

# EL SOLUCIONARIO

# EL SOLUCIONARIO

<http://www.elsolucionario.blogspot.com>



LIBROS UNIVERISTARIOS  
Y SOLUCIONARIOS DE  
MUCHOS DE ESTOS LIBROS

LOS SOLUCIONARIOS  
CONTIENEN TODOS LOS  
EJERCICIOS DEL LIBRO  
RESUELTOS Y EXPLICADOS  
DE FORMA CLARA

VISITANOS PARA  
DESARGALOS GRATIS.

# Introducción

## Capítulo 1

### **Física** Sexta Edición

Paul E. Tippens

- ¿Qué es la física?
- ¿Qué papel desempeñan las matemáticas?
- ¿Cómo se debe estudiar física?

# ¿Qué es la física?

La **física** puede definirse como la ciencia que investiga los conceptos fundamentales de la materia, la energía y el espacio, y las relaciones entre ellos.

**Mecánica** se refiere a la posición y al movimiento de la materia en el espacio.

**Estática** es el estudio de la física aplicado a los cuerpos en reposo.

**Dinámica** se ocupa de la descripción del movimiento y sus causas.

La física también se relaciona con el estudio del calor, la luz, el sonido, la electricidad y la estructura atómica.

# ¿Qué papel desempeñan las matemáticas?

Las fórmulas matemáticas describen exactamente un **suceso físico**.

Las matemáticas se emplean para **resolver fórmulas** con cantidades específicas.

Las matemáticas se emplean para **derivar las fórmulas** que describen sucesos físicos.

# ¿Cómo se debe estudiar física?

- **Poner mucha atención en el significado de las palabras.**
- **Estudiar a conciencia los gráficos, dibujos, diagramas y fotografías.**
- **Aprender a tomar notas mientras se atiende con atención la lectura. Apuntar frases y palabras clave durante la lectura, y después ampliar esas notas.**
- **Prepararse adecuada y oportunamente para las clases y laboratorios.**
- **Mantener las notas y asignaturas organizadas.**

# Matemáticas técnicas

## Capítulo 2

**Física** Sexta edición

Paul E. Tippens

- **Números con signo**
- **Repaso de álgebra**
- **Exponentes y radicales**
- **Notación científica**
- **Gráficas**
- **Geometría**
- **Trigonometría del triángulo rectángulo**

# Números con signo

## Regla de la suma:

- Para sumar dos números **del mismo signo**, se suman los valores absolutos de los números y se pone el signo común a la suma resultante.

**Ejemplo:** Sume (-6) más (-3);  $(-3) + (-6) = -(3 + 6) = -9$

- Para sumar dos números **de diferente signo**, se encuentra la diferencia entre sus valores absolutos y al resultado se le pone el signo del número con mayor valor.

**Ejemplo:** Sume (-6) más (+3);  $(+3) + (-6) = -(6 - 3) = -3$

# Números con signo

## Regla de la resta:

- Para restar un número  $b$  con signo, de otro número  $a$  con signo, se cambia el signo de  $b$  y se suma a  $a$ , aplicando la regla de la suma.

Ejemplo: Reste (-6) de (-3):

$$(-3) - (-6) = -3 + 6 = +3$$

# Números con signo

## Regla de la multiplicación:

- Si dos factores tienen **signos iguales**, su producto es **positivo**.
- Si dos factores tienen **signos diferentes**, su producto es **negativo**.

## Regla de la división:

- Si dos números tienen **signos iguales**, su cociente es **positivo**.
- Si dos números tienen **signos diferentes**, su cociente es **negativo**.

# Repaso de álgebra

Una **fórmula** expresa una **igualdad**, y esa igualdad debe mantenerse.

Si  $x + 1 = 4$  entonces  $x$  debe ser igual a 3 para mantener la igualdad.

Lo que se haga en un lado de la ecuación, debe realizarse en el otro lado para mantener la igualdad.

**Por ejemplo:**

- **Sume o reste el mismo valor en ambos lados de la ecuación.**
- **Multiplique o divida ambos lados por el mismo valor.**
- **Eleve al cuadrado o saque la raíz cuadrada de ambos lados.**

# Exponentes y radicales

## Regla de la multiplicación:

Cuando dos cantidades con la misma base se multiplican, su producto se obtiene sumando algebraicamente los exponentes.

$$(a^m)(a^n) = a^{m+n}$$

## Exponente negativo

Un término que no es igual a cero puede tener un exponente negativo.

$$a^{-n} = \frac{1}{a^n}$$

$$a^n = \frac{1}{a^{-n}}$$

## Exponente cero

Cualquier cantidad elevada a la potencia cero es igual a 1.

$$a^0 = 1$$

# Exponentes y radicales

## Regla de la división:

Cuando dos cantidades de la misma base se dividen su cociente se encuentra efectuando la resta algebraica de sus exponentes.

$$\frac{a^m}{a^n} = a^{m-n}$$

## Potencia de una potencia

Cuando una cantidad  $a^m$  se eleva a la potencia  $n$ :

$$\left(a^m\right)^n = a^{mn}$$

La **potencia de un producto** se obtiene al aplicar el exponente a cada uno de los factores.

$$(ab)^n = a^n b^n$$

La **potencia de un cociente** se obtiene al aplicar el exponente a cada uno de los factores.

$$\left(\frac{a}{b}\right)^n = \frac{a^n}{b^n}$$

# Exponentes y radicales

## Raíces de un producto:

La raíz  $n$ -ésima de un producto es igual al producto de las raíces  $n$ -ésimas de cada factor:

$$\sqrt[n]{ab} = \sqrt[n]{a} \sqrt[n]{b}$$

$$\sqrt[3]{8 \cdot 27} = \sqrt[3]{8} \sqrt[3]{27} = 2 \cdot 3 = 6$$

## Raíces de una potencia:

Las raíces de una potencia se calculan aplicando la definición de exponentes fraccionarios:

$$\sqrt[n]{a^m} = a^{m/n}$$

# Notación científica

La **notación científica** es un método breve para expresar números muy grandes o muy pequeños.

$$0.000000001 = 10^{-9}$$

$$0.000001 = 10^{-6}$$

$$0.001 = 10^{-3}$$

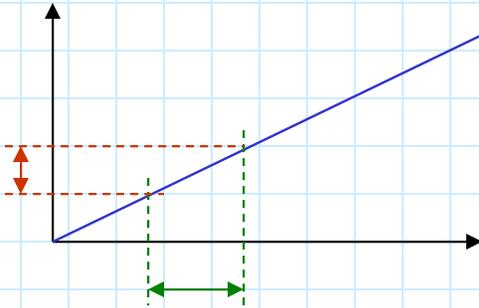
$$1 = 10^0$$

$$1000 = 10^3$$

$$1,000,000 = 10^6$$

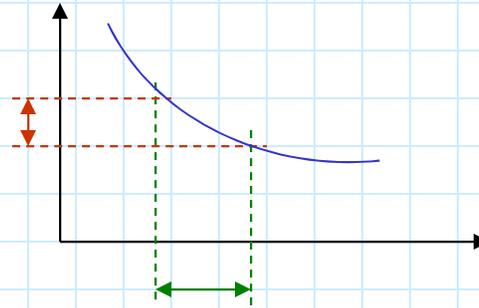
$$1,000,000,000 = 10^9$$

# Gráficas



**Relación directa**

**Al aumentar** los valores en el eje vertical aumentan en forma proporcional los valores del eje horizontal.

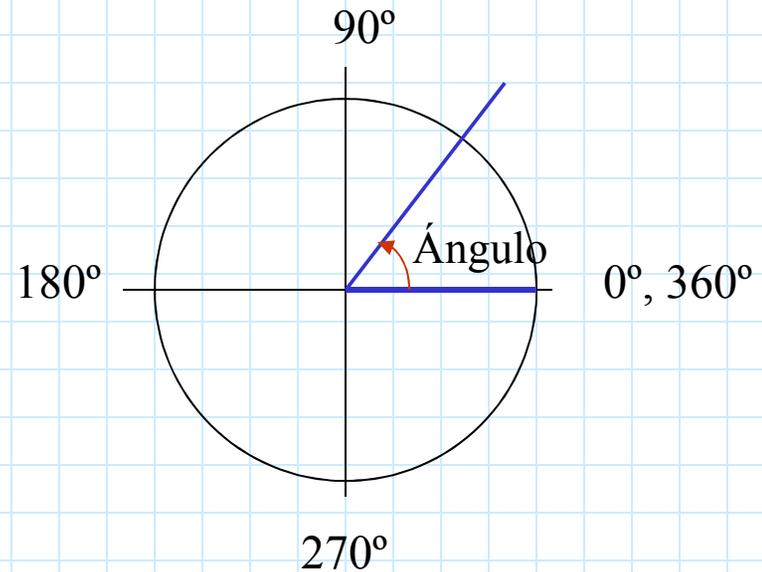


**Relación indirecta**

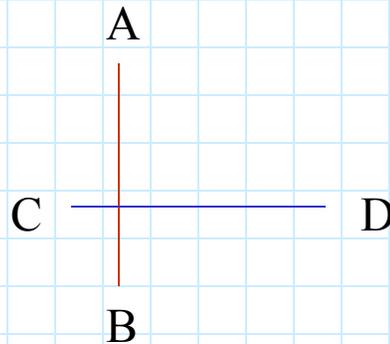
**Al aumentar** los valores en el eje vertical disminuyen en forma proporcional los valores del eje horizontal.

# Geometría

Los **ángulos** se miden en grados, que van de  $0^\circ$  a  $360^\circ$ .



La línea AB es **perpendicular** a la línea CD.



**$AB \perp CD$**

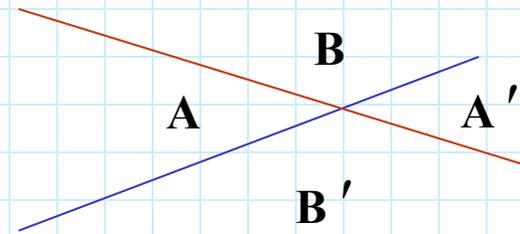
La línea AB es **paralela** a la línea CD.



**$AB \parallel CD$**

# Geometría

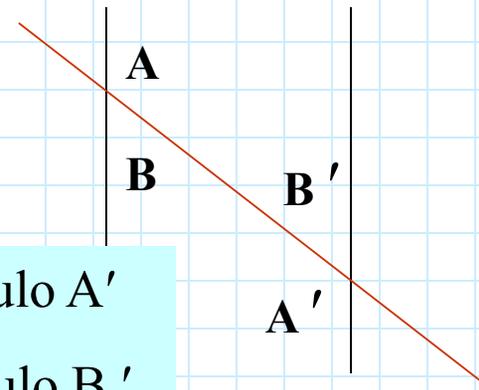
Cuando **dos rectas se intersecan**, los ángulos opuestos que forman son iguales.



$$\hat{\text{Ángulo A}} = \hat{\text{Ángulo A'}}$$

$$\hat{\text{Ángulo B}} = \hat{\text{Ángulo B'}}$$

Cuando una recta **interseca dos rectas paralelas**, los ángulos alternos internos son iguales.

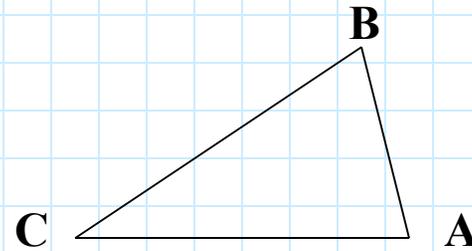


$$\hat{\text{Ángulo A}} = \hat{\text{Ángulo A'}}$$

$$\hat{\text{Ángulo B}} = \hat{\text{Ángulo B'}}$$

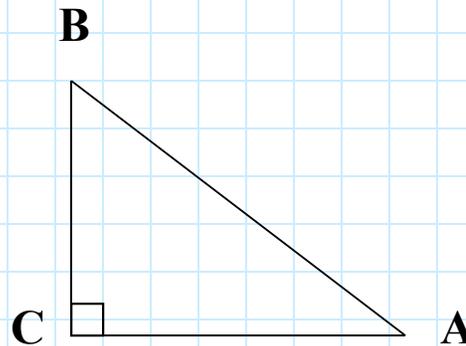
# Geometría

Para un triángulo, la suma de sus ángulos interiores es  $180^\circ$ .



$$A + B + C = 180^\circ$$

Para cualquier triángulo rectángulo, la suma de los dos ángulos más pequeños es  $90^\circ$ .



$$A + B = 90^\circ$$

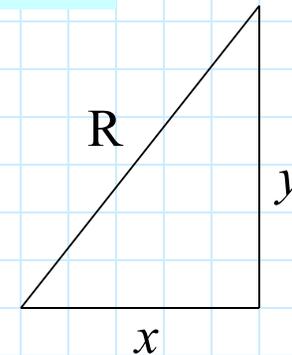
# Trigonometría del triángulo recto

Los ángulos a menudo se representan mediante letras griegas:

$\alpha$ alfa	$\beta$ beta	$\gamma$ gama
$\theta$ teta	$\phi$ fi	$\delta$ delta

## Teorema de Pitágoras

El cuadrado de la hipotenusa es igual a la suma de los cuadrados de los otros dos lados.



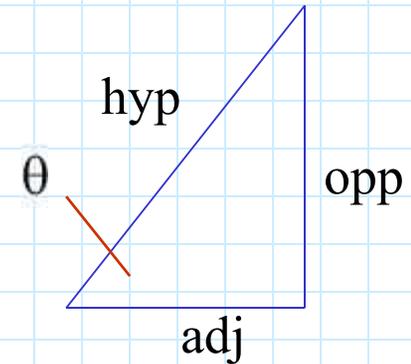
$$R^2 = x^2 + y^2$$

$$R = \sqrt{x^2 + y^2}$$

# Trigonometría del triángulo recto

El **seno** de un triángulo recto es igual al cociente de la longitud del lado **opuesto** entre la longitud de la **hipotenusa** del triángulo.

$$\sin \theta = \frac{\text{opp}}{\text{hyp}}$$



El **coseno** de un triángulo recto es igual al cociente de la longitud del lado **adyacente** entre la longitud de la **hipotenusa** del triángulo.

$$\cos \theta = \frac{\text{adj}}{\text{hyp}}$$

La **tangente** de un triángulo recto es igual al cociente de la longitud del lado **opuesto** entre la longitud del lado **adyacente**.

$$\tan \theta = \frac{\text{opp}}{\text{adj}}$$

# Mediciones técnicas y vectores

## Capítulo 3

### Física Sexta edición

Paul E. Tippens

- **Cantidades físicas**
- **El sistema internacional**
- **Medición de longitud y tiempo**
- **Cifras significativas**
- **Instrumentos de medición**
- **Conversión de unidades**
- **Cantidades vectoriales y escalares**
- **Suma o adición de vectores por métodos gráficos**
- **Fuerzas y vectores**
- **La fuerza resultante**
- **Trigonometría y vectores**
- **El método de componentes para la suma de vectores**
- **Resta o sustracción de vectores**

# Cantidades físicas

Una **cantidad física** es algo que se especifica en términos de una magnitud y, quizá, dirección.

La **magnitud** de una cantidad física se especifica completamente por un número y una unidad.

Algunos ejemplos de magnitudes son:

- 2 pies
- 40 kilogramos
- 50 segundos

Ejemplos de cantidades físicas que se utilizan comúnmente en física incluyen:

- peso
- tiempo
- velocidad
- fuerza
- masa

Una **cantidad derivada** es aquella cuya unidad de medición se compone de dos o más unidades básicas.

Ejemplos de cantidades derivadas son:

- pies/segundo
- Pies-libras/segundo

# El sistema internacional

El **Système International d'Unités (SI)** también es conocido como **sistema métrico**.

Cantidad	Unidad básica	Símbolo
Longitud	metro	m
Masa	kilogramo	kg
Tiempo	segundo	s
Corriente eléctrica	ampere	A
Intensidad luminosa	candela	cd
Cantidad de sustancia	mol	mol

# Medición de longitud y tiempo

Un **metro** es la longitud de la trayectoria que recorre una onda luminosa en el vacío durante un intervalo de tiempo de **1/229,792,248 segundos**.

Un **segundo** es el tiempo necesario para que el átomo de cesio vibre **9,192,631,770 veces**.

1 terametro	$Tm = 10^{12}$ metros
1 gigametro	$Gm = 10^9$ metros
1 megametro	$Mm = 10^6$ metros
1 kilómetro	$km = 10^3$ metros
1 centímetro	$cm = 10^{-2}$ metros
1 milímetro	$mm = 10^{-3}$ metro
1 micrómetro	$\mu m = 10^{-6}$ metro
1 nanómetro	$nm = 10^{-9}$ metro
1 picómetro	$pm = 10^{-12}$ metro

1 milisegundo	$ms = 10^{-3}$ segundo
1 microsegundo	$\mu s = 10^{-6}$ segundo
1 nanosegundo	$ns = 10^{-9}$ segundo
1 picosegundo	$ps = 10^{-12}$ segundo

# Cifras significativas

Todas las mediciones físicas se asume que son aproximadas, con el último dígito significativo como una estimación.

Todos los dígitos de una medición son **significativos** excepto aquellos utilizados para indicar la posición del punto decimal.

**Regla 1:** cuando se **multiplican o dividen** números aproximados, el número de dígitos significativos de la respuesta final contiene el **mismo número de dígitos significativos** que el factor de menor precisión.

**Regla 2:** cuando se **suman o restan** números aproximados, el número de decimales en el resultado debe ser **igual al menor número de cifras decimales** de cualquier término que se suma.

# Instrumentos de medición

La elección de un instrumento de medición se determina por la **precisión requerida** y por las **condiciones físicas** que rodean la medición.

# Conversión de unidades

## Procedimiento para convertir unidades

- Escriba la **cantidad** que desea **convertir**.
- **Defina cada una de las unidades** incluidas en la cantidad que va a convertir, en términos de las unidades buscadas.
- Escriba **dos factores de conversión** para cada definición, uno de ellos recíproco del otro.
- **Multiplique** la cantidad que desea convertir por aquellos factores que **cancelen todas las unidades, excepto las buscadas**.

**Regla 1:** si se van a **sumar** o **restar** dos cantidades, ambas deben expresarse en las **mismas dimensiones**.

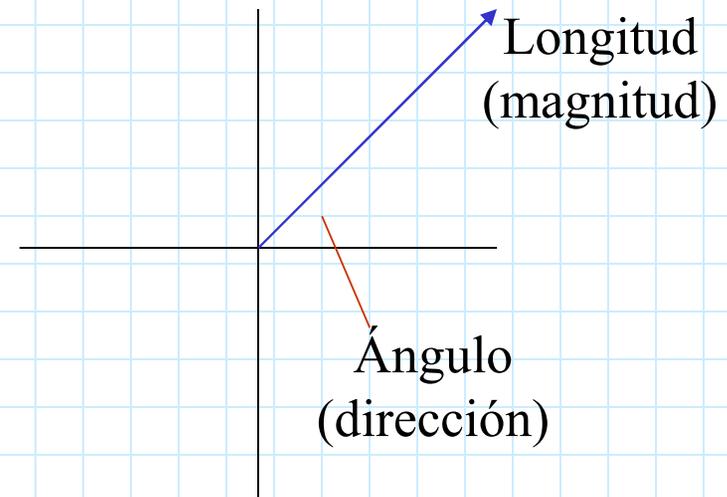
**Regla 2:** las cantidades a **ambos lados del signo de igualdad** deben expresarse en las **mismas dimensiones**.

# Cantidades vectoriales y escalares

Una **cantidad escalar** se especifica totalmente por su **magnitud**, que consta de un número y una unidad.

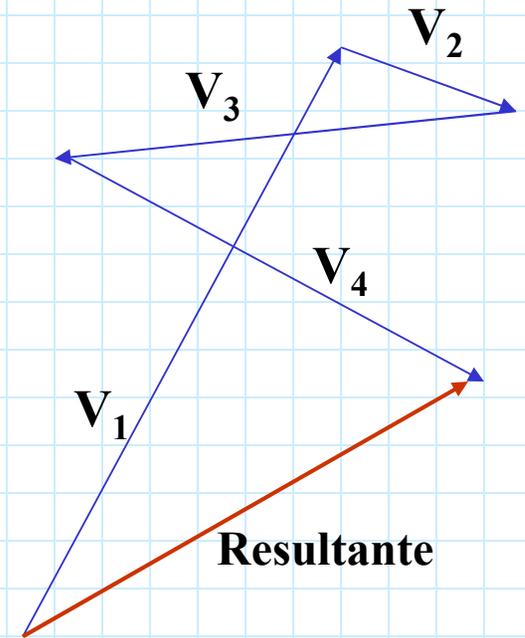
Una **cantidad vectorial** se especifica totalmente por una **magnitud** y una **dirección**.  
consiste en un número, una unidad y una dirección.

Longitud  
(magnitud)



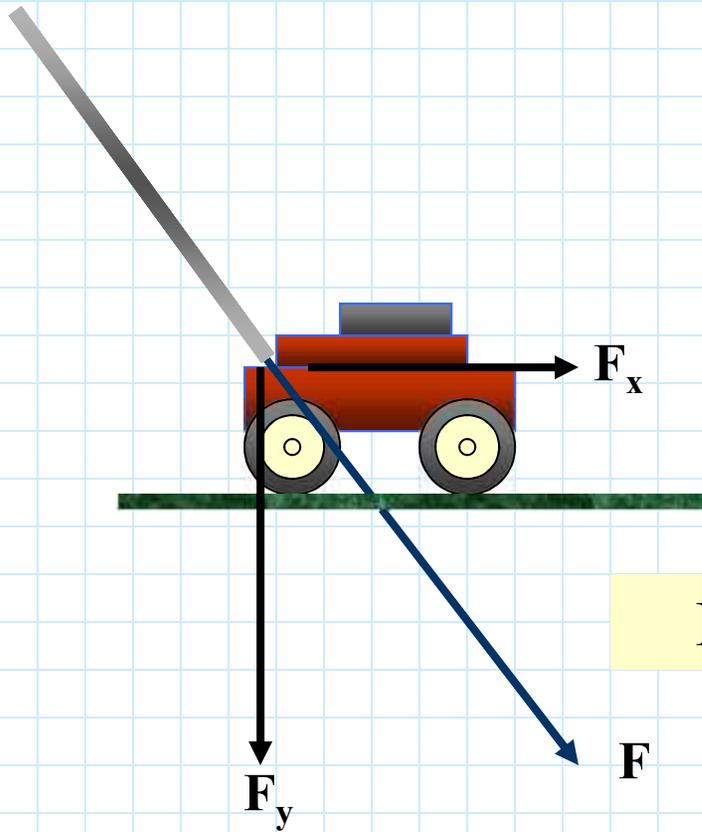
# Suma o adición de vectores por métodos gráficos

- **Elija una escala** y **determine la longitud** de las flechas que corresponden a cada vector.
- **Dibuje a escala** una flecha que represente la **magnitud** y **dirección** del primer vector.
- **Dibuje la flecha** del segundo vector de modo que su **cola coincida con la punta** de la flecha del primer vector.
- **Continúe el proceso** de **unir el origen** de cada vector hasta que la magnitud y la dirección de todos los vectores queden bien representadas.
- **Dibuje el vector resultante** con el **origen** y la **punta de flecha** unida a la **punta del último vector**.
- **mida con regla y transportador** para determinar la **magnitud** y **dirección** del vector resultante.

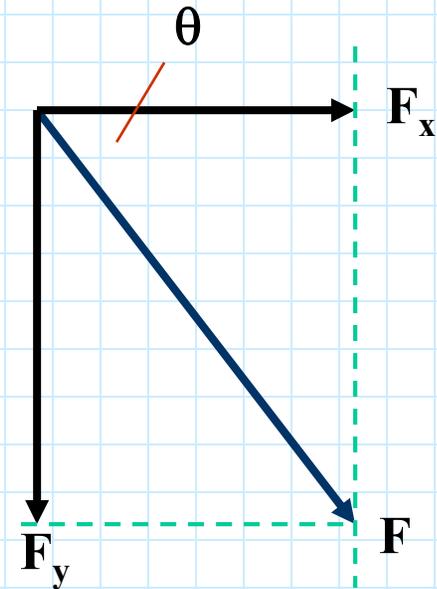


$$\text{Resultante} = V_1 + V_2 + V_3 + V_4$$

# Fuerza y vectores

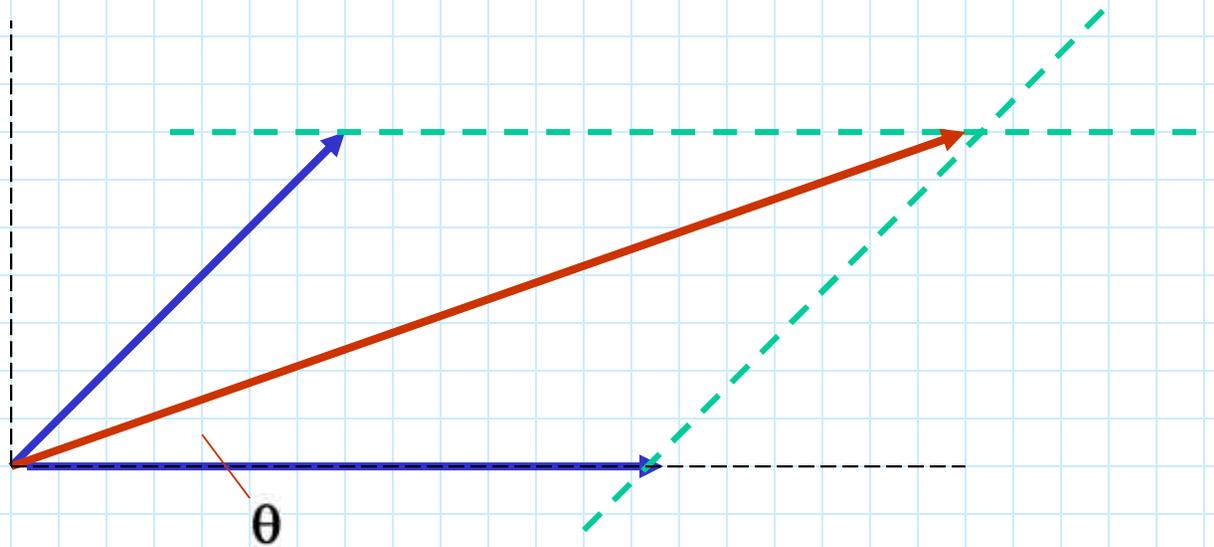


$$F = F_x + F_y$$



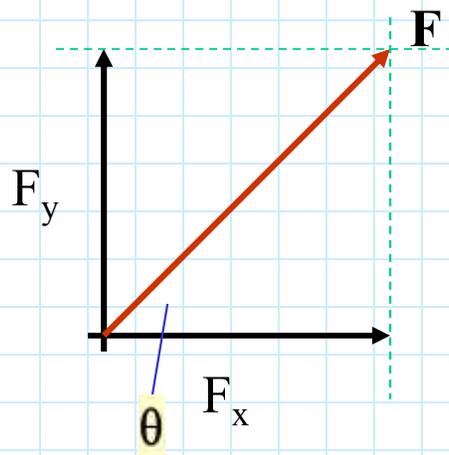
# La fuerza resultante

La **fuerza resultante** es la fuerza individual que produce el mismo efecto tanto en la **magnitud** como en la **dirección** que dos o más fuerzas concurrentes.



# Trigonometría y vectores

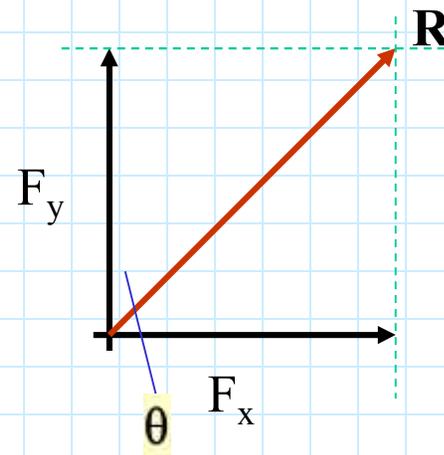
## Componentes de un vector



$$F_x = F \cos \theta$$

$$F_y = F \sin \theta$$

## Fuerza resultante



Además:

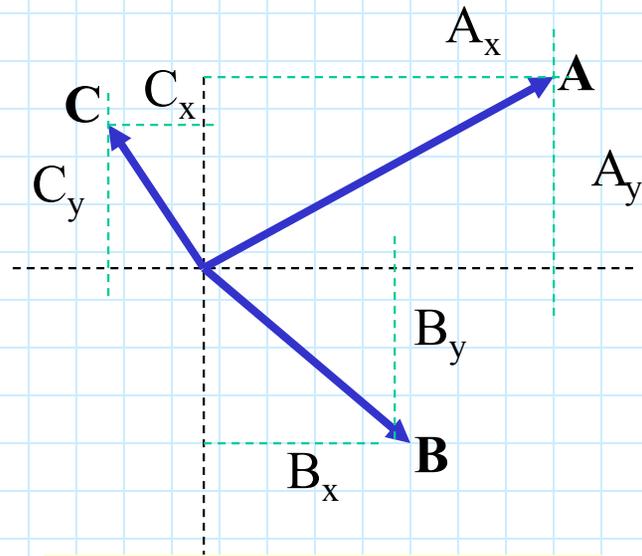
$$\tan \theta = \frac{F_y}{F_x}$$

Por el teorema de Pitágoras:

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

# El método de componentes para la suma o adición de vectores

- Dibuje **cada vector** a partir de los ejes imaginarios  $x$  y  $y$ .
- Encuentre **los componentes  $x$  y  $y$**  de cada vector.
- Halle **la componente  $x$  de la resultante** sumando las componentes  $x$  de todos los vectores.
- Halle **la componente  $y$  de la resultante** sumando las componentes  $y$  de todos los vectores.
- Determine la **magnitud y dirección** de la resultante.



$$R_x = A_x + B_x + C_x$$

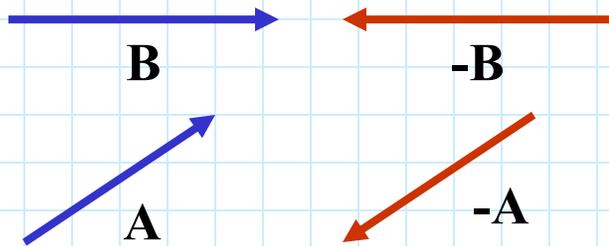
$$R_y = A_y + B_y + C_y$$

$$R = \sqrt{R_x^2 + R_y^2}$$

$$\tan \theta = \frac{R_y}{R_x}$$

# Resta o sustracción de vectores

Al cambiar el signo de un vector cambia su dirección.



Para encontrar la **diferencia entre dos vectores**, sume un vector al negativo del otro.

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

# Equilibrio traslacional y fricción

## Capítulo 4

**Física** Sexta edición

Paul E. Tippens

- **Primera ley de Newton**
- **Tercera ley de Newton**
- **Equilibrio**
- **Diagramas de cuerpo libre**
- **Solución de problemas de equilibrio**
- **Fricción**

# Primera ley de Newton

## Primera ley de Newton

**Un cuerpo permanece en estado de reposo o de movimiento rectilíneo uniforme, a menos que una fuerza externa no equilibrada actúe sobre él.**

# Tercera ley de Newton

## Tercera ley de Newton

**Para cada acción debe haber una reacción igual y opuesta.**

# Equilibrio

Un cuerpo se encuentra en estado de **equilibrio traslacional** si, y sólo si, la **suma vectorial** de las fuerzas que actúan sobre él, es igual a **cero**.

$$\sum F_x = 0$$
$$\sum F_y = 0$$

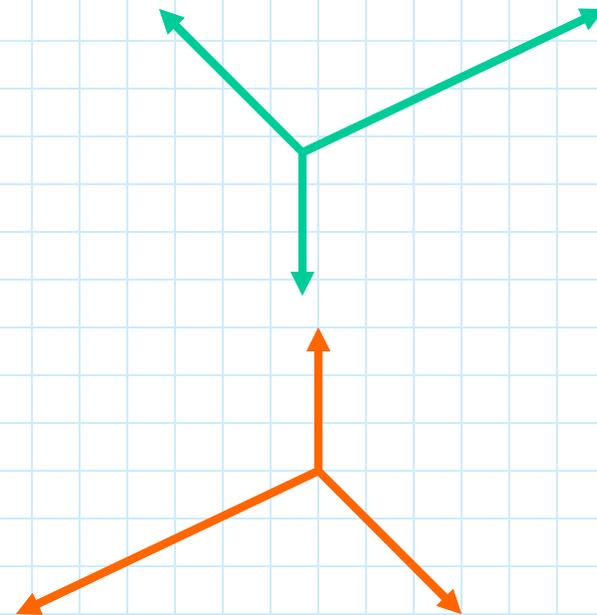
$$\sum F_x = A_x + B_x + C_x + \dots$$
$$\sum F_y = A_y + B_y + C_y + \dots$$

# Diagramas de cuerpo libre

Un diagrama de **cuerpo libre** es un **diagrama vectorial** que describe **todas las fuerzas** que actúan sobre un objeto o cuerpo en particular.

Las **fuerzas de acción** son las fuerzas que actúan sobre un cuerpo.

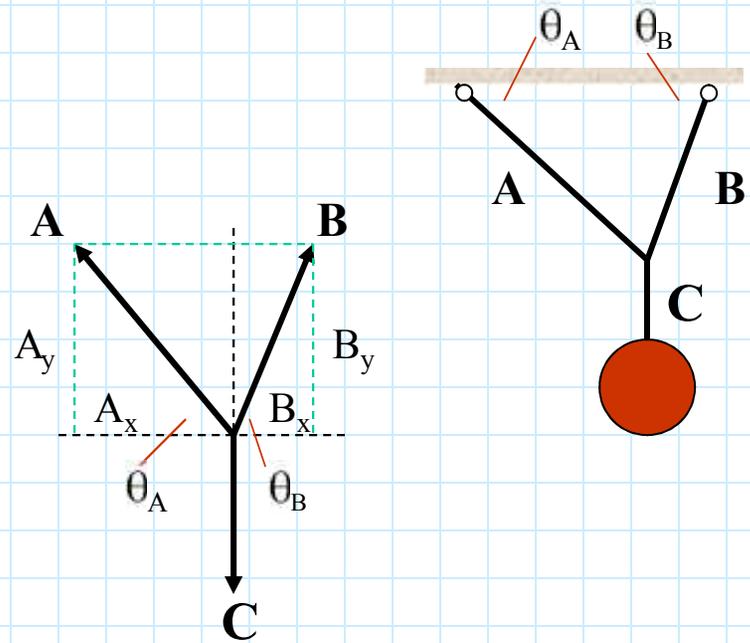
Las **fuerzas de reacción** son fuerzas iguales y opuestas que ejerce el cuerpo.



Cuando un cuerpo está en equilibrio traslacional, la **suma vectorial de las fuerzas de acción y de reacción es igual a cero.**

# Solución de problemas de equilibrio

1. Trace un **bosquejo** y anote las condiciones del problema.
2. Dibuje un diagrama de cuerpo libre.
3. Encuentre las componentes x y y de **todas las fuerzas**.
4. Use la primera condición para el equilibrio para **formar dos ecuaciones**.
5. **Determine algebraicamente** los factores desconocidos.



$$F_x = -A \cos \theta_A + B \cos \theta_B = 0$$

$$F_y = A \sin \theta_A + B \sin \theta_B - C = 0$$

# Fricción

**Fuerza de fricción estática**  
(Se impide el movimiento)

$$F_s = \mu_s N$$

$F_s$  = fuerza de fricción estática  
 $\mu_s$  = coeficiente de fricción estática  
 $N$  = fuerza normal en el objeto

**Fuerza de fricción cinética**  
(Superficies en movimiento relativo)

$$F_k = \mu_k N$$

$F_k$  = fuerza de fricción  
 $\mu_k$  = coeficiente de fricción cinética  
 $N$  = fuerza normal en el objeto

# Conceptos clave

- **Inercia**
- **Fuerza de reacción**
- **Equilibrio**
- **Equilibrante**
- **Diagramas de cuerpo libre**
- **Fuerza de fricción**
- **Coefficiente de fricción**
- **Fuerza normal**
- **Ángulo de reposo**

# Resumen de ecuaciones

$$\sum F_x = 0$$

$$\sum F_x = A_x + B_x + C_x + \dots$$

$$\sum F_y = 0$$

$$\sum F_y = A_y + B_y + C_y + \dots$$

$$F_s = \mu_s N$$

$F_s$  = fuerza de fricción estática

$\mu_s$  = coeficiente de fricción estática

$N$  = fuerza normal sobre el objeto

$$F_k = \mu_k N$$

$F_k$  = fuerza de fricción cinética

$\mu_k$  = coeficiente de fricción cinética

$N$  = fuerza normal sobre el objeto

# Momento de torsión y equilibrio rotacional

## Capítulo 5

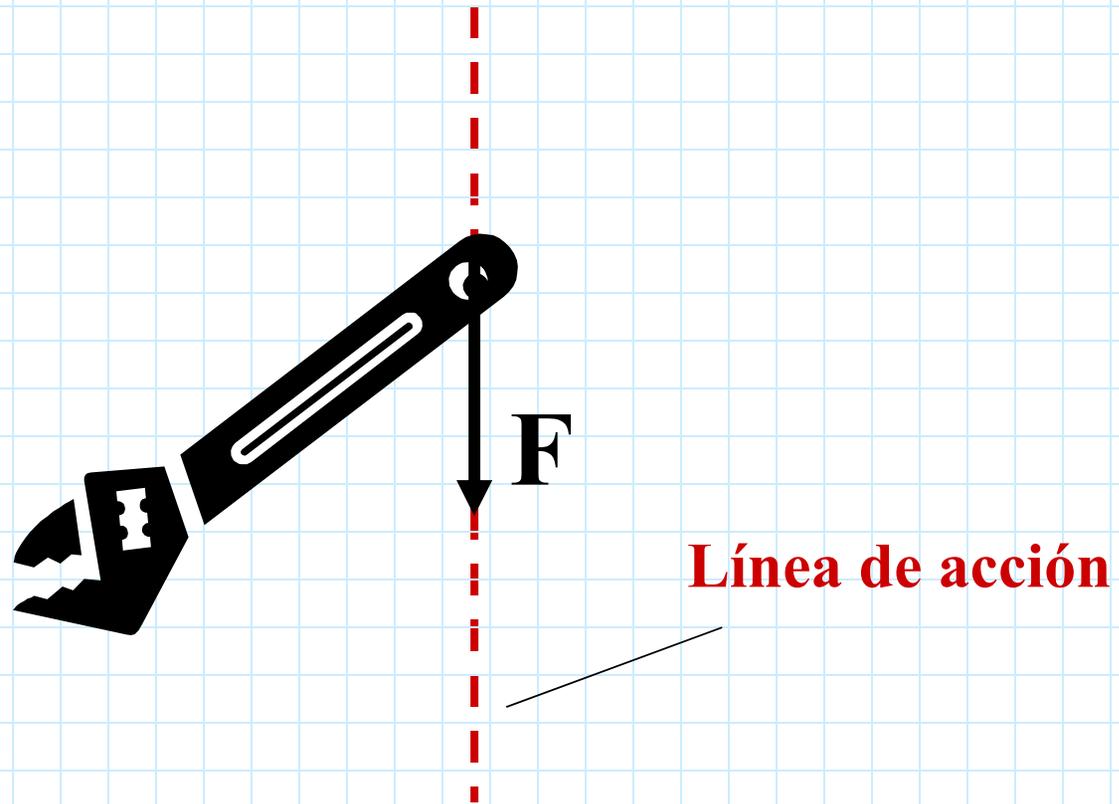
**Física** Sexta edición

Paul E. Tippens

- **Condición de equilibrio**
- **El brazo de palanca**
- **Momento de torsión**
- **Momento de torsión resultante**
- **Equilibrio**
- **Centro de gravedad**

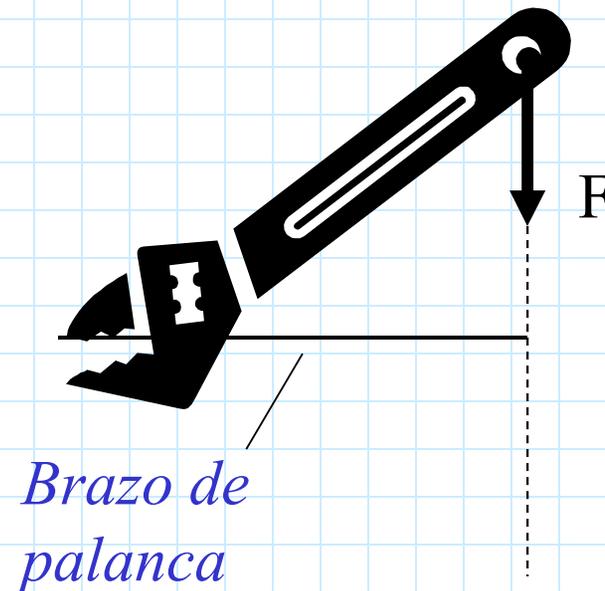
# Condiciones de equilibrio

La **línea de acción** de una fuerza es una línea imaginaria que se extiende indefinidamente a lo largo del vector en ambas direcciones.



# El brazo de palanca

El **brazo de palanca** de una fuerza es la distancia perpendicular que hay de la línea de acción de la fuerza al eje de rotación.

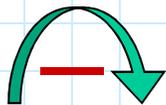
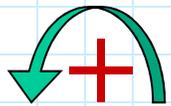


# Momento de torsión

El **momento de torsión**  $\tau$  se define como la tendencia a producir un cambio en el movimiento rotacional.

**Momento de torsión = fuerza x brazo de palanca**  $\tau = Fr$

El momento de torsión también se llama **momento de una fuerza**.



- El momento de torsión es **positivo** cuando la rotación producida es en **sentido opuesto de las manecillas del reloj (ccw)**.
- El momento de torsión es **negativo** porque tiende a causar una rotación en el **sentido de las manecillas del reloj (cw)**.

# Momento de torsión resultante

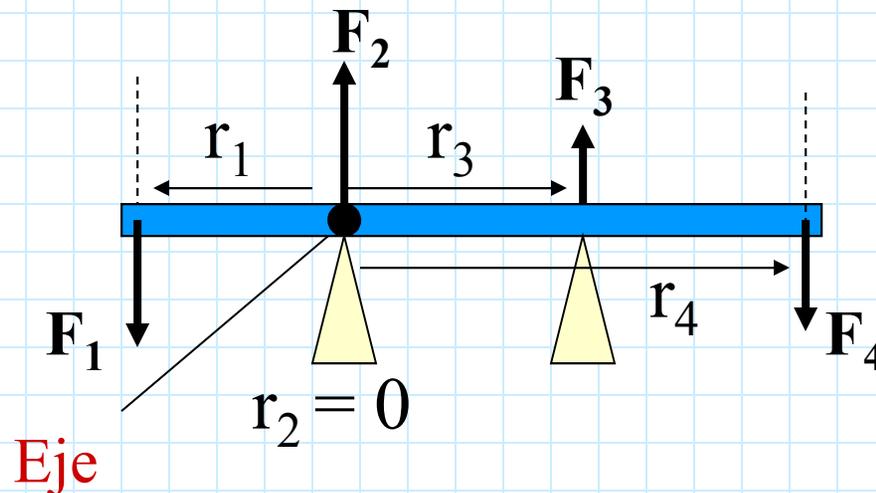
Cuando todas las fuerzas actúan en el mismo plano, el **momento de torsión resultante** es la suma de los momentos de torsión de cada fuerza.

$$\tau_R = \sum \tau = \tau_1 + \tau_2 + \tau_3 + \dots$$

# Equilibrio

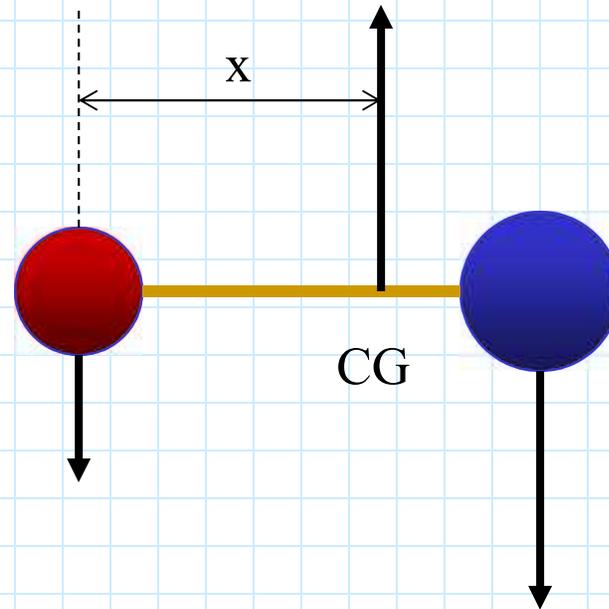
La **suma algebraica** de todos los momentos de torsión en relación con cualquier eje debe ser **cero**.

$$\sum \tau = \tau_1 + \tau_2 + \tau_3 + \dots = 0$$



# Centro de gravedad

El **centro de gravedad** de un cuerpo es el punto a través del cual actúa el **peso resultante**, independientemente de cómo esté orientado el cuerpo.



# Conceptos clave

- **Línea de acción**
- **Eje de rotación**
- **Brazo de palanca**
- **Momento de torsión**
- **Momento de torsión resultante**
- **Equilibrio rotacional**
- **Equilibrio total**
- **Centro de gravedad**

# Resumen de ecuaciones

**Momento de torsión = fuerza x brazo de palanca**

$$\tau = Fr$$

$$\tau_R = \sum \tau = \tau_1 + \tau_2 + \tau_3 + \dots$$

# Movimiento uniformemente acelerado

## Capítulo 6

**Física** Sexta edición

Paul E. Tippens

- Rapidez y velocidad
- Movimiento acelerado
- Movimiento uniformemente acelerado
- Otras relaciones útiles
- Solución de problemas de aceleración
- Convención de signos en problemas de aceleración
- Gravedad y caída libre de los cuerpos
- Movimiento de proyectiles
- Proyección horizontal
- El problema general de las trayectorias

# Rapidez y velocidad

La **rapidez media** es igual a la distancia recorrida en un intervalo de tiempo

$$\bar{v} = \frac{s}{t}$$

La **rapidez instantánea** es una cantidad escalar que representa la **rapidez de un cuerpo** en el instante que alcanza un punto arbitrario.

La rapidez es una razón del cambio de la distancia en el tiempo.

La **velocidad instantánea** es una cantidad vectorial que representa la **velocidad de un cuerpo** en el instante que alcanza un punto arbitrario.

La velocidad es una razón del cambio del desplazamiento en el tiempo.

# Movimiento acelerado

El **movimiento acelerado** es la **razón del cambio** en la **velocidad**.

acceleration =  $\frac{\text{change in velocity}}{\text{time interval}}$

$$a = \frac{V_f - V_0}{t}$$

a = aceleración

$v_f$  = velocidad final

$v_0$  = velocidad inicial

t = tiempo

# Movimiento uniformemente acelerado

El **movimiento uniformemente acelerado** es el movimiento rectilíneo en el cual **la rapidez cambia a razón constante**.

A esto también se le llama **aceleración uniforme**.

**Velocidad final = velocidad inicial + cambio de velocidad**

$$v_f = v_o + at$$

La **distancia recorrida** es igual a la velocidad media por el intervalo de tiempo.

$$s = \bar{v}t = \frac{v_f + v_o}{2} t$$

# Otras relaciones útiles

$$s = v_0 t + \frac{1}{2} a t^2$$

s = distancia recorrida  
 $v_0$  = velocidad inicial  
t = intervalo de tiempo  
a = aceleración

$$2as = v_f^2 - v_0^2$$

a = aceleración  
s = distancia recorrida  
 $v_f$  = velocidad final  
 $v_0$  = velocidad inicial

# Solución de problemas de aceleración

- **Lea el problema, luego trace un bosquejo y marque en él los datos.**
- **Indique la dirección positiva consistente.**
- **Establezca los tres parámetros conocidos y los dos desconocidos.**
- **Seleccione la ecuación que incluya a uno de los parámetros desconocidos, pero no a ambos.**
- **Sustituya las cantidades conocidas y resuelva la ecuación.**

$$s = \bar{v}t = \frac{v_f + v_0}{2} t$$

$$v_f = v_0 + at$$

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

$$2as = v_f^2 - v_0^2$$

# Convención de signos en problemas de aceleración

**Velocidad ( $v$ )** es positiva o negativa dependiendo si la dirección del movimiento está a favor o en contra de la dirección elegida como positiva.

**Aceleración ( $a$ )** es positiva o negativa, dependiendo si la fuerza resultante está a favor o en contra de la dirección elegida como positiva.

**Desplazamiento ( $s$ )** es positivo o negativo dependiendo de la posición o ubicación del objeto en relación con su posición cero.

# Gravedad y caída libre de los cuerpos

La **aceleración debida a la gravedad (g)** es constante en muchas aplicaciones prácticas.

A menos que se establezca lo contrario, el valor se refiere al nivel del mar en el planeta Tierra donde:

$$g = 32 \text{ f/s}^2$$

o

$$g = 9.8 \text{ m/s}^2$$

# Movimiento de proyectiles

Para este estudio, un **proyectil** es un objeto que se lanza en un **campo gravitacional** y sin **fuerza de propulsión propia**.

Algunos ejemplos son lanzar una piedra al aire o soltar una pelota desde la azotea de un edificio.

La única fuerza que actúa sobre el cuerpo es su propio peso, que es igual a la masa del cuerpo por la fuerza de gravedad,  $mg$ .

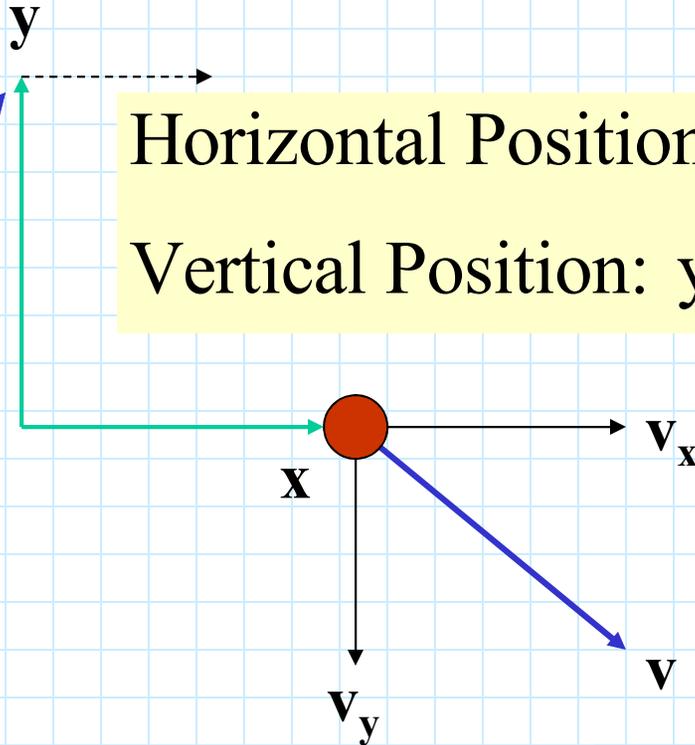
La fuerza de la resistencia del aire, por ejemplo, se desprecia.

# Proyección horizontal

$t = 0$   
 $x = 0$   
 $y = 0$

Horizontal Position:  $x = v_{0x} t$

Vertical Position:  $y = \frac{1}{2} g t^2$



Horizontal Velocity:  $v_x = v_{0x}$

Vertical Velocity:  $gt$

# El problema general de las trayectorias

Componentes de la **velocidad inicial**

$$V_{0x} = v_0 \cos \theta$$

$$V_{0y} = v_0 \sin \theta$$

$\theta$  = ángulo de la velocidad inicial

Componentes de la **distancia**

$$x = v_{0x} t$$

$$y = v_{0y} t + \frac{1}{2} g t^2$$

Componentes de la **velocidad instantánea**

$$V_x = V_{0x}$$

$$V_y = V_{0y} + g t$$

# Conceptos clave

- **Velocidad constante**
- **Velocidad media**
- **Velocidad**
- **Aceleración**
- **Velocidad instantánea**
- **Rapidez instantánea**
- **Movimiento uniformemente acelerado**
- **Aceleración debida a la gravedad**
- **Proyectil**
- **Trayectoria**
- **Alcance**

# Resumen de ecuaciones

$$\bar{v} = \frac{s}{t}$$

$$a = \frac{v_f - v_0}{t}$$

$$v_f = v_0 + at$$

$$s = \bar{v}t = \frac{v_f + v_0}{2} t$$

$$s = \frac{v_f + v_0}{2} t$$

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

$$2as = v_f^2 - v_0^2$$

$$v_f = v_0 + at$$

$$v_{0x} = v_0 \cos \theta$$

$$v_{0y} = v_0 \sin \theta$$

$$x = v_{0x} t$$

$$y = v_{0y} t + \frac{1}{2} gt^2$$

$$v_x = v_{0x}$$

$$v_y = v_{0y} + gt$$

# Segunda ley de Newton

## Capítulo 7

**Física** Sexta edición

Paul E. Tippens

- **Segunda ley de Newton sobre el movimiento**
- **Relación entre peso y masa**
- **Aplicación de la segunda ley de Newton a problemas de un solo cuerpo**
- **Técnicas para resolver problemas**

# Segunda ley de Newton sobre el movimiento

Siempre que una **fuerza no equilibrada** actúa sobre un cuerpo, en la dirección de la fuerza se produce una **aceleración** que es directamente proporcional a la fuerza e inversamente proporcional a la masa del cuerpo.

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

resultant force = mass  $\times$  acceleration

$$F = ma$$

Si más de una fuerza actúa sobre un objeto, es necesario determinar la fuerza resultante junto

En unidades con la dirección del movimiento.

- La fuerza está en newtons (N)
- La masa está en kilogramos (kg)
- La aceleración está en  $m/s^2$

$$\sum F_x = ma_x \text{ en libras (lb)}$$

$$\sum F_y = ma_y \text{ en } ft/s^2$$

# Relación entre peso y masa

La **masa** es una constante universal igual a la relación del peso de un cuerpo con la aceleración gravitacional debida a su peso.

$$m = \frac{W}{g}$$

El **peso** es la fuerza de atracción gravitacional y varía dependiendo de la aceleración de la gravedad.

$$W = mg$$

El peso y la fuerza tienen las mismas unidades.

SI: newtons

USCS: libras

# Aplicación de la segunda ley de Newton a problemas de un solo cuerpo

¿Qué **aceleración** ejercerá una fuerza conocida en un cuerpo con masa conocida?

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

¿Qué **fuerza** se requiere para acelerar un cuerpo de masa conocida a un determinado nivel de aceleración?

$$F = ma$$

¿Cuál es la **masa** de un cuerpo que se somete a una aceleración conocida por una fuerza determinada?

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

# Técnicas para resolver problemas

4. Distinga entre la masa y el peso de cada objeto.
5. A partir de un estudio de un movimiento de cuerpo rígido determine la fuerza de reacción en los puntos de apoyo.  
8. Establezca las condiciones de equilibrio de un cuerpo rígido.  
la masa  $m$  = las desconocidas  $W = mg$  la aceleración.  
la  $g$  movimiento.

# Conceptos clave

- **Segunda ley de Newton**
- **Masa**
- **Peso**
- **slug**
- **Newton**

# Resumen de ecuaciones

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

$$W = mg$$

$$g = 9.8 \text{ m/s}^2 \text{ or } 32 \text{ ft/s}^2$$

$$F = ma$$

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

$$m = \frac{W}{g}$$

# Trabajo, energía y potencia

## Capítulo 8

**Física** Sexta edición

Paul E. Tippens

- Trabajo
- Trabajo resultante
- Energía
- Trabajo y energía cinética
- Energía potencial
- Conservación de la energía
- Energía y fuerzas de fricción
- Potencia

# Trabajo

El **trabajo** es una cantidad escalar igual al producto de las magnitudes del desplazamiento y de la componente de la fuerza en la dirección del desplazamiento.

work = force component  $\times$  displacement

$$\text{work} = F_x s$$

Unidades SI:

1 **joule** (J) es igual al trabajo realizado por una fuerza de un newton (N) al mover un objeto a través de una distancia paralela de un metro (m).

Unidades USCS:

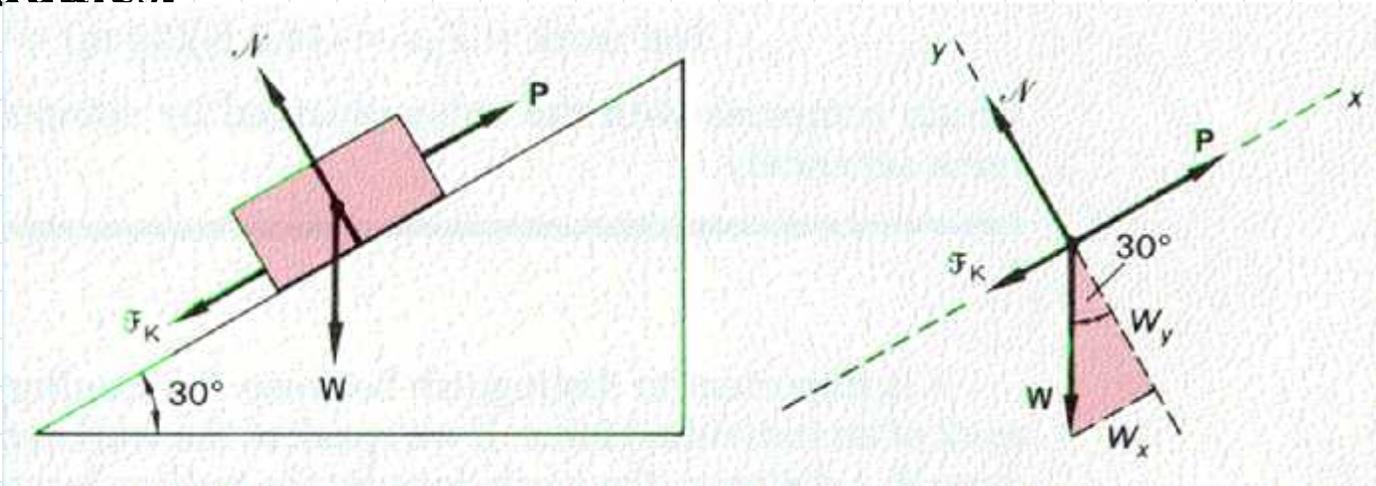
Una **libra-pie** (ft-lb) es igual al trabajo realizado por una fuerza de una libra (lb) al mover un objeto a través de una distancia paralela de un pie (ft).

# Trabajo resultante

El trabajo de una **fuerza específica es positivo** si la componente de la fuerza está en la **misma dirección** que el desplazamiento.

El trabajo de una **fuerza específica es negativo** si la componente de la fuerza está en **dirección opuesta** al desplazamiento.

Cuando varias fuerzas actúan sobre un cuerpo en movimiento, el **trabajo resultante** es la suma algebraica de las fuerzas individuales.

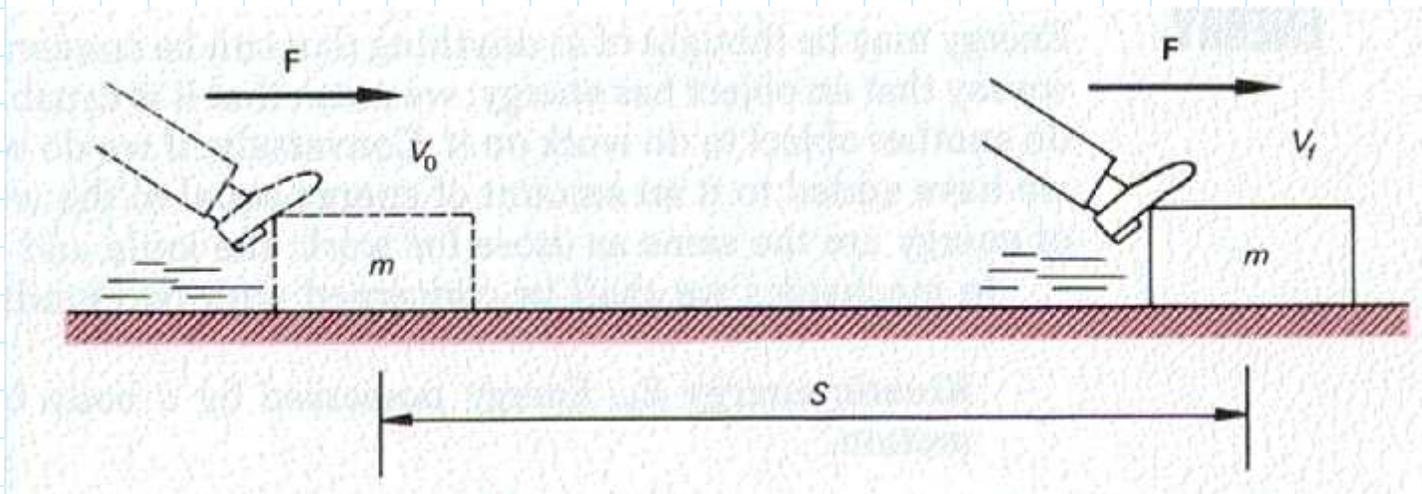


# Energía

**Energía cinética** ( $E_k$ ) es la energía que tiene un cuerpo en virtud de su **movimiento**.

**Energía potencial** ( $E_p$ ) es la energía que tiene un cuerpo en virtud de su **posición o condición**.

# Trabajo y energía cinética

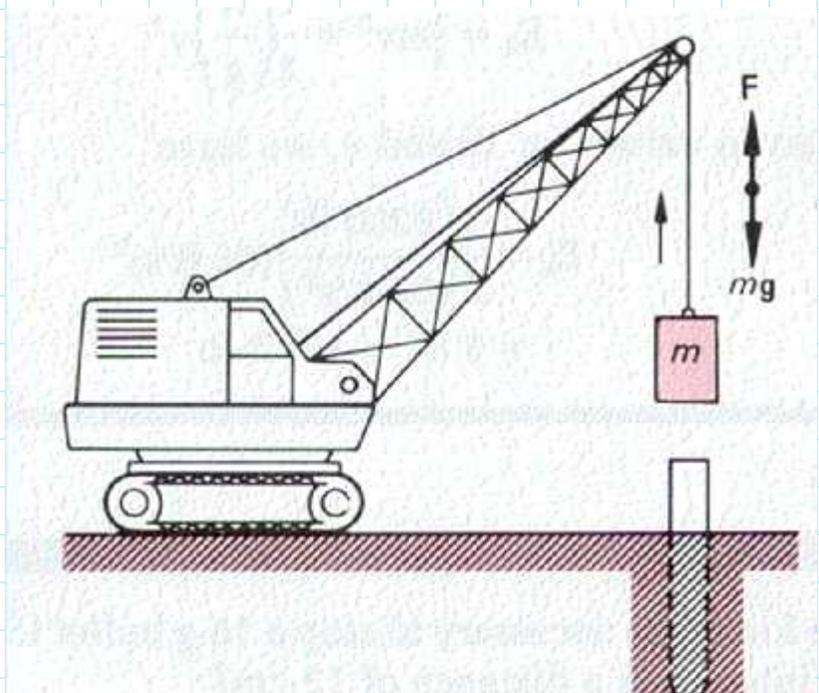


El **trabajo** de una fuerza externa resultante sobre un cuerpo es igual al **cambio de la energía cinética** del cuerpo.

$$E_k = \frac{1}{2} mv^2$$

# Energía potencial

**Energía potencial** es la energía que posee el sistema en virtud de su **posición**.



$$E_p = Wh = mgh$$

donde:

$E_p$  = energía potencial

$W$  = peso del objeto

$h$  = altura del objeto sobre el punto de referencia

$g$  = aceleración debida a la gravedad

$m$  = masa del objeto

# Conservación de la energía

## Conservación de la energía mecánica:

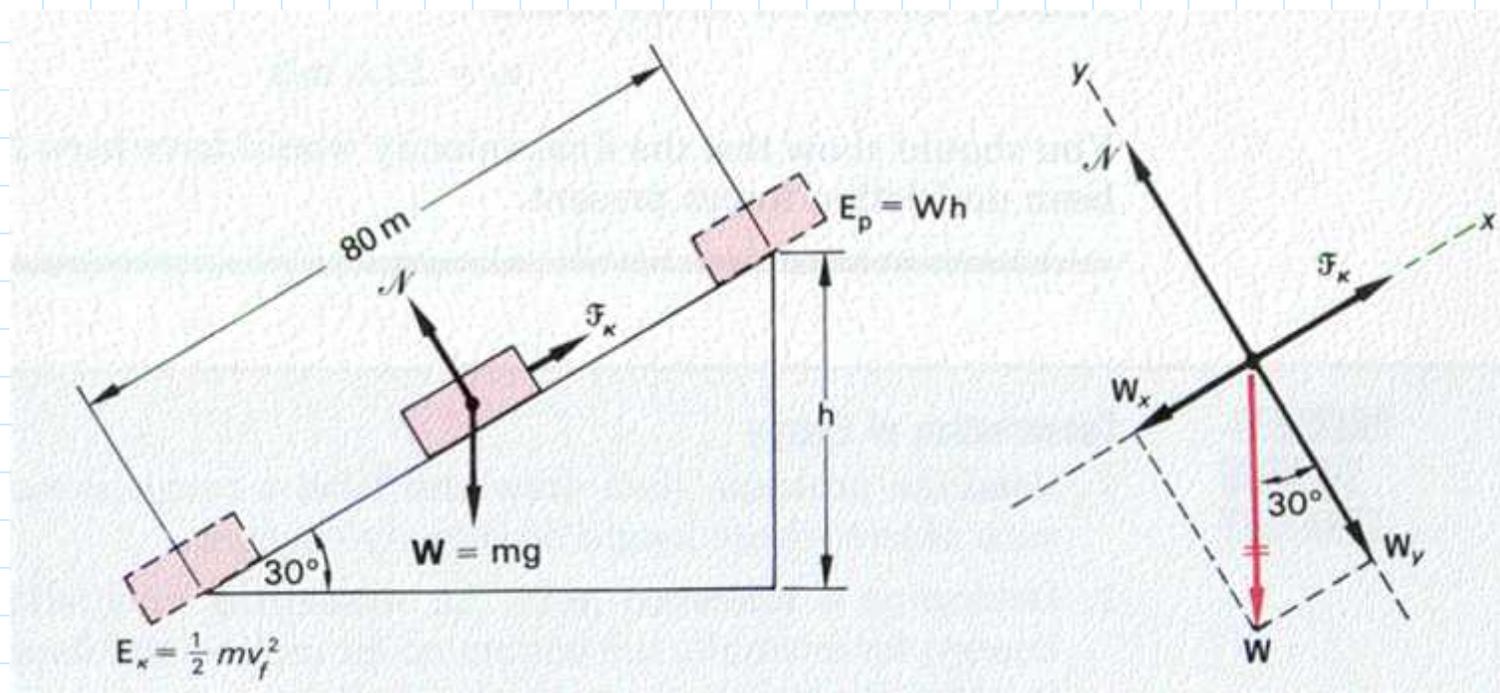
En la ausencia de resistencia del aire o de otras fuerzas disipativas, **la suma de las energías potenciales y cinéticas es una constante**, siempre que no se añada ninguna otra energía al sistema.

$$\text{energía total} = E_p + E_k = \text{constante}$$

# Energía y fuerzas de fricción

## Conservación de la energía:

La **energía total** se un sistema **es siempre constante**, aun cuando se transforme la energía de una forma o otra dentro del sistema.



# Potencia

**Potencia** es la rapidez con que se realiza el **trabajo**.

$$P = \frac{\text{work}}{t}$$

# Conceptos clave

- **Trabajo**
- **joule**
- **Energía potencial**
- **Energía cinética**
- **Conservación de la energía**
- **Potencia**
- **Caballo de fuerza**
- **watt**
- **kilowatt**
- **kilowatt-hora**

# Resumen de ecuaciones

work = force component  $\times$  displacement

$$\text{work} = F_x s$$

$$E_k = \frac{1}{2} m v^2$$

$$E_p = Wh = mgh$$

$$P = \frac{\text{work}}{t}$$

# Impulso y cantidad de movimiento

## Capítulo 9

**Física** Sexta edición

Paul E. Tippens

- **Impulso y cantidad de movimiento**
- **La ley de la conservación de la cantidad de movimiento**
- **Choques elásticos e inelásticos**

# Impulso y cantidad de movimiento

El **impulso** es una cantidad vectorial de igual magnitud que el producto de la fuerza por el intervalo de tiempo en el que actúa. Su dirección es la misma que la de la fuerza.

Unidades SI: *newton-segundo* (N • s)

Unidades USCS: *libras • segundos* (lb • s)

La **cantidad de movimiento** es una cantidad vectorial de igual magnitud que el producto de su masa por su velocidad.

Unidad SI: *kilogramo-metro por segundo* (kg • m/s)

Unidad USCS: *slug-pie por segundo* (slug • ft/sec)

$$F\Delta t = mv_f - mv_0$$

donde:

**F** = fuerza aplicada

$\Delta t$  = intervalo de tiempo

$mv_0$  = movimiento inicial

$mv_f$  = movimiento final

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

donde :

**p** = cantidad de mov.

**m** = masa

**v** = velocidad

# La Ley de la conservación de la cantidad de movimiento

**La cantidad de movimiento lineal total de los cuerpos que chocan es igual antes y después del impacto.**

$$m_1u_1 + m_2u_2 = m_1v_1 + m_2v_2$$

$m_1u_1$  = cantidad de movimiento del cuerpo 1 antes del choque

$m_2u_2$  = cantidad de movimiento del cuerpo 2 antes del choque

$m_1v_1$  = cantidad de movimiento del cuerpo 1 después del choque

$m_2v_2$  = cantidad de movimiento del cuerpo 2 después del choque

# Choques elásticos e inelásticos

El **coeficiente de restitución**  $e$  es la razón o relación negativa de la velocidad relativa después de l choque entre la velocidad relativa antes del choque.

$$e = \frac{v_2 - v_1}{u_1 - u_2}$$

$v_1$  y  $v_2$  son las velocidades de los cuerpos 1 y 2 después del choquen

$u_1$  y  $u_2$  son las velocidades de los dos cuerpos antes del choque

- Para choques **perfectamente elásticos**,  $e = 1$
- Para choques **perfectamente inelásticos**,  $e = 0$

Los choques en la vida real están en algún punto entre perfectamente elásticos y perfectamente inelásticos:  $0 < e < 1$

# Conceptos clave

- **Impulso**
- **Cantidad de movimiento**
- **Conservación de la cantidad de movimiento**
- **Choque elástico**
- **Choque inelástico**
- **Coefficiente de restitución**

# Resumen de ecuaciones

$$\mathbf{F}\Delta t = m\mathbf{v}_f - m\mathbf{v}_0$$

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

$$m_1\mathbf{u}_1 + m_2\mathbf{u}_2 = m_1\mathbf{v}_1 + m_2\mathbf{v}_2$$

$$e = \frac{v_2 - v_1}{u_1 - u_2}$$

$$e = \sqrt{\frac{h_2}{h_1}}$$

# Movimiento circular uniforme

## Capítulo 10

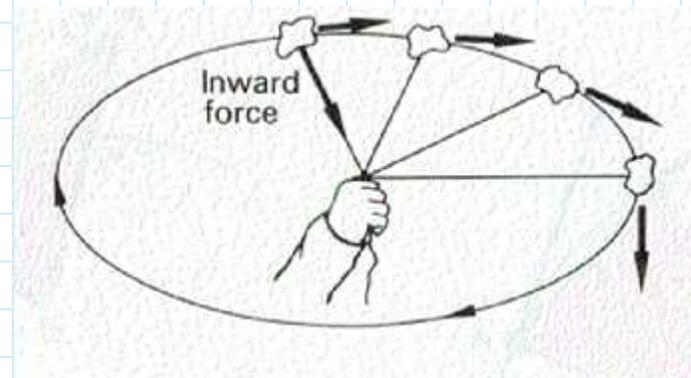
**Física** Sexta edición

Paul E. Tippens

- **Movimiento en una trayectoria circular**
- **Aceleración centrípeta**
- **Fuerza centrípeta**
- **Peralte de curvas**
- **El péndulo cónico**
- **Movimiento en un círculo vertical**
- **Gravitación**
- **El campo gravitacional y el peso**
- **Satélites en órbitas circulares**
- **Leyes de Kepler**

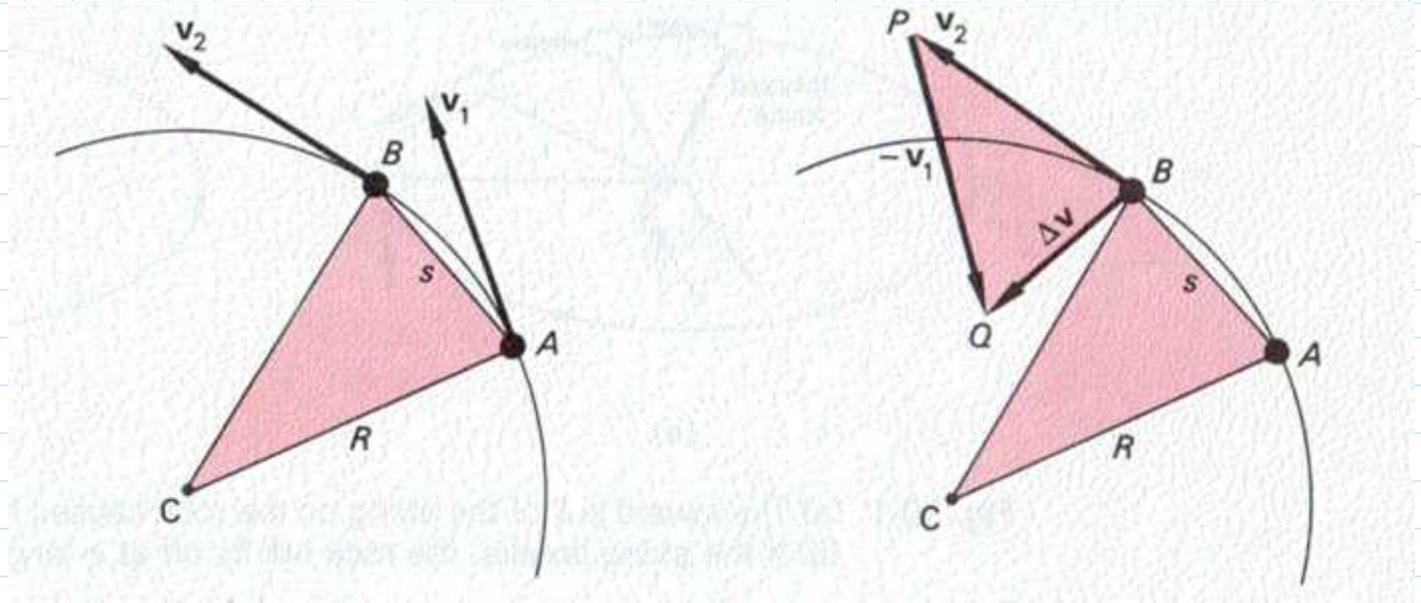
# Movimiento en una trayectoria circular

El **movimiento circular uniforme** es un movimiento en el cual la velocidad no cambia, **sólo hay un cambio en la dirección.**



# Aceleración centrípeta

**Centrípeta** significa que la aceleración siempre se dirige hacia el **centro**.



$$a_c = \frac{v^2}{R}$$

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_2 - v_1}{\Delta t}$$

$$v = \frac{2\pi R}{T}$$

$$v = 2\pi fR$$

donde:

v = velocidad lineal

T = periodo

f = velocidad rotacional

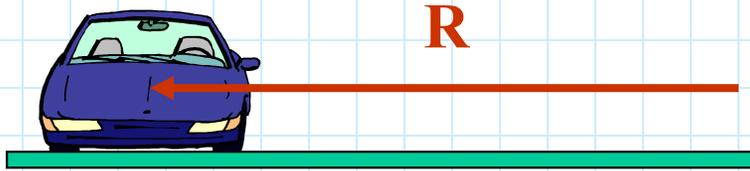
# Fuerza centrípeta

La **fuerza centrípeta** es la **fuerza** necesaria para mantener el movimiento circular uniforme.

$$F_c = ma_c = \frac{mv^2}{R}$$

# Peralte de curvas

Cuando un automóvil toma una **curva cerrada** de radio  $R$ , la fricción entre las llantas y el pavimento genera una fuerza centrípeta.

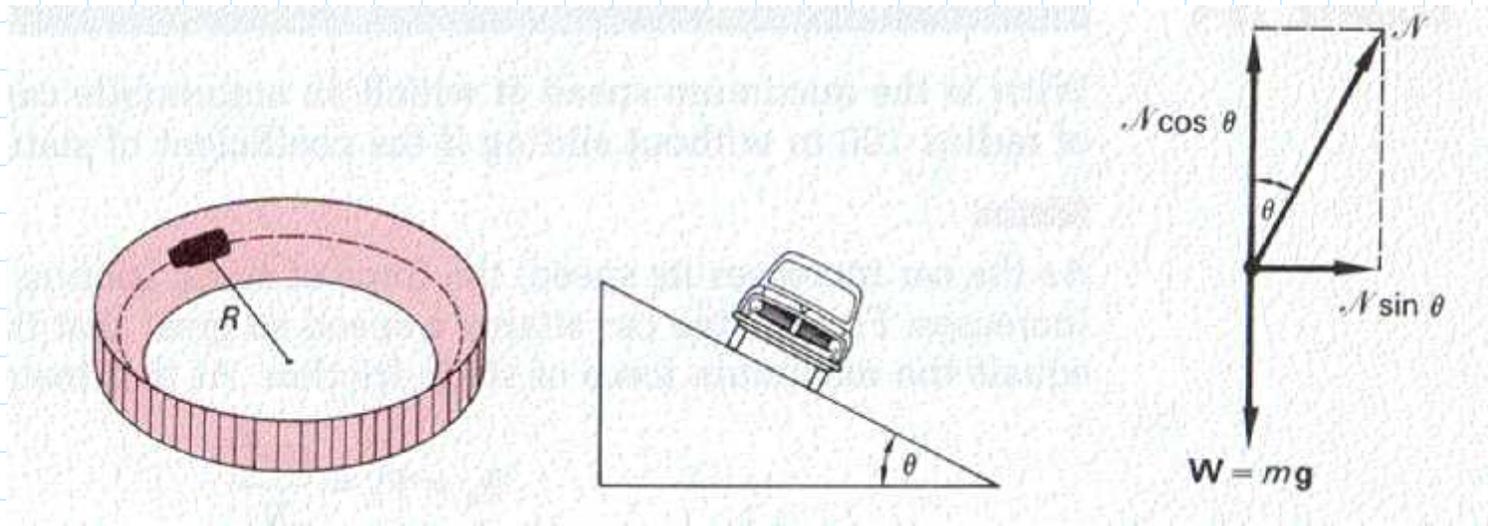


$$\frac{mv^2}{R} = \mu_k mg$$

La **velocidad máxima** para tomar esta curva sin derrapar es:

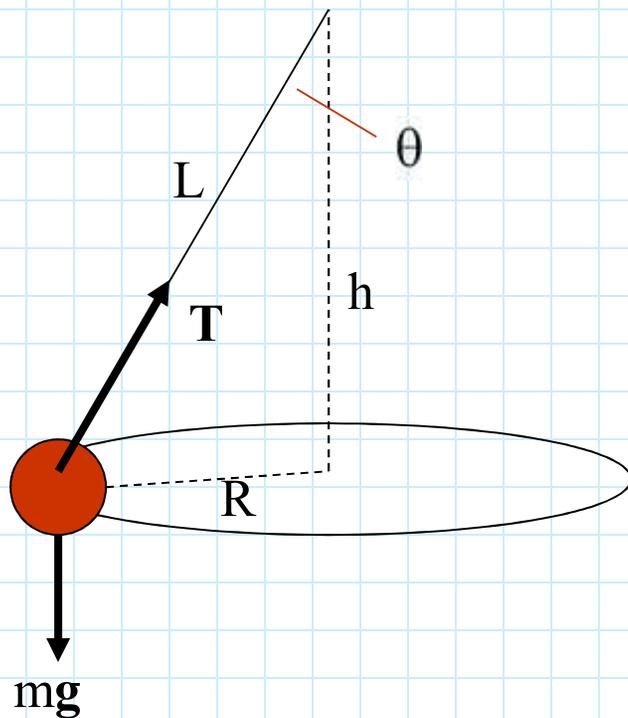
$$v = \sqrt{\mu_s g R}$$

# Peralte de curvas



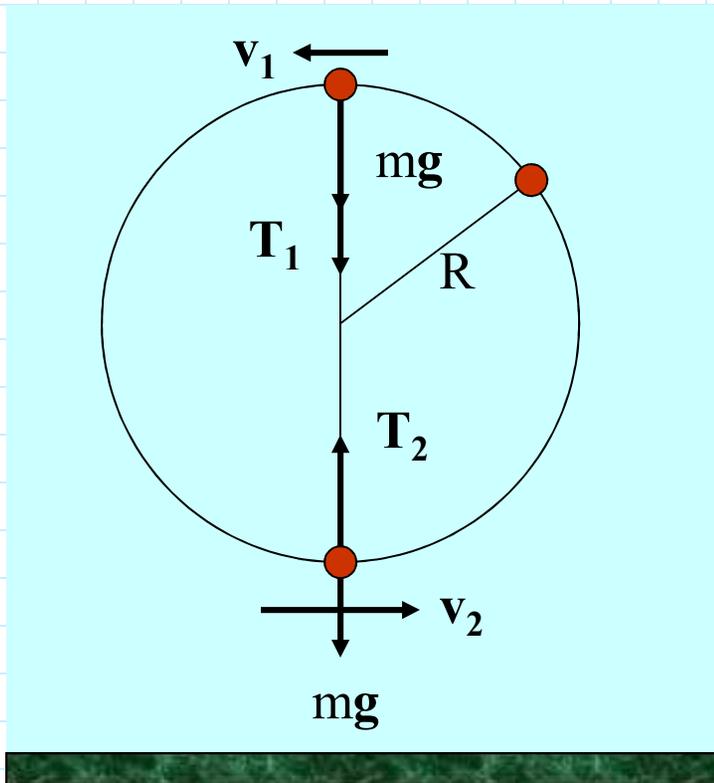
$$\tan \theta = \frac{v^2}{Rg}$$

# El péndulo cónico



$$f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{g}{h}}$$

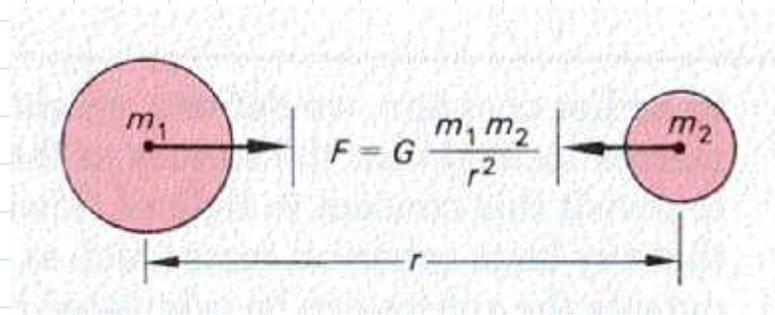
# Movimiento en un círculo vertical



$$T_1 + mg = \frac{mv_1^2}{R}$$

$$T_2 + mg = \frac{mv_2^2}{R}$$

# Gravitación

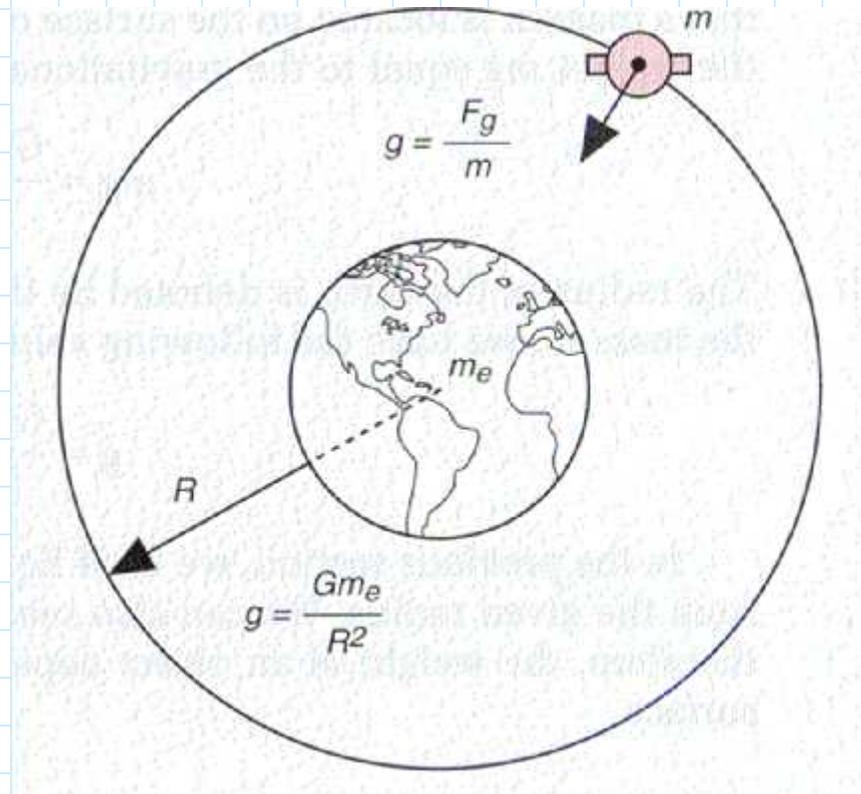


$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

# El campo gravitacional y el peso

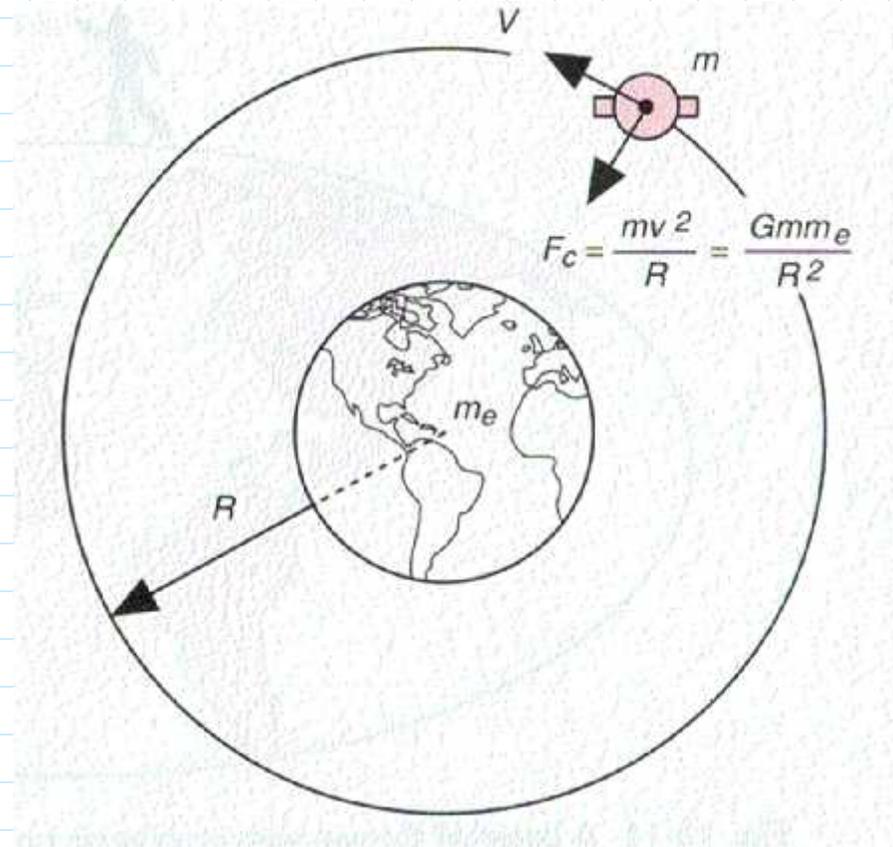
$$g = \frac{Gm_e}{R_e^2}$$

$$g = \frac{F_g}{m} = \frac{Gm_e}{R_e^2}$$



# Satélites en órbitas circulares

$$v = \sqrt{\frac{Gm_e}{R}}$$



# Leyes de Kepler

## Primera Ley de Kepler

Todos los planetas se mueven en **órbitas elípticas** con el **Sol** en uno de los focos.

Esta ley a veces se llama **ley de órbitas**.

## Segunda Ley de Kepler

Una línea que conecte un planeta con el Sol **abarca áreas iguales** en **tiempos iguales**.

A esta ley se le llama también **ley de áreas**.

## Tercera Ley de Kepler

El cuadrado del **periodo de cualquier planeta** es proporcional al cubo de la **distancia media** del planeta al Sol.

Esta ley también se conoce como **ley de los periodos**.

# Conceptos clave

- **Movimiento circular uniforme**
- **Aceleración centrípeta**
- **Fuerza centrípeta**
- **Constante gravitacional**
- **Ley de gravitación universal**
- **Velocidad lineal**
- **Periodo**
- **Frecuencia**
- **Velocidad crítica**
- **Péndulo cónico**

# Resumen de ecuaciones

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_2 - v_1}{\Delta t}$$

$$F_c = ma_c = \frac{mv^2}{R}$$

$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

$$a_c = \frac{v^2}{R}$$

$$v = \sqrt{\mu_s g R}$$

$$g = \frac{G m m_e}{R_e^2}$$

$$v = \frac{2\pi R}{T}$$

$$\tan \theta = \frac{v^2}{Rg}$$

$$g = \frac{F_g}{m} = \frac{G m_e}{R^2}$$

$$v = 2\pi f R$$

$$f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{g}{h}}$$

$$T^2 = \left( \frac{4\pi^2}{G m_e} \right) R^3$$

# Rotación de cuerpos rígidos

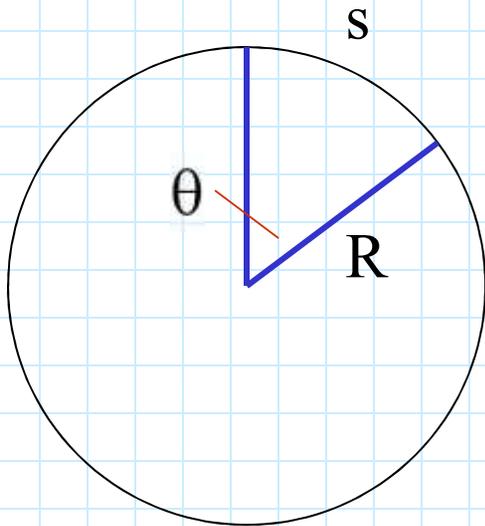
## Capítulo 11

**Física** Sexta edición

Paul E. Tippens

- **Desplazamiento angular**
- **Velocidad angular**
- **Aceleración angular**
- **Relación entre los movimientos rotacional y lineal**
- **Energía cinética rotacional: Momento de inercia**
- **Segunda ley del movimiento en la rotación**
- **Trabajo y potencia rotacionales**
- **Cantidad de movimiento angular**
- **Conservación de la cantidad de movimiento angular**

# Desplazamiento angular



$$\theta = \frac{s}{R}$$

# Velocidad angular

La **velocidad angular** es la razón de cambio del desplazamiento angular con respecto al tiempo.

$$\omega = \frac{\theta}{t}$$

# Aceleración angular

La **aceleración angular** es la razón del cambio en la velocidad angular.

$$\alpha = \frac{\omega_f - \omega_0}{t}$$

## Comparación entre aceleración angular y aceleración lineal

$$s = \bar{v}t = \frac{v_f + v_0}{2} t$$

$$\theta = \bar{\omega}t = \frac{\omega_f - \omega_0}{2} t$$

$$v_f = v_0 + at$$

$$\omega_f = \omega_0 + \alpha t$$

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

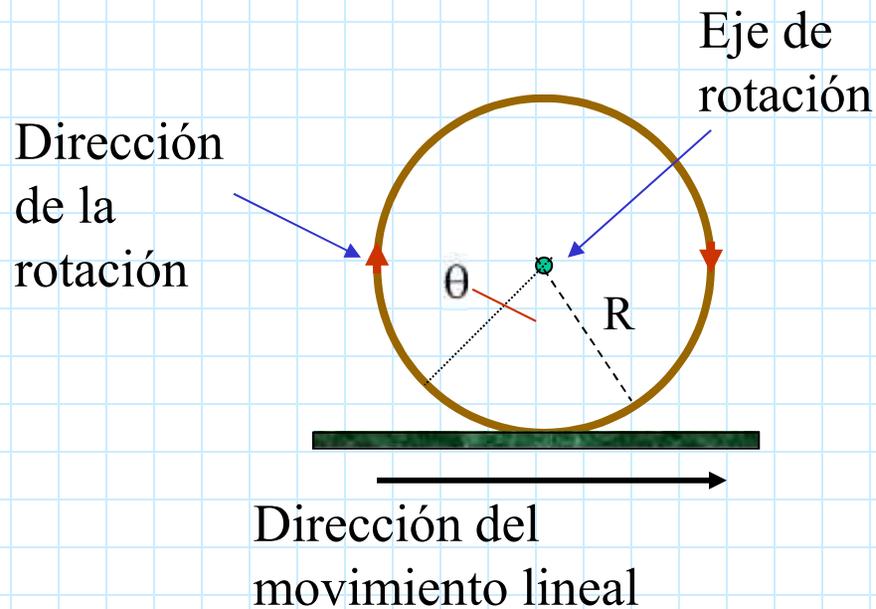
$$\theta = \omega_0 t + \frac{1}{2} \alpha t^2$$

$$2as = v_f^2 - v_0^2$$

$$2\alpha\theta = \omega_f^2 - \omega_0^2$$

# Relación entre los movimientos rotacional y lineal

El **eje de rotación** de un cuerpo rígido que gira se puede definir como la línea de partículas que permanecen estacionarias durante la rotación.



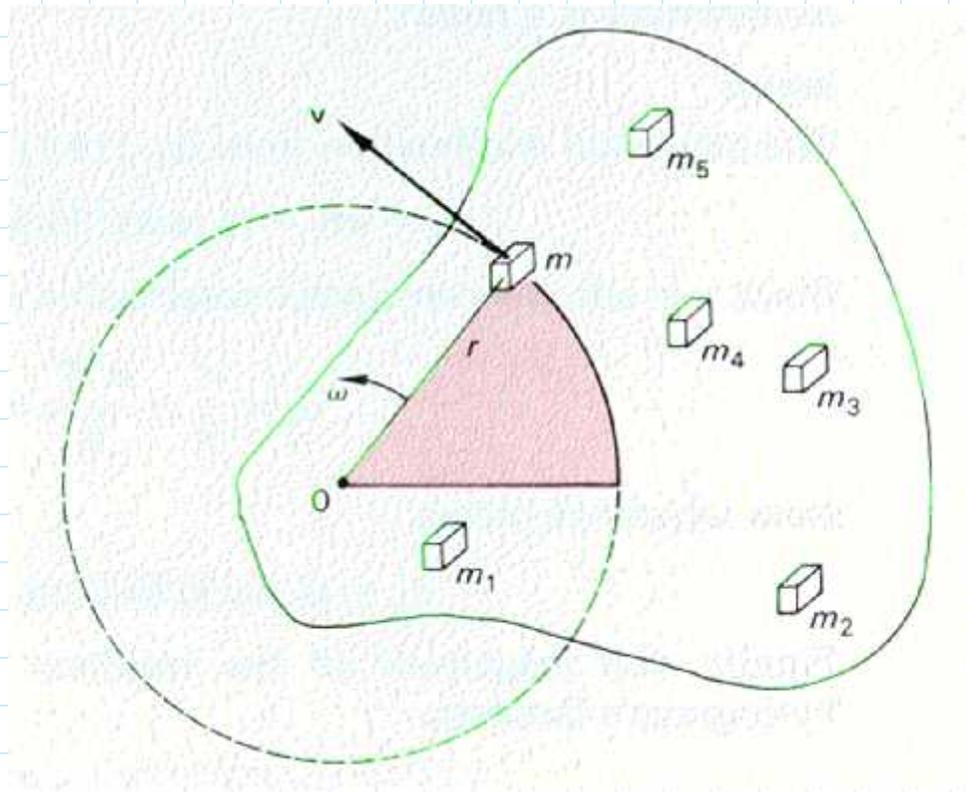
$$v = \omega R$$

$v$  = velocidad lineal  
 $\omega$  = velocidad angular  
 $R$  = radio de rotación

$$a_T = \alpha R$$

$a_T$  = aceleración lineal  
 $\alpha$  = aceleración angular  
 $R$  = radio de rotación

# Energía cinética rotacional: cantidad de movimiento de inercia



$$I = \sum mr^2$$

$$E_k = \frac{1}{2} I \omega^2$$

# La segunda ley del movimiento en la rotación

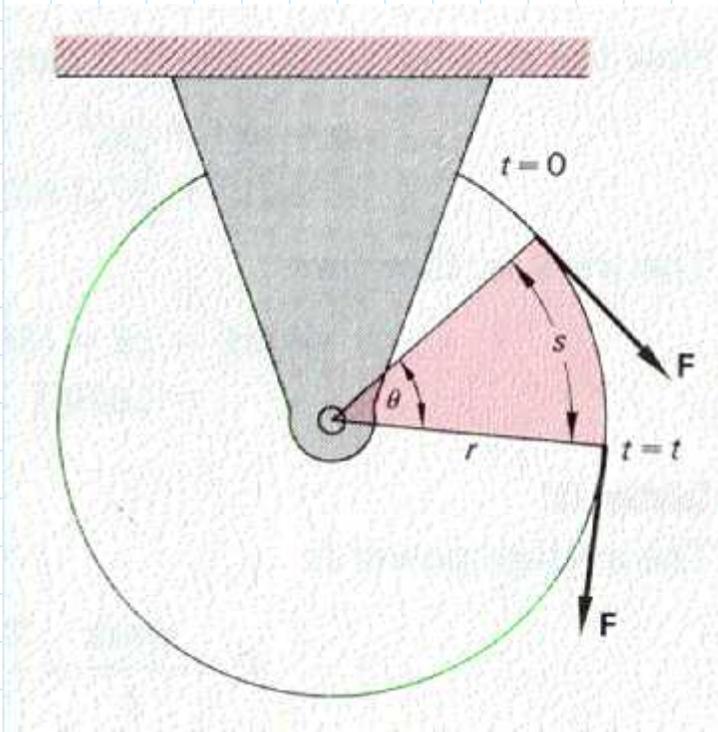
Momento de torsión = momento de inercia x aceleración angular

$$\tau = I\alpha$$

Un **momento de torsión resultante** aplicado a un **cuerpo rígido** siempre genera una **aceleración angular** que es directamente proporcional al **momento de torsión de aplicado** e inversamente proporcional al **momento de inercia** del cuerpo.

$$\alpha = \frac{\tau}{I}$$

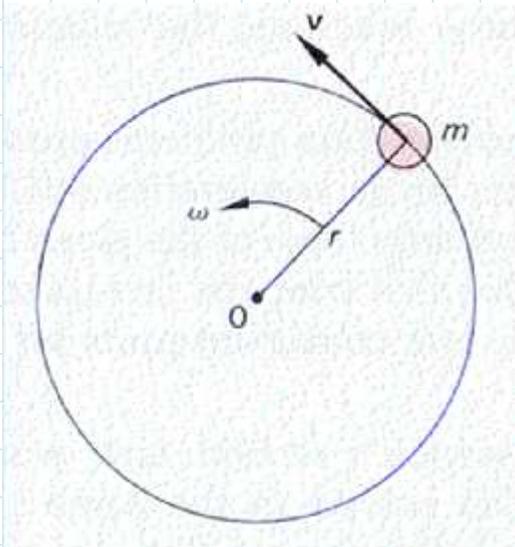
# Trabajo y potencia rotacional



$$\text{work} = \tau\theta$$

$$\text{power} = \tau\bar{\omega}$$

# Cantidad de movimiento angular



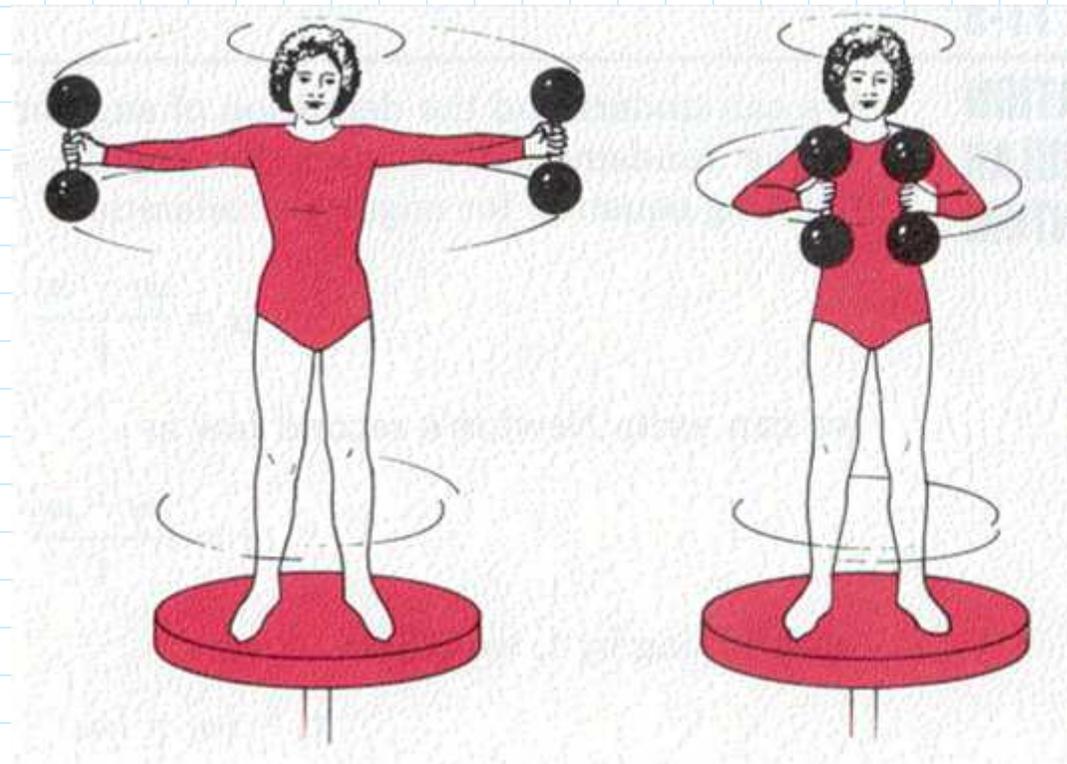
$$L = (\sum mr^2)\omega$$

$$L = I\omega$$

# Conservación de la cantidad de movimiento angular

Si la suma de los **momentos de torsión externos** que actúan sobre un cuerpo o sistema de cuerpos es igual a cero, la cantidad de **movimiento angular** permanece inalterada.

$$I\omega_f = I\omega_0$$



# Resumen de ecuaciones

$$\theta = \frac{s}{R}$$

$$\theta = \bar{\omega}t = \frac{\omega_f - \omega_0}{2} t$$

$$I = \sum mr^2$$

$$E_k = \frac{1}{2} I \omega^2$$

$$\bar{\omega} = \frac{\theta}{t}$$

$$\omega_f = \omega_0 + \alpha t$$

$$\tau = I \alpha$$

$$\theta = \omega_0 t + \frac{1}{2} \alpha t^2$$

$$\text{work} = \tau \theta$$

$$\bar{\omega} = 2\pi f$$

$$2\alpha\theta = \omega_f^2 - \omega_0^2$$

$$\text{power} = \tau \bar{\omega}$$

$$a = \frac{\omega_f - \omega_0}{t}$$

$$v = \omega R$$

$$L = I \omega$$

$$a_T = \alpha R$$

$$I \omega_f = I \omega_0$$

# Máquinas simples

## Capítulo 12

**Física** Sexta edición

Paul E. Tippens

- **Máquinas simples y eficiencia**
- **Ventaja mecánica**
- **La palanca**
- **Aplicaciones del principio de la palanca**
- **La transmisión del momento de torsión**
- **El plano inclinado**
- **Aplicaciones del plano inclinado**

# Máquinas simples y eficiencia

La **eficiencia** de una máquina simple se define como la relación del trabajo de salida entre el trabajo de entrada:

$$E = \frac{\text{work output}}{\text{work input}}$$

La **potencia** es trabajo por unidad de tiempo:

$$P = \frac{\text{work}}{\text{time}}$$

La eficiencia se puede expresar en términos de **potencia de entrada** y **potencia de salida**:

$$E = \frac{P_o}{P_i}$$

# Ventaja mecánica

La **ventaja mecánica real**  $M_A$  de una máquina se define como la relación de fuerza de salida  $F_o$  entre la fuerza de entrada  $F_i$ :

$$M_A = \frac{F_o}{F_i}$$

La **ventaja mecánica ideal**  $M_I$  es la relación entre la distancia de entrada  $s_i$  y la distancia de salida  $s_o$

$$M_I = \frac{s_i}{s_o}$$

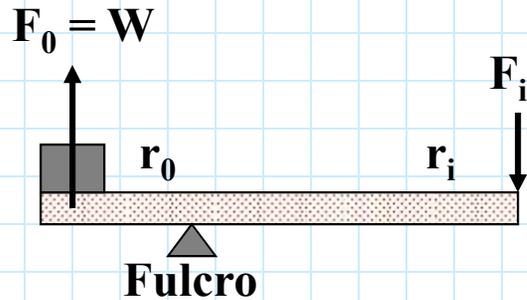
En la ausencia de fricción u otras pérdidas de energía,  $M_i = M_A$ .

$$M_I = \frac{F_o}{F_i} = \frac{s_i}{s_o}$$

La **eficiencia de una máquina simple** se puede definir en términos de la ventaja mecánica:

$$E = \frac{M_A}{M_I}$$

# La palanca



La **ventaja mecánica ideal**  $M_I$  se puede determinar mediante

- Relación de fuerzas
- Relación de distancias desde el fulcro

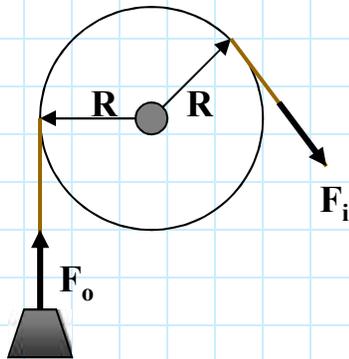
$$M_I = \frac{F_0}{F_i} = \frac{r_i}{r_0}$$

# Aplicaciones del principio de la palanca

**Las poleas son aplicaciones del principio de la palanca.**

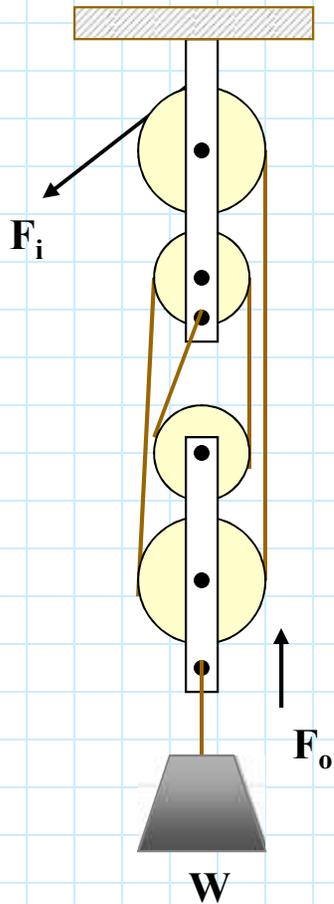
$$M_I = \frac{F_O}{F_i} = \frac{R}{r}$$

**Para una polea simple,  $r = R$  y la ventaja mecánica ideal es igual a 1:**



$$M_I = \frac{F_O}{F_i} = 1$$

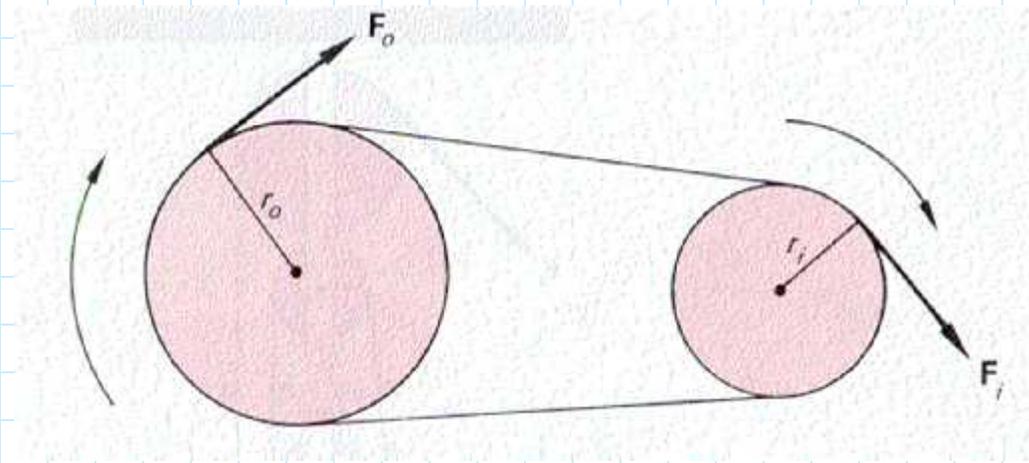
# Aplicaciones del principio de la palanca



Para el **polipasto**, la ventaja mecánica ideal es 4:

$$M_I = \frac{F_o}{F_i} = \frac{4F_i}{F_i} = 4$$

# La transmisión del momento de torsión



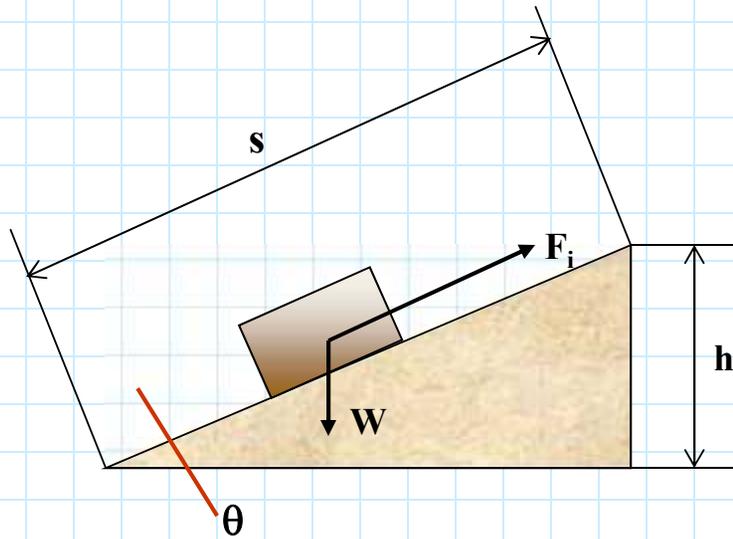
Para la **transmisión del momento de torsión:**

$$M_I = \frac{\text{output torque}}{\text{input torque}} = \frac{\tau_o}{\tau_i}$$

En términos del **diámetro** y de la **velocidad angular:**

$$M_I = \frac{D_o}{D_i} = \frac{\omega_i}{\omega_o}$$

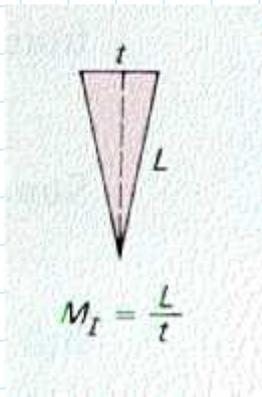
# El plano inclinado



$$M_I = \frac{W}{F_i} = \frac{s}{h}$$

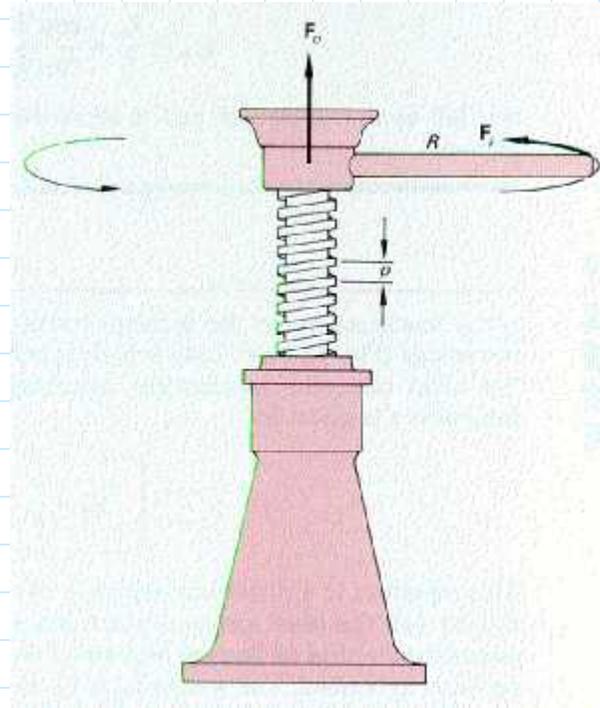
# Aplicaciones del plano inclinado

Para una **cuña**:



$$M_I = \frac{L}{t}$$

Para un **tornillo**:



$$M_I = \frac{2\pi R}{p}$$

# Conceptos clave

- **Máquina**
- **Eficiencia**
- **Polea**
- **Engranés**
- **Cuña**
- **Tornillo**
- **Palanca**
- **Paso de tuerca**
- **Plano inclinado**
- **Rueda y eje**
- **Ventaja mecánica real**
- **Ventaja mecánica ideal**
- **Transmisión por correa**

# Resumen de ecuaciones

$$E = \frac{P_o}{P_i}$$

$$M_I = \frac{D_o}{D_i} = \frac{\omega_i}{\omega_o}$$

$$M_A = \frac{F_o}{F_i}$$

$$M_I = \frac{F_o}{F_i} = \frac{r_i}{r_o}$$

$$M_I = \frac{W}{F_i} = \frac{s}{h}$$

$$M_I = \frac{s_i}{s_o}$$

$$M_I = \frac{F_o}{F_i} = \frac{R}{r}$$

$$M_I = \frac{L}{t}$$

$$E = \frac{M_A}{M_I}$$

$$M_I = \frac{2\pi R}{\rho}$$

# Elasticidad

## Capítulo 13

**Física** Sexta edición

Paul E. Tippens

- **Propiedades elásticas de la materia**
- **Módulo de Young**
- **Módulo de corte**
- **Elasticidad de volumen; módulo de volumen**
- **Otras propiedades físicas de los metales**

# Propiedades elásticas de la materia

El **esfuerzo** es la razón de una fuerza aplicada entre el área sobre la actúa.

La **deformación** es el cambio relativo en las dimensiones o en la forma de un cuerpo como resultado de la aplicación de un esfuerzo.

El **límite elástico** es el esfuerzo máximo que puede sufrir un cuerpo sin que la deformación sea permanente.

**Ley de Hooke:** siempre que no se exceda el límite elástico, una deformación elástica (deformación) es directamente proporcional a la magnitud de la fuerza aplicada por unidad de área (esfuerzo).

De la ley de Hooke, el **módulo de elasticidad** es la razón del esfuerzo entre la deformación.

$$\text{modulus of elasticity} = \frac{\text{stress}}{\text{strain}}$$

# Módulo de Young

El **esfuerzo longitudinal** es el resultado de una fuerza que tira y se define como la cantidad de fuerza dividida entre el área del cuerpo al que se aplica el esfuerzo.

$$\text{longitudinal stress} = \frac{F}{A}$$

Unidades métricas:

N/m<sup>2</sup> o Pascal (Pa)

Unidades USCS: lb/in<sup>2</sup>

La **deformación longitudinal** es el resultado de una fuerza que tira y se define como la razón del cambio de longitud por unidad de longitud.

$$\text{longitudinal strain} = \frac{\Delta l}{l}$$

$$\text{Young's modulus} = \frac{\text{longitudinal stress}}{\text{longitudinal strain}}$$

El **módulo de Young** es la razón del esfuerzo longitudinal por la deformación longitudinal.

Unidades métricas:

N/m<sup>2</sup> or Pascal (Pa)

Unidades USCS: lb/in<sup>2</sup>

# Módulo de Young

$$\text{Young's modulus} = \frac{\text{longitudinal stress}}{\text{longitudinal strain}}$$

$$\text{longitudinal stress} = \frac{F}{A}$$

$$\text{longitudinal strain} = \frac{\Delta l}{l}$$

$$Y = \frac{F / A}{\Delta l / l} = \frac{Fl}{A\Delta l}$$

Unidades métricas: N/m<sup>2</sup> o Pascal (Pa)

Unidades USCS: lb/in<sup>2</sup>

# Módulo de corte

El **esfuerzo cortante** es la relación de la fuerza tangencial entre el área sobre la que aplica.

$$\text{shearing stress} = \frac{F}{A}$$

Unidades métricas: N/m<sup>2</sup> o Pascal (Pa)

Unidades USCS: lb/in<sup>2</sup>

La **deformación cortante o ángulo de corte** es el ángulo de la fuerza tangencial.

$$\text{shearing angle} = \phi$$

La unidad de medición de  $\phi$  es el radián

El **módulo de corte** es la relación del esfuerzo cortante entre la deformación cortante (ángulo).

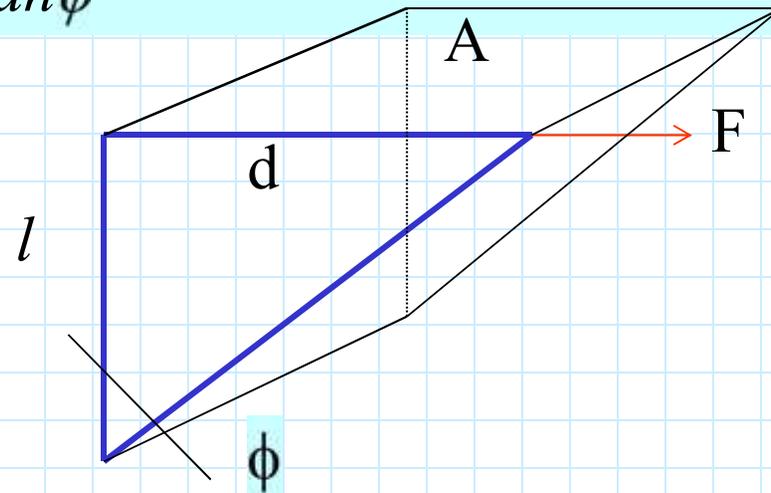
$$S = \frac{\text{shearing stress}}{\text{shearing strain}} = \frac{F / A}{\phi}$$

# Módulo de corte

$$S = \frac{\text{shearing stress}}{\text{shearing strain}} = \frac{F / A}{\phi}$$

Por lo general  $\phi$  es tan pequeño que  
 $\phi = \tan \phi$

$$S = \frac{F / A}{\tan \phi} = \frac{F / A}{d / l}$$



# Elasticidad de volumen; módulo de volumen

El **esfuerzo de volumen** es la fuerza normal (perpendicular) por unidad de área.

$$\text{volume stress} = \frac{F}{A}$$

La **deformación de volumen** es el cambio de volumen por unidad de volumen.

$$\text{volume strain} = \frac{\Delta V}{V}$$

El **módulo de volumen o elasticidad de volumen** es la relación del esfuerzo de volumen entre la deformación de volumen.

$$B = \frac{\text{volume stress}}{\text{volume strain}} = \frac{F / A}{\Delta V / V}$$

# Otras propiedades físicas de los metales

**Dureza** es la capacidad de los metales para resistirse a ser rayados por otros.

**Ductilidad** es la capacidad de un metal para extenderse en alambres.

**Maleabilidad** es la propiedad que permite martillar o doblar los metales para darles la forma deseada o para laminarlos en forma de hojas.

**Conductividad** es la capacidad de los metales para permitir que fluya la electricidad.

# Conceptos clave

- **Esfuerzo**
- **Deformación**
- **Módulo de elasticidad**
- **Esfuerzo longitudinal**
- **Deformación longitudinal**
- **Módulo de Young**
- **Esfuerzo cortante**
- **Deformación cortante**
- **Módulo de cortante**
- **Esfuerzo de volumen**
- **Deformación de volumen**
- **Módulo de volumen**

# Resumen de ecuaciones

$$Y = \frac{F / A}{\Delta l / l}$$

$$Y = \frac{Fl}{A \cdot \Delta l}$$

$$S = \frac{F / A}{\tan \phi}$$

$$S = \frac{F / A}{d / l}$$

$$B = \frac{F / A}{\Delta V / V}$$

# Movimiento armónico simple

## Capítulo 14

**Física** Sexta edición

Paul E. Tippens

- **Movimiento periódico**
- **El círculo de referencia**
- **Velocidad en el movimiento armónico simple**
- **Aceleración en el movimiento armónico simple**
- **El periodo y la frecuencia**
- **El péndulo simple**
- **El péndulo de torsión**

# Movimiento periódico

- **Movimiento periódico simple** es aquel en cual un cuerpo se mueve de una lado a otro sobre una trayectoria fija, regresando a cada posición y velocidad después de un intervalo de tiempo definido.
- **Movimiento armónico simple** es un movimiento periódico que tiene lugar en ausencia de fricción y es producido por una fuerza de restitución que es directamente proporcional al desplazamiento y tiene una dirección opuesta a éste.

Una **fuerza de restitución**  $F$  actúa en dirección opuesta al movimiento del cuerpo en oscilación.

$$F = -kx$$

# Movimiento periódico

El **periodo**,  $T$ , es el tiempo para realizar una oscilación completa.

La **frecuencia**,  $f$ , es el número de oscilaciones completas por unidad de tiempo.

$$f = \frac{1}{T}$$

$T$  se expresa en segundos (s) y  $f$  en oscilaciones por segundo, o **Hertz** (Hz).

# El círculo de referencia

El **círculo de referencia** compara el movimiento de un objeto que recorre una trayectoria circular con su proyección horizontal.

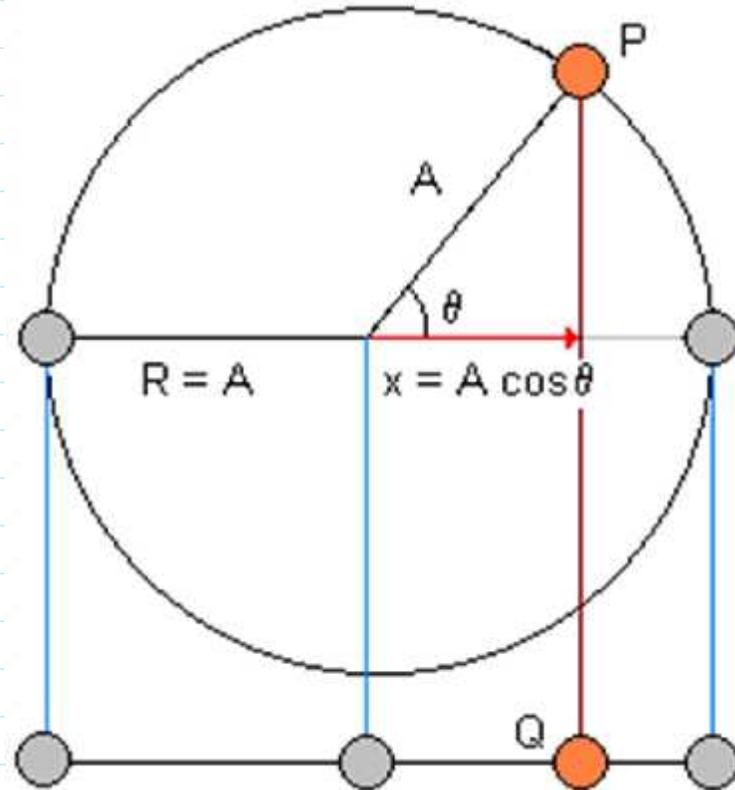
$$x = A \cos \theta$$

donde:

$x$  = **desplazamiento** horizontal

$A$  = **amplitud** de la oscilación

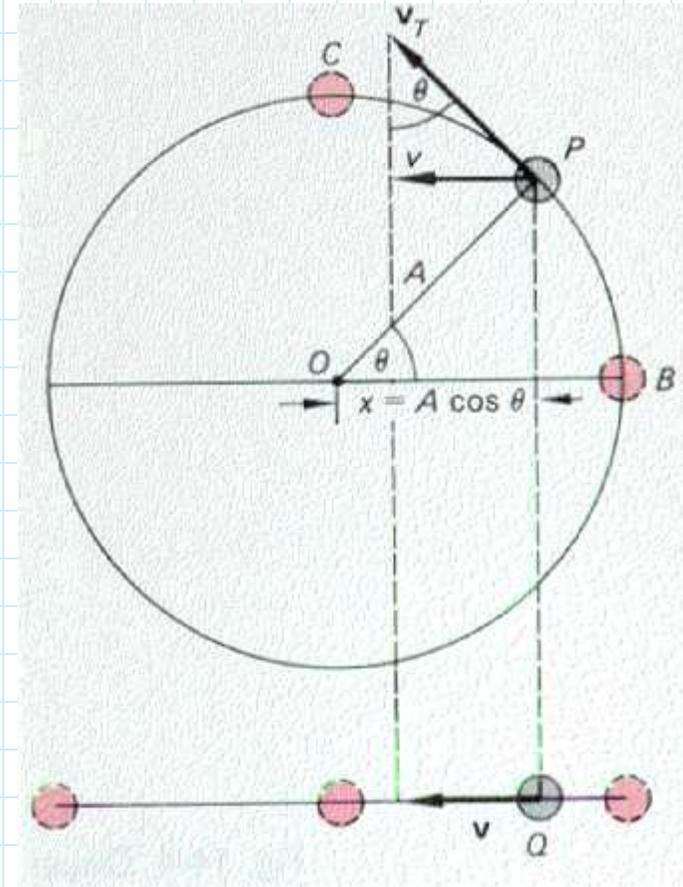
$\theta$  = **ángulo de** desplazamiento



# Velocidad en el movimiento armónico simple

La **velocidad** ( $v$ ) de un cuerpo que oscila en un instante dado es la componente horizontal de su velocidad tangencial ( $v_T$ ).

$$v = -2\pi ft \sin 2\pi ft$$



# Aceleración en el movimiento armónico simple

La **aceleración** ( $a$ ) de un cuerpo que oscila en un instante dado es la componente horizontal de su **aceleración centrípeta** ( $a_c$ ).

$$a = -4\pi^2 f^2 x$$

donde:

$a$  = aceleración

$a_c$  = aceleración centrípeta

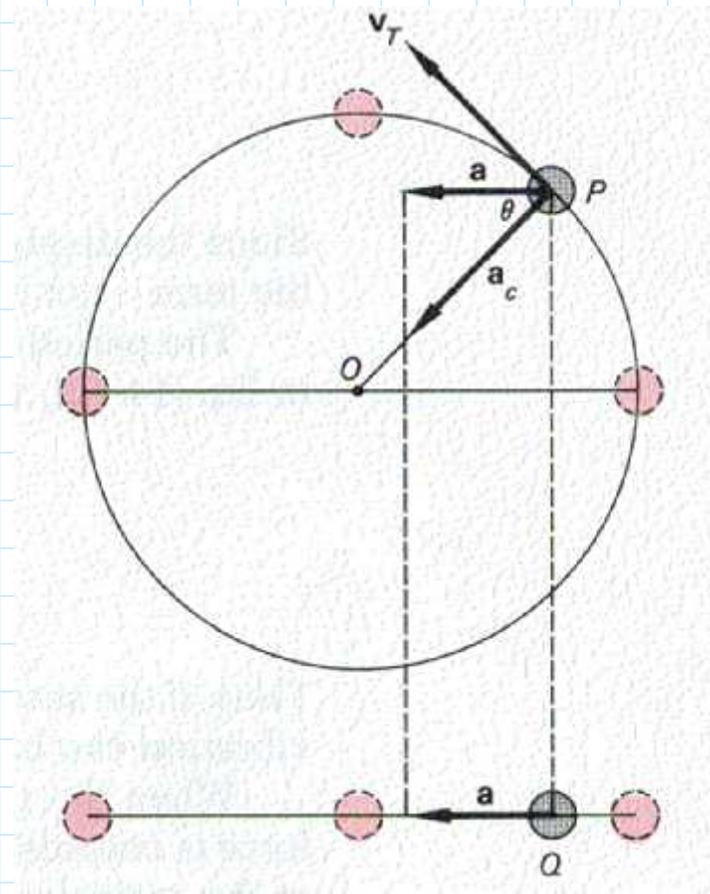
$\theta$  = ángulo

$\omega$  = velocidad angular

$f$  = frecuencia

$A$  = amplitud

$x$  = desplazamiento horizontal



# El periodo y la frecuencia

Para un péndulo:

$$f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{a}{x}}$$

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{x}{a}}$$

Para un cuerpo que vibra con una fuerza de restitución elástica:

$$f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{m}}$$

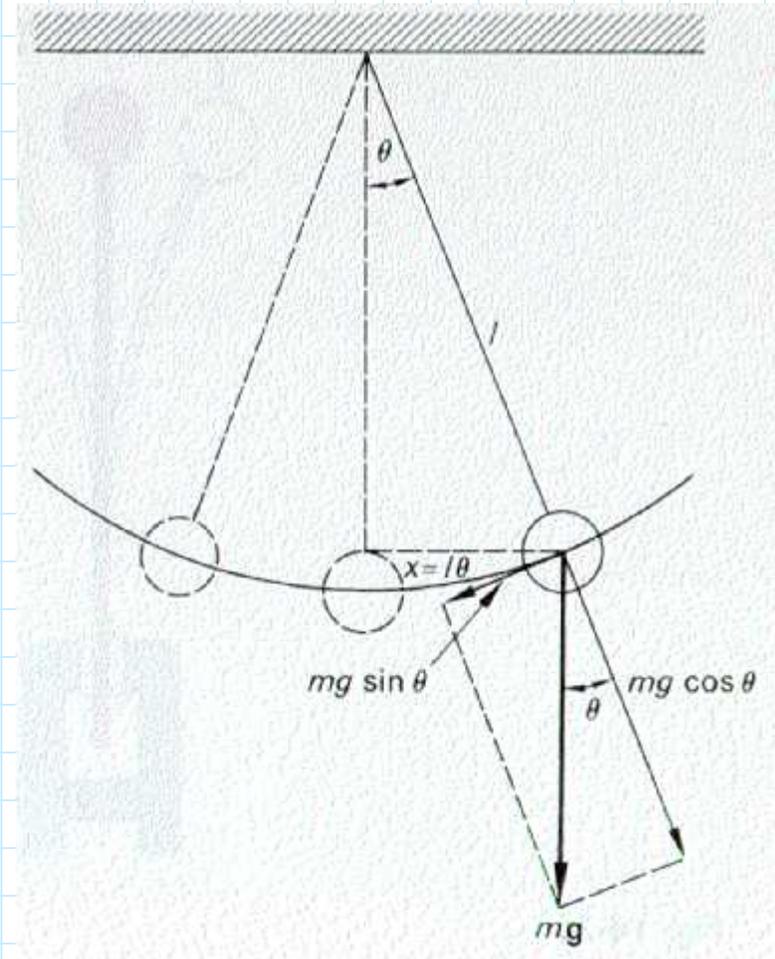
$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$$

a = aceleración del cuerpo  
f = frecuencia de la oscilación  
x = desplazamiento del cuerpo  
k = constante del resorte  
m = masa del cuerpo  
T = periodo de la oscilación

# El péndulo simple

El periodo de un **péndulo simple** está dado por:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$$

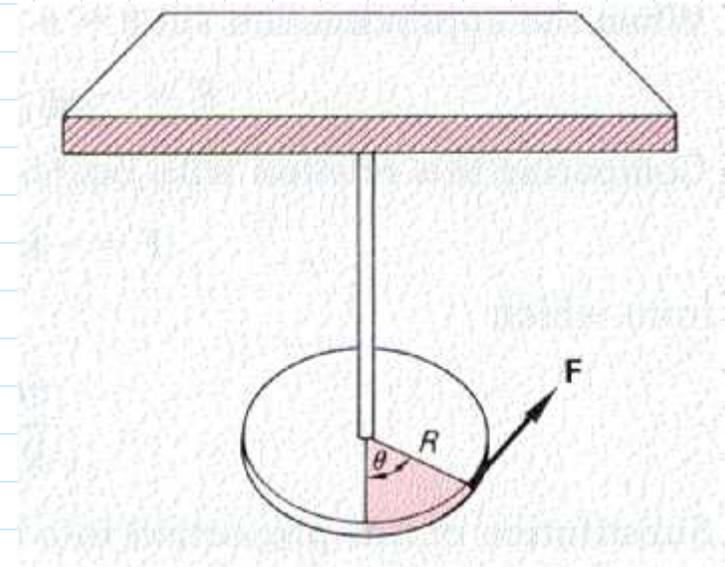


# El péndulo de torsión

El periodo de un **péndulo de torsión** está dado por:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{I}{k'}}$$

Donde  $k'$  es una constante de torsión que depende del material de que está hecha la varilla.



# Conceptos clave

- **Movimiento armónico simple**
- **Constante elástica**
- **Fuerza de recuperación**
- **Péndulo simple**
- **Constante de torsión**
- **Amplitud**
- **Frecuencia**
- **Periodo**
- **Hertz**

# Resumen de ecuaciones

$$f = -kx$$

$$f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{a}{x}}$$

$$f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{m}}$$

$$f = \frac{1}{T}$$

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{x}{a}}$$

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$$

$$v = -2\pi f t \sin 2\pi f t$$

$$a = -4\pi^2 f^2 x$$

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{1}{g}}$$

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{1}{k'}}$$

# Fluidos

## Capítulo 15

**Física** Sexta edición

Paul E. Tippens

- **Densidad**
- **Presión**
- **Presión del fluido**
- **Medición de la presión**
- **La prensa hidráulica**
- **Principio de Arquímedes**
- **Flujo de fluidos**
- **Presión y velocidad**
- **Ecuación de Bernoulli**
- **Aplicaciones de la ecuación de Bernoulli**

# Densidad

El **peso específico** de un cuerpo es la relación entre su peso (**W**) y su volumen (**V**).

$$D = \frac{W}{V}$$

Unidades:  
N/m<sup>3</sup> o lb/f<sup>3</sup>

La **densidad o masa específica** de un cuerpo es la relación entre su masa (**m**) y su volumen (**V**).

$$\rho = \frac{m}{V}$$

Unidades:  
kg/m<sup>3</sup> o slugs/f<sup>3</sup>

Recuerde: en un campo gravitacional,  $W = mg$

Por lo tanto: los  $mg$  pueden sustituirse por  $W$  en la definición de densidad o peso específico

$$D = \frac{mg}{V}$$

En la definición de densidad de masa, se puede sustituir  $\rho$  por  $m/V$ :

$$D = \rho g$$

# Presión

**Presión** es la fuerza normal por unidad de área y la relación de la fuerza (F) entre el área (A).

$$P = \frac{F}{A}$$

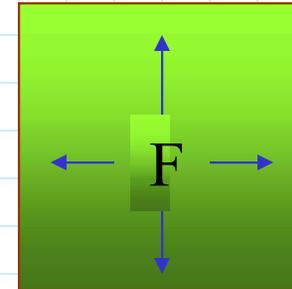
Unidades: N/m<sup>2</sup> o lb/in<sup>2</sup>

En unidades SI , N/m<sup>2</sup> se llama pascal (Pa).

Las aplicaciones prácticas se usa con frecuencia unidades de 1000 pascales, o kilopascales, kPa.

# Presión del fluido

La fuerza que ejerce un fluido en las paredes del recipiente que lo contiene siempre actúa en forma perpendicular a esas paredes.



Los fluidos ejercen presión en todas las direcciones.

La **presión del fluido** en cualquier punto es directamente proporcional a la densidad del fluido y a la profundidad bajo la superficie del fluido.

$$P = Dh = \rho gh$$

- P es la presión
- D es el peso específico del fluido
- h es la profundidad del fluido
- $\rho$  es la densidad del fluido
- g es la aceleración debida a la gravedad

# Presión del fluido

## Resumen de los principios de presión del fluido

- La fuerza que ejerce un fluido sobre las paredes del recipiente que lo contiene siempre actúa en forma perpendicular a esas paredes.
- La presión del fluido es directamente proporcional a la densidad del fluido y a la profundidad bajo la superficie del mismo.
- A cualquier profundidad, la presión del fluido es la misma en todas las direcciones.
- La presión del fluido es independiente de la forma o del área del recipiente que lo contiene.

# Medición de la presión

La **ley de Pascal** en general establece que una presión externa aplicada a un fluido confinado se transmite uniformemente a través del volumen del líquido.

La **presión atmosférica** es la cantidad de presión que ejerce la atmósfera de la Tierra sobre el dispositivo de medición.

La cantidad de presión atmosférica depende de la altitud. Al nivel del mar la presión atmosférica es 101.3 kPa o 14.7 lb/in<sup>2</sup>.

La **presión manométrica** es la cantidad de presión por encima o debajo de la presión atmosférica.

La **presión absoluta** es la cantidad total de presión, incluyendo al presión atmosférica.

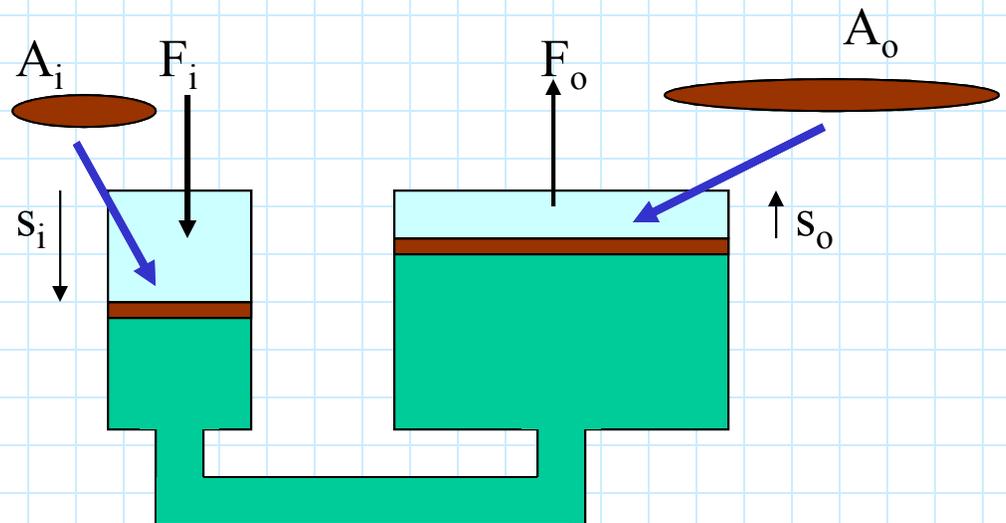
$$\text{Presión absoluta} = \text{presión manométrica} + \text{presión atmosférica}$$

# La prensa hidráulica

Una presión  $F_i$  aplicada al líquido en lado izquierdo de la prensa hidráulica se transmite íntegramente al líquido del lado derecho  $F_o$ .

input pressure = output pressure

$$\frac{F_i}{A_i} = \frac{F_o}{A_o}$$



**Hay una ventaja mecánica en este sistema:**

**La relación del área de salida entre el área de entrada.**

$$M_I = \frac{F_o}{F_i} = \frac{A_o}{A_i}$$

**La relación entre la entrada y la salida cambia la distancia recorrida.**

$$M_I = \frac{F_o}{F_i} = \frac{s_i}{s_o}$$

# Principio de Arquímedes

El **principio de Arquímedes** establece que un objeto que se encuentra parcial o totalmente sumergido en un fluido experimenta una fuerza ascendente (empuje) igual al peso del fluido desalojado. La fuerza ascendente es conocida como **empuje**.

Empuje = peso del fluido desalojado

$$F_B = V\rho g = mg$$

- $F_B$  es el empuje
- $V$  es el volumen del fluido desalojado
- $\rho$  es la densidad de masa del fluido desalojado
- $g$  es la aceleración debida a la gravedad
- $m$  es la masa del fluido que es desalojado

# Flujo de fluidos

El **flujo aerodinámico** es el movimiento de un fluido en el cual cada partícula en el fluido sigue la misma trayectoria que siguió la partícula anterior.

El **flujo turbulento** es el movimiento de un fluido que incluye corrientes turbulentas y remolinos, que absorben gran parte de la energía del fluido e incrementan el arrastre por fricción.

El **gasto** es el volumen de fluido que pasa a través de cierta sección transversal en una unidad de tiempo.

**Gasto = velocidad x sección transversal**

$$R = vA$$

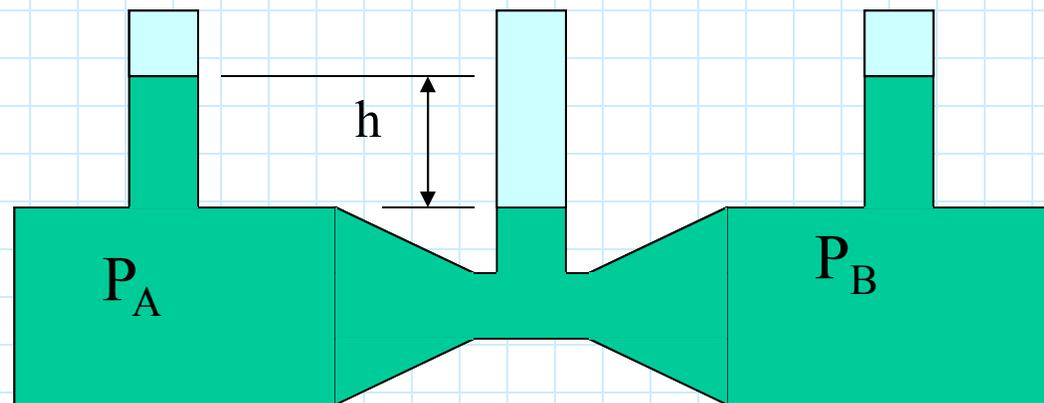
$$V = Avt$$

$$R = \frac{Avt}{t} = vA$$

# Presión y velocidad

Un líquido en el medidor Venturi pasa de A a B a través de una sección angosta. La presión  $P_A$  es mayor que la presión en la sección angosta.

$$P_A - P_B = \rho gh$$



Medidor Venturi

# La ecuación de Bernoulli

La **ecuación de Bernoulli** establece una relación entre la presión **P**, la densidad  $\rho$ , la velocidad **v**, y la altura **h** en un punto de referencia del sistema de fluidos.

$$P + \rho gh + \frac{1}{2} \rho v^2 = \text{constant}$$

$$\text{Trabajo neto} = F_1 s_1 - F_2 s_2$$

$$F_1 = P_1 A_1$$

$$F_2 = P_2 A_2$$

$$\text{Trabajo neto} = P_1 A_1 s_1 - P_2 A_2 s_2$$

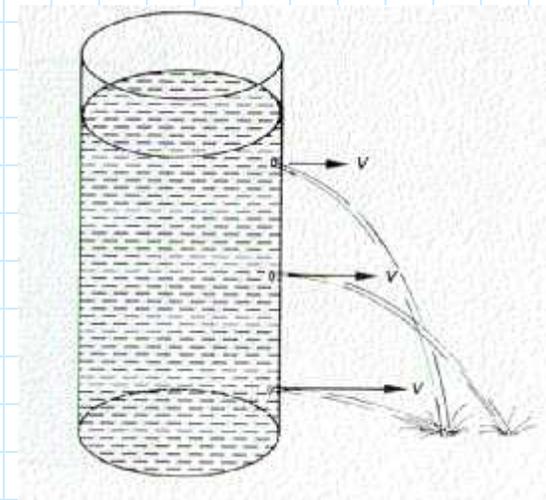
$$V = A_1 s_1 = A_2 s_2$$

$$\text{Trabajo neto} = P_1 V - P_2 V = V(P_1 - P_2)$$

# Aplicaciones de la ecuación de Bernoulli

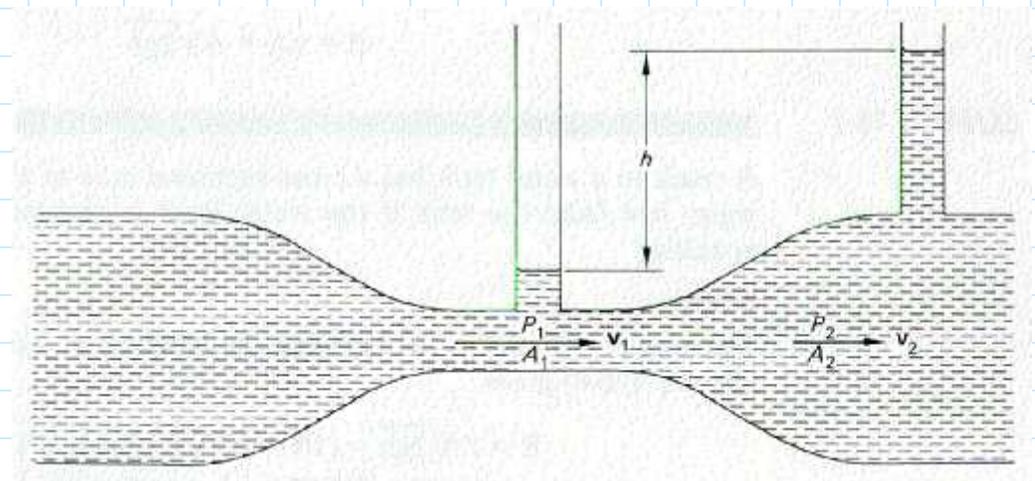
**El teorema de Torricelli se expresa por la ecuación:**

$$v = \sqrt{2gh}$$



**El efecto Venturi se muestra por:**

$$P_1 + \frac{1}{2}\rho v_1^2 = P_2 + \frac{1}{2}\rho v_2^2$$



# Resumen de ecuaciones

$$D = \frac{W}{V}$$

$$M_I = \frac{F_o}{F_i} = \frac{A_o}{A_i}$$

$$F_B = V\rho g = mg$$

$$\rho = \frac{m}{V}$$

$$M_I = \frac{F_o}{F_i} = \frac{s_i}{s_o}$$

$$R = vA$$

$$D = \frac{mg}{V}$$

$$P_A - P_B = \rho gh$$

$$D = \rho g$$

$$P = \frac{F}{A}$$

$$P + \rho gh + \frac{1}{2} \rho v^2 = \text{constant}$$

$$P = Dh = \rho gh$$

$$v = \sqrt{2gh}$$

$$P_1 + \frac{1}{2} \rho v_1^2 = P_2 + \frac{1}{2} \rho v_2^2$$

# Temperatura y expansión

## Capítulo 16

**Física** Sexta edición

Paul E. Tippens

- **Temperatura y energía térmica**
- **La medición de la temperatura**
- **El termómetro de gas**
- **La escala de temperatura absoluta**
- **Dilatación lineal**
- **Dilatación de área**
- **Dilatación de volumen**
- **La dilatación anómala del agua**

# Temperatura y energía térmica

La **energía térmica** representa la energía interna total de un objeto: la suma de sus energías moleculares potencial y cinética.

Cuando dos objetos con **diferentes temperaturas** se ponen en contacto, **se transfiere energía** de uno a otro.

Se dice que dos objetos están en **equilibrio térmico** si y sólo si tienen la misma temperatura.

El **calor** se define como la transferencia de energía térmica debida a una diferencia de temperatura.

# La medición de la temperatura

Un **termómetro** es un dispositivo que, mediante una escala graduada, indica su propia temperatura.

Los puntos fijos superior e inferior fueron necesarios para establecer la gradación de los termómetros.

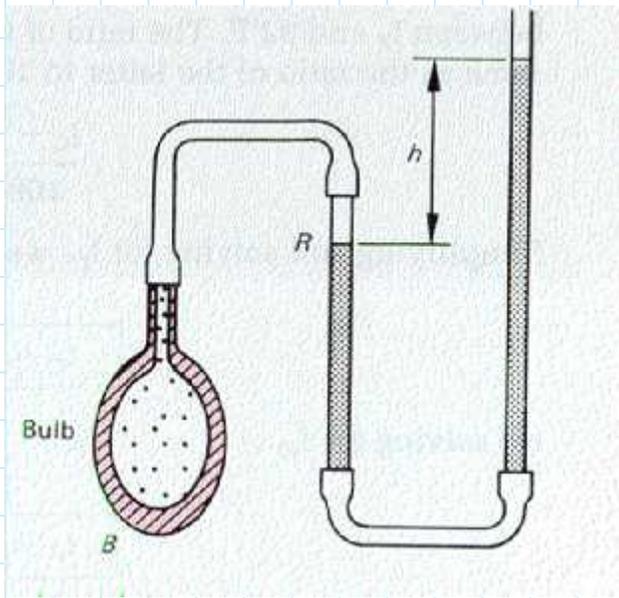
El **punto fijo inferior** (punto de congelación) es la temperatura a la cual el agua y el hielo coexisten en equilibrio térmico bajo una presión de 1 atm.

El **punto fijo superior** (punto de ebullición) es la temperatura a la cual el agua y el vapor coexisten en equilibrio bajo una presión de 1 atm.

$$t_C = \frac{5}{9}(t_F - 32)$$

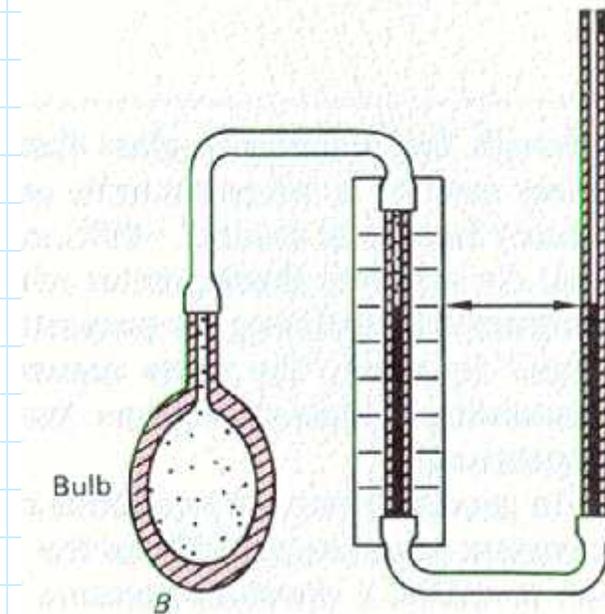
$$t_F = \frac{9}{5}(t_C + 32)$$

# El termómetro de gas

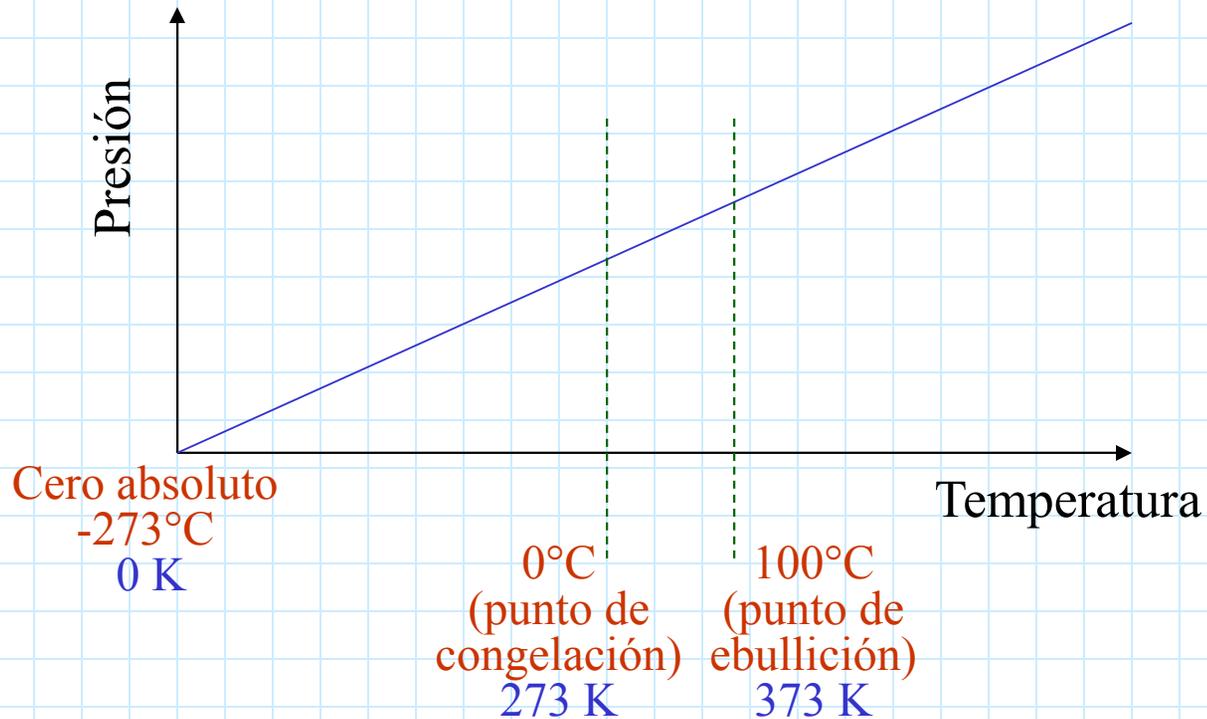


El termómetro  
a **volumen constante**

El termómetro  
a **presión constante**



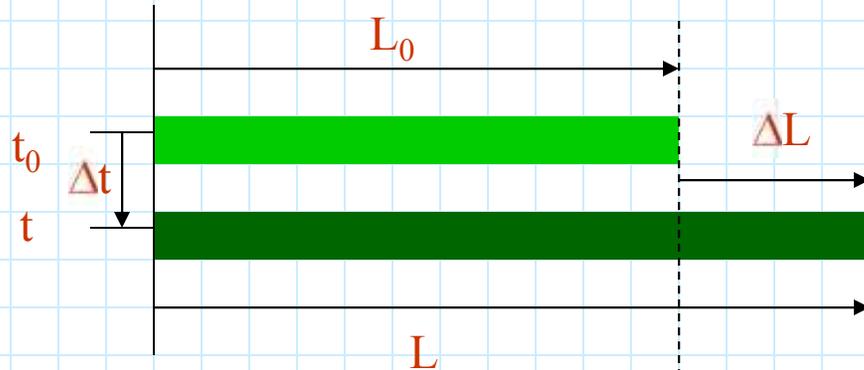
# La escala de temperatura absoluta



$$T_{\text{K}} = t_{\text{C}} + 273$$

El cero absoluto en la escala Rankine es  $-460^{\circ}\text{ F}$

# Dilatación lineal

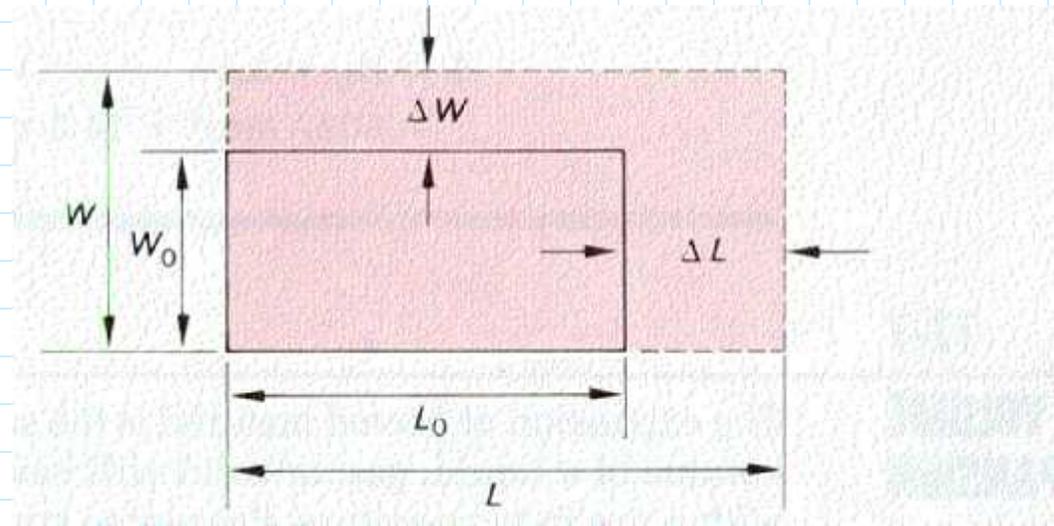


$$\Delta L = \alpha L_0 \Delta t$$

Linear coefficient of expansion

$$\alpha = \frac{\Delta L}{L_0 \Delta t}$$

# Dilatación de área



$$\Delta A = \gamma A_0 \Delta t$$

donde:

$\Delta A$  = cambio en el área

$\gamma$  = coeficiente de dilatación de área

$A_0$  = área original

$\Delta t$  = cambio en la temperatura

# Dilatación de volumen

$$\Delta V = \beta V_0 \Delta t$$

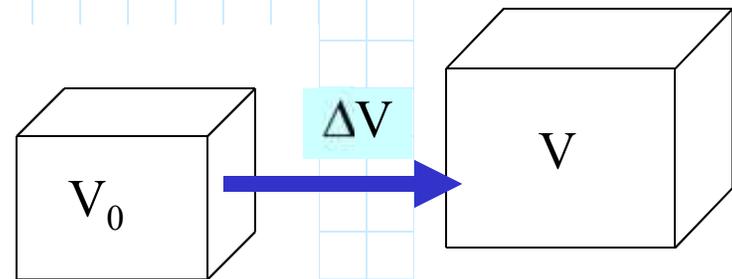
donde:

$\Delta V$  = cambio en el volumen

$\beta$  = coeficiente de dilatación de volumen

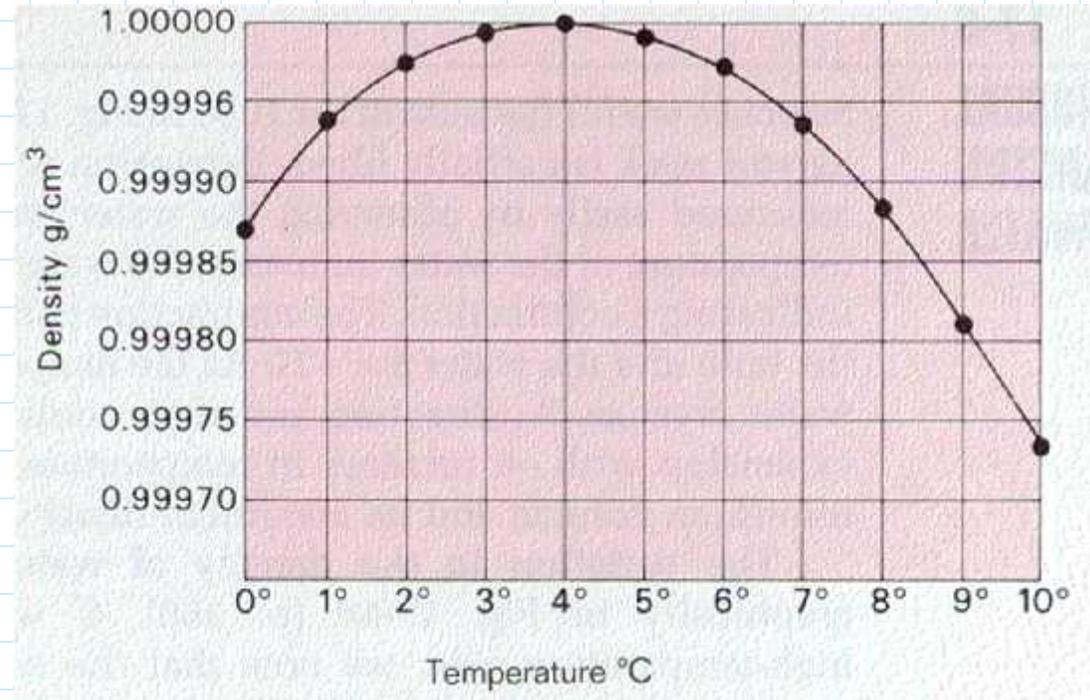
$V_0$  = área original

$\Delta t$  = cambio en la temperatura



# La dilatación anómala del agua

La **densidad** del agua, y por lo tanto su **volumen**, se dilatan con cambios en la temperatura **sobre y debajo de 4°C**.



# Conceptos clave

- **Energía térmica**
- **Temperatura**
- **Equilibrio térmico**
- **Termómetro**
- **Punto de congelación**
- **Punto de ebullición**
- **Escala Celsius**
- **Escala Fahrenheit**
- **Cero absoluto**
- **Escala Kelvin**
- **Escala Rankine**
- **Coefficiente de dilatación lineal**

# Resumen de ecuaciones

$$t_C = \frac{5}{9}(t_F - 32) \quad t_F = \frac{9}{5}(t_C + 32)$$

$$T_K = t_C + 273 \quad T_R = t_F + 460$$

$$L = L_0 + \alpha L_0 \Delta t$$

$$A = A_0 + \gamma A_0 \Delta t$$

$$V = V_0 + \beta V_0 \Delta t$$

$$\Delta L = \alpha L_0 \Delta t$$

$$\Delta A = \gamma A_0 \Delta t$$

$$\Delta V = \beta V_0 \Delta t$$

$$\alpha = \frac{\Delta L}{L_0 \Delta t}$$

$$\gamma = 2\alpha$$

$$\beta = 3\alpha$$

# Cantidad de calor

## Capítulo 17

**Física** Sexta edición

Paul E. Tippens

- **El significado de calor**
- **La cantidad de calor**
- **Capacidad de calor específico**
- **La medición del calor**
- **Cambio de fase**
- **Calor de combustión**

# La cantidad de calor

Una **caloría** (Cal) es la cantidad de calor necesaria para elevar la temperatura de un gramo de agua un grado Celsius.

Una **kilocaloría** (kcal) es la cantidad de calor necesaria para elevar la temperatura de un kilogramo de agua un grado Celsius.

$$1 \text{ kcal} = 1000 \text{ Cal}$$

Una **unidad térmica británica** (Btu) es la cantidad de calor necesaria para elevar la temperatura de una libra patrón (lb) de agua un grado Fahrenheit.

# La capacidad de calor específico

La **capacidad calorífica** de un cuerpo es la relación del calor suministrado con respecto a l correspondiente incremento de temperatura del cuerpo.

$$\text{heat capacity} = \frac{Q}{\Delta t}$$

El **calor específico** de un material es la cantidad de calor necesaria para elevar un grado la temperatura de una unidad de masa.

$$c = \frac{Q}{m\Delta t}$$

# La medición de calor

**Principio de equilibrio térmico:** siempre que los objetos se coloque juntos en un ambiente aislado, con el tiempo alcanzarán la **misma temperatura**.

La **dirección de transferencia** de energía térmica siempre es de los cuerpos calientes a los fríos.

**Conservación de la energía térmica:**

El **calor que pierde** el cuerpo caliente es igual al **calor que gana** el cuerpo frío.

calor perdido = calor ganado

# Cambio de fase

El **calor latente de fusión**  $L_f$  de una sustancia es el calor por unidad de masa necesario para cambiar la sustancia de la fase sólida a la líquida a su temperatura de fusión.

$$L_f = \frac{Q}{m}$$

El **calor latente de vaporización**  $L_v$  de una sustancia es el calor por unidad de masa necesario para cambiar la sustancia de líquido a vapor a su temperatura de ebullición.

$$L_v = \frac{Q}{m}$$

# Calor de combustión

El **calor de combustión** es la cantidad de calor por unidad de volumen o de masa cuando una sustancia se quema completamente.

# Conceptos clave

- **Calor**
- **Temperatura**
- **Caloría**
- **Unidad térmica británica**
- **Equivalente mecánico del calor**
- **Capacidad calorífica**
- **Capacidad calorífica específica**
- **Conservación de la energía calorífica**
- **Calorímetro**
- **Equivalente de agua**
- **Fusión**
- **Punto de fusión**
- **Calor latente de fusión**
- **Vaporización**
- **Punto de ebullición**
- **Calor latente de vaporización**
- **Condensación**
- **Congelación**
- **Sublimación**
- **Calor de combustión**

# Resumen de ecuaciones

$$1 \text{ Btu} = 252 \text{ cal} = 0.252 \text{ kcal}$$

$$1 \text{ Btu} = 778 \text{ ft}\cdot\text{lb}$$

$$1 \text{ cal} = 4.186 \text{ J}$$

$$1 \text{ kcal} = 4186 \text{ J}$$

$$L_f = \frac{Q}{m} \quad Q = mL_f$$

$$L_v = \frac{Q}{m} \quad Q = mL_v$$

heat lost = heat gained

$$\sum (mc\Delta t)_{\text{loss}} = \sum (mc\Delta t)_{\text{gain}}$$

# Transferencia de calor

## Capítulo 18

**Física** Sexta edición

Paul E. Tippens

- **Métodos de transferencia de calor**
- **Conducción**
- **Aislamiento: el valor-R**
- **Convección**
- **Radiación**

# Métodos de transferencia de calor

**Conducción** es el proceso por el cual se transfiere energía térmica mediante colisiones de moléculas adyacentes a través de un medio material. El medio en sí no se mueve.

**Convección** es el proceso por el cual se transfiere calor por medio del movimiento real de la masa de un fluido.

**Radiación** es el proceso mediante el cual el calor se transfiere por medio de ondas electromagnéticas.

# Conducción

**Conducción** es el proceso por el cual se transfiere energía térmica mediante colisiones de moléculas adyacentes a través de un medio material. El medio en sí no se mueve.

La **conductividad térmica** de una sustancia es una medida de su capacidad para conducir el calor y se define por medio de esta relación.

$$k = \frac{QL}{A\tau\Delta t}$$

Unidades SI: J/s•m•°C o W/m•K

USCS: Btu• in/ft<sup>2</sup> • h•°F

Métricas: kcal/m • s •°C

# Aislamiento: el valor-R

El **valor-R** de un material se define como la relación entre su espesor y su conductividad térmica.

$$R = \frac{L}{k}$$

La **cantidad de calor** que fluye por unidad de tiempo a través de dos o más materiales de diferente espesor es proporcional a su área y diferencia de temperaturas, e inversamente proporcional a la suma de valores-R.

$$\frac{Q}{\tau} = \frac{A\Delta t}{\sum_i R_i}$$

# Convección

**Convección** es el proceso por el cual se transfiere calor por medio del movimiento real de la masa de un fluido.

La cantidad de calor (H) que se transfiere por convección es proporcional al área y a la diferencia de temperaturas.

$$H = \frac{Q}{\tau} = hA\Delta t$$

El término **h** es el coeficiente de convección.

# Radiación

La **radiación térmica** está formada por **ondas electromagnéticas** emitidas por un sólido, un líquido o un gas en virtud de su temperatura.

Un **absorbedor ideal** o un **radiador irreal** son otra forma de llamar a los **cuerpos negros**.

La radiación emitida por un cuerpo negro se llama **radiación de cuerpo negro**.

La **emisividad** es una medida de la capacidad de un cuerpo para absorber o emitir radiación térmica.

# Radiación

**Ley de Stefan-Boltzmann:**

$$R = \frac{P}{A} = e\sigma T^4$$

donde:

R = energía radiada por unidad de tiempo por unidad de área

e = emisividad de la superficie 0-1

$\sigma$  = constante de Stefan  $5.67 \times 10^{-8} \text{ W/M}^2 \cdot \text{K}^4$

$T^4$  = temperatura absoluta a la cuarta potencia

**Un cuerpo a la misma temperatura que sus alrededores irradia y absorbe calor en las mismas cantidades.**

$$R = e\sigma(T_1^4 - T_2^4)$$

# Conceptos clave

- **Conducción**
- **Conductividad térmica**
- **Convección natural**
- **Convección forzada**
- **Coefficiente de convección**
- **Radiación térmica**
- **Cuerpo negro**
- **Emisividad**
- **Ley de Stefan-Boltzmann**
- **Constante de Stefan  $\sigma$**
- **Ley de Prevost**

# Resumen de ecuaciones

$$k = \frac{QL}{A\tau\Delta t}$$

$$H = \frac{Q}{\tau} = hA\Delta t$$

$$R = \frac{L}{k}$$

$$\frac{Q}{\tau} = \frac{A\Delta t}{\sum_i R_i}$$

$$R = \frac{P}{A} = e\sigma T^4$$

$$R = e\sigma(T_1^4 - T_2^4)$$

# Propiedades térmicas de la materia

## Capítulo 19

**Física** Sexta edición

Paul E. Tippens

- Gases ideales y ley de Boyle
- Ley de Gay-Lussac
- Ley general de los gases
- Masa molecular y mol
- La ley del gas ideal
- Licuefacción de un gas
- Vaporización
- Presión de vapor
- Punto triple
- Humedad

# Gases ideales y ley de Boyle

## Ley de Boyle:

Siempre que la masa y la temperatura de una muestra de gas se mantengan constantes, el volumen de dicho gas es inversamente proporcional a su presión absoluta.

Cuando un gas se comprime a temperatura constante, el producto de su presión por su volumen siempre es constante.

$$P_1 V_1 = P_2 V_2$$

La temperatura y la masa son constantes

## Ley de Charles:

Mientras que la masa y la presión de un gas se mantengan constantes, el volumen de dicho gas es directamente proporcional a su temperatura absoluta.

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$$

La masa y la presión son constantes

# Ley de Gay-Lussac

## Ley de Gay-Lussac:

Si el volumen de una muestra de gas permanece constante, la presión de dicho gas es directamente proporcional a su temperatura absoluta.

$$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2}$$

Con la masa constante

# Ley general de los gases

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2}$$

La masa permanece constante

$$\frac{P_1 V_1}{m_1 T_1} = \frac{P_2 V_2}{m_2 T_2}$$

$P_1, V_1, T_1, m_1$  = presión, volumen, temperatura y masa en el estado inicial.

$P_2, V_2, T_2, m_2$  = presión, volumen, temperatura y masa en el estado final.

# Masa molecular y mol

La **masa atómica** de un elemento es la masa de un átomo de dicho elemento comparada con la masa de un átomo de carbono tomado como 12 unidades de masa atómica.

La **masa molecular**  $M$  es la suma de las masas atómicas de todos los átomos que componen la molécula.

Una **mol** es la masa en gramos numéricamente igual a la masa molecular de una sustancia.

$$n = \frac{m}{M}$$

$N$  = número de moles

$m$  = masa del gas

$M$  = masa molecular del gas

# La ley del gas ideal

**Ley del gas ideal:**

$$PV = nRT$$

P = presión

V = volumen

n = número de moles

R = constante universal de los gases (8.314 J/mol·K)

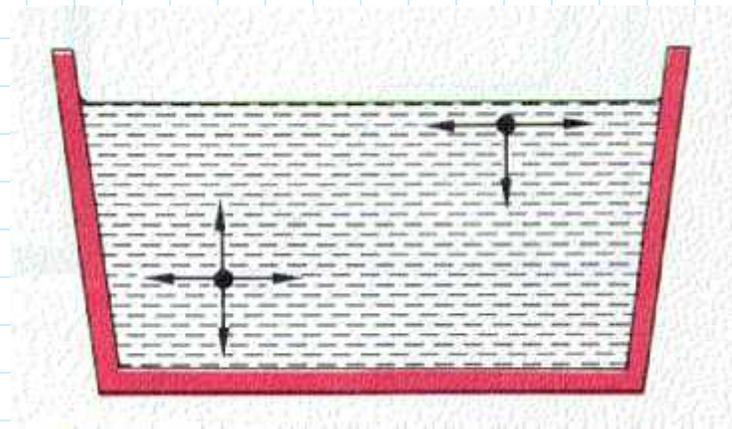
T = temperatura absoluta

# Liquefacción de un gas

La **temperatura crítica** de un gas es la temperatura por arriba de la cual el gas no se licuará, independientemente de la presión que se aplique.

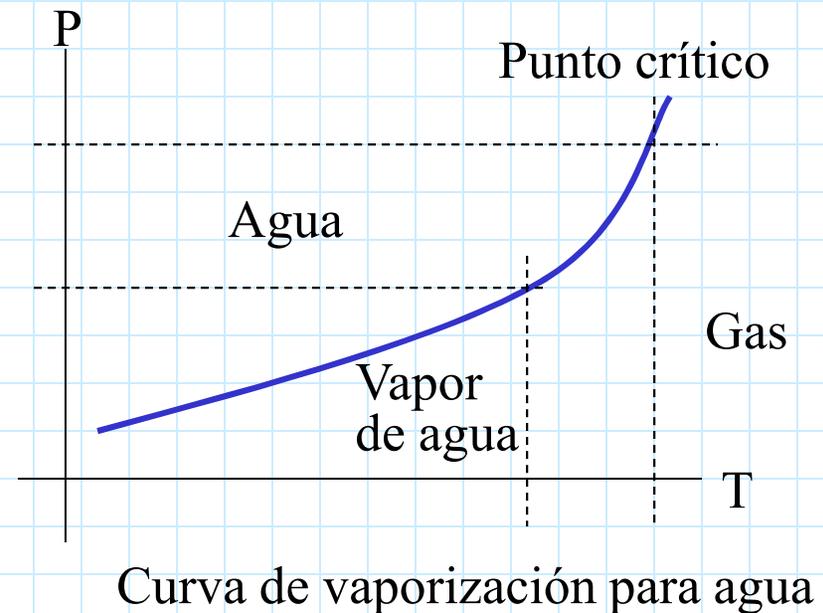
# Vaporización

Una molécula cerca de la superficie de un líquido experimenta una fuerza hacia abajo. Únicamente las moléculas con más energía son capaces de superar esta fuerza y abandonar el líquido como vapor.



# Presión de vapor

La **presión de vapor saturado** de una sustancia es la presión adicional ejercida por las moléculas de vapor sobre la sustancia y sus alrededores en condiciones de saturación.



La **ebullición** se define como la vaporización dentro de un líquido cuando su presión de vapor es igual a la presión en el líquido.

# Punto triple

Una **curva de sublimación** muestra las temperaturas y presiones en las que un **sólido** puede coexistir con su vapor.

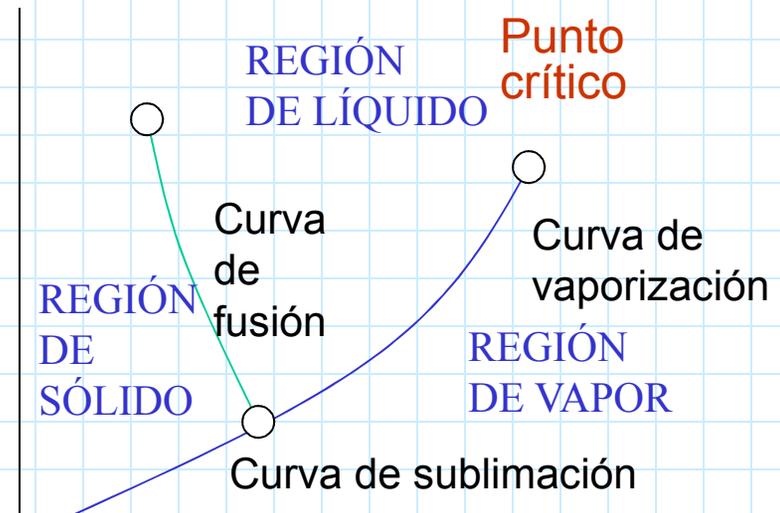


Diagrama de fases del punto triple

# Humedad

La **humedad absoluta** se define como la masa de agua por unidad de volumen de aire.

La **humedad relativa** es la razón de la presión real de vapor del aire con respecto a la presión de vapor saturado a esa temperatura.

$$\text{relative humidity} = \frac{\text{actual vapor pressure}}{\text{saturated vapor pressure}}$$

# Conceptos clave

- **Gas ideal**
- **Ley de Boyle**
- **Ley de Charles**
- **Masa atómica**
- **mol**
- **Evaporación**
- **Ebullición**
- **Sublimación**
- **Saturación**
- **Masa molecular**
- **Número de Avogadro**
- **Ley de los gases ideales**
- **Temperatura crítica**
- **Presión de vapor**
- **Punto triple**
- **Humedad absoluta**
- **Humedad relativa**
- **Punto de rocío**

# Resumen de ecuaciones

$$P_1 V_1 = P_2 V_2$$

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$$

$$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2}$$

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2}$$

$$\frac{P_1 V_1}{m_1 T_1} = \frac{P_2 V_2}{m_2 T_2}$$

$$n = \frac{m}{M}$$

$$PV = nRT$$

# Termodinámica

## Capítulo 20

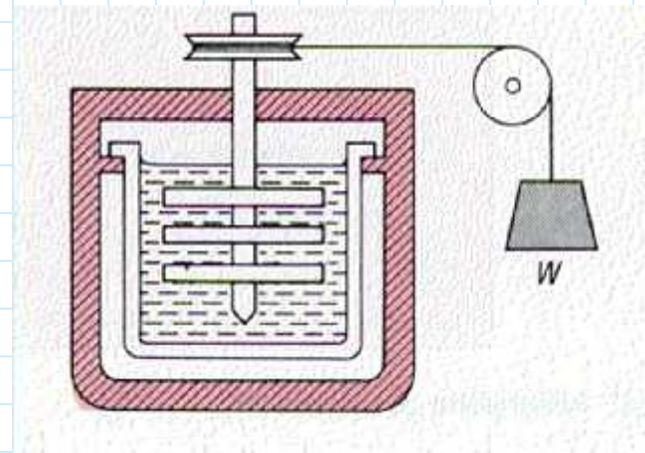
**Física** Sexta edición

Paul E. Tippens

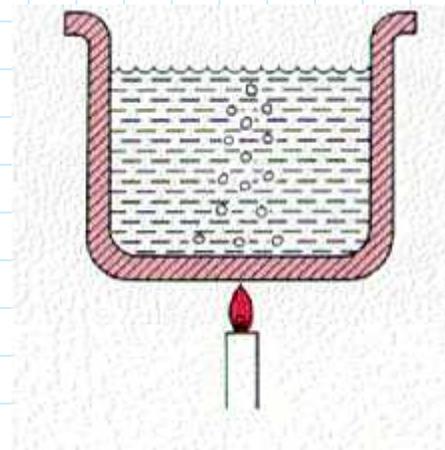
- Calor y trabajo
- Función de la energía interna
- Primera ley de la termodinámica
- El diagrama  $P$ - $V$
- Caso general para la primera ley
- Procesos adiabáticos
- Procesos isocóricos
- Procesos isotérmicos
- Segunda ley de la termodinámica
- Ciclo de Carnot
- La eficiencia de una máquina ideal
- Máquinas de combustión interna
- Refrigeración

# Calor y trabajo

Se incrementa la **energía interna** de un sistema cuando realiza un **trabajo**.



Se incrementa la **energía interna** de un sistema al proporcionarle **calor** al sistema.



# Función de la energía interna

Un sistema se encuentra en **equilibrio termodinámico** si no hay una fuerza resultante que actúe sobre el sistema y si la temperatura del sistema es la misma que la de sus alrededores.

Función de la energía interna, U:

$$\Delta U = \Delta Q - \Delta W$$

$\Delta U$  = cambio en la energía interna

$\Delta Q$  = calor neto absorbido por el sistema

$\Delta W$  = trabajo neto realizado por el sistema sobre sus alrededores

# Primera ley de la termodinámica

La energía **no puede crearse o destruirse** sólo transformarse de una forma a otra.

En cualquier proceso termodinámico, el **calor neto absorbido** por un sistema es igual a la suma del equivalente térmico del **trabajo realizado** por el sistema y el cambio de **energía interna** del mismo.

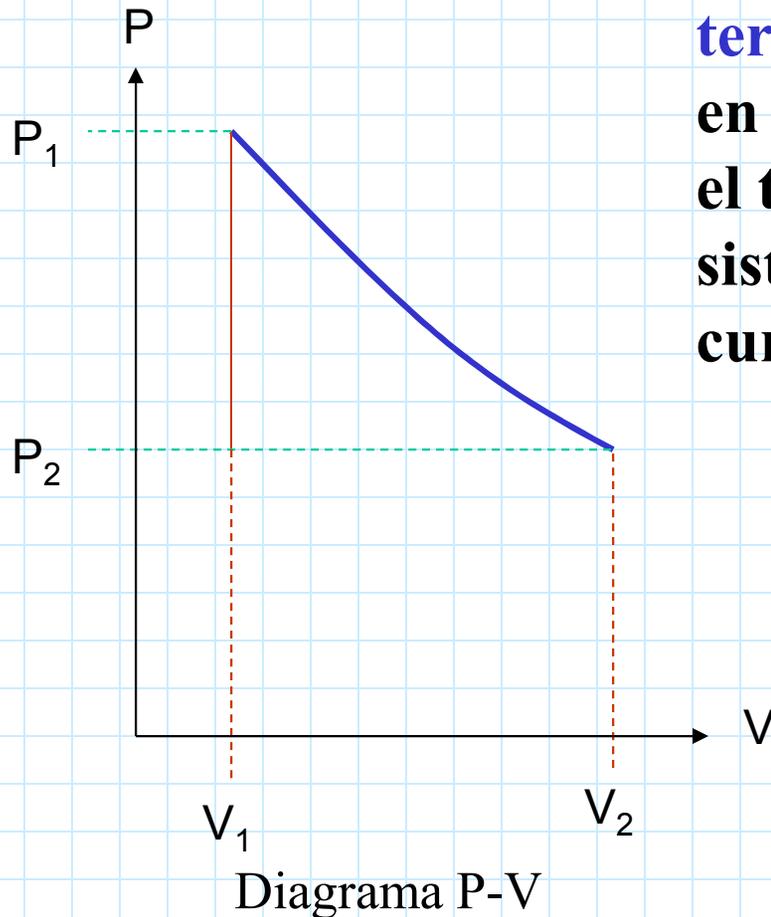
$$\Delta Q = \Delta W + \Delta U$$

$\Delta Q$  = calor neto absorbido por el sistema

$\Delta W$  = trabajo neto realizado por el sistema sobre sus alrededores

$\Delta U$  = cambio en la energía interna

# El diagrama P-V



Cuando un **proceso termodinámico** implica cambios en el volumen y/o en la presión, el trabajo realizado por el sistema es igual al área bajo la curva en un diagrama P-V.

$$\Delta W = P \Delta V$$

Área bajo la curva P-V

# Caso general para la primera ley

**Primera ley:**

$$\Delta Q = \Delta W + \Delta U$$

En el **caso más general**, de algún modo las **tres cantidades** están involucradas en cambios.

En **casos especiales**, sólo una o dos de las cantidades involucran cambios.

# Procesos adiabáticos

Un **proceso adiabático** es aquel en el que no hay **intercambio de energía térmica  $\Delta Q$**  entre un sistema y sus alrededores.

De la primera ley:  $\Delta Q = \Delta W + \Delta U$

Si  $\Delta Q = 0$  (proceso adiabático) entonces  $0 = \Delta W + \Delta U$

Por lo tanto,  $\Delta W = -\Delta U$

$$\Delta W = -\Delta U$$

# Procesos isocóricos

Un **proceso isocórico** es aquel en el que el volumen del sistema permanece constante.

De la primera ley:  $\Delta Q = \Delta W + \Delta U$

Si  $\Delta W = 0$  (proceso isocórico) entonces  $\Delta Q = 0 + \Delta U$

Por lo tanto,  $\Delta Q = \Delta U$

$$\Delta Q = \Delta U$$

# Procesos isotérmicos

Un **proceso isotérmico** es aquel en el que la temperatura del sistema permanece constante.

De la primera ley:  $\Delta Q = \Delta W + \Delta U$

Si  $\Delta U = 0$  (proceso isotérmico) entonces  $\Delta Q = \Delta W + 0$

Por lo tanto,  $\Delta Q = \Delta W$

$$\Delta Q = \Delta W$$

# Segunda ley de la termodinámica

## Segunda ley de la termodinámica

**Es imposible construir una máquina que, funcionando de manera continua, no produzca otro efecto que la extracción de calor de una fuente y la realización de una cantidad equivalente de trabajo.**

$$W_{\text{output}} = Q_{\text{in}} - Q_{\text{out}}$$

$W_{\text{output}}$  = trabajo de salida

$Q_{\text{in}}$  = calor de entrada

$Q_{\text{out}}$  = calor de salida

$$E = \frac{Q_{\text{in}} - Q_{\text{out}}}{Q_{\text{in}}}$$

$E$  = eficiencia

$Q_{\text{in}}$  = calor de entrada

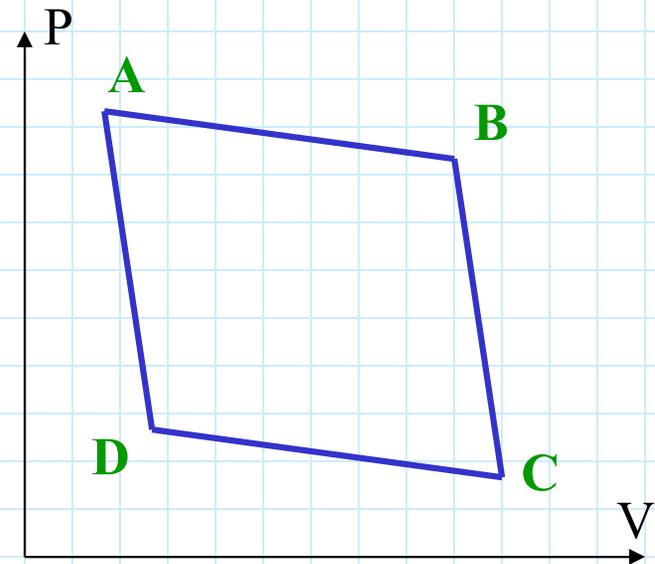
$Q_{\text{out}}$  = calor de salida

# Ciclo de Carnot

La **máquina de Carnot** tiene la máxima eficiencia posible tratándose de una máquina que absorbe calor de una fuente a alta temperatura, realiza trabajo externo y deposita calor en un recipiente a baja temperatura.

## Ciclo de Carnot:

- A-B** expansión isotérmica
- B-C** expansión adiabática
- C-D** compresión isotérmica
- D-A** compresión adiabática



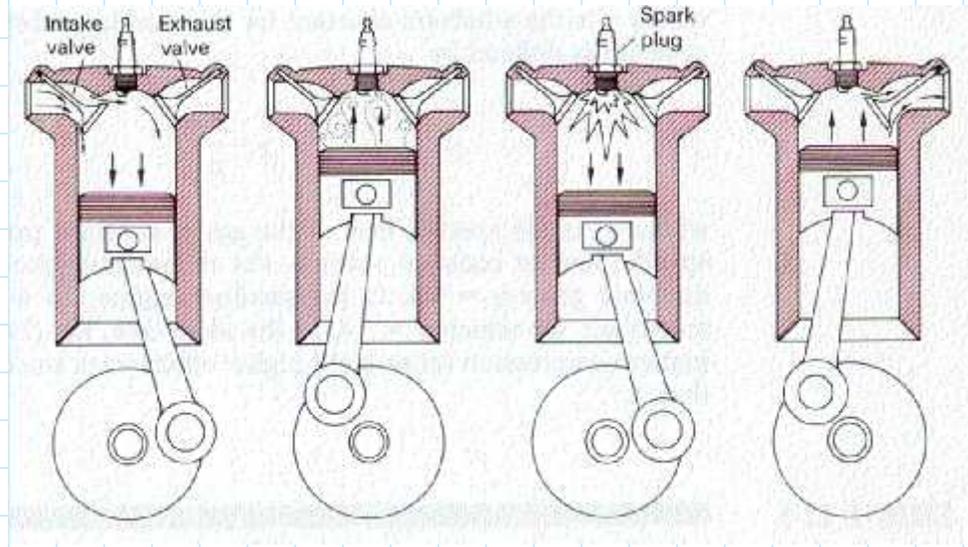
# La eficiencia de una máquina ideal

Una **máquina ideal** es aquella que tiene la más alta eficiencia posible para los límites de temperatura dentro de los cuales opera.

$$E = \frac{T_{\text{in}} - T_{\text{out}}}{T_{\text{in}}}$$

Mientras mayor sea la **diferencia de temperatura** entre los dos recipientes, **mayor será la eficiencia** de la máquina.

# Máquinas de combustión interna

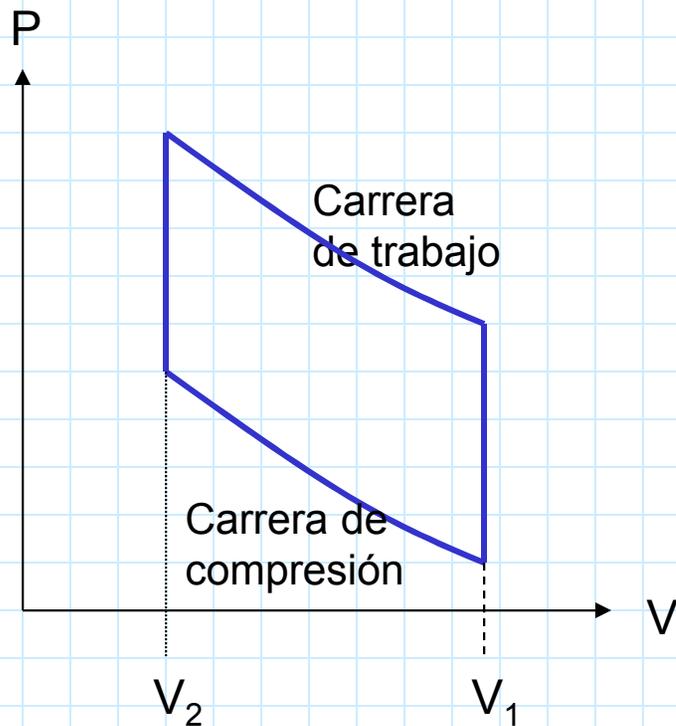


**Carrera  
de  
admisión**

**Carrera  
de  
compresión**

**Carrera  
de  
trabajo**

**Carrera  
de  
expulsión**

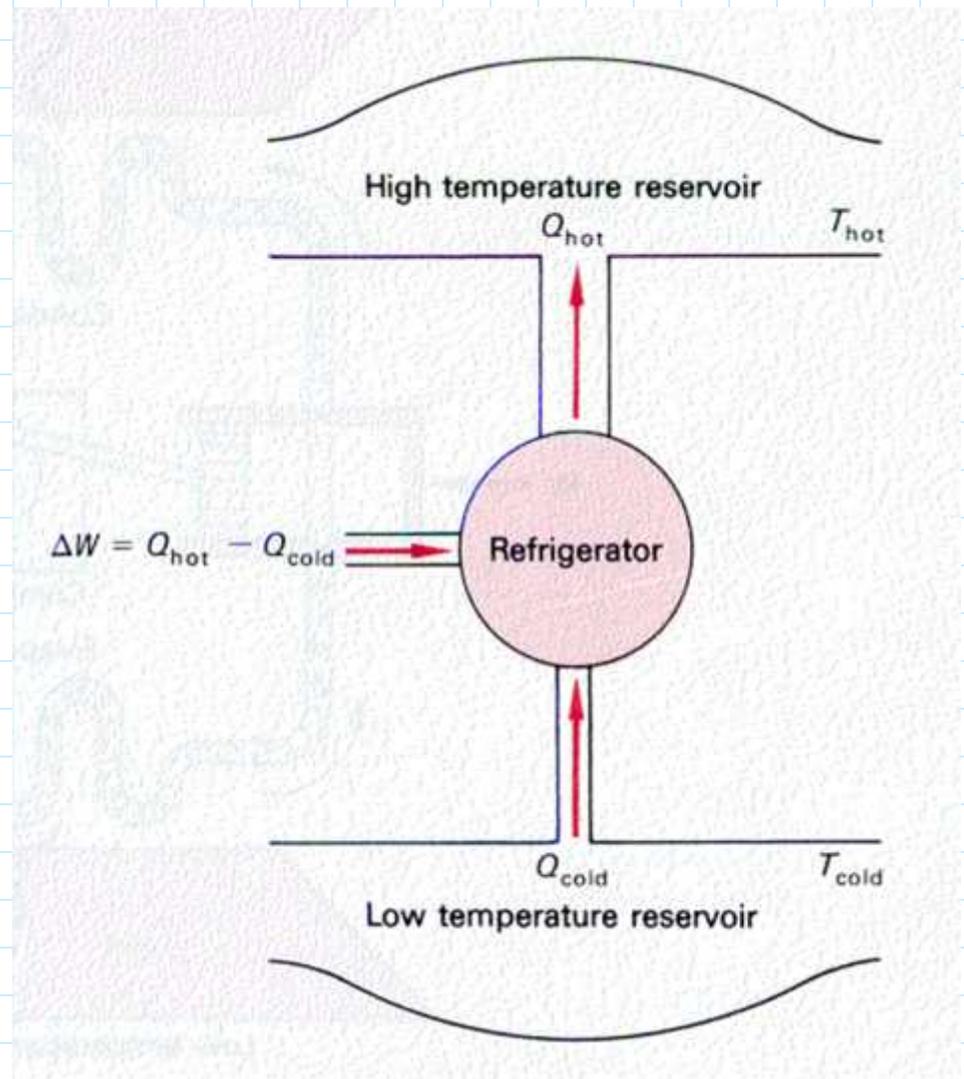


# Refrigeración

$$\eta = \frac{Q_{\text{cold}}}{W} = \frac{Q_{\text{cold}}}{Q_{\text{hot}} - Q_{\text{cold}}}$$

$\eta$  = coeficiente de rendimiento

$$\eta = \frac{T_{\text{cold}}}{T_{\text{hot}} - T_{\text{cold}}}$$



# Conceptos clave

- **Termodinámica**
- **Diagrama P-V**
- **Proceso adiabático**
- **Proceso isocórico**
- **Máquina térmica**
- **Refrigeración**
- **Refrigerante**
- **Compresor**
- **Condensador**
- **Evaporador**
- **Función de energía interna**
- **Primera ley de la termodinámica**
- **Proceso de estrangulación**
- **Proceso isotérmico**
- **Segunda ley de la termodinámica**
- **Eficiencia térmica**
- **Ciclo de Carnot**
- **Eficiencia de Carnot**
- **Coeficiente de rendimiento**

# Resumen de ecuaciones

$$\Delta U = \Delta Q - \Delta W$$

$$\Delta Q = \Delta W + \Delta U$$

$$\Delta W = -\Delta U$$

$$\Delta Q = \Delta U$$

$$\Delta Q = \Delta W$$

$$E = \frac{Q_{\text{in}} - Q_{\text{out}}}{Q_{\text{in}}}$$

$$W_{\text{output}} = Q_{\text{in}} - Q_{\text{out}}$$

$$E = \frac{T_{\text{in}} - T_{\text{out}}}{T_{\text{in}}}$$

$$\eta = \frac{Q_{\text{cold}}}{W} = \frac{Q_{\text{cold}}}{Q_{\text{hot}} - Q_{\text{cold}}}$$

$$\eta = \frac{T_{\text{cold}}}{T_{\text{hot}} - T_{\text{cold}}}$$

# Movimiento ondulatorio

## Capítulo 21

**Física** Sexta edición

Paul E. Tippens

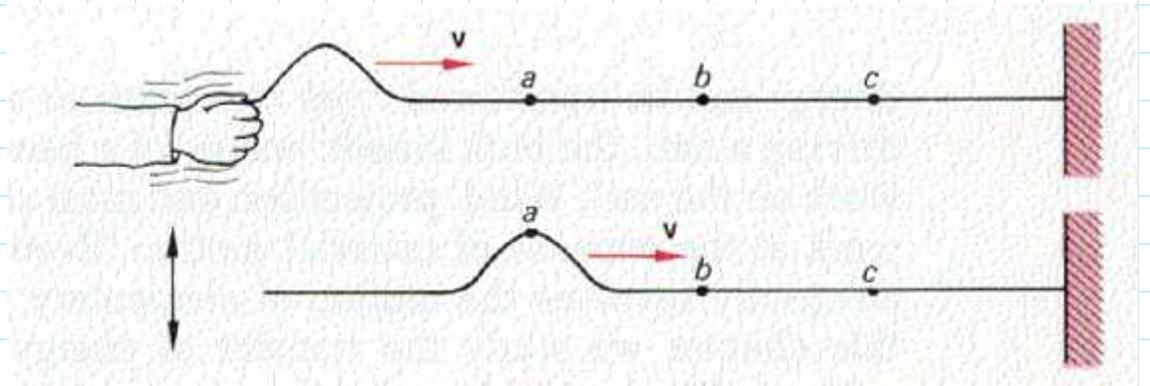
- **Ondas mecánicas**
- **Tipos de ondas**
- **Cálculo de la velocidad de onda**
- **Movimiento ondulatorio periódico**
- **Energía de una onda periódica**
- **Principio de superposición**
- **Ondas estacionarias**
- **Frecuencias características**

# Ondas mecánicas

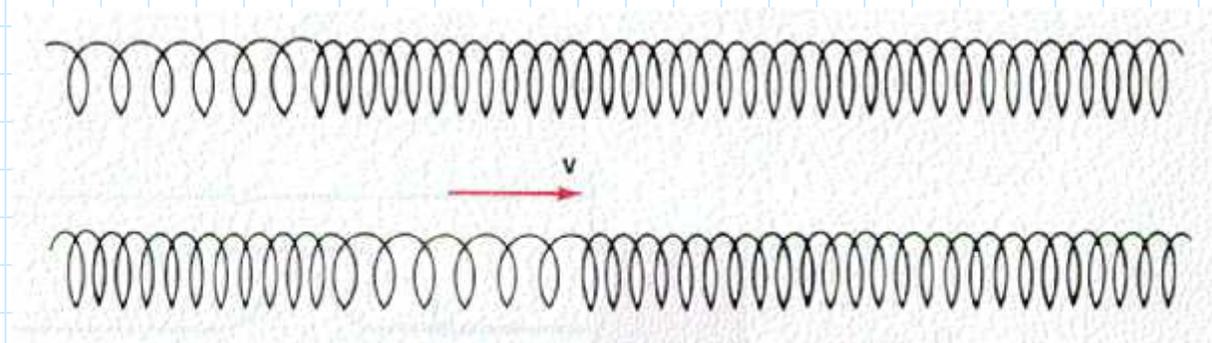
Una **onda mecánica** es una perturbación física en un medio elástico.

# Tipos de ondas

En una **onda transversal** la vibración de las partículas individuales del medio es perpendicular a la dirección de la propagación de la onda.



En una **onda longitudinal** la vibración de las partículas individuales es paralela a la dirección de la propagación de la onda.



# Cálculo de la velocidad de onda

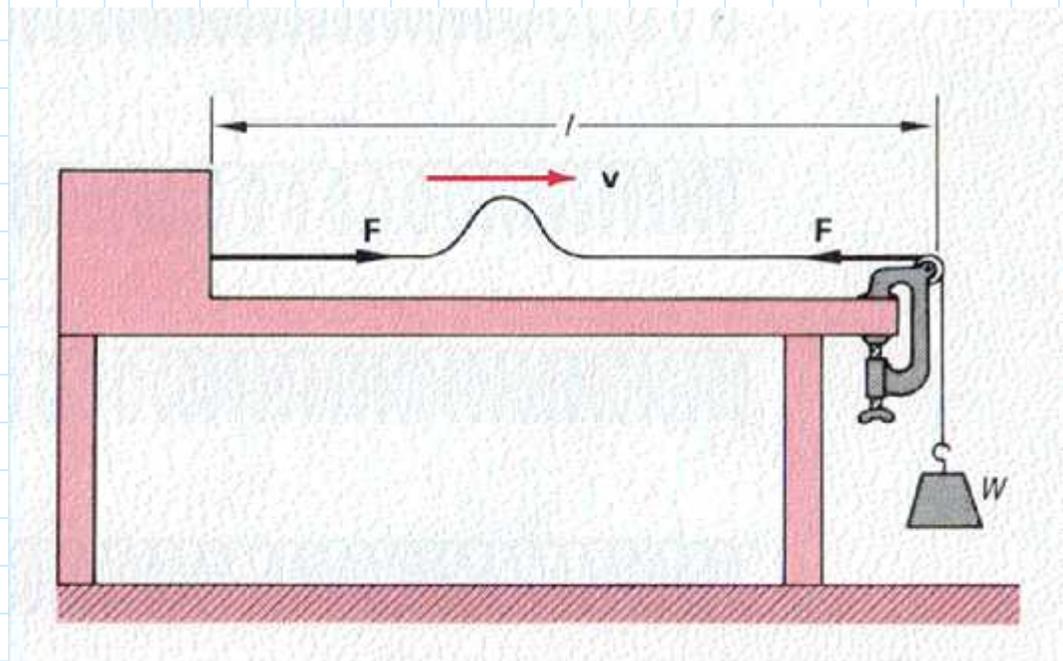
$$v = \sqrt{\frac{F}{\mu}} = \sqrt{\frac{F}{m/l}}$$

donde:

$v$  = velocidad de la onda transversal

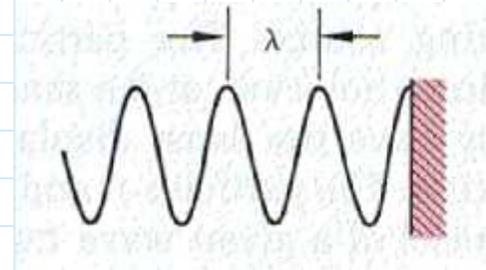
$F$  = tensión de la cuerda

$\mu$  or  $m/l$  = masa de la cuerda por unidad de longitud.



# Movimiento ondulatorio periódico

La **longitud de onda**  $\lambda$  de un tren de ondas es la **distancia** entre dos partículas cualesquiera que estén en fase.



La **frecuencia**  $f$  de una onda es el **número de ondas** que pasan por un punto específico en una **unidad de tiempo**.

$$v = f\lambda$$

donde:

$v$  = velocidad de la onda

$f$  = frecuencia

$\lambda$  = longitud de onda

# Energía de una onda periódica

La **energía** por unidad de longitud.

$$\frac{E}{l} = 2\pi^2 f^2 A^2 \mu$$

La **potencia** de la propagación de la onda.

$$P = 2\pi^2 f^2 A^2 \mu v$$

donde:

E = energía total

l = longitud

f = frecuencia

A = amplitud

$\mu$  = masa por unidad de longitud

P = potencia

v = velocidad

# El principio de superposición

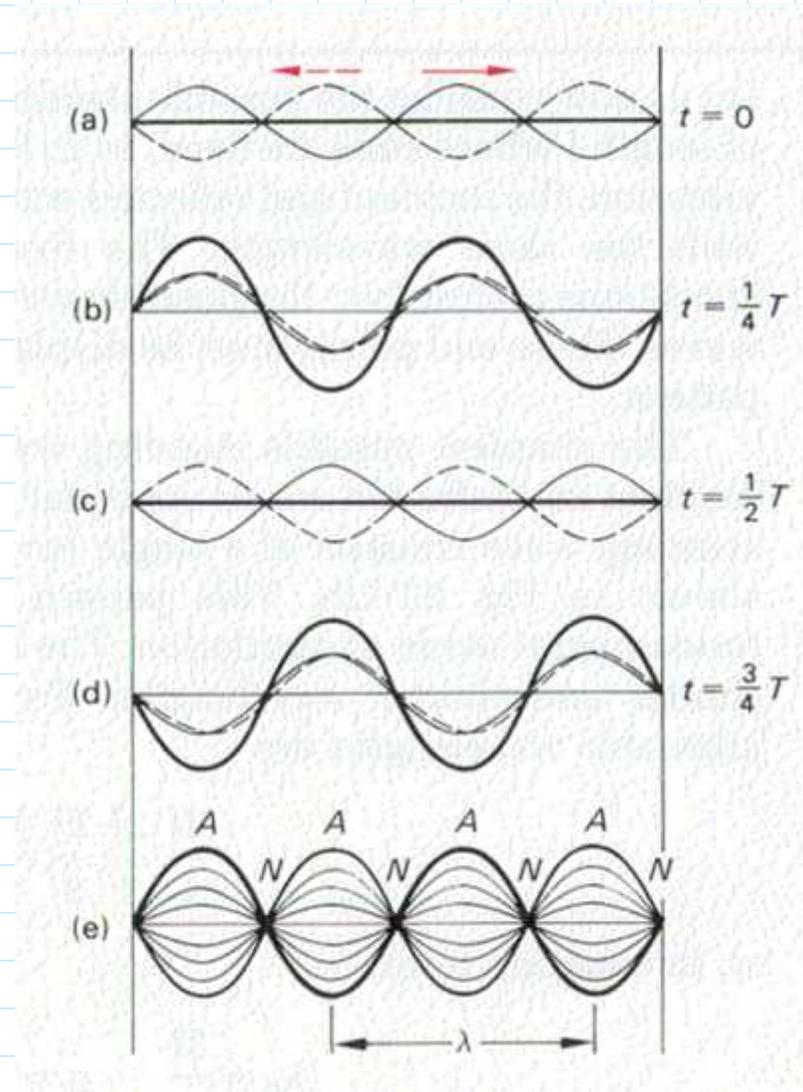
Cuando dos o más trenes de ondas existen simultáneamente en el mismo medio, cada onda recorre el medio **como si las otras no estuvieran presentes**.

**Principio de superposición:** cuando dos o más ondas existen simultáneamente en el mismo medio, el **desplazamiento resultante** en cualquier punto y en cualquier instante es la **suma algebraica** de los desplazamientos de cada onda.

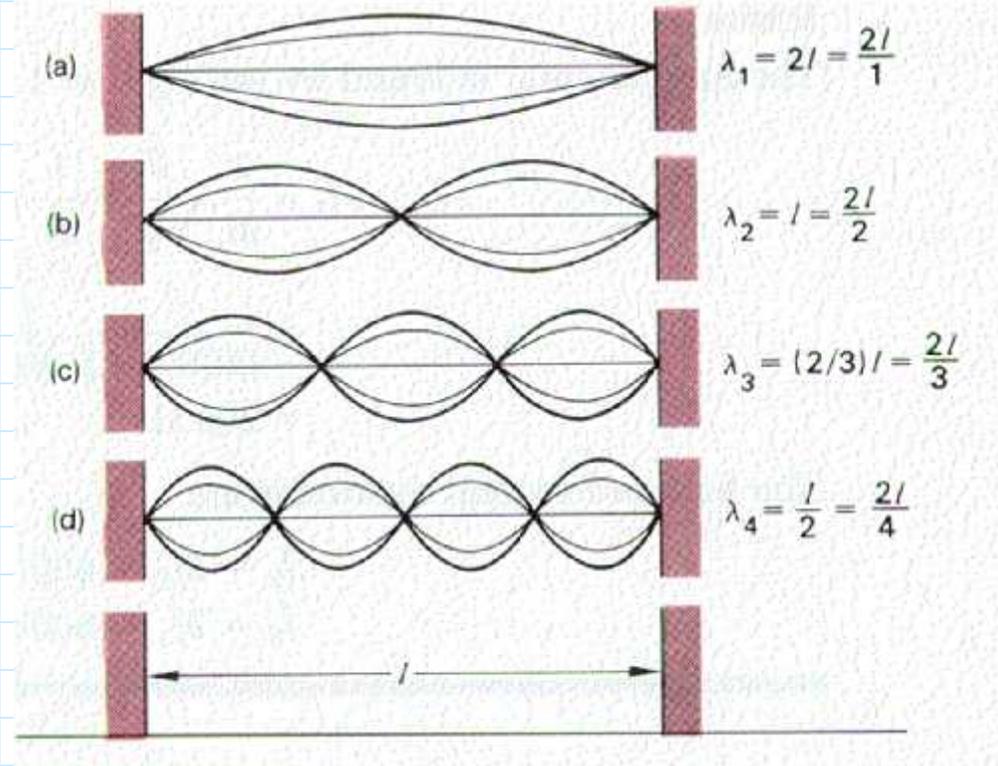
- La **interferencia constructiva** se presenta cuando el principio de superposición produce una onda de **mayor amplitud**.
- La **interferencia destructiva** se presenta cuando el principio de superposición produce una onda de **menor amplitud**.

# Ondas estacionarias

La distancia entre **nodos alternados** o **antinodos** en una onda estacionaria es una medida de la longitud de onda de las ondas componentes.



# Frecuencias características



**La frecuencia característica de vibración** está dada por:

$$f_n = \frac{n}{2l} \sqrt{\frac{F}{\mu}} \quad \text{donde } n = 1, 2, 3, \dots$$

# Conceptos clave

- **Movimiento ondulatorio**
- **Rapidez de onda**
- **Longitud de onda**
- **Frecuencia**
- **Fase**
- **Nodos**
- **Antinodos**
- **Fundamental**
- **Sobretono**
- **Armónica**
- **Ondas mecánicas**
- **Ondas transversales**
- **Ondas longitudinales**
- **Densidad lineal**
- **Amplitud**
- **Principio de superposición**
- **Interferencia constructiva**
- **Interferencia destructiva**
- **Ondas estacionarias**
- **Frecuencias características**

# Resumen de ecuaciones

$$v = \sqrt{\frac{F}{\mu}} = \sqrt{\frac{F}{m/l}}$$

$$v = f\lambda$$

$$f_n = \frac{n}{2l} \sqrt{\frac{F}{\mu}} \quad \text{donde } n = 1, 2, 3, \dots$$

$$\frac{E}{l} = 2\pi^2 f^2 A^2 \mu$$

$$P = 2\pi^2 f^2 A^2 \mu v$$

# Sonido

## Capítulo 22

**Física** Sexta edición

Paul E. Tippens

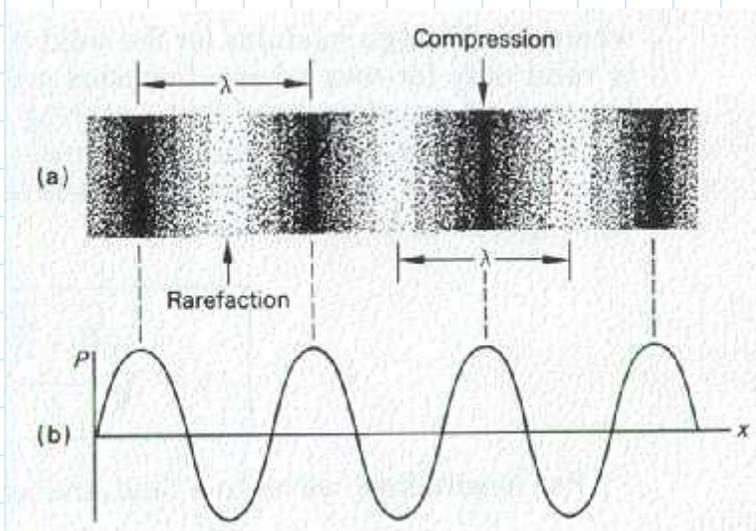
- **Producción de una onda sonora**
- **La velocidad del sonido**
- **Vibración de columnas de aire**
- **Vibración forzada y resonancia**
- **Ondas sonoras audibles**
- **Tono y timbre**
- **Interferencia y pulsaciones**
- **Efecto Doppler**

# Producción de una onda sonora

El **sonido** es una onda mecánica longitudinal que se propaga a través de un medio elástico.

Dos cosas deben existir para **producir** una onda sonora:

- Una **fente** de vibración mecánica.
- Un medio elástico donde pueda viajar la perturbación.



Las ondas sonoras consisten en **bandas alternantes** de **compresión** y **rarefacción**.

# La velocidad del sonido

**Alambre**

$$v = \sqrt{\frac{Y}{\rho}}$$

**Sólido  
extendido**

$$v = \sqrt{\frac{B + \frac{4}{3}S}{\rho}}$$

**Fluido**

$$v = \sqrt{\frac{B}{\rho}}$$

**Gas**

$$v = \sqrt{\frac{\gamma P}{\rho}} = \sqrt{\frac{\gamma RT}{M}}$$

donde:

v = velocidad del sonido

Y = módulo de Young

$\rho$  = densidad

B = módulo de volumen

S = módulo de corte

$\gamma$  = constante adiabática (1.4 para el aire)

P = presión

T = temperatura absoluta

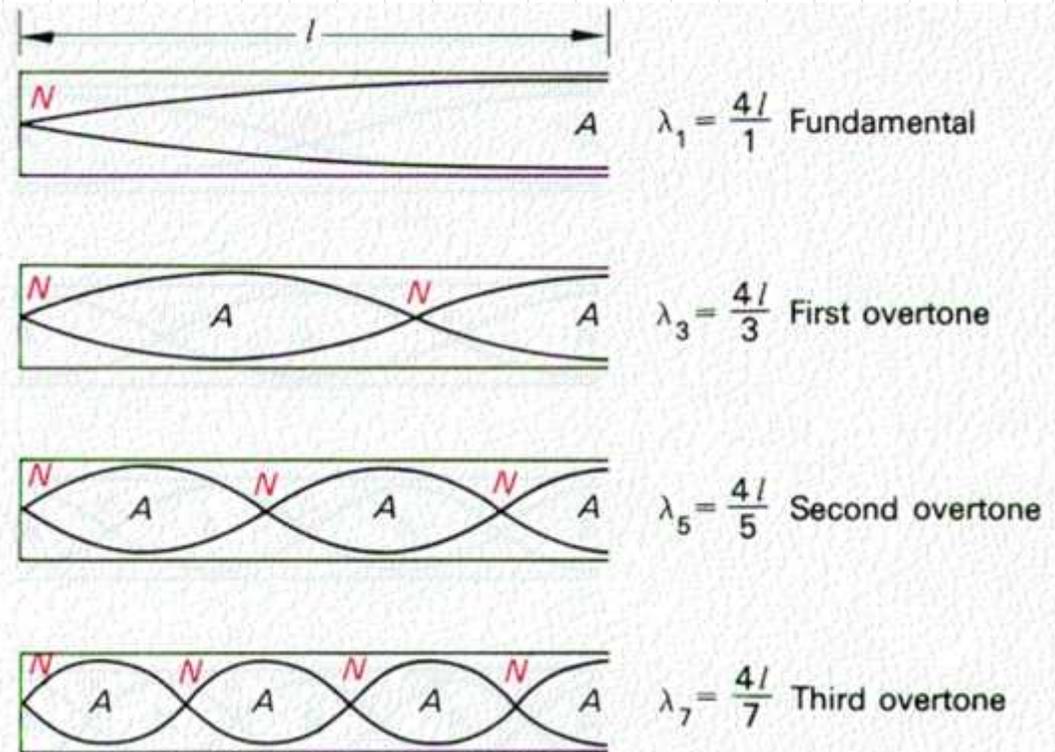
M = masa molecular

# Vibración de columnas de aire

## Tubo cerrado

- El **extremo cerrado** de un tubo debe ser un **nodo** de desplazamiento.
- El **extremo abierto** de un tubo debe ser un **antinodo** de desplazamiento.

$$f_n = \frac{nv}{4l}$$

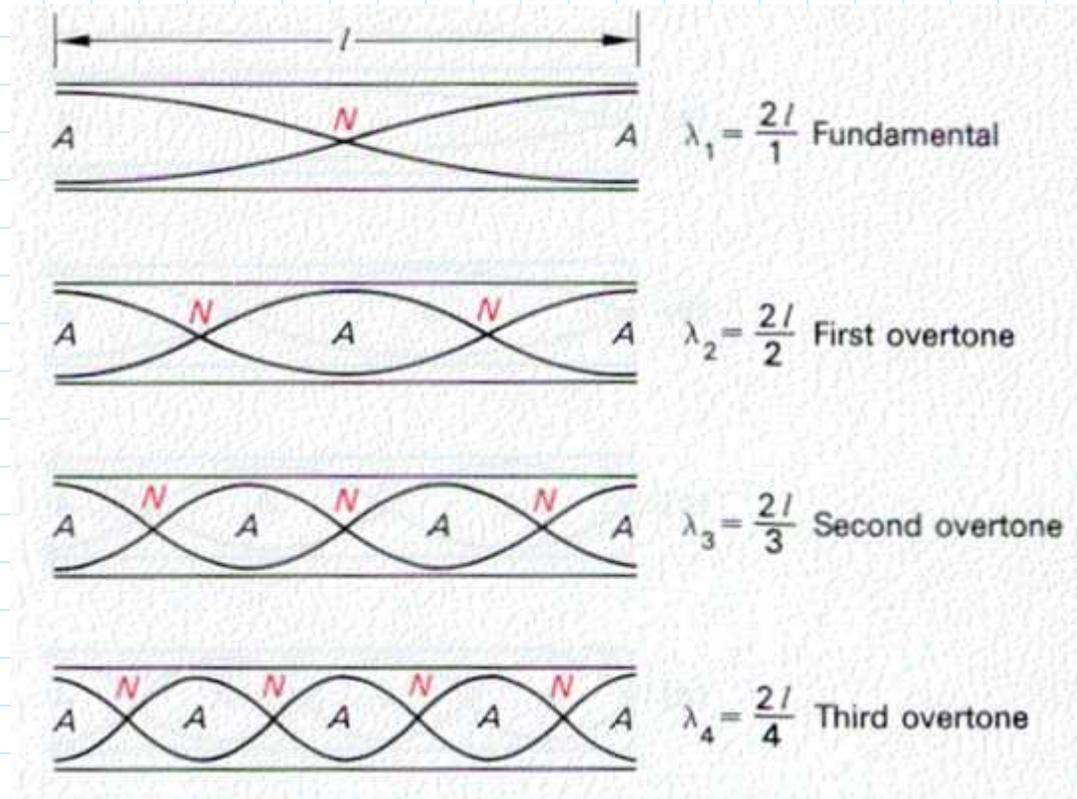


# Vibración de columnas de aire

## Tubo abierto

Una columna de aire que vibra en un tubo abierto en ambos extremos debe estar limitada por antinodos de desplazamiento.

$$f_n = \frac{nv}{2l}$$



# Vibración forzada y resonancia

**Vibración forzada**, ocurre cuando un cuerpo que está vibrando se pone en contacto con otro, y el segundo cuerpo se ve forzado a vibrar con la misma frecuencia.

**Resonancia o vibración simpática**, ocurre cuando un cuerpo actúa con una serie de impulsos periódicos con una frecuencia similar a las frecuencias naturales del cuerpo y el cuerpo se pone a vibrar con una amplitud relativamente grande.

# Ondas sonoras audibles

**Sonido audible** es el que corresponde a las ondas sonoras en un intervalo de frecuencias de **20 a 20,000 Hz**. Las ondas sonoras que tienen frecuencias por **debajo** del intervalo audible se denominan **infrasónicas**. Las ondas sonoras que tienen frecuencias por encima del intervalo audible se llaman **ultrasónicas**.

La **intensidad sonora** es la potencia transferida por una onda sonora a través de unidad de área normal a la dirección de la propagación.

$$I = \frac{P}{A}$$

El **umbral del audición** representa el patrón de la intensidad mínima para que un sonido sea audible.

El **umbral del dolor** representa la intensidad máxima que el oído promedio puede registrar sin sentir dolor.

# Nivel de intensidad

El **nivel de intensidad**,  $\beta$ , en **decibeles** (dB) se basa en una escala logarítmica que compara la intensidad  $I$  de un sonido con el **umbral auditivo**,  $I_0$ .

$$\beta = 10 \log \frac{I}{I_0}$$

**Nivel de intensidad (dB)**

$$I_0 = 1 \times 10^{-12} \text{ W/m}^2$$

<b>Ejemplos:</b>	<b>Murmullo</b>	<b>20 dB</b>
	<b>Conversación normal</b>	<b>65 dB</b>
	<b>Umbral de dolor</b>	<b>120 dB</b>
	<b>Motor a propulsión</b>	<b>140 dB</b>

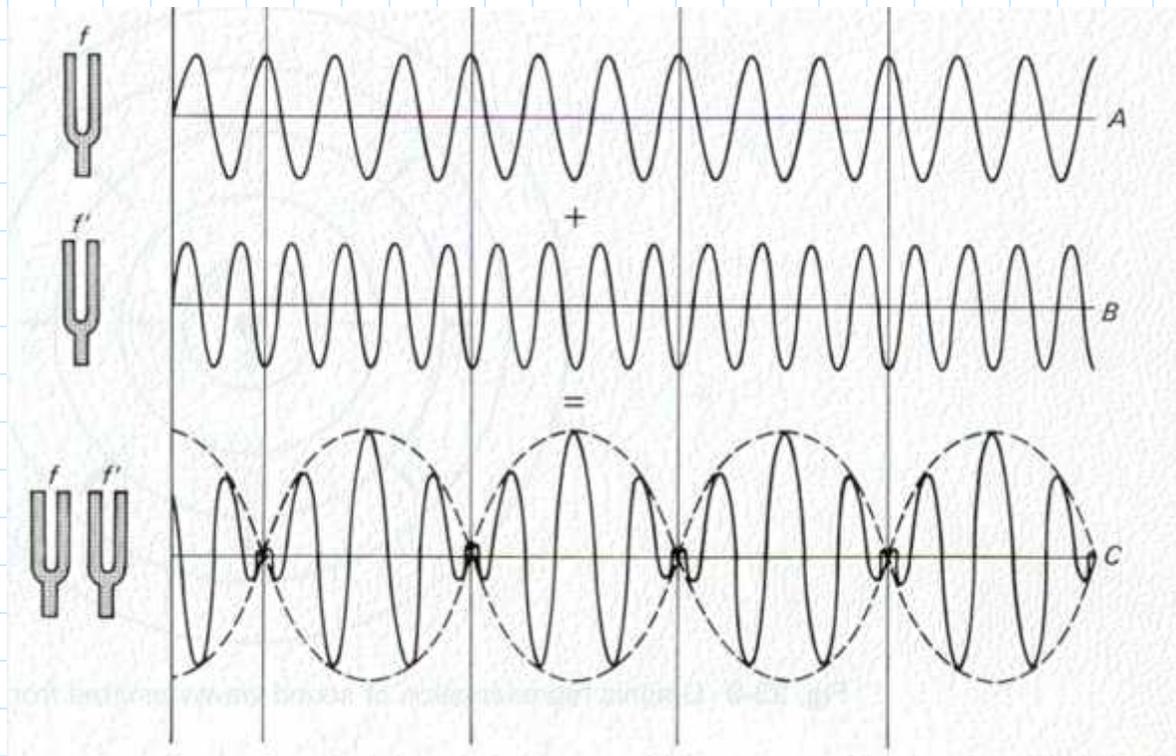
# Tono y timbre

El oído interpreta el **tono** de un sonido en términos de la frecuencia del sonido.

El **timbre** de un sonido se determina por el número y las intensidades relativas de los sobretonos presentes.

# Interferencia y pulsaciones

Las **pulsaciones** son pulsaciones con intensidad regular que ocurren en la presencia de dos sonidos con **frecuencias ligeramente diferentes**.



$$\text{Número de pulsaciones por segundo} = |f - f'|$$

# El efecto Doppler

El **efecto Doppler** se refiere al cambio aparente en la frecuencia de una fuente de sonido cuando hay un movimiento relativo de la fuente y del oyente.

**Fuente en movimiento**

$$f_o = \frac{V}{\lambda'} = \frac{Vf_s}{V - v_s}$$

**Observador en movimiento**

$$f_o = \frac{f_s(V + v_o)}{V}$$

**Movimiento general**

$$f_o = f_s \frac{V + v_o}{V - v_s}$$

donde:

$f_o$  = frecuencia observada

$f_s$  = frecuencia de la fuente

$V$  = velocidad del sonido

$v_o$  = velocidad del observador

$v_s$  = velocidad de la fuente

Las velocidades son

**positivas** para un acercamiento y **negativas** para un alejamiento.

# Conceptos clave

- **Sonido**
- **Compresión**
- **Condensación**
- **Resonancia**
- **Infrasónico**
- **Ultrasónico**
- **Sonoridad**
- **Intensidad**
- **Decibeles**
- **Tono**
- **Vibración forzada**
- **Sonido audible**
- **Umbral de la audición**
- **Umbral del dolor**
- **Nivel de intensidad**
- **Frecuencia**
- **Timbre**
- **Forma de onda**
- **Pulsaciones**
- **Efecto Doppler**

# Resumen de ecuaciones

$$v = \sqrt{\frac{Y}{\rho}}$$

$$f_n = \frac{nv}{4l}$$

$$\beta = 10 \log \frac{I}{I_0}$$

$$v = \sqrt{\frac{B + \frac{4}{3}S}{\rho}}$$

$$f_n = \frac{nv}{2l}$$

$$f_o = \frac{V}{\lambda'} = \frac{Vf_s}{V - v_s}$$

$$v = \sqrt{\frac{B}{\rho}}$$

$$I = \frac{P}{A}$$

$$f_o = \frac{f_s(V + v_0)}{V}$$

$$v = \sqrt{\frac{\gamma P}{\rho}} = \sqrt{\frac{\gamma RT}{M}}$$

$$f_o = f_s \frac{V + v_0}{V - v_s}$$

pulsaciones por segundo =  $|f - f'|$

# La fuerza eléctrica

## Capítulo 23

**Física** Sexta edición

Paul E. Tippens

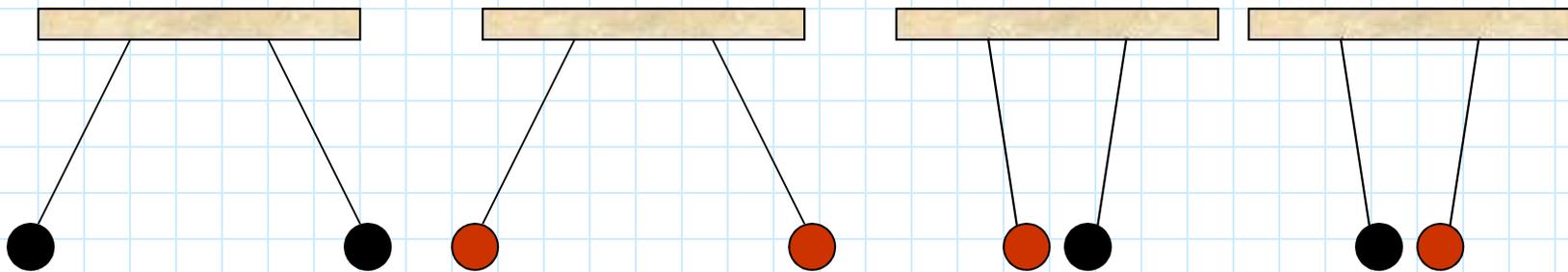
- **La carga eléctrica**
- **El electrón**
- **Aislantes y conductores**
- **El electroscopio de hoja de oro**
- **Redistribución de carga**
- **Carga por inducción**
- **Ley de Coulomb**

# La carga eléctrica

Existe una **fuerza de repulsión** entre dos sustancias que están electrificadas de la **misma manera**.

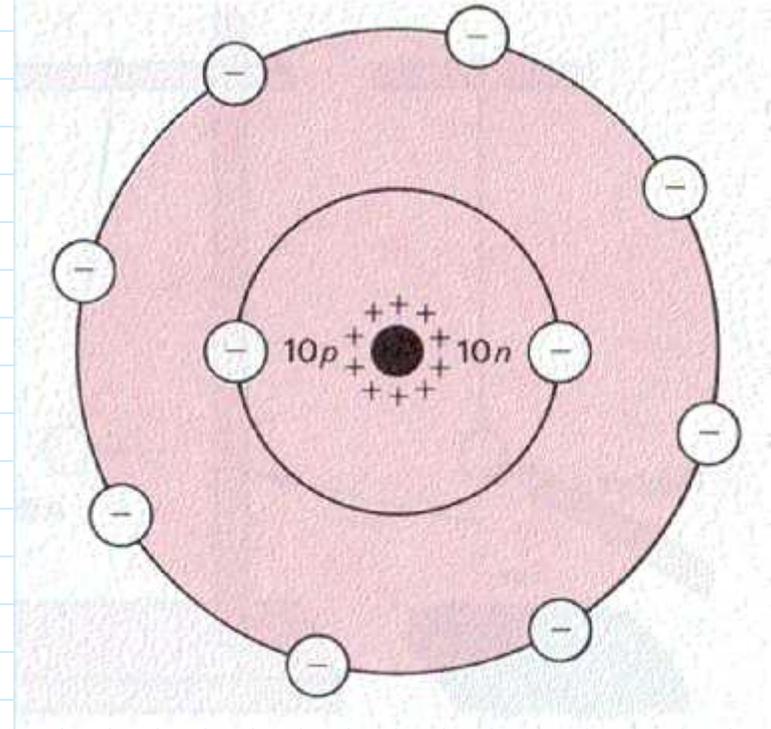
**Primera ley de la electrostática:**

**Las cargas del mismo signo se repelen y las cargas de signo contrario se atraen.**



# El electrón

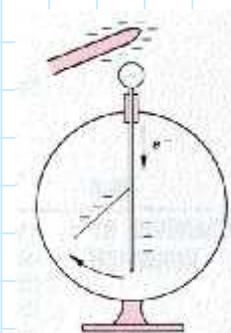
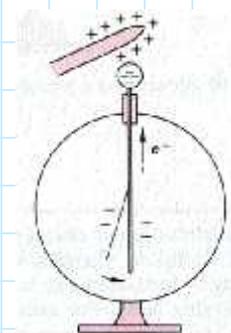
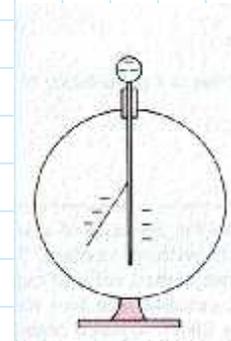
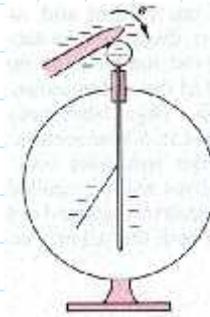
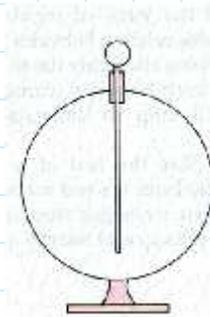
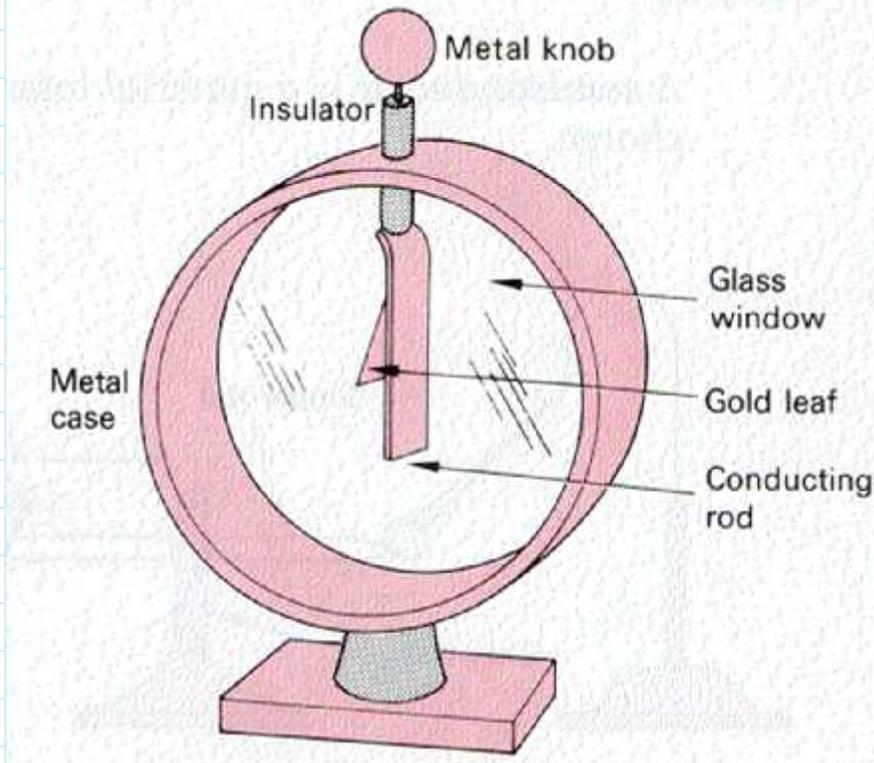
- Un objeto que tiene un **exceso de electrones** está cargado **negativamente**.
- Un objeto que tiene una **deficiencia de electrones** está cargado **positivamente**.



# Aislantes y conductores

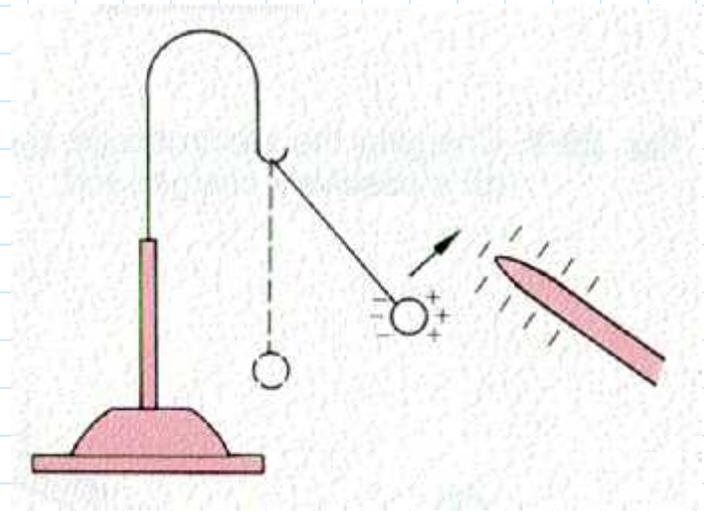
- Un **conductor** es un material a través del cual se **transfiere fácilmente** la carga.
- Un **aislante** es un material que se resiste al flujo de carga.
- Un **semiconductor** es un material con capacidad intermedia para transportar carga.

# El electroscopio de hoja de oro



# Redistribución de carga

- Cuando una **barra cargada** se acerca a una **esfera de médula de sauco** existe una **atracción inicial**.
- En este proceso no se gana ni pierde carga, sólo se redistribuye la carga del cuerpo neutro.

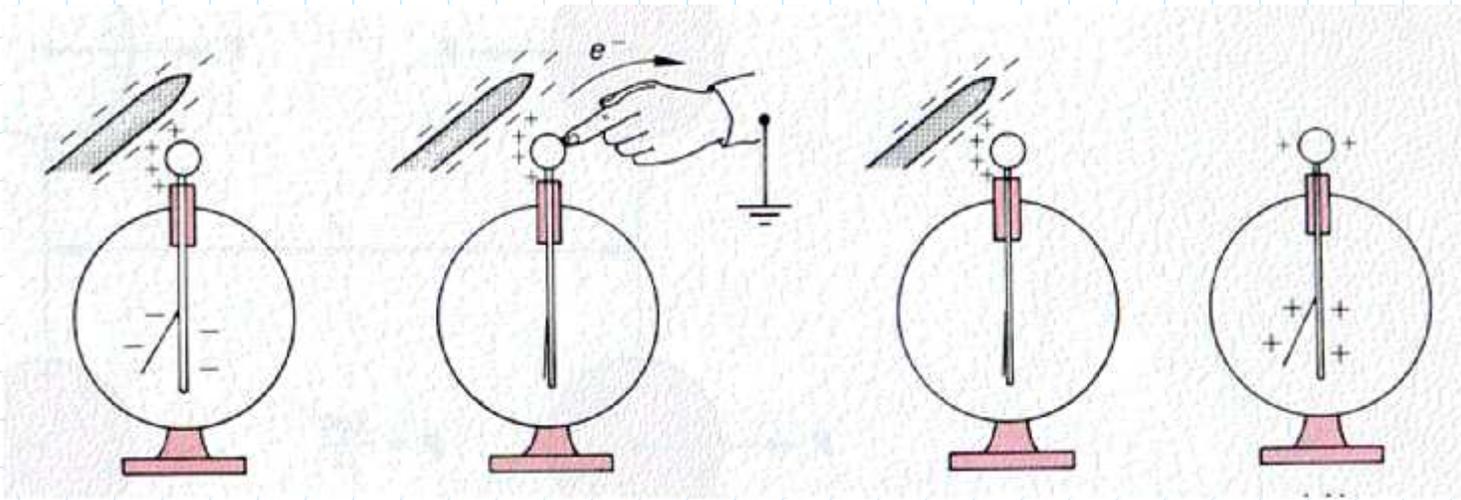


# Carga por inducción

## Carga por inducción:

La **redistribución de carga** se debe a la presencia cercana de un objeto cargado.

La carga por inducción se puede realizar **sin la pérdida de carga** del cuerpo cargado.



# Ley de Coulomb

## Ley de Coulomb

La fuerza de atracción o de repulsión entre dos cargas puntuales es directamente proporcional al **producto de las dos cargas** e inversamente proporcional al **cuadrado de la distancia que las separa**.

$$F = \frac{kqq'}{r^2}$$

$$k = 9 \times 10^9 \text{ N}\cdot\text{m}^2/\text{C}^2$$

Un **coulomb** es la carga transferida **en un segundo** a través de cualquier sección transversal de un conductor, mediante una corriente constante de **un ampere**.

$$1 \text{ C} = 6.25 \times 10^{18} \text{ electrones}$$

# Conceptos clave

- **Electrostática**
- **Carga**
- **Electrón**
- **Carga negativa**
- **Carga positiva**
- **Ion**
- **Carga inducida**
- **Conductor**
- **Aislante**
- **Semiconductor**
- **Ley de Coulomb**
- **Coulomb**
- **Microcoulomb**
- **Electroscopio**

# Resumen de ecuaciones

$$F = \frac{kqq'}{r^2}$$

$$F = \frac{(9 \times 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 / \text{C}^2)qq'}{r^2}$$

**Primera ley de la electrostática:**

**Las cargas del mismo signo se repelen y las cargas de signo contrario se atraen.**

# El campo eléctrico

Capítulo 24

**Física** Sexta edición

Paul E. Tippens

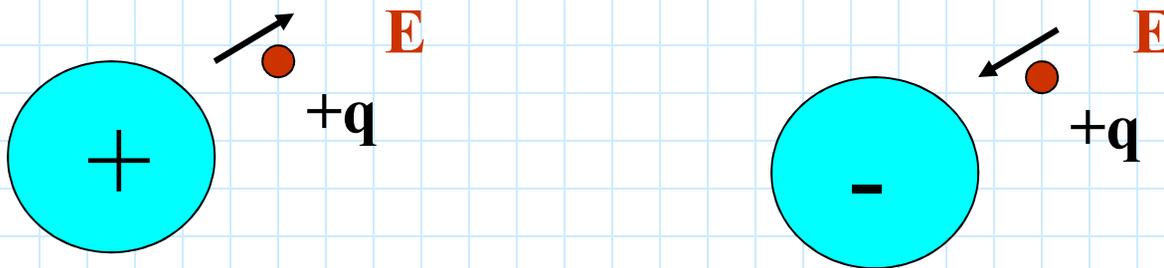
- **El concepto de campo**
- **Cálculo de la intensidad de campo eléctrico**
- **Líneas de campo eléctrico**
- **Ley de Gauss**
- **Aplicaciones de la ley de Gauss**

# El concepto de campo

La **magnitud de la intensidad de un campo eléctrico  $E$**  es proporcional a la fuerza ejercida en el punto con carga  $q$ .

$$E = \frac{F}{q}$$

La **dirección de la intensidad del campo eléctrico  $E$**  en un punto en el espacio es la misma que la dirección en la cual una **carga positiva** se movería si se colocara en ese punto.



# Cálculo de la intensidad de campo eléctrico

**Intensidad eléctrica de la ley de Coulomb:**

$$E = \frac{kQ}{r^2}$$

$$k = 9 \times 10^9 \text{ N}\cdot\text{m}^2/\text{C}^2$$

**Cuando más de una carga contribuye con el campo, el campo resultante es la suma vectorial de las contribuciones de cada carga:**

$$E = \sum \frac{kQ}{r^2}$$

# Líneas de campo eléctrico

Las **líneas de campo eléctrico** son líneas imaginarias trazadas de tal manera que su dirección en cualquier punto es la misma que la dirección del campo eléctrico en ese punto.

La **dirección de la línea de campo** en cualquier punto es la misma que la dirección en la cual una carga positiva se movería si estuviera colocada en ese punto.

La **separación entre las líneas de campo** debe ser tal que estén más cerca cuando el campo es fuerte y más lejos cuando el campo es débil.

# Ley de Gauss

La intensidad de campo eléctrico en el centro de una esfera imaginaria está dada por:

$$E = \frac{kq}{r^2}$$

La **permisividad del espacio libre** se define por:

$$\epsilon_0 = \frac{1}{4\pi k} = 8.85 \times 10^{-12} \text{ C}^2 / \text{N} \cdot \text{m}^2$$

## Ley de Gauss:

El número total de líneas de fuerza eléctrica que cruzan cualquier superficie cerrada en una dirección hacia afuera es numéricamente igual a la **carga total neta** contenida dentro de esa superficie.

$$N = \sum \epsilon_0 E_n A = \sum q$$

# Aplicaciones de la ley de Gauss

La **densidad de carga** es la carga por **unidad de área** de una superficie:

$$\sigma = \frac{q}{A}$$

# Conceptos clave

- **Campo eléctrico**
- **Intensidad del campo eléctrico**
- **Líneas de campo eléctrico**
- **Permisividad**
- **Densidad de carga**
- **Ley de Gauss**
- **Superficie gaussiana**
- **Cubeta de hielo de Faraday**

# Resumen de ecuaciones

$$E = \frac{F}{q}$$

$$\varepsilon_0 = \frac{1}{4\pi k} = 8.85 \times 10^{-12} \text{ C}^2 / \text{N} \cdot \text{m}^2$$

$$E = \sum \frac{kQ}{r^2}$$

$$N = \sum \varepsilon_0 E_n A = \sum q$$

$$E = \frac{kq}{r^2}$$

$$\sigma = \frac{q}{A}$$

# Potencial eléctrico

Capítulo 25

**Física** Sexta edición

Paul E. Tippens

- **Energía potencial eléctrica**
- **Cálculo de la energía potencial**
- **Potencial**
- **Diferencia de potencial**
- **Experimento de Millikan de la gota de aceite**
- **El electrón volt**

# Energía potencial eléctrica

La **energía potencial eléctrica** entre dos puntos separados una distancia  $d$  está dada por:

$$\text{P.E.} = qEd$$

- Siempre que una **carga positiva** se mueve en contra del campo eléctrico, la energía potencial aumenta.
- Siempre que una **carga negativa** se mueve en contra del campo eléctrico, la energía potencial disminuye.

# Cálculo de la energía potencial

La **fuerza eléctrica promedio** ejercida por una carga  $+q$  cuando se mueve del punto A al punto B es:

$$F = \frac{kQq}{r_A r_B}$$

El **trabajo realizado contra un campo eléctrico** al mover la carga  $-q$  a lo largo de la distancia  $r_A - r_B$  es:

$$\text{Work}_{A \rightarrow B} = kQq \left( \frac{1}{r_B} - \frac{1}{r_A} \right)$$

Y desde infinito  $\infty$  a la distancia  $r$ :

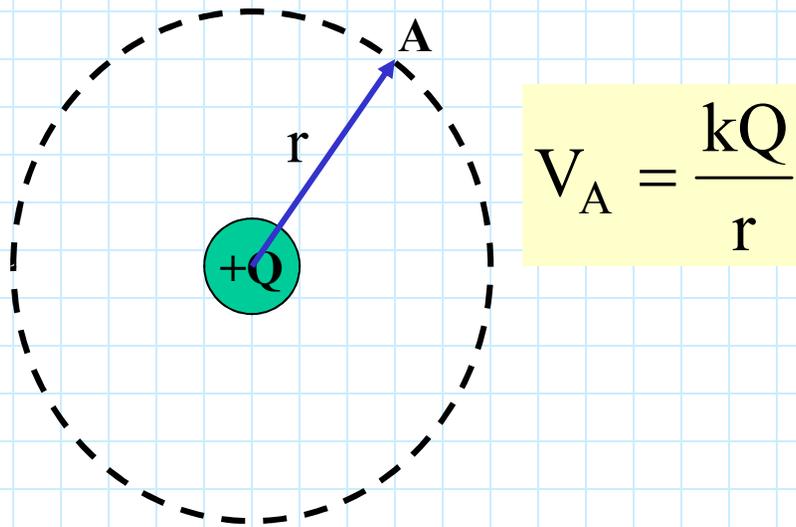
$$\text{Work}_{\infty \rightarrow r} = \frac{kQq}{r}$$

La **energía potencial** del sistema es igual al trabajo realizado contra las fuerzas eléctricas para llevar la carga  $+q$  desde el infinito hasta ese punto.

$$\text{P.E} = \frac{kQq}{r}$$

# Potencial

El **potencial  $V$**  en un punto situado a una distancia  $r$  de una carga  $Q$  es igual al trabajo por unidad de carga realizado contra las fuerzas eléctricas para transportar una carga positiva  $+q$  desde el infinito hasta dicho punto.



$$V_A = \frac{kQ}{r}$$

Las **líneas equipotenciales** siempre son perpendiculares a las líneas del campo eléctrico.

Las unidades del potencial se expresan en joules por coulomb o volts (V).

- El potencial debido a una **carga positiva** es positivo.
- El potencial debido a una **carga negativa** es negativo.

# Diferencia de potencial

La **diferencia de potencial** entre dos puntos es el trabajo por unidad de carga positiva que realizan fuerzas eléctricas para mover una pequeña **carga de prueba** desde el punto de **mayor potencial** al punto de **menor potencial**.

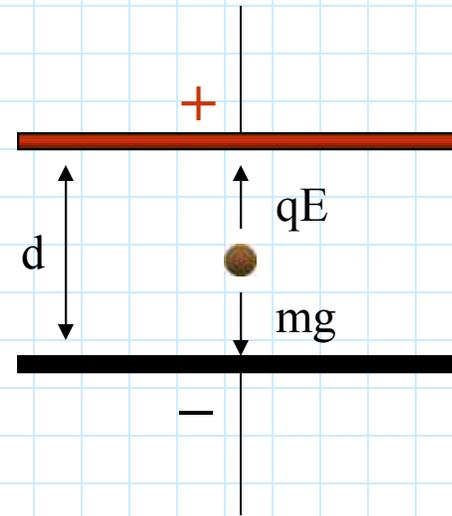
$$\text{Work}_{A \rightarrow B} = q(V_A - V_B)$$

La **diferencia de potencial** entre dos placas con carga opuesta es igual al producto de la intensidad de campo por la separación de las placas.

$$V = Ed$$

# Experimento de Millikan de la gota de aceite

La magnitud de la carga en la gota de aceite se puede calcular partiendo de las condiciones de equilibrio que mantienen **suspendida la carga** entre dos placas con carga opuesta.



$$qE = mg$$

$Q$  = carga neta en la gota de aceite

$m$  = masa de la gota de aceite

$g$  = aceleración de la gravedad

# El electrón volt

El **electrón volt** es una unidad de energía equivalente a la energía adquirida por un electrón que es acelerado a través de una diferencia de potencial de un volt.

# Conceptos clave

- **Energía potencial eléctrica**
- **Trabajo eléctrico**
- **Potencial**
- **volt**
- **Líneas equipotenciales**
- **Diferencia de potencial**
- **Gradiente de potencial**
- **electrón volt**

# Resumen de ecuaciones

$$\sigma = \frac{q}{A}$$

$$F = \frac{kQq}{r_A r_B}$$

$$V_A = \frac{kQ}{r}$$

$$V = \sum \frac{kQ}{r}$$

$$\text{Work}_{A \rightarrow B} = kQq \left( \frac{1}{r_B} - \frac{1}{r_A} \right)$$

$$\text{Work}_{A \rightarrow B} = q(V_A - V_B)$$

$$\text{Work}_{\infty \rightarrow r} = \frac{kQq}{r}$$

$$qE = mg$$

$$\text{P.E} = \frac{kQq}{r}$$

# Capacitancia

## Capítulo 26

**Física** Sexta edición

Paul E. Tippens

- **Limitaciones al cargar un conductor**
- **El capacitor**
- **Cálculo de la capacitancia**
- **Constante dieléctrica; permisividad**
- **Capacitores en paralelo y en serie**
- **Energía de un capacitor cargado**

# Limitaciones al cargar un conductor

**Capacitancia** es la capacidad de un conductor para almacenar carga.

La **unidad de capacitancia** es el coulomb por volt o farad (F).

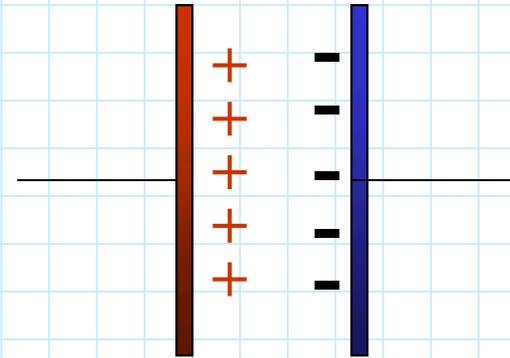
$$C = \frac{Q}{V}$$

Si un conductor tiene una **capacitancia de un farad**, la transferencia de **un coulomb de carga** al conductor elevará su potencial en un **volt**.

La **rigidez dieléctrica** de cierto material es la intensidad del campo eléctrico para la cual el material deja de ser un **aislador** y se vuelve un **conductor**.

# El capacitor

Un **capacitor** está formado por dos conductores, muy cercanos entre sí, que transportan cargas iguales y opuestas.



La **capacitancia** entre dos conductores que tienen cargas iguales y opuestas es la razón de la **magnitud de la carga** sobre cualquier conductor a la **diferencia de potencial** resultante entre los dos conductores.

$$C = \frac{Q}{V}$$

# Cálculo de la capacitancia

La **intensidad del campo eléctrico**  $E$  entre dos placas:

$$E = \frac{V}{d}$$

$V$  = diferencia de potencial entre las placas, volts

$d$  = separación entre las placas, metros

A partir de la ley de Gauss:

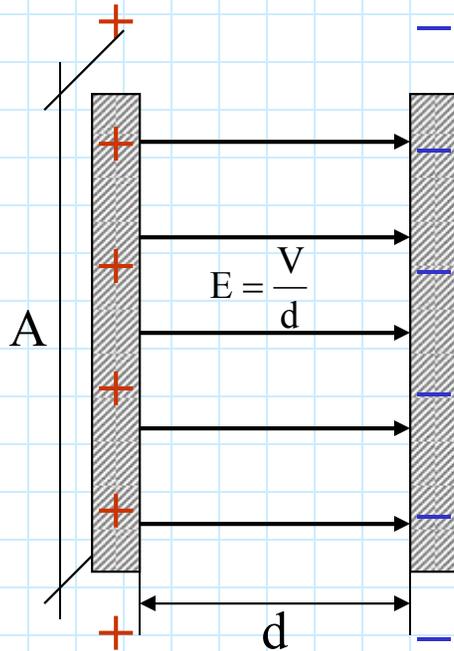
$$E = \frac{\sigma}{\epsilon_0} = \frac{Q}{A\epsilon_0}$$

$Q$  = carga en cualquier placa

$A$  = área de cualquier placa

$\epsilon_0$  = permisividad del vacío ( $8.85 \times 10^{-12} \text{ C}^2/\text{N}\cdot\text{m}^2$ )

# Cálculo de la capacitancia



$$C_0 = \frac{Q}{V} = \epsilon_0 \frac{A}{d}$$

# Constante dieléctrica; permisividad

Un **material dieléctrico** es un **material no conductor** situado entre las placas de un capacitor.

Un material dieléctrico:

- Proporciona una **pequeña separación de las placas** sin que hagan contacto
- **Aumenta la capacitancia** de un capacitor.
- Permite **altos voltajes** sin que el dieléctrico alcance el punto de ruptura.
- A menudo proporciona una **mayor resistencia mecánica**

Algunos **materiales dieléctricos** comunes son:

- mica
- Papel parafinado
- cerámica
- plásticos

# Constante dieléctrica; permisividad

Cuando el dieléctrico es un **vacío**:

$$C_0 = \frac{Q}{V} = \epsilon_0 \frac{A}{d}$$

donde:

$C_0$  = capacitancia

$Q$  = carga eléctrica

$V$  = voltaje

$\epsilon_0$  = permisividad en el vacío

$A$  = área de las placas

$d$  = separación entre placas

La **constante dieléctrica** se define como:

$$K = \frac{\epsilon}{\epsilon_0}$$

donde:

$K$  = constante dieléctrica  
(o **permisividad relativa**)

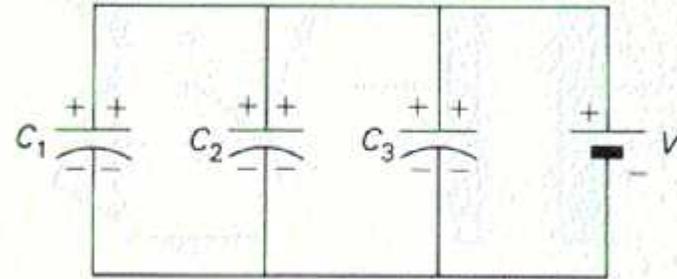
$\epsilon$  = permisividad del dieléctrico

$\epsilon_0$  = permisividad en el vacío

# Capacitores en paralelo

## Carga total

$$Q_T = Q_1 + Q_2 + Q_3$$



## Voltaje total

$$V_T = V_1 = V_2 = V_3$$

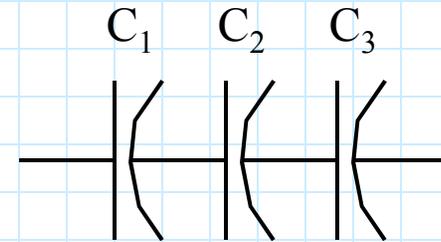
## Capacitancia total

$$C_T = C_1 + C_2 + C_3$$

# Capacitores en serie

## Carga total

$$Q_T = Q_1 = Q_2 = Q_3$$



Capacitores en serie

## Voltaje total

$$V_T = V_1 + V_2 + V_3$$

## Capacitancia total

$$\frac{1}{C_T} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}$$

# Energía de un capacitor cargado

La **energía** potencial almacenada en las **placas de un capacitor** puede determinarse con:

$$P.E. = \frac{Q^2}{2C}$$

$$P.E. = \frac{1}{2} CV^2$$

$$P.E. = \frac{1}{2} QV$$

donde:

P.E. = energía potencial

Q = carga eléctrica

C = capacitancia

V = voltaje

# Conceptos clave

- **Capacitor**
- **Capacitancia**
- **Dieléctrico**
- **Permisividad**
- **farad**
- **Descarga en corona**
- **Capacitor variable**
- **Rigidez dieléctrica**
- **Constante dieléctrica**
- **Conexión en paralelo**
- **Conexión en serie**

# Resumen de ecuaciones

$$C = \frac{Q}{V}$$

$$Q_T = Q_1 + Q_2 + Q_3$$

$$Q_T = Q_1 = Q_2 = Q_3$$

$$V_T = V_1 = V_2 = V_3$$

$$V_T = V_1 + V_2 + V_3$$

$$C_T = C_1 + C_2 + C_3$$

$$\frac{1}{C_T} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}$$

$$C_0 = \frac{Q}{V} = \epsilon_0 \frac{A}{d}$$

$$K = \frac{\epsilon}{\epsilon_0}$$

$$\text{P.E.} = \frac{Q^2}{2C}$$

$$\text{P.E.} = \frac{1}{2} CV^2$$

$$\text{P.E.} = \frac{1}{2} QV$$

$$E = \frac{V}{d}$$

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon_0} = \frac{Q}{A\epsilon_0}$$

# Corriente y resistencia

## Capítulo 27

**Física** Sexta edición

Paul E. Tippens

- **El movimiento de la carga eléctrica**
- **La dirección de la corriente eléctrica**
- **Fuerza electromotriz**
- **Ley de Ohm; resistencia**
- **Potencia eléctrica y pérdida de calor**
- **Resistividad**
- **Coefficiente de temperatura de la resistencia**
- **Superconductividad**

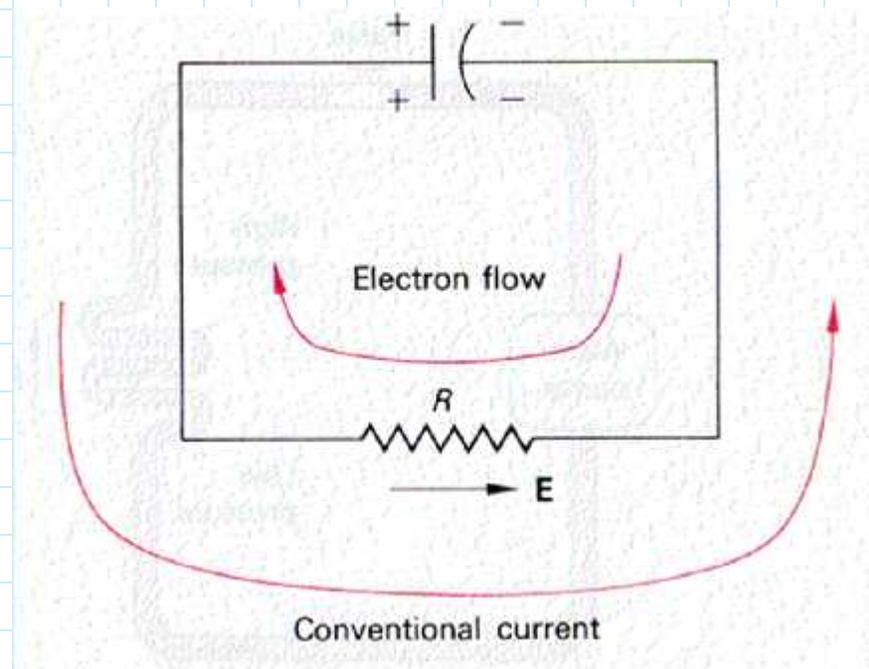
# El movimiento de la carga eléctrica

La **corriente eléctrica**  $I$  es la **rapidez del flujo de carga**  $Q$  que pasa por un punto dado en un conductor eléctrico.

$$I = \frac{Q}{t}$$

# La dirección de la corriente eléctrica

**La dirección de la corriente eléctrica convencional siempre es la misma que la dirección en que se moverían las cargas positivas, incluso si la corriente real consiste en un flujo de electrones.**



# Fuerza electromotriz

Una fuente de fem de un volt realizará **un joule de trabajo** sobre cada **coulomb de carga** que pase a través de ella.

Una **fuerza** de fuerza electromotriz (fem) es un dispositivo que **convierte** la energía química, mecánica u otras formas de ella en la **energía eléctrica** necesaria para mantener un flujo continuo de carga eléctrica.

# Ley de Ohm; resistencia

**Resistencia R** es la **oposición** al flujo de carga eléctrica.

**Ley de Ohm:**

La **corriente** que circula por un conductor dado es directamente proporcional a la **diferencia de potencial** entre sus puntos extremos.

$$R = \frac{V}{I} \quad V = IR$$

# Potencia eléctrica y pérdida de calor

La **potencia disipada**  $P$  es la **rapidez** con la cual se **disipa el calor** en un circuito eléctrico.

$$P = \frac{\text{work}}{t} = \frac{VI t}{t} = VI$$

$$P = VI = I^2 R$$

$$P = VI = \frac{V^2}{R}$$

# Resistividad

La **resistencia de un conductor** a una temperatura dada es directamente proporcional a su longitud, inversamente proporcional al área de su sección transversal y depende del material del cual está hecho.

$$R = \rho \frac{l}{A}$$

La **resistividad**  $\rho$  se determina por el **material**.

# Coeficiente de temperatura de la resistencia

El **coeficiente de temperatura de la resistencia** es el **cambio en la resistencia**, por unidad de resistencia, por cada grado de cambio en la temperatura.

$$\alpha = \frac{\Delta R}{R_0 \Delta t}$$

donde:

$\alpha$  = coeficiente de temperatura de la resistencia

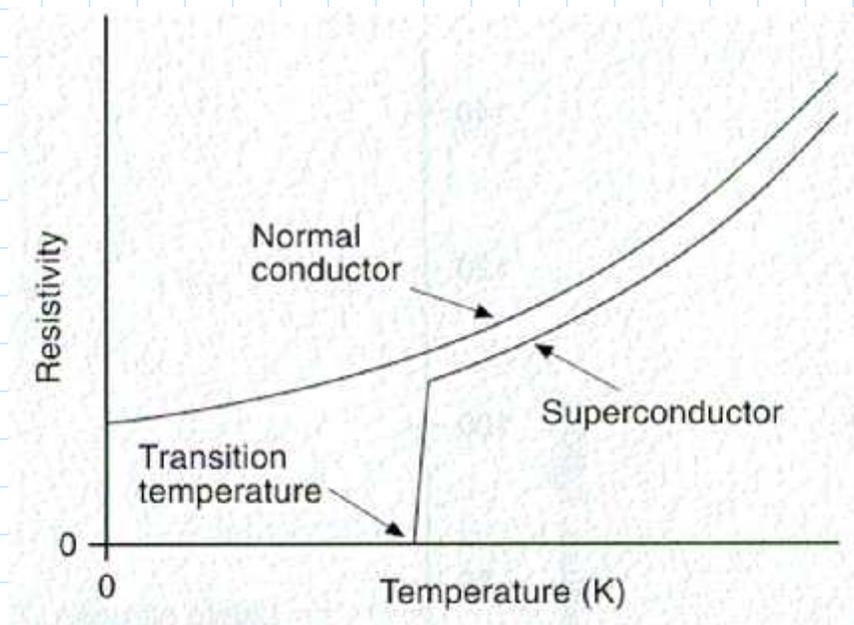
$\Delta R$  = cambio en la resistencia

$R_0$  = resistencia inicial

$\Delta t$  = cambio en la temperatura

# Superconductividad

La **superconductividad** es una condición de **resistencia cero** encontrada en ciertos materiales a temperaturas bajas.



La **temperatura de transición** es la temperatura a la cual la resistividad de un superconductor decrece **bruscamente hasta llegar a cero.**

# Conceptos clave

- **Corriente**
- **Resistencia**
- **amperes**
- **fem**
- **ohm**
- **Reóstato**
- **Amperímetro**
- **Voltímetro**
- **Corriente transitoria**
- **Fuente de fem**
- **Potencia eléctrica**
- **Ley de Ohm**
- **Resistividad**
- **Circular mil**
- **Coefficiente de temperatura de resistencia**

# Resumen de ecuaciones

$$I = \frac{Q}{t}$$

$$R = \frac{V}{I}$$

$$V = IR$$

$$P = VI$$

$$P = \frac{V^2}{R}$$

$$P = I^2R$$

$$R = \rho \frac{l}{A}$$

$$\alpha = \frac{\Delta R}{R_0 \Delta t}$$

I = corriente

Q = coulombs

t = tiempo

R = resistencia

V = voltaje (fem)

P = potencia eléctrica

$\rho$  = resistividad

A = área de la sección transversal

l = longitud

$\alpha$  = coeficiente de temperatura de resistencia

$\Delta t$  = cambio de temperatura

# Circuitos de corriente continua

## Capítulo 28

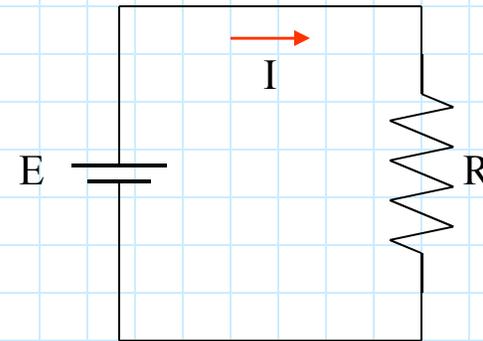
**Física** Sexta edición

Paul E. Tippens

- Circuitos simples; resistores en serie
- Resistores en paralelo
- fem y diferencia de potencial terminal
- Medición de la resistencia interna
- Inversión de la corriente a través de una fuente de fem
- Leyes de Kirchhoff
- El puente de Wheatstone
- Conducción eléctrica en líquidos
- Electrólisis
- Fuentes de voltaje de cc; el acumulador de plomo

# Circuitos simples; resistores en serie

La **corriente** en todas las partes de un circuito en serie es la misma.

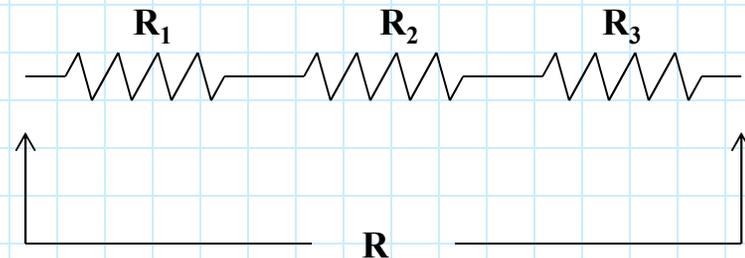


Circuito en serie

El **voltaje** a través de varias resistencias en serie es igual a la suma de los voltajes a través de los resistores individuales.

$$V = V_1 + V_2 + V_3$$

La **resistencia** efectiva de varios resistores en serie es equivalente a la suma de las resistencias individuales.

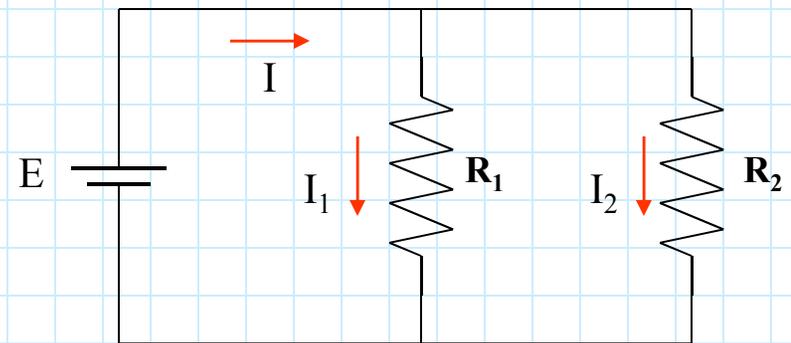


$$R = R_1 + R_2 + R_3$$

# Resistores en paralelo

La **corriente** total en un circuito en paralelo es igual a la suma de las corrientes en los ramales individuales.

$$I = I_1 + I_2$$



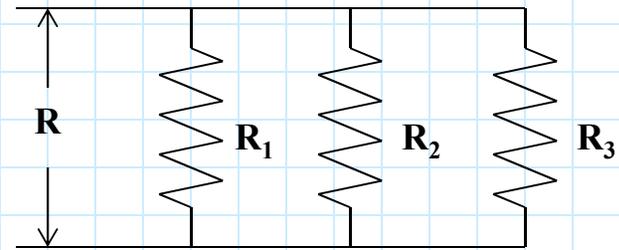
Circuito  
en paralelo

La **caída de voltaje** a través de todos los ramales del circuito en paralelo debe ser de igual magnitud.

$$V = V_1 = V_2 = V_3$$

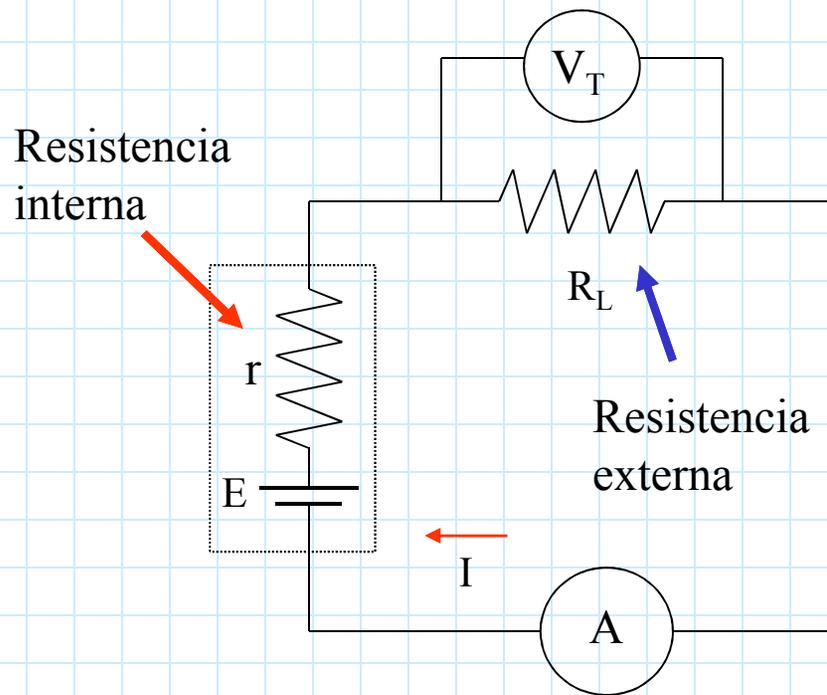
# Resistores en paralelo

El recíproco de la **resistencia** equivalente es igual a la suma de los recíprocos de las resistencias individuales conectadas en paralelo.



$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

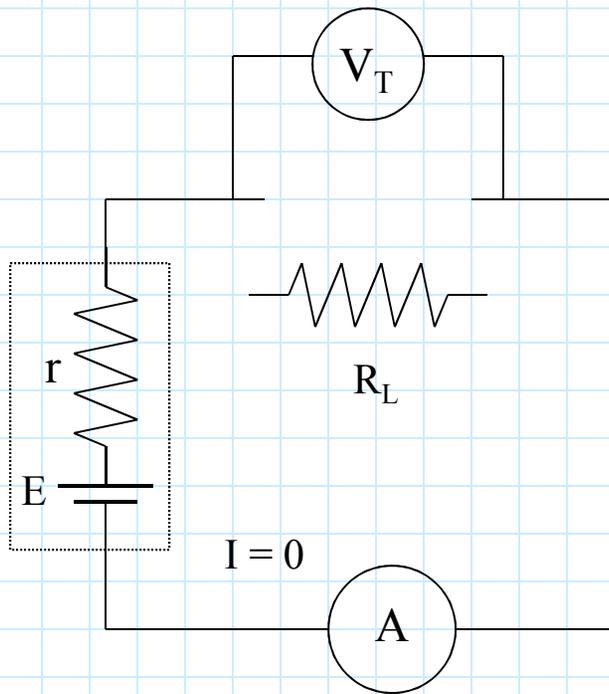
# fem y diferencia de potencial terminal



La **resistencia interna** reduce la cantidad de voltaje que pasa por la **resistencia externa**.

$$V_T = E - Ir$$

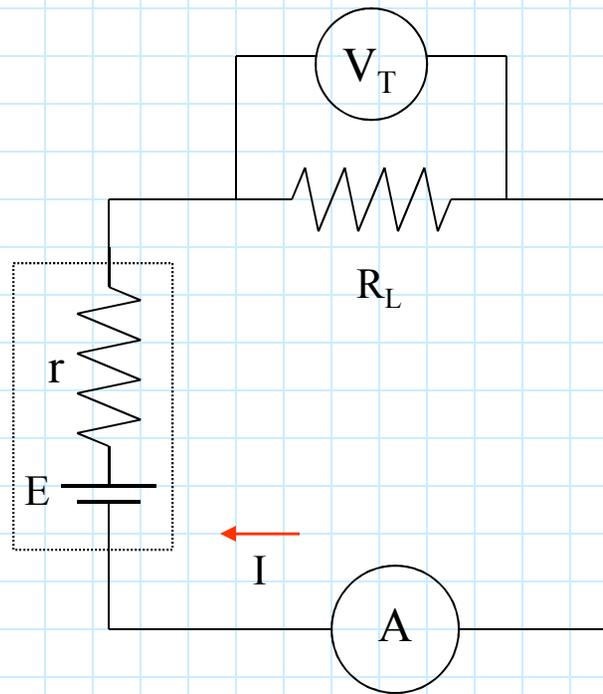
# Medición de la resistencia interna



## Paso 1--Eliminar $R_L$

$$V_T = E$$

$$I = 0$$



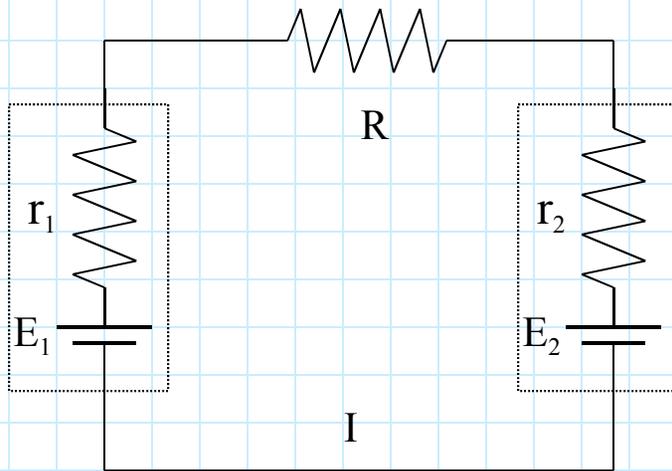
## Paso 2--Reemplazar $R_L$

Medición del voltaje a través de  $R_L$  ( $V_{RL}$ ) y de la corriente  $I$ .

## Paso 3--Calcular

$$r = \frac{E - V_{RL}}{I}$$

# Inversión de la corriente a través de una fuente de fem



Si una fuente de **mayor fem** está conectada de manera opuesta a una fuente de **menor fem**, la corriente atravesará esta última en dirección inversa, produciendo una **pérdida de energía neta**.

La corriente suministrada a un circuito eléctrico continuo es igual a la **fem neta** dividida entre la **resistencia total** del circuito, incluyendo la resistencia interna.

$$I = \frac{\sum E}{\sum R}$$

# Leyes de Kirchhoff

## Primera ley de Kirchhoff:

La suma de las corrientes que llegan a una unión es igual a la suma de las corrientes que salen de esa unión.

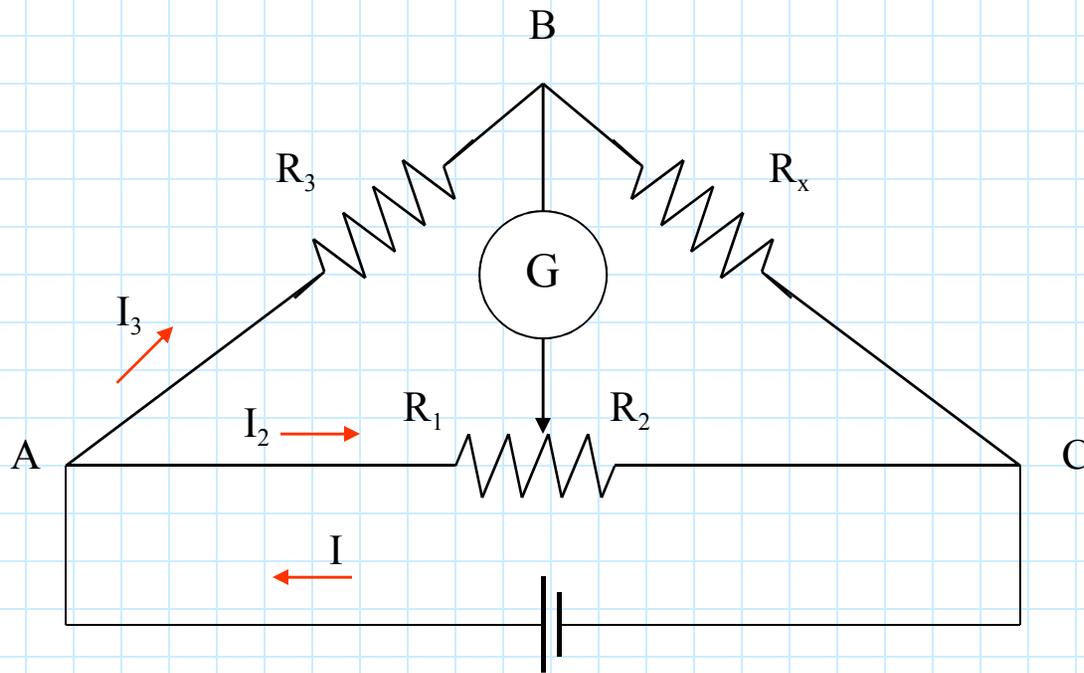
$$\sum I_{\text{entering}} = \sum I_{\text{leaving}}$$

## Segunda ley de Kirchhoff:

La suma de las *fems* alrededor de cualquier malla cerrada de corriente es igual a la suma de todas las caídas  $IR$  alrededor de dicha malla.

$$\sum E_{\text{current loop}} = \sum IR_{\text{current loop}}$$

# El puente de Wheatstone



Puente de Wheatstone

$$R_x = R_3 \frac{R_2}{R_1}$$

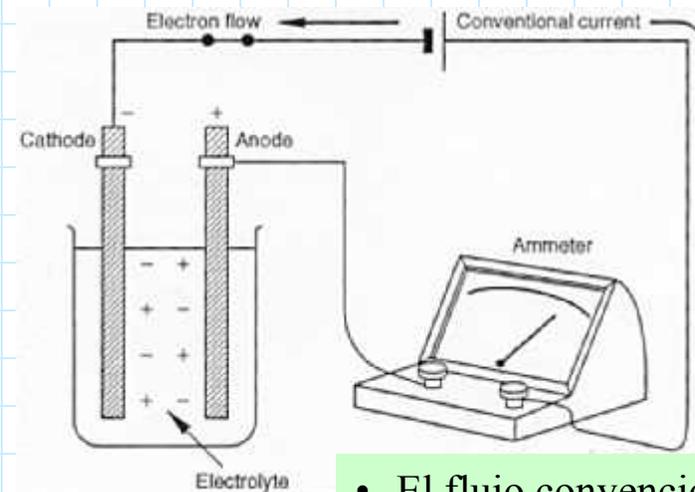
$$R_x = R_3 \frac{I_2}{I_1}$$

# Conducción eléctrica en líquidos

Un **electrolito** es una sustancia que **conduce una corriente eléctrica** cuando está fundida o disuelta en agua.

El **cátodo** es un electrodo que tiene un potencial **negativo**.

El **ánodo** es un electrodo que tiene un potencial **positivo**.

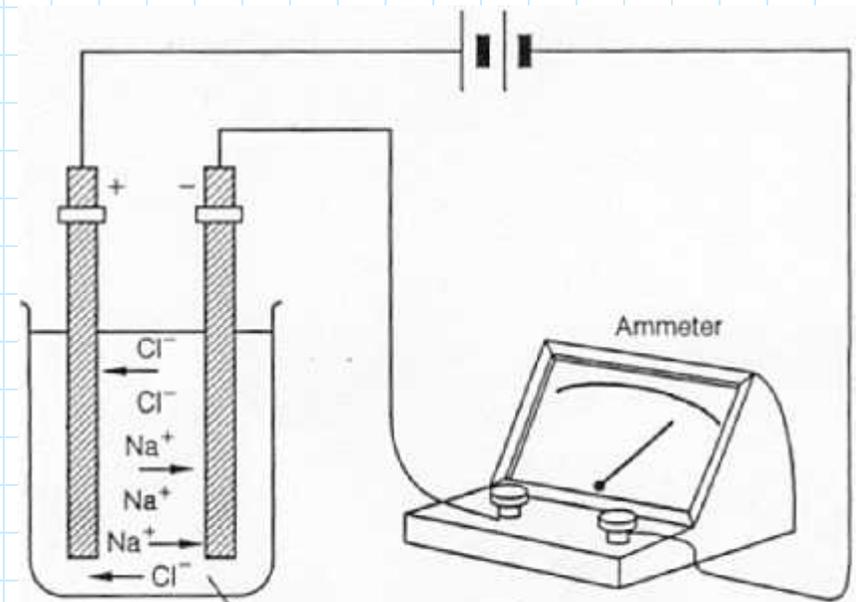


- El flujo convencional de corriente es de ánodo a cátodo.
- El flujo de electrones es de cátodo a ánodo.

# Electrólisis

**Electrólisis** es el proceso mediante el cual ocurren cambios químicos cuando se pasa una corriente eléctrica a través de un líquido.

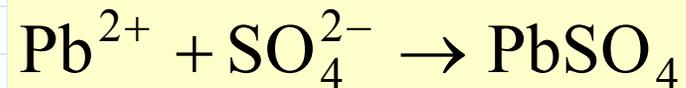
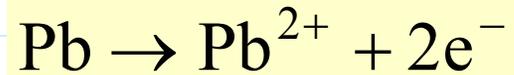
- Un átomo neutro de **sodio** se convierte en un **ion positivo** cuando pierde un electrón.
- La **oxidación** es un proceso por el cual las partículas **pierden electrones**.
- Un átomo neutro de **cloro** se convierte en un **ion negativo** cuando gana un electrón.
- La **reducción** es un proceso por el cual las partículas **ganan electrones**.



Electrólisis de NaCl fundido.

# Fuentes de voltaje; el acumulador de plomo

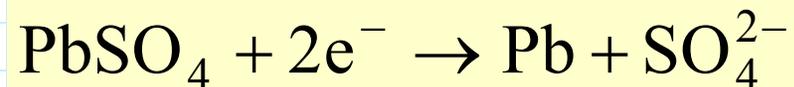
**Descarga: cátodo**



**Descarga: ánodo**



**Recarga: cátodo**



**Recarga: ánodo**



# Conceptos clave

- **Circuito cc**
- **Conexión en serie**
- **Conexión en paralelo**
- **Diferencia de potencial entre terminales**
- **Resistencia interna**
- **Primera ley de Kirchhoff**
- **Segunda ley de Kirchhoff**
- **Puente de Wheatstone**
- **Electrólisis**
- **Cátodo**
- **Ánodo**
- **Oxidación**
- **Reducción**
- **Ionización**

# Resumen de ecuaciones

$$I_T = I_1 = I_2 = I_3$$

$$V_T = V_1 + V_2 + V_3$$

$$R_T = R_1 + R_2 + R_3$$

$$I_T = I_1 + I_2 + I_3$$

$$V_T = V_1 = V_2 = V_3$$

$$\frac{1}{R_e} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

$$V_T = E - Ir$$

$$r = \frac{E - V_{RL}}{I}$$

$$I = \frac{\sum E}{\sum R}$$

$$\sum I_{\text{entering}} = \sum I_{\text{leaving}}$$

$$\sum E_{\text{current loop}} = \sum IR_{\text{current loop}}$$

$$R_x = R_3 \frac{R_2}{R_1}$$

$$R_x = R_3 \frac{I_2}{I_1}$$

# Magnetismo y campo magnético

## Capítulo 29

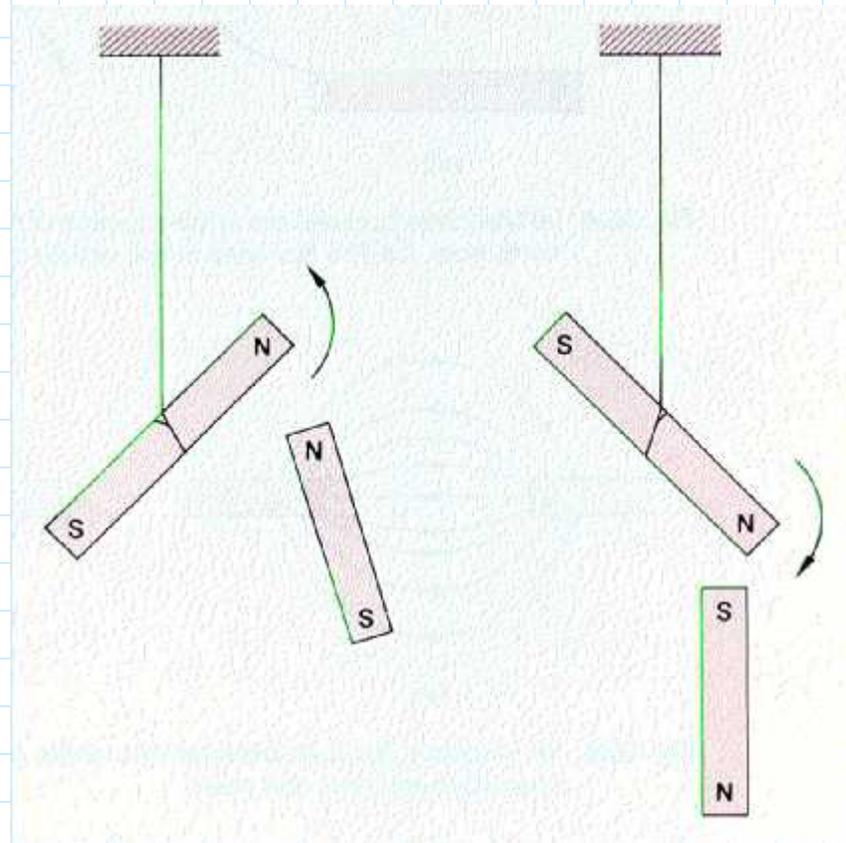
**Física** Sexta edición

Paul E. Tippens

- **Magnetismo**
- **Campos magnéticos**
- **La teoría moderna del magnetismo**
- **Densidad de flujo y permeabilidad**
- **Campo magnético y corriente eléctrica**
- **Fuerza sobre una carga en movimiento**
- **Fuerza sobre un conductor por el que circula una corriente**
- **Campo magnético de un conductor largo y recto**
- **Otros campos magnéticos**
- **Histéresis**

# Magnetismo

Los polos magnéticos iguales se **repelen** y los polos magnéticos diferentes se **atraen**.

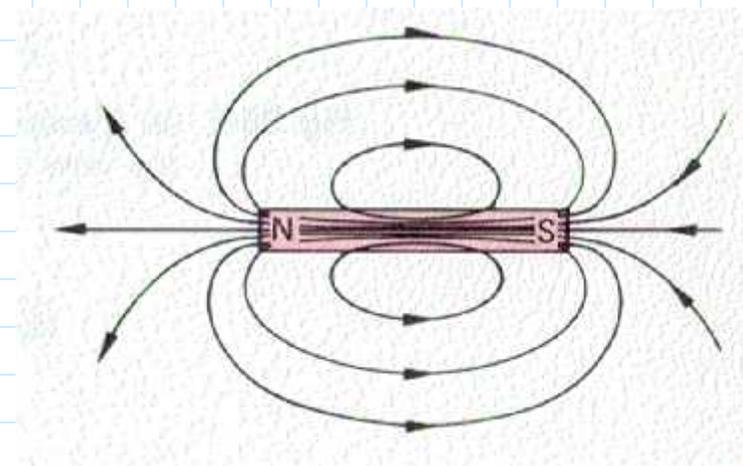


# Campos magnéticos

Todo imán está rodeado por un espacio en el que están presentes sus **efectos magnéticos**. A esta zona se le llama **campo magnético**.

Las **líneas de flujo** son útiles para visualizar los **campos magnéticos**.

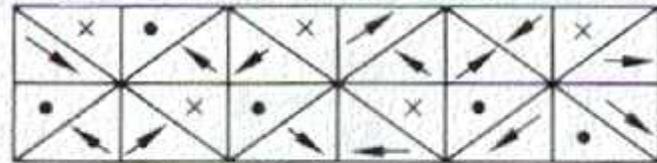
Las líneas del flujo magnético **abandonan** el polo norte y **entran** al polo sur.



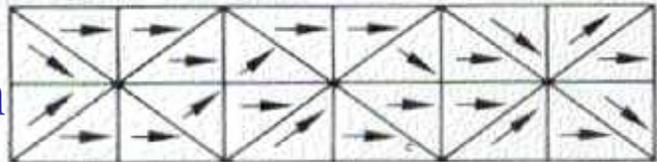
# La teoría moderna del magnetismo

Los átomos en un material magnético están **agrupados** en **microscópicas regiones** magnéticas llamadas **dominios**.

Los dominios magnéticos están orientados en **forma aleatoria** en un material **no magnético**.



Los dominios magnéticos están alineados en un **patrón** en un material **magnetizado**.



# Densidad de flujo y permeabilidad

La **densidad de flujo magnético** es el **número de líneas de flujo** que pasan a través de una unidad de área perpendicular a esa región.

$$B = \frac{\phi}{A_{\perp}}$$

donde:

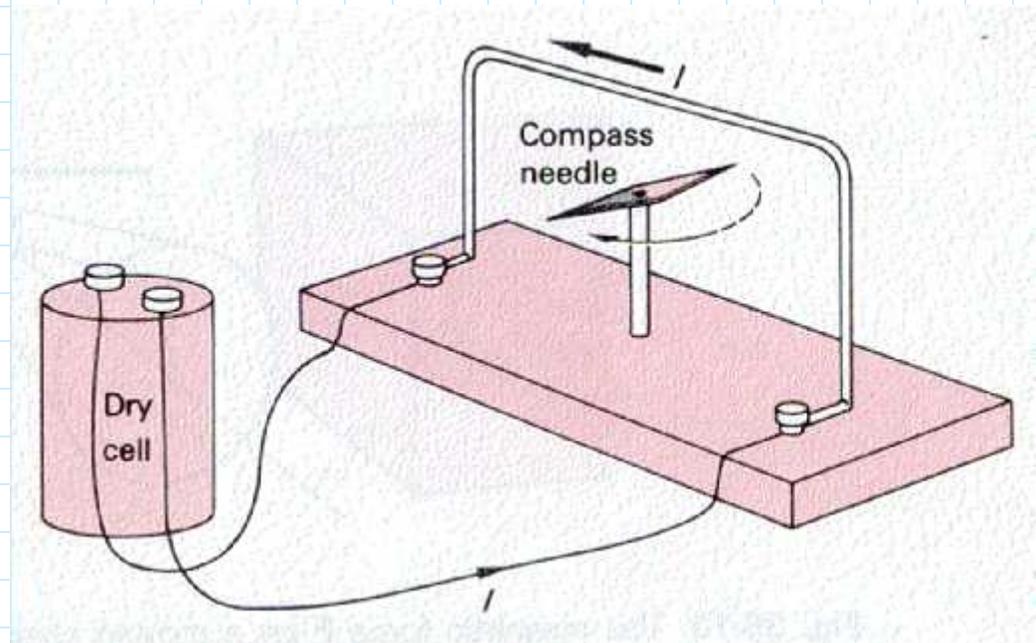
B = densidad de flujo

$\phi$  = flujo

$A_{\perp}$  = área perpendicular

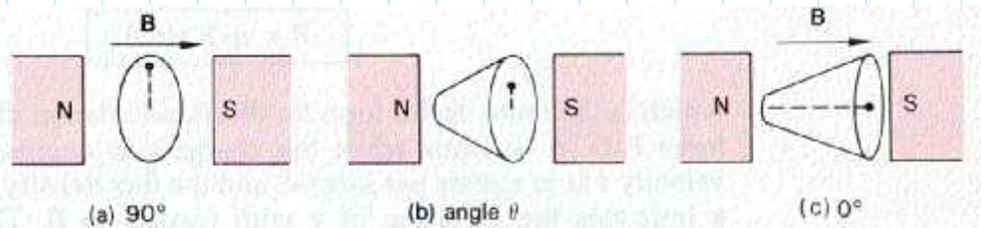
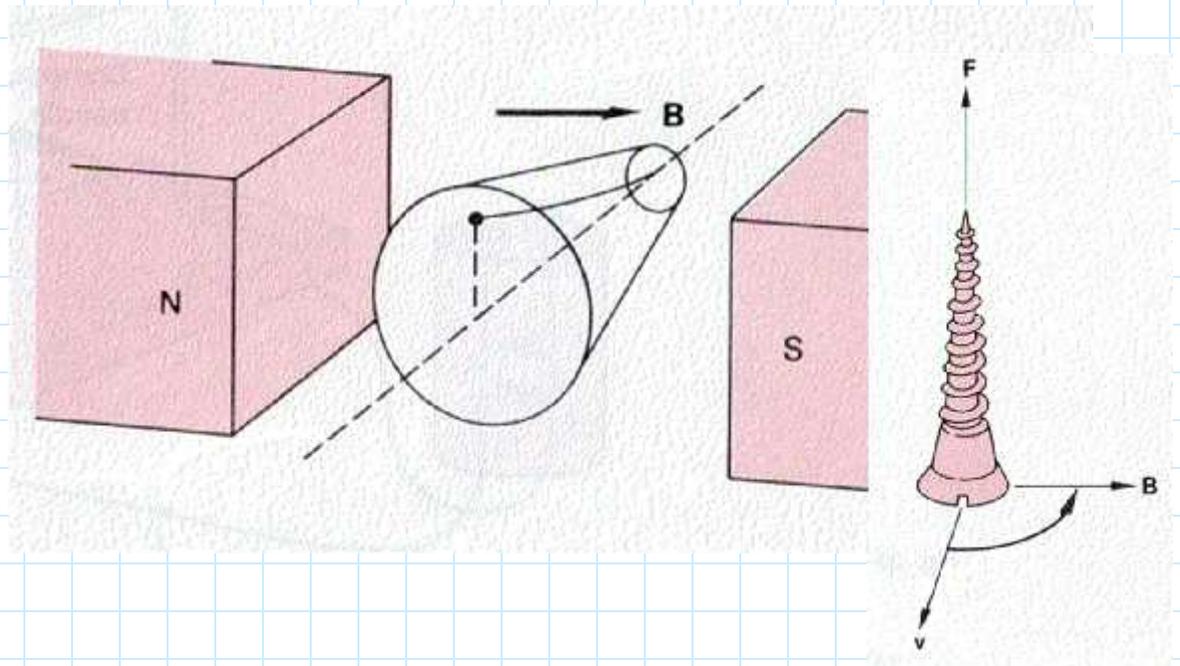
# Campo magnético y corriente eléctrica

La **corriente** que pasa a través de un alambre crea una **fuerza giratoria** en la aguja de la brújula hasta que ésta apunta en una dirección perpendicular al alambre.



# Fuerza sobre una carga en movimiento

La **dirección** de la fuerza magnética  $F$  sobre una **carga positiva en movimiento** es la misma que la dirección de avance de un tornillo de rosca derecha si gira de  $v$  a  $B$ .



La magnitud de una **fuerza magnética** varía con el **ángulo** que forma una carga en movimiento con respecto a la dirección del campo magnético.

# Fuerza sobre una carga en movimiento

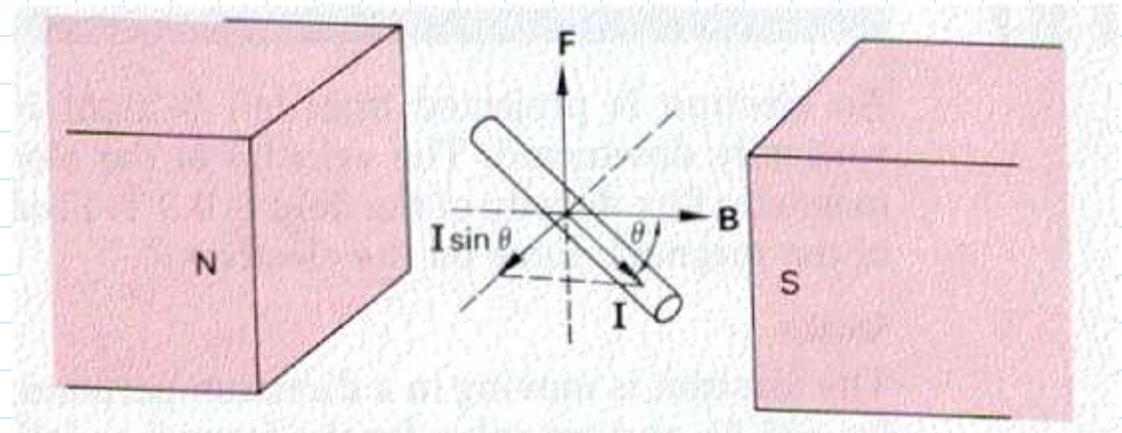
Un campo magnético que tiene una **densidad de flujo** de un tesla (un weber por metro cuadrado) ejercerá una **fuerza** de un newton en una **carga** de un coulomb que se mueve **perpendicularmente** al campo a una **velocidad** de un metro por segundo.

$$F = qvB \sin \theta$$

# Fuerza sobre un conductor por el que circula una corriente

La **fuerza** sobre un conductor por el que fluye corriente depende del **ángulo** que forma la corriente con respecto a la densidad de flujo.

$$F = BIl \sin \theta$$



# Campo magnético de un conductor largo y recto

donde:

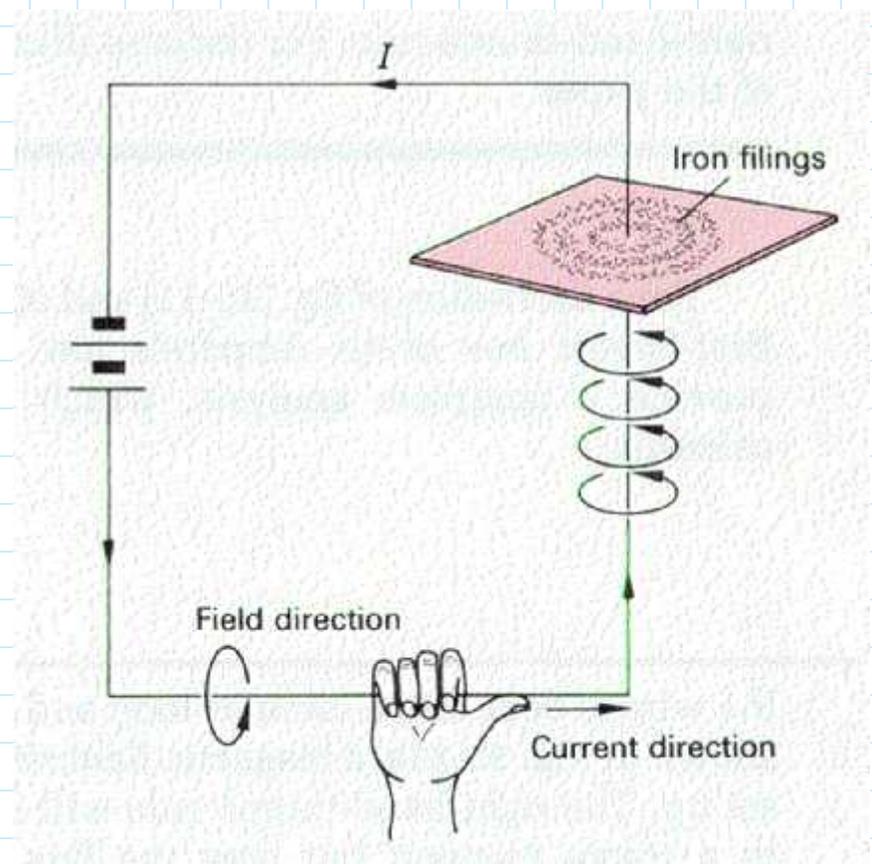
$$B = \frac{\mu I}{2\pi d}$$

B = densidad de flujo

$\mu$  = permeabilidad del medio que rodea al alambre

I = flujo de corriente a través del alambre

d = distancia perpendicular desde el alambre



**Si el alambre se toma con la mano derecha de modo que el pulgar apunte en la dirección de la corriente convencional, los demás dedos que sujetan al conductor indicarán la dirección del campo magnético.**

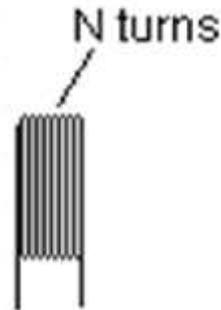
# Otros campos magnéticos

**Espira**



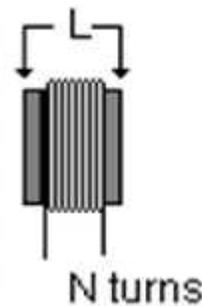
$$B = \frac{\mu I}{2r}$$

**Bobina**



$$B = \frac{\mu NI}{2r}$$

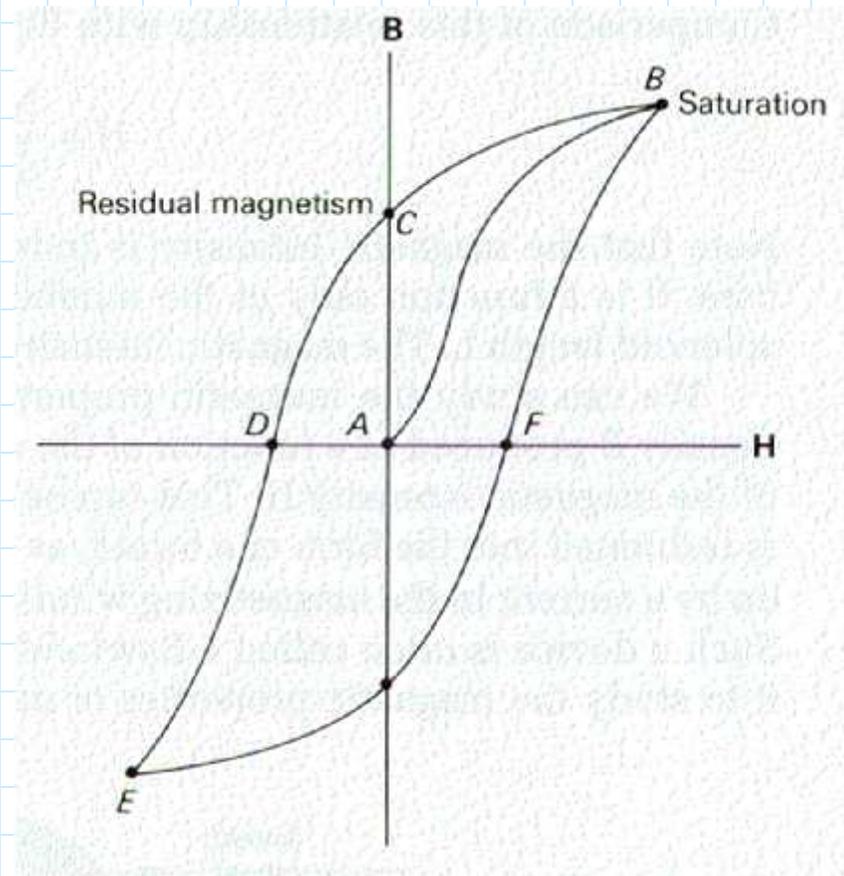
**Solenoido**



$$B = \frac{\mu NI}{L}$$

# Histéresis

**Histéresis** es el retraso de la magnetización con respecto a la intensidad magnética.



# Conceptos clave

- magnetismo
- imán
- dominios
- retentividad
- permeabilidad
- weber
- tesla
- diamagnético
- paramagnético
- ferromagnético
- Polos magnéticos
- Ley de la fuerza magnética
- Ley de Coulomb para fuerzas magnéticas
- campos magnéticos
- Líneas de flujo magnético
- Inducción magnética
- Saturación magnética
- densidad de flujo
- Permeabilidad relativa
- solenoide
- histéresis

# Resumen de ecuaciones

$$B = \frac{\phi}{A_{\perp}}$$

$$B = \frac{\mu I}{2\pi d}$$

$$F = qvB\sin\theta$$

$$\mu_r = \frac{\mu}{\mu_0}$$

$$B = \frac{\mu I}{2r}$$

$$F = BI\sin\theta$$

Para el vacío

$$\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ T}\cdot\text{m/A}$$

$$B = \frac{\mu NI}{2r}$$

$$B = \mu_0 \mu_r H$$

$$B = \frac{\mu NI}{L}$$

# Fuerzas y momentos de torsión en un campo magnético

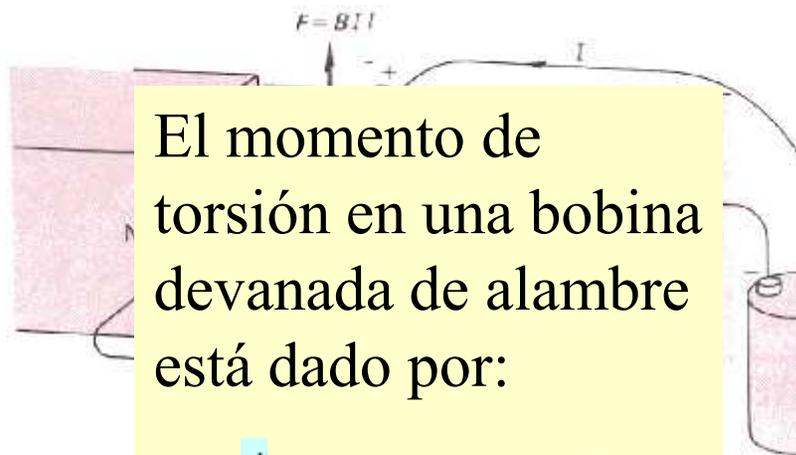
## Capítulo 30

**Física** Sexta edición

Paul E. Tippens

- **Fuerza y momento de torsión en espira**
- **Campos magnéticos**
- **Momento de torsión magnético sobre un solenoide**
- **El galvanómetro**
- **El voltímetro de cc**
- **Al amperímetro de cc**

# Fuerza y momento de torsión en una espira



El momento de torsión en una bobina devanada de alambre está dado por:

$$\tau = NBI A \cos \tau$$

donde:

$\tau$  = momento de torsión

N = número de espiras de alambre

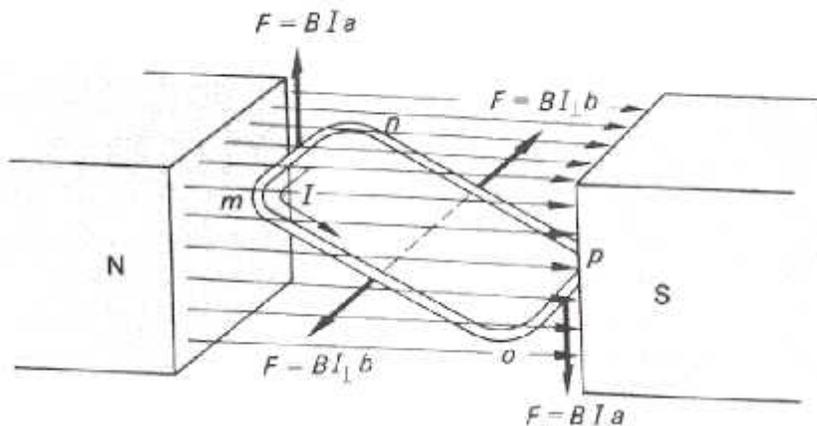
B = inducción magnética

I = corriente que circula por la espira

A = área de la espira

$\tau$  = ángulo de la espira con respecto a las líneas de fuerza magnética

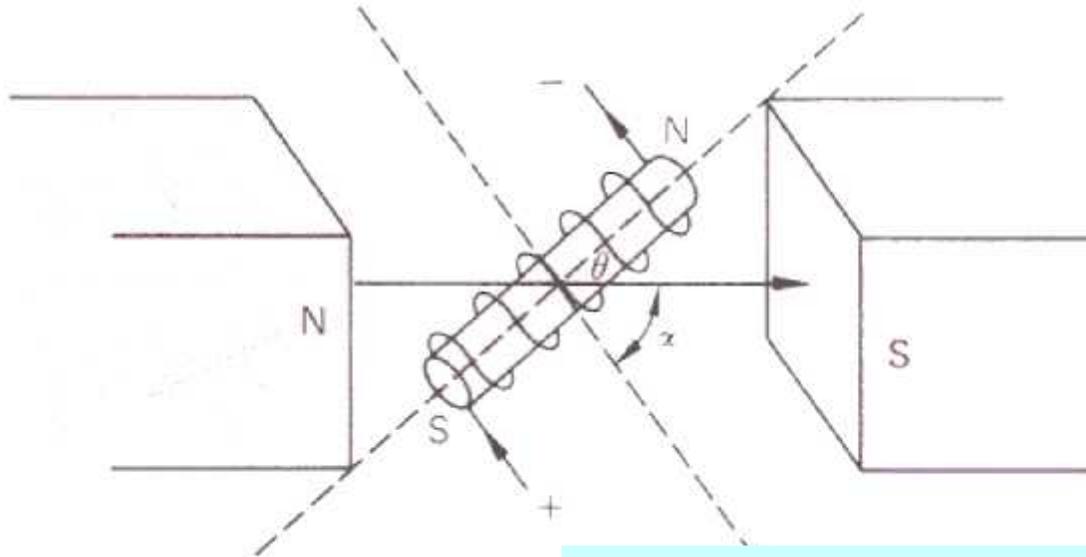
ore  
e fluye  
cción



Para una espira por la cual circula corriente, la fuerza se dirige hacia arriba en el segmento *mn* y hacia abajo en el segmento *op*.

$$F = BIa$$

# Momento de torsión magnético sobre un solenoide



La aplicación de la **regla del pulgar de la mano derecha** a cada espira de alambre en el solenoide demuestra las polaridades de

El momento de torsión en una bobina devanada de alambre está dado por:

$$\tau = NBI A \sin \theta$$

donde:

$\tau$  = momento de torsión

N = número de espiras de alambre

B = inducción magnética

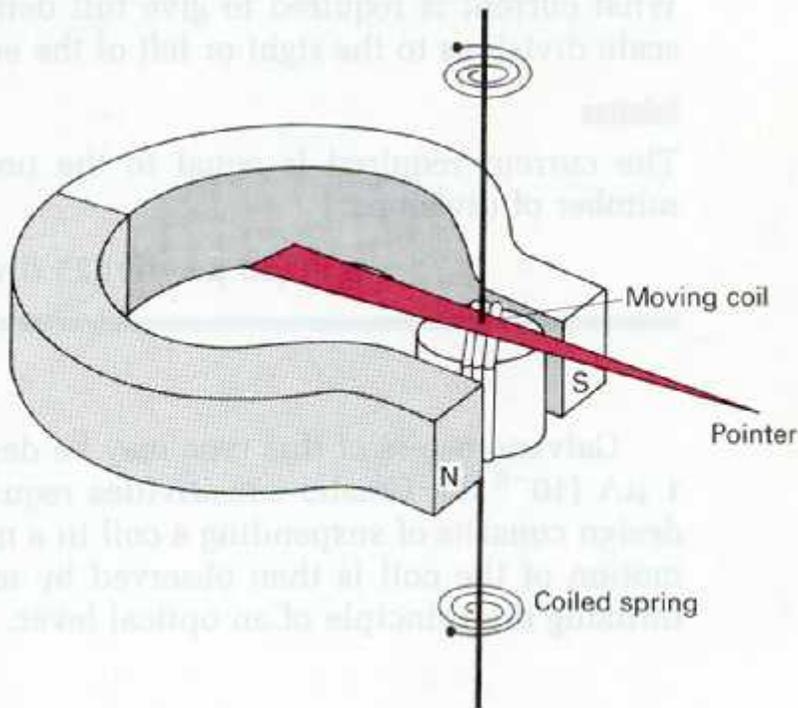
I = corriente que circula por la bobina

A = área de la bobina

$\theta$  = ángulo de la bobina con respecto a las líneas de fuerza magnética

# El galvanómetro

Un **galvanómetro** es un dispositivo para detectar una corriente eléctrica.

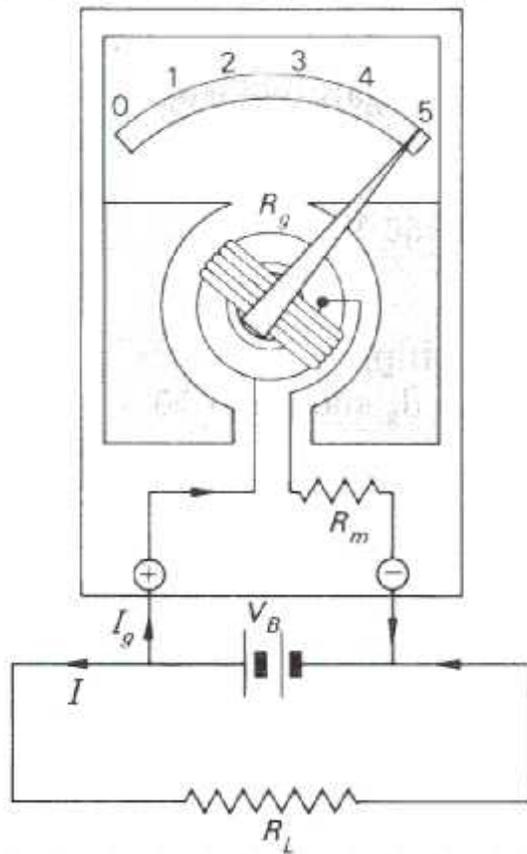


Una cantidad desconocida de corriente se aplica a la bobina devanada.

La bobina cambia de dirección según la cantidad determinada de **polaridad** y **fuerza** de la corriente desconocida.

# El voltímetro de cc

Un **voltímetro de cc** se emplea para medir **diferencias de potencial**.

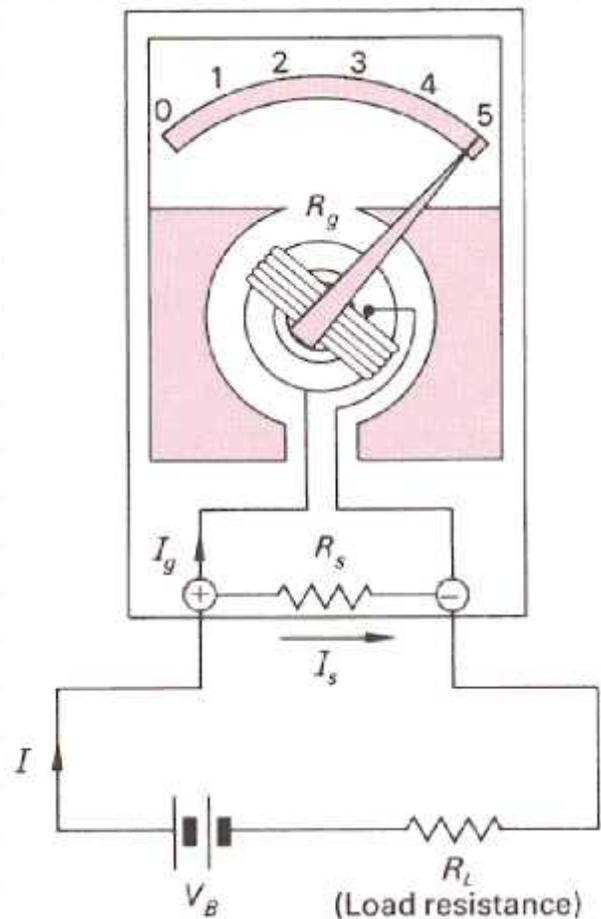


El resistor  $R_m$  se conecta en serie con la bobina para establecer una **desviación de la escala completa** cuando se aplica el voltaje máximo.

$$R_m = \frac{V_B - I_g R_g}{I_g}$$

# El amperímetro de cc

Un **amperímetro de cc** se emplea para medir **corriente**.



El resistor  $R_m$  se conecta en paralelo (**resistencia en derivación**) con la bobina para establecer una **desviación de la escala completa** cuando se aplica la corriente máxima.

$$R_s = \frac{I_g R_g}{I - I_g}$$

# Conceptos clave

- **Momento de torsión magnético**
- **Galvanómetro**
- **Voltímetro**
- **Amperímetro**
- **Desviación de la escala completa**
- **Resistencia en derivación**
- **Resistencia multiplicadora**
- **Sensibilidad**
- **Motor**
- **Conmutador**
- **Armadura**

# Resumen de ecuaciones

$$\tau = NBIA \cos \alpha$$

$$\tau = NBIA \sin \theta$$

$$R_m = \frac{V_B - I_g R_g}{I_g}$$

$$R_s = \frac{I_g R_g}{I - I_g}$$

# Inducción electromagnética

## Capítulo 31

**Física** Sexta edición

Paul E. Tippens

- Ley de Faraday
- Fem inducida por un conductor en movimiento
- Ley de Lenz
- El generador de ca
- El generador de cc
- Fuerza contraelectromotriz en un motor
- Tipos de motores
- El transformador

# Ley de Faraday

## Ley de Faraday:

Un conductor puede inducir una **fem** mediante el **movimiento** relativo entre el conductor y el campo magnético.

- El **movimiento relativo** entre un conductor y un campo magnético induce una fem en el conductor.
- La **dirección de la fem inducida** depende de la dirección del movimiento del conductor con respecto al campo.
- La **magnitud de la fem** es directamente proporcional a la **rapidez** con la que el conductor corta las líneas de flujo magnético.
- La **magnitud** de la fem es directamente proporcional al **número de espiras** del conductor que cruza las líneas de flujo.

$$\mathcal{E} = -N \frac{\Delta\phi}{\Delta t}$$

# Fem inducida por un conductor en movimiento

Se induce una **emf** cuando un alambre se **mueve perpendicularmente al campo magnético**.

$$\varepsilon = Blv \sin \theta$$

donde:

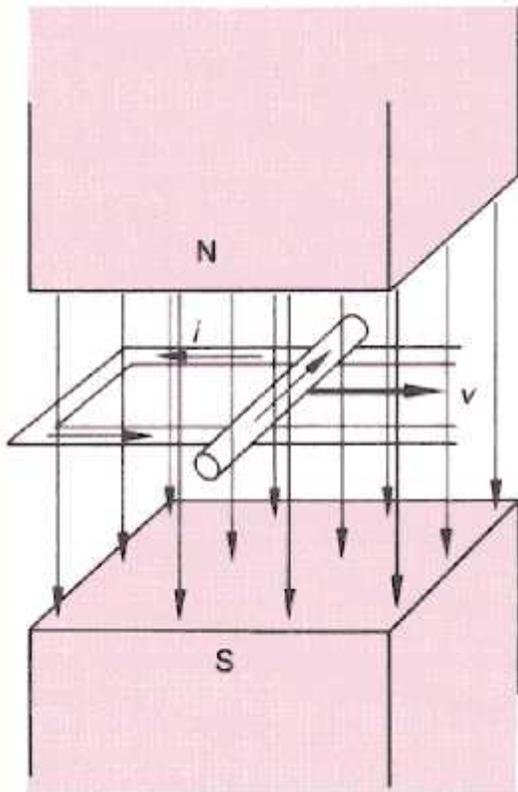
$\varepsilon$  = la emf inducida

$B$  = fuerza del campo magnético

$l$  = longitud del alambre

$v$  = velocidad de movimiento

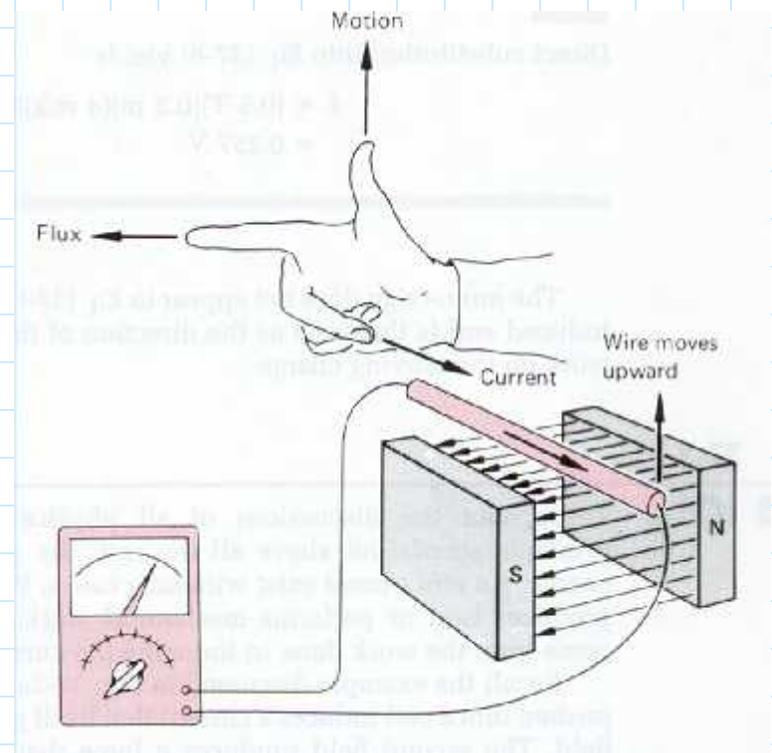
$\theta$  = ángulo del alambre con respecto a las líneas de flujo



# Ley de Lenz

**Ley de Lenz:** Una corriente inducida fluirá en una dirección tal que por medio de su campo magnético se opondrá al movimiento del campo magnético que la produce.

**Ley de Fleming:** Si el pulgar, el dedo índice y el dedo medio de la mano derecha se colocan en ángulo recto entre sí, apuntando con el pulgar en la dirección en la que se mueve el alambre, y con el índice en la dirección del campo, el dedo medio apuntará en la dirección convencional de la corriente inducida.



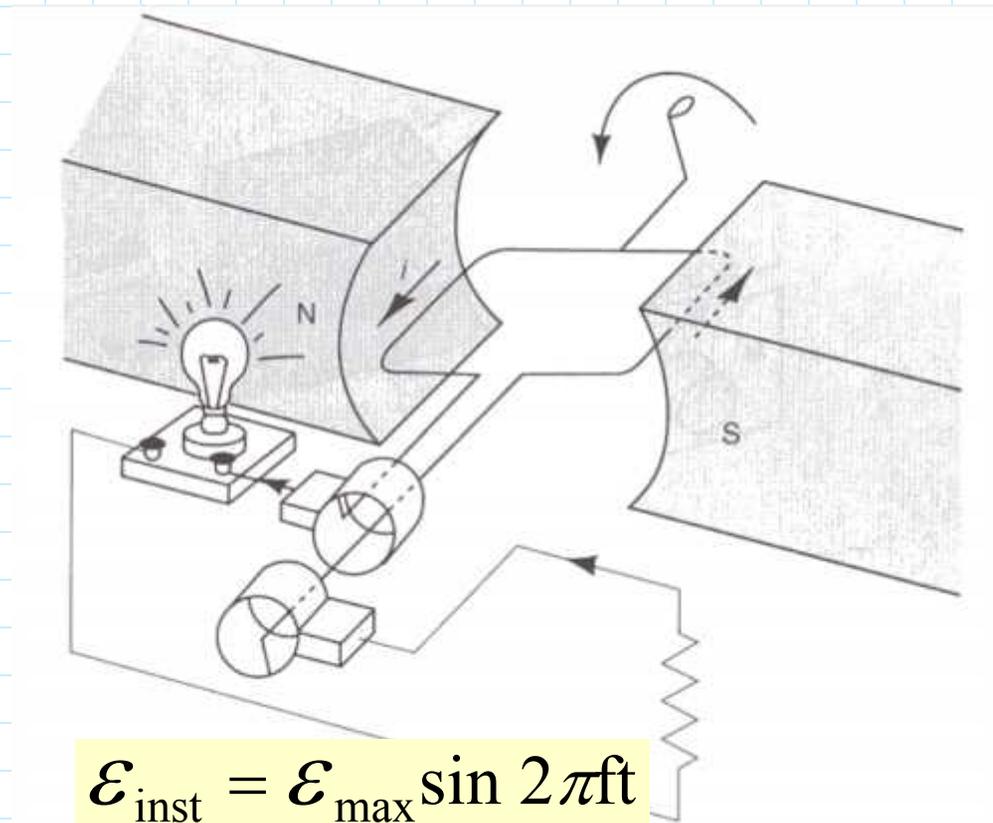
# El generador de ca

Un **generador eléctrico** convierte la energía mecánica en energía eléctrica.

Básicamente está formado por tres componentes:

- Un imán inductor
- Una armadura
- Anillos colectores con escobillas

Si la armadura gira con una velocidad angular **constante** en un campo magnético constante, la magnitud de la fem inducida **varía en forma sinusoidal** con respecto al tiempo.

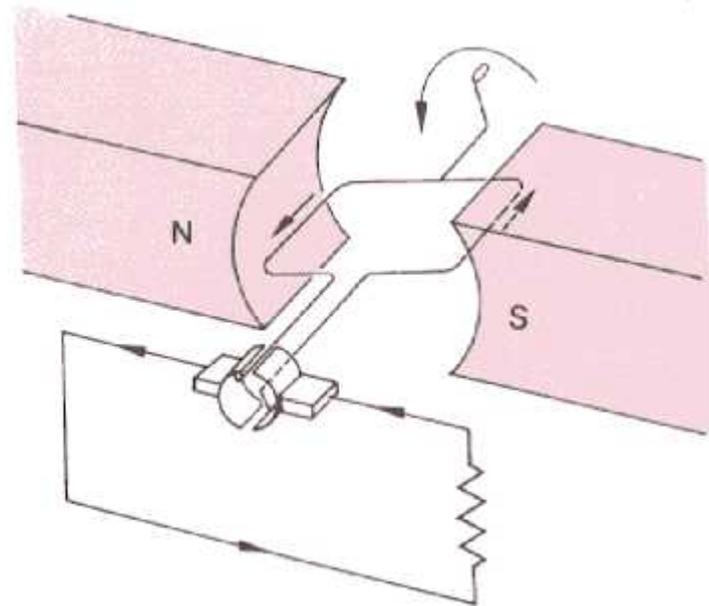


$$\mathcal{E}_{\text{inst}} = \mathcal{E}_{\text{max}} \sin 2\pi ft$$

$$i_{\text{inst}} = i_{\text{max}} \sin 2\pi ft$$

# El generador de cc

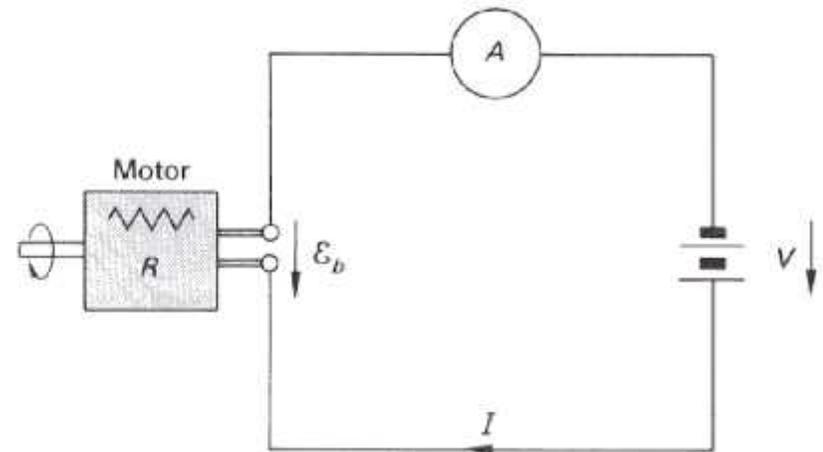
Un generador simple de ca se puede convertir fácilmente en un generador de cc al sustituir los anillos colectores por un conmutador de anillo partido.



# Fuerza contraelectromotriz

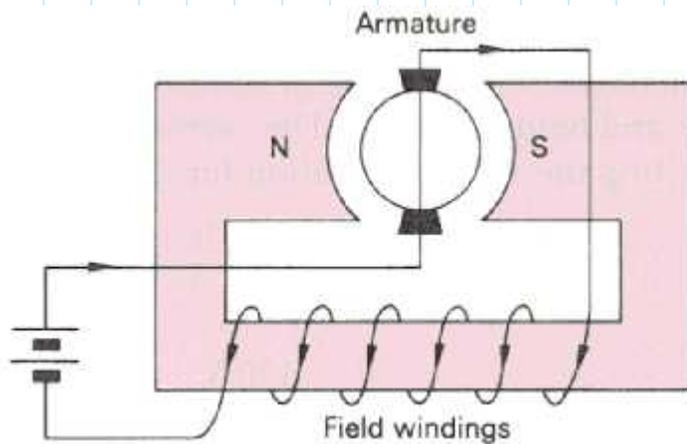
- En un **motor eléctrico**, un momento de torsión magnético provoca que una espira gire en un campo magnético constante.
- Una **bobina que gira** en un campo magnético inducirá una fem que se opone a la causa que la origina.
- Por lo tanto, **cualquier motor es al mismo tiempo un generador**.

De acuerdo con la **ley de Lenz**, una fem inducida de este tipo debe oponerse a la corriente que se suministra al motor. Por esta razón, a la **fem** inducida en un motor se le llama **fuerza contraelectromotriz**.



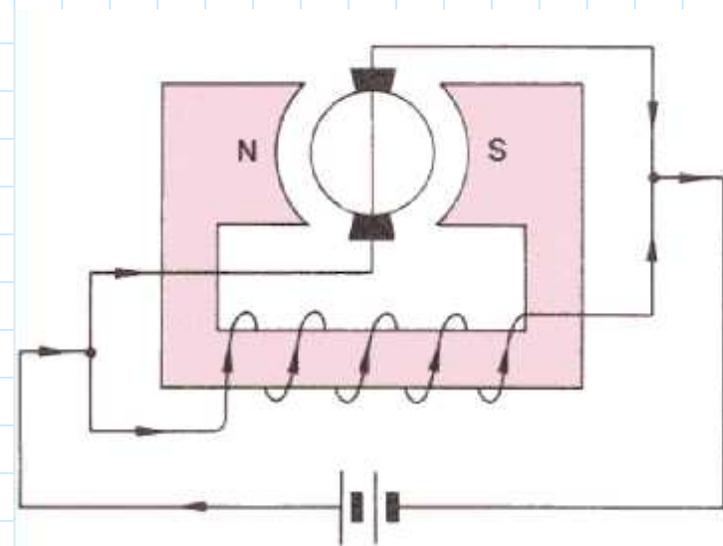
# Tipos de motores

Los motores de cc se clasifican de acuerdo con la forma en que están conectadas las bobinas y la armadura.



- Cuando las bobinas de la armadura se conectan en serie, se dice que el motor está devanado en serie.

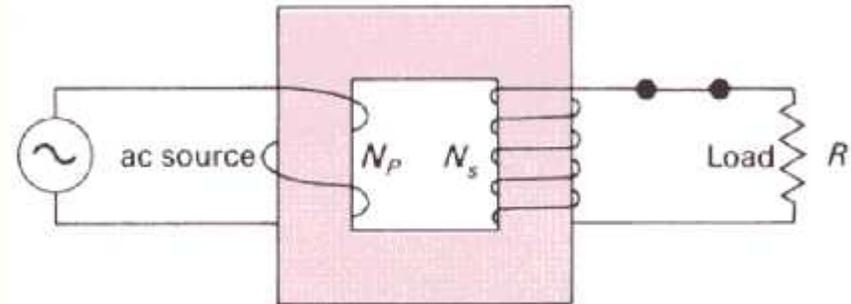
- Cuando el devanado de la armadura está conectado en paralelo, se dice que el motor está devanado en derivación.



# El transformador

Las partes básicas de un transformador simple son:

- Una **bobina primaria** conectada a una fuente de ca.
- Una **bobina secundaria** conectada a la carga.
- Un núcleo de hierro dulce.



$$\frac{\text{primary voltage}}{\text{secondary voltage}} = \frac{\text{primary turns}}{\text{secondary turns}}$$

$$\frac{\mathcal{E}_p}{\mathcal{E}_s} = \frac{N_p}{N_s}$$

Un transformador que produce un voltaje de salida secundario mayor se llama **transformador elevador**.

Un transformador que produce un voltaje de salida secundario menor se llama **transformador reductor**.

# Conceptos clave

- fem inducida
- Ley de Lenz
- Generador de ca
- Generador de cc
- Campo magnético
- Armadura
- Anillos colectores
- Conmutador
- Inducción electromagnética
- Fuerza contraelectromotriz
- Motor en derivación
- Motor en serie
- Motor compuesto
- Transformador elevador
- Transformador reductor
- Eficiencia de un transformador

# Resumen de ecuaciones

$$\mathcal{E} = -N \frac{\Delta\phi}{\Delta t}$$

$$\mathcal{E}_{\text{inst}} = \mathcal{E}_{\text{max}} \sin 2\pi ft$$

$$\varepsilon = Blv \sin \theta$$

$$i_{\text{inst}} = i_{\text{max}} \sin 2\pi ft$$

$$\frac{\text{primary voltage}}{\text{secondary voltage}} = \frac{\text{primary turns}}{\text{secondary turns}} \quad \frac{\mathcal{E}_p}{\mathcal{E}_s} = \frac{N_p}{N_s}$$

# Circuitos de corriente alterna

## Capítulo 32

**Física** Sexta edición

Paul E. Tippens

- **El capacitor**
- **El inductor**
- **Corrientes alternas**
- **Relación de fase en circuitos de ca**
- **Reactancia**
- **Circuito en serie de ca**
- **Resonancia**
- **El factor de potencia**

# El capacitor

En un **circuito capacitivo**:

- La carga en un capacitor se **elevará al 63 por ciento** de su valor máximo después de cargarse por un periodo de **una constante de tiempo**.
- La corriente suministrada a un capacitor **disminuirá al 37 por ciento** de su valor inicial después de cargarse por un periodo de **una constante de tiempo**.
- La carga y la corriente **descenderán al 37 por ciento** de sus valores iniciales después que el capacitor ha sido descargado durante un lapso igual a **una constante de tiempo**.

# El inductor

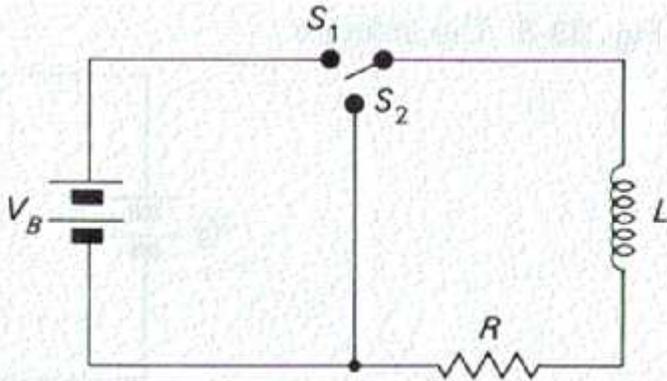


Un **inductor** tiene una inductancia de una **henry (H)** si una fem de **un volt** se induce por medio de una corriente, que cambia con una rapidez de **un ampere** por segundo.

fem inducida:  $\mathcal{E} = -L \frac{\Delta i}{\Delta t}$

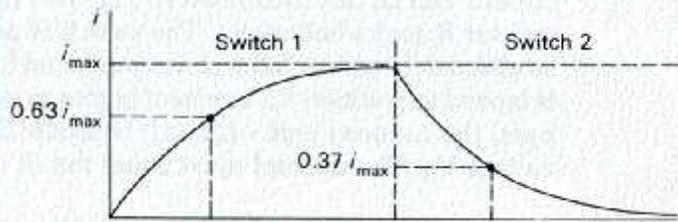
Inductancia:  $L = -\frac{\mathcal{E}}{\Delta i / \Delta t}$

# El inductor



En un cricuito inductivo:

- La corriente se **elevará al 63 por ciento** de su valor final en **una una constante de tiempo** ( $L/R$ ).
- La corriente **decaerá al 37 por ciento** de su valor inicial en **una constante de tiempo** ( $L/R$ ).



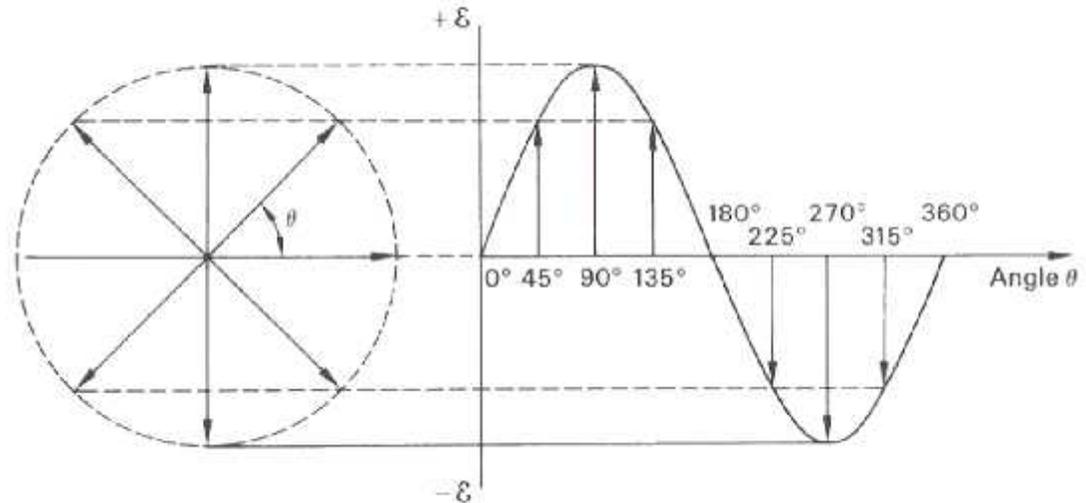
$$i = \frac{V_B}{R} e^{-(R/L)t}$$

$$i = \frac{V_B}{R} (1 - e^{-(R/L)t})$$

# Corrientes alternas

$$\varepsilon = \varepsilon_{\max} \sin 2\pi ft$$

$$i = i_{\max} \sin 2\pi ft$$



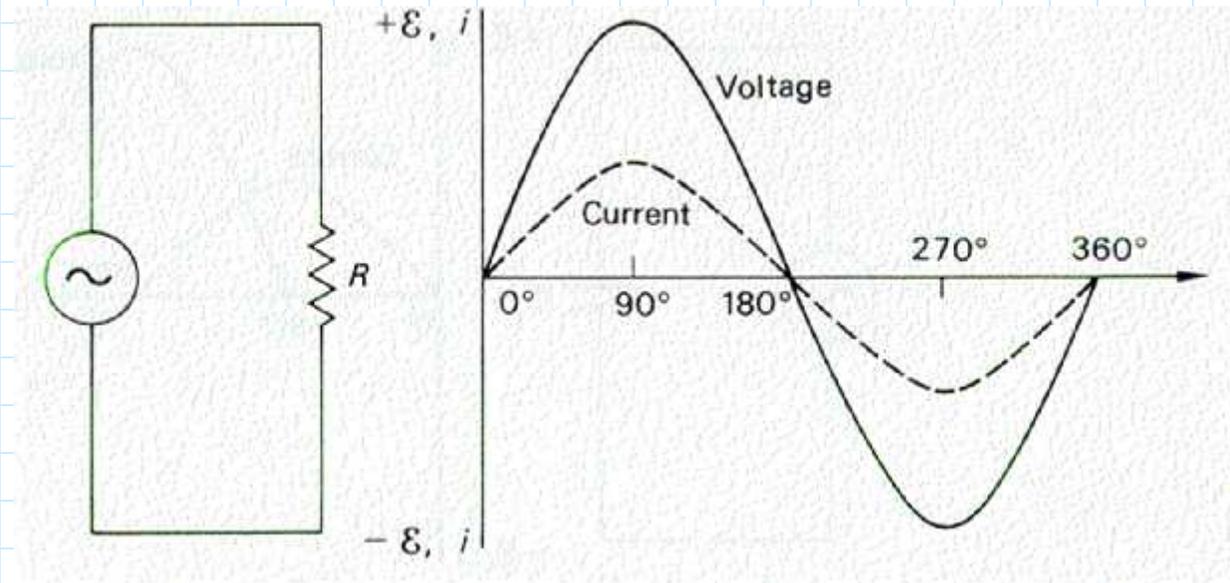
$$i_{\text{eff}} = 0.707i_{\max}$$

Un **ampere eficaz** es la **corriente alterna** capaz de desarrollar la misma potencia que **un ampere** de corriente continua.

$$\varepsilon_{\text{eff}} = 0.707\varepsilon_{\max}$$

Un **volt eficaz** es el **voltaje alterno** capaz de producir una corriente eficaz de **un ampere** a través de una resistencia de un ohm.

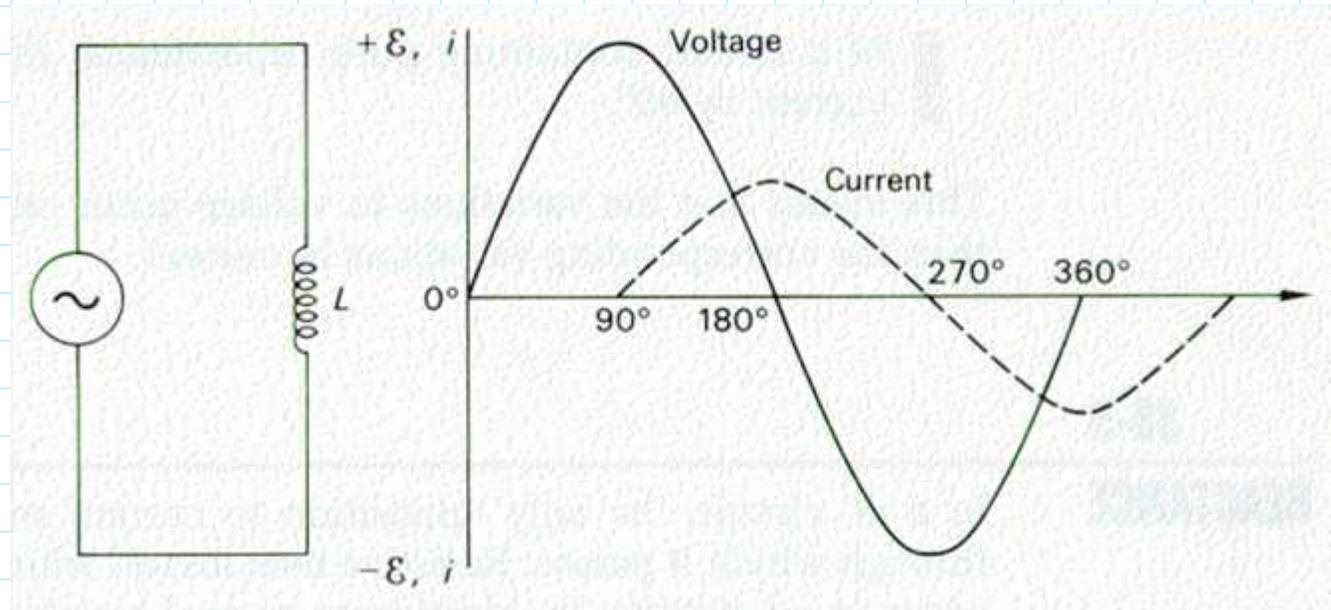
# Relación de fase en circuitos de ca



En un circuito que contiene **inductancia pura**, el voltaje y la corriente están **en fase**.

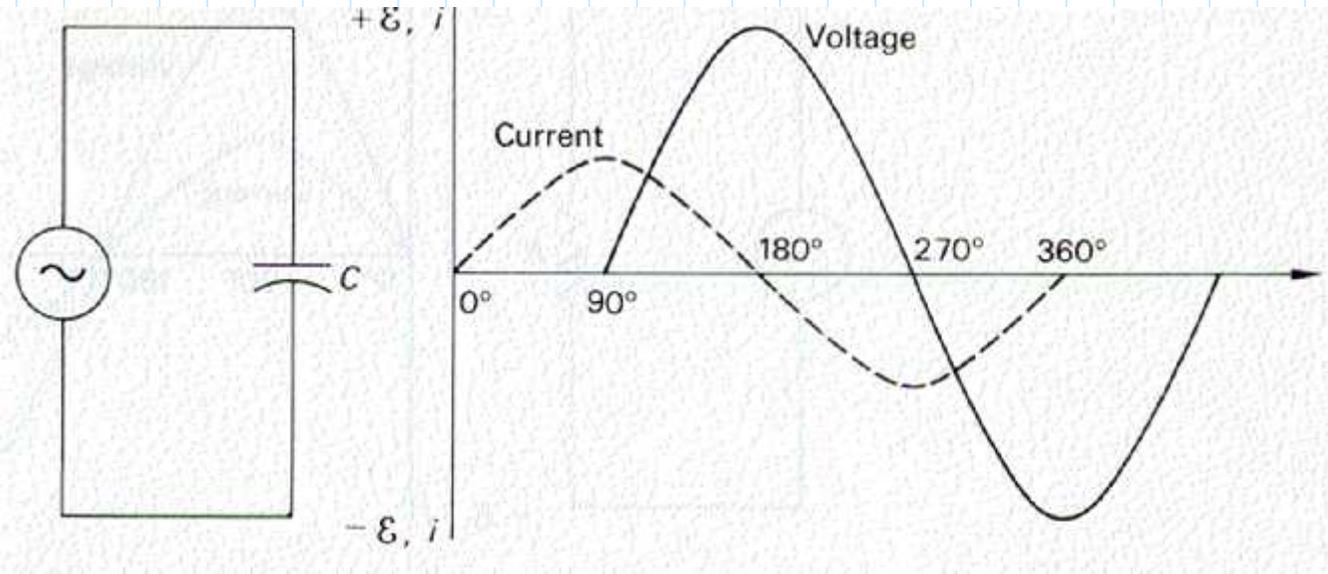
# Relación de fase en circuitos de ca

$$\varepsilon = -L \frac{\Delta i}{\Delta t}$$



En un circuito que contiene **inductancia pura**, el voltaje se adelanta a la corriente por **90°**.

# Relación de fase en circuitos de ca



**En un circuito que contiene capacitancia pura, el voltaje se retrasa a la corriente por  $90^\circ$ .**

# Reactancia

La **reactancia** de un circuito de ca puede definirse como su **oposición** no resistiva ocasionada por el flujo de **corriente** alterna.

Para un circuito  
**inductivo:**

$$X_L = 2\pi fL$$

Para un circuito  
**capacitivo:**

$$X_C = \frac{1}{2\pi fC}$$

donde:

$X_L$  = reactancia inductiva

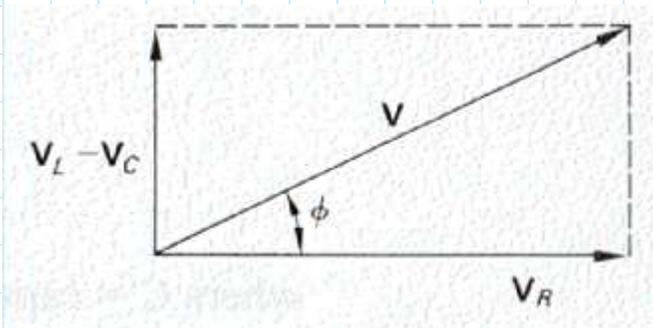
$X_C$  = reactancia capacitiva

f = frecuencia

L = inductancia

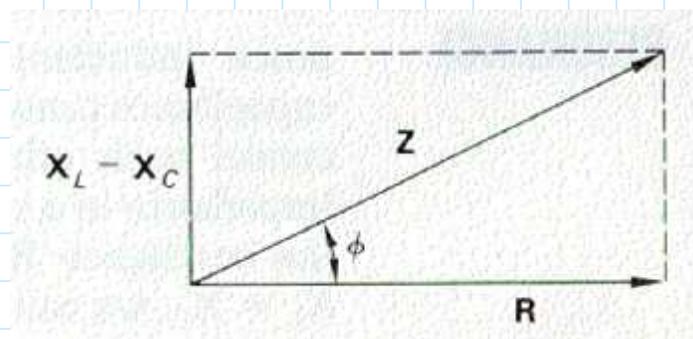
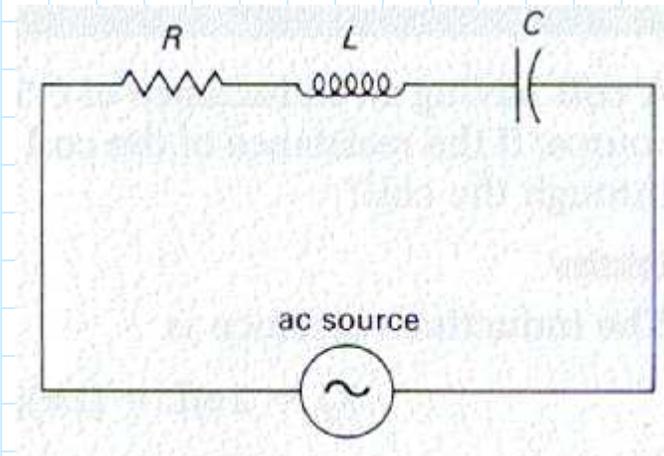
C = capacitancia

# Circuito en serie de ca



$$V = \sqrt{V_R^2 + (V_L - V_C)^2}$$

$$\tan \phi = \frac{V_L - V_C}{V_R}$$



$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$$

$$\tan \phi = \frac{X_L - X_C}{R}$$

# Resonancia

Un circuito opera en **resonancia** cuando la frecuencia aplicada provoca que las reactancias **inductiva** y **capacitiva** sean iguales.

$$f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

Cuando un circuito en serie opera en **resonancia**:

- El circuito es completamente **resistivo**.
- El voltaje y la corriente están **en fase**.
- La **impedancia total** es mínima.
- La **corriente total** es máxima.

# El factor de potencia

Cuando un circuito es **puramente resistivo**, la disipación total de potencia está dada por:

$$P = iV$$

Cuando un circuito presenta **reactancia**:

$$P = iV \cos \phi$$

Dada la **resistencia** y la **impedancia total** de un circuito, se puede determinar el **factor de potencia** con:

$$\cos \phi = \frac{R}{Z}$$

donde:

P = potencia

I = corriente

V = voltaje

$\cos \phi$  = **factor de potencia**

# Conceptos clave

- **Capacitancia**
- **Inductor**
- **Inductancia**
- **henry**
- **Frecuencia**
- **Impedancia**
- **Resonancia**
- **Ángulo de fase**
- **Corriente eficaz**
- **Voltaje eficaz**
- **Diagrama de fase**
- **Reactancia capacitiva**
- **Reactancia inductiva**
- **Factor de potencia**
- **Frecuencia de resonancia**

# Resumen de ecuaciones

$$\mathcal{E} = -L \frac{\Delta i}{\Delta t}$$

$$L = - \frac{\mathcal{E}}{\Delta i / \Delta t}$$

$$i = \frac{V_B}{R} e^{-(R/L)t}$$

$$i = \frac{V_B}{R} (1 - e^{-(R/L)t})$$

$$\mathcal{E} = \mathcal{E}_{\max} \sin 2\pi ft$$

$$i = i_{\max} \sin 2\pi ft$$

$$i_{\text{eff}} = 0.707 i_{\max}$$

$$\mathcal{E}_{\text{eff}} = 0.707 \mathcal{E}_{\max}$$

$$X_L = 2\pi fL$$

$$X_C = \frac{1}{2\pi fL}$$

$$V = \sqrt{V_R^2 + (V_L - V_C)^2}$$

$$\tan \phi = \frac{V_L - V_C}{V_R}$$

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$$

$$\tan \phi = \frac{X_L - X_C}{R}$$

$$f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

$$P = iV \cos \phi$$

# Luz e iluminación

## Capítulo 33

**Física** Sexta edición

Paul E. Tippens

- ¿Qué es la luz?
- Propagación de la luz
- Espectro electromagnético
- La teoría cuántica
- Velocidad de la luz
- Rayos de luz y sombra
- Flujo luminoso
- Intensidad luminosa
- Iluminación

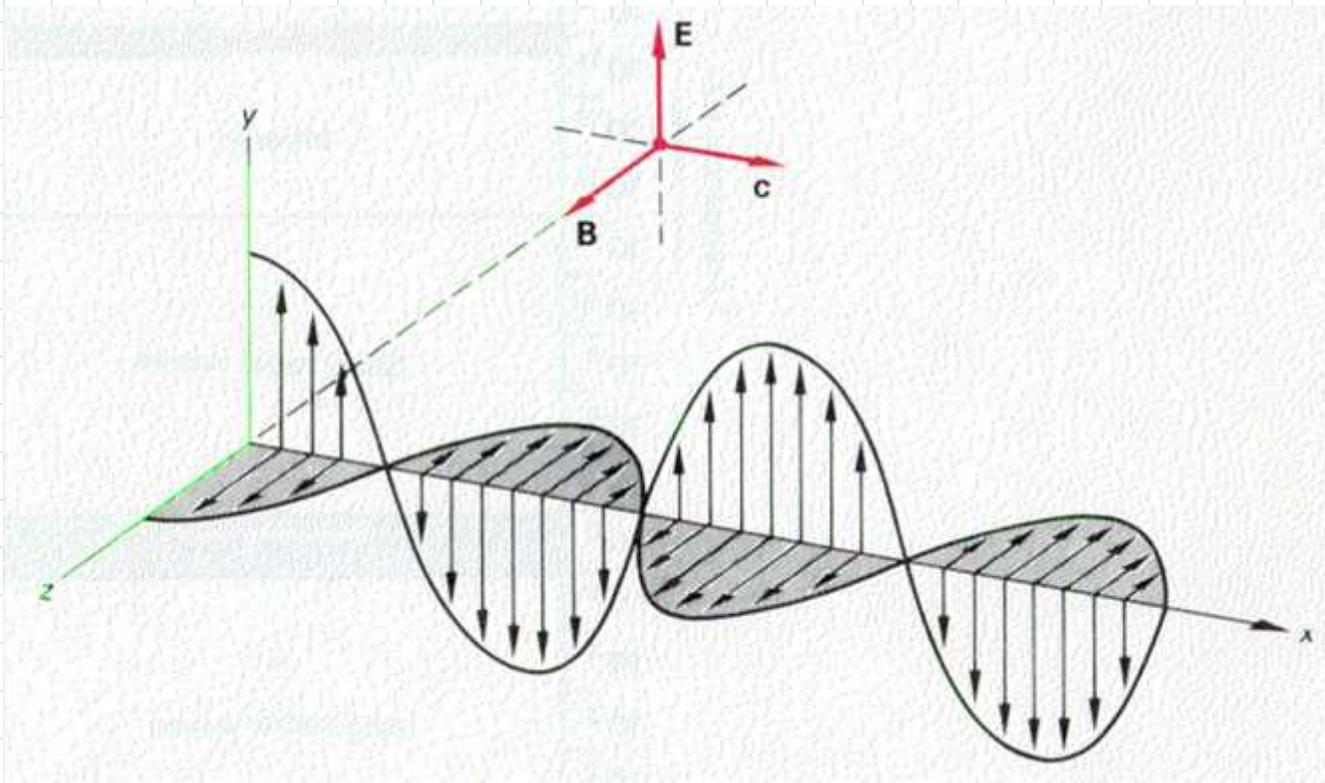
# ¿Qué es la luz?

La **luz** es radiación electromagnética capaz de afectar el **sentido de la vista**.

Tres características importantes de la luz:

- **Propagación rectilínea:** La luz viaja en **línea recta**.
- **Reflexión:** Cuando la luz incide en una **superficie lisa**, regresa a su medio original.
- **Refracción:** La **trayectoria de la luz** cambia cuando penetra a un medio transparente.

# Propagación de la luz



La **teoría electromagnética** sostiene que la luz se propaga como **campos transversales oscilatorios**. La energía se divide por igual entre los campos eléctrico E y magnético B, que son **perpendiculares entre sí**.

# Espectro electromagnético

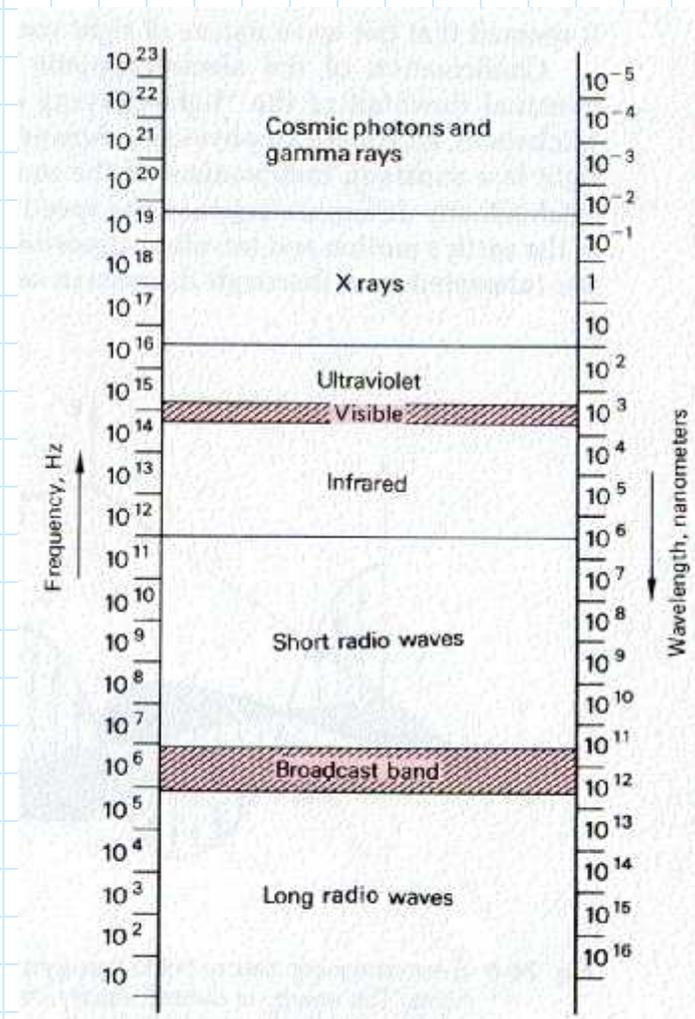
$$c = f\lambda$$

donde:

$c$  = velocidad de la luz  
( $3 \times 10^8$  m/s)

$f$  = frecuencia

$\lambda$  = longitud de onda

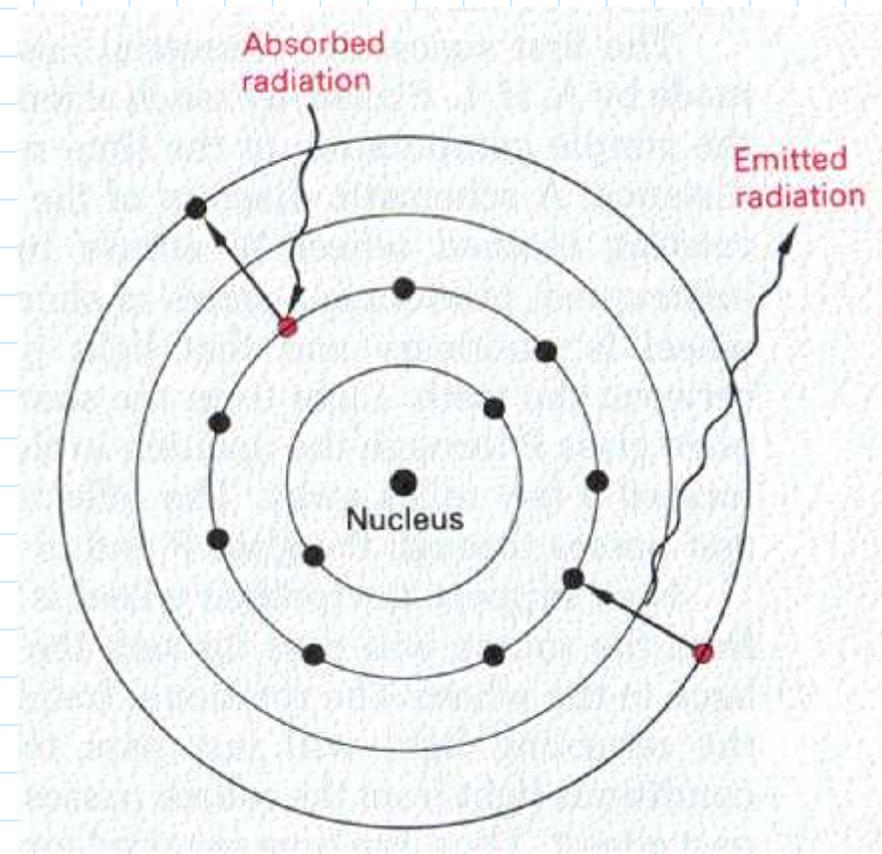


# La teoría cuántica

**Ecuación de Planck:**

$$E = hf$$

$$h = 6.626 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$$



# Velocidad de la luz

La velocidad de la luz es **exactamente**:

$$c = 2.99792457 \times 10^8 \text{ m/s}$$

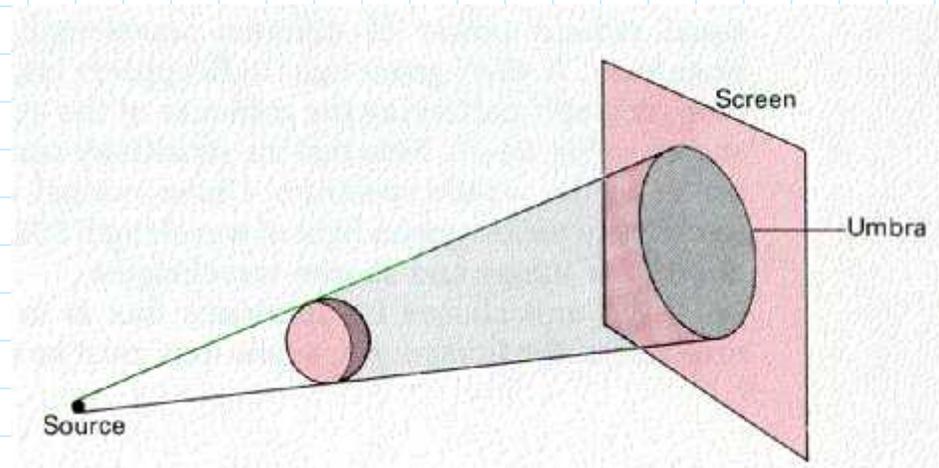
Dos **aproximaciones útiles** son:

$$c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$$

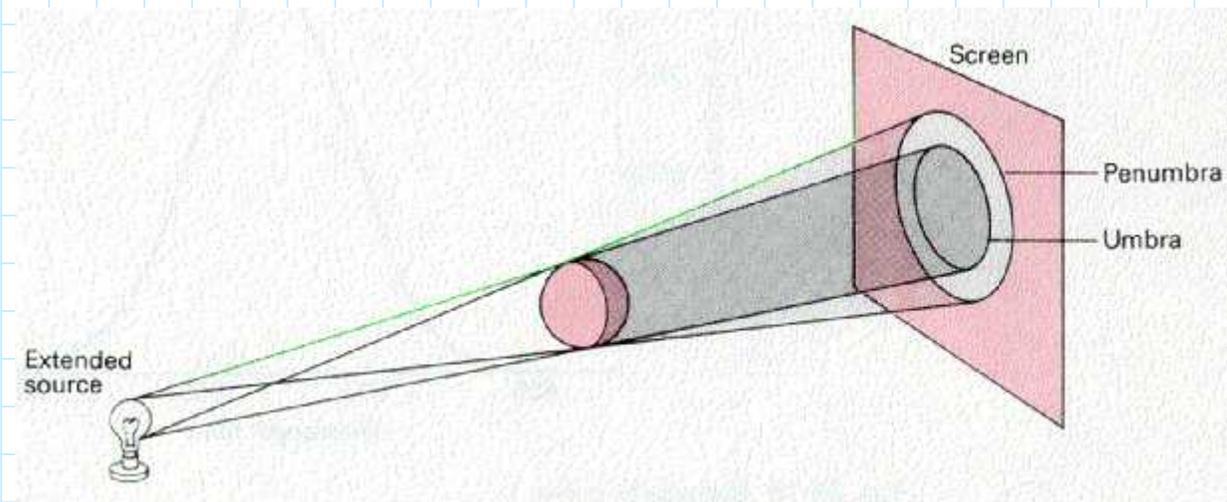
$$c = 186,000 \text{ mi/s}$$

# Rayos de luz y sombras

Sombra formada por una **fente puntual** de luz.



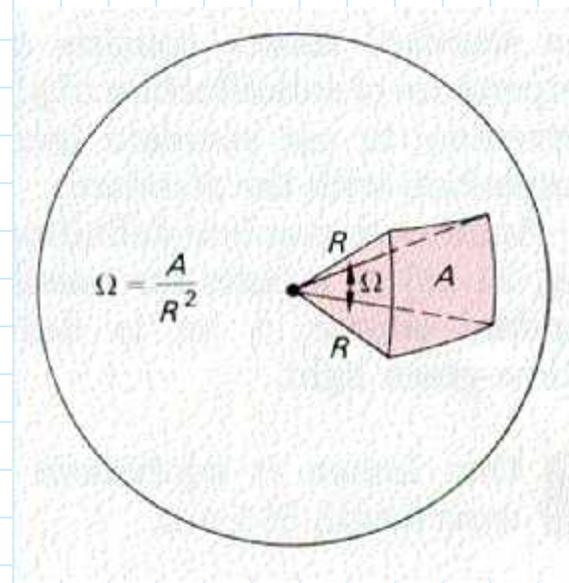
Sombra formada por una **fente de luz extendida**.



# Flujo luminoso

El **flujo luminoso  $F$**  es la parte de la **potencia radiante total** emitida por una fuente de luz que es capaz de afectar el **sentido de la vista**.

Un **esterorradián (sr)** es el ángulo sólido subtendido en el centro de una esfera por un área  $A$  sobre su superficie, que es igual al cuadrado de su radio  $R$ .



Un **lumen (lm)** es el flujo luminoso (o potencia radiante visible) emitido desde una abertura de  $1/600 \text{ cm}^2$  de una fuente patrón e incluido dentro de un **ángulo sólido de 1 sr**.

# Intensidad luminosa

La **intensidad luminosa I** de una fuente de luz es el flujo luminoso F emitido por unidad de ángulo sólido  $\Omega$ ..

$$I = \frac{F}{\Omega}$$

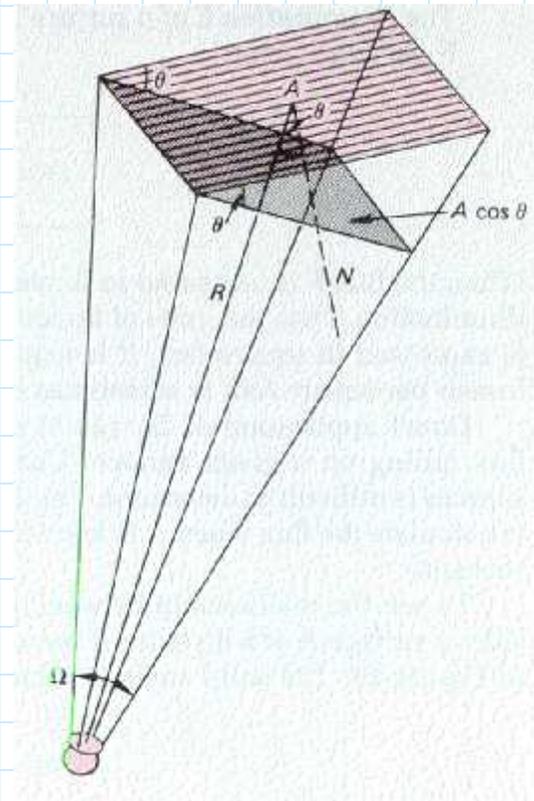
# Iluminación

La **iluminación**  $E$  de una superficie  $A$  se define como el **flujo luminoso**  $F$  por unidad de **área**.

$$E = \frac{F}{A}$$

Cuando una **superficie** forma un ángulo  $\theta$  con el **flujo** incidente, la **iluminación**  $E$  es proporcional a la componente  $A \cos \theta$  de la superficie perpendicular al flujo.

$$E = \frac{F}{A} = \frac{I \cos \theta}{R^2}$$



# Conceptos clave

- **Luz**
- **Ondas electromagnéticas**
- **Región visible**
- **Nanómetro**
- **Teoría cuántica**
- **Fotones**
- **Rayo de luz**
- **umbra**
- **Penumbra**
- **Flujo luminoso**
- **Intensidad luminosa**
- **estereorradián**
- **Iluminación**
- **Fuente isotrópica**

# Resumen de ecuaciones

$$c = f\lambda$$

$$c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$$

$$E = hf$$

$$h = 6.626 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$$

$$I = \frac{F}{\Omega}$$

$$E = \frac{F}{A}$$

$$E = \frac{I \cos \theta}{R^2}$$

# Refracción

## Capítulo 35

**Física** Sexta edición

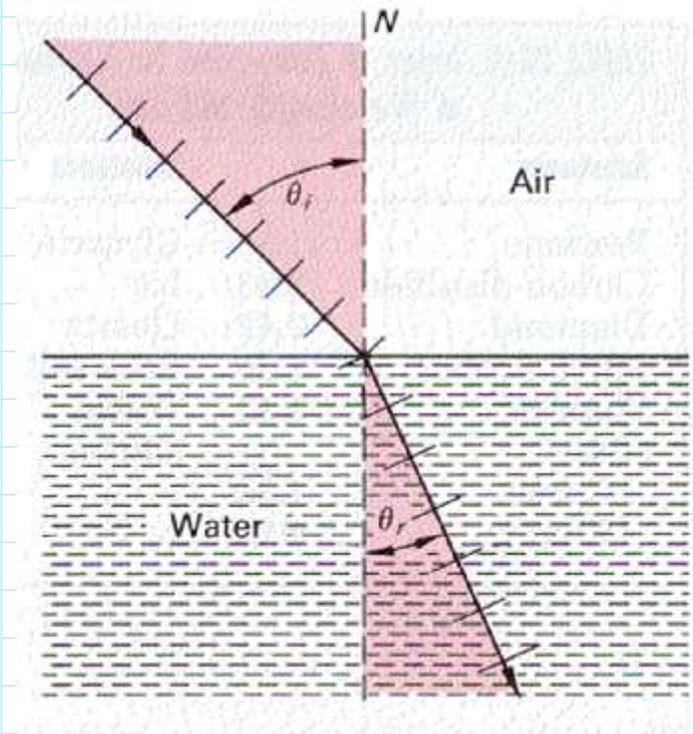
Paul E. Tippens

- **Índice de refracción**
- **Las leyes de refracción**
- **Longitud de onda y refracción**
- **Dispersión**
- **Reflexión interna total**
- **Fibras ópticas y aplicaciones**
- **Profundidad aparente**

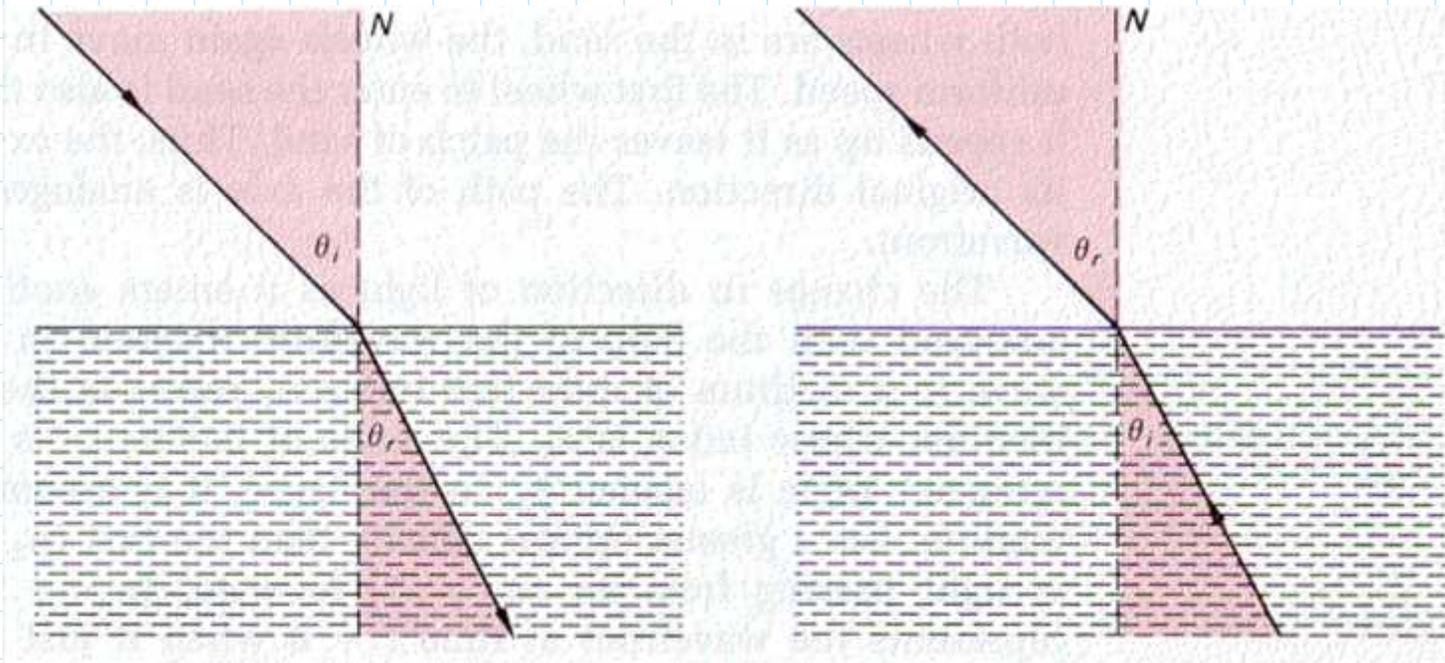
# Índice de refracción

El **índice de refracción** ( $n$ ) de un material particular es la razón de la **velocidad de la luz** ( $c$ ) en el espacio libre con respecto a la velocidad de la luz a través del material ( $v$ ).

$$n = \frac{c}{v}$$



# Las leyes de refracción



- El **rayo incidente**, el **rayo refractado** y la **normal** a la superficie se encuentran en el **mismo plano**.
- La **trayectoria** de un rayo refractado en la entrecara entre dos medios es **exactamente reversible**.

# Las leyes de refracción

La razón del seno del **ángulo de incidencia** con respecto al seno del ángulo de refracción es igual a la razón de la velocidad de la luz en el medio **incidente** con respecto a la velocidad de la luz en el medio de **refracción**.

$$\frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2} = \frac{v_1}{v_2}$$

donde:

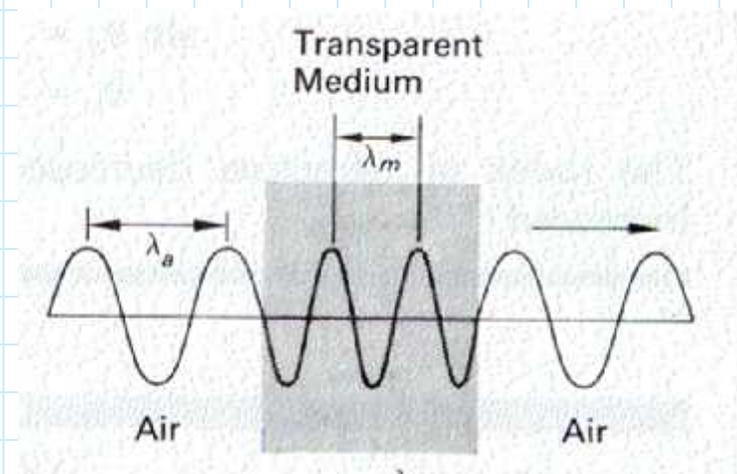
$\theta_1, v_1$  = ángulo y velocidad de incidencia

$\theta_2, v_2$  = ángulo y velocidad de refracción

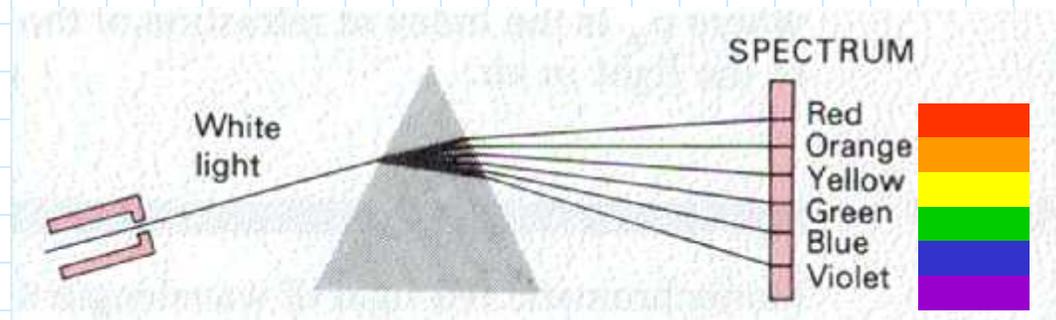
# Longitud de onda y refracción

La **longitud de onda** de la luz disminuye cuando penetra en un medio con una densidad óptica mayor.

$$\lambda_m = \frac{\lambda_a}{n_m}$$



# Dispersión



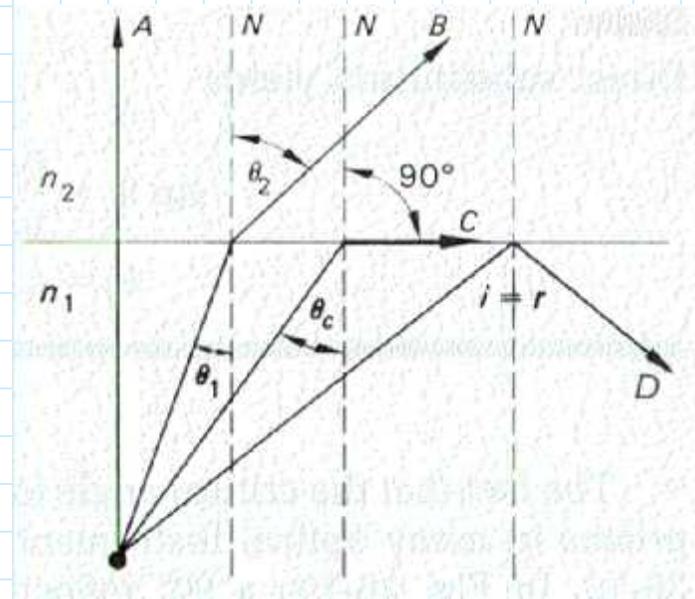
La **dispersión** es la separación de la luz en las longitudes de onda que la componen.

# Refracción interna total

La **refracción interna total** ocurre cuando la luz pasa en forma oblicua de un medio a otro de menor **densidad óptica**.

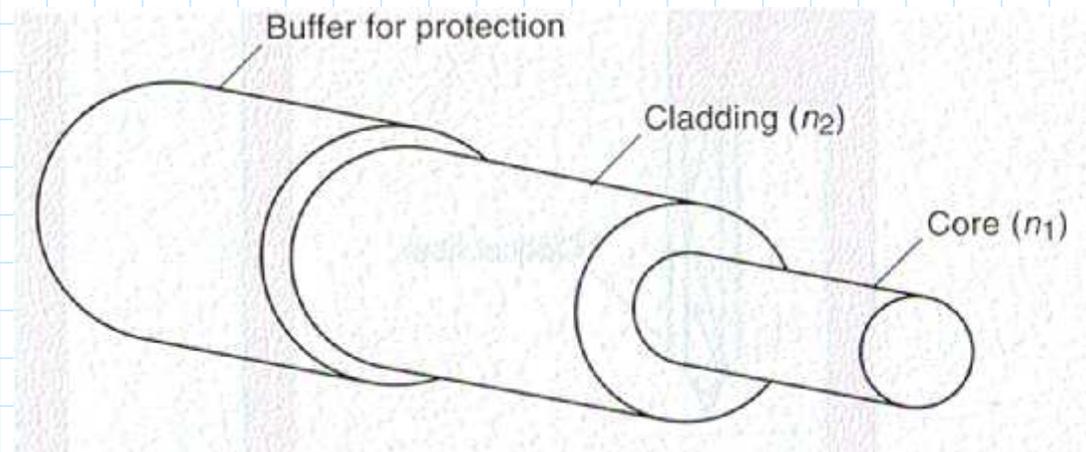
El **ángulo crítico**  $\theta_c$  es el ángulo de incidencia límite en un medio más denso, que da como resultado un ángulo de refracción de  $90^\circ$ .

$$\sin \theta_c = \frac{n_2}{n_1}$$



# Fibras ópticas y aplicaciones

La operación de las **fibras ópticas** depende del fenómeno de **reflexión interna total**.



# Conceptos clave

- **Refracción**
- **Densidad óptica**
- **Ley de Snell**
- **Dispersión**
- **Índice de refracción**
- **Reflexión interna total**
- **Ángulo crítico**
- **Profundidad aparente**

# Resumen de ecuaciones

$$n = \frac{c}{v}$$

$$c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$$

$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2}$$

$$\lambda_m = \frac{\lambda_a}{n_m}$$

$$\sin \theta_c = \frac{n_2}{n_1}$$

# Lentes e instrumentos ópticos

## Capítulo 36

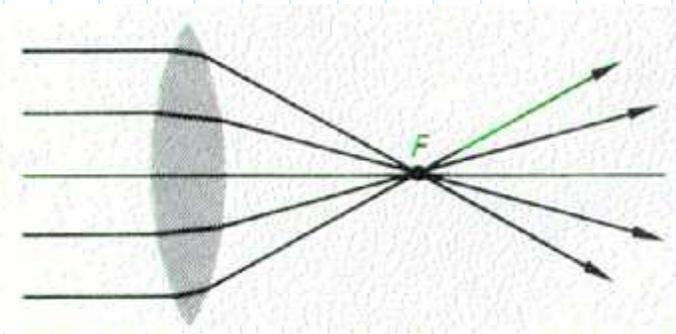
**Física** Sexta edición

Paul E. Tippens

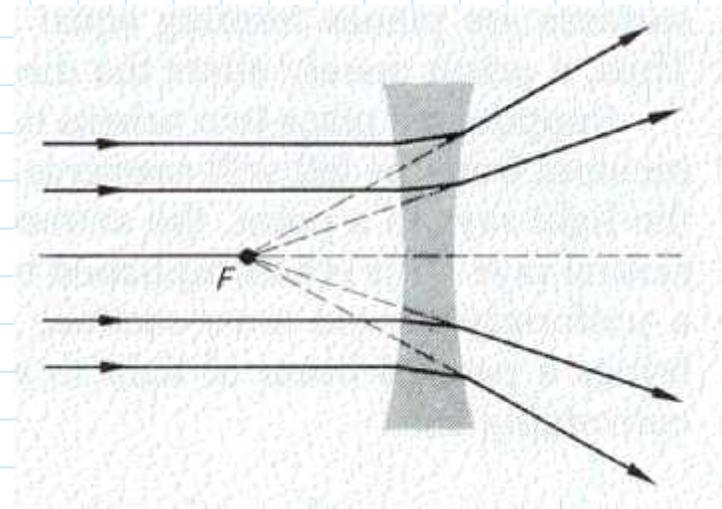
- Lentes simples
- Longitud focal y la ecuación del fabricante de lentes
- Formación de imágenes mediante lentes delgadas
- La ecuación de las lentes y el aumento
- Combinación de lentes
- Microscopio compuesto
- Telescopio
- Aberraciones de las lentes

# Lentes simple

Una **lente convergente** es la que refracta y **converge** la luz paralela hacia un punto focal situado más allá de la lente.

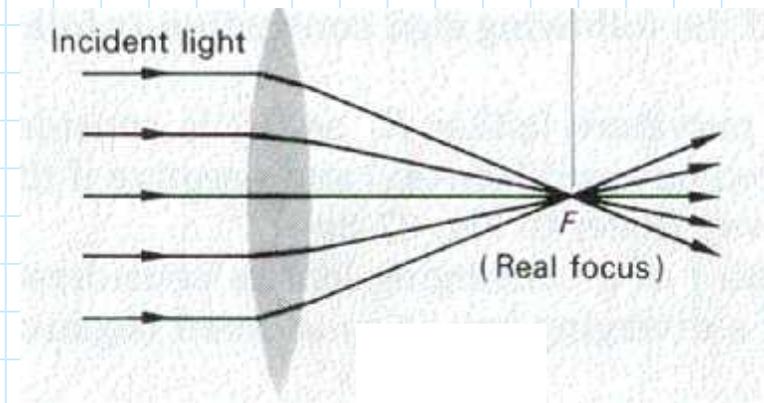


Una **lente divergente** es la que refracta y **diverge** luz paralela a partir de un punto situado frente a la lente.



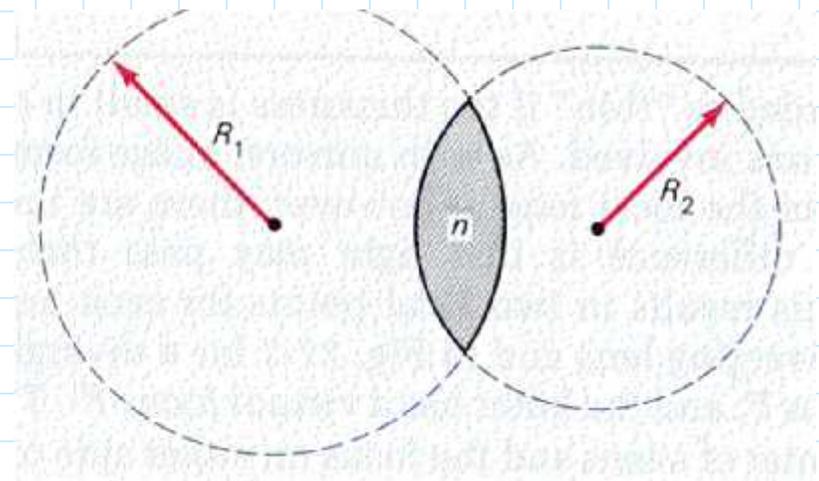
# Longitud focal y la ecuación del fabricante de lentes

La **longitud focal**  $f$  de una lente es la distancia desde el **centro óptico** de la lente a cualquiera de sus **focos**.

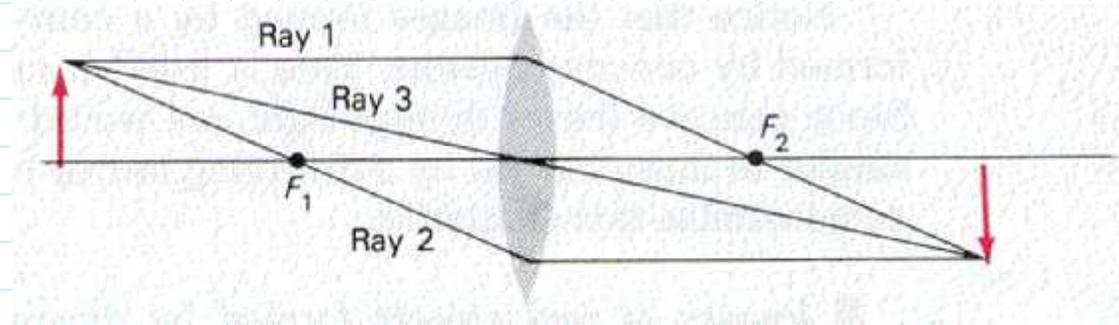


Ecuación del fabricante de lentes:

$$\frac{1}{f} = (n - 1) \left( \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right)$$



# Formación de imágenes mediante lentes delgadas

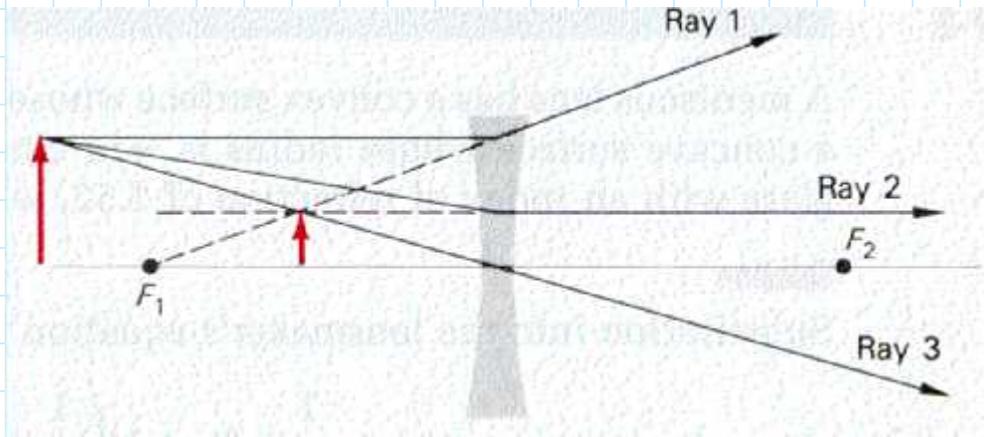


**RAYO 1:** es un rayo paralelo al eje que pasa a través del segundo punto focal  $F_2$  de una lente convergente o que parece provenir del primer punto focal  $F_1$  de una lente divergente.

**RAYO 2:** un rayo que pasa a través del primer punto focal  $F_1$  de una lente convergente o avanza hacia el segundo punto focal  $F_2$  de una lente divergente y se refracta paralelamente al eje de la lente.

**RAYO 3:** un rayo que pasa a través del centro geométrico de una lente no se desvía.

# Formación de imágenes mediante lentes delgadas



**Las imágenes de los objetos reales formadas mediante lentes divergentes siempre son virtuales, no invertidas y de menor tamaño.**

# La ecuación de las lentes y el aumento

## La ecuación de las lentes

$$\frac{1}{p} + \frac{1}{q} = \frac{1}{f}$$

## Ecuación de aumento

$$M = \frac{y'}{y} = -\frac{q}{p}$$

donde:

M = aumento

y = tamaño del objeto

y' = tamaño de la imagen

q = distancia a la imagen

p = distancia al objeto

La **distancia al objeto**  $p$  y la **distancia a la imagen**  $q$  se consideran **positivas** para objetos e imágenes reales y **negativas** para objetos e imágenes virtuales.

La **longitud focal**  $f$  se considera **positiva** para lentes convergentes y **negativa** para lentes divergentes.

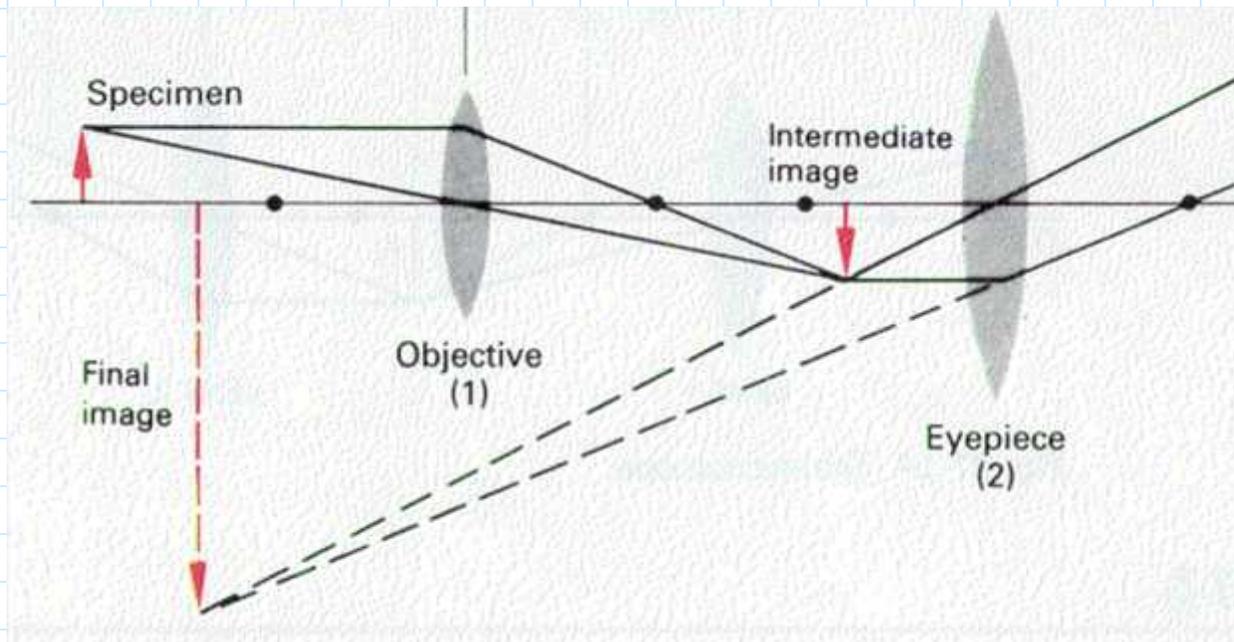
Un **aumento positivo** indica que la imagen es **no invertida**, mientras que un **aumento negativo** ocurre sólo cuando la imagen es **invertida**.

# Combinación de lentes

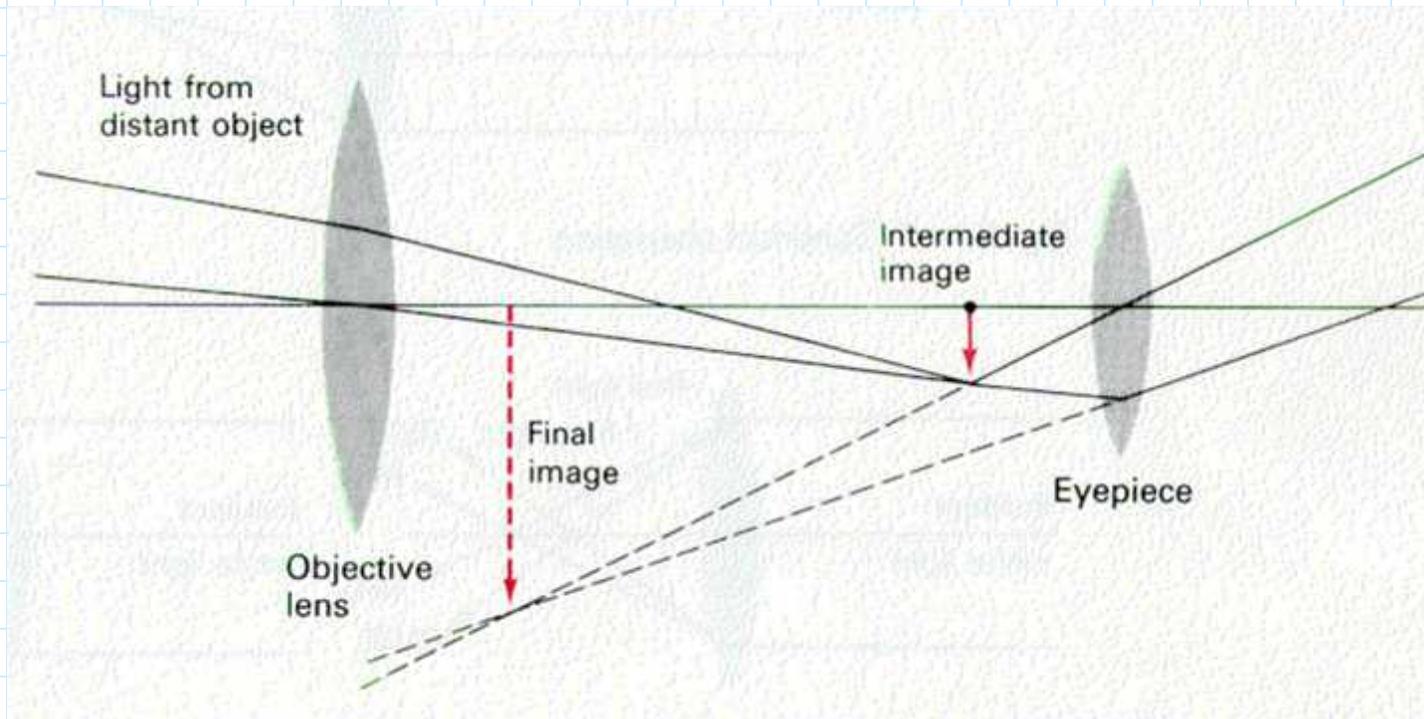
El **aumento total** producido por un sistema o combinación, de lentes es el **producto del aumento** causado por cada lente del sistema.

$$M = M_1 M_2$$

# Microscopio compuesto



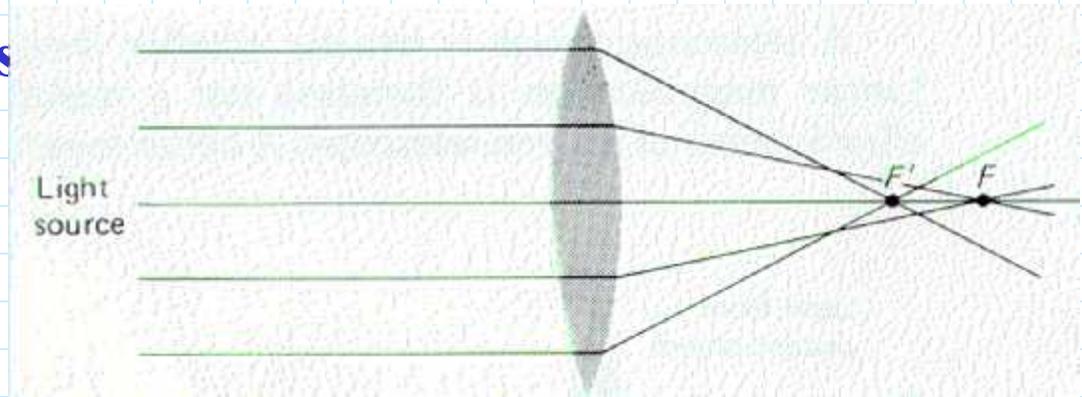
# Telescopio



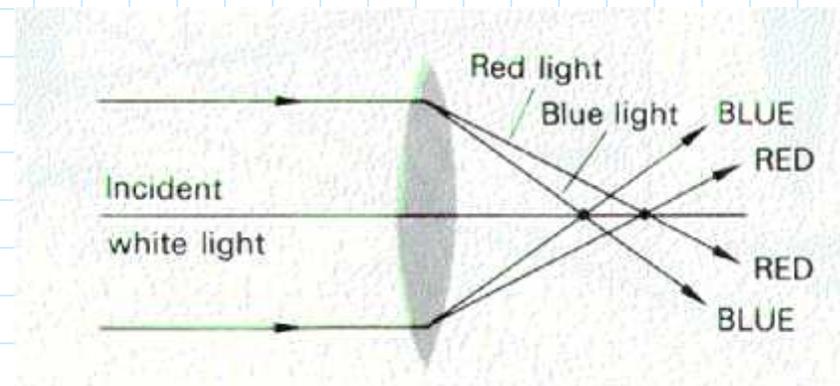
**Telescopio de refracción**

# Aberraciones de las lentes

La **aberración esférica** es un **defecto de las lentes** por el cual los rayos de los extremos se enfocan más cerca de la lente que los rayos que entran cercanos al centro óptico de la lente.



La **aberración cromática** es un **defecto de las lentes** que indica su incapacidad para enfocar luz de distintos colores en el mismo punto.



# Conceptos clave

- **Lente**
- **Lente menisco**
- **Ecuación de las lentes**
- **Aumento (amplificación)**
- **Microscopio**
- **Objetivo**
- **Ocular**
- **Telescopio**
- **Lente convergente**
- **Lente divergente**
- **Ecuación del fabricante de lentes**
- **Aberración esférica**
- **Aberración cromática**
- **Lente acromática**
- **Diafragma**
- **Foco virtual**

# Resumen de ecuaciones

$$\frac{1}{f} = (n - 1) \left( \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right)$$

$$\frac{1}{p} + \frac{1}{q} = \frac{1}{f}$$

$$M = \frac{y'}{y} = \frac{-q}{p}$$

$$M = M_1 M_2$$

# Interferencia, difracción y polarización

Capítulo 37

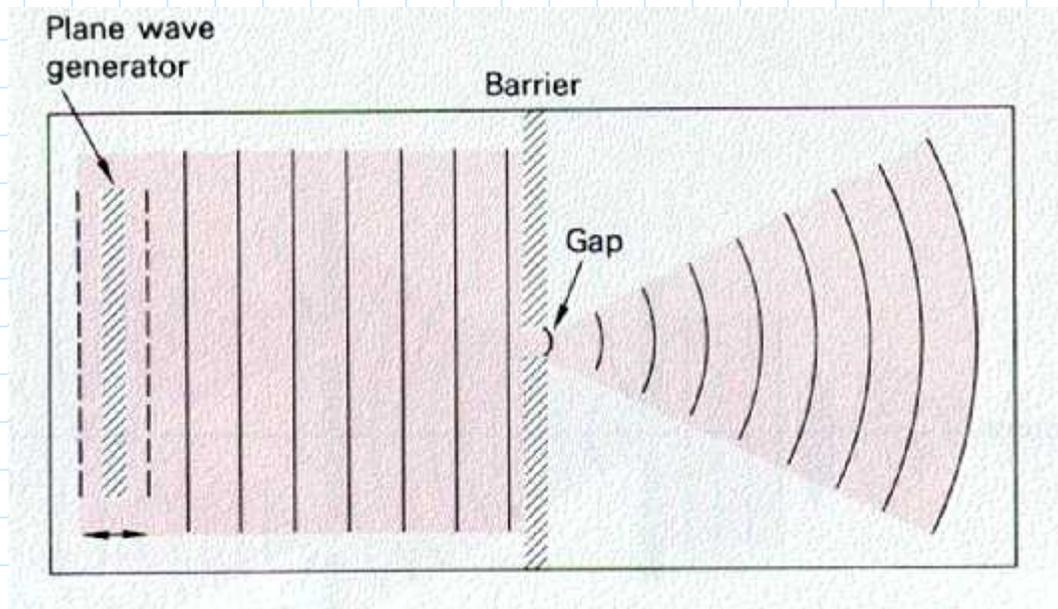
**Física** Sexta edición

Paul E. Tippens

- **Difracción**
- **Experimento de Young: interferencia**
- **La red de difracción**
- **Poder de resolución de los instrumentos**
- **Polarización**

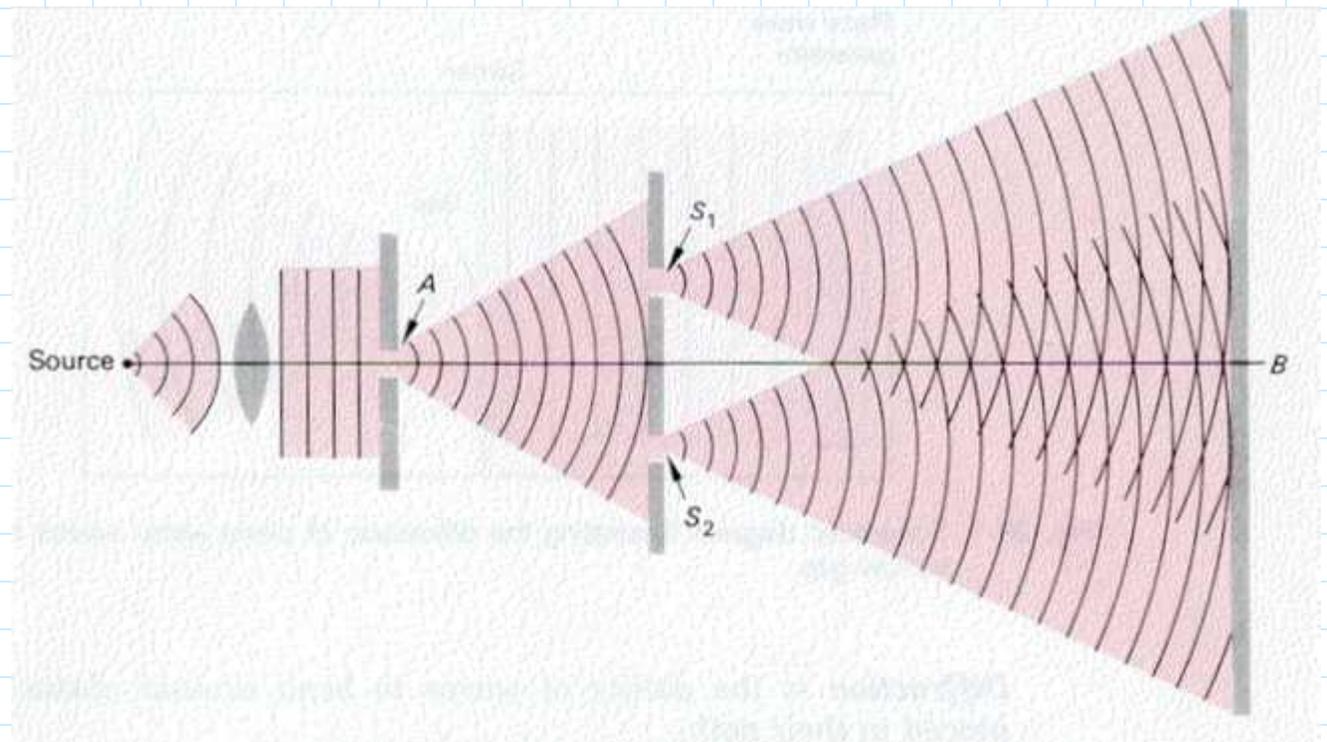
# Difracción

**Difracción** es la capacidad de las ondas para deflektarse alrededor de los obstáculos que encuentran en su trayectoria.

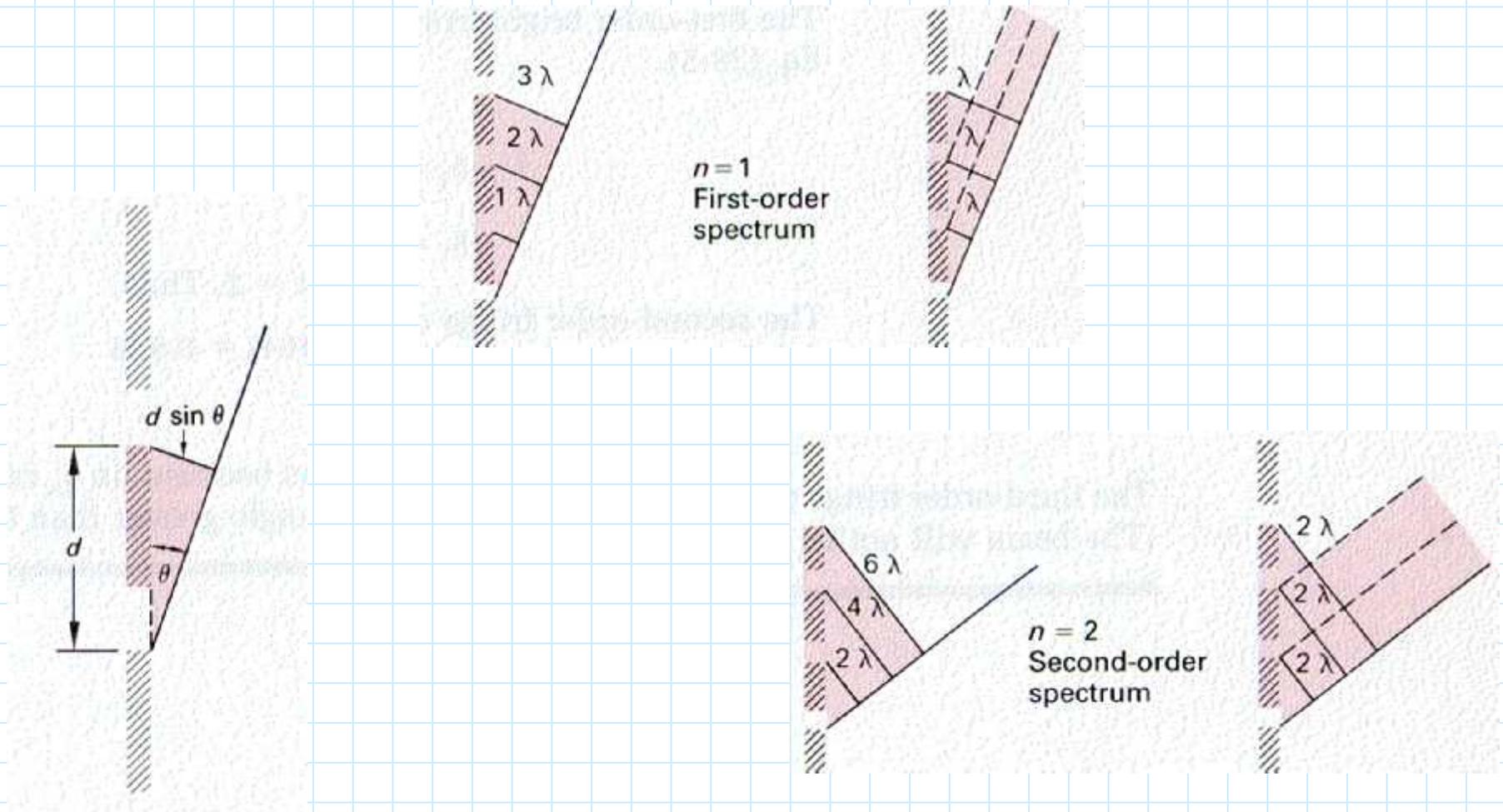


# Experimento de Young: interferencia

Cuando **dos o más ondas** existen simultáneamente en un mismo medio, la **amplitud resultante** en cualquier punto es la **suma** de las amplitudes de las ondas compuestas en dicho punto.



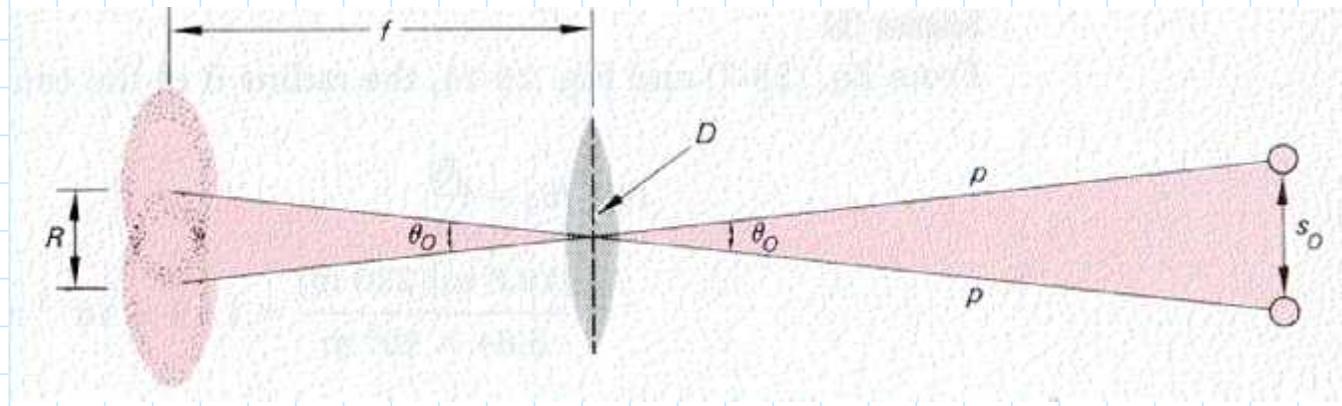
# La red de difracción



$$d \sin \theta_n = n\lambda \quad n = 1, 2, 3, \dots$$

# Poder de resolución de los instrumentos

**El poder de resolución de un instrumento es una medida de su capacidad para producir imágenes separadas bien definidas.**



$$\theta_0 = 1.22 \frac{\lambda}{D} = \frac{s_0}{p}$$

donde:

$\theta_0$  = ángulo más pequeño

$\lambda$  = longitud de onda de la luz

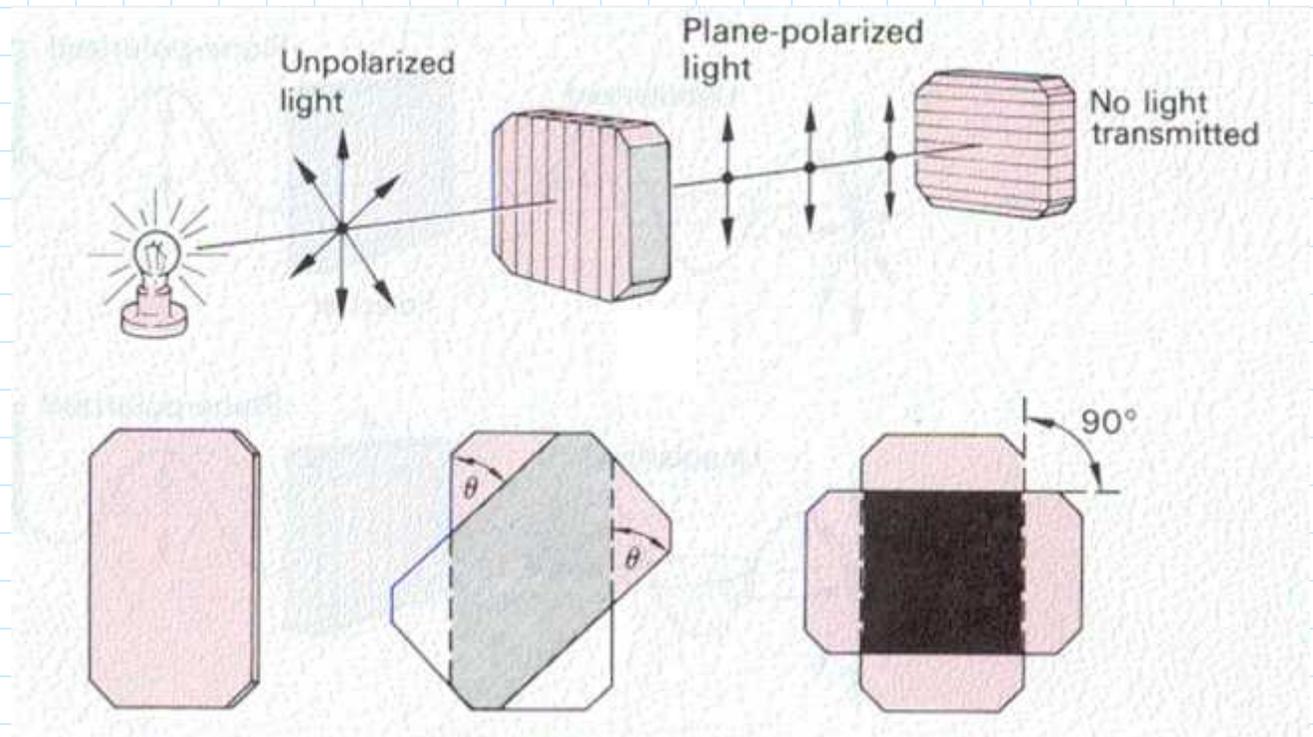
$D$  = diámetro del objetivo

$s_0$  = separación mínima del objeto

$p$  = distancia del objetivo

# Polarización

**Polarización** es el proceso mediante el cual las **oscilaciones transversales** de un movimiento ondulatorio están confinadas a un patrón definido.



# Conceptos clave

- **Difracción**
- **Interferencia**
- **Coherente**
- **Poder de resolución**
- **Resolución**
- **Polarización**
- **Polarizador**
- **Analizador**
- **Experimento de Young**
- **Principio de Huygens**
- **Principio de superposición**
- **Franjas de interferencia**
- **Red de difracción**
- **Orden de una imagen**
- **Polarización en un plano**
- **Láminas Polaroid**

# Resumen de ecuaciones

$$d \sin\theta_n = n\lambda$$

$$n = 0, 1, 2, 3, \dots$$

$$\theta_0 = 1.22 \frac{\lambda}{D} = \frac{s_0}{p}$$

# La física moderna y el átomo

## Capítulo 38

### **Física** Sexta edición

Paul E. Tippens

- **Relatividad**
- **Eventos simultáneos:  
la relatividad del tiempo**
- **Longitud, masa y tiempo  
relativistas**
- **Masa y energía**
- **Teoría cuántica y el efecto  
fotoeléctrico**
- **Ondas y partículas**
- **Órbitas electrónicas**
- **Espectro atómico**
- **El átomo de Bohr**
- **Niveles de energía**
- **Láser y luz láser**

# Relatividad

## **Primer postulado de Einstein:**

**Las leyes de la física son las mismas para todos los marcos de referencia que se mueven a una velocidad constante unos con respecto a otros.**

## **Segundo postulado de Einstein:**

**La velocidad de la luz en el vacío  $c$  es constante para todos los observadores independientemente de su estado de movimiento.**

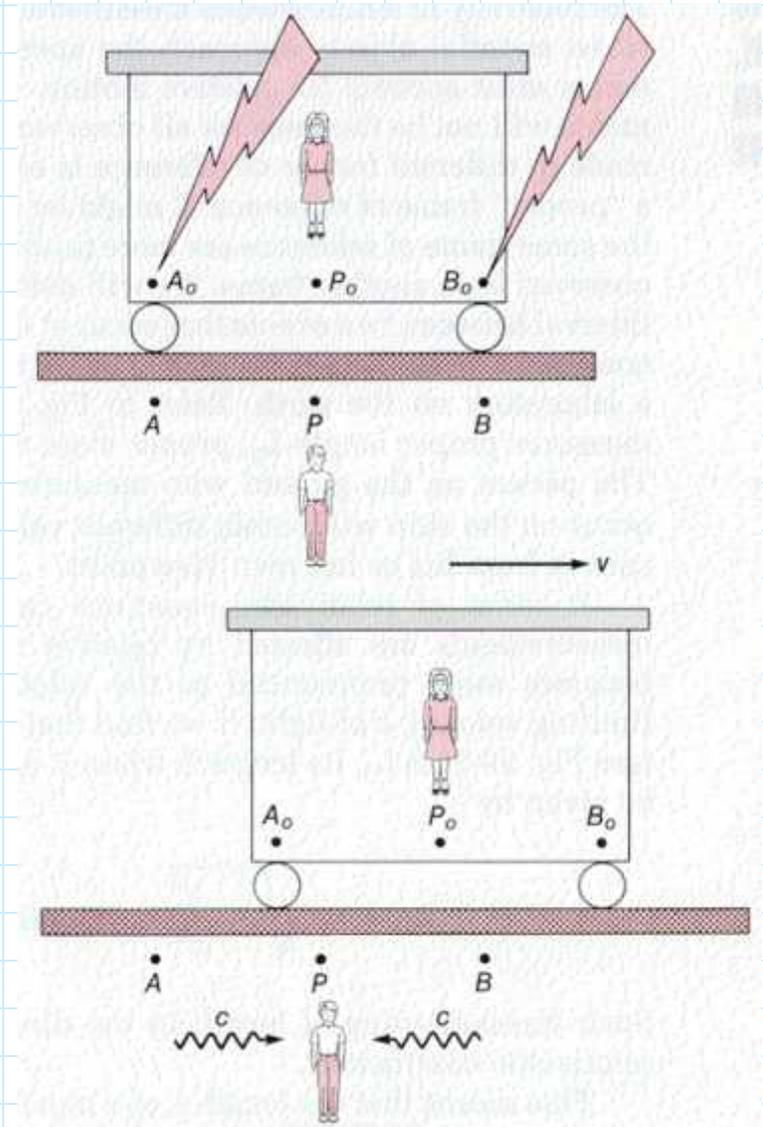
$$c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$$

# Eventos simultáneos: la relatividad del tiempo

Dos rayos luminosos inciden en los extremos de un vagón y llegan tanto al carro como a la vía.

La persona en el punto  $P$  sobre el suelo observa que los eventos son **simultáneos**.

La persona en el punto  $P$  sobre un carro percibe que **el evento en  $B_0$  ocurre antes que el evento en  $A_0$** .



# Longitud, masa y tiempo relativistas

## Contracción relativista

$$L = L_0 \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$$

Los objetos se vuelven más pequeños conforme aumenta su velocidad

## Dilatación del tiempo

$$\Delta t = \frac{\Delta t_0}{\sqrt{1 - v^2/c^2}}$$

Los intervalos de tiempo crecen conforme aumenta la velocidad.

## Masa relativista

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - v^2/c^2}}$$

La masa de un cuerpo crece conforme aumenta su velocidad.

# Masa y energía

**La energía y la masa son diferentes maneras de expresar la misma cantidad.**

**El factor de conversión es el cuadrado de la velocidad de la luz,  $c^2$ .**

$$E = mc^2$$

# Teoría cuántica y el efecto fotoeléctrico

La **ecuación de Planck** muestra la relación entre la **energía** electromagnética y la **frecuencia** de radiación.

$$E = hf$$

$h =$  **constante de Planck**:  $6.63 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$

# Ondas y partículas

Louis de Broglie propuso que todos los objetos tienen **longitudes de onda** relacionadas con su cantidad de **movimiento**.

Ecuación de de Broglie:

$$\lambda = \frac{h}{mv}$$

# Órbitas electrónicas

$$r = \frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 m v^2}$$

donde:

$r$  = radio orbital del electrón

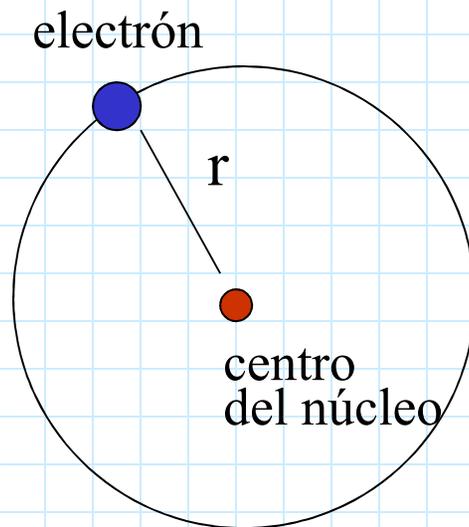
$e$  = carga del electrón

$\epsilon_0$  = permisividad en el vacío

$$= 8.85 \times 10^{-12} \text{ C}^2/\text{N}\cdot\text{m}^2$$

$m$  = masa del electrón

$v$  = velocidad del electrón



# Espectro atómico

Con una fuente de **luz incandescente** el espectro es **continuo**, es decir, contiene todas las longitudes de onda en forma similar a un arco iris.

Cuando la fuente de luz proviene de un **gas calentado** a baja presión, el espectro de la luz emitida consiste en una serie de **líneas brillantes** separadas por regiones oscuras. Dicho espectro se denomina **espectro de líneas de emisión**.

Cuando la luz **pasa a través de un gas**, ciertas longitudes de onda discretas son absorbidas. Las longitudes de onda características aparecen en forma de **líneas oscuras** sobre un fondo luminoso. Este espectro se llama **espectro de absorción**.

**Serie de Balmer:**

$$\frac{1}{\lambda} = R \left( \frac{1}{2^2} - \frac{1}{n^2} \right)$$

donde:

$\lambda$  = longitud de onda

R = constante de Rydberg  
=  $1.097 \times 10^7 \text{ m}^{-1}$

n = 3, 4, 5, ...

# El átomo de Bohr

## Primer postulado de Bohr:

Un electrón puede existir sólo en aquellas órbitas donde la cantidad de movimiento o momento angular es un múltiplo integral de  $h/2\pi$ .

## Segundo postulado de Bohr:

Si un electrón cambia de una órbita estable a cualquier otra, pierde o gana energía, en **cuantos discretos**, igual a la diferencia en energía entre los estados inicial y final.

$$hf = E_i - E_f$$

donde:

$hf$  = energía del fotón  
emitida o  
absorbida

$E_i$  = energía inicial

$E_f$  = energía final

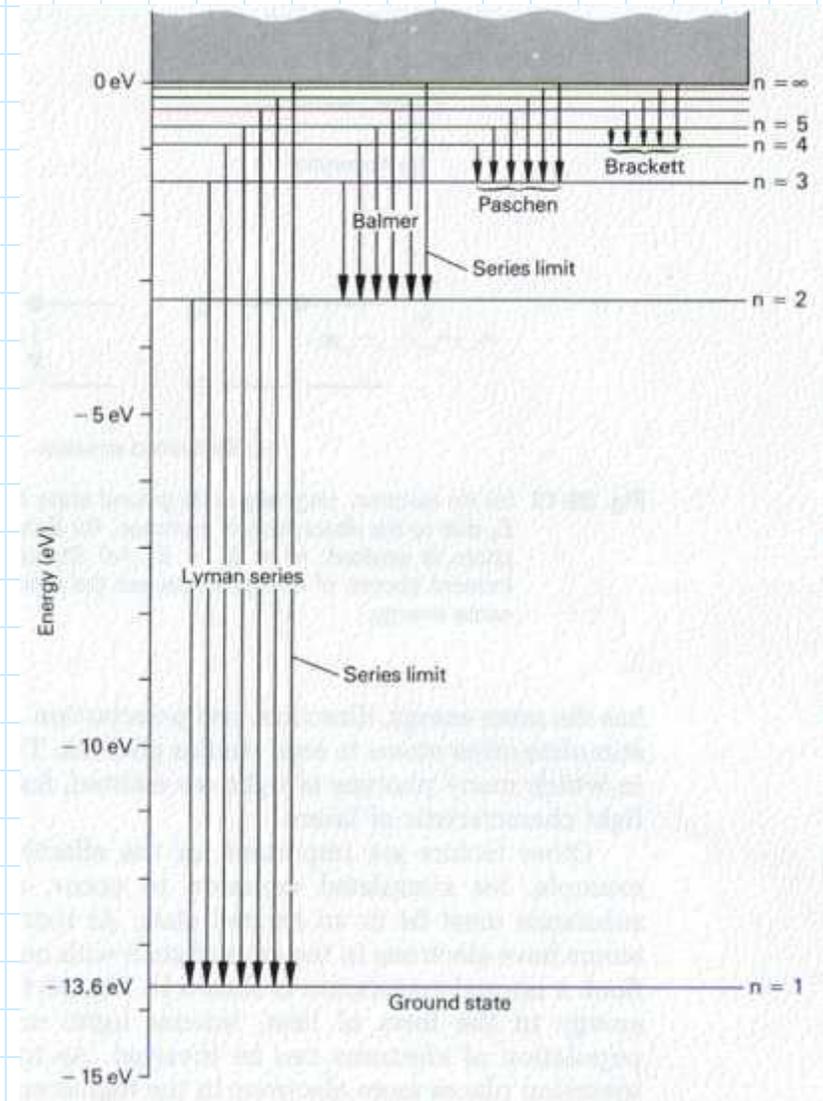
# Niveles de energía

$$E_n = \frac{-13.6 \text{ eV}}{n^2}$$

Serie de Balmer:  $n = 2$

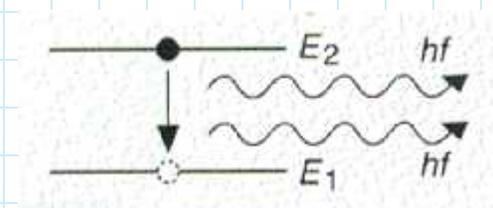
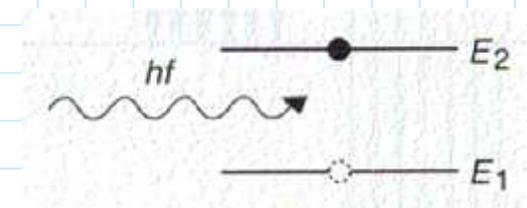
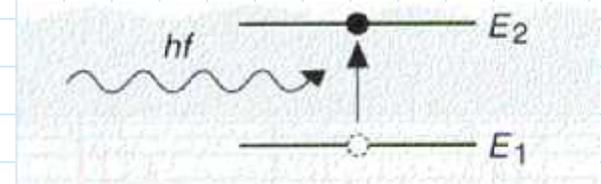
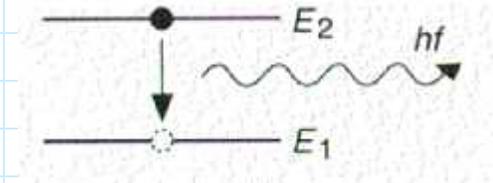
Serie de Paschen:  $n = 3$

Serie de Brackett:  $n = 4$



# Láser y luz láser

La **emisión espontánea** produce luz que **no es direccional** y **no puede enfocarse** nítidamente.



La **emisión estimulada** produce luz **coherente** que es característica del **láser** (Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation).

# Conceptos clave

- **Masa relativista**
- **Contracción relativista**
- **Dilatación del tiempo**
- **Postulados de Einstein**
- **Postulado de Planck**
- **Función de trabajo**
- **Efecto fotoeléctrico**
- **Espectómetro**
- **Espectro de líneas de emisión**
- **Espectro de líneas de absorción**
- **Serie espectral**
- **Átomo de Bohr**
- **Número cuántico principal**
- **Nivel de energía**
- **Átomo excitado**

# Resumen de ecuaciones

$$L = L_0 \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$$

$$E = mc^2$$

$$\frac{1}{\lambda} = R \left( \frac{1}{n_f^2} - \frac{1}{n_i^2} \right)$$

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - v^2 / c^2}}$$

$$E = hf$$

$$\Delta t = \frac{\Delta t_0}{\sqrt{1 - v^2 / c^2}}$$

$$\lambda = \frac{h}{mv}$$

$$hf = E_i - E_f$$

$$r = \frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 mv^2}$$

$$E_n = -\frac{13.6\text{eV}}{n^2}$$

# La física nuclear y el núcleo

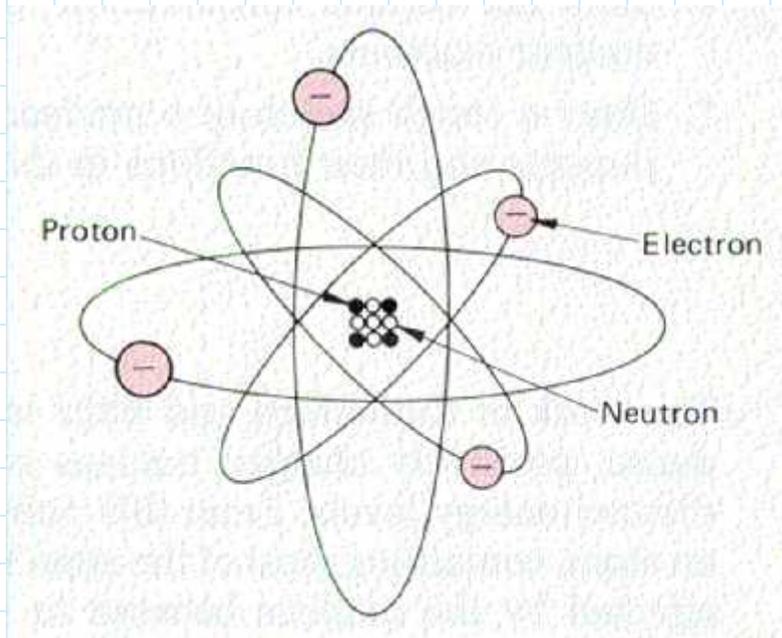
## Capítulo 39

### **Física** Sexta edición

Paul E. Tippens

- **El núcleo atómico**
- **Los elementos**
- **Unidad de masa atómica**
- **Isótopos**
- **Defecto de masa y energía de enlace**
- **Radiactividad**
- **Decaimiento radiactivo**
- **Vida media**
- **Reacciones nucleares**
- **Fisión nuclear**
- **Reactores nucleares**
- **Fusión nuclear**

# El núcleo atómico



<b>Fundamental Particles</b>			
<b>Particle</b>	<b>Symbol</b>	<b>Mass, kg</b>	<b>Charge, C</b>
Electron	$e$	$9.1 \times 10^{-31}$	$-1.6 \times 10^{-19}$
Proton	$p$	$1.673 \times 10^{-27}$	$+1.6 \times 10^{-19}$
Neutron	$n$	$1.675 \times 10^{-27}$	0

# Los elementos

El **número atómico**  $Z$  de un elemento es igual al **número de protones** que hay en el núcleo de un átomo de ese elemento.

El **número de masa**  $A$  de un elemento es igual al **número total de protones y neutrones** que hay en su núcleo.

# La unidad de masa atómica

Una **unidad de masa atómica** (1 u) es exactamente igual a un doceavo de la masa de la forma más abundante del átomo de carbono.

$$1 \text{ u} = 1.6606 \times 10^{-27} \text{ kg}$$

# Isótopos

Los **isótopos** son átomos que tienen el mismo **número atómico Z**, pero diferentes **números de masa A**.

El **espectrómetro de masas** se utiliza para separar y estudiar los **isótopos**.

# Defecto de masa y energía de enlace

El **defecto de masa** se define como la diferencia entre la masa en reposo de un núcleo y la suma de las **masas en reposo** de los **nucleones** que lo forman.

La **energía de enlace** de un núcleo se define como la energía requerida para **separar un núcleo** en los nucleones que lo forman.

# Radiactividad

Existen **tres formas principales** de emisión radiactiva del núcleo atómico:

## Partículas alfa ( $\alpha$ )

Una partícula alfa es el núcleo de un **átomo de helio** y consta de dos protones y dos neutrones.

## Partículas beta ( $\beta$ )

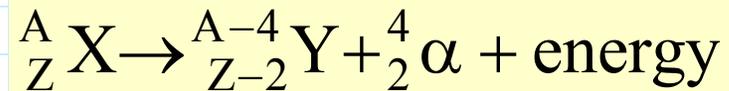
- Una partícula  $\beta^-$  es un electrón de **carga  $-e$** .
- Una partícula  $\beta^+$  o positrón tiene la misma masa que un electrón, pero con **carga  $+e$** .

## Rayos gamma ( $\gamma$ )

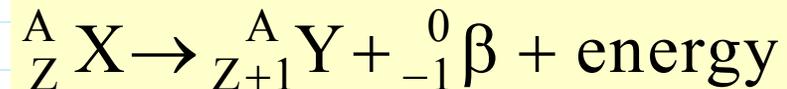
Un rayo gamma es una onda electromagnética de alta energía pero no tiene carga ni masa.

# Decaimiento radiactivo

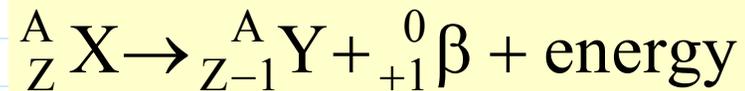
## Emisión alfa



## Emisión beta negativa



## Emisión beta positiva



La **emisión gamma** no afecta los números atómico y de masa.

# Vida media

La **vida media**  $T_{1/2}$  de un isótopo radiactivo es el lapso de tiempo en el que **decae** la **mitad** de sus núcleos inestables.

Un **curie** (Ci) es la actividad de material radiactivo que decae con una rapidez de  **$3.7 \times 10^{10}$  desintegraciones por segundo.**

$$N = N_0 \left( \frac{1}{2} \right)^{t/T_{1/2}}$$

$$R = R_0 \left( \frac{1}{2} \right)^{t/T_{1/2}}$$

donde:

$N$  = número de núcleos remanentes

$N_0$  = número de núcleos iniciales

$R$  = actividad remanente

$R_0$  = actividad inicial

$t$  = intervalo de tiempo

$T_{1/2}$  = vida media del isótopo

# Reacciones nucleares

En las reacciones nucleares se deben observar varias **leyes de conservación**:

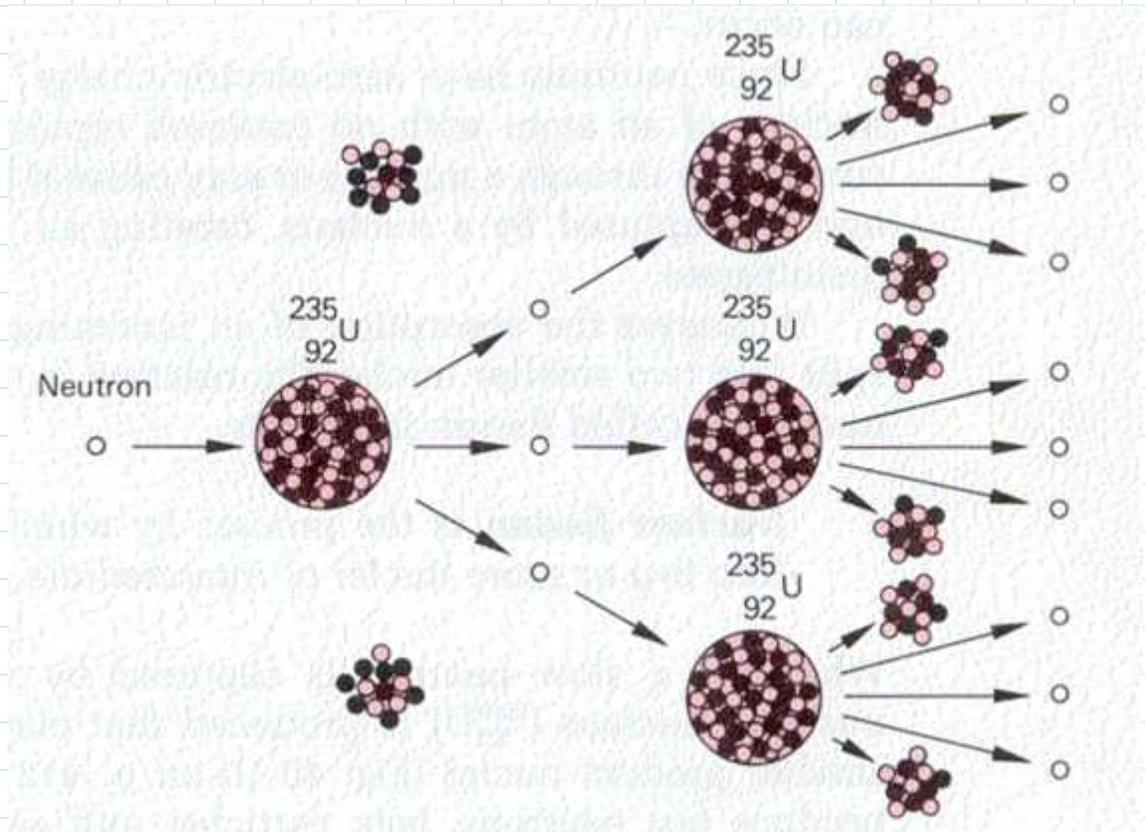
**Conservación de la carga:** la **carga total** de un sistema no puede aumentar ni disminuir en una reacción nuclear.

**Conservación de nucleones:** el **número total de nucleones** en la interacción permanece inalterado.

**Conservación de la masa-energía:** la **masa-energía total** permanece inalterada en una reacción nuclear.

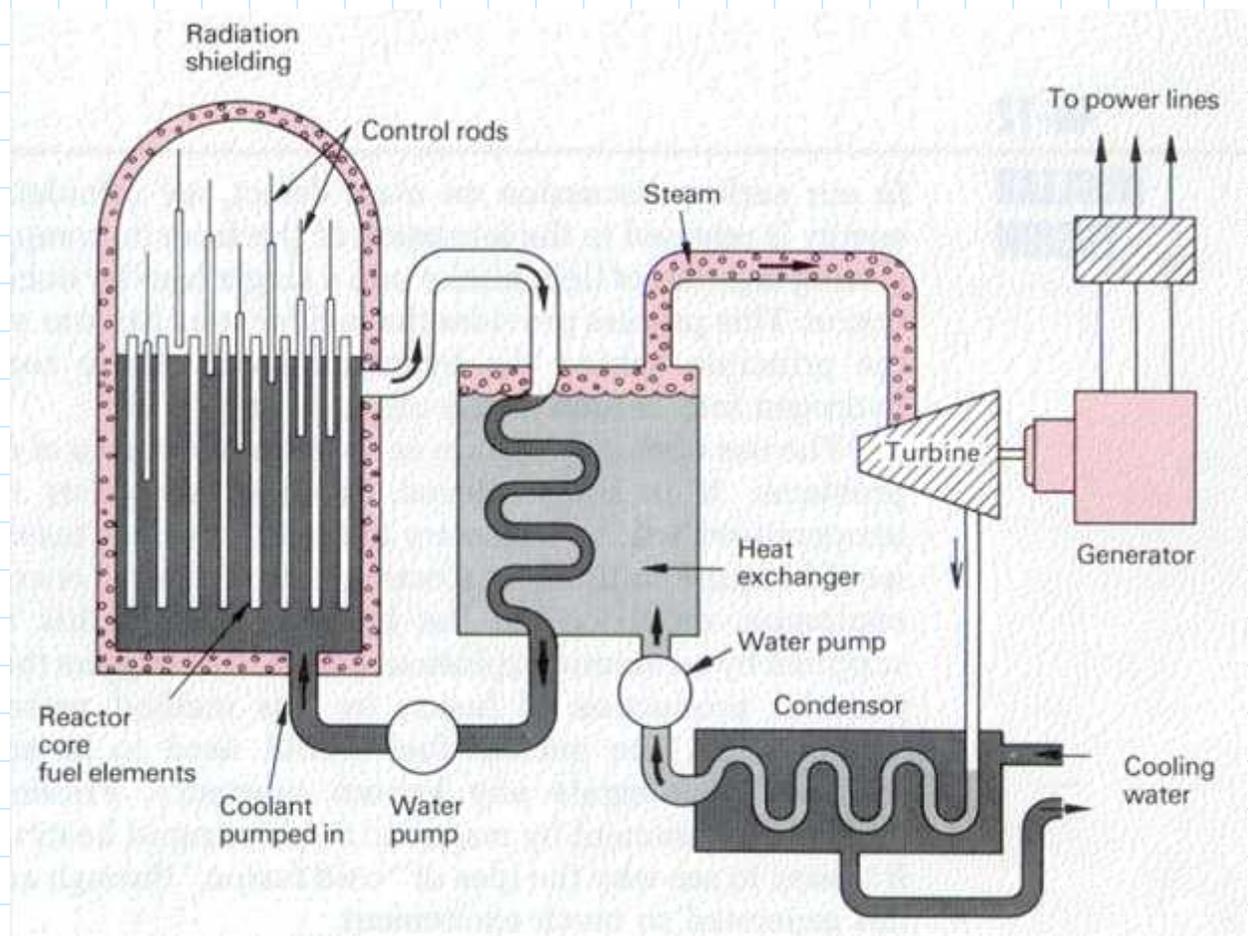
# Fisión nuclear

La **fisión nuclear** es el proceso por el cual los **núcleos pesados se dividen** en dos o más núcleos de números de masa intermedios.



# Reactores nucleares

Un **reactor nuclear** es un dispositivo que controla la **fisión nuclear** de material radiactivo, produciendo nuevas sustancias radiactivas y **grandes cantidades de energía**.



# Fusión nuclear

**Fusión nuclear** es la unión de núcleos ligeros para formar un solo núcleo pesado.

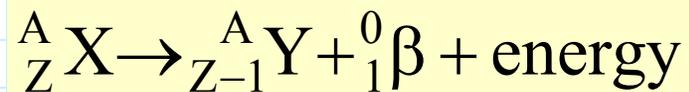
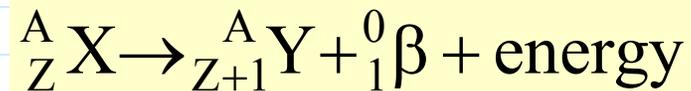
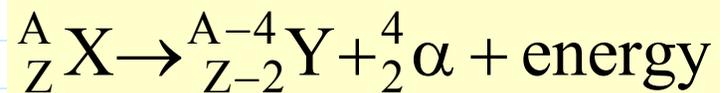
La unión de nucleones produce una **disminución en la masa** (defecto de masa) y en la **energía**. Debido a que la energía debe conservarse, una pérdida de energía en el sistema nuclear significa una **liberación de energía** fuera del sistema.

# Conceptos clave

- **Fuerza nuclear**
- **Nucleón**
- **Número atómico**
- **Número de masa**
- **Unidad de masa atómica**
- **Isotópos**
- **Espectrómetro de masas**
- **Defecto de masa**
- **Energía de enlace**
- **Radiactividad**
- **Partículas alfa**
- **Partículas beta**
- **Partículas gamma**
- **Vida media**
- **Actividad**
- **curie**
- **Fisión nuclear**
- **Reacción en cadena**
- **Reactor nuclear**
- **Fusión nuclear**
- **Moderador**

# Resumen de ecuaciones

$$1 \text{ u} = 1.6606 \times 10^{-27} \text{ kg}$$



$$N = N_0 (1/2)^{t/T_{1/2}}$$

$$R = R_0 (1/2)^{t/T_{1/2}}$$

# Electrónica

## Capítulo 40

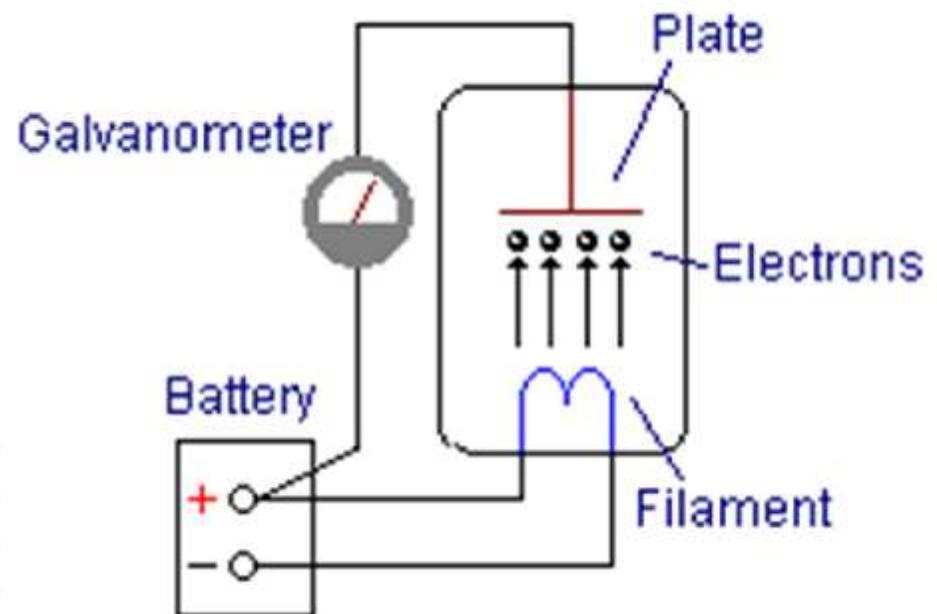
### Física Sexta edición

Paul E. Tippens

- Emisiones termoiónicas
- Tubos al vacío
- Tubo de rayos catódicos
- Tubo de rayos X
- Semiconductores
- Semiconductores tipo n y p
- Unión pn
- Aplicaciones de diodos
- El diodo Zener
- El transistor
- Amplificación por transistor
- Otros dispositivos semiconductores
- Circuitos integrados

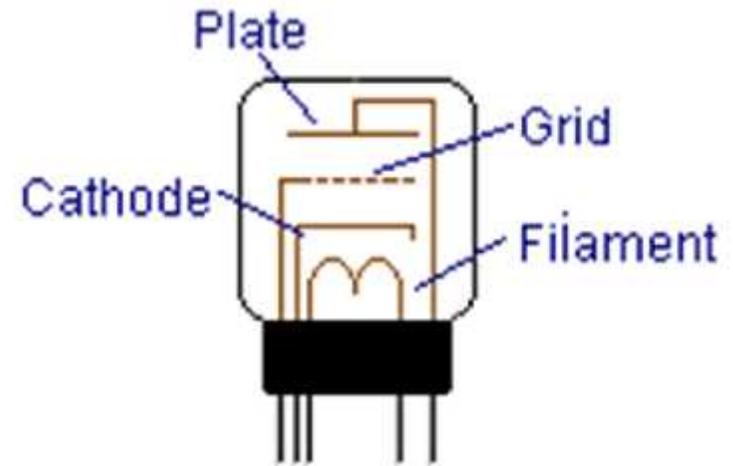
# Emisión termoiónica

La **emisión termoiónica** origina la emisión de electrones a partir del filamento caliente.

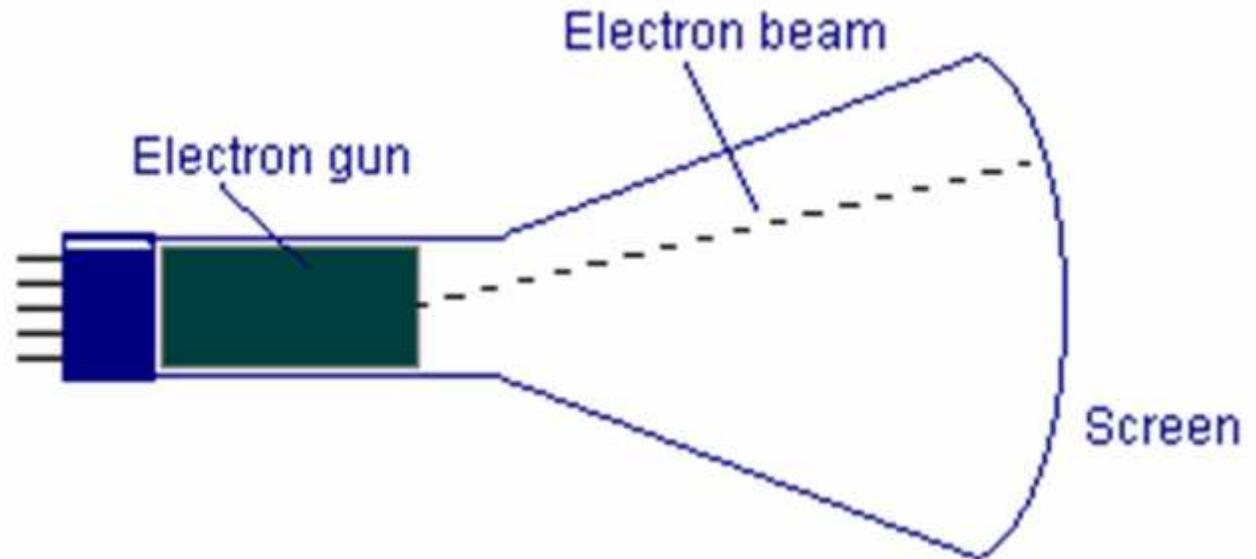


# Tubos al vacío

- En un **tubo al vacío**, los electrones fluyen de un cátodo cargado negativamente a una placa cargada positivamente.
- La **rejilla** usa una cantidad variable de carga negativa para controlar el flujo de electrones a través del tubo.

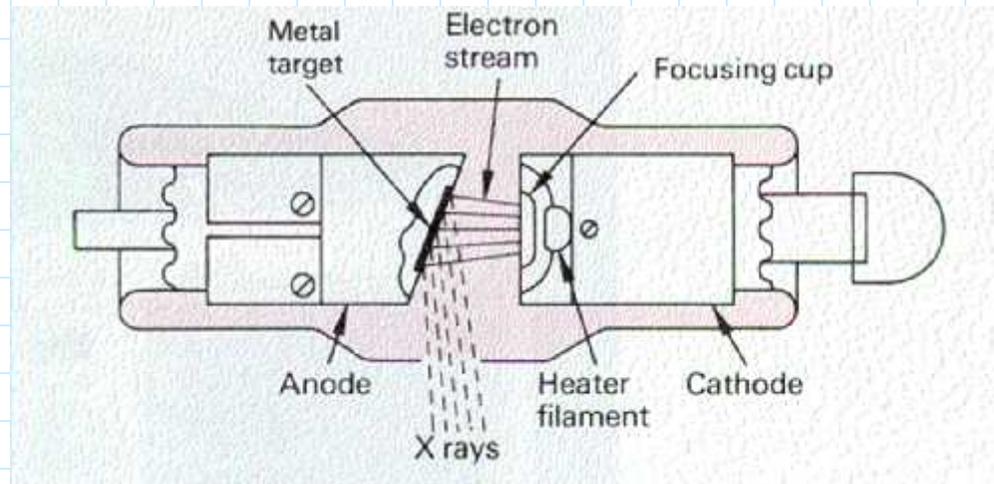


# Tubo de rayos catódicos



Un **tubo de rayos catódicos (TRC)** convierte las señales eléctricas en un haz de electrones y luego en imágenes visibles en la pantalla.

# El tubo de rayos X



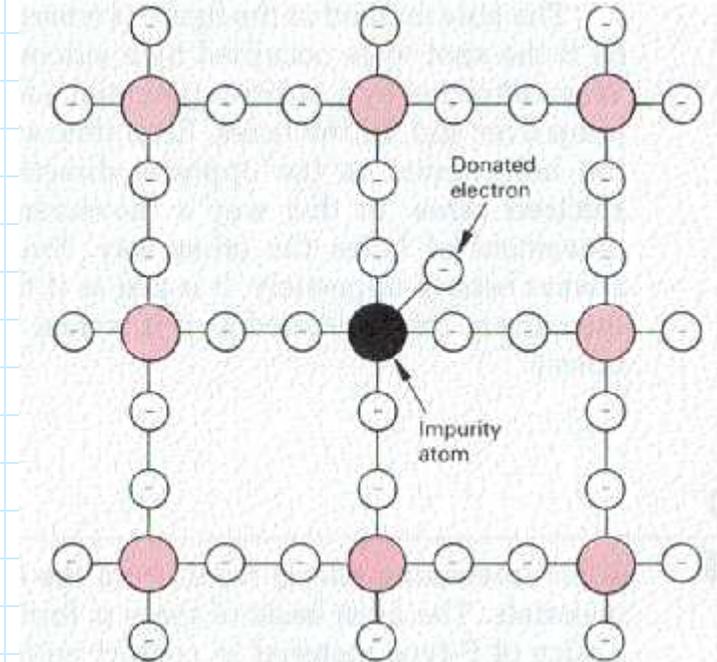
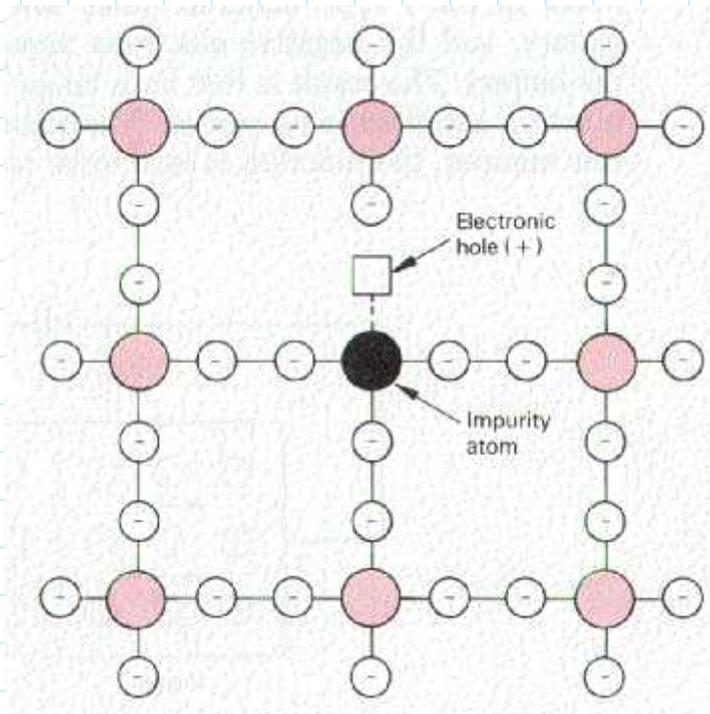
# Semiconductores

Los **semiconductores** se encuentran entre los conductores y los aisladores.

Los **electrones de valencia** en los semiconductores no están tan libres como en un conductor ni tan unidos como en aislador.

# Semiconductores tipo n y p

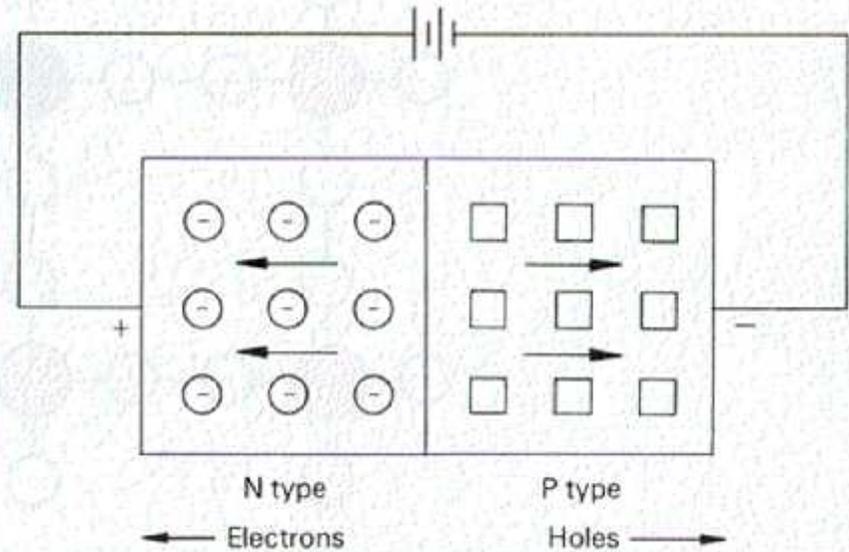
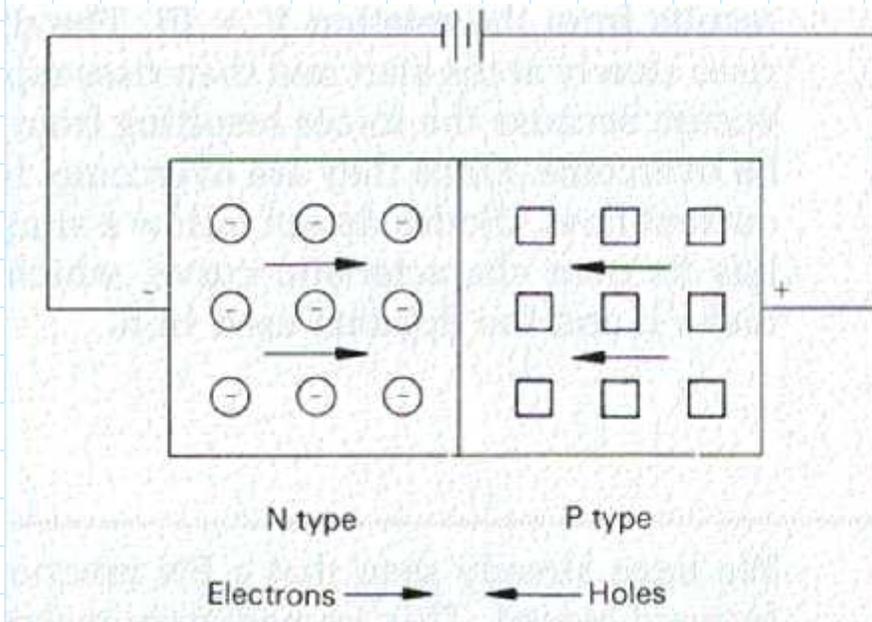
En un semiconductor de tipo **n**, se añade una impureza a la estructura de silicio y le dona un **electrón**.



En un semiconductor tipo **p**, la ausencia de un electrón de valencia produce un **hueco electrónico**.

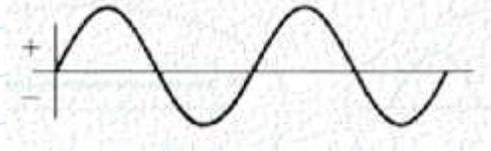
# Unión pn

**Unión pn con  
polarización  
inversa.**



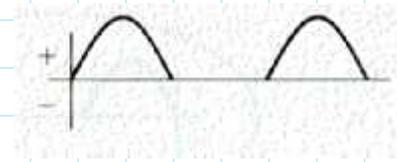
**Unión pn con  
polarización  
directa.**

# Aplicaciones de diodos



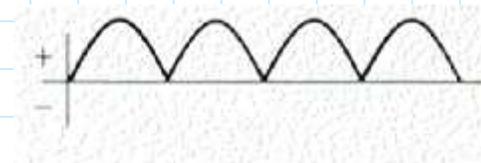
Entrada de ca

El **diodo** en un **rectificador de media onda** permite que sólo pase media onda de la corriente alterna a través del circuito.



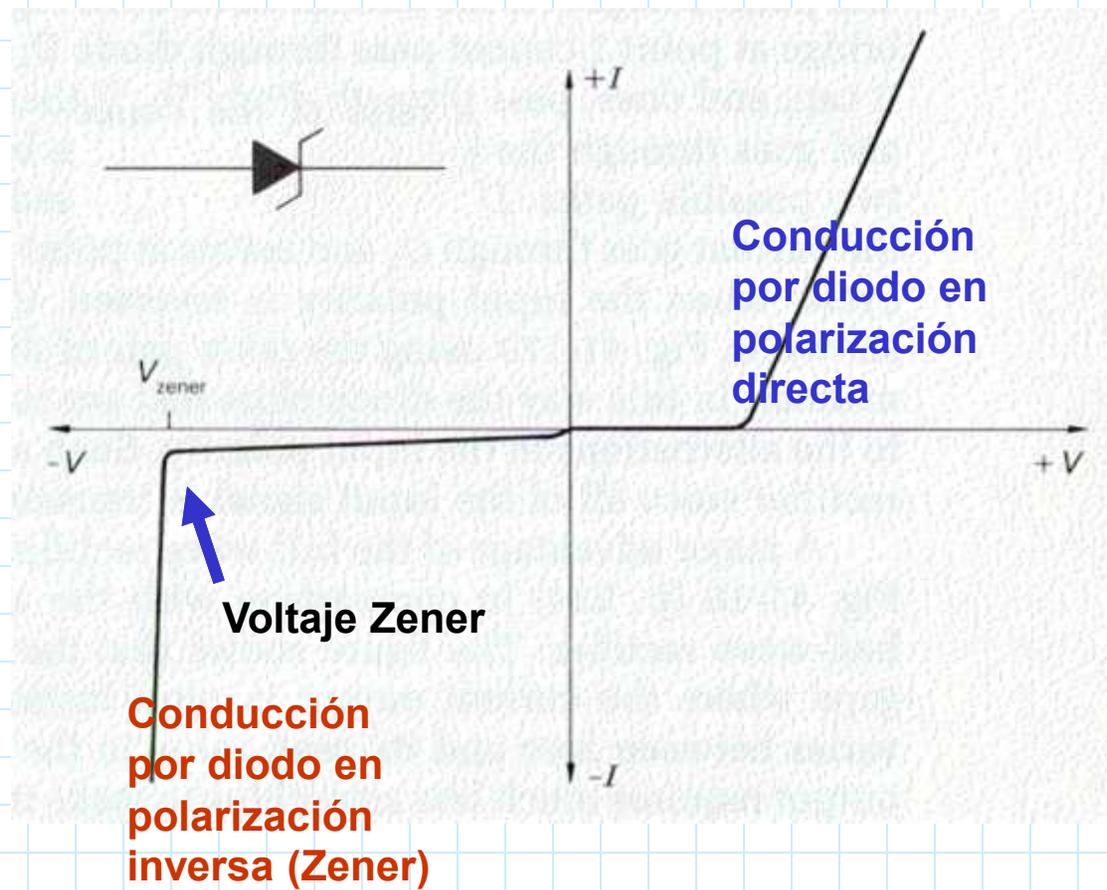
Rectificador de media onda

El **diodo** en un **rectificador de onda completa** permite que pasen ambas mitades de la corriente alterna pasen en una dirección a través del circuito.

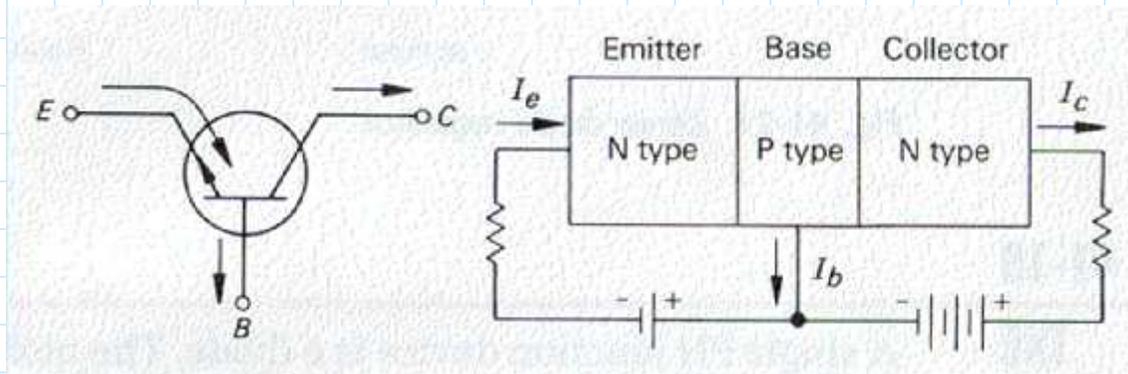


Rectificador de onda completa

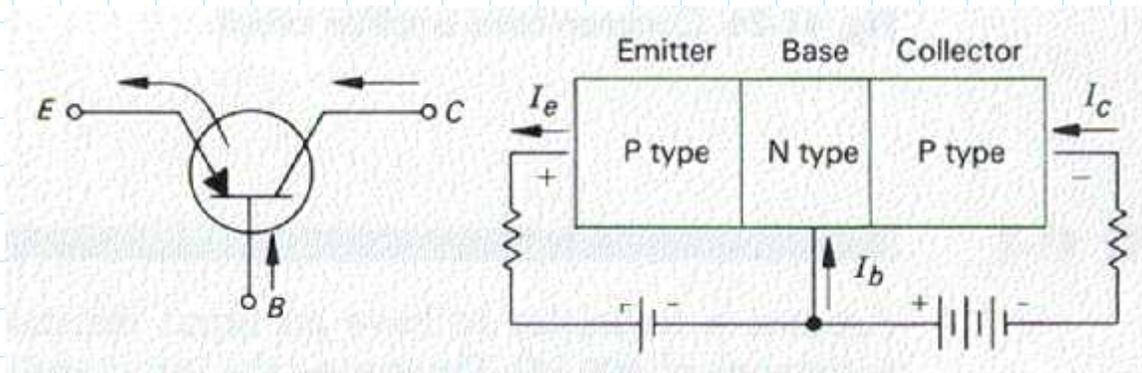
# Diodo Zener



# El transistor



**Transistor NPN**



**Transistor PNP**

$$I_e = I_b + I_c$$

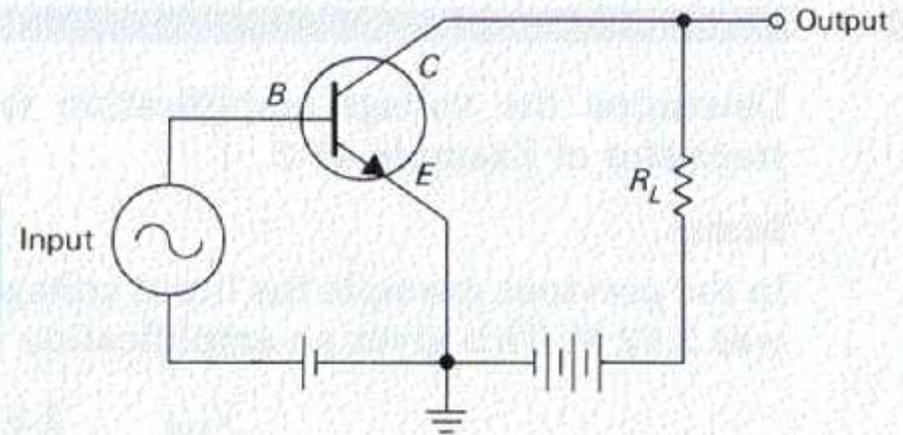
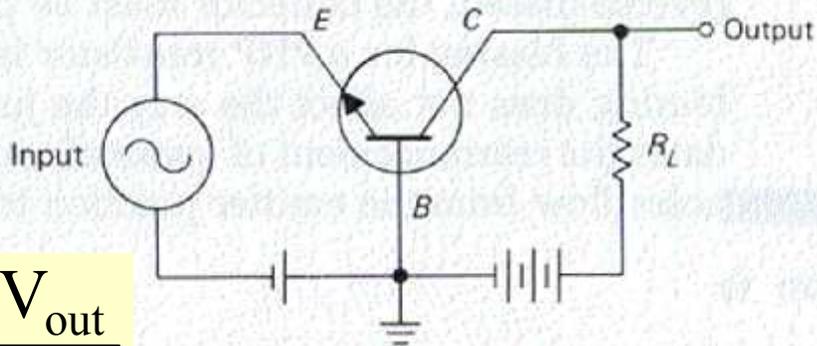
$$\alpha = \frac{I_c}{I_e}$$

$$I_b = I_e(1 - \alpha)$$

# Amplificación por transistor

$$A_v = \frac{V_{out}}{V_{in}}$$

Amplificador  
con **base común**

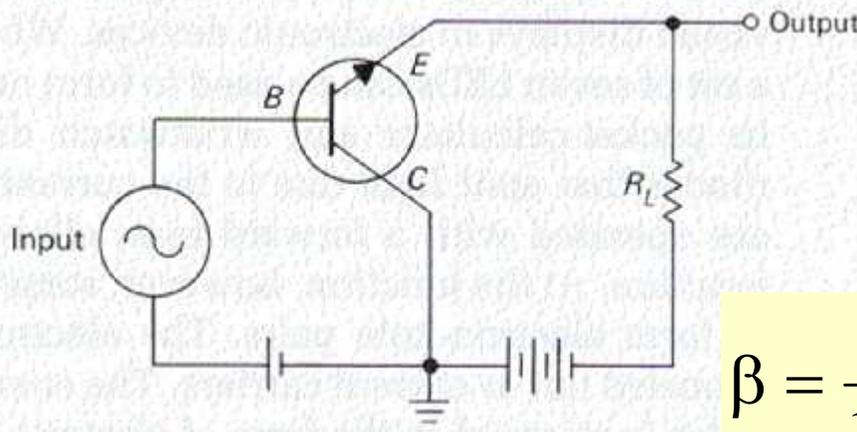


Amplific.  
de **emisor  
común**

$$G = \alpha \frac{V_{out}}{V_{in}} = \alpha A_v$$

$$\beta = \frac{\alpha}{1 - \alpha}$$

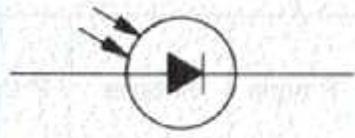
Amplificador  
de **colector común**



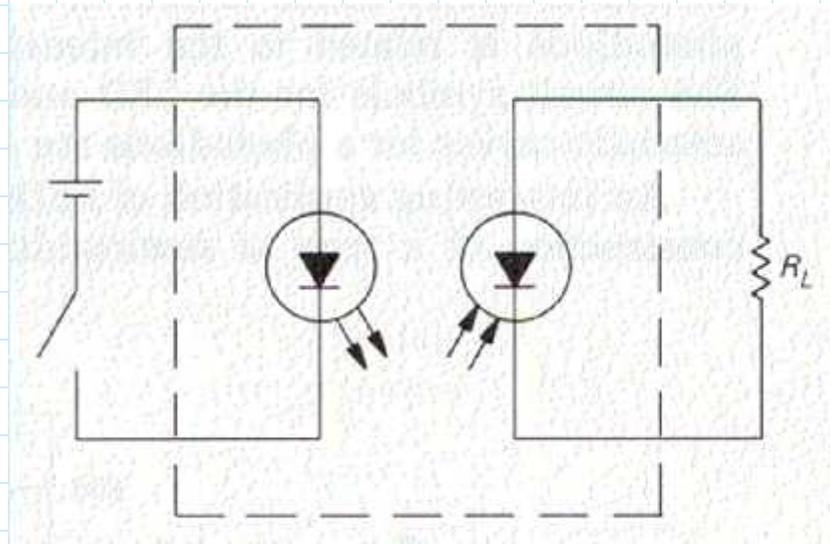
# Otros dispositivos semiconductores



**Diodo emisor de luz (LED)**

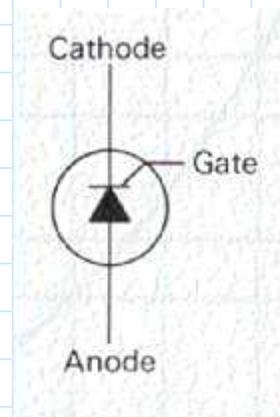


**Fotodiodo**



**Arreglo de LED-fotodiodo**

**Rectificador controlado de silicio (SCR)**



# Conceptos clave

- **Diodo**
- **Semiconductor**
- **Transistor**

# Resumen de ecuaciones

$$I_e = I_b + I_c$$

$$\alpha = \frac{I_c}{I_e}$$

$$A_v = \frac{V_{out}}{V_{in}}$$

$$I_b = I_e(1 - \alpha)$$

$$G = \alpha \frac{V_{out}}{V_{in}} = \alpha A_v$$

$$\beta = \frac{\alpha}{1 - \alpha}$$