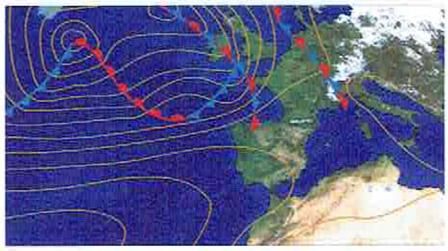
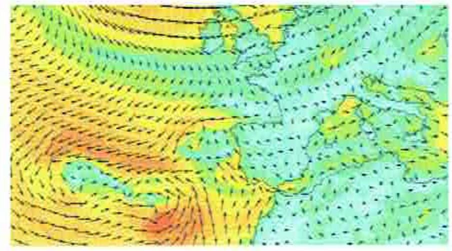
3 El campo gravitatorio

OBSERVA

Un **campo**, en física, es una región del espacio donde se asigna a cada uno de sus puntos un valor, que puede ser escalar o vectorial.



El mapa de isobaras es un **campo escalar** porque la magnitud definida, la presión, lo es.



El mapa de viento es un **campo vectorial**, ya que la magnitud definida, la velocidad, lo es.

Desde que en 1687 se publicó la teoría de la gravitación universal, los éxitos obtenidos han sido enormes. Además de explicar el movimiento de los planetas, la teoría logró comprender el de los cometas, la rotación de estrellas binarias o la rotación de las galaxias. También predijo la existencia de Neptuno o de Plutón, como consecuencia de las alteraciones observadas en las órbitas de Urano y del propio Neptuno.

Una dificultad que presentaba la teoría de la gravitación universal era la acción a distancia. Para resolver este problema se introdujo el concepto de **campo gravitatorio**.

El **campo gravitatorio** es la perturbación que un cuerpo produce en el espacio que lo rodea por el hecho de tener masa.

Cualquier partícula de masa m' situada en un punto de un campo gravitatorio experimenta una fuerza; se puede decir que el campo actúa de "mediador" entre los cuerpos.

Los campos gravitatorios se describen mediante dos magnitudes: una vectorial llamada **intensidad del campo gravitatorio** y otra escalar, denominada **potencial gravitatorio**.

La **intensidad del campo gravitatorio**, $\vec{g}$, en un punto del espacio representa la fuerza gravitatoria que actuaría sobre la unidad de masa situada en ese punto.

$$\vec{g} = \frac{\vec{F}}{m'} = -G\frac{m\,m'}{r^2\,m'}\vec{u}_r = -G\frac{m}{r^2}\vec{u}_r$$

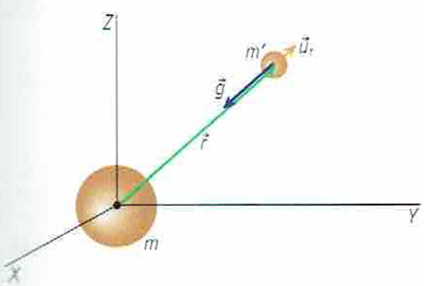


Figura 2.8. El vector $\vec{g}$ es la intensidad del campo creado por una masa m, en el punto P, donde está situada la masa de prueba m'.

Las características del vector intensidad de campo gravitatorio $\vec{g}$ son:

- Su **dirección** es radial (fig. 2.8).
- Su **sentido** se orienta hacia la masa m que crea el campo, como indica el signo (–).
- El **módulo** es $g = G\dfrac{m}{r^2}$. En el SI se expresa en $\mathrm{N\,kg^{-1}}$.
- El valor de la intensidad de campo es el mismo para todas las partículas que se sitúan a una determinada distancia de la masa que crea el campo.
- La fuerza gravitatoria sobre una masa m', situada en un punto donde la intensidad del campo gravitatorio es $\vec{g}$, es: $\vec{F} = m'\vec{g}$

ACTIVIDADES

8. Responde a estas cuestiones:
   a) La intensidad de campo gravitatorio, ¿tiene unidades de aceleración?
   b) Para una masa m que crea un campo gravitatorio, si la distancia respecto a un punto se duplica, ¿cuánto varía la intensidad de campo en el nuevo punto?

EJERCICIO RESUELTO

3 **Calcula el módulo del campo gravitatorio creado por la Tierra en los puntos de la órbita de la Luna, sabiendo que la masa de la Tierra es $5{,}97 \cdot 10^{24}$ kg y la distancia Tierra-Luna es $3{,}84 \cdot 10^{8}$ m.**

$$g = G\frac{M_T}{r^2} = (6{,}67 \cdot 10^{-11}\ \mathrm{N\,m^2\,kg^{-2}})\frac{(5{,}97 \cdot 10^{24}\ \mathrm{kg})}{(3{,}84 \cdot 10^{8}\ \mathrm{m})^2} = 2{,}70 \cdot 10^{-3}\ \mathrm{N\,kg^{-1}}$$

Todos los puntos que se encuentran a la misma distancia de la masa que crea el campo tienen la misma intensidad de campo.

3.1. Las líneas de campo gravitatorio

Al igual que se ha visto en el campo de presiones o en el de velocidades del viento, el campo gravitatorio se puede representar mediante líneas, denominadas **líneas de campo** (fig. 2.9), que visualizan cómo se distribuye la intensidad del campo gravitatorio en el espacio.

Las **líneas de campo** son líneas continuas, tangentes en cada punto a la dirección del vector campo gravitatorio.

- Cada línea de campo parte idealmente desde el infinito y llega a la masa que genera el campo, considerando a esta como **sumidero** de líneas de campo.
- Las líneas de campo nunca se entrecruzan.
- En cada punto, la línea de campo coincide con la del vector fuerza que experimentaría una masa m' situada en dicho punto.

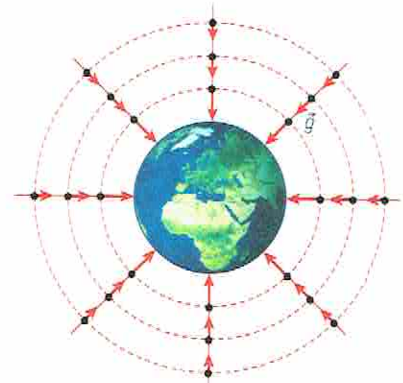


Figura 2.9. Campo gravitatorio creado por una masa como la Tierra.

3.2. Principio de superposición

La ley de la gravitación permite calcular la fuerza ejercida entre dos cuerpos puntuales.

Si se tienen varias partículas de masa m_1, m_2, etc., de modo que cada una de ellas crea un campo gravitatorio en un punto, y se sitúa una partícula de masa m' en dicho punto, la fuerza total que experimenta la masa m' es la suma vectorial de todas las fuerzas. Es decir, cada masa crea una perturbación en dicho punto que es independiente de la que crean el resto de las masas. Esta es la base del principio de superposición:

$$\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \ldots = m'\vec{g}_1 + m'\vec{g}_2 + \ldots = m'\vec{g}$$

Por lo que la intensidad de campo gravitatorio total en ese punto es:

$$\boxed{\vec{g} = \vec{g}_1 + \vec{g}_2 + \ldots = -G\sum_{i=1}^{N}\frac{m_i}{r_i^2}\vec{u}_{ri}}$$

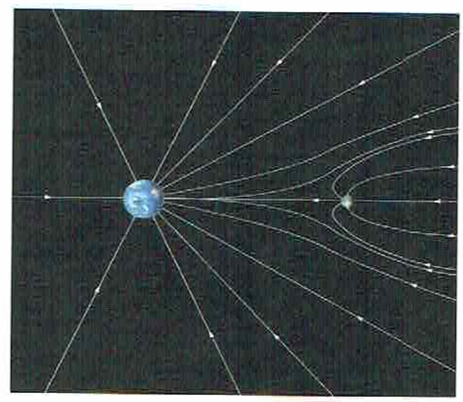


Figura 2.10. Campo gravitatorio creado por la Tierra y la Luna, que tienen masas diferentes.

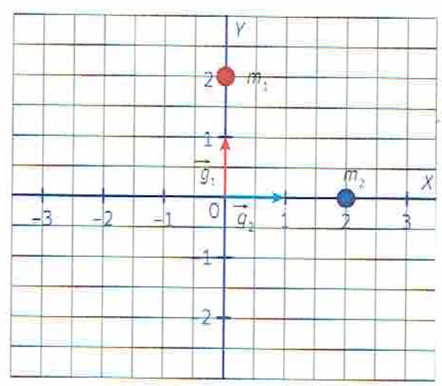
Principio de superposición. La intensidad del campo gravitatorio en un punto es la suma vectorial de los campos que crearía cada cuerpo si estuviese solo.

EJERCICIO RESUELTO

4 Dos masas m_1 y m_2 de 5,0 kg se encuentran en los puntos (0, 2) m y (2, 0) m respectivamente.

a) Calcula la intensidad de campo gravitatorio en el origen de coordenadas.

b) Determina la fuerza a la que se vería sometida una masa de 1,5 kg situada en el origen. ¿Cuánto vale la aceleración en ese punto?



a) Se aplica el principio de superposición: $\vec{g}_T = \vec{g}_1 + \vec{g}_2 = G\frac{m_1}{d_1^2}\vec{j} + G\frac{m_2}{d_2^2}\vec{i}$

$$\vec{g}_T = (6{,}67\cdot10^{-11}\ \text{Nm}^2\text{kg}^{-2})(5{,}0\ \text{kg})\left(\frac{1}{(2{,}0\ \text{m})^2}\vec{j} + \frac{1}{(2{,}0\ \text{m})^2}\vec{i}\right) = (8{,}3\cdot10^{-11}\vec{i} + 8{,}3\cdot10^{-11}\vec{j})\ \text{Nkg}^{-1}$$

b) $\vec{F} = m\vec{g} = (1{,}5\ \text{kg})(8{,}3\cdot10^{-11}\vec{i} + 8{,}3\cdot10^{-11}\vec{j})\ \text{Nkg}^{-1} = (1{,}2\cdot10^{-10}\vec{i} + 1{,}2\cdot10^{-10}\vec{j})\ \text{N}$. La aceleración coincide con el valor de $\vec{g}$.

ACTIVIDADES

9. Dos partículas de masas m_1 y $m_2 = 4m_1$ están separadas por una distancia $d = 3{,}0$ m. En un punto entre las dos masas el campo gravitatorio es nulo.

Calcula la distancia entre dicho punto y la masa m_1.

Solución: 1,0 m

10. Dos esferas de masas $m_1 = 3{,}0\cdot10^3$ kg y $m_2 = 2{,}0\cdot10^3$ kg tienen los centros en dos vértices de un cuadrado de 4,0 m de lado. ¿Cuánto vale el campo gravitatorio en el punto medio de la línea recta entre los centros de las masas?

Solución: $(1{,}7\cdot10^{-8}\vec{j})\ \text{Nkg}^{-1}$