

Se tiene un casquete esférico de radio  $a$  y espesor despreciable con densidad superficial de carga  $\sigma$  uniforme. A distancia  $d$  de su centro se ubica un anillo de radio  $b > a$  y densidad de carga lineal  $\lambda$  uniforme como indica la figura. Para esta configuración se pide:

- el potencial y el campo eléctrico sobre el eje  $z$
- el momento monopolar y dipolar de la distribución. Determine el valor de  $\lambda$  para el cual el momento monopolar se anula.
- el potencial de la configuración en todo el espacio lejos de la distribución.
- la fuerza que la esfera le hace al anillo. *Ayuda: Escriba el campo de la esfera en coordenadas cilíndricas, para todo el espacio.*
- (Numérico, Opcional)** Para el valor de  $\lambda$  hallado en el inciso (b) (momento monopolar nulo) y considerando un sistema adimensionalizado con  $\sigma/\epsilon_0 = 1$  y  $a = 1$ :
  - Graficar  $V(z)$  y  $E_z(z)$  para el caso  $d = 0$  y  $b = 1,5$ , ¿qué simetría se observa? ¿Qué ocurre con esta simetría en el caso  $d = 2$  y  $b = 1,5$ ?
  - Para  $d = 2$  y  $b = 1,5$ , hallar el  $z_A > 0$  a partir del cual el error de la aproximación dipolar es menor al 1%. En otras palabras, hallar el primer valor de  $z$  donde  $|V(z) - V_{dip}(z)| < V(z)/100$ . ¿Cómo es el error en  $E_z$ ?
  - Repita el punto anterior para un rango de valores (razonables) de  $b$ , ¿cómo se comporta  $z_A$  en función de  $b$ ?

