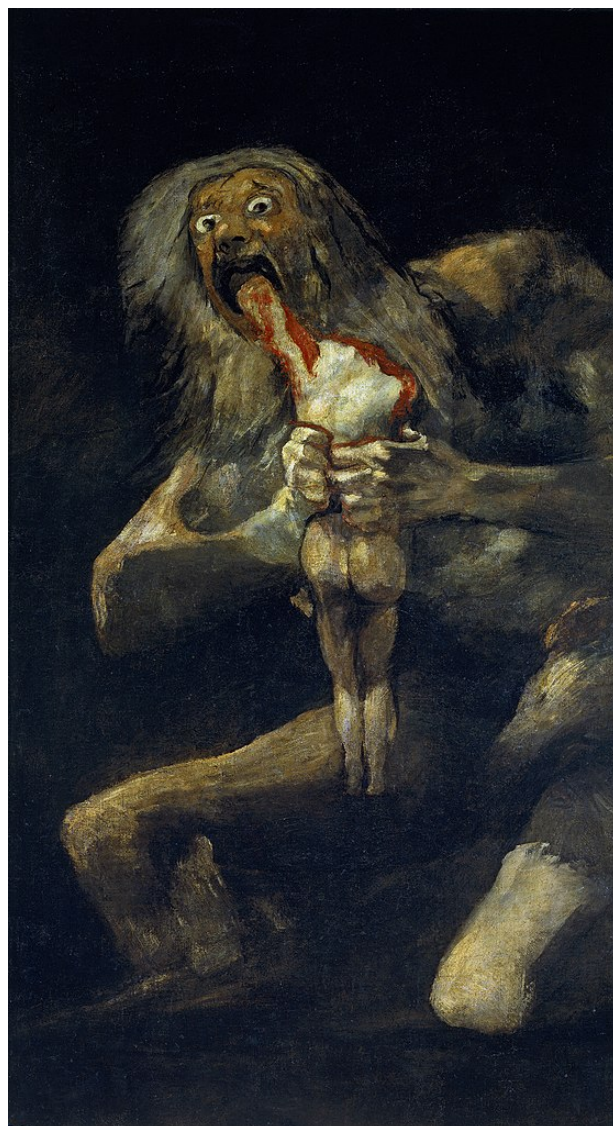


Propagación de Ondas

Apuntes de clase

Javier Rodrigo López ¹

31 de enero de 2021



¹Correo electrónico: javiolonchelo@gmail.com



UNIVERSIDAD
POLITÉCNICA
DE MADRID



Introducción

Imagen de la portada: *Saturno devorando a su hijo*, de Francisco de Goya.

Índice general

| | |
|--|-----------|
| Introducción | 2 |
| 1. Operadores vectoriales | 5 |
| 1.1. Gradiente de un campo escalar | 5 |
| 1.2. Divergencia y rotacional de un campo vectorial | 5 |
| 1.3. Teorema de Helmholtz | 5 |
| 2. Ondas acústicas planas | 7 |
| 2.1. Notación compleja | 7 |
| 2.2. Ecuación de onda. Solución armónica | 7 |
| 2.3. Densidad de energía. Intensidad acústica | 7 |
| 3. Ondas acústicas esféricas | 9 |
| 3.1. Ecuación de onda esférica | 9 |
| 3.2. Solución armónica. Variables acústicas de una onda esférica | 9 |
| 3.3. Intensidad de una onda esférica | 9 |
| 4. Reflexión y refracción de una onda plana | 11 |
| 4.1. Reflexión y transmisión de una onda plana | 11 |
| 4.2. Ondas acústicas estacionarias | 11 |
| 4.3. Impedancia de una onda estacionaria | 11 |
| 5. Ecuaciones de Maxwell. Ecuación de onda. Energía | 13 |
| 5.1. Ecuaciones de Maxwell en forma diferencial | 13 |
| 5.2. Potenciales eléctrico y magnético | 13 |
| 5.3. Ecuación de onda para los campos y para los potenciales | 13 |
| 5.4. Energía del campo electromagnético. Teorema de Poynting | 13 |
| 5.5. Aplicación: Radiación de un dipolo oscilante | 13 |
| 6. Propagación de ondas electromagnéticas en medios conductores | 15 |
| 6.1. Solución para ondas planas | 15 |
| 6.2. Impedancia e índice de refracción del medio | 15 |
| 6.3. Propagación de la energía | 15 |
| 6.4. Polarización | 15 |
| 7. Propagación de ondas electromagnéticas en medios conductores | 17 |
| 7.1. Densidad de carga libre en el conductor. Carácter transversal | 17 |
| 7.2. Solución para ondas planas. Magnitudes complejas | 17 |
| 7.3. Balance energético | 17 |
| 8. Reflexión y refracción de ondas electromagnéticas | 19 |
| 8.1. Reflexión y refracción en la frontera dieléctrico-dieléctrico | 19 |
| 8.2. Ecuaciones de Fresnel | 19 |
| 8.3. Coeficientes de reflexión y refracción | 19 |
| 8.4. Reflexión y refracción en la frontera dieléctrico-conductor | 19 |
| 9. Ondas guiadas | 21 |
| 9.1. Ondas estacionarias producidas por reflexión en la frontera dieléctrico-conductor. Ondas TE y TM | 21 |
| 9.2. Guía de onda formada por dos planos conductores paralelos | 21 |
| 9.3. Balance de energía | 21 |
| 9.4. Guía de onda rectangular | 21 |

Javier Rodrigo López

Capítulo 1

Operadores vectoriales

1.1 Gradiente de un campo escalar

1.2 Divergencia y rotacional de un campo vectorial

1.3 Teorema de Helmholtz

Javier Rodrigo López

Capítulo 2

Ondas acústicas planas

2.1 Notación compleja

2.2 Ecuación de onda. Solución armónica

2.3 Densidad de energía. Intensidad acústica

Javier Rodrigo López

Capítulo 3

Ondas acústicas esféricas

3.1 Ecuación de onda esférica

3.2 Solución armónica. Variables acústicas de una onda esférica

3.3 Intensidad de una onda esférica

Javier Rodrigo López

Capítulo 4

Reflexión y refracción de una onda plana

4.1 Reflexión y transmisión de una onda plana

4.2 Ondas acústicas estacionarias

4.3 Impedancia de una onda estacionaria

Javier Rodrigo López

Capítulo 5

Ecuaciones de Maxwell. Ecuación de onda. Energía

5.1 Ecuaciones de Maxwell en forma diferencial

5.2 Potenciales eléctrico y magnético

5.3 Ecuación de onda para los campos y para los potenciales

5.4 Energía del campo electromagnético. Teorema de Poynting

5.5 Aplicación: Radiación de un dipolo oscilante

Javier Rodrigo López

Capítulo 6

Propagación de ondas electromagnéticas en medios conductores

6.1 Solución para ondas planas

6.2 Impedancia e índice de refracción del medio

6.3 Propagación de la energía

6.4 Polarización

Javier Rodrigo López

Capítulo 7

Propagación de ondas electromagnéticas en medios conductores

7.1 Densidad de carga libre en el conductor. Carácter transversal

7.2 Solución para ondas planas. Magnitudes complejas

7.3 Balance energético

Javier Rodrigo López

Capítulo 8

Reflexión y refracción de ondas electromagnéticas

8.1 Reflexión y refracción en la frontera
dieléctrico-dieléctrico

8.2 Ecuaciones de Fresnel

8.3 Coeficientes de reflexión y refracción

8.4 Reflexión y refracción en la frontera
dieléctrico-conductor

Javier Rodrigo López

Capítulo 9

Ondas guiadas

9.1 Ondas estacionarias producidas por reflexión en la frontera dieléctrico-conductor. Ondas TE y TM

9.2 Guía de onda formada por dos planos conductores paralelos

9.3 Balance de energía

9.4 Guía de onda rectangular
