Introducción a la Física (2013)

Universidad Industrial de Santander

- Unidad: 02
- Clase: 03
- Fecha: 20130801J
- Contenido: Electrostática
- Web: http://halley.uis.edu.co/fisica_para_todos/
- Archivo: 20130801J-HA-electrostatica.pdf

En el episodio anterior...

Imagen tomada por la sonda Galileo desde una distancia de 6.2 millones de km

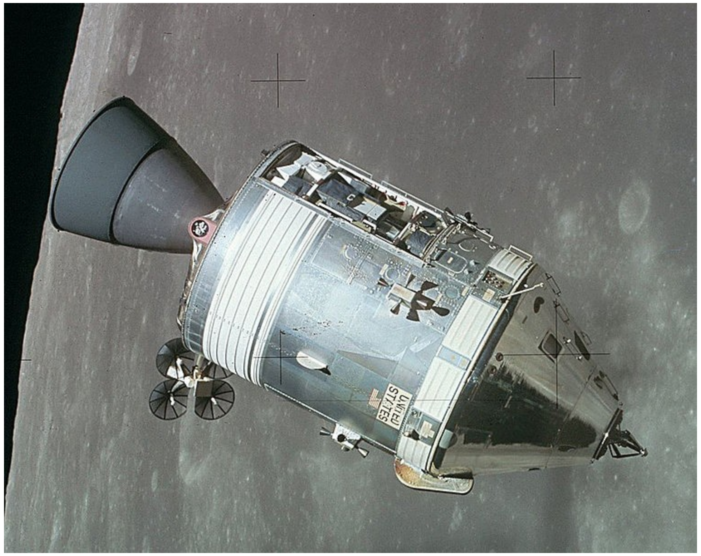

Anillo C
Anillos
(luz dispersada
desde su lado
oscuro)
Noche en Saturno
(iluminada por la luz dispersada
desde el lado oscuro de los anillos)
Anillo B
División de Cassini
División de Encke
Anillo A
Anillo F
Amanecer en Saturno
(luz dispersada en la atmósfera)
Anillo G
Tierra
(1500 millones de kilómetros)
Anillo E
(agua de los géisers de Encélado)
Usted está aquí
Imágenes de la sonda Cassini, a 1500 millones de km de casa
19 de julio de 2013
Saturno a contraluz y, al fondo, la Tierra
Fotografiados por Cassini, en órbita de Saturno
Imágenes de NASA/JPL/Cassini. Proc
Imágenes de NASA/JPL/Cassini. Procesadas por Guillermo Abramson (guillermoabramson.blogspot.com)

Una buena respuesta...

“Para llegar a la Luna hacen falta 500 años de ciencia y millones de mentes humanas. Para inventarse que no se llegó basta con un gilipollas”

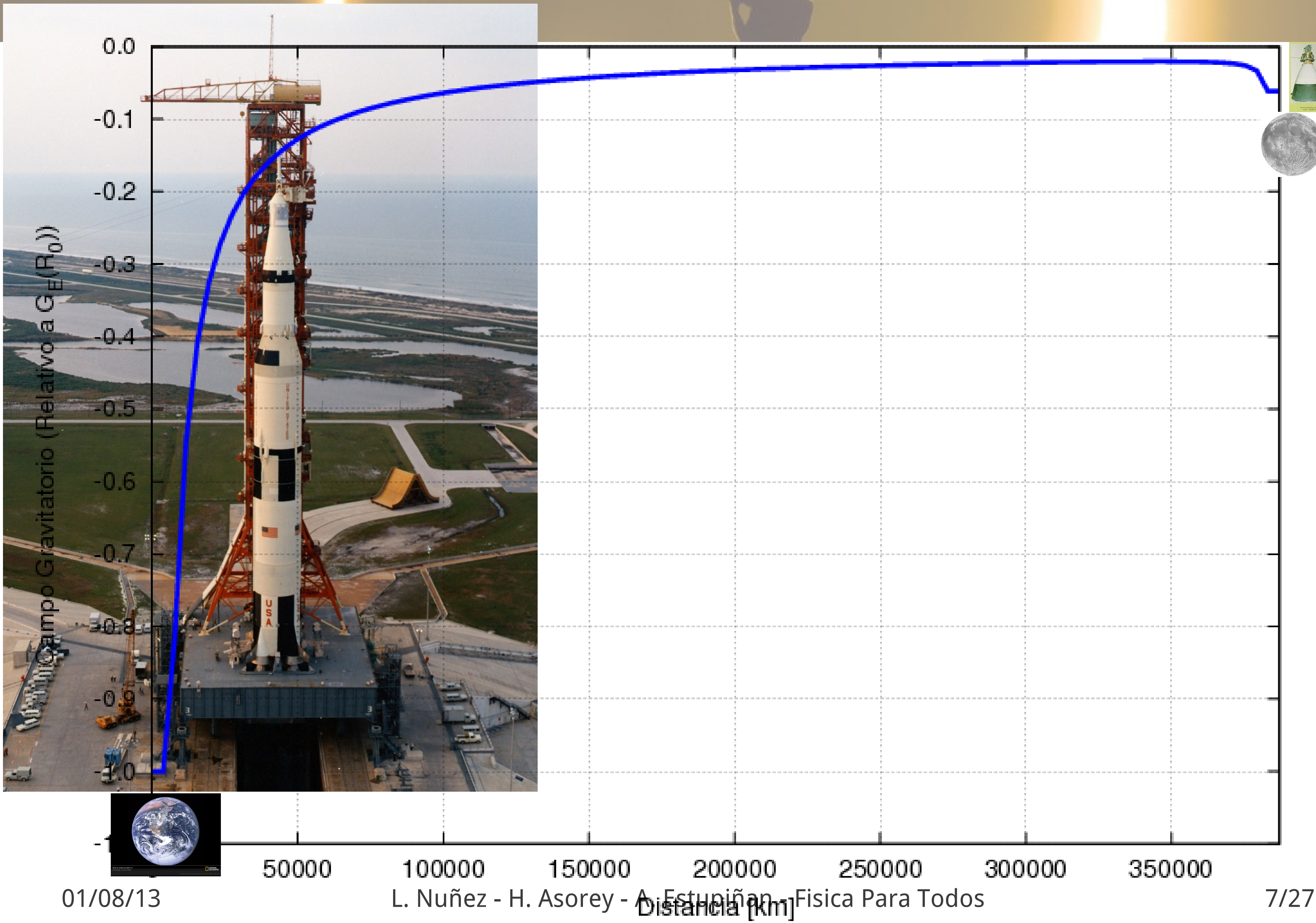
Visto en Microsiervos, *http://goo.gl/MB6FI*

Ida y vuelta

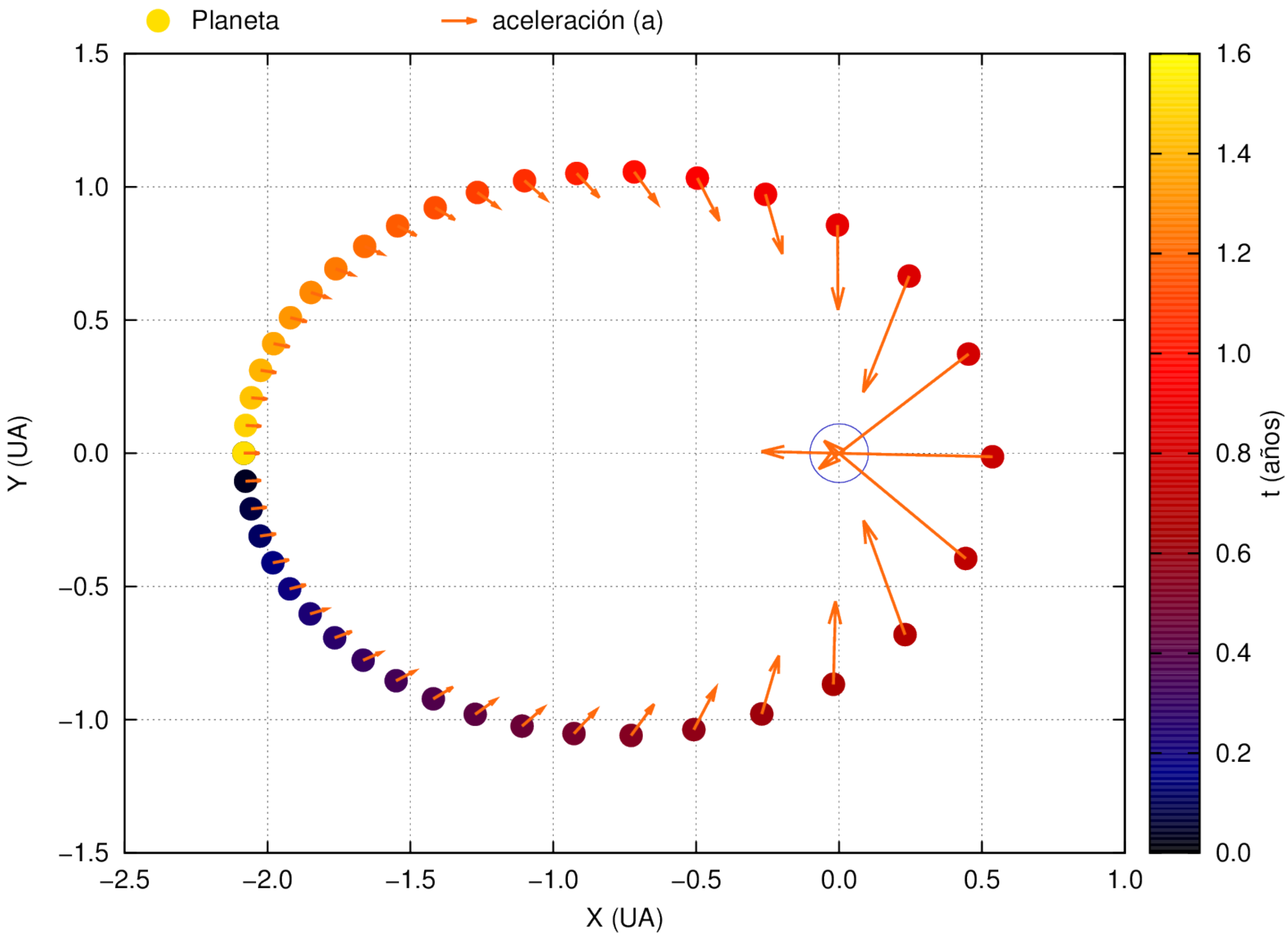



Apollo Spacecraft Engines
Service propulsion engine
thrust: 20,500 lb
LM descent engine
thrust: 10,500 lb
LM ascent engine
thrust: 3,500 lb

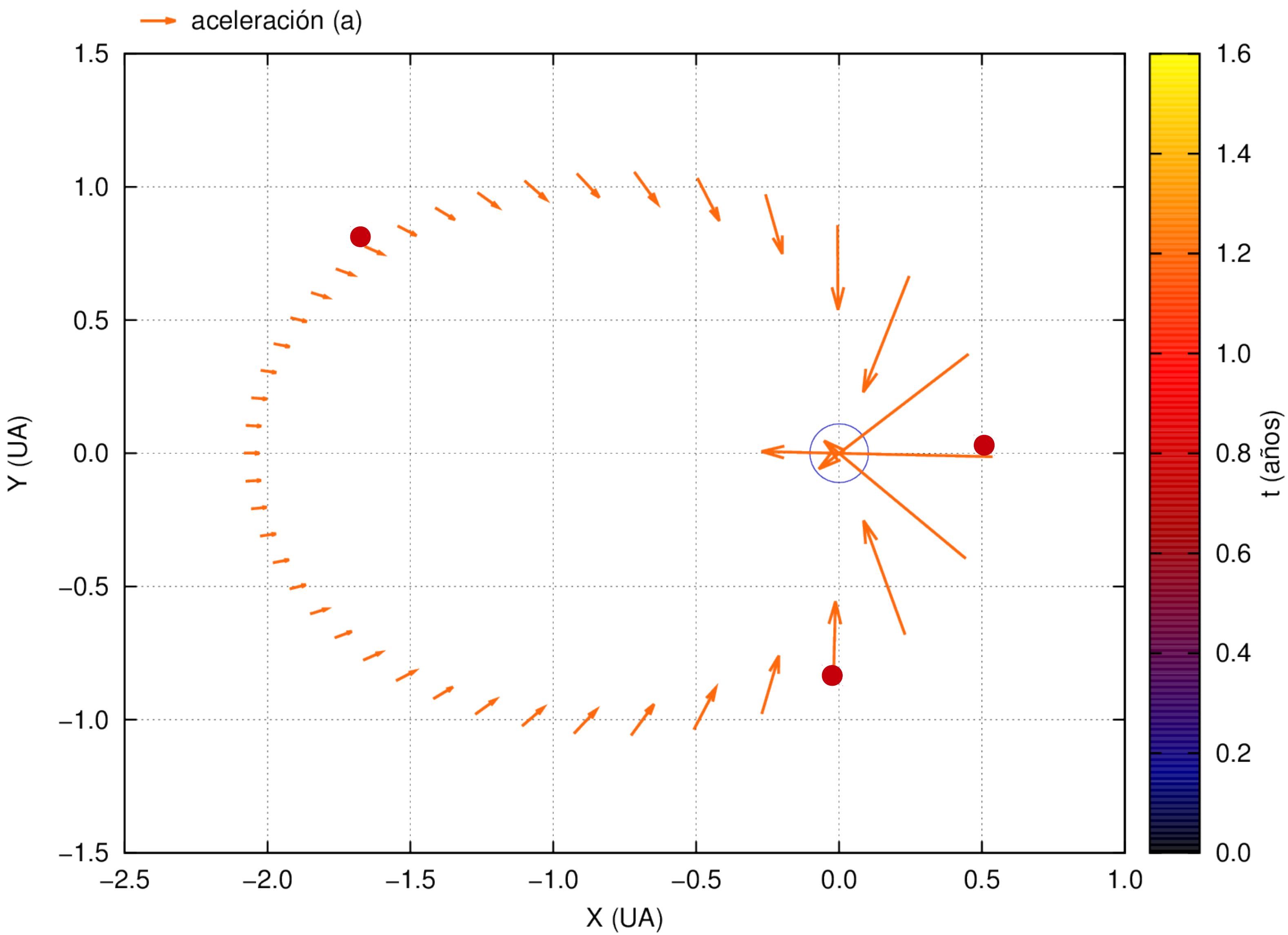
“Pozo de Potencial”



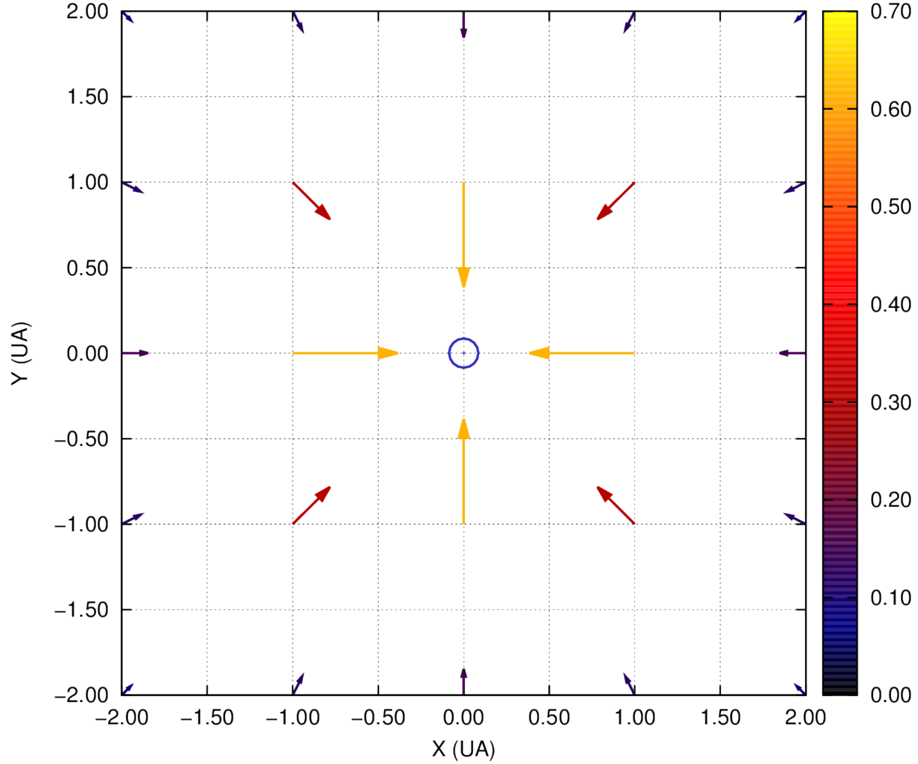
planeta+aceleración



masa de prueba



Muevo la masa de prueba en el plano z=0



$$F(r) = \frac{G\,M\,m}{|r|^2}\hat{r}$$

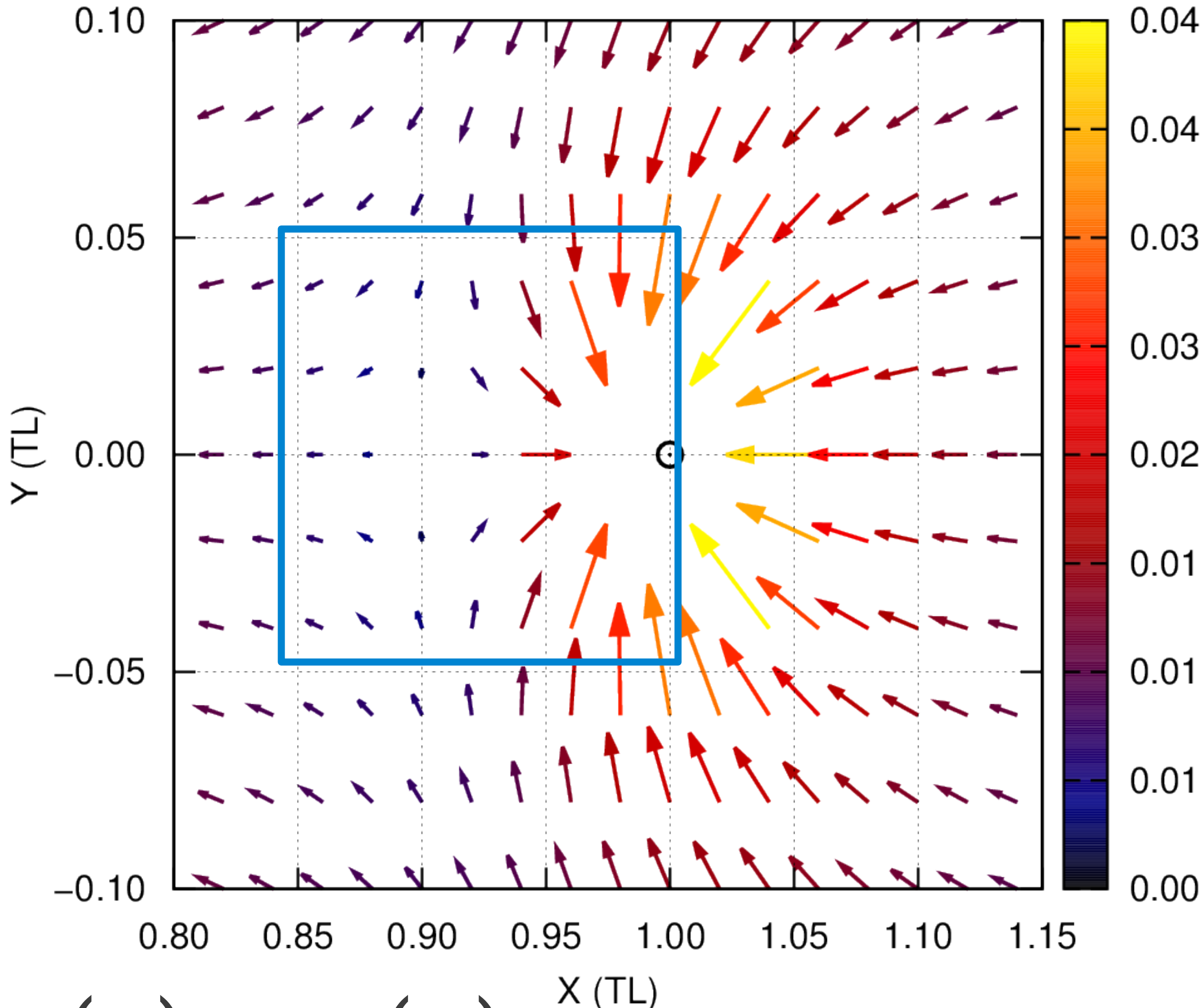
$$F(r) = m\left[\left(\frac{G\,M}{|r|^2}\right)\hat{r}\right]$$

$$F(r) = m\,g(r)$$

$$\boxed{g(r) = \left(\frac{G\,M}{|r|^2}\right)\hat{r}}$$

g(r) es un *campo vectorial*.
A cada punto **r** del espacio le asigna el vector **g(r)**

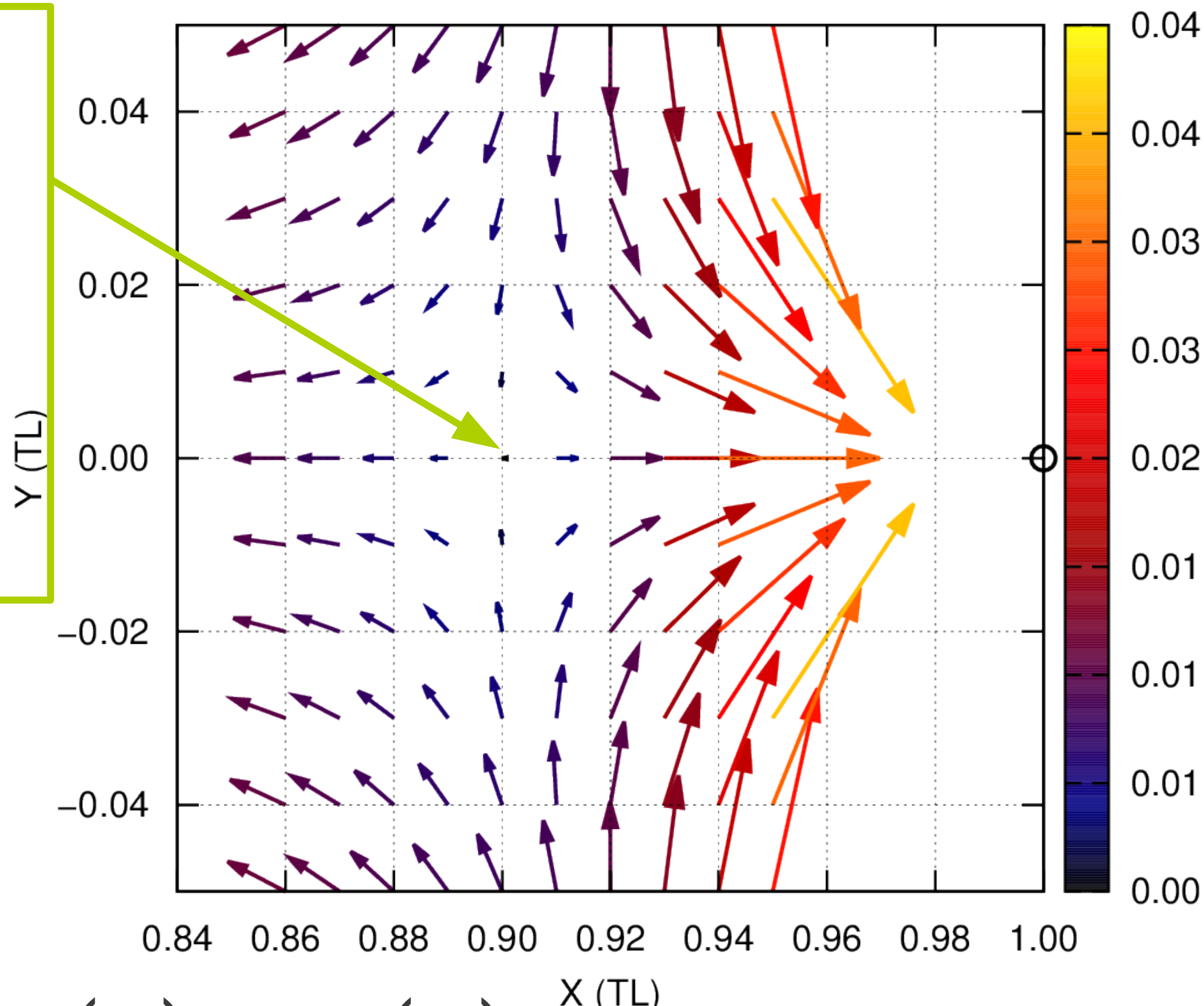
Campo gravitatorio sistema Tierra-Luna



$$g(r) = g_T(r) + g_L(r)$$

Campo gravitatorio sistema Tierra-Luna

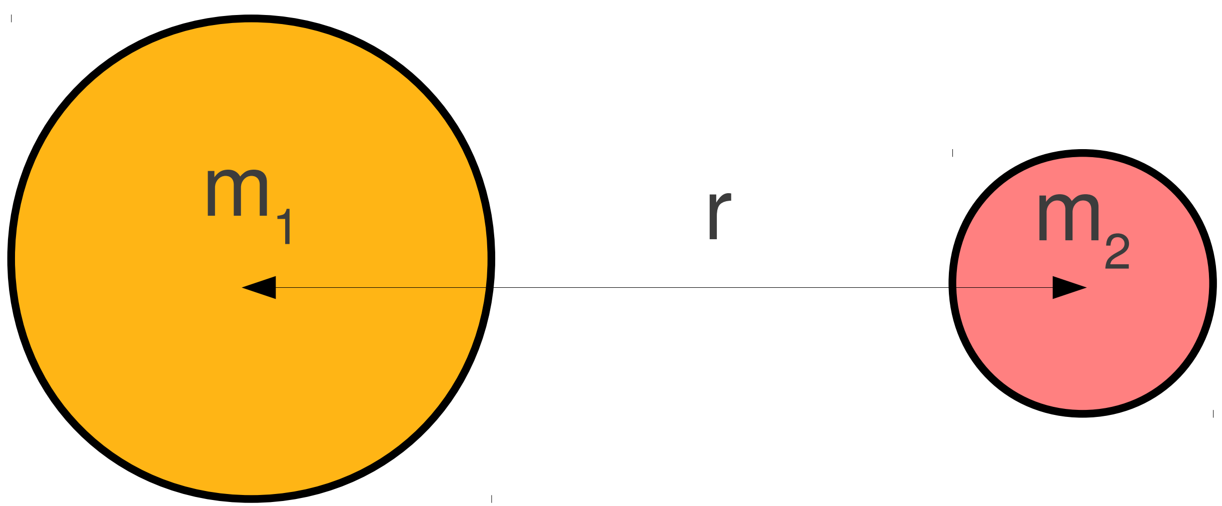
Hasta aquí subo desde la Luna, luego empiezo a "caer" hacia la Tierra



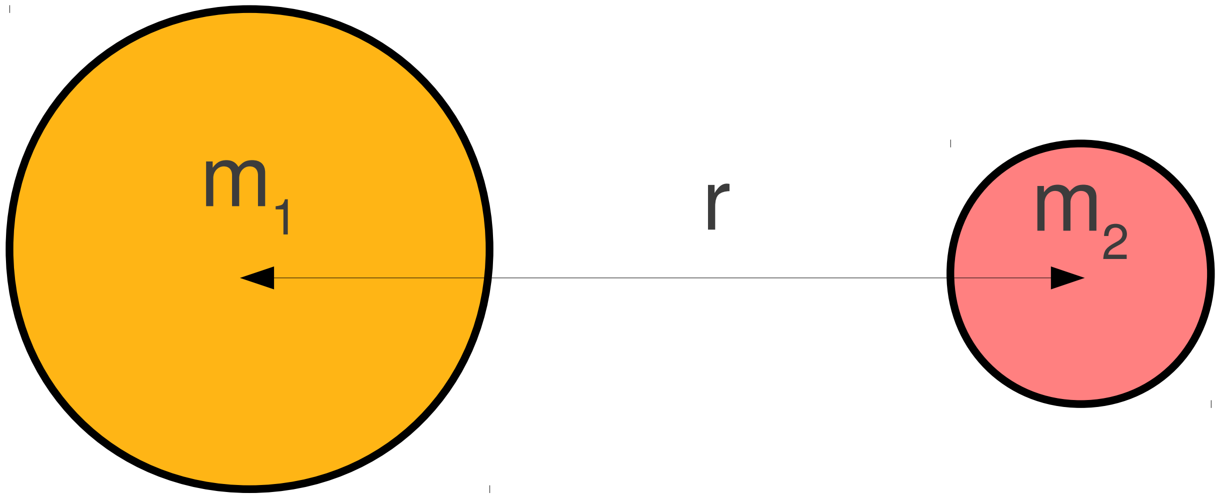
$$g(r) = g_T(r) + g_L(r) \qquad g(r) = 0 \rightarrow |r| = 0.91\,TL$$

Energía potencial gravitatoria

- Recordemos las características de la energía potencial
  - Interacción → “Cargas”
  - Depende de la posición relativa
    - configuración espacial en presencia de un CAMPO de fuerzas **conservativas**
- ¿podemos aventurar una dependencia funcional?



Energía potencial gravitatoria



$$E_g(r) = -G\frac{m_1 m_2}{r}$$

$$G = 6.67\times 10^{-11}\,\frac{\mathrm{J\,m}}{\mathrm{kg}^2} \qquad G = 6.67\times 10^{-11}\,\frac{\mathrm{m}^3}{\mathrm{kg\,s}^2}$$

En la naturaleza existe otra interacción

- Es de la largo alcance (como la gravedad)
- Tiene “dos” tipos de cargas
  - Convención: Carga Positiva (+) y Carga Negativa (-)
  - Unidad de carga → Coulomb → **C**
- Depende de la posición relativa entre las cargas
- ¿podemos aventurar una dependencia funcional para la energía potencial asociada?

Energía potencial electrostática

$$E_e(r) = k_e \frac{q_1 q_2}{r}$$

$$k_e \equiv \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} = 8.988\times10^9 \frac{\mathrm{J\,m}}{\mathrm{C}^2} \simeq 9\times10^9 \frac{\mathrm{J\,m}}{\mathrm{C}^2}$$

k_e = Constante de Coulomb

Idea de la magnitud de la intensidad de la interacción

$$E_e(r) = k_e \frac{q_1 q_2}{r}$$

$$E_g(r) = -G \frac{m_1 m_2}{r}$$

$$k_e = 9 \times 10^9 \frac{\mathrm{J\,m}}{\mathrm{C}^2}$$

$$G = 6.67 \times 10^{-11} \frac{\mathrm{J\,m}}{\mathrm{kg}^2}$$

Supongo dos cuerpos, con masas m_1=m_2=1 kg, y cargas q_1=+1 C y q_2=-1 C, separados por una distancia de 1 m. ¿Cuál es la relación entre la energías potenciales electrostática y gravitatorias?

Relación entre las interacciones G y E

$$E_e(r)=9\times10^{9}\,\frac{\mathrm{J\,m}}{\mathrm{C}^2}\,\frac{(1\,\mathrm{C})(-1\,\mathrm{C})}{1\,\mathrm{m}}=-9\times10^{9}\,J$$

$$E_g=-6.67\times10^{-11}\,\frac{\mathrm{J\,m}}{\mathrm{kg}^2}\,\frac{(1\,\mathrm{kg})(1\,\mathrm{kg})}{1\,\mathrm{m}}=-6.67\times10^{-11}\,\mathrm{J}$$

$$\frac{E_e}{E_g}=\frac{-9\times10^{9}\,\mathrm{J}}{-6.67\times10^{-11}\,\mathrm{J}}=1.35\times10^{20}$$

1.35×10^{20}

Algunos ejemplos

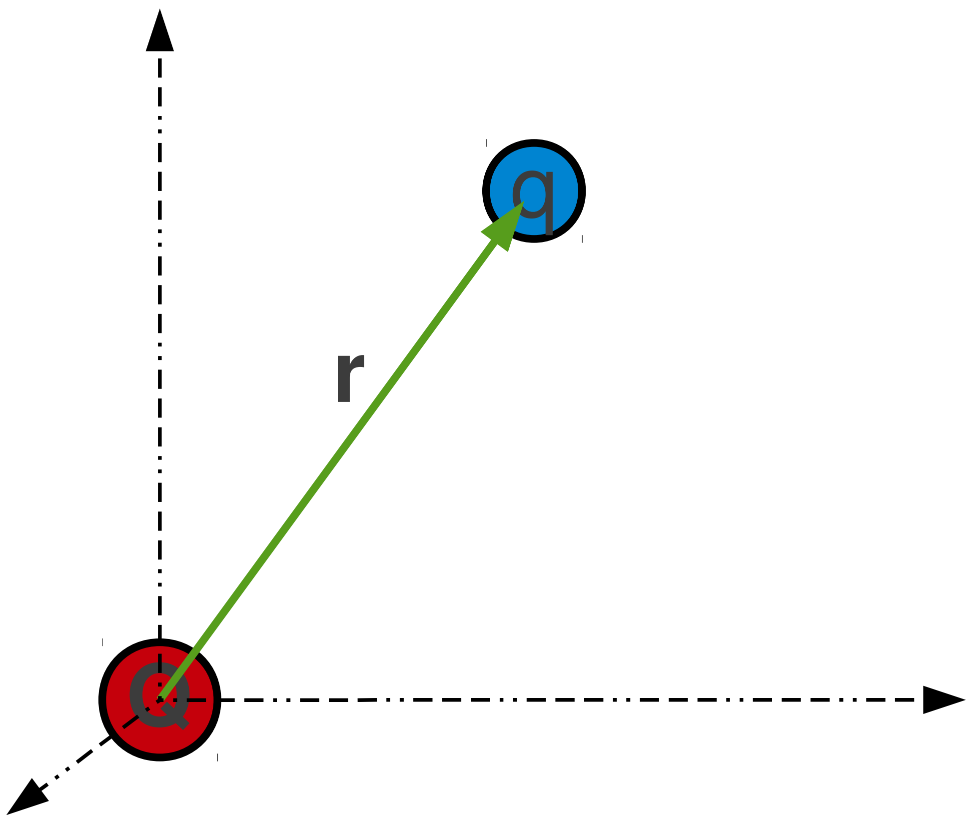
Punto de referencia

- Al igual que en el caso gravitatorio, consideramos la referencia para la energía potencial electrostática en el infinito:

- La energía potencial electrostática de dos cuerpos a distancia **r** es igual al trabajo necesario para separar esos cuerpos desde esa distancia **r** hasta una distancia **infinita**.

Potencial eléctrico

Q es mi carga "fuente"
q es mi carga de prueba
V(r) es el potencial eléctrico



$$E_e(\boldsymbol{r}) = k_e \frac{Q\,q}{|\boldsymbol{r}|}$$

$$E_e(\boldsymbol{r}) = q\,k_e \frac{Q}{|\boldsymbol{r}|}$$

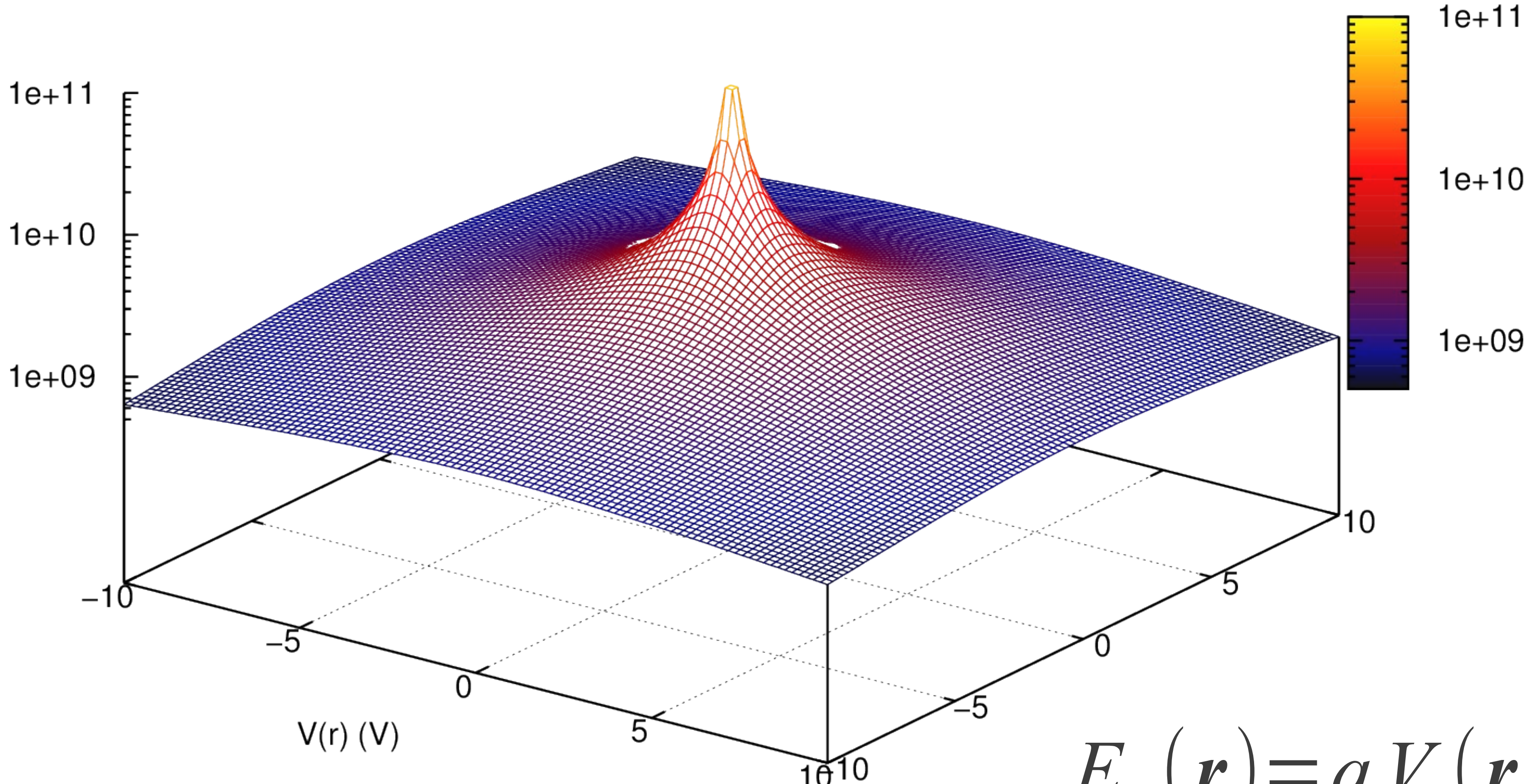
$$E_e(\boldsymbol{r}) = q\left(k_e \frac{Q}{|\boldsymbol{r}|}\right)$$

$$E_e(\boldsymbol{r}) = q\,V(\boldsymbol{r})$$

V(**r**) es un campo escalar

[V] = Voltio = J/C

Carga "Puntual" ← Sin distribución espacial de carga
Q=1 C en el orígen



$$E_e(\boldsymbol{r}) = q\,V(\boldsymbol{r})$$

Potencial eléctrico → distribución de cargas puntuales

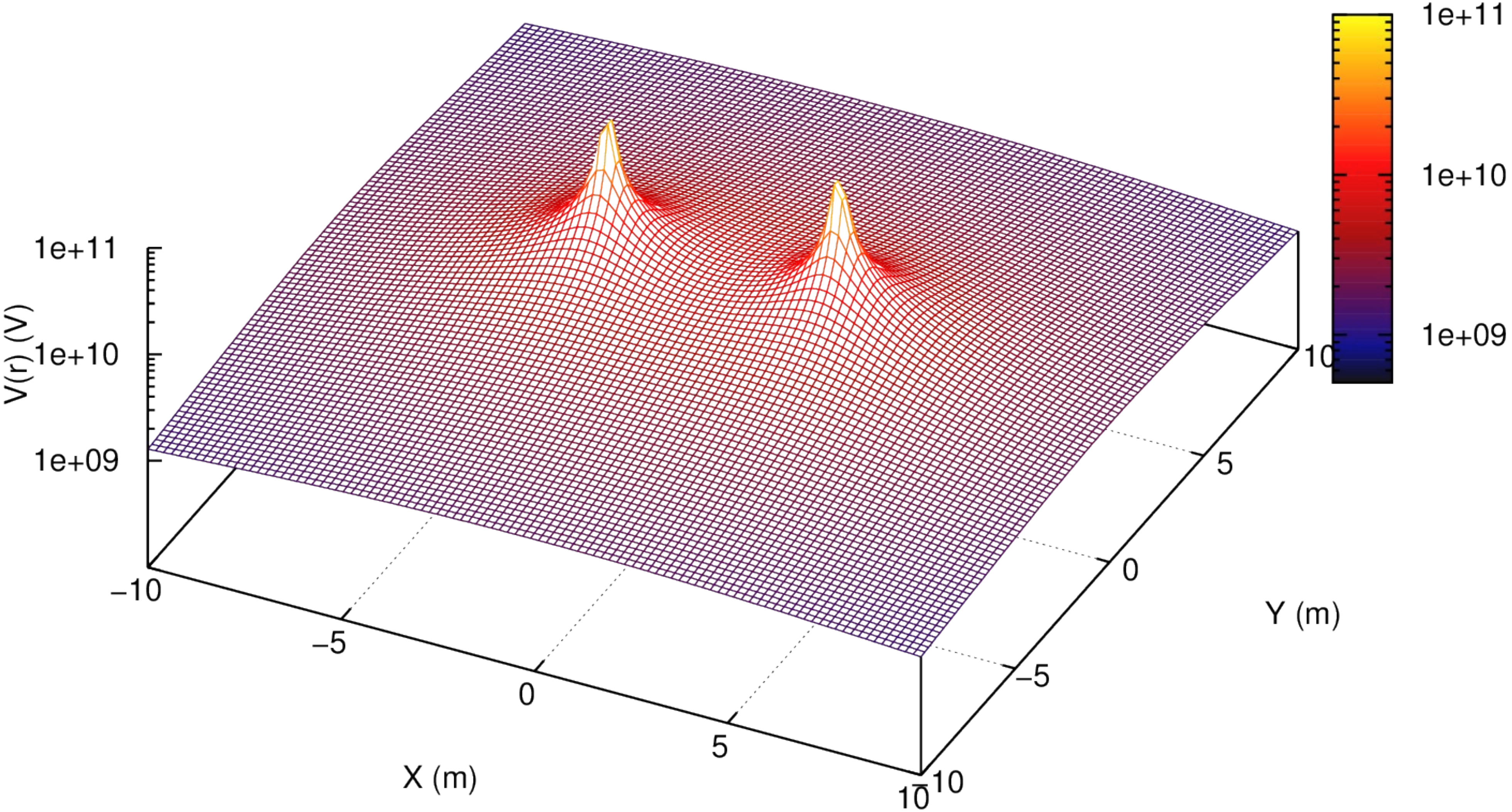
- Principio de superposición:
  - Supongo que cada carga es independiente
  - Calculo los potenciales asociados a cada carga
  - Sumo todos los potenciales
- Si tengo N cargas, cada una Q_i, en las posiciones $\mathbf{r}_i$, el potencial en el punto **r** será:

$$V(\boldsymbol{r})=\sum_i^N V_i(\boldsymbol{r})=\sum_i^N k_e \frac{Q_i}{|\boldsymbol{r}-\boldsymbol{r}_i|}$$

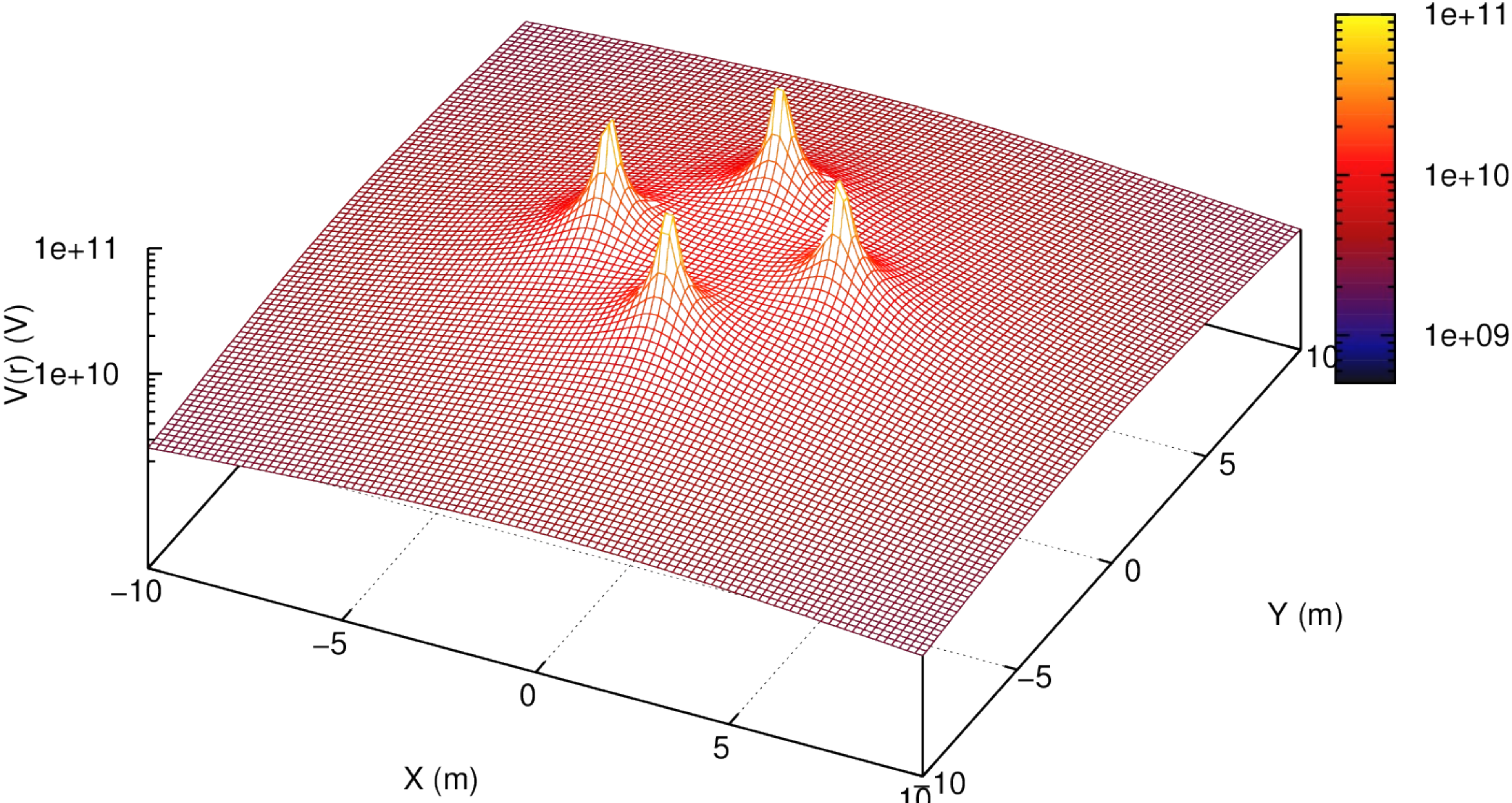
- Y la energía potencial para una carga q de prueba:

$$E_e(\boldsymbol{r})=q\,V(\boldsymbol{r})=q\sum_i^N k_e \frac{Q_i}{|\boldsymbol{r}-\boldsymbol{r}_i|}$$

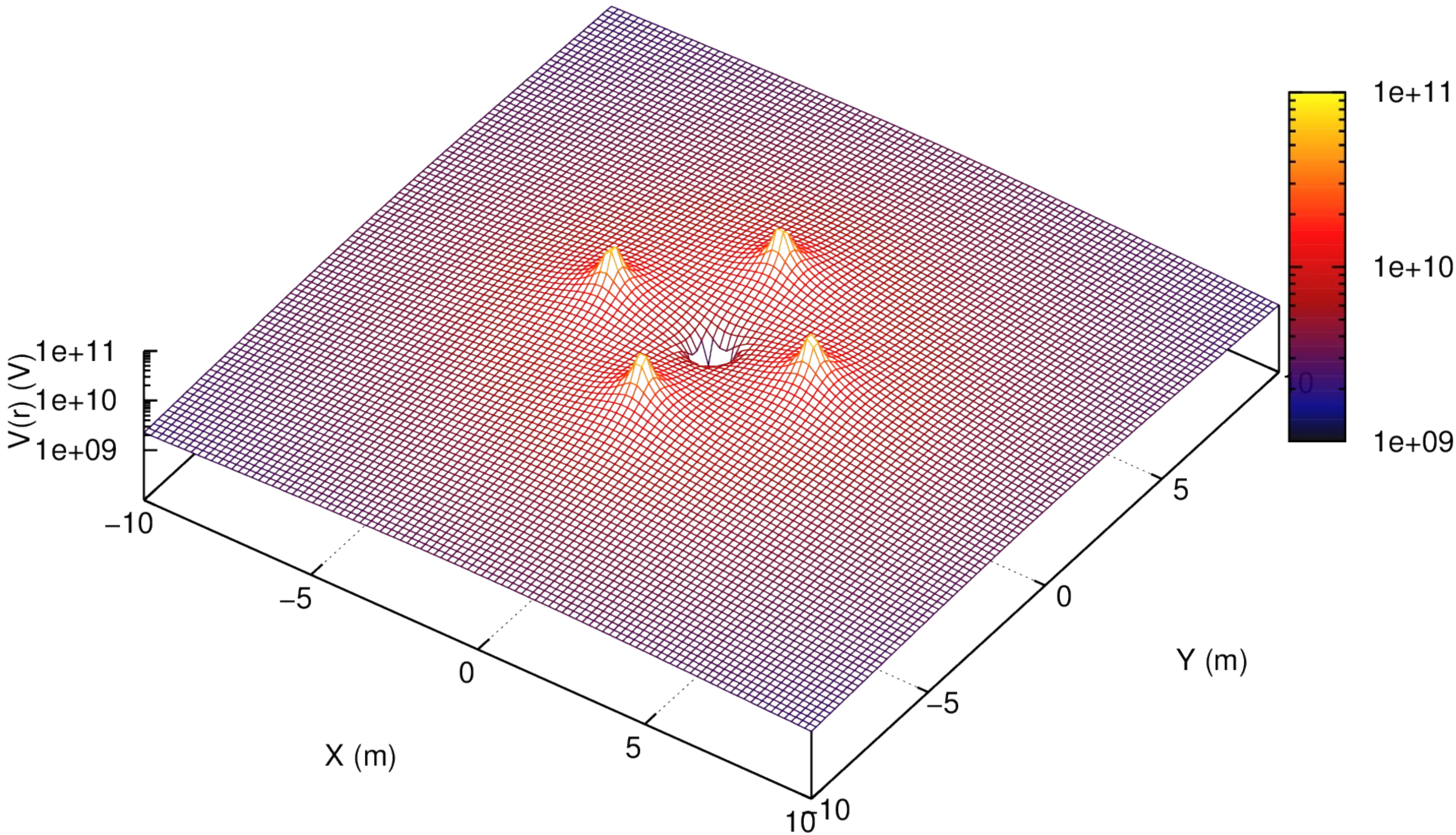
2 cargas Q=1C en X=+/- 3 m



4 cargas Q=1C en X=+/- 3 m y Y=+/-3



4 cargas Q=1C en X=+/- 3 m y Y=+/-3 y una carga Q=-0.5 C en el orígen



Energía almacenada en una configuración de cargas

- Sabemos que para una carga de prueba:

$$E_e(\boldsymbol{r}) = q\,V(\boldsymbol{r}) = q \sum_i^N k_e \frac{Q_i}{|\boldsymbol{r} - \boldsymbol{r}_i|}$$

- Ahora, cada carga Q_i, podría pensarse como una carga de prueba para las otras $Q_{j!=i}$ cargas:
  - Superposición:

$$E_e = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^N Q_i \sum_{j=1}^{N,(j\neq i)} k_e \frac{Q_j}{|\boldsymbol{r}_i - \boldsymbol{r}_j|}$$