión, que llegan a nuestros hogares con una tensión de 220 V. La reducción de la tensión o voltaje de la línea se hace en las estaciones transformadoras

o subestaciones y la entrega a los consumidores desde los centros de distribución.

A medida que la electricidad viaja por las líneas de transporte, éstas pierden energía debido a la resistencia que ofrece el conductor eléctrico. Una manera de combatir la resistencia eléctrica, reducir las pérdidas y aumentar la eficiencia del sistema es aumentar el voltaje de las líneas y utilizar materiales altamente conductores. Pero el mejor modo de disminuir las pérdidas es reducir la distancia entre generación y consumo: por ello, las redes eléctricas del futuro tratarán de acercar productores y consumidores, sustituyendo largos transportes por multitud de pequeños centros de generación.

De conseguir la máxima eficiencia del sistema de transporte de alta tensión se ocupa el gestor de la red de alta tensión: Red Eléctrica de España. Nosotros podemos ayudar al correcto funcionamiento consumiendo menos en las horas punta de demanda y ahorrando electricidad, teniendo siempre en cuenta qué largo es el camino que tiene que hacer para llegar hasta muchos hogares.

## 6.10. Impacto medioambiental de la energía eléctrica.

**Fuente: Iberdrola**

Hasta llegar a su uso final, la energía eléctrica pasa por numerosas fases en cada una de las cuales se acometen actividades con un potencial impacto sobre el entorno. Cabe distinguir entre aquellos impactos que tienen consecuencias a escala global sobre el planeta y aquellos impactos que dejan huella sobre su entorno más inmediato, condicionando de forma más directa la vida de los ciudadanos. A continuación se tratarán diversos fenómenos globales generados por el conjunto de la sociedad a través de muy diversas actividades, entre ellas la generación y distribución de energía eléctrica.

### 1 Fenómenos de alcance global

#### 1.1 Biodiversidad

Los principales impactos potenciales de las actividades de generación y distribución de energía eléctrica sobre la biodiversidad son los siguientes:

- Modificación o pérdida de hábitats naturales: debido a cambios en el uso del suelo (por la implantación de todo tipo de instalaciones de energía) o a cambios en los ecosistemas.
- Perturbación a la flora y fauna: Se realizan actividades que pueden afectar a los hábitats y a las especies que en ellos habitan de diferentes formas:
- Fragmentación del hábitat: pérdida de hábitats debido al aislamiento (insularización), la reducción de su tamaño y el cambio de forma de los mismos (por ejemplo se da por la construcción de grandes embalses y presas y en menor medida o nulo por la construcción de líneas eléctricas y parque eólicos).

#### 1.2 Cambio Climático

El efecto invernadero natural es necesario para mantener un rango de temperaturas que permiten que el planeta tierra sea habitable. El incremento de las emisiones antropogénicas (debidas a la actividad humana) de gases de efecto invernadero (GEI) provoca una concentración en la atmósfera de éstos gases superior a la natural, dando lugar, según la opinión mayoritaria de la comunidad científica, a una variación paulatina de las temperaturas, con las consecuentes alteraciones para numerosos ecosistemas.

Los GEI incluidos en el Anexo A del Protocolo de Kioto son los siguientes:

- Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>)
- Metano (CH<sub>4</sub>)
- Óxido Nitroso N<sub>2</sub>O
- Hidrofluorocarbonos (HFCs)
- Perfluorocarbonos (PFCs) - Hexafluoruro de azufre (SF<sub>6</sub>)

Emissiones de gases de efecto invernadero en la producción y distribución de energía eléctrica.

De los seis gases de efecto invernadero regulados en el Protocolo de Kioto, cinco son emitidos debido al desarrollo de diversas actividades a lo largo del proceso de producción de energía eléctrica.

En la generación de energía eléctrica en centrales térmicas, la quema de combustibles fósiles da lugar a emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y óxido nitroso (N<sub>2</sub>O). Con el fin de minimizar lo máximo posible estas emisiones, se tiene en cuenta el valor calorífico neto de los combustibles utilizados (contenido energético), su factor de emisión de CO<sub>2</sub> y N<sub>2</sub>O (emisiones por cantidad de combustible utilizado) y las tecnologías disponibles (incremento de eficiencia energética).

El metano (CH<sub>4</sub>) es generado en cantidades más pequeñas que el dióxido de carbono en los procesos de combustión y también por emisiones fugitivas de combustible en las fases de transporte y suministro.

El hexafluoruro de azufre (SF<sub>6</sub>) es emitido a la atmósfera por las fugas o pérdidas en su uso como aislante en conmutadores eléctricos e interruptores automáticos.

Los hidrofluorocarbonos (HFCs) son empleados como refrigerantes o como agentes espumantes para la extinción de incendios.

### 1.3 Degradación de la capa de ozono

En los años setenta se descubrió que ciertos productos químicos, clorofluorocarbonos, o CFCs, usados hasta entonces como refrigerantes y como propelentes en los aerosoles, dan lugar a la destrucción de la capa de ozono que rodea el planeta tierra.

Estas sustancias se caracterizan por un elevado tiempo de permanencia en la atmósfera, alcanzando las capas superiores de la atmósfera donde son descompuestos por la luz solar. La descomposición de las moléculas permite a los radicales de cloro reaccionar con las moléculas de ozono, en una reacción fotoquímica, destruyéndolas y debilitando de forma progresiva la capa de ozono.

La presencia de CFCs en el proceso de generación de energía eléctrica, se limita a su uso en los equipos de extinción de incendios y en sistemas de refrigeración. Estos equipos vienen siendo retirados de acuerdo con la legislación vigente. Las únicas emisiones a la atmósfera que proceden de estos productos confinados son las derivadas de pérdidas insignificantes.

### 1.4 Lluvia ácida

La lluvia ácida es un fenómeno ambiental generado por las emisiones de óxidos de nitrógeno y azufre a la atmósfera. El uso como combustible de determinados tipo de carbones en las centrales térmicas puede dar lugar a la formación de ácido sulfúrico y ácido nítrico ( $H_2SO_4$  y  $HNO_3$  respectivamente) en la atmósfera. La lluvia ácida se forma generalmente en las nubes altas donde el  $SO_2$  y los  $NO_x$  reaccionan con el agua y el oxígeno, formando una solución diluida de ácido sulfúrico y ácido nítrico. La radiación solar aumenta la velocidad de esta reacción.

La lluvia, la nieve, la niebla y otras formas de precipitación arrastran estos contaminantes hacia las partes bajas de la atmósfera, depositándolos sobre las hojas de las plantas, los edificios, los monumentos y el suelo.

La lluvia ácida afecta directamente a las hojas de los vegetales, despojándolas de su cubierta cerosa y provocando pequeñas lesiones que alteran la acción fotosintética.

## 2 Impactos ambientales de alcance local

El día a día de la producción y distribución de energía eléctrica requiere de una serie de actividades que conllevan una serie de impactos en el ámbito local con los consecuentes efectos sobre su entorno más inmediato. La generación de residuos, los vertidos a cauces próximos, el ruido, los campos electromagnéticos, el impacto visual, etc.

A continuación se explican uno por uno los efectos más significativos de las actividades que se desarrollan para producir y distribuir la electricidad.

### 2.1 Consumo de recursos naturales

Las diferentes modalidades de generación de energía eléctrica conllevan un consumo de recursos naturales, destacándose el agua, los combustibles fósiles y la energía sobre el resto.

El consumo más característico de la actividad es el consumo de combustible, que como se comentó con anterioridad, es utilizado en la fase de generación de energía eléctrica en centrales térmicas convencionales y de ciclo combinado. El petróleo como materia prima es un recurso limitado y a pesar de las mejoras en las áreas de exploración y producción, los expertos estiman que el ritmo actual de explotación puede durar de 40 a 50 años más.

Los avances tecnológicos permiten encontrar formas alternativas de generación, reduciendo los consumos de combustible gracias al aprovechamiento de la energía calorífica y del calor residual combinado con el uso de fuentes de energía renovables.

Las centrales térmicas consumen agua para el proceso de refrigeración de las centrales térmicas y para los procesos de limpieza. Además del consumo en sí, el calentamiento de parte del agua captada que es devuelta al medio receptor supone un impacto añadido. La minimización de los consumos de agua, se centra en la reutilización de ésta en todos aquellos puntos del proceso donde sea posible.

El consumo de energía viene dado por los equipos auxiliares, equipos que cada vez son más eficientes en términos de consumos de energía eléctrica.

### 2.2 Impacto Visual

Las instalaciones de generación de energía eléctrica conllevan un impacto visual, que puede ser significativo cuando se afecta a un entorno natural.

Los parques eólicos, dada su demanda de regímenes de viento propicios, alteran el paisaje porque se ubican en cuerdas de macizos montañosos.

Las centrales hidráulicas, se emplazan en los cursos de ríos dando lugar embalses que cambian el entorno y en algunos casos están integrados en espacios naturales protegidos.

Las centrales térmicas no se suelen disponer en entornos de alto valor ecológico pero tienen un inevitable impacto visual dado el tamaño y estructura de los edificios y los penachos de sus emisiones de gases.

En lo relativo a la distribución de energía eléctrica, el impacto visual más significativo es el de las redes y de las diferentes actuaciones acometidas a su alrededor en entornos en algunos casos con un alto valor ambiental.

### 2.3 Emisiones

Como ya se ha descrito en anteriores apartados, la combustión de combustibles fósiles es una actividad necesaria para la generación de electricidad, esta combustión conlleva emisiones de gases como el CO<sub>2</sub>, el CH<sub>4</sub>, el N<sub>2</sub>O, que son gases de efecto invernadero.

Además de estos gases, también se generan óxidos de azufre (SO<sub>2</sub> y SO<sub>3</sub>), óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>) y partículas, que tienen un importante impacto ambiental sobre el entorno natural y urbano. El SO<sub>2</sub> es un precursor de la lluvia ácida, y es generado por la combustión de carbón con un alto contenido en azufre.

Por su parte, el SO<sub>3</sub> es resultado de la oxidación del SO<sub>2</sub> en los humos.

Los óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>) también participan en la formación de la lluvia ácida, la formación de estos gases depende considerablemente de las condiciones de combustión. Bajo la denominación genérica de NO<sub>x</sub> se encuentran el monóxido (NO), que es la forma más habitual, y el dióxido (NO<sub>2</sub>).

Las partículas que se emiten junto con el resto de los gases por la chimenea de la central, pueden tener efectos nocivos sobre la flora, la fauna y las personas.

Pueden actuar sobre la vegetación impidiendo que se realicen procesos vitales como la fotosíntesis, al cubrir las hojas.

Las partículas pueden mantenerse en suspensión o ser sedimentables. Aquéllas que superan las 10 micras y se depositan de forma relativamente rápida en el suelo reciben el apelativo de sedimentables. Las de tamaño inferior a 10 micras se denominan partículas en suspensión.

### 2.4 Residuos

Los residuos característicos del proceso de producción de energía eléctrica son los residuos nucleares de alta, media y baja actividad y las cenizas y escorias procedentes de centrales térmicas de carbón.

La generación de residuos nucleares de alta, media y baja actividad, es uno de los impactos más significativos de la generación de energía eléctrica, el posterior almacenamiento de los residuos en lugares seguros supone una de las mayores problemáticas, dado que se requieren de condiciones especiales para poder almacenar residuos de esta naturaleza durante largos períodos de tiempo (décadas).

### 2.5 Ruidos

Otro de los impactos de la generación y distribución de la energía eléctrica es la inevitable generación de ruidos. La huella sonora de las instalaciones está determinada por su ubicación y por sus condiciones técnicas, por lo que no se puede generalizar el impacto para todas las instalaciones.

### 2.6 Vertidos

Los vertidos de las centrales térmicas se pueden agrupar en dos grupos, aguas de refrigeración que generan un impacto térmico en el medio receptor y los vertidos de aguas residuales con distintas sustancias.

El uso del agua en distintos puntos de las centrales térmicas da lugar al posterior vertido de aguas residuales de diversa naturaleza. Los puntos donde se generan más efluentes residuales son la generación de vapor (purgas de agua de caldera, lavado químico de calderas, líquidos de regeneración de los sistemas de depuración del condensador, etc.), la refrigeración del condensador, el tratamiento y depuración de agua de alimentación, la potabilización del agua, el manejo de cenizas por vía húmeda, etc.

También se producen de forma ocasional vertidos de origen sanitario, vertidos de laboratorio, aguas procedentes del lavado de equipos, infiltraciones de los parques de carbón y cenizas y escorrentías de la lluvia.

Para la minimización de estos vertidos se trabaja con la aplicación de tecnologías avanzadas en la depuración de vertidos y en la reutilización de fluidos en las distintas fases de generación todo ello acompañado de sistemas de recogida de residuos de acuerdo con la legislación aplicable.

### 2.7 Campos electromagnéticos

La generación de campos electromagnéticos es inherente a las instalaciones de distribución y transformación de electricidad. Un campo electromagnético es una zona donde existen campos eléctricos y magnéticos, creados por las cargas eléctricas y su movimiento, respectivamente.



## FÓRMULAS DEL CAMPO MAGNÉTICO

### Movimiento en un campo magnético

Fuerza sobre una carga en movimiento = la carga por el producto vectorial velocidad x campo  $\vec{F}_m = q\vec{v} \wedge \vec{B} = \begin{cases} \text{Módulo: } qvB \sin \alpha \\ \text{Dirección: perpendicular al plano } (\vec{v}, \vec{B}) \\ \text{Sentido: regla del producto vectorial} \end{cases}$

$$F = |q| \cdot v \cdot B \cdot \sin \alpha$$

Ley de Lorentz: Como la fuerza eléctrica es:  $F_e = q \cdot E$  y la magnética  $F_m = q \cdot v \wedge B$

podemos usar el principio de superposición:  $\vec{F} = q(\vec{E} + \vec{v} \wedge \vec{B})$ .

y su aceleración será debida a ambas fuerzas:

$$F = m \cdot a \rightarrow a = \frac{F}{m} = \frac{F_e + F_m}{m}$$

### Flujo del campo magnético

$$\Phi = \mathbf{B} \cdot \mathbf{S} = BS \cos \theta$$

Si la espira rota (generador de corriente):

El flujo del campo magnético:  $\Phi = B \cdot S \cos \varphi = B \cdot S \cdot \cos(\omega t)$

$$\mathcal{E}(t) = -\frac{d\Phi}{dt} \quad \varepsilon(t) = B \cdot S \cdot \omega \cdot \sin \omega t$$

### Inducción electromagnética. Ley de Faraday

$$\text{En una espira: } \mathcal{E}(t) = \frac{d\Phi}{dt} \quad \text{En varias espiras: } \mathcal{E}(t) = N \frac{d\Phi}{dt}$$

## ALGUNOS PROBLEMAS RESUELTOS DE EJEMPLO

1.

Calcula el flujo magnético a través de un cuadrado de 12 cm de lado que está colocado perpendicularmente a un campo magnético de valor 0,4 T. ¿Cuánto vale el flujo cuando el cuadrado está paralelo al campo?

Cuando el cuadrado está colocado perpendicularmente al campo, el vector campo y el vector superficie son paralelos, luego el flujo a través de él vale:

$$\Phi_B = B \cdot S \cdot \cos 0^\circ = 0,4 \cdot 0,12^2 = 5,76 \cdot 10^{-3} \text{ Wb}$$

Cuando el cuadrado se encuentra paralelo al campo, el ángulo que forman los vectores campo y superficie vale  $90^\circ$ ; por tanto:

$$\Phi_B = B \cdot S \cdot \cos 90^\circ = 0 \text{ Wb}$$

2

Calcula el valor del campo magnético para que el flujo máximo a través de un círculo de 20 cm de radio sea de 4 Wb.

El flujo será máximo cuando el círculo esté colocado perpendicularmente al campo; en este caso, la expresión que permite calcular el flujo es:

$$\Phi_B = B \cdot S \cdot \cos 0^\circ = B \cdot S$$

Por tanto, el valor del campo magnético que solicita el enunciado será:

$$B = \frac{\Phi_B}{S} = \frac{\Phi_B}{\pi \cdot R^2} = \frac{4}{\pi \cdot 0,2^2} = 31,83 \text{ T}$$

3

El flujo magnético a través de una espira varía según la ecuación:

$$\Phi_B = (3 - 0,5 \cdot t) \text{ Wb}$$

hasta anularse. Calcula: a) El flujo inicial y a los 2 s. b) La f.e.m. inducida. c) La intensidad de la corriente inducida si  $R_{\text{espira}} = 2 \Omega$ .

a) El flujo magnético inicial y a los 2 s es:

$$\Phi_{\text{inicial}}(t = 0 \text{ s}) = 3 \text{ Wb} \quad ; \quad \Phi_{\text{final}}(t = 2 \text{ s}) = 3 - 0,5 \cdot 2 = 2 \text{ Wb}$$

b) La f.e.m. inducida es:

$$\varepsilon = - \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} = - \frac{\Phi_{\text{final}} - \Phi_{\text{inicial}}}{\Delta t} = - \frac{2 - 3}{2} = 0,5 \text{ V}$$

c) Y la intensidad de la corriente inducida:

$$I = \frac{\varepsilon}{R} = \frac{0,5}{2} = 0,25 \text{ A}$$

4

Indica si son correctas las afirmaciones siguientes:

- a) La corriente producida por un alternador es alterna y de intensidad variable.
- b) La corriente producida por una dinamo es continua y de intensidad constante.

a) Es cierta, pues un alternador produce una corriente alterna cuya intensidad varía con el tiempo.

b) Es falsa, pues una dinamo produce una corriente continua, pero de intensidad variable.

## **UNIDAD 7. VIBRACIONES Y ONDAS**

### **La ley de Hooke**

**El oscilador armónico simple (sistema muelle-masa). Características y magnitudes para su estudio**

**Estudio breve del movimiento armónico simple. Deducción de la ecuación de la elongación.**

**Estudio cualitativo de la variación de la velocidad y de la aceleración.**

**Transformaciones de energía en el oscilador armónico**

**Movimiento ondulatorio. Velocidad de propagación**

**Clasificación de las ondas: Longitudinales y transversales. Unidimensionales, bidimensionales (planas) y tridimensionales. Materiales y electromagnéticas**

**Estudio del sonido y sus cualidades. Nivel de intensidad sonora y contaminación acústica.**

**Efecto *doppler*, estudio cualitativo del caso: observador en reposo y fuente en movimiento.**

**La transmisión de la energía a través de un medio: atenuación y absorción**

**Fenómenos ondulatorios (estudio cualitativo): reflexión, refracción**

Fuente: I.E.S. Al-áandalus. Dpto de Física y Química

### **7.1. Introducción**

### **7.2. La ley de Hooke**

### **7.3. El movimiento vibratorio**

#### **7.3.1. Magnitudes del movimiento vibratorio**

### **7.4. Movimiento armónico simple (mas)**

#### **7.4.1. Deducción de la ecuación del mas.**

#### **7.4.2. Estudio cinemático**

#### **7.4.3. Estudio dinámico:**

#### **7.4.4. Estudio energético de un mas**

### **ALGUNOS EJEMPLOS DE GRÁFICAS DE M.A.S**

### **EJEMPLOS DE PROBLEMAS DE MAS**

### **7.5. Movimiento ondulatorio**

#### **7.5.1. Características.**

#### **7.5.2. Dirección de propagación y dirección de perturbación:**

#### **7.5.3. Diferencias entre ondas y partículas**

#### **7.5.4. Clasificación de ondas**

#### **7.5.5. Ondas longitudinales y transversales. Polarización.**

#### **7.5.6. Magnitudes características de las ondas**

### **7.6. Propagación de ondas: reflexión, refracción, absorción.**

### **7.7. Superposición de ondas: interferencias.**

### **7.8. Difracción:**

### **7.9. Acústica. El sonido.**

### **7.10. Contaminación sonora**

### **7.11. El efecto Doppler**

## VIBRACIONES Y ONDAS

### EXÁMENES DE LA COMUNITAT VALENCIANA

**2017**

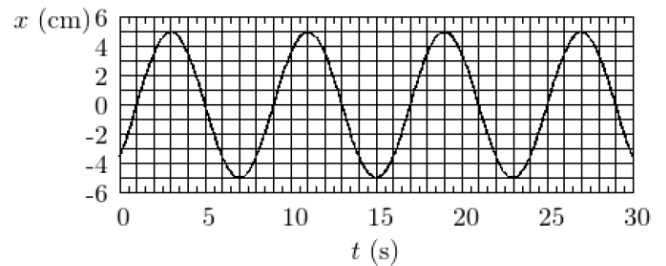
1. Un muelle oscila con un movimiento armónico simple descrito por la ecuación:  $x=0,5 \cos (4\pi t+\pi)$ , expresada en unidades del sistema internacional. Determina:

- La amplitud, la pulsación, la frecuencia, el periodo y la fase inicial. (1 punto)
- La elongación en el instante  $t = 3$  s. (1 punto)

**2015**

2. En la figura se representa un movimiento armónico simple (MAS) de un cuerpo de 3 kg.

- Estima los valores de la pulsación o frecuencia angular, el periodo, la amplitud y la fase inicial del MAS representado.
- Escribe la ecuación del MAS utilizando la función del seno y la ecuación de la velocidad del cuerpo.



**2014**

3. ¿A qué fenómenos se refieren los cuatro textos siguientes?:

- Es el fenómeno por el cual un frente de ondas que atraviesa la superficie que separa dos medios, cambia su dirección
- Es el fenómeno que ocurre cuando se superponen dos o más movimientos. Posteriormente, las ondas siguen su marcha sin haberse perturbado
- Es el fenómeno por el cual una onda bordea los obstáculos
- Es el fenómeno por el cual una onda que llega a la superficie que separa dos medios, retrocede por el mismo medio desde el que incide

**2013**

4. a) Una onda sonora viaja por el aire con una frecuencia de 400 Hz. Parte de esa onda atraviesa la superficie del agua, penetrando en ella. ¿Qué vale su frecuencia y su longitud de onda en el aire y en el agua?. Datos: *velocidad del sonido (aire: 340 m/s) ; (agua: 1480 m/s)*

b) Explica en qué consiste el fenómeno de la refracción y cuándo se produce.

**2012**

5. La ecuación de la posición de un punto que describe un MAS es en unidades Internacionales  $x = 0,2 \sin (4 \pi t)$ . Determina

- La amplitud, la pulsación, el periodo y la frecuencia
- La elongación en los instantes  $t = 0$  y  $t = 0,125$  s

**2011**

$$x = 0'5 \cos (\pi t)$$

6. Una partícula se mueve con un movimiento armónico simple gobernada por la ecuación en unidades internacionales. Determina:

- La amplitud y la fase inicial
- la pulsación, el periodo y la frecuencia
- el valor de la elongación en  $t = 4$  s

$$x = 0'03 \cos (3\pi t + \pi)$$

**2010**

7. a) Un cuerpo oscila con movimiento armónico simple de ecuación en unidades del sistema internacional. ¿Qué vale la amplitud, el periodo y la frecuencia?, ¿Dónde se encuentra el cuerpo en  $t = 0$  s?

b) Explicar cómo se clasifican las ondas según la dirección de la vibración del medio y cita algún ejemplo de cada clase

## 7.1. Introducción

Cuando hablamos de una vibración o de una oscilación, nos referimos al movimiento de un objeto que se repite en forma regular, de un lado a otro sobre la misma trayectoria. Es decir un movimiento periódico.

Una partícula tiene movimiento oscilatorio cuando se mueve alrededor de una posición de equilibrio, pasando alternativamente (en un sentido y en el contrario) por ésta. El movimiento de un péndulo, las vibraciones de un muelle, o las oscilaciones de un cuerpo que flota en el agua constituyen ejemplos de movimientos oscilatorios.

Si las oscilaciones se repiten cada cierto tiempo fijo, se dice que las oscilaciones son periódicas, y el movimiento es *oscilatorio periódico*.

## 7.2. La ley de Hooke

Cuando aplicas una fuerza a un muelle, probablemente éste se alargará. Si duplicas la fuerza, el alargamiento también se duplicará. Esto es lo que se conoce como la ley de Hooke.

La ley de Hooke establece que el alargamiento de un muelle es directamente proporcional al módulo de la fuerza que se le aplique, siempre y cuando no se deforme permanentemente dicho muelle.

$F = k \cdot (x - x_0)$  donde:

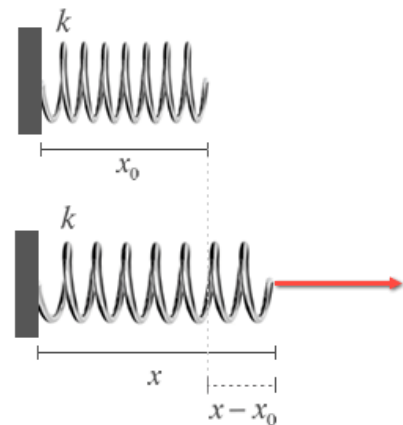
F es el módulo de la fuerza que se aplica sobre el muelle.

k es la constante elástica del muelle, que relaciona fuerza y alargamiento. Cuanto mayor es su valor más trabajo costará estirar el muelle. Depende del muelle, de tal forma que cada uno tendrá la suya propia.

$x_0$  es la longitud del muelle sin aplicar la fuerza.

x es la longitud del muelle con la fuerza aplicada.

Si al aplicar la fuerza, deformamos permanentemente el muelle decimos que hemos superado su límite de elasticidad.



ley de Hooke

Al aplicar una fuerza en el muelle de la figura (arriba), este se alarga (abajo). La deformación que se le produce ( $x - x_0$ ) es directamente proporcional a la fuerza que le aplicamos.

### EJEMPLO

**Si aplicamos a un muelle una fuerza de 140 N, este alcanza una longitud de 15 cm. Si por el contrario aplicamos una fuerza de 20 N, su longitud pasa a ser de 10 cm. Calcula la longitud que tiene el muelle en reposo y su constante elástica.**

Datos

Caso 1

$$F_1 = 140 \text{ N}$$

$$y_1 = 15 \text{ cm} = 0.15 \text{ m}$$

Caso 2

$$F_2 = 100 \text{ N}$$

$$y_2 = 10 \text{ cm} = 0.1 \text{ m}$$

Incógnitas:

$$k = ?$$

$$y_0 = ?$$

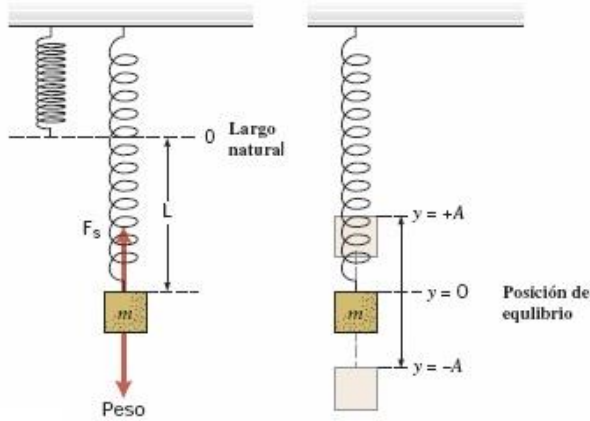
Resolución

Aplicando la expresión de la ley de Hooke para los dos casos que se exponen en el problema, podemos ver que tenemos un sistema de dos ecuaciones con dos incógnitas, donde las incógnitas son precisamente los datos que nos piden en el problema: la constante elástica (k) y lo que mide el muelle en reposo ( $y_0$ ).

$$F_1 = k \cdot (y_1 - y_0) \quad 140 = k (0,15 - y_0) \quad 140 = 0,15 k - 0,15 y_0$$

$$F_2 = k \cdot (y_2 - y_0) \quad 100 = k (0,1 - y_0) \quad 100 = 0,1 k - 0,1 y_0 \quad \text{Despejamos } y_0 \text{ y sustituimos en la otra ecuación.}$$

### 7.3. El movimiento vibratorio



Del análisis del movimiento de vibración de un objeto unido a un resorte se desprenden dos magnitudes físicas importantes: la amplitud  $A$ , como la máxima distancia que alcanza el objeto respecto de la posición de equilibrio, se mide en metros y el período  $T$ , como el tiempo que emplea el objeto en realizar una vibración completa, se mide en segundos.

#### 7.3.1. Magnitudes del movimiento vibratorio

##### Frecuencia de una vibración ( $f$ )

También surge una tercera magnitud física llamada frecuencia  $f$  que cuenta la cantidad de ciclos que realiza el objeto en un determinado tiempo. Se mide en Hertz (Hz).

$$f = \frac{\text{número de ciclos}}{\text{tiempo}} = \frac{n}{t}$$

Por Ejemplo : 5 Hz equivalen a 5 oscilaciones en 1 segundo.

##### Periodo de una vibración ( $T$ )

Esta variable física nos da información del tiempo que dura una oscilación completa en un sistema vibratorio, Esta oscilación completa es desde el punto de origen volviendo a dicho punto. Se mide en segundos ( $s$ )

##### Relación entre Periodo y Frecuencia de una vibración

La relación entre estas variables físicas es:

Esto quiere decir que la relación entre el periodo y la frecuencia es inversamente proporcional

Por Ejemplo: Si el periodo de un péndulo es de 2 s, por lo tanto su frecuencia sera 0,5 Hz, esto quiere decir que si duplicamos el periodo a este péndulo, su frecuencia se reducirá a la mitad.

$$T = \frac{1}{f}$$

$$f = \frac{1}{T}$$

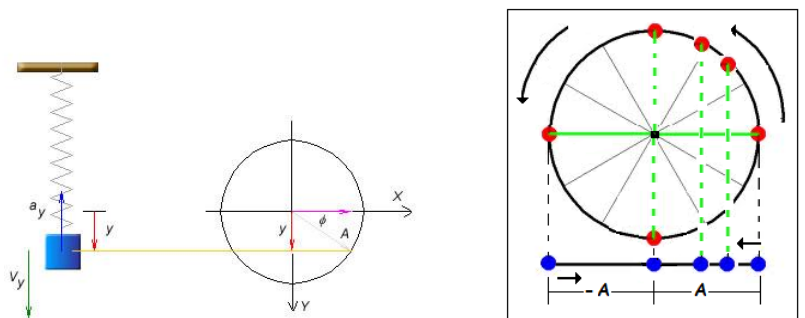
### 7.4. Movimiento armónico simple (mas)

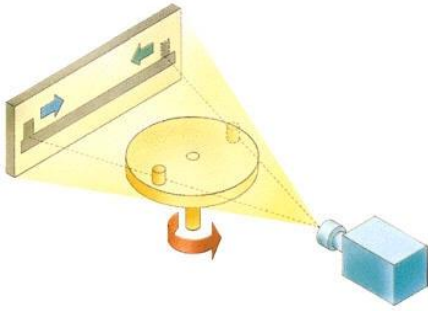
El movimiento armónico simple (mas) es un caso particular de movimiento oscilatorio periódico. Lo estudiaremos por dos razones:

- 1) Es el más sencillo de los movimientos oscilatorios
- 2) Cualquier otro movimiento oscilatorio puede descomponerse en suma de mas. (esto se denomina análisis de Fourier)

Ecuaciones del MAS: Elongación, velocidad y aceleración.

#### 7.4.1. Deducción de la ecuación del mas.

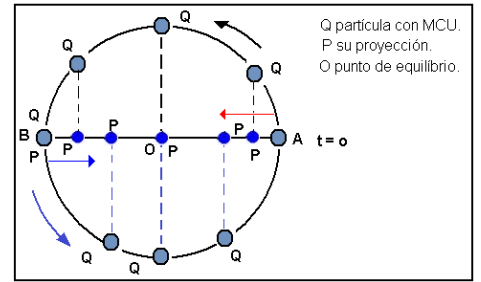




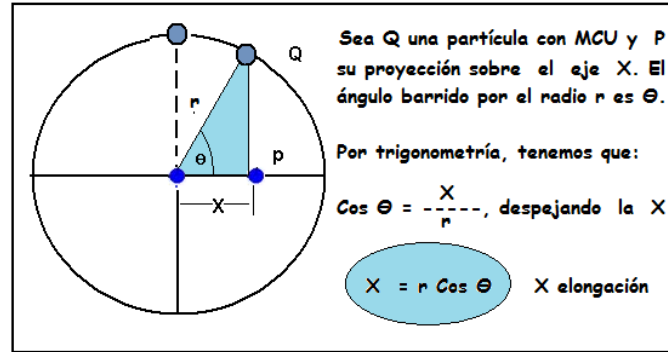
Para deducir las **ecuaciones del MAS** utilizaremos un modelo geométrico que consiste en proyectar en uno de los ejes, el **movimiento** que sigue una **partícula Q(MCU)**.

De la gráfica podemos hacer el siguiente análisis:

Para  $t = 0$  la partícula **Q** coincide en la **posición A** con la partícula **P** que es su proyección. Cuando **Q** ha recorrido un cuarto de la circunferencia, **P** se



encuentra en el punto de **equilibrio**. media circunferencia, **Q** y punto **B**. Cuando **Q** recorre  $\frac{3}{4}$  de la encuentra en el punto de equilibrio. completa la trayectoria cuando **P** y inicial, que es la **posición A**.



Cuando **Q** ha recorrido **P** coinciden en el circunferencia, **P** se Finalmente se **Q** vuelven a su punto

**Ecuación de elongación** Si **horizontal**, vemos que **r** es la máxima tanto:

$$X = A \cos \omega t$$

Si se hubiera proyectado en el eje **y**:

$$y = A \cos \omega t$$

Si consideramos el **eje horizontal**, vemos que **r** es la máxima elongación, por lo tanto:

$$r = A \text{ de donde } X = A \cos \Theta, \text{ A es la amplitud}$$

$$\text{Pero en un MCU sabemos que } \omega = \frac{\Theta}{t} \text{ de donde } \Theta = \omega \cdot t$$

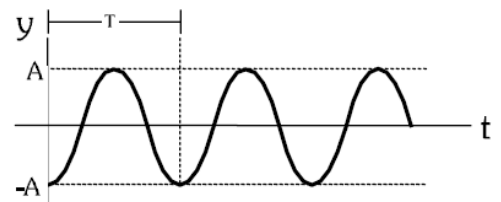
De donde  $X = A \cos(\omega t)$  Elongación de una partícula con MAS

### 7.4.2. Estudio cinemático

La posición de un móvil que describe un mas viene dada por un ecuación del tipo

$$y = A \cdot \text{sen}(\omega t + \phi_0) \quad \text{o} \quad y = A \cdot \text{cos}(\omega t + \phi_0)$$

donde:



- **y: Elongación.**  
Es la posición del móvil respecto al punto de referencia, que se escoge siempre en su posición de equilibrio. Indica el desplazamiento desde dicha posición de equilibrio. Aunque usemos la letra "y", se refiere a cualquier coordenada espacial (x, y, z) en la que se mueva.  
[y]= m (S.I.)
- **A: Amplitud del mas.**  
Es el valor máximo de la elongación (en valor absoluto). El mas. alcanzará los valores de A y -A en los extremos de su movimiento.  
[A] = m (S.I.)
- **ω: Frecuencia angular.**  
Indica el ritmo de oscilación (algo análogo a la velocidad angular en un movimiento circular).  
[ω] = rad s<sup>-1</sup> (S.I.)

A partir de  $\omega$  podemos obtener

- **T: Periodo de oscilación.**

Tiempo que tarda el móvil en realizar una oscilación completa. Se calcula como

$$T = 2\pi / \omega \quad [T] = \text{s (S.I.)}$$

- **f o v: Frecuencia.**

Número de oscilaciones descritas en la unidad de tiempo. Es la inversa del periodo

$$v = 1 / T = \omega / 2\pi$$

$$[v] = \text{ciclos/s} = \text{s}^{-1} = \text{Hz (Hertzio) (S.I.)}$$

- **$\varphi = (\omega t + \varphi_0)$  Fase.**

Es un ángulo que nos indica en qué estado de oscilación se encuentra el móvil. Se mide en radianes en el sistema internacional

- **$\varphi_0$  Fase inicial.**

Valor de la fase para  $t = 0$ , cuando comenzamos a estudiar el movimiento. Nos permite calcular cómo era el movimiento al comenzar a estudiarlo. Por ej. La posición inicial se calculará sustituyendo  $t = 0$  s en la ecuación, y

$$\text{quedará } y_0 = y_{(t=0)} = A \cdot \text{sen}(\varphi_0)$$

### Velocidad y aceleración de un mas

En un movimiento de estas características, la velocidad será variable.

Derivando la posición:

$$v_y = \frac{dy}{dt} = A \cdot \omega \cdot \cos(\omega \cdot t + \varphi_0) \quad [v_y] = \text{m s}^{-1} \text{ (S.I.)}$$

La velocidad máxima (en valor absoluto) que adquiere el m.a.s. es

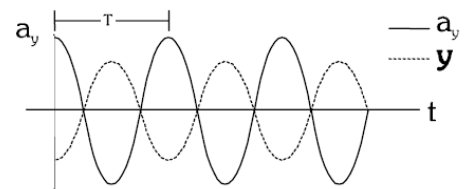
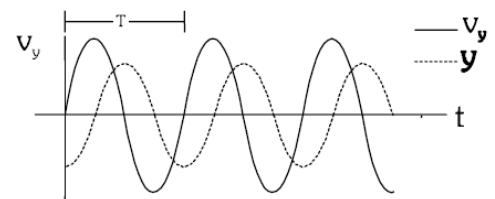
$$v_{yMAX} = A \cdot \omega$$

La aceleración se calcula derivando la velocidad:

$$a_y = \frac{dv_y}{dt} = -A \cdot \omega^2 \cdot \text{sen}(\omega \cdot t + \varphi_0) \quad [a_y] = \text{m s}^{-2} \text{ (S.I.)}$$

La aceleración máxima (en valor absoluto) que adquiere el m.a.s. es

$$a_{yMAX} = A \cdot \omega^2$$



$$a_y = -\omega^2 \cdot y$$

Podemos comprobar, tanto numérica como gráficamente, que se cumple que

Esta relación debe cumplirla todo m.a.s., y sirve para distinguir si un movimiento oscilatorio es armónico simple o no. Por ejemplo, las oscilaciones de un péndulo no son un m.a.s.

### 7.4.3. Estudio dinámico:

Estudiamos a continuación qué características deben tener las fuerzas que actúan sobre el cuerpo para que describa un m.a.s.

Partiendo de la relación  $a_y = -\omega^2 y$  y aplicando la 2ª ley de Newton:  $F = m a$  :

$$F = m a_y = -m \omega^2 y$$

Es decir, la fuerza resultante debe ser proporcional al desplazamiento respecto a la posición de equilibrio, y oponerse a éste.

Una fuerza que posee estas características es la fuerza elástica (de un muelle, resorte, goma...). En adelante todos los m.a.s. que estudiaremos serán producidos por fuerzas elásticas. Recordando que

$$\left. \begin{array}{l} F_{el} = -K \cdot y \\ \Sigma F = m \cdot a_y = -m \cdot \omega^2 \cdot y \end{array} \right\} K = m \cdot \omega^2 \rightarrow \omega = \sqrt{\frac{K}{m}}$$



Estudiamos dos casos concretos: el muelle horizontal sin rozamiento y el muelle vertical con peso

### Muelle horizontal sin rozamiento

Es el caso más simple. La fuerza resultante sobre el cuerpo es la fuerza elástica. Se cumple todo lo dicho arriba

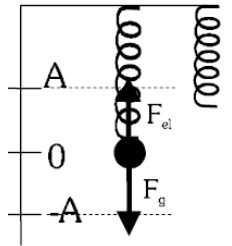
### Muelle en vertical

Ahora incluimos la acción de la fuerza gravitatoria. De partida, al colgar el cuerpo, cambia la posición de equilibrio. El cuerpo estaría en reposo cuando

$$F_{el} = F_g \rightarrow K \cdot y_{eq} = m \cdot g \rightarrow y_{eq} = \frac{m \cdot g}{K}$$

En la posición de equilibrio el muelle ya está algo estirado.

Ese es el único efecto que va a tener la fuerza gravitatoria, modificar la posición de equilibrio. Al desviar el cuerpo de esta posición, comenzará a oscilar en torno a ese punto debido a la acción de la fuerza elástica, y las ecuaciones vuelven a ser las que hemos visto, siempre tomando como punto de referencia la nueva posición de equilibrio.



### 7.4.4. Estudio energético de un mas

Nos centraremos en el m.a.s. que describe un cuerpo unido a un resorte horizontal sobre una superficie sin rozamiento. (es el caso más sencillo, el estudio es similar en otros casos)

Teniendo en cuenta que la resultante de las fuerzas aplicadas es igual a la fuerza elástica, sabemos que la energía mecánica del sistema se conservará. Así

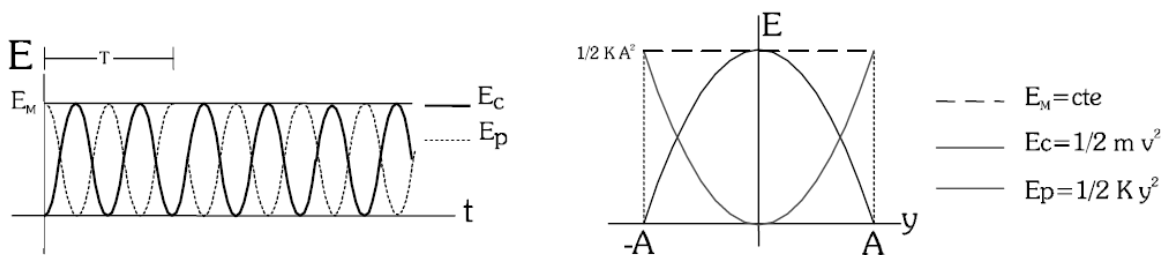
$$E_c = \frac{1}{2} m \cdot v_y^2 \quad ; \quad E_{p_{el}} = \frac{1}{2} K \cdot y^2$$

$$E_M = E_c + E_{p_{el}} = \frac{1}{2} m \cdot v_y^2 + \frac{1}{2} K \cdot y^2 = \frac{1}{2} m \cdot (A \cdot \omega \cdot \cos(\omega \cdot t + \varphi_0))^2 + \frac{1}{2} K \cdot (A \cdot \text{sen}(\omega \cdot t + \varphi_0))^2 =$$

$$= \frac{1}{2} m \cdot A^2 \cdot \omega^2 \cdot \cos^2(\omega \cdot t + \varphi_0) + \frac{1}{2} K \cdot A^2 \cdot \text{sen}^2(\omega \cdot t + \varphi_0)$$

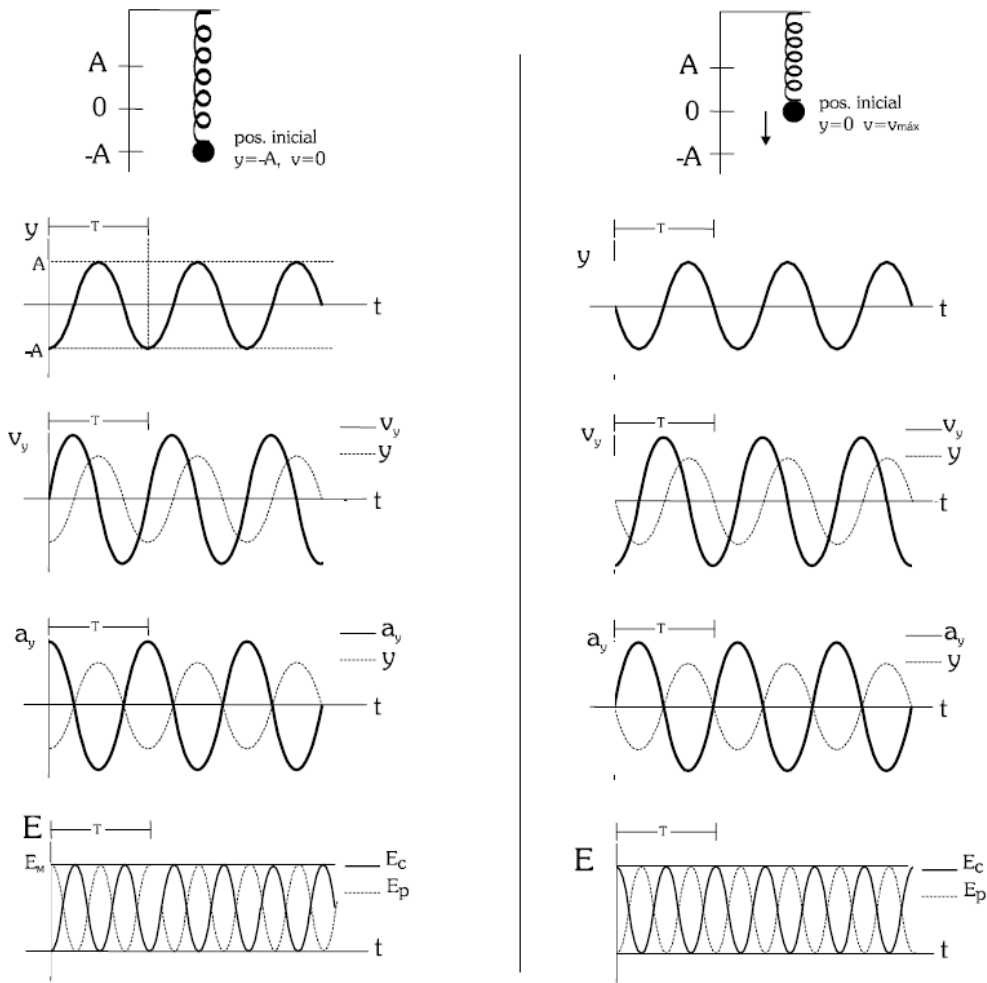
Como  $\omega = \sqrt{\frac{K}{m}} \rightarrow E_M = \frac{1}{2} K \cdot A^2 \cdot \cos^2(\omega \cdot t + \varphi_0) + \frac{1}{2} K \cdot A^2 \cdot \text{sen}^2(\omega \cdot t + \varphi_0) = \frac{1}{2} K \cdot A^2$

Al mantenerse constante la  $E_M$ , tendremos  $\Delta E_c = -\Delta E_p$  Es decir, cuando la  $E_c$  es máxima, la  $E_p$  es nula, y viceversa. La variación podemos verla en las siguientes gráficas, respecto al tiempo y al desplazamiento.



### ALGUNOS EJEMPLOS DE GRÁFICAS DE M.A.S

ALGUNOS EJEMPLOS DE GRÁFICAS DE M.A.S.



EJEMPLOS DE PROBLEMAS DE MAS

1) La ecuación de un M.A.S. es  $x(t) = 2 \cos 30 t$ , en la que  $x$  es la elongación en cm y  $t$  en s. ¿Cuáles son la amplitud, la frecuencia y el período de este movimiento?

1) Sabemos que la elongación de un m.a.s. está dada por una ecuación del tipo

$$x(t) = A \cos(\omega t + \phi_0)$$

aunque pudiera ser igualmente una función seno. Así que bastaría comparar con la ecuación dada,

$$x(t) = 2 \cos 30\pi t \text{ cm}$$

para obtener inmediatamente los resultados:

$$A = 2 \text{ cm} ; \quad \omega = 30\pi \text{ rad/s} ; \quad \phi_0 = 0 \text{ rad}$$

En cuanto al período y la frecuencia, ya que  $T = \frac{2\pi}{\omega}$ , sería tan simple como

$$T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{2\pi}{30\pi} = \frac{1}{15} \text{ s} ; \quad \nu = \frac{1}{T} = 15 \text{ Hz}$$

2) En un M.A.S. la elongación en cm es  $x(t) = 0,4 \cos (10 t - /3)$ , siendo  $t$  el tiempo en s. Calcular la elongación, velocidad y aceleración del móvil en los instantes  $t = 0$  s y  $t = 1/120$  s.

2) Si la ecuación de elongaciones es  $x(t) = 0,4 \cos(10\pi t - \frac{\pi}{3})$  cm, las de velocidad y aceleración se obtienen por simple derivación:

$$v(t) = \frac{dx(t)}{dt} = -4\pi \operatorname{sen}(10\pi t - \frac{\pi}{3}) \text{ cm/s}$$

$$a(t) = \frac{dv(t)}{dt} = -40\pi^2 \cos(10\pi t - \frac{\pi}{3}) \text{ cm/s}^2$$

y sólo habría que usarlas en los instantes propuestos,  $t = 0$  s y  $t = 1/20$  s. En el tiempo  $t = 0$  s, la fase del movimiento vale

$$\phi_0 = -\frac{\pi}{3} \text{ rad}$$

y en el tiempo  $t = 1/20$  s, la fase es

$$\phi(\frac{1}{20}) = 10\pi \cdot \frac{1}{20} - \frac{\pi}{3} = \frac{\pi}{2} - \frac{\pi}{3} = \frac{\pi}{6} \text{ rad}$$

de forma que, al tiempo  $t = 0$  s, los valores pedidos son

$$x(0) = 0,4 \cos(-\frac{\pi}{3}) = 0,2 \text{ cm} \quad (1)$$

$$v(0) = -4\pi \operatorname{sen}(-\frac{\pi}{3}) = 10,88 \text{ cm/s} \quad (2)$$

$$a(0) = -40\pi^2 \cos(-\frac{\pi}{3}) = -197,39 \text{ cm/s}^2 \quad (3)$$

Entre otras cosas, hay que notar que la posición en ese momento está a mitad de camino entre el centro de equilibrio y la amplitud (0,2 cm es la elongación; la amplitud es 0,4 cm), mientras que la velocidad de 10,88 cm/s no es de ninguna manera la mitad de la velocidad máxima (de  $\pm 12,57$  cm/s, como es fácil de ver). ¿Qué comentarios pueden hacerse sobre esto?

Veamos ahora los valores de elongación, velocidad y aceleración al tiempo  $1/20$  s:

$$x(\frac{1}{20}) = 0,4 \cos \frac{\pi}{6} = 0,35 \text{ cm} \quad (4)$$

$$v(\frac{1}{20}) = -4\pi \operatorname{sen} \frac{\pi}{6} = -6,28 \text{ cm/s} \quad (5)$$

$$a(\frac{1}{20}) = -40\pi^2 \cos \frac{\pi}{6} = -341,89 \text{ cm/s}^2 \quad (6)$$

de modo que, en este momento, la velocidad está dirigida en sentido negativo y vale **la mitad** del valor máximo ( $\pm 12,57$  cm/s, como ya se hizo notar). Esto permite responder la pregunta hecha anteriormente: la velocidad del móvil alcanza su valor máximo ( $\pm 12,57$  cm/s) cuando pasa por el centro de las oscilaciones ( $x = 0$  cm), y va disminuyendo cuando se desplaza hacia el extremo de la oscilación (sea en  $x = 0,4$  cm, sea en  $x = -0,4$  cm); pero **no lo hace de forma lineal**, ya que la aceleración se va haciendo más grande a medida que el móvil se acerca al extremo. En otras palabras, se pierde la mayor parte de la velocidad cuando se está ya cerca del extremo de la trayectoria: esto puede comprobarse mirando con atención los valores obtenidos en los resultados (1) a (6).

**3) La aceleración (en m/s<sup>2</sup>) de un M.A.S. en función de la elongación (en m)  $a = 256 x$ . Expresar esta aceleración en función del tiempo sabiendo que la amplitud de la vibración es de 2,5 cm. Considérese nula la constante de fase.**

3) Tenemos  $a = -256x$ , con  $x$  medido en m y  $a$  en  $m/s^2$ . Como se sabe, en un m.a.s. la ecuación fundamental es

$$a = -\omega^2 x$$

$$x(t) = A \cos(\omega t + \phi_0)$$

de forma que resulta evidente que

$$\omega^2 = 256 \Rightarrow \omega = \sqrt{256} = 16 \text{ rad/s}$$

De otro lado, las ecuaciones temporales de elongación, velocidad y aceleración son del tipo

$$x(t) = A \cos(\omega t + \phi_0)$$

$$v(t) = -A\omega \sin(\omega t + \phi_0)$$

$$a(t) = -A\omega^2 \cos(\omega t + \phi_0)$$

donde  $\phi_0 = 0$ , tal como se dice en el enunciado. Finalmente, conocemos también el valor de la amplitud  $A = 2,5 \text{ cm} = 0,025 \text{ m}$ ; así como la pulsación  $\omega = 16 \text{ rad/s}$ , de forma que sólo hay que escribir

$$a(t) = -0,025 \cdot 256 \cos 16t = -6,4 \cos 16t$$

donde  $t$  se mide en s y  $a$  se mide en  $m/s^2$ .

**4) La velocidad en m/s de un M.A.S. es  $v(t) = -0,36 \sin(24t + \pi)$ , donde  $t$  es el tiempo en s. ¿Cuáles son la frecuencia y la amplitud de ese movimiento? Escribir la expresión de su elongación en función del tiempo.**

4) La velocidad del m.a.s. que nos proponen es

$$v(t) = -0,36 \pi \sin \pi(24t + 1) \quad t \text{ en s ; } v \text{ en m/s}$$

y de esa ecuación debemos obtener, por simple comparación con la ecuación teórica de la velocidad en un m.a.s., las constantes del movimiento, en particular el período y la frecuencia. Podemos partir de las ecuaciones de un m.a.s. que planteamos a continuación:

$$x(t) = A \cos(\omega t + \phi_0)$$

$$v(t) = -A\omega \sin(\omega t + \phi_0)$$

$$a(t) = -A\omega^2 \cos(\omega t + \phi_0)$$

en las que, como puede verse, hemos usado una función coseno en la elongación  $x(t)$  para que, de ese modo, aparezca la función seno en la velocidad, tal como sucede en la función del enunciado. Ahora, comparando la segunda de estas ecuaciones con la velocidad del enunciado, tenemos las siguientes identificaciones inmediatas:

$$\left. \begin{array}{l} A\omega = 0,36 \pi \text{ m/s} \\ \omega = 24\pi \text{ rad/s} \end{array} \right\} A = \frac{0,36 \pi}{24\pi} = 0,015 \text{ m} = 1,5 \text{ cm}$$

$$\phi_0 = \pi \text{ rad}$$

de las cuales, fácilmente, conseguimos ahora el período y la frecuencia:

$$T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{2\pi}{24\pi} = \frac{1}{12} \text{ s} \quad ; \quad \nu = \frac{1}{T} = 12 \text{ Hz}$$

Y queda únicamente la función elongación-tiempo. Conocemos la amplitud  $A$ , la pulsación  $\omega$  y la fase inicial  $\phi_0$ , de modo que falta sólo escribir:

$$x(t) = A \cos(\omega t + \phi_0) = 0,015 \cos(24\pi t + \pi) = 0,015 \cos \pi(24t + 1) \text{ m}$$

**5) Calcular la velocidad y aceleración máximas del M.A.S. cuya ecuación es  $x(t) = 5 \cos(4t + \pi/6)$ , en la que  $x$  es la elongación en cm y  $t$  el tiempo en s.**

5) Si la elongación como función del tiempo está dada por

$$x(t) = 5 \cos\left(4\pi t + \frac{\pi}{6}\right) \quad x \text{ en cm} ; \quad t \text{ en s}$$

entonces es inmediato identificar

$$A = 5 \text{ cm} ; \quad \omega = 4\pi \text{ rad/s} ; \quad \phi_0 = \frac{\pi}{6} \text{ rad}$$

de manera que los valores máximos de la velocidad y la aceleración son muy sencillos:

$$v_{\max} = \pm A\omega = \pm 5 \cdot 4\pi = \pm 20\pi = \pm 62,83 \text{ cm/s}$$

$$a_{\max} = \mp A\omega^2 = \mp 5 \cdot (4\pi)^2 = \mp 80\pi^2 = \mp 789,57 \text{ cm/s}^2$$

y no parece preciso decir mucho más, salvo recordar quizá que los valores máximos de la velocidad se tienen cada vez que el móvil pasa por el centro de las oscilaciones (por  $x = 0$  cm), y su signo depende que el móvil pase por ahí moviéndose en un sentido u otro. En cambio, los valores máximos de la aceleración se tienen en los extremos de la oscilación, cuando la elongación es igual a la amplitud (es decir,  $x = \pm A$  cm =  $\pm 5$  cm), y tienen signo contrario al de  $x$ , de acuerdo a la ecuación fundamental  $a = -\omega^2 x$ .

**6) La elongación en cm de un M.A.S. es  $x = 4 \cos 10t$ , donde  $t$  es el tiempo en s. Calcular la aceleración en el instante en que la elongación es de 3 cm.**

6) Al darnos la elongación:

$$x = 4 \cos 10t \quad x \text{ en cm} ; \quad t \text{ en s}$$

nos están ofreciendo la amplitud (vale 4 cm, como es fácil de ver) y la pulsación, cuyo valor es  $\omega = 10$  rad/s. Por otro lado, la ecuación fundamental de un m.a.s. es, como se sabe, la que relaciona elongación y aceleración del móvil:

$$a = -\omega^2 x$$

donde, en nuestro caso,  $\omega^2 = 10^2 = 100 \text{ rad}^2/\text{s}^2$ . En consecuencia, podemos escribir

$$a = -100x \quad x \text{ en cm} ; \quad a \text{ en cm/s}^2$$

y, para  $x = 3$  cm, será

$$a = -100 \cdot 3 = -300 \text{ cm/s}^2 = -3 \text{ m/s}^2$$

**7) Una partícula se desplaza con M.A.S. de amplitud 1 cm y frecuencia 8 Hz. Calcular su velocidad y su aceleración en el instante en que tiene una elongación de 6 mm**

7) Siendo la frecuencia  $\nu = 8$  Hz, es muy sencillo obtener la pulsación (o frecuencia angular, como también se la conoce):

$$\omega = 2\pi\nu = 16\pi \text{ rad/s}$$

y ahora debemos recordar la relación existente entre velocidad y elongación del móvil en un M.A.S.:

$$v = \pm \omega \sqrt{A^2 - x^2}$$

de manera que, conociendo  $A = 1$  cm y  $\omega = 16\pi$  rad/s, es inmediato averiguar la velocidad para cualquier elongación. Para  $x = 0,6$  cm tendremos:

$$v = \pm 16\pi \sqrt{1 - 0,6^2} = \pm 16\pi \cdot 0,8 = \pm 40,21 \text{ cm/s}$$

Y, en lo que respecta a la aceleración, bastará recordar la ecuación fundamental de un M.A.S.:

$$a = -\omega^2 x$$

donde sólo hay que sustituir el valor de la elongación 0,6 cm:

$$a = - (16\pi)^2 \cdot 0,6 = -1515,95 \text{ cm/s}^2 = -15,16 \text{ m/s}^2$$

**9) En un M.A.S., cuando la elongación es nula, la velocidad es de 1 m/s y, en el instante en que la elongación es de 5 cm, la velocidad es nula. ¿Cuál es el período del movimiento?**

9) La elongación es nula en un M.A.S. cada vez que el móvil pasa por el centro de equilibrio, es decir,  $x = 0$ . Como sabemos, en tal momento la velocidad debe tener su máximo valor,  $\pm A\omega$ . En consecuencia, sabemos que el valor 1 m/s que indica el enunciado es el valor máximo de la velocidad, tomado con signo positivo, es decir, cuando el móvil se desplaza en el sentido positivo del eje. Podemos escribir, consecuentemente

$$A\omega = 1 \text{ m/s}$$

Por otro lado, cuando la velocidad sea nula el móvil tendrá que estar en un extremo de su oscilación, es decir, la elongación será igual a la amplitud en ese instante:

$$A = 5 \text{ cm} = 0,05 \text{ m}$$

De las dos igualdades se despeja  $\omega$  inmediatamente, dividiéndolas miembro a miembro:

$$\omega = \frac{A\omega}{A} = \frac{1 \text{ m/s}}{0,05 \text{ m}} = 20 \text{ rad/s}$$

y el período es ahora inmediato, recordando  $T = \frac{2\pi}{\omega}$ :

$$T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{2\pi}{20} = 0,314 \text{ s}$$

### 11) ¿Cuál es la máxima fuerza que actúa sobre un cuerpo de masa 50 g cuando vibra con una frecuencia de 25 Hz y una amplitud de 2 mm?

11) Como se sabe, la fuerza que debe estar aplicada sobre un cuerpo cuando este desarrolla un M.A.S. es del tipo elástico

$$F = -Kx \quad (1)$$

donde  $x$  es la distancia del cuerpo al centro de las oscilaciones y  $K$  la constante elástica correspondiente, relacionada con la masa  $m$  del cuerpo y la pulsación  $\omega$  del movimiento según

$$K = m\omega^2$$

En nuestro caso, ya que la frecuencia es conocida, es inmediato obtener  $\omega$ :

$$\omega = 2\pi\nu = 50\pi \text{ rad/s}$$

y, consiguientemente,

$$K = m\omega^2 = 0,05 \cdot (50\pi)^2 = 1233,7 \text{ N/m}$$

Ya que sabemos también el valor de la máxima elongación (amplitud)  $A = 2 \text{ mm}$ , podemos simplemente sustituir en (1), dando a  $x$  el máximo valor posible y obteniendo el máximo valor de la fuerza sobre el cuerpo. Prescindimos, en todo caso, del signo de la fuerza y respondemos con su máximo valor absoluto:

$$F_{\text{máx}} = 1233,7 \text{ N/m} \cdot 2 \cdot 10^{-3} \text{ m} = 2,47 \text{ N}$$

## 7.5. Movimiento ondulatorio

### 7.5.1. Características.

Se entiende por movimiento ondulatorio (onda), la propagación de una perturbación a través de un medio determinado. Por perturbación entendemos cualquier cambio o magnitud nueva que introduzcamos en el medio. Por ejemplo, si dejamos caer una piedrecita sobre la superficie de un charco, producimos un desplazamiento en las partículas de agua de la superficie. Originamos un movimiento de subida y bajada (una ola) que se va propagando al resto del agua. La perturbación que hemos introducido es ese movimiento, que se puede estudiar a partir de su desplazamiento, su cantidad de movimiento, su energía cinética...

Si seguimos con el ejemplo, vemos que el movimiento que siguen las partículas del agua es sólo de subida y bajada (un movimiento vertical), mientras que la onda se propaga en dirección horizontal, a través de la superficie del agua.

Al final, las partículas quedan de nuevo en la posición en la que estaban, no ha habido un desplazamiento neto. Sin embargo, el movimiento (la perturbación) que hemos introducido sí se ha ido transmitiendo de una partícula del medio a otra, hasta llegar a los bordes del charco. En eso consiste el movimiento ondulatorio.

### 7.5.2. Dirección de propagación y dirección de perturbación:

#### Dirección de perturbación

Dirección en la que se ha producido la perturbación (en el ejemplo del agua, la dirección en la que se mueven las partículas del agua).

#### Dirección de propagación

Dirección en la que se propaga la energía que transmite la onda.

### 7.5.3. Diferencias entre ondas y partículas

Sabemos ya que existen dos formas diferentes de transportar energía por un medio: mediante partículas o mediante ondas. Estas son las características que los diferencian:

#### Transporte de materia:

- Las partículas transportan materia.
- Las ondas no transportan materia, las partículas del medio sólo vibran alrededor de su posición de equilibrio, quedando al final en la misma posición que al principio.

#### Localización:

- Una partícula está localizada en el espacio, ocupa un lugar concreto en un determinado instante.
- Una onda está deslocalizada. La onda afecta a múltiples puntos del espacio al mismo tiempo.

#### Transmisión de energía:

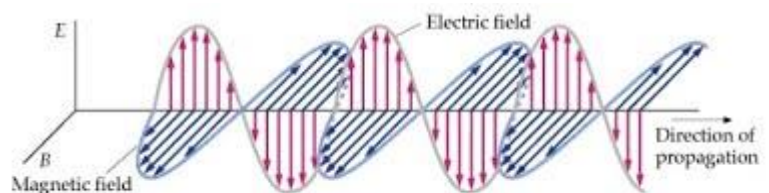
- Las partículas transmiten la energía de forma discreta (discontinua).
- Las ondas transmiten la energía de forma continua.

### 7.5.4. Clasificación de ondas

Los movimientos ondulatorios pueden clasificarse según diferentes criterios:

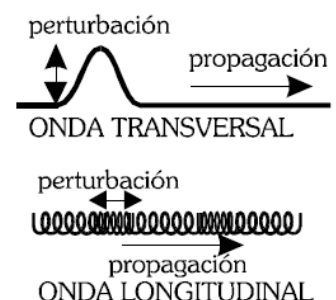
Según el medio por el que se puedan propagar:

- Ondas mecánicas: necesitan un medio material para propagarse. No se pueden propagar por el vacío (ej: sonido, ondas sísmicas, ondas en cuerdas y muelles)
- Ondas electromagnéticas: no necesitan de un medio material para propagarse (pueden hacerlo por el vacío, aunque también pueden propagarse por medios materiales). Ej: luz, ondas de radio, microondas, R-UVA, R-X.



Según el número de dimensiones por las que se propaguen:

- Monodimensionales: se propagan en una única dirección: ondas en cuerdas, muelles.
- Bidimensionales: se propagan por una superficie plana (las olas en la superficie del charco).
- Tridimensionales: se propagan por todo el espacio. Luz, sonido, ondas sísmicas.



### 7.5.5. Ondas longitudinales y transversales. Polarización.

Otra clasificación puede establecerse según la relación que exista entre la dirección de perturbación y la dirección de propagación. Distinguiremos así entre:

- Ondas longitudinales: La dirección de perturbación es paralela a la dirección de propagación (ejemplos: sonido,

ondas sísmicas de tipo p, algunas ondas producidas en muelles).

- Ondas transversales: La dirección de perturbación es perpendicular a la dirección de propagación. Por ejemplo, las ondas producidas en cuerdas, las ondas electromagnéticas, las ondas sísmicas tipo s.



Las partículas de la masa continua vibran en la misma dirección de las ondas. Nótese que dicha masa no se mueve en conjunto con las ondas, sino que oscilan en trayectoria cerrada.

Ondas longitudinales



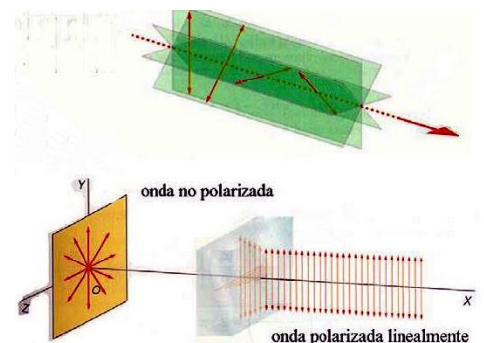
La onda producida en la cuerda viaja verticalmente, mientras que cada partícula de la cuerda vibra horizontalmente (perpendicular a la dirección de la onda).

Ondas transversales

Cuando una onda transversal se propaga, la perturbación puede llevar cualquier dirección, siempre que forme  $90^\circ$  con la de propagación. Esto es lo que ocurre normalmente (con la luz, por ej., los campos eléctricos y magnéticos que componen la perturbación van cambiando de dirección aleatoriamente, aunque siempre perpendiculares a la propagación). Se dice entonces que la onda no está polarizada.

Si mediante algún procedimiento conseguimos que la dirección de la perturbación se mantenga fija, diremos que ha ocurrido una polarización. La onda estará polarizada.

Para la luz, esto se consigue mediante unas sustancias llamadas polarizadores. Son sustancias (cristales o plásticos) que por su composición química sólo permiten que los atraviese la luz cuyo campo eléctrico vaya en una dirección determinada. De lo contrario la luz es absorbida.



### 7.5.7. Magnitudes características de las ondas:

Las ondas que vamos a estudiar en el próximo apartado del tema son aquellas en las que el movimiento de las partículas del medio (la perturbación) es un m.a.s. Se denominan ondas armónicas.

Para estudiar la propagación de la onda, necesitamos conocer tanto la magnitudes de la perturbación (del m.a.s. originado en el foco) como las magnitudes de la propagación por el medio.

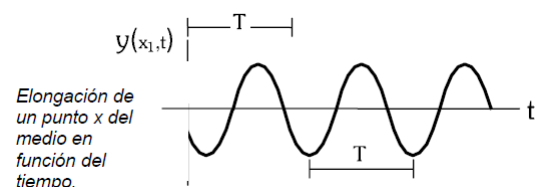
#### Magnitudes dependientes del foco emisor:

Son aquellas características del m.a.s:

- Periodo: (T)
- Frecuencia: ( $\nu$  o  $f$ )
- Frecuencia angular: ( $\omega$ )
- Fase inicial: ( $\varphi_0$ )
- Amplitud: (A)

Crestas.- Son los puntos más altos de las ondas.

Valles.- Son los puntos más bajos de las ondas.



#### Magnitudes dependientes del medio:

##### Velocidad de propagación: (v)

Velocidad a la que se transmite la energía de una partícula a otra del medio. Si las características del medio se mantienen constantes, también la velocidad de propagación será una constante (p.ej: la velocidad del sonido en el aire es de unos

$$v = \sqrt{\frac{\text{Tensión}}{\text{densidad}}}$$



340 m/s, aunque depende de la temperatura y la presión atmosférica; la velocidad de la luz en el vacío es de  $3 \cdot 10^8$  m/s, y en el agua de  $2,25 \cdot 10^8$  m/s.) Para una cuerda tensa (de una guitarra, p.ej.) la velocidad depende de la tensión de la misma y de su densidad.

Una onda se propaga en línea recta y con velocidad constante.

### Magnitudes dependientes tanto del foco como del medio:

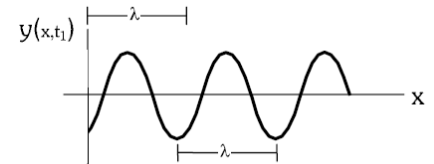
#### Longitud de onda: ( $\lambda$ )

Distancia más corta entre dos puntos del medio que tienen el mismo valor de la perturbación. Es decir, es la distancia a la que se repite el valor de la perturbación. En el S.I. se mide en m.

La longitud de onda está relacionada con la velocidad de propagación mediante las

$$\lambda = v \cdot T \qquad \lambda = \frac{v}{\nu}$$

expresiones:



Elongación de todos los puntos del medio para un instante dado de tiempo

#### Número de onda: ( $k$ )

Es una magnitud inversa a la longitud de onda. Su unidad en el S.I. es rad/m.

$$k = \frac{2\pi}{\lambda} \qquad k = \frac{\omega}{v}$$

## 7.6. Propagación de ondas: reflexión, refracción, absorción.

Hemos visto que un movimiento ondulatorio consiste en la propagación de una perturbación (que puede ser de naturaleza muy variada) por un medio determinado, material o no.

Básicamente, podemos estudiar el movimiento ondulatorio como una transmisión de energía, que se propaga de una partícula del medio a otra.

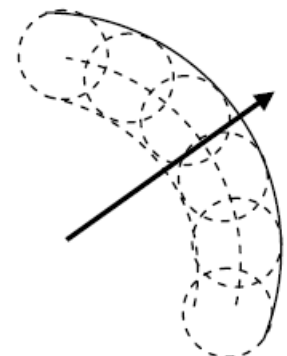
Para facilitar el estudio de cómo se propaga esa energía, nos ayudamos de dos representaciones gráficas.

**Frente de onda:** Es la superficie (o línea) formada por todos los puntos del medio que tienen la misma fase (el mismo valor de la perturbación) en un instante determinado. Por ejemplo:

- En una ola que se propaga por la superficie del agua, todos los puntos que forman la cresta de la ola tienen el mismo valor de perturbación (la misma fase).
- Para una onda luminosa procedente de una bombilla, el frente de onda estaría formado por todos aquellos puntos que tienen una misma intensidad lumínica. Tendría la forma de una esfera centrada en la bombilla.

Según la forma que tenga el frente de onda, distinguiremos:

- Onda plana: El frente de onda es una superficie plana (o una línea recta, en dos dimensiones).
- Onda esférica: El frente de onda tiene forma esférica (o de circunferencia, en dos dimensiones).

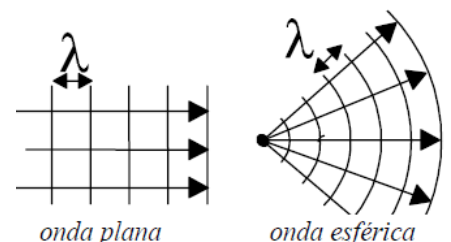


Una forma de obtener el frente de onda se basa en el **Principio de Huygens:**

*“Al propagarse una onda por un medio determinado, cada punto del medio se comporta como un foco puntual de nuevas ondas, idénticas a la que se propaga. El frente de onda es la línea envolvente (superposición) de todos los frentes de onda secundarios”.*

**Diagrama de rayos:** Los rayos son líneas que, partiendo del foco, nos indican la dirección y sentido en que se propaga la energía transmitida por la onda. Son siempre perpendiculares al frente de onda.

- En una onda plana, los rayos son paralelos entre sí.
- En una onda esférica, los rayos divergen del foco.



## Comportamiento de una onda en la frontera entre dos medios:

Vamos a estudiar qué es lo que sucede cuando una onda que se propaga por un cierto medio, se encuentra con un medio diferente (por ejemplo, luz o sonido que se propagan por el aire y se encuentran con agua, o con un cristal). Al llegar a la superficie que separa ambos medios, pueden ocurrir tres fenómenos distintos. Puede incluso, y es lo más común, que ocurran los tres simultáneamente.

### Absorción

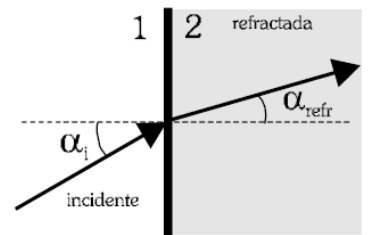
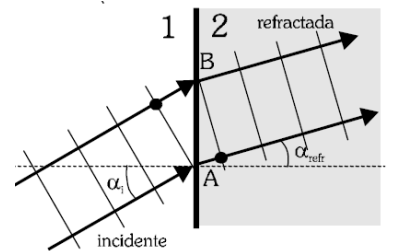
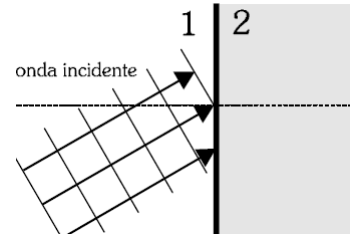
Las partículas del nuevo medio, debido a rozamientos internos, absorben parte de la energía que transporta la onda. Se puede dar el caso de que se absorba toda la energía, desapareciendo totalmente la onda.

### Refracción

Se forma una onda que se transmite por el nuevo medio. Los puntos de la frontera se contagian de la vibración de la onda incidente y dan lugar a lo que se denomina onda refractada.

- La frecuencia de la onda sigue siendo la misma (dependía sólo del foco emisor), pero como ahora el medio es diferente, la velocidad de propagación también lo será y, por tanto también variarán  $\lambda$ ,  $k$ .
- La amplitud de la onda refractada será menor que la de la onda incidente, ya que la energía de la onda incidente debe repartirse entre los tres procesos que pueden ocurrir (reflexión, refracción, absorción)
- La dirección en la que se propaga la nueva onda refractada también es diferente. Existe una relación entre los ángulos que forman los rayos incidente y refractado con la normal a la superficie. Esta relación se conoce como *ley de Snell*.

$$\frac{\text{sen } \alpha_i}{\text{sen } \alpha_{\text{refr}}} = \frac{v_1}{v_2} = \text{cte}$$

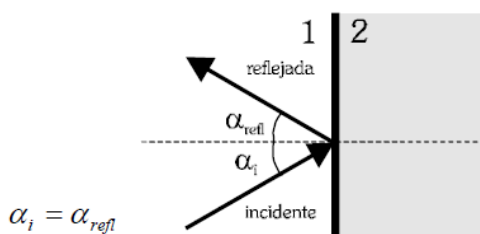
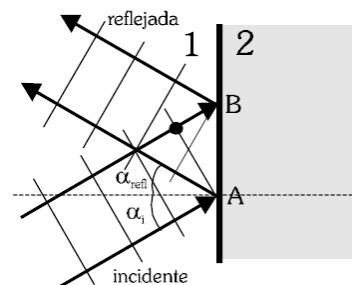


### Reflexión

Los puntos de la frontera, al vibrar, también generan una onda que se vuelve a propagar por el medio inicial. Se llama onda reflejada.

La onda reflejada tiene idénticas características que la onda incidente, salvo la amplitud (menor) y la dirección.

La dirección de la onda reflejada forma el mismo ángulo con la normal que la onda incidente.



Interferencias producidas en agua por ondas que provienen de focos diferentes.

## 7.7. Superposición de ondas: interferencias.

Hasta ahora hemos estudiado la propagación de una sola onda por un medio. Pero sabemos que por el mismo medio pueden propagarse simultáneamente muchas ondas del mismo tipo (muchos sonidos, luz de diferentes focos, las emisiones de muchas cadenas de radio...). Es decir, los mismos puntos del medio pueden transmitir

al mismo tiempo perturbaciones diferentes.

También sabemos, por experiencia, que a veces, cuando escuchamos una emisora de radio, o vemos una cadena de televisión (que emiten una onda con una frecuencia característica), se nos “cuela” otra emisora, dando como resultado una mezcla de ambas (es decir, que no hay quien se entere de nada). Decimos que tenemos interferencias. Y eso ocurre no sólo con las ondas electromagnéticas, sino con cualquier tipo de onda.

El fenómeno de interferencia es característico de las ondas. Se produce cuando dos o más ondas, procedentes de focos diferentes, se propagan por una misma región del espacio. Los puntos del medio se verán afectados por las perturbaciones de ambas ondas, sumándose los efectos (principio de superposición).

Con lo que llevamos dicho, la interferencia se produciría constantemente.

Pero realmente se habla de interferencia cuando sus efectos son apreciables. Y esto se da cuando las ondas que se superponen tienen amplitudes parecidas y, sobre todo, cuando tienen la misma longitud de onda (y la misma frecuencia, por tanto). Se habla entonces de *ondas coherentes*.

Para estudiar un caso simple, veremos el caso de ondas coherentes que se propagan simultáneamente por una cuerda. Recordemos que el movimiento ondulatorio consiste en la transmisión de una perturbación, que en este caso es la vibración de los puntos de la cuerda. Así, los puntos de la cuerda se ven afectados por ambas vibraciones. El movimiento resultante será la suma de ambos movimientos vibratorios.

Interferencia constructiva: Si las ondas llegan *en fase*

Interferencia destructiva: Si las ondas llegan *en contrafase*

En el caso del sonido, este fenómeno se traducirá en la existencia de zonas de sonido intenso junto a zonas de sonido débil intercaladas. Para la luz, zonas claras y oscuras intercaladas.

## 7.8. Difracción:

Sabemos (al menos hasta ahora) que tanto la luz como el sonido se propagan como ondas. Ahora bien, decimos que la luz tiene una propagación rectilínea (un rayo de luz que entra en la habitación por una rendija); sin embargo, no decimos lo mismo del sonido. Oímos el sonido del claxon de un automóvil antes de que vuelva la esquina, por ejemplo. Parece que el sonido puede “doblar las esquinas” y desviar su dirección de propagación. ¿Por qué esta diferencia?

Algo parecido ocurre con ondas que se propagan en el agua. Observemos las dos fotografías, en

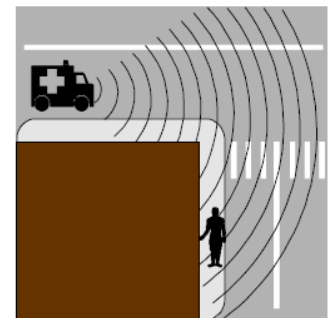
las que una onda plana que se propaga por la superficie del agua se encuentra con un obstáculo (en este caso, una pared con una abertura). En el primer caso, la abertura es mucho mayor que la longitud de onda, y el comportamiento es rectilíneo, (el que podríamos esperar, incluso, si fueran partículas lo que se propagaran). Pero al ir reduciendo el tamaño de la abertura vemos que, cuando el agujero es de un tamaño aproximadamente igual a  $\lambda$ , la onda no se propaga en línea recta, sino que lo hace por todo el medio. El agujero se comporta como un foco puntual de ondas.

Este fenómeno de “desviación” de la dirección de propagación de la onda al encontrarse con una obstáculo, se conoce como difracción. Aunque ocurre siempre, sólo es apreciable y significativo cuando el obstáculo es de un tamaño parecido a la  $\lambda$  de la onda que se propaga. El obstáculo puede ser tanto un agujero como un cuerpo sólido.

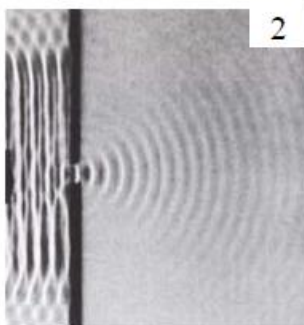
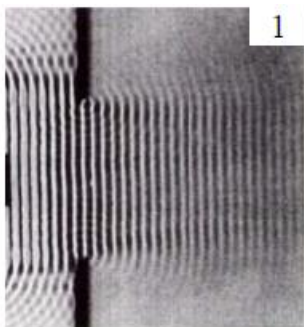
¿Cómo se explica la difracción?. Pues hemos de recordar el *principio de Huygens*. Cada punto del medio se comporta como un foco puntual emisor de nuevas ondas. Normalmente tenemos infinitos puntos, y la superposición de todos ellos es lo que constituye el frente de onda. En el agujero, el número de puntos que vibran es reducido, y puede considerarse prácticamente como un foco puntual. El frente de onda será esférico.

Para el caso del sonido, la longitud de onda varía entre algunos cm y algunos metros.

Estamos rodeados de obstáculos de ese tamaño, y es natural que no apreciamos el fenómeno.



Oímos la sirena de la ambulancia aunque la esquina se interponga.



La difracción permite distinguir entre ondas y partículas, ya que de las partículas no cabe esperar este comportamiento. Un chorro de partículas seguirá una trayectoria rectilínea. Este experimento sirvió en 1801 a Young para comprobar que la luz se comportaba como una onda, y en 1927 a Davidson y Germer para observar un comportamiento similar en los electrones.

## 7.9. Acústica. El sonido.

La acústica es el estudio de la propagación del sonido. Sabemos que el sonido consiste en vibraciones del aire (u otro medio) que se propagan longitudinalmente. Su velocidad de propagación depende del medio, e incluso en el aire varía con la temperatura.

### Velocidad del sonido en distintos medios (20°C)

Aire	344 m/s
Etanol	1200 m/s
Agua	1498 m/s
Vidrio	5170 m/s
Aluminio	5000 m/s
Hierro	5120 m/s

### Tono y timbre de un sonido

El **tono** es la característica del sonido que nos indica si éste es agudo (tono alto) o grave (tono bajo). La magnitud física que determina el tono es la frecuencia del sonido. Una frecuencia alta significa un sonido agudo. Una frecuencia baja, un sonido grave.

Sin embargo, cuando escuchamos la misma nota musical (el mismo tono) emitida por dos instrumentos musicales diferentes (un piano y un violín, por ejemplo), suenan de forma distinta, y podemos distinguir a qué instrumento pertenecen. Todo instrumento musical, al vibrar, produce ondas estacionarias de múltiples frecuencias (los armónicos). El armónico fundamental es el que nos da la nota musical, y el resto de los armónicos le dan al sonido las características propias del instrumento.

Estos armónicos secundarios constituyen el **timbre** del sonido.

### Ultrasonidos e infrasonidos

El oído humano es capaz de percibir sonidos comprendidos entre 16 Hz y 20000 Hz de frecuencia.

Por debajo de la frecuencia mínima (infrasonidos), no somos capaces de oír las vibraciones. Pueden producirse infrasonidos intensos por el viento, o en los momentos previos a un terremoto. Si bien no los oímos, estas vibraciones pueden afectar a órganos internos y a terminaciones nerviosas, lo que origina malestar e irritabilidad.

Por encima de 20 kHz se sitúan los ultrasonidos. Existen especies animales (perros, murciélagos, delfines, por ejemplo) que son capaces de distinguir frecuencias más elevadas que el ser humano. Los ultrasonidos de muy alta frecuencia transmiten mucha energía y pueden concentrarse en un punto con mucha facilidad, por lo que son utilizados en comunicaciones, en medicina (para romper cálculos de riñón), etc.

### Intensidad de una onda sonora. Escala de decibelios (dB):

La intensidad de una onda es la energía que propaga el frente de onda por cada unidad de superficie. En el S.I se mide en  $J \cdot s^{-1} \cdot m^{-2} = W/m^2$ . Ya hemos estudiado que, al ampliarse el frente de onda, la energía se reparte y, por tanto, la intensidad disminuye.

Para medir la intensidad se usa una magnitud, el nivel de intensidad ( $\beta$ ), que usa un valor de referencia ( $I_0 = 10^{-12} W/m^2$ ). Se utiliza una escala logarítmica, para evitar las potencias de 10. Así:

$$\beta = 10 \cdot \log \frac{I}{I_0}$$

La unidad de  $\beta$  es el *decibelio (dB)*, en honor a A.G. Bell, inventor del teléfono.

El oído humano es capaz de percibir sonido en un cierto rango de frecuencias (entre 16 Hz y 20000 Hz). Su sensibilidad es tal que, para cada frecuencia, existe un nivel de intensidad mínimo que es capaz de percibir (umbral de audición), y un nivel máximo (umbral de dolor), por encima del cual se producen daños para el oído.

## 7.10. Contaminación sonora

Está comprobado que el ruido afecta al oído y al sistema nervioso. Es causa de sordera, trastornos psicológicos, irritabilidad, estrés, bajo rendimiento, dificultades para dormir... cuando en una zona el nivel de intensidad del ruido es tal que afecta a la salud, se habla de que padece *contaminación sonora*.

El tráfico, las obras, bares, discotecas, son focos de contaminación sonora. Una exposición continuada a un sonido de intensidad superior a 80 dB produce daños a la salud. Existe una legislación sobre contaminación sonora que pretende disminuir el efecto del ruido. Por ejemplo, el horario de cierre de locales de ocio, la insonorización de los mismos con materiales absorbentes (no debe salir al exterior una intensidad mayor de 65 dB), regulación del nivel de vehículos, etc.

### 7.11. El efecto Doppler

El **efecto Doppler** es el aparente **cambio de frecuencia** de una onda producida por el movimiento relativo de la fuente en relación a su observador. Si queremos pensar en un ejemplo de esto es bastante sencillo.

Seguramente más de una vez hayas escuchado la sirena de un coche policía o de una ambulancia pasar frente a ti. Cuando el sonido se encuentra a mucha distancia y comienza a acercarse es sumamente agudo hasta que llega a nosotros.

Cuando se encuentra muy cerca nuestro el sonido se hace distinto, lo escuchamos como si el coche estuviera parado. Luego cuando continúa su viaje y se va alejando lo que escuchamos es un sonido mucho más grave.

Esto ocurre ya que las ondas aparentan comenzar a juntarse al mismo tiempo que el coche se dirige hacia una dirección.

El **efecto Doppler** es el fenómeno por el cual la frecuencia de las ondas *percibida* por un observador varía cuando el foco emisor o el propio observador se desplazan uno respecto al otro.

Este fenómeno fue observado por primera vez en las ondas sonoras por el físico austriaco Christian Andreas Doppler (1803 - 1853), en el año 1842, al notar como el tono (frecuencia) del silbido de una locomotora se hacía más agudo al acercarse y más grave cuando se alejaba.

Posteriormente, en 1848, el físico francés Armand Hippolyte Louis Fizeau (1819 - 1896) descubrió, de manera independiente a C. A. Doppler, un fenómeno análogo en las ondas electromagnéticas (luz), de ahí que al efecto Doppler también se le conozca como **efecto Doppler-Fizeau**.



El **efecto Doppler** es el cambio en la frecuencia percibida de cualquier movimiento ondulatorio cuando el emisor, o foco de ondas, y el receptor, u observador, se desplazan uno respecto a otro.

La ambulancia de la imagen se desplaza de izquierda a derecha. Cuando se acerca a la chica de la figura que lleva un maletín, en la derecha de la imagen, la onda "se comprime", es decir, la longitud de onda es corta, la frecuencia alta y, por tanto, el tono del sonido percibido será agudo. Por otro lado, cuando la ambulancia se aleja, a la izquierda de la imagen, la onda "se descomprime", es decir,

la longitud de onda es larga, la frecuencia baja y, por tanto, el tono que percibe la chica que lleva el bolso será grave.

El caso representado en la figura anterior no es el único que puede dar lugar al efecto Doppler. Este se da siempre que encontremos un foco y un observador en movimiento relativo.

El efecto Doppler tiene numerosos ámbitos de aplicación: desde la seguridad vial hasta la astrofísica, pasando por la medicina. Veamos algunos usos frecuentes:

#### Radares

Gracias al efecto Doppler es posible medir la velocidad a la que se desplaza un coche, por ejemplo. Para ello, el radar emite continuamente ondas a una determinada frecuencia ( $f$ ). Dichas ondas se reflejan en los coches, camiones y motocicletas que atraviesan la calzada. Esta reflexión hace que, desde el punto de vista teórico, los automóviles puedan considerarse **focos en movimiento**. El radar, de nuevo, cuenta con un receptor, **en reposo** que mide la frecuencia de la onda reflejada, que será ligeramente distinta ( $f'$ ) a la emitida. A partir de dicha frecuencia  $f'$ , y de la velocidad de la onda en el medio,  $v$ , el radar "despeja" la velocidad del foco (el automóvil en movimiento).

#### Astrofísica

La luz de las estrellas sigue los mismos principios que cualquier otra onda. En este caso, podemos usar el efecto Doppler para saber si una estrella se aleja o se acerca a nosotros. Tomemos como punto de partida una estrella cuya luz emitida es amarilla. Es importante recordar que el color que percibimos de la luz está estrechamente relacionado con su

frecuencia. Así, si la estrella amarilla se aleja de nosotros a gran velocidad, la frecuencia de la luz percibida disminuirá, mostrándose en un color enrojecido. A este efecto se le conoce como corrimiento hacia el rojo ( *redshift* ). Por el contrario, si la estrella se acercase, la frecuencia aumentaría, mostrándose en un color azulado. A este efecto se le conoce como corrimiento hacia el azul ( *blueshift* ).

### **Eco-radiografías**

La velocidad sanguínea es un parámetro que se ve alterado en las obstrucciones de las válvulas cardíacas. Esta es la base del diagnóstico a través del efecto Doppler. Cuando se emiten ultrasonidos hacia el torrente sanguíneo, los glóbulos rojos o hematíes actúan como elementos reflectores de este, de manera similar a como los coches reflejaban las ondas provenientes del radar. Así, el análisis de la señal recibida arroja luz sobre la velocidad del torrente sanguíneo y sobre posibles patologías asociadas.

## VIBRACIONES Y ONDAS

### EXÁMENES DE LA COMUNITAT VALENCIANA

**2017**

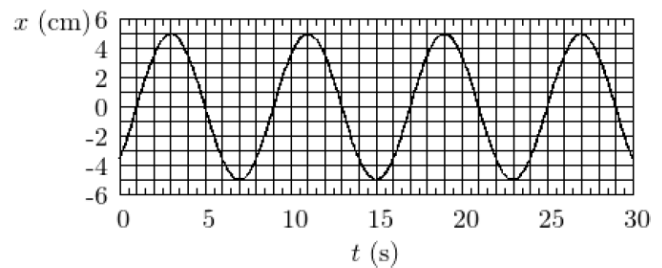
1. Un muelle oscila con un movimiento armónico simple descrito por la ecuación:  $x=0,5 \cos (4\pi t+\pi)$ , expresada en unidades del sistema internacional. Determina:

- La amplitud, la pulsación, la frecuencia, el periodo y la fase inicial. (1 punto)
- La elongación en el instante  $t = 3$  s. (1 punto)

**2015**

2. En la figura se representa un movimiento armónico simple (MAS) de un cuerpo de 3 kg.

- Estima los valores de la pulsación o frecuencia angular, el periodo, la amplitud y la fase inicial del MAS representado.
- Escribe la ecuación del MAS utilizando la función del seno y la ecuación de la velocidad del cuerpo.



**2014**

3. ¿A qué fenómenos se refieren los cuatro textos siguientes?:

- Es el fenómeno por el cual un frente de ondas que atraviesa la superficie que separa dos medios, cambia su dirección
- Es el fenómeno que ocurre cuando se superponen dos o más movimientos. Posteriormente, las ondas siguen su marcha sin haberse perturbado
- Es el fenómeno por el cual una onda bordea los obstáculos
- Es el fenómeno por el cual una onda que llega a la superficie que separa dos medios, retrocede por el mismo medio desde el que incide

**2013**

4. a) Una onda sonora viaja por el aire con una frecuencia de 400 Hz. Parte de esa onda atraviesa la superficie del agua, penetrando en ella. ¿Qué vale su frecuencia y su longitud de onda en el aire y en el agua?. Datos: *velocidad del sonido (aire: 340 m/s) ; (agua: 1480 m/s)*

b) Explica en qué consiste el fenómeno de la refracción y cuándo se produce.

**2012**

5. La ecuación de la posición de un punto que describe un MAS es en unidades Internacionales  $x = 0,2 \sin (4 \pi t)$ . Determina

- La amplitud, la pulsación, el periodo y la frecuencia
- La elongación en los instantes  $t = 0$  y  $t = 0,125$  s

**2011**

$$x = 0'5 \cos (\pi t)$$

6. Una partícula se mueve con un movimiento armónico simple gobernada por la ecuación en unidades internacionales. Determina:

- La amplitud y la fase inicial
- la pulsación, el periodo y la frecuencia
- el valor de la elongación en  $t = 4$  s

$$x = 0'03 \cos (3\pi t + \pi)$$

**2010**

7. a) Un cuerpo oscila con movimiento armónico simple de ecuación en unidades del sistema internacional. ¿Qué vale la amplitud, el periodo y la frecuencia?, ¿Dónde se encuentra el cuerpo en  $t = 0$  s?

b) Explicar cómo se clasifican las ondas según la dirección de la vibración del medio y cita algún ejemplo de cada clase

# FORMULARIO

## MAGNITUDES Y UNIDADES

Tabla de cantidades fundamentales de S.I.

Unidad.	Nombre de la unidad.	Símbolo.
Longitud	Metro	<i>m</i>
Masa	Kilogramo	<i>kg</i>
Tiempo	Segundo	<i>s</i>
Corriente eléctrica.	Ampere	<i>A</i>
Temperatura	Kelvin	<i>K</i>
Cantidad de substancia.	mol	<i>mol</i>
Intensidad luminosa.	Candela	<i>cd</i>

Magnitud	SI
Longitud	Metro(m)
Masa	Kilogramo(kg)
Tiempo	Segundo(s)
Área	$m^2$
Volumen	$m^3$
Velocidad	$m/s$
Aceleración	$m/s^2$
Fuerza	$kg \frac{m}{s^2} = newton$
Trabajo y energía	$N \cdot m = joule$
Presión	$\frac{N}{m^2} = pascal$
Potencia	$\frac{joule}{s} = watt$

## CINEMÁTICA

		TRASLACIÓN	ROTACIÓN
CINEMÁTICA	MRU	$e = vt$	$\varphi = \omega t$
	MRUA	$e = v_0 t + \frac{1}{2} a t^2$ $v = v_0 + at$	$\varphi = \omega_0 t + \frac{1}{2} \alpha t^2$ $\omega = \omega_0 + \alpha t$
	Caida libre	$h = v_0 t + \frac{1}{2} g t^2$ $v = v_0 + gt$	

## DINÁMICA

### Segundo Principio

$$F = m \cdot a$$

$$P = m \cdot g$$

$$F_{NETA} = F_{APLICADA} - F_{ROZAMIENTO}$$

$$F_R = \mu \cdot N$$

### Fuerza Centrípetra

$$F_C = m \cdot \frac{v^2}{R}$$

### Plano Horizontal

$$F_R = \mu \cdot m \cdot g$$

### Plano Inclinado

$$F_R = \mu \cdot m \cdot g \cdot \cos \alpha$$

$$\mu = \tan \alpha$$

### Impulso Mecánico

$$I = |F \cdot t|$$

### Momento Lineal

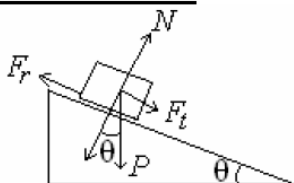
$$p = |m \cdot (v - v_0)|$$

### Principio de Conservación

$$F \cdot t = m \cdot v - M \cdot V$$

$$0 = m \cdot v - M \cdot V$$

### Plano inclinado:



Peso:  $P = mg$

Fuerza tangencial:  $F_t = mg \sin \theta$

Fuerza normal:  $N = mg \cos \theta$

Fuerza de rozamiento:  $F_r = \mu N = \mu mg \cos \theta$



## TRABAJO Y ENERGÍA

### Trabajo

$$W = F \cdot d \cdot \cos \alpha$$

### Potencia

$$P = \frac{W}{t}$$

$$P = F \cdot v$$

### Energía

#### Cinética

$$E_C = \frac{1}{2} m \cdot v^2$$

#### Potencial Gravitatoria

$$E_p = m \cdot g \cdot h$$

#### Potencial Elástica

$$E = k \cdot \Delta l$$

#### Mecánica

$$E_M = E_C + E_p$$

### Teorema de las Fuerzas Vivas

$$W = \Delta E = E_{Mf} - E_{Mi}$$

#### Sistema Aislado

$$\Delta E = 0 \Rightarrow E_M = \text{cte}$$

#### Si hay pérdidas por Rozamiento, Calor, ...

$$\Delta E \neq 0 \Rightarrow E_M \neq \text{cte}$$

## ELECTRICIDAD

### CAMPO ELÉCTRICO: FORMULARIO

$\vec{F} = K \frac{Q_1 \cdot Q_2}{r^3} \vec{r}$	LEY DE COULOMB.
$K = \frac{1}{4 \cdot \pi \cdot \epsilon} = \frac{1}{4 \cdot \pi \cdot \epsilon_r \cdot \epsilon_0}$	RELACIÓN ENTRE LA CONSTANTE DE COULOMB Y LA PERMITIVIDAD DIELECTRICA DEL MEDIO.
$\vec{r} = (x_2 - x_1) \cdot \vec{i} + (y_2 - y_1) \cdot \vec{j} + (z_2 - z_1) \cdot \vec{k}$	VECTOR POSICIÓN [CARGA $(x_1, y_1, z_1)$ ; PUNTO $(x_2, y_2, z_2)$ ]
$\vec{E} = \vec{F} / Q_2$	INTENSIDAD DEL CAMPO ELÉCTRICO.
$\vec{E} = K \frac{Q_1}{r^3} \vec{r}$	INTENSIDAD DEL CAMPO ELÉCTRICO.
$V_A = \frac{E_p(A)}{Q_2} = K \frac{Q_1}{r_A}$	POTENCIAL ELÉCTRICO EN UN PUNTO.

### Electricidad:

#### Ley de Ohm:

$$R = \frac{V}{I}$$

#### Ley de Joule (Efecto Joule):

$$P = VI = RI^2 = \frac{V^2}{R}$$

#### Suma de resistencias en serie:

$$R_T = R_1 + R_2 + \dots + R_n = \sum_i^n R_i$$

#### Suma de resistencias en paralelo:

$$R_T = \left( \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n} \right)^{-1} = \left( \sum_i^n \frac{1}{R_i} \right)^{-1}$$

$$\text{Potencia eléctrica (W)} = \frac{\text{Trabajo (T)}}{\text{tiempo (t)}} = \text{voltaje (V)} \times \text{intensidad (I)}; \quad W = V \cdot I$$

$$\text{Potencia (W)} = \frac{\text{Voltaje}^2 (V^2)}{\text{Resistencia } (\Omega)} ; \quad P = \frac{V^2}{R}$$

$$\text{Potencia (W)} = \text{Intensidad}^2 (I^2) \times \text{resistencia (R)} ; \quad W = I^2 \times R$$

## ELECTROMAGNETISMO

EFECTOS PRODUCIDOS POR UN CAMPO MAGNÉTICO	
$F = q (\mathbf{v} \times \mathbf{B})$ $F = q (\mathbf{E} + \mathbf{v} \times \mathbf{B})$	<b>FUERZA DE LORENTZ: ACCIÓN DE UN CAMPO MAGNÉTICO SOBRE UNA CARGA MÓVIL</b>
$F = m \cdot a = m \cdot v^2/R$  $F = q \cdot v \cdot B \cdot \text{sen } \alpha$  $m \cdot v^2/R = q \cdot v \cdot B \cdot \text{sen } \alpha$  $v = \omega \cdot R; \omega = 2 \cdot \pi / T$	<b>MOVIMIENTO DE UNA CARGA EN UN CAMPO MAGNÉTICO UNIFORME</b>

### INDUCCIÓN ELECTROMAGNETICA

Flujo magnético

$$\phi = \vec{B} \cdot \vec{S} = B S \cos \alpha$$

Fuerza electromotriz inducida en un conductor que cae dentro de un campo magnético:

$$V = B l v$$

Ley de Faraday y Ley de Lenz:

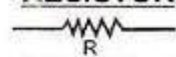
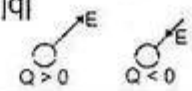
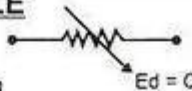
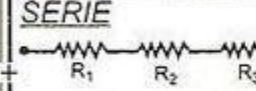
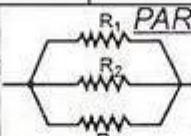
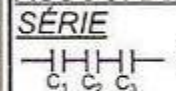
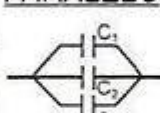
$$\xi = -N \frac{\Delta \phi}{\Delta t}$$

## VIBRACIONES Y ONDAS

### MOVIMIENTO ARMÓNICO SIMPLE: FORMULARIO

$T = 1 / f$	<b>PERÍODO.</b>
$x = A \cdot \cos (\omega \cdot t + \phi_0)$	<b>ECUACIÓN GENERAL DEL M.A.S.</b>
$\omega = 2 \cdot \pi / T = 2 \cdot \pi \cdot f$	<b>FRECUENCIA ANGULAR O PULSACIÓN.</b>
$v = - A \cdot \omega \cdot \text{sen } (\omega \cdot t + \phi_0)$	<b>VELOCIDAD.</b>
Si $v = 0 \Rightarrow \omega \cdot t + \phi_0 = \pm n \cdot \pi$	VELOCIDAD MÍNIMA.
Si $v = \pm A \cdot \omega \Rightarrow \omega \cdot t + \phi_0 = \pm (2 \cdot n + 1) \pi / 2$	VELOCIDAD MÁXIMA.
$a = - \omega^2 \cdot x$	<b>ACELERACIÓN.</b>
Si $x = \pm A \Rightarrow a = \pm \omega^2 \cdot A$	ACELERACIÓN MÁXIMA.
Si $x = 0 \Rightarrow a = 0$	ACELERACIÓN MÍNIMA.
$x = A \cdot \text{sen } (\omega \cdot t + \beta_0)$ $\phi_0 = \beta_0 - \pi / 2$	<b>OTRA FORMA DE LA ECUACIÓN GENERAL DEL M.A.S.</b>
$F_m = - k \cdot x$	<b>LEY DE HOOKE.</b>

PARÁMETROS DEL MOVIMIENTO ONDULATORIO	
$v_p = \lambda / T$	VELOCIDAD DE PROPAGACIÓN (m/s)
$T = 1 / f$	PERÍODO (s)
$\omega = 2 \cdot \pi / T$	FRECUENCIA ANGULAR O PULSACIÓN (rad/s)
$K = 2 \cdot \pi / \lambda$	NÚMERO DE ONDAS (rad/m)

<b>FÍSICA</b>				<b>LANÇ. OBLÍQUO</b> $A = V_o \cdot x \cdot T$ $V_o x = V_o \cos \theta$ $V_y^2 = V_o y^2 - 2gH$ $V_o y = V_o \sin \theta$ $V_y = V_o y - gt$ $V_o^2 = V_o x^2 + V_o y^2$ $H = V_o t - \frac{gt^2}{2}$ $T = T_s + T_d$		<b>LANÇ. HORI.</b> $A = V_o t$ $H = \frac{gt^2}{2}$ $V_y = gt$ $V_y^2 = 2gH$													
<b>CINEMÁTICA</b>		<b>MRUV</b> $V = V_o + at$ $V^2 = V_o^2 + 2a\Delta S$ $S = S_o + V_o t + \frac{at^2}{2}$ $V_m = \frac{\Delta S}{\Delta t}$ $\Delta S = \left(\frac{V + V_o}{2}\right) \Delta t$		<b>DINÂMICA</b> $F_r = ma$ $F_{at} = \mu N$		<b>EN. CINÉTIC.</b> $E_c = \frac{mV^2}{2}$		<b>EN. POTE.</b> $E_p = mgH$		<b>IMPULSO</b> $I = F\Delta t$									
<b>MRU</b> $d = vt$ $S = S_o + vt$ $V_m = \frac{\Delta S}{\Delta T}$ $V_m = \frac{2V_1 V_2}{V_1 + V_2}$				<b>LANÇ. VERT.</b> $V = V_o - gt$ $V^2 = V_o^2 - 2gH$ $H = V_o t - \frac{gt^2}{2}$		<b>Q. LIVRE</b> $V = gt$ $H = \frac{gt^2}{2}$ $V^2 = 2gH$		<b>TRABALHO</b> $Tr = Fd \cos \theta$ $Tr = mgH$ $Tr = \frac{mV^2}{2} - \frac{mV_o^2}{2}$		<b>PLANO INCLIN.</b> $P_x = P \sin \theta$ $P_y = P \cos \theta$ $N = Py$		<b>EN. POT. ELAST.</b> $E_{pel} = \frac{Kx^2}{2}$ $F_{el} = Kx$		<b>Q. de MOVI.</b> $Q = mv$					
<b>PEND. SIMPLES</b> $T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$		<b>M.H.S.</b> $x = A \cos(\omega t + \mu_o)$ $v = -\omega A \sin(\omega t + \mu_o)$ $a = -\omega^2 A \cos(\omega t + \mu_o)$		<b>T. DO IMPULSO</b> $I = mV - mV_o$		<b>CHOQUE INELÁSTICO</b> $Q_A = Q_D$ $K = 0$ $m_1 V_1 + m_2 V_2 = (m_1 + m_2) V'$		<b>CHOQUE ELÁSTICO</b> $Q_A = Q_D$ $K = 1$ $m_1 V_1 + m_2 V_2 = m_1 V_1' + m_2 V_2'$		<b>CHOQUE PARCIAL M.</b> $Q_A = Q_D$ $0 < K < 1$ $m_1 V_1 + m_2 V_2 = m_1 V_1' + m_2 V_2'$		<b>RESISTOR</b>  $U = RI$ $P = UI$ $P = RI^2$ $P = \frac{U^2}{R}$ $R = \rho \frac{L}{A}$							
<b>ELETROSTÁTICA</b>		<b>FORÇA ELÉTRI.</b> $F = K \frac{ Q_A Q_B }{d^2}$		<b>COR. ELÉTRICA</b> $I = \frac{Q - C}{\Delta t - \text{seg}}$		<b>CAMPO ELÉTRICO</b> $E = \frac{F}{ q }$ $E = K \frac{ Q }{d^2}$ 		<b>CARGA ELÉTRICA</b> $Q = ne \rightarrow 1.6 \cdot 10^{-19} C$		<b>TRA. ELETROST.</b> $T_R = q(V_A - V_B)$ $U = E \cdot d$ $\frac{V}{V/m}$		<b>POTENCIAL ELETRICO</b> $V = K \frac{Q}{d}$ $E_p = K \frac{Qq}{d}$ $V = \frac{E_p}{q}$		<b>EFEI. JOULE</b> $E_d = R I^2 t$ $\frac{J}{\Omega \cdot A \cdot \text{seg}}$ 		<b>GERADOR (<math>\epsilon &gt; U</math>)</b> $P_T = \epsilon I$ $P_d = r I^2$ $\eta = \frac{U}{\epsilon}$ $P_{\mu} = UI$ $U = \epsilon - rI$			
<b>ASSOC. DE RESISTORES</b>		<b>SÉRIE</b>  $R_{eq} = R_1 + R_2 + R_3$ $I = I_1 = I_2 = I_3$ $U = U_1 + U_2 + U_3$		<b>PARALELO</b>  $I = I_1 + I_2 + I_3$ $U = U_1 = U_2 = U_3$ $\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$		<b>RECEPTOR (<math>U &gt; \epsilon'</math>)</b> $P_T = UI$ $P_d = r' I^2$ $P_{\mu} = \epsilon' I$ $U = \epsilon' + r' I$ $\eta = \frac{\epsilon'}{U}$		<b>CAPACITOR</b> $C = \epsilon \frac{A}{d}$ $Q = CU$		<b>ASSOC. DE CAPACITORES</b>		<b>SÉRIE</b>  $\frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}$ $Q = Q_1 = Q_2 = Q_3$ $U = U_1 + U_2 + U_3$		<b>PARALELO</b>  $C_{eq} = C_1 + C_2 + C_3$ $Q = Q_1 + Q_2 + Q_3$ $U = U_1 = U_2 = U_3$		<b>L. PUILLET</b> $I = \frac{\epsilon - \epsilon'}{r + r' + R}$ $\omega = \frac{CU^2}{2}$ ENERGIA		<b>LEIS DE KIRCHHOFF</b> • LEI DOS NÓS - LEI DA CONSERVAÇÃO DA CARGA • LEI DAS MALHAS $U_{AB} + U_{BC} + U_{CD} + U_{DA} = 0$	
<b>ÓPTICA</b>		<b>ESPELHO ESFÉRICO</b> $\frac{1}{f} = \frac{1}{p} + \frac{1}{p'}$ $A = \frac{H_i}{H_o} = -\frac{p'}{p}$		<b>REFRAÇÃO</b> $n = \frac{c}{v}$ $n_1 \sin \hat{i} = n_2 \sin \hat{r}$		<b>LÂMINAS</b> $d = E \frac{\sin(\hat{i} - \hat{r})}{\cos \hat{r}}$		<b>PRISMA</b> $A = \hat{r}_1 + \hat{r}_2$ $\Delta = \hat{i} + \hat{e} - A$		<b>DESV. MÍNIMO</b> $\delta = 2\hat{i} - A$		<b>ONDAS</b> $y = A \cos \left[ 2\pi \left( \frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda} \right) + x_0 \right]$ $V = \sqrt{\frac{T}{\mu}}$ $\mu = \frac{m}{L}$ $\lambda = VT$ $V = \lambda f$		<b>LENTE</b> $V = \frac{1}{f}$ $\frac{1}{f} = \left( \frac{n_{Lente}}{n_{Meio}} - 1 \right) \left( \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right)$		Astigmatismo: lente cilíndrica Estrabismo: lente prismática Miopia: lente divergente Hipermetropia: lente convergente Presbiopia: lente convergente			

# TODOS LOS EXÁMENES DE 2010 A 2017

## PRUEBA DE ACCESO A CICLOS FORMATIVOS DE GRADO SUPERIOR

### OPCIÓN C: CIENCIAS: FÍSICA

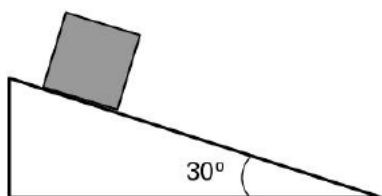
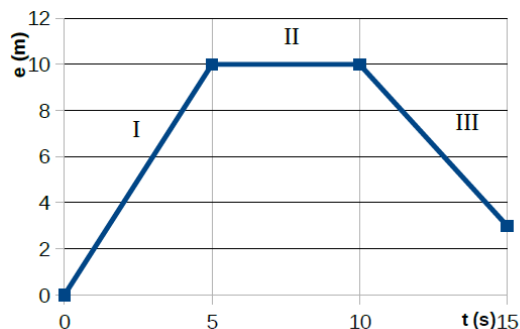
Duración: 1h 15 minutos

Elegir 5 de las 6 cuestiones propuestas

2017

1. Observa el grafico espacio-tiempo y contesta las preguntas:

- Que distancia se ha recorrido en cada tramo? (0,5 puntos)
- Que velocidad lleva el objeto en cada tramo? (1 punto)
- Indica el tipo de movimiento en cada tramo. (0,5 puntos)



2. Calcula la aceleración con la que cae un bloque de 5 kg, que se encontraba inicialmente en reposo, por una rampa inclinada  $30^\circ$ . Considera despreciable el rozamiento. (2 puntos)

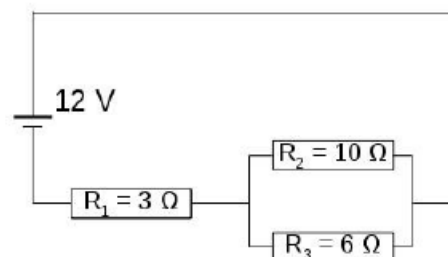
DATOS: Toma  $g = 10 \text{ m/s}^2$ .

3. Dos personas de 55 y 75 kg, salen a correr juntas, llevando una velocidad constante de 7 km/h. Toma  $g = 10 \text{ m/s}^2$

- Determina la energía cinética de cada corredor. (1 punto)
- Desde que altura deberían saltar para tener una energía equivalente a su energía cinética? (0,5 puntos)
- Si partiendo del reposo, hasta que alcanzan la velocidad constante mencionada, el primero ha invertido 2 min y el segundo 1,5 min, ¿quien ha desarrollado mayor potencia? (0,5 puntos)

4. Dos cargas  $q_1 = +2 \mu\text{C}$  y  $q_2 = -5 \mu\text{C}$ , se encuentran separadas 10 cm. Calcula el valor, la dirección y el sentido del campo eléctrico en el punto medio de la recta que une ambas cargas. DATOS:  $K = 9 \cdot 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2$ . (2 puntos)

5. Para el circuito de la figura, con  $R_1 = 3 \Omega$ ;  $R_2 = 10 \Omega$  y  $R_3 = 6 \Omega$ . Calcula la resistencia equivalente, la intensidad total que circula por el circuito y la potencia eléctrica. (2 puntos)



6. Un muelle oscila con un movimiento armónico simple descrito por la ecuación:  $x=0,5 \cos (4\pi t+\pi)$ , expresada en unidades del sistema internacional. Determina:

- La amplitud, la pulsación, la frecuencia, el periodo y la fase inicial. (1 punto)
- La elongación en el instante  $t = 3 \text{ s}$ . (1 punto)

2015

### Pregunta 1

Se deja caer una bola de acero desde la terraza de un edificio de 80 m de altura. Suponiendo que el rozamiento entre la bola y el aire es despreciable, calcula:

- El tiempo que tarda la bola en llegar al suelo.
- La velocidad con la que impacta con el suelo.

### Pregunta 2

Un vagón de 4000 kg de masa se desplaza por una vía rectilínea a 4,0 m/s y choca contra otro vagón de 5000 kg que se

mueve por la misma vía y a la misma velocidad, pero en sentido contrario. Después del choque permanecen enganchados y se mueven juntos.

a) Calcula la velocidad de los vagones después del choque.

b) ¿Se conserva la cantidad de movimiento antes y después del choque? ¿Por qué? ¿Y la energía mecánica? ¿Por qué?

### Pregunta 3

Un esquiador de 75 kg realiza un salto desde un trampolín de saltos de esquí. La rampa de despegue del trampolín está a 90 m de altura y acaba a 15 m sobre el suelo. Suponiendo que el rozamiento entre los esquís y la rampa es nulo, calcula:

a) La velocidad a la que el esquiador abandona la rampa e inicia el vuelo.

b) La velocidad con que aterriza sobre el suelo.

Dato:  $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ .

### Pregunta 4

Dos cargas de +10 nC y - 10 nC respectivamente están en el vacío, separadas por una distancia de 2,5 m. Calcula:

a) El vector campo eléctrico (módulo, dirección y sentido) en el punto medio entre ambas cargas.

b) El potencial eléctrico en dicho punto.

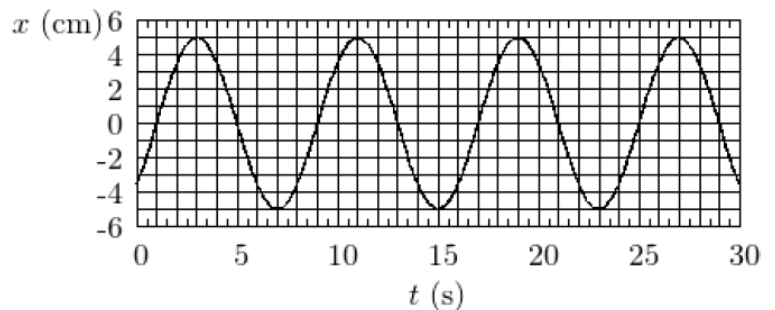
Dato:  $K_0 = 9,0 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}^2$

### Pregunta 5

En la figura se representa un movimiento armónico simple (MAS) de un cuerpo de 3 kg.

a) Estima los valores de la pulsación o frecuencia angular, el periodo, la amplitud y la fase inicial del MAS representado.

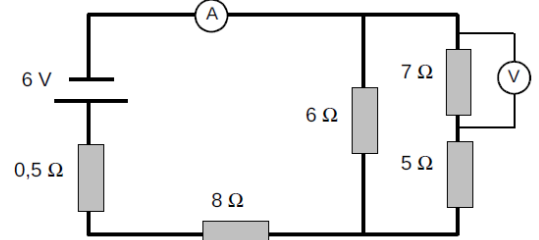
b) Escribe la ecuación del MAS utilizando la función del seno y la ecuación de la velocidad del cuerpo.



### Pregunta 6

Dado el esquema del circuito de la figura, determina las lecturas del amperímetro y del voltímetro.

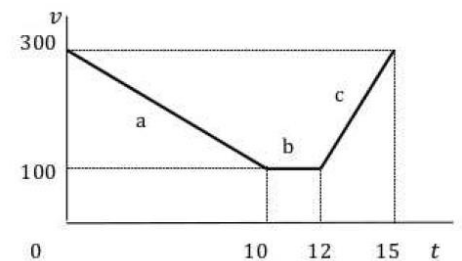
Razona tus respuestas.



### 2014

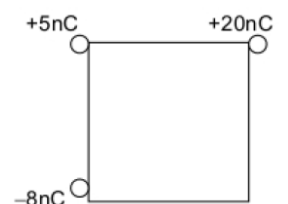
1) Un coche circula con una velocidad de 120 km/h. En un instante dado el conductor frena y el coche reduce su velocidad hasta 80 km/h en 4 segundos. Calcular: a) El valor de la aceleración, que se supone constante. b) la distancia recorrida en los 4 segundos de frenada.

2) La gráfica adjunta velocidad-tiempo tiene tres etapas. Las unidades son del sistema internacional. Para cada etapa, describe el movimiento del móvil y calcula su aceleración



3) Una grúa de la construcción tiene una potencia de 2000 W, pero tarda 40 segundos en subir una pieza de 100 Kg. a una altura de 50 m. Calcula el rendimiento de la grúa. Dato: *aceleración de la gravedad:  $g = 10 \text{ m/s}^2$*

4) En tres de los vértices de un cuadrado de 4 cm. de lado hay tres cargas cuyos valores y signos están en el esquema. Calcula el potencial eléctrico en el cuarto vértice.



5) Un circuito está formado por un generador de 16 V de fem y 6 Ω de resistencia interna, y una resistencia externa de 44 Ω. Calcular: a) la intensidad de corriente que circula y b) La ddp en bornes del generador

6) ¿A qué fenómenos se refieren los cuatro textos siguientes?:

- a) Es el fenómeno por el cual un frente de ondas que atraviesa la superficie que separa dos medios, cambia su dirección
- b) Es el fenómeno que ocurre cuando se superponen dos o más movimientos. Posteriormente, las ondas siguen su marcha sin haberse perturbado
- c) Es el fenómeno por el cual una onda bordea los obstáculos
- d) Es el fenómeno por el cual una onda que llega a la superficie que separa dos medios, retrocede por el mismo medio desde el que incide

2013

**Pregunta 1)**

Un automóvil viaja a 108 km/h cuando el conductor ve un obstáculo en la carretera e inmediatamente aplica los frenos. Calcula la distancia recorrida por el coche hasta que se detiene si el tiempo de respuesta del conductor ha sido de 0,8 s y la aceleración de frenado es de  $5 \text{ m/s}^2$

**Pregunta 2)**

Calcular el impulso mecánico que se realiza en un golpe con la raqueta de tenis cuando el jugador devuelve con velocidad de 25 m/s una pelota de 70 g de masa que le llega con la velocidad de 20 m/s. Calcula también la fuerza que ha actuado sobre la pelota. El tiempo de contacto entre la raqueta y la pelota se estima en 0,2 s

**Pregunta 3)**

En una central hidroeléctrica se aprovecha la energía de un salto de agua de 35 m de altura. En 1 minuto caen  $1500 \text{ m}^3$  de agua, transformándose en energía eléctrica el 60% de la energía potencial del agua. Calcula la potencia que suministra esta central. *Densidad del agua  $d = 1 \text{ kg/L}$ . Toma  $g = 9,8 \text{ m/s}^2$ .*

**Pregunta 4)**

Dos partículas positivas con cargas de 12 nC se encuentran separadas 30 cm.

- a) Calcula el potencial eléctrico en un punto P de la recta que une ambas cargas y que está a 10 cm de una de ellas;
- b) Calcula de nuevo el potencial en el mismo punto P pero con la carga situada a 10 cm siendo de signo negativo. *Dato:  $K = 9 \cdot 10^9 \text{ S.I.}$*

**Pregunta 5)**

Un hilo metálico tiene  $120 \Omega$  de resistencia. Se corta en tres trozos de igual longitud y se conectan en paralelo. ¿Cuál es el valor de la resistencia de la asociación en paralelo construida?

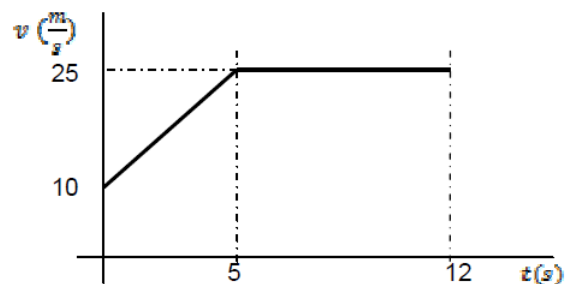
**Pregunta 6)**

- a) Una onda sonora viaja por el aire con una frecuencia de 400 Hz. Parte de esa onda atraviesa la superficie del agua, penetrando en ella ¿Qué vale su frecuencia y su longitud de onda en el aire y en el agua?. *Datos: velocidad del sonido (aire:  $340 \text{ m/s}$ ); (agua:  $1480 \text{ m/s}$ )*
- b) Explica en qué consiste el fenómeno de la refracción y cuándo se produce.

2012

1) A partir de los datos del gráfico velocidad-tiempo adjunto:

- a) Para cada tramo, calcula la aceleración y di el tipo de movimiento que representa
- b) Calcula la velocidad media en los 12 segundos representados



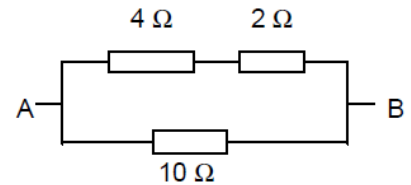
2) Un bloque de 30 kg de masa se mueve por un plano horizontal, sin rozamiento, bajo la acción de una fuerza de 250 N. Calcula la aceleración que adquiere el bloque

- a) Si la fuerza actúa horizontalmente.
- b) Si la fuerza actúa formando un ángulo de  $50^\circ$  con la horizontal

3) Calcular la velocidad que debería de llevar un proyectil de 12 kg de masa para que su energía cinética fuese la misma que la de una camioneta de 4 toneladas que avanza a una velocidad de 50 km/h

4) Dos cargas positivas, iguales, situadas en el aire y a 5 cm de distancia se repelen con una fuerza de 38 N . Calcula el valor de las cargas *Dato:  $K = 9 \cdot 10^9 \text{ S.I.}$*

5) a) Hallar la resistencia equivalente de la asociación de la figura  
 b) Calcular la intensidad total y la intensidad que circula por cada rama si la diferencia de potencia entre los bornes de la asociación A y B es de 15 V



6) La ecuación de la posición de un punto que describe un MAS es en unidades Internacionales  $x = 0,2 \text{ sen}(4 \pi t)$ . Determina

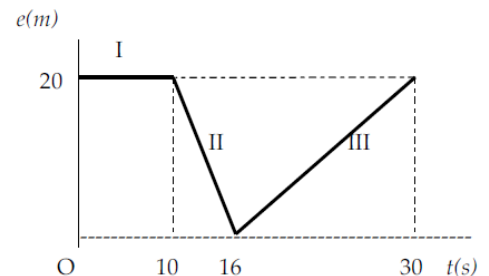
- a) La amplitud , la pulsación, el periodo y la frecuencia
- b) La elongación en los instantes  $t = 0$  y  $t = 0,125 \text{ s}$

**2011**

**Cuestión 1)**

El gráfico adjunto representa la variación de la posición con el tiempo de un móvil.

- a) ¿Qué distancia recorre el móvil en cada tramo?
- b) Calcula la velocidad en cada tramo y describe el tipo de movimiento que efectúa en cada uno.



**Cuestión 2)**

Un bloque de 300 kg es empujado por una fuerza horizontal cuyo valor es 1200N. El coeficiente de rozamiento dinámico es  $\mu = 0'2$ . Calcula la aceleración del bloque. *Toma  $g = 9'8 \text{ m/s}^2$*

**Cuestión 3)**

Un ciclista ha invertido 50 minutos en recorrer los 40 km correspondientes a una etapa contra reloj.

- a) Calcular la velocidad media en m/s
- b) Si la masa del ciclista es de 70 Kg, ¿Cuánto vale (en promedio) su energía cinética durante la prueba.

**Cuestión 4)**

Dos cargas de  $Q_1 = +6\mu\text{C}$  y  $Q_2 = -2\mu\text{C}$  y están situadas en el eje X, la positiva en + 6 cm y la negativa en -6 cm

. ¿Cuál es el valor, dirección y sentido de la fuerza sobre una carga  $q = -2\mu\text{C}$  situada en el origen?

*Dato :  $K = 9 \times 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2$*

**Cuestión 5)**

Se dispone de dos bombillas con las siguientes especificaciones (24V, 75W) y (24V, 60W) . a) Calcular la resistencia de cada bombilla. b) Si ambas bombillas se conectan en paralelo a una fuente de alimentación de 24 V , ¿qué intensidad circulará por cada una de ellas? c) Calcular la intensidad que circulará por cada bombilla si se conectan en serie a la misma fuente de 24 V

**Cuestión 6)**

Una partícula se mueve con un movimiento armónico simple gobernada por la ecuación  $x = 0'5 \text{ cos}(\pi t)$  en unidades internacionales. Determina:

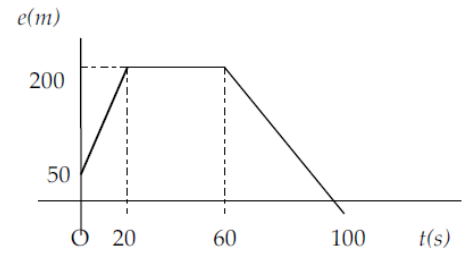
- a) La amplitud y la fase inicial
- b) la pulsación, el periodo y la frecuencia
- c) el valor de la elongación en  $t = 4 \text{ s}$



2010

**Cuestión 1.** El gráfico adjunto representa la variación de la posición con el tiempo de un móvil.

- ¿Qué distancia recorre el móvil en cada tramo?
- Calcula la velocidad en cada tramo y describe el movimiento que efectúa en cada uno de ellos.



**Cuestión 2.** ¿Qué motor realiza más trabajo: uno de 1000W durante 4 h u otro de 80 CV trabajando durante 6 minutos? *Dato: 1CV= 736 W*

**Cuestión 3.** Se deja caer una piedra desde lo alto de un acantilado sobre el mar y se mide el tiempo que tarda la piedra en alcanzar el agua, que resulta ser de 6'5 s. Calcular la altura del acantilado y la velocidad con que la piedra impacta en el agua. *Datos: tomar  $g = 10 \text{ m/s}^2$*

**Cuestión 4.** Dos cargas eléctricas A, B, cuyos valores son  $q_A = +30 \mu\text{C}$  y  $q_B = +15 \mu\text{C}$  distan entre sí 50 cm. Calcular la intensidad del campo eléctrico en el punto medio de la recta que une ambas cargas e indica su orientación *Dato :  $K = 9 \times 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2$*

**Cuestión 5.** Un electrodoméstico tiene dos resistencias de nichrome de 30  $\Omega$  en paralelo. Calcular la intensidad que circula por el electrodoméstico y la potencia que desarrolla cuando se conecta a la red de 220 V.

**Cuestión 6.**

a) Un cuerpo oscila con movimiento armónico simple de ecuación  $x = 0'03 \cos(3\pi t + \pi)$  en unidades del sistema internacional

¿Qué vale la amplitud, el periodo y la frecuencia?, ¿Dónde se encuentra el cuerpo en  $t = 0$  s?

b) Explicar cómo se clasifican las ondas según la dirección de la vibración del medio y cita algún ejemplo de cada clase.

