



UAEM | Universidad Autónoma
del Estado de México

Centro Universitario UAEM Zumpango Ingeniería en Computación



CENTRO UNIVERSITARIO
UAEM ZUMPANGO

Dr. Arturo Redondo Galván





ELECTRICIDAD Y MAGNETISMO

UNIDAD II

Condensadores y capacitancia

Comprender y analizar el funcionamiento de los condensadores, los materiales conductores, sus características tales como la capacitancia, la resistividad, la resistencia, su relación con el campo, el potencial eléctrico, la corriente, la energía y la potencia así como los tipos de circuitos que se pudren integrar y su forma de solución e interpretación.



Tema: capacitancia y dieléctricos

Objetivos:

- Identificar los diferentes tipos de capacitores.
- Calcular la capacitancia de un sistema y la energía potencial eléctrica almacenada en él.
- Determinar la capacitancia equivalente en circuitos eléctricos.





Introducción (1/1)

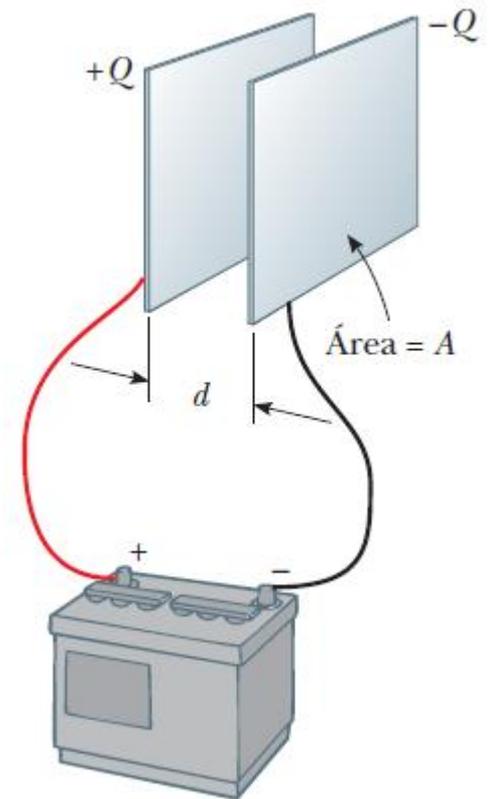
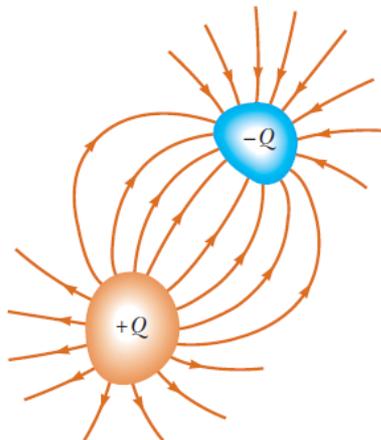
- Los capacitores, los resistores y los inductores son elementos importantes que se encuentran en los circuitos eléctricos y electrónicos. Estos dispositivos, son conocidos como **elementos pasivos**. Solo son capaces de **absorber energía eléctrica**.
- A diferencia de un resistor que disipa energía, los capacitores y los inductores, la **almacenan** y la regresan al circuito al que están conectados.





Capacitancia (1/7)

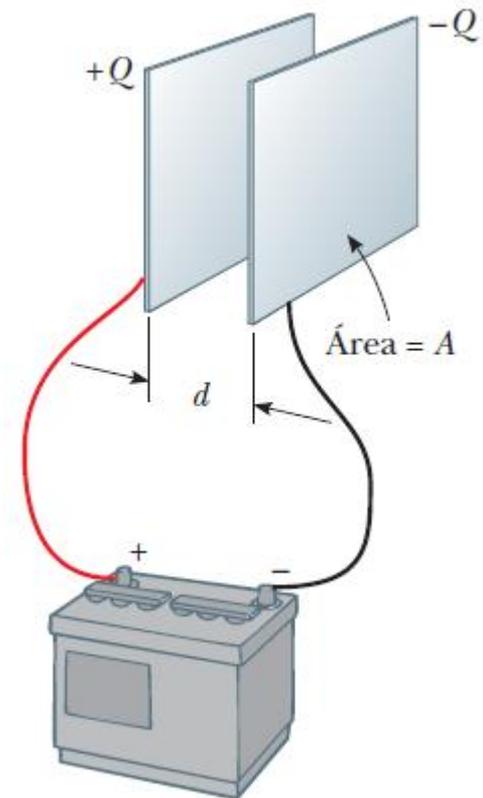
- Un capacitor es un dispositivo físico que posee la propiedad eléctrica denominada **capacitancia**.
- Un capacitor se compone básicamente de **dos placas conductoras paralelas** de superficie A , separadas una distancia d por un aislante denominado **dieléctrico**.





Capacitancia (2/7)

- Si a las placas se les aplica una diferencia de potencial o voltaje por medio de una pila o fuente, las placas **adquieren cargas de igual magnitud**. Una placa adquiere carga positiva y la otra negativa.
- Al incrementar el voltaje V la carga Q almacenada en las placas se incrementa de manera **directamente proporcional**.





Capacitancia (3/7)

- La capacitancia C de un capacitor se define como la relación de la magnitud de la carga en cualquiera de los conductores a la magnitud de la diferencia de potencial entre dichos conductores:

$$C \equiv \frac{Q}{\Delta V} \quad \left[\frac{C}{V} = F \right]$$

- La unidad del SI para capacitancia es el **farad (F)**.
- Si un capacitor tiene una carga de un farad, una transferencia de carga de un coulomb al capacitor elevará su potencial en un volt.

$$1 \text{ farad (F)} = \frac{1 \text{ Coulomb (C)}}{1 \text{ volt (V)}}$$





Capacitancia (4/7)

- La **capacitancia** siempre es una cantidad **positiva**.
- La capacitancia de un dispositivo es la medida de su **capacidad de almacenar carga y energía potencial eléctrica**.
- La cantidad de carga que puede colocarse en un conductor está limitada por la rigidez dieléctrica del medio que se encuentra entre sus placas.





Capacitancia (5/7)

Pregunta rápida:

Un capacitor almacena carga Q una diferencia de potencial V . ¿Qué pasa si el voltaje que suministra una batería al capacitor se duplica a $2V$?

- a) La capacitancia disminuye hasta la mitad de su valor inicial y la carga se mantiene igual.
- b) Tanto la capacitancia como la carga disminuyen hasta la mitad de sus valores iniciales.
- c) Tanto la capacitancia como la carga se duplican.
- d) La capacitancia permanece igual pero la carga se duplica.





Capacitancia (6/7)

Ejercicio 1:

a) ¿Cuánta carga existe en cada una de las placas de un capacitor de $4.00 \mu F$ que está conectado a una batería de $12 V$? b) ¿Si este mismo capacitor estuviera conectado a una batería de $1.50 V$, cual sería la carga almacenada?





Capacitancia (7/7)

Ejercicio 2:

Dos conductores con cargas netas de $+10 \mu\text{C}$ y $-10 \mu\text{C}$ tienen una diferencia de potencial de 10 V .

- Determine la capacitancia del sistema.
- ¿Cuál será la diferencia de potencial entre los dos conductores si las cargas en cada uno de ellos se incrementan hasta $+100 \mu\text{C}$ y $-100 \mu\text{C}$?





Cálculo de la capacitancia (1/6)

- La capacitancia de una esfera con carga y aislada es proporcional a su radio y es independiente tanto de la carga de la esfera como de la diferencia de potencial.

$$C = \frac{Q}{\Delta V} = \frac{Q}{\frac{k_e Q}{a}} = \frac{a}{k_e} = 4\pi\epsilon_0 a$$

- La capacitancia de un par de conductores se ilustra mediante tres geometrías comunes, sobre todo, placas paralelas, cilindros concéntricos y esferas concéntricas.





Cálculo de la capacitancia (2/6)

Capacitor de placas paralelas

- Si dos placas metálicas paralelas de área A están separadas por una distancia d y su densidad de carga superficial es $\sigma = \frac{Q}{A}$, el campo eléctrico entre las placas es:

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon_0} = \frac{Q}{\epsilon_0 A}$$

- Ya que el campo entre las placas es uniforme, la magnitud de la diferencia de potencial entre las placas es igual a Ed , entonces,

$$\Delta V = Ed = \frac{Qd}{\epsilon_0 A}$$





Cálculo de la capacitancia (3/6)

Capacitor de placas paralelas

- Sustituyendo, la capacitancia está dada por:

$$C = \frac{Q}{\Delta V} = \frac{Q}{\frac{Qd}{\epsilon_0 A}} = \frac{\epsilon_0 A}{d}$$

- **La capacitancia de un capacitor de placas paralelas es proporcional al área de sus placas e inversamente proporcional a la separación de las placas.**



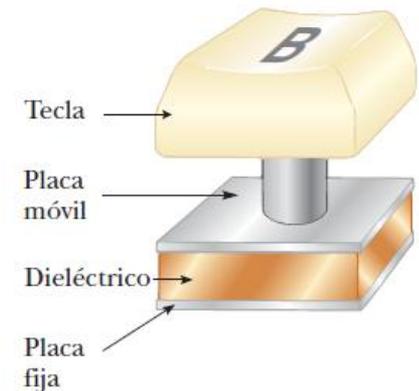


Cálculo de la capacitancia (4/6)

Pregunta rápida:

Muchas piezas en el teclado de una computadora están fabricadas como capacitores. Cuando oprime una tecla, se comprime el aislante blando colocado entre la placa móvil y la fija. ¿Cuando la tecla es presionada, qué le pasa a la capacitancia?

- a) Aumenta,
- b) Disminuye o
- c) Cambia de manera indeterminada, ya que el complejo circuito eléctrico conectado a la tecla puede causar cambio en V .





Cálculo de la capacitancia (5/6)

Ejercicio 1:

Una esfera conductora con carga y aislada de radio 12 cm produce un campo eléctrico de 4.90×10^4 N/C a una distancia de 21 cm de su centro.

- ¿Cuál es su densidad de carga superficial?
- ¿Cuál será su capacitancia?





Cálculo de la capacitancia (6/6)

Ejercicio 2:

Un capacitor lleno de aire está formado por dos placas paralelas, cada una de ellas con un área de 7.60 cm^2 , separadas una distancia de 1.8 mm . A estas placas se les aplica una diferencia de potencial de 20 V . Calcule:

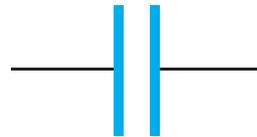
- El campo eléctrico entre las placas,
- La densidad de carga superficial,
- La capacitancia y
- La carga sobre cada placa.





Combinaciones de capacitores (1/9)

- Los circuitos eléctricos normalmente combinan dos o más capacitores, por lo que es importante determinar la **capacitancia equivalente** de estos circuitos.
- La forma en que están conectados puede ser en **paralelo** o en **serie**.



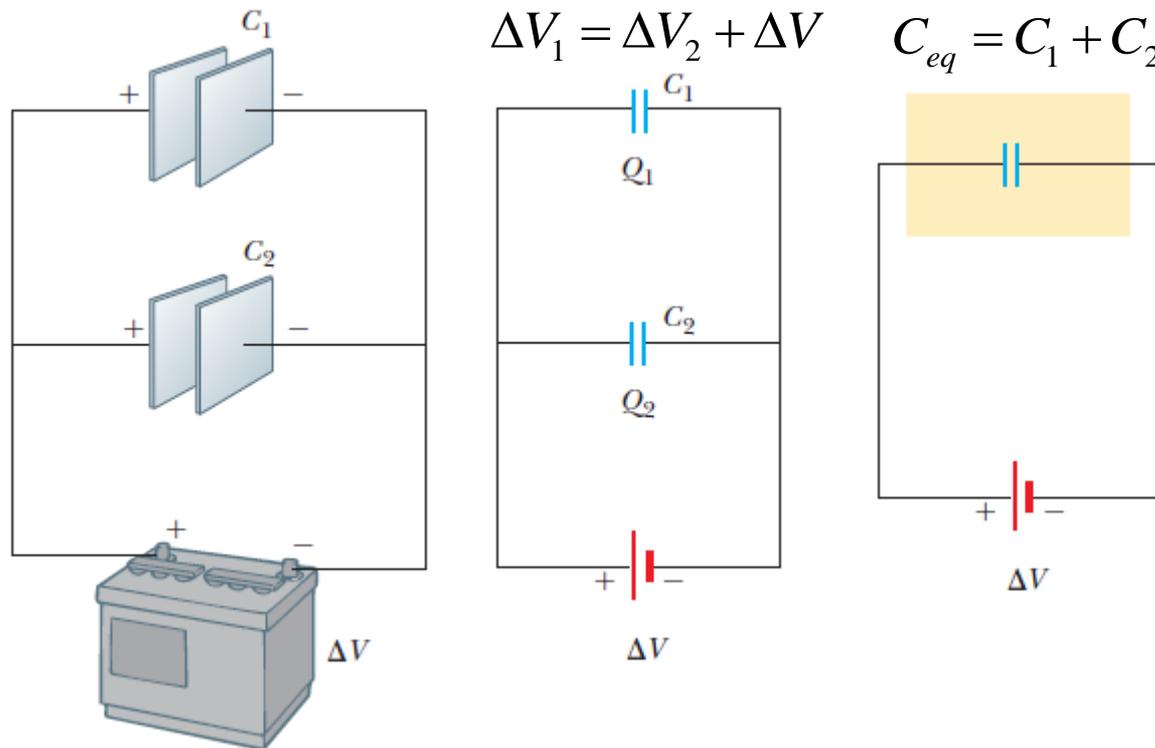
Símbolo de un capacitor





Combinaciones de capacitores (2/9)

Capacitores en paralelo





Combinaciones de capacitores (3/9)

Capacitores en paralelo

- La **diferencia de potencial** individual a través de los capacitores conectados en paralelo son **las mismas** e iguales a la diferencia de potencial aplicada a la combinación.

$$\Delta V_1 = \Delta V_2 = \Delta V$$

- La **carga total** de los capacitores conectados en paralelo es igual a la **suma de las cargas individuales**.

$$Q_{total} = Q_1 + Q_2$$





Combinaciones de capacitores (4/9)

Capacitores en paralelo

- La **capacitancia equivalente** de los capacitores conectados en paralelo es:

$$C_{eq} = C_1 + C_2 + \dots + C_n$$

La capacitancia equivalente de una combinación de capacitores en paralelo es:

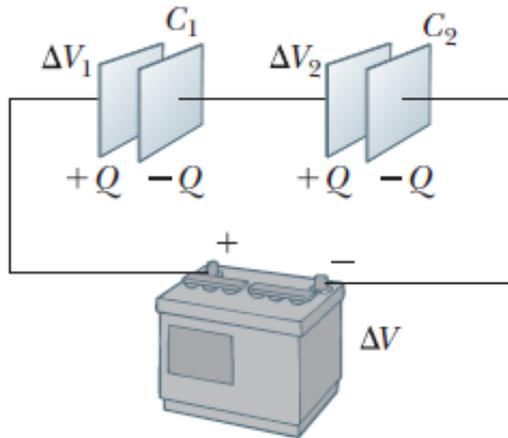
1. **La suma algebraica de las capacitancias individuales**
2. **Mayor que cualquiera de las capacitancias individuales**



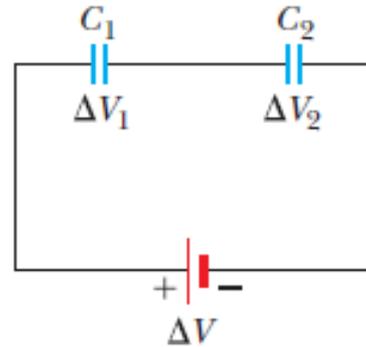


Combinaciones de capacitores (5/9)

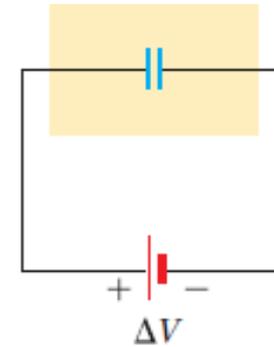
Capacitores en serie



$$\Delta V_1 = \Delta V_2 + \Delta V$$



$$C_{eq} = C_1 + C_2$$





Combinaciones de capacitores (6/9)

Capacitores en serie

- La **diferencia de potencial** total aplicada a cualquier cantidad de capacitores conectados en serie es la **suma de las diferencias de potencial** presentes entre cada uno de los capacitores individuales.

$$\Delta V_{total} = \Delta V_1 + \Delta V_2$$

- La **carga** de los capacitores conectados en serie son iguales.

$$Q = Q_1 + Q_2$$





Combinaciones de capacitores (7/9)

Capacitores en serie

- La **capacitancia equivalente** de los capacitores conectados en serie es:

$$\frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \dots + \frac{1}{C_n}$$

La capacitancia equivalente de una combinación de capacitores en serie es:

1. **El inverso de la capacitancia equivalente es igual a la suma algebraica de los inversos de las capacitancias individuales.**
2. **La capacitancia equivalente de una combinación en serie siempre es menor que cualquiera de las capacitancias individuales incluidas en la combinación.**





Combinaciones de capacitores (7/9)

Pregunta rápida

Dos capacitores idénticos pueden ser conectados en serie o en paralelo. ¿Cómo los conectaría si lo que usted quiere es la capacitancia equivalente más pequeña de la combinación?

- a) Serie.
- b) Paralelo.
- c) De cualquier forma, porque ambas combinaciones tienen la misma capacitancia.





Combinaciones de capacitores (8/9)

Ejercicio 1:

Dos capacitores, $C_1 = 5.00 \mu F$ y $C_2 = 12.0 \mu F$, están conectados en paralelo, y la combinación resultante está conectada a una batería de 9.00 V. Encuentre:

- La capacitancia equivalente de la combinación.
- La diferencia de potencial a través de cada capacitor.
- La carga almacenada en cada uno de ellos.



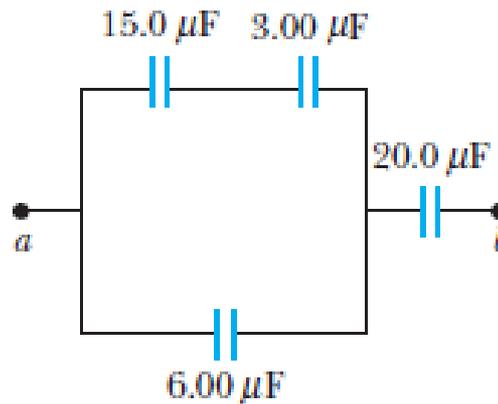


Combinaciones de capacitores (9/9)

Ejercicio 2:

Cuatro capacitores están conectados como se muestra en la figura.

- Encuentre la capacitancia equivalente entre los puntos a y b.
- Calcule la carga de cada uno de los capacitores si $V_{ab} = 15.0 \text{ V}$.





Energía almacenada en un capacitor con carga (1/6)

- Los capacitores almacenan energía potencial eléctrica.
- Si por accidente las terminales de un capacitor se tocan, dependiendo de la carga almacenada, se podrá observar una chispa.
- Si nuestros dedos actúan como una ruta de descarga se podrá sentir un choque eléctrico. El grado del choque dependerá de la capacitancia y el voltaje aplicado al capacitor.





Energía almacenada en un capacitor con carga (2/6)

- Si suponemos que un capacitor tiene una carga q en un determinado instante durante el proceso de carga, la diferencia de potencial a través del capacitor es:

$$\Delta V = \frac{q}{C}$$

- El trabajo necesario para transferir un incremento de carga dq de la placa que tiene una carga $-q$ a la placa que tiene una carga q es:

$$dW = \Delta V dq = \frac{q}{C} dq$$





Energía almacenada en un capacitor con carga (3/6)

- El trabajo total requerido para cargar el capacitor desde $q=0$ hasta una carga final $q=Q$ es:

$$W = \int \frac{q}{C} dq = \frac{1}{C} \int q dq = \frac{Q^2}{2C}$$

- El trabajo invertido al cargar el capacitor se presenta como una energía potencial eléctrica U almacenada en el mismo.

$$U = \frac{Q^2}{2C} = \frac{1}{2} C(\Delta V)^2$$

- NOTA: Este resultado es aplicable para cualquier tipo de capacitor





Energía almacenada en un capacitor con carga (4/6)

Pregunta rápida

Considere tres capacitores y una batería. ¿En cuál de las siguientes combinaciones de tres capacitores se almacenará la máxima energía posible cuando la combinación esté conectada a la batería?

- a) En serie.
- b) En paralelo.
- c) No hay diferencia porque ambas combinaciones almacenarán la misma cantidad de energía.





Energía almacenada en un capacitor con carga (5/6)

Ejercicio 1:

Un capacitor de $3.00 \mu\text{F}$ se conecta a una batería de 12 V . ¿Cuánta energía se almacena en el capacitor? Si el capacitor hubiera estado conectado a una batería de 6 V , ¿cuánta energía hubiera almacenado?





Energía almacenada en un capacitor con carga (6/6)

Ejercicio 2:

Demuestre que la energía asociada con una esfera conductora de radio R y carga Q en el vacío es igual a:

$$U = \frac{k_e Q^2}{2R}$$





Capacitores con material dieléctrico (1/5)

- Los voltajes con y sin dieléctrico están relacionados mediante el factor k como sigue:

$$\Delta V = \frac{\Delta V_0}{K} \quad \text{como } \Delta V < \Delta V_0 \rightarrow k > 1$$

Donde el factor adimensional k es la **constante dieléctrica** del material.





Capacitores con material dieléctrico (2/5)

- La capacitancia **aumenta** en un **factor k** cuando el material dieléctrico llena por completo la región entre las placas, esto es:

$$C = \kappa C_0$$

- En el caso de un capacitor de placas paralelas, cuando el capacitor esta lleno de material dieléctrico.

$$C = \kappa \frac{\epsilon_0 A}{d}$$





Capacitores con material dieléctrico (3/5)

- Los materiales aislantes tienen valores de k superiores a la unidad y resistencias dieléctricas mayores que la del aire.
- Las ventajas de que un capacitor cuente con material dieléctrico son:
 - **Incrementa la capacitancia.**
 - **Incrementa el voltaje** máximo de operación.
 - Proporciona un posible **soporte mecánico** entre las placas, lo que permite que estén cerca una de la otra sin tocarse, así reduce d y aumenta C .





Capacitores con material dieléctrico (4/5)

Ejercicio 1:

¿Cuánta carga se le puede suministrar a una capacitor con aire entre las placas antes de que falle, si el área de cada una de las placas es de 5.00 cm^2 ? Determine la carga máxima en el caso de que se utilice poliestireno en lugar de aire entre las placas.

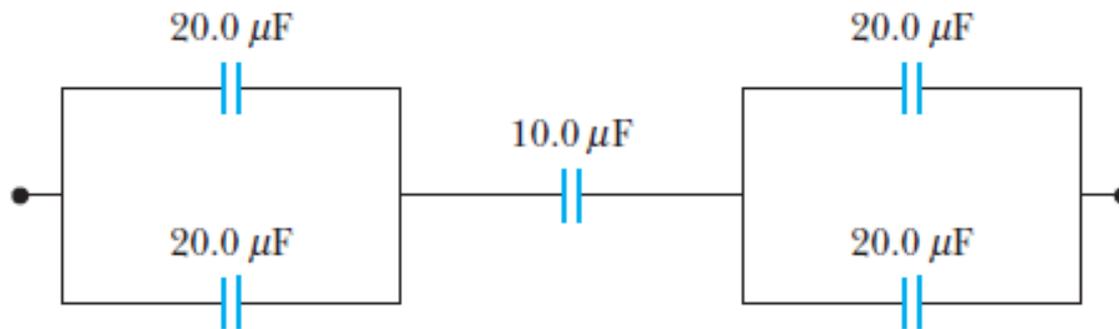




Capacitores con material dieléctrico (5/5)

Ejercicio 2:

Cada capacitor de la combinación que se muestra en la figura tiene un voltaje de ruptura de 15.0 V. ¿Cuál es el voltaje de ruptura de la combinación?





REFERENCIAS (1/1)

1. Serway, Raymond A. “Física II” Ed. Mc Graw Hill (1994) 2a Edición. ISBN – 9701003276.
2. Sears, Young. “Física Universitaria” Volumen 2, 11° Edición. Ed Addison Wesley Pearson. ISBN 9702605121.
3. Serway, Raymond A. “Electricidad y Magnetismo” Ed. Mc Graw Hill (1994) 4a Edición. ISBN – 9701025636.
4. Halliday, David; Resnick Robert; Krane Kenneth. “Física – Versión ampliada” 4ª Edición - Volumen 2. Ed. CECSA(1996) ISBN 9682612551.
5. Gettys, W. Edward; Keller, Frederick J.; Skove, Malcon J. “Física para ingeniería y ciencias” Volumen II. Ed. Mc Graw Hill (2005) México ISBN 970104889.
6. Lane Reese, Ronald. “Física Universitaria” Volumen II Ed. Thomson (2002) México. ISBN 9706861041.
7. Lea, Susan M.; Burke John Robert. “Física La naturaleza de las cosas” Volumen II. I T Editores Editores (1999) México ISBN 9687529385.

