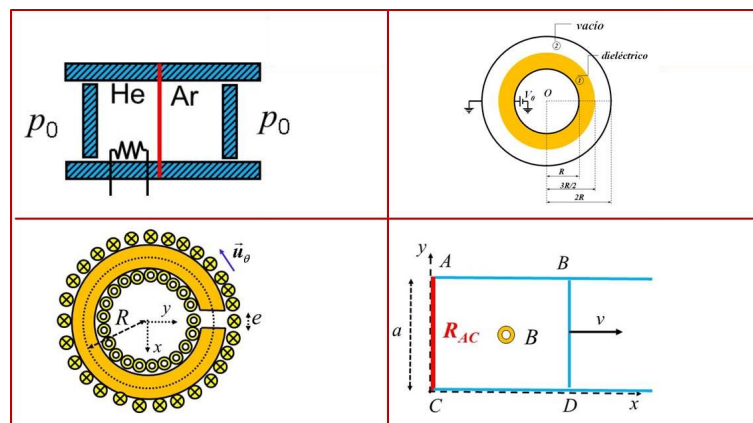


# ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA AERONÁUTICA Y DEL ESPACIO

## FÍSICA II

### PROBLEMAS PROPUESTOS

*José Carlos JIMÉNEZ SÁEZ*  
*Santiago RAMÍREZ DE LA PISCINA MILLÁN*



### 3.- ELECTROSTÁTICA DEL VACÍO

# 3

## Electrostática del Vacío

---

### PROBLEMA PROPUESTO 3.1.

Calcular el módulo del campo eléctrico creado por una distribución de carga plana, indefinida, de densidad de carga  $\sigma$ , en un punto situado a una altura  $z$  sobre el plano.

DATOS:  $\sigma = 4.8 \text{ pC/m}^2$ ,  $z = 5.1 \text{ cm}$

---

### SOLUCIÓN 3.1.

0.271 N/C

---



### PROBLEMA PROPUESTO 3.2.

Calcular el módulo del campo eléctrico creado por una distribución recta indefinida, con densidad de carga  $\lambda$ , a una distancia  $z$  de la recta.

DATOS:  $\lambda = 8.4 \text{ }\mu\text{C/m}$ ,  $z = 4.0 \text{ dm}$

---

### SOLUCIÓN 3.2.

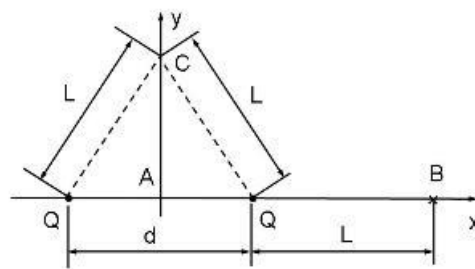
0.377 MN/C

---



**PROBLEMA PROPUESTO 3.3.**

Calcular la componente según el eje  $x$  del campo eléctrico en el punto  $B$  de la figura, creado por dos cargas puntuales positivas  $Q$ , separadas una distancia  $d$  siendo  $L$  la distancia que se indica.



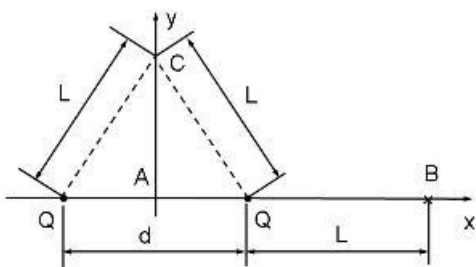
DATOS:  $Q = 360 \text{ pC}$ ,  $d = 6.5 \text{ dm}$ ,  $L = 5.6 \text{ cm}$

**SOLUCIÓN 3.3.**

1040 N/C



**PROBLEMA PROPUESTO 3.4.**



Calcular la componente según el eje  $y$  del campo eléctrico en el punto  $C$  de la figura, creado por dos cargas puntuales positivas  $Q$ , separadas una distancia  $d$  siendo  $L$  la distancia que se indica.

DATOS:  $Q = 360 \text{ pC}$ ,  $d = 6.5 \text{ dm}$ ,  $L = 5.6 \text{ cm}$

**SOLUCIÓN 3.4.**

47300 N/C



**PROBLEMA PROPUESTO 3.5.**

Calcular el flujo, a través de una superficie semiesférica de radio  $R$ , de un campo eléctrico uniforme  $E$ , cuya dirección es paralela al eje de simetría de la semiesfera. Haga el cálculo a partir del flujo a través de una superficie cerrada formada por la semiesfera y un círculo.

DATOS:  $R = 5.2 \text{ cm}$ ,  $E = 1.6 \text{ N}/\mu\text{C}$

---

**SOLUCIÓN 3.5.**

$$1.36E4 \text{ Nm}^2/\text{C}$$

---

**PROBLEMA PROPUESTO 3.6.**

Calcular el flujo del vector campo eléctrico creado por una carga puntual  $q$ , situada en el origen de coordenadas, a través de la superficie del triángulo equilátero de vértices  $(a, 0, 0)$ ,  $(0, a, 0)$  y  $(0, 0, a)$ . Calcule dicho valor a partir del flujo a través de una superficie cerrada formada por un octaedro regular centrado en el origen.

DATOS:  $q = 5.1 \text{ pC}$ ,  $a = 5. \text{ 1m}$

---

**SOLUCIÓN 3.6.**

$$0.0720 \text{ Nm}^2/\text{C}$$

---

**PROBLEMA PROPUESTO 3.7.**

Consideremos una carga  $Q$  distribuida en una esfera de radio  $R$  con densidad volumétrica de carga  $\rho = A(R - r)$ ,  $0 \leq r \leq R$ .

Determinar la constante  $A$ , en función de  $Q$  y de  $R$  y aplicar valores numéricos.

DATOS:  $Q = 8.7 \mu\text{C}$ ,  $R = 1.5 \text{ cm}$

---

**SOLUCIÓN 3.7.**

$$164 \text{ C}/\text{m}^4$$

---



**PROBLEMA PROPUESTO 3.8.**

Consideremos una carga  $Q$  distribuida en una esfera de radio  $R$  con densidad volumétrica de carga  $\rho = 3Q \frac{(R-r)}{\pi R^4}$ ,  $0 \leq r \leq R$ . Calcular el módulo del campo eléctrico en un punto situado a una distancia  $H$  del centro de la esfera.


DATOS:  $Q = 3.1 \mu\text{C}$ ,  $R = 10.1 \text{ cm}$ ,  $H = 72.4 \text{ m}$

---

**SOLUCIÓN 3.8.**

5.32 N/C

---



**PROBLEMA PROPUESTO 3.9.**

Dos superficies cilíndricas indefinidas, coaxiales, de radios  $a$  y  $b$ , tienen cargas iguales y opuestas de densidad  $\lambda$  por unidad de longitud. La carga positiva se halla en el cilindro interior.

Calcular el módulo del campo eléctrico en puntos tales que su distancia al eje de los cilindros sea  $c$ .


DATOS:  $a = 9.3 \text{ cm}$ ,  $b = 19.7 \text{ cm}$ ,  $c = 10.4 \text{ cm}$ ,  $\lambda = 4.5 \text{ pC/m}$

---

**SOLUCIÓN 3.9.**

0.778 N/C

---



**PROBLEMA PROPUESTO 3.10.**

Dos láminas planas y paralelas, de superficie  $S$ , están cargadas con cargas iguales y opuestas, uniformemente repartidas. Despreciando el efecto de los bordes, el módulo del campo eléctrico en el espacio que limitan es  $E$ . Calcular la carga de cada lámina y responder con el valor positivo.


DATOS:  $S = 33.8 \text{ cm}^2$ ,  $E = 24.8 \text{ N/pC}$

---

**SOLUCIÓN 3.10.**

0.742 C

---



**PROBLEMA PROPUESTO 3.11.**

Dos partículas de carga  $Q = k$  veces la carga del electrón y masa  $M = h$  veces la masa del electrón, que se suponen puntuales, están separadas una distancia  $d$ .

Carga del electrón  $e = 1.602176487E(-19) C$ .

Masa del electrón  $m = 9.11E(-31) kg$ .

Constante de gravitación universal  $G = 6.67392E(-11) unidadesSI$ .

Calcular la relación entre el módulo de la fuerza electrostática con la que se repelen y la fuerza gravitatoria con la que se atraen ( $F_e/F_g$ ).

DATOS:  $k = 3.9$ ,  $h = 1.6$ ,  $d = 10.9$  cm

**SOLUCIÓN 3.11.**

2.47E43



**PROBLEMA PROPUESTO 3.12.**

Consideremos un cilindro recto de revolución, de radio  $R$ , suficientemente largo como para que pueda ser como de longitud infinita.

Se distribuye carga eléctrica, con densidad volumétrica de carga  $\rho = Ar$  ( $0 \leq r \leq R$ ), siendo  $r$  la distancia al eje del cilindro. Calcular:

- 1) La cantidad de carga en una porción de cilindro de altura  $H$  y radio  $R$ .
- 2) El módulo del campo eléctrico en puntos a distancia  $r_1$  del eje del cilindro ( $r_1 < R$ ).
- 3) El módulo del campo eléctrico en puntos a distancia  $r_2$  del eje del cilindro ( $r_2 > R$ ).
- 4) El valor del potencial en puntos a distancia  $r_1$  del eje del cilindro tomando como referencia para potencial cero la superficie exterior del cilindro.
- 5) El valor del potencial en puntos a distancia  $r_2$  del eje del cilindro tomando como referencia para potencial cero la superficie exterior del cilindro

DATOS:  $R = 6.3 \text{ cm}$ ,  $A = 70.2 \mu\text{C}/\text{m}^4$ ,  $H = 22.4 \text{ cm}$ ,  $r_1 = 3.5 \text{ cm}$ ,  $r_2 = 10.5 \text{ cm}$

**SOLUCIÓN 3.12.**

- 1)  $0.00824 \mu\text{C}$
- 2)  $3240 \text{ N/C}$
- 3)  $6290 \text{ N/C}$
- 4)  $183 \text{ V}$
- 5)  $-338 \text{ V}$

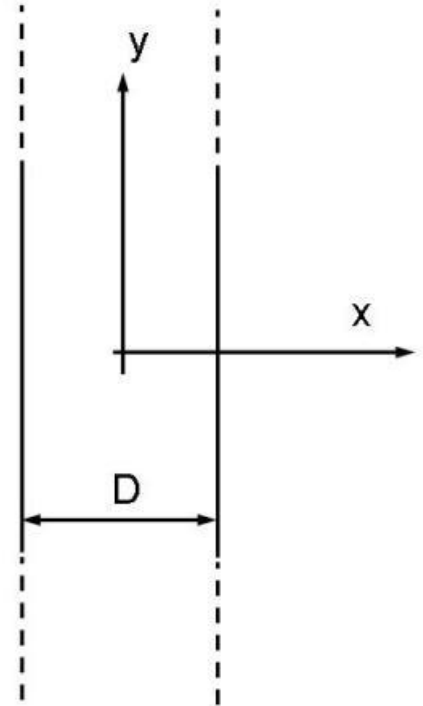
**PROBLEMA PROPUESTO 3.13.**

Una placa plana infinita, de espesor  $D$ , almacena carga distribuida en todo su volumen, con densidad de carga  $\rho$  constante. Hallar:

- 1) El módulo del campo electrostático en puntos del espacio de coordenada  $x_0$  ( $-D/2 < x_0 < D/2$ ).
- 2) El módulo del campo electrostático en puntos del espacio de coordenada  $x_1$  ( $x_1 < -D/2$ ,  $x_1 > D/2$ ).
- 3) El potencial electrostático en puntos del espacio de coordenada  $x_0$ , tomando como referencia para potencial cero el plano  $x = 0$ .
- 4) El potencial electrostático en puntos del espacio de coordenada  $x_1$ , tomando como referencia para potencial cero el plano  $x = 0$ .

DATOS:

$$D = 23.4 \text{ cm}, \quad \rho = 2.9 \text{ pC/m}^3,$$
$$x_0 = 5.9 \text{ cm}, \quad x_1 = 17.9 \text{ cm}$$

**SOLUCIÓN 3.13.**

- 1) 0.0193 N/C
- 2) 0.0383 N/C
- 3) -570 V
- 4) -4620 V



**PROBLEMA PROPUESTO 3.14.**

Consideremos una carga  $Q$  distribuida en una corteza esférica de radios  $R_1 = R$  y  $R_2 = k_2 R$  con densidad volumétrica de carga:  $\rho = Ar$  ( $R_1 \leq r \leq R_2$ ) siendo  $r$  la distancia al centro de la esfera y  $A$  una constante a determinar.

Calcular el módulo del campo eléctrico en puntos a distancia  $r_0$  del centro de la esfera ( $R_1 < r_0 < R_2$ ).

DATOS:  $Q = 2.8 \text{ pC}$ ,  $R = 1.2 \text{ cm}$ ,  $k_2 = 3.3$ ,  $r_0 = 1.6 \text{ cm}$

---

**SOLUCIÓN 3.14.**

1.81 N/C

---

**PROBLEMA PROPUESTO 3.15.**

Consideremos un cilindro hueco, indefinido, de radios  $R_1 = R$  y  $R_2 = k_2 R$ . Existe carga distribuida dentro del cilindro con una densidad volumétrica de carga:  $\rho = Ar$  ( $R_1 \leq r \leq R_2$ ) siendo  $r$  la distancia al centro de la esfera y  $A$  una constante a determinar.

En un trozo de cilindro de longitud  $H$  la carga total es  $Q$ .

Calcular el módulo del campo eléctrico en puntos a distancia  $r_0$  del eje del cilindro ( $R_1 < r_0 < R_2$ ).

DATOS:  $Q = 4.3 \text{ pC}$ ,  $H = 34.2 \text{ cm}$ ,  $R = 1.0 \text{ cm}$ ,  $k_2 = 3.2$ ,  $r_0 = 2.3 \text{ cm}$

---

**SOLUCIÓN 3.15.**

3.45 N/C

---



**PROBLEMA PROPUESTO 3.16.**

Una varilla conductora delgada, en forma de arco de circunferencia de radio  $R$ , abarca un ángulo  $\alpha$  y está cargada con una densidad lineal de carga  $\lambda$ . Calcular el módulo de la fuerza que ejercería dicha carga sobre una carga puntual  $q$  situada en el centro de la circunferencia.

DATOS:  $R = 4.8 \text{ cm}$ ,  $\alpha = 31^\circ$ ,  $\lambda = 24.8 \mu\text{C}/\text{cm}$ ,  $q = +82.9 \mu\text{C}$

**SOLUCIÓN 3.16.**

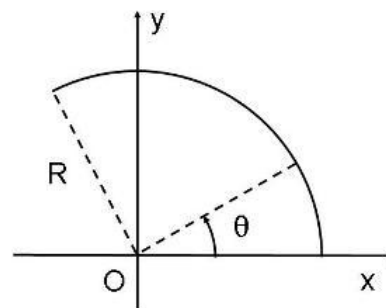
2.06E4 N

**PROBLEMA PROPUESTO 3.17.**

Calcular el potencial en el punto  $O$ , creado por el conductor en forma de arco de círculo de la figura, que abarca un ángulo  $\alpha$  sobre una circunferencia de radio  $R$  y que tiene una densidad lineal de carga  $\lambda = A\theta$ , siendo  $A$  una constante.

DATOS:

$\alpha = 142^\circ$ ,  $R = 4.9 \text{ m}$ ,  
 $A = 0.0000014 \text{ C}/(\text{m}\cdot\text{rad})$ .

**SOLUCIÓN 3.17.**

3.86E4 V

**PROBLEMA PROPUESTO 3.18.**

Calcular el flujo del vector campo eléctrico  $\vec{E}$  debido a una carga puntual  $q$ , a través de un círculo de radio  $R$  cuyo centro  $O$  se encuentra a una distancia  $d$  de la carga y cuyo plano es perpendicular a la línea que une  $q$  con  $O$ .

DATOS:  $q = 5.6 \text{ pC}$ ,  $R = 0.9 \text{ m}$ ,  $d = 4.2 \text{ m}$

**SOLUCIÓN 3.18.**

$0.00702 \text{ N}\cdot\text{m}^2/\text{C}$



**PROBLEMA PROPUESTO 3.19.**

Calcular la diferencia de potencial ( $V_A - V_B$ ) entre dos puntos  $A$  y  $B$  situados a las distancias  $a$  y  $a + d$ , respectivamente, de un alambre recto e infinitamente largo que tiene una carga  $\lambda$  por unidad de longitud.

DATOS:  $a = 3.0 \text{ m}$ ,  $d = 1.6 \text{ m}$ ,  $\lambda = 24.8 \text{ } \mu\text{C/m}$

---

**SOLUCIÓN 3.19.**

191 kV

---

**PROBLEMA PROPUESTO 3.20.**

Calcular la energía electrostática de una configuración esférica de carga, con densidad uniforme  $\rho$  y radio  $a$ .

DATOS:  $\rho = 27.0 \text{ C/m}^3$ ,  $a = 4.7 \text{ cm}$

---

**SOLUCIÓN 3.20.**

1.58E4 kJ

---

**PROBLEMA PROPUESTO 3.21.**

Consideremos una carga  $Q$  distribuida en una esfera de radio  $R$  con densidad volumétrica de carga  $\rho = 3Q \frac{(R-r)}{\pi R^4}$ ,  $0 \leq r \leq R$ .

Calcular el campo eléctrico en un punto situado a una distancia  $r_0$  del centro de la esfera.

DATOS:  $Q = 2.9 \text{ pC}$ ,  $R = 24.8 \text{ cm}$ ,  $r_0 = 4.8 \text{ cm}$

---

**SOLUCIÓN 3.21.**

0.280 N/C

---



**PROBLEMA PROPUESTO 3.22.**

Un conductor rectilíneo, delgado, de longitud  $L$ , tiene una carga  $Q$  uniformemente distribuida en su longitud. Calcular el valor del campo eléctrico en un punto de la línea perpendicular al conductor por su centro y que dista  $L/2$  de dicho centro.

DATOS:  $L = 3.7 \text{ km}$ ,  $Q = 16.8 \text{ C}$

**SOLUCIÓN 3.22.**

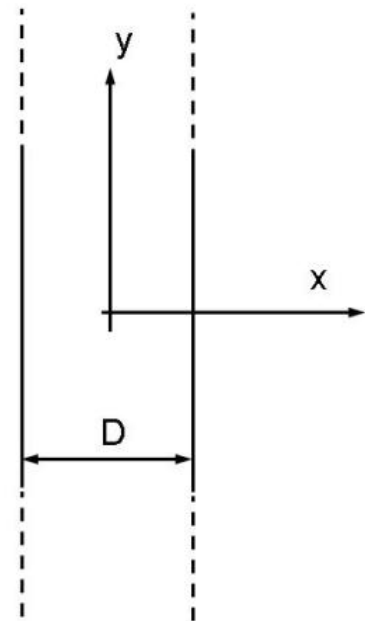
3.12E4 N/C

**PROBLEMA PROPUESTO 3.23.**

Una placa plana infinita, de espesor  $D$ , almacena carga distribuida en todo su volumen, con densidad de carga  $Q$  que sigue la ley  $\rho = 2\rho_0 \frac{|x|}{D}$ ;  $-\frac{D}{2} < x < \frac{D}{2}$

Hallar:

- 1) El módulo del campo electrostático en puntos del espacio de coordenada  $x_0$  ( $-D/2 < x_0 < D/2$ ).
- 2) El módulo del campo electrostático en puntos del espacio de coordenada  $x_1$  ( $x_1 < -D/2$ ,  $x_1 > D/2$ ).
- 3) El potencial electrostático en puntos del espacio de coordenada  $x_0$ , tomando como referencia para potencial cero el plano  $x = 0$ .
- 4) El potencial electrostático en puntos del espacio de coordenada  $x_1$ , tomando como referencia para potencial cero el plano  $x = 0$ .



DATOS:  $D = 23.3 \text{ cm}$ ,  $\rho_0 = 3.7 \text{ pC/m}^3$ ,  $x_0 = 5.1 \text{ cm}$ ,  $x_1 = 17.9 \text{ cm}$

**SOLUCIÓN 3.23.**

- 1)  $4.66 \text{ mN/C}$
- 2)  $24.4 \text{ mN/C}$
- 3)  $-79.3 \text{ } \mu\text{V}$
- 4)  $-2470 \text{ } \mu\text{V}$



**PROBLEMA PROPUESTO 3.24.**

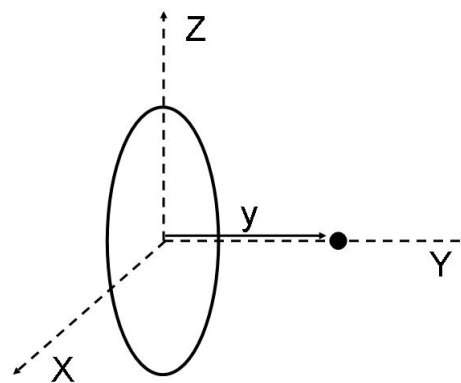
Se dispone de un anillo circular de radio  $R$  y densidad lineal de carga  $\lambda = cte$ . Calcular:

- 1) El campo eléctrico en un punto de su eje que dista  $y$  de su centro.
- 2) El potencial eléctrico en un punto de su eje que dista  $y$  de su centro.

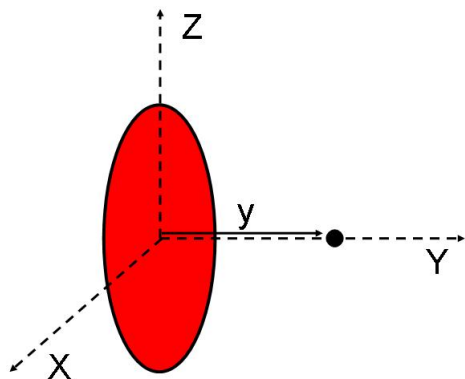
DATOS:

$$R = 0.026 \text{ m}, \quad \lambda = 0.00052 \text{ C/m},$$

$$y = 0.047 \text{ m}$$

**SOLUCIÓN 3.24.**

- 1)  $2.32\text{E}8 \text{ N/m}$
- 2)  $1.42\text{E}7 \text{ V}$

**PROBLEMA PROPUESTO 3.25.**

Se dispone de un disco de radio  $R$  y densidad superficial de carga  $\sigma = cte$ .

Calcular:

- 1) El campo eléctrico en un punto de su eje que dista  $y$  de su centro.
- 2) El potencial eléctrico en un punto de su eje que dista  $y$  de su centro.

Ayuda: hágase un cambio de variable tal que en lugar de integrar en la coordenada radial  $r'$  se integre en el ángulo  $\alpha$ :  $r' = y \operatorname{tg} \alpha$

DATOS:  $R = 0.050 \text{ m}, \quad \sigma = 0.000049 \text{ C/m}^2, \quad y = 0.060 \text{ m}$

**SOLUCIÓN 3.25.**

- 1)  $6.41\text{E}5 \text{ N/m}$
- 2)  $5.01\text{E}4 \text{ V}$



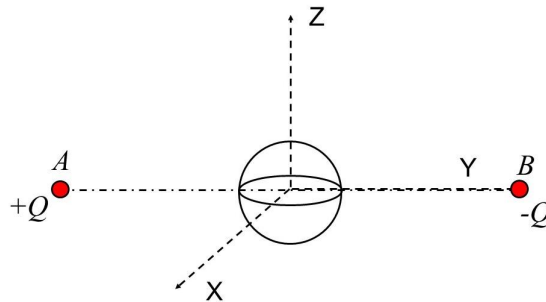
**PROBLEMA PROPUESTO 3.26.**

Se tiene una configuración electrostática de carga que consta de:

-Una esfera de radio  $R$  formada por una carga distribuida de densidad  $\rho = kr$ , siendo  $r$  la coordenada radial que varía entre 0 y  $R$ .

-Una carga puntual de valor  $Q$  situada a una distancia  $5R$  del centro de la esfera en un punto  $A$ .

-Otra carga puntual de valor  $-Q$  situada a una distancia  $5R$  del centro de la esfera en un punto  $B$  que se encuentra en una situación diametralmente opuesta al punto  $A$ .



Calcular la energía electrostática para formar la distribución.

DATOS:  $R = 0.036 \text{ m}$ ,  $Q = 0.000045 \text{ C}$ ,  $k = 4737 \text{ C/m}^4$

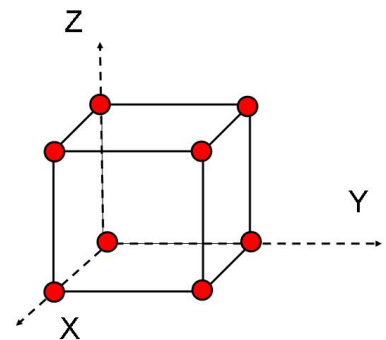
**SOLUCIÓN 3.26.**

1.88E4 J

**PROBLEMA PROPUESTO 3.27.**

Se tiene una configuración electrostática formada por un cubo de arista  $a$  en cuyos vértices hay situadas cargas de valor  $q$ . Calcular la energía electrostática de la distribución.

DATOS:  $a = 0.049 \text{ m}$ ,  $q = 0.000050 \text{ C}$

**SOLUCIÓN 3.27.**

1.05E4 J

