Propagación de ondas
Apuntes de clase

Javier Rodrigo López

16 de septiembre de 2022

Índice

Presentación

Pablo Merodio (grupo de tarde) pablo.merodio@upm.es a Pilar, explicando exhaustivamente el motivo. Tendrán una duración máxima de 20 minutos. El horario de las tutorías se puede encontrar en Moodle o en la Intranet. Hay que indicar 3 opciones para las tutorías.

Hay que animarse a contestar las dudas de foro, aunque después de un tiempo contestarán los profesores.

Primer parcial (7 de noviembre), tiene nota mínima de 3/10. Según la nota que se obtenga, se puede decidir presentarse al examen global en lugar del segundo parcial.

El examen extraordinario no "guarda" parciales. Es decir, cae el temario completo y nota mínima de 5/10.

1 Operadores vectoriales

1.1. Gradiente de un campo escalar

1.1.1 Sistemas de coordenadas ortogonales

Los sistemas de coordenadas sirven para caracterizar unívocamente cualquier punto del espacio mediante una terna de números.

Los **sistemas ortogonales** son los sistemas de vectores unitarios (de módulo 1) que son perpendiculares entre sí.

Las coordenadas cartesianas son representadas por (x, y, z).

$$\begin{cases} -\infty < x < \infty \\ -\infty < y < \infty \\ -\infty < z < \infty \end{cases}$$

$$\vec{r} = x\vec{u}_x + y\vec{u}_y + \vec{u}_z$$

Donde $\vec{u}_x$ es un vector unitario en la dirección del eje x, y viceversa.

Diferencial de longitud	$\vec{\mathrm{d}l} = \mathrm{d}x\vec{u}_x + \mathrm{d}y\vec{u}_y + \mathrm{d}z\vec{u}_z$
Diferencial de volumen	$\vec{\mathrm{d}v} = \mathrm{d}x\mathrm{d}y\mathrm{d}z$
Diferencial de superficie	$\begin{cases} x = \text{cte.} & \rightarrow \vec{\mathrm{d}S} = \pm\mathrm{d}y\mathrm{d}z\vec{u}_x \\ y = \text{cte.} & \rightarrow \vec{\mathrm{d}S} = \pm\mathrm{d}x\mathrm{d}z\vec{u}_y \\ z = \text{cte.} & \rightarrow \vec{\mathrm{d}S} = \pm\mathrm{d}x\mathrm{d}y\vec{u}_z \end{cases}$

El sistema de **coordenadas cilíndricas**. ρ es la distancia al eje z. φ es el ángulo con respecto al semiplano xz con x positivo.

$$\begin{cases} 0 < \rho < \infty \\ 0 \leq y < 2\pi \\ -\infty < z < \infty \end{cases}$$

El vector unitario $\vec{u}_z$ es igual que en las coordenadas cartesianas. Sin embargo, debemos definir los otros dos. El vector $\vec{u}_\rho$

$$\left.\begin{array}{lll} -\infty & < x & < \infty \\ -\infty & < y & < \infty \\ -\infty & < z & < \infty \end{array}\right\}$$

Diferencial de longitud	$\vec{\mathrm{d}l} = \mathrm{d}\rho\vec{u}_\rho + \rho\mathrm{d}\varphi\vec{u}_\varphi + \mathrm{d}z\vec{u}_z$
Diferencial de volumen	$\vec{\mathrm{d}v} = \rho\mathrm{d}\rho\mathrm{d}\varphi\mathrm{d}z$
Diferencial de superficie	$\begin{cases} \rho = \text{cte.} & \rightarrow \vec{\mathrm{d}S} = \pm\rho\mathrm{d}\varphi\mathrm{d}z\vec{u} \\ \varphi = \text{cte.} & \rightarrow \vec{\mathrm{d}S} = \pm\mathrm{d}x\mathrm{d}z\vec{u}_y \\ z = \text{cte.} & \rightarrow \vec{\mathrm{d}S} = \pm\mathrm{d}x\mathrm{d}y\vec{u}_z \end{cases}$

El sistema de **coordenadas esféricas**. r es la distancia al origen de coordenadas. ρ es el ángulo con respecto al eje xz con x positivo.

$$\begin{cases} 0 < r < \infty \\ 0 \leq \theta < \pi \\ 0 \leq \varphi < 2\pi \end{cases}$$

El vector unitario $\vec{u}_z$ es igual que en las coordenadas cartesianas. Sin embargo, debemos definir los otros dos. El vector $\vec{u}_\rho$

$$\left.\begin{array}{lll} -\infty & < x & < \infty \\ -\infty & < y & < \infty \\ -\infty & < z & < \infty \end{array}\right\}$$

El vector $\vec{u}_\theta$ se dibuja como perpendicular a $\vec{u}_r$, con dirección al eje z y en sentido de crecimiento positivo.

Diferencial de longitud	$\vec{\mathrm{d}l} = \mathrm{d}r\vec{u}_r + r\mathrm{d}\theta\vec{u}_\theta + r\operatorname{sen}(\theta)\,\mathrm{d}\theta\vec{u}_\theta$
Diferencial de volumen	$\vec{\mathrm{d}v} = r^2\operatorname{sen}(\theta)\,\mathrm{d}$
Diferencial de superficie	$\begin{cases} \rho = \text{cte.} & \to \vec{\mathrm{d}S} = \pm\rho\mathrm{d}\varphi\mathrm{d}z\vec{u} \\ \varphi = \text{cte.} & \to \vec{\mathrm{d}S} = \pm\mathrm{d}x\mathrm{d}z\vec{u}_y \\ z = \text{cte.} & \to \vec{\mathrm{d}S} = \pm\mathrm{d}x\mathrm{d}y\vec{u}_z \end{cases}$

Para pasar de coordenadas cartesianas a cilíndricas:

1. $z = z$
2. 3

Algo es **constante** si no varía en el tiempo. Algo es **uniforme** si no varía en el espacio.

1.1.2 Operador Nabla

1.1.3 Gradiente de un campo escalar

1.1.4 Algo más...

1.2. Divergencia y rotacional de un campo vectorial

1.3. Teorema de Helmholzt

2 Ondas acústicas planas

3 Ondas acústicas esféricas

4 Reflexión y refracción de ondas acústicas