

## Tema 2: Condensadores en vacío. Ley de Gauss

*“La efectividad irracional de las matemáticas en las ciencias naturales es tan elevada que obliga a creer que las matemáticas son, en algún sentido profundo, el lenguaje natural de la ciencia” Eugene Wigner.*

### Contenidos:

#### 1. Introducción

#### 2. Definición de condensador: Propiedades

#### 3. Sistemas de varios conductores: Capacidades parásitas

#### 4. Etapas básicas del cálculo de la capacidad de un condensador

#### 5. Campo eléctrico en condensadores: Ley de Gauss

- 5.1. Flujo del campo de velocidades de un fluido
- 5.2. Flujo del vector campo eléctrico
- 5.3. La ley de Gauss
- 5.4. Aplicación de la ley de Gauss al cálculo de campos eléctricos
  - 5.4.1. Procedimiento de puesta en práctica

- \* Utilizar argumentos de simetría para determinar “a priori” la dirección del campo eléctrico las superficies donde el módulo del campo eléctrico es constante.
- \* Elección de la superficie gaussiana adecuada.
- \* Cálculo del flujo eléctrico total a través de la superficie elegida. (Sin utilizar la carga encerrada)
- \* Cálculo de la carga en el interior de la superficie gaussiana.
- \* Igualar los resultados de los puntos anteriores por aplicación de la ley de Gauss.
- \* Despejar el campo eléctrico en función de la densidad de flujo eléctrico.

#### 6. Capacidad de un condensador plano en vacío

- 6.1. Propiedades de los conductores en equilibrio
- 6.2. Procedimiento general para el cálculo de la diferencia de potencial

- \* Elegir una trayectoria adecuada entre los puntos inicial y final.
- \* Elegir un sistema de coordenadas adecuado a la trayectoria tomada y resolver el producto escalar.
- \* Poner  $dl$  y los límites en función de la variable de integración.
- \* Resolver la integral simple que resulta de la aplicación de los pasos anteriores.

#### 6.3. Cálculo de la capacidad de un condensador plano en vacío

- \* Cálculo del campo eléctrico  $\mathbf{E}$ . Para ello, primero obtenemos  $\mathbf{D}$ , mediante la ley de Gauss (procedimiento descrito en Apt. 5.4.1 ) y luego el campo  $\mathbf{E}$  mediante su relación con  $\mathbf{D}$ .
- \* Determinación de la diferencia de potencial entre las placas (Proc. descrito en Apt. 6.2).
- \* Cálculo de la carga total de la placa positiva.
- \* Calcular la capacidad a partir de su definición.

**Objetivos:**

- ⇒ Entender el sistema eléctrico conocido como condensador y sus aplicaciones prácticas básicas.
- ⇒ Ser consciente de que la capacidad es una constante característica del condensador, que sólo depende de su geometría y del material dieléctrico que separa los conductores.
- ⇒ Entender el significado físico del flujo de un campo vectorial.
- ⇒ Saber expresar el flujo de un campo vectorial a través de una superficie cualquiera de forma matemática.
- ⇒ Entender el significado de la ley de Gauss.
- ⇒ Entender el papel de los argumentos de simetría en el cálculo de campos eléctricos mediante la ley de Gauss y las limitaciones que imponen.
- ⇒ Dominar el procedimiento de cálculo de diferencias de potencial en general, y en particular para el cálculo de la diferencia de potencial entre las placas de un condensador, prestando especial atención a su signo.
- ⇒ Saber calcular las capacidades de condensadores con distintas geometrías, en vacío.

**Bibliografía básica:**

Apt 1	Tipler introducción Cap. 21, p. 690		
Apt 2	Cheng 3.9	Resnick 31.1	Serway 26.1
Apt 5.1 y 5.2	Resnick 29.1, 29.2	Serway 24.1	
Apt 5.3	Serway 24.2	Resnick 29.3	
Apt 5.4	Serway 29.3	Resnick 29.5	
Apt 6	Resnick 31.2	Serway 26.2	
Apt 6.1	Serway 24.4	Resnick 29.4, 30.10 (los dos primeros apartados)	
Apt 6.2	Serway 25.1-3	Resnick 30.1, 30.4, 30.6	*

*Resulta muy recomendable leer el apartado 29.6 del Resnick sobre la demostración experimental de las leyes de Gauss y Coulomb.*

*Para una demostración formal de la ley de Gauss, véase Serway 24.6*

**Referencias completas**

Cheng D., "Electromagnetismo para la ingeniería", Addison-Wesley Iberoamericana, USA, 1997.

*Este libro es de un nivel mayor que el Resnick Serway o Tipler. Realiza desarrollos con formulaciones matemáticas más sofisticadas que las que hemos introducido aquí. No obstante, para los puntos en que se han recomendado puede dar aclaraciones y puntos de vista útiles para la mejor comprensión de la materia. Usar con precaución*

*\* Franco García, Angel; Curso de física por ordenador. (Ver ref. completa en tema anterior.)*

☞ El resto de referencias completas pueden encontrarse en la bibliografía del primer tema.

**Secuenciación prevista:**

*En esta sección se detallan las horas de trabajo del estudiante que se han estimado necesarias para el aprendizaje del tema.*

*✎ Téngase en cuenta las observaciones hechas en la secuenciación del tema 1.*

*📖 En este tema se introduce el núcleo básico de conceptos a manejar en este parcial: Cálculo de campos eléctricos usando Gauss, cálculo de diferencias de potencial y cálculo de capacidades. Por ello debe utilizarse el tiempo que sea necesario en asentar bien estos conocimientos.*

***Horas previstas para el estudio de la parte teórica del tema: 6 h.***

*✎ Es aconsejable hacer algún problema propuesto después del estudio teórico de cada una de las partes básicas para cerciorarse de su correcto entendimiento.*

*De la colección de problemas que se proponen para este tema se realizarán en clase, en principio, los siguientes:*

***Problemas para ilustrar la teoría***

*Ley de Gauss: Pb 4, 5, 6*

*Diferencia de potencial (ddp) Pb 12*

***Problemas de aplicación de la teoría:***

*Transferencia de carga: Pb 2*

*Propiedades conductores: Pb 8*

*Diferencia de potencial (ddp) Pb 13*

*✎ Estos problemas se deben intentar entender en clase y luego usar como ejemplos para la resolución del resto.*

***Los estudiantes deberían intentar resolver los siguientes ejercicios***

*Transferencia de carga: Pb 1, 3*

*Ley de Gauss: Pb 7, 9, 10*

*Diferencia de potencial (ddp) Pb 14, 15, 16*

*Cálculo de capacidades Pb 18, 19*

*Pb. Aplicado Pb 23*

***Para ello el tiempo estimado es de 9 h.***

*Los problemas 11, 17, 20, 21, 22 son considerados especiales y, en principio no es necesaria su realización para la comprensión de los puntos fundamentales del tema. Se incluyen como material adicional para los alumnos interesados.*

*Más adelante se entregarán a los estudiantes algunos problemas del tema totalmente resueltos para ayudar a la preparación del examen.*

***En resumen, el tiempo total de estudio estimado para este tema, incluido el necesario para la realización de ejercicios, es de 15 h.***