

## COMPLEMENTOS – FISICA

## Práctica 4

## Determinantes

**Ejercicio 1.** Calcular el determinante de las siguientes matrices:

$$\text{i) } \begin{pmatrix} -3 & 2 \\ 4 & 5 \end{pmatrix} \quad \text{ii) } \begin{pmatrix} 2 & -2 \\ -1 & 1 \end{pmatrix} \quad \text{iii) } \begin{pmatrix} 1 & 2 & 5 \\ -3 & 0 & -1 \\ 1 & -4 & -2 \end{pmatrix}$$

$$\text{iv) } \begin{pmatrix} 2 & -1 & 3 \\ -1 & 1 & -2 \\ 4 & -1 & 5 \end{pmatrix} \quad \text{v) } \begin{pmatrix} 2 & 3 & -2 & 5 \\ 4 & -5 & 0 & 6 \\ 2 & 0 & -1 & 7 \\ 6 & 3 & -4 & 8 \end{pmatrix} \quad \text{vi) } \begin{pmatrix} 5 & 4 & -2 & 5 \\ 2 & -3 & 0 & 6 \\ 0 & 0 & 2 & 0 \\ -4 & 3 & 3 & 8 \end{pmatrix}$$

**Ejercicio 2.**

- i) Sea  $A \in K^{n \times n}$  una matriz triangular superior. Probar que  $\det(A) = \prod_{i=1}^n A_{ii}$
- ii) Calcular el determinante de  $A \in K^{n \times n}$  siendo

$$A = \begin{pmatrix} 0 & 0 & \dots & 0 & a_1 \\ 0 & 0 & \dots & a_2 & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & a_{n-1} & \dots & 0 & 0 \\ a_n & 0 & \dots & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

**Ejercicio 3.**

- i) Si  $A \in K^{n \times n}$ ,  $B \in K^{m \times m}$  y  $C \in K^{n \times m}$ , sea  $M \in K^{(n+m) \times (n+m)}$  la matriz de bloques definida por  $M = \begin{pmatrix} A & C \\ 0 & B \end{pmatrix}$ . Probar que  $\det(M) = \det(A) \cdot \det(B)$ .
- ii) Sean  $r_1, r_2, \dots, r_n \in \mathbb{N}$  y para cada  $i$ ,  $1 \leq i \leq n$  sea  $A_i \in K^{r_i \times r_i}$ . Se considera la matriz de bloques

$$M = \begin{pmatrix} A_1 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & A_2 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 0 & A_3 & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & 0 & \dots & A_n \end{pmatrix}$$

Calcular  $\det(M)$ .

**Ejercicio 4.** Calcular el determinante de la matriz

$$\begin{pmatrix} 1 & 2 & 3 & \dots & n \\ -1 & 0 & 3 & \dots & n \\ -1 & -2 & 0 & \dots & n \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ -1 & -2 & -3 & \dots & 0 \end{pmatrix}$$

**Ejercicio 5.** Probar que el determinante de la matriz  $A \in K^{n \times n}$  definida por

$$A = \begin{pmatrix} t & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 & a_0 \\ -1 & t & 0 & \dots & 0 & 0 & a_1 \\ 0 & -1 & t & \dots & 0 & 0 & a_2 \\ 0 & 0 & -1 & \dots & 0 & 0 & a_3 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & 0 & \dots & -1 & t & a_{n-2} \\ 0 & 0 & 0 & \dots & 0 & -1 & t + a_{n-1} \end{pmatrix}$$

es igual a  $t^n + a_{n-1}t^{n-1} + \dots + a_0$ . (Por esta causa, la matriz  $A$  se llama la matriz **compañera del polinomio**  $P = t^n + a_{n-1}t^{n-1} + \dots + a_0$ .)

**Ejercicio 6.** Sea  $A = (a_{ij}) \in \mathbb{R}^{3 \times 3}$  tal que  $A \cdot \begin{pmatrix} 1 \\ 2 \\ 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 \\ 2 \\ 7 \end{pmatrix}$ . Si  $\det(A) = 3$ , calcular el determinante de la matriz

$$\begin{pmatrix} a_{12} & a_{22} & a_{32} \\ 1 & 2 & 7 \\ a_{11} + 2a_{13} & a_{21} + 2a_{23} & a_{31} + 2a_{33} \end{pmatrix}$$

**Ejercicio 7.** Dadas las matrices  $A, B \in \mathbb{R}^{2 \times 2}$

$$A = \begin{pmatrix} 1 & 3 \\ 2 & 1 \end{pmatrix} \quad B = \begin{pmatrix} 2 & -1 \\ 1 & 3 \end{pmatrix}$$

Probar que no existe ninguna matriz  $C \in \mathbb{R}^{2 \times 2}$  inversible tal que  $A.C = C.B$ . ¿Y si no se pide que  $C$  sea inversible?

**Ejercicio 8.**

- i) Sean  $v_1 = (a, b, c)$  y  $v_2 = (d, e, f)$  vectores en  $\mathbb{R}^3$ . Probar que la función  $\varphi : \mathbb{R}^3 \rightarrow \mathbb{R}^3$  definida por

$$\varphi(x, y, z) = \det \begin{pmatrix} a & b & c \\ d & e & f \\ x & y & z \end{pmatrix}$$

es una transformación lineal.

- ii) Con las mismas notaciones del ítem anterior, probar que si  $\{v_1, v_2\}$  es un conjunto linealmente independiente,  $\varphi(x, y, z) = 0$  es una ecuación implícita para el subespacio  $\langle v_1, v_2 \rangle$ .

**Ejercicio 9.** Sea  $A \in \mathbb{R}^{3 \times 3}$  la matriz  $A = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 2 \\ 0 & 1 & 2 \\ 0 & 2 & 3 \end{pmatrix}$  y sea  $B \in \mathbb{R}^{3 \times 3}$ ,  $B = (b_{ij})$  una matriz tal que  $\det(A+B) = \det(A-B)$ . Probar que  $B$  es inversible si y sólo si  $b_{11} \neq b_{21}$ .

**Ejercicio 10.**

- i) Sea  $A \in \mathbb{R}^{4 \times 4}$  la matriz

$$A = \begin{pmatrix} a & b & c & d \\ b & -a & d & -c \\ c & -d & -a & b \\ d & c & -b & -a \end{pmatrix}$$

Probar que el sistema  $A \cdot x = 0$  tiene solución única si y sólo si  $a, b, c$  y  $d$  no son todos iguales a cero.

- ii) Analizar la validez de la afirmación anterior si  $A \in \mathbb{C}^{4 \times 4}$ .

**Ejercicio 11.** Sean  $\alpha_1, \dots, \alpha_n \in \mathbb{R}$ , todos distintos y no nulos. Probar que las funciones  $e^{\alpha_1 x}, \dots, e^{\alpha_n x}$  son linealmente independientes sobre  $\mathbb{R}$ . Deducir que  $\mathbb{R}^{\mathbb{R}}$  no tiene dimensión finita.

Sugerencia: Derivar  $n - 1$  veces la función  $\sum_{i=1}^n c_i e^{\alpha_i x}$ .

**Ejercicio 12.** Calcular el determinante, la adjunta y la inversa de cada una de las siguientes matrices:

$$\text{i) } \begin{pmatrix} 2 & 3 \\ 5 & 1 \end{pmatrix} \quad \text{ii) } \begin{pmatrix} 2 & -3 & 3 \\ -5 & 4 & 0 \\ 0 & -2 & 2 \end{pmatrix} \quad \text{iii) } \begin{pmatrix} -1 & 1 & 6 & 5 \\ 1 & 1 & 2 & 3 \\ -1 & 2 & 5 & 4 \\ 2 & 1 & 0 & 1 \end{pmatrix} \quad \text{iv) } \begin{pmatrix} \cos \theta & 0 & -\text{sen } \theta \\ 0 & 1 & 0 \\ \text{sen } \theta & 0 & \cos \theta \end{pmatrix}$$

**Ejercicio 13.** Sea  $A$  una matriz inversible. Calcular  $\det(\text{adj } A)$  ¿Qué pasa si  $A$  no es inversible?

**Ejercicio 14.** Resolver los siguientes sistemas lineales sobre  $\mathbb{R}$  empleando la regla de Cramer:

$$\text{i)} \begin{cases} 3.x_1 - x_2 = -3 \\ x_1 + 7.x_2 = 4 \end{cases} \quad \text{ii)} \begin{cases} 3.x_1 - 2.x_2 + x_3 = 0 \\ -x_1 + x_2 + 2.x_3 = 1 \\ 2.x_1 + x_2 + 4.x_3 = 2 \end{cases} \quad \text{iii)} \begin{cases} x_1 + x_2 + x_3 + x_4 = 0 \\ -x_1 + 2.x_2 - 4.x_3 + x_4 = 1 \\ x_1 - x_2 - x_3 - x_4 = 4 \\ 5.x_1 + x_2 - 3.x_3 + 2.x_4 = 0 \end{cases}$$

**Ejercicio 15.** Sea  $A \in \mathbb{R}^{3 \times 3}$  la matriz  $A = \begin{pmatrix} a & b & c \\ d & e & f \\ g & h & i \end{pmatrix}$ . Se sabe que

$$\det \begin{pmatrix} 1 & b & c \\ 2 & e & f \\ 5 & h & i \end{pmatrix} = 0 \quad \det \begin{pmatrix} a & 2 & c \\ d & 4 & f \\ g & 10 & i \end{pmatrix} = 0 \quad \det \begin{pmatrix} a & b & -1 \\ d & e & -2 \\ g & h & -5 \end{pmatrix} = 0$$

Calcular  $\det A$ .

**Ejercicio 16.** Sea  $A \in K^{m \times n}$

i) Probar que son equivalentes:

a)  $\text{rg}(A) \geq s$

b)  $A$  admite una submatriz de  $s \times s$  con determinante no nulo

ii) Deducir que

$$\text{rg}(A) = \max \{s \in \mathbb{N}_0 / A \text{ admite una submatriz de } s \times s \text{ con determinante no nulo}\}$$

**Ejercicio 17.** Sea  $A \in K^{3 \times 3}$  no inversible tal que  $A_{11} \cdot A_{33} - A_{13} \cdot A_{31} \neq 0$ . Calcular la dimensión de  $S = \{x \in K^3 / A.x = 0\}$ .