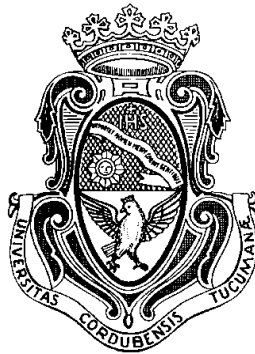


**U N C**  
**UNIVERSIDAD NACIONAL de CÓRDOBA**  
**FACULTAD de CIENCIAS EXACTAS, FÍSICAS, y NATURALES**  
**DEPARTAMENTO de FÍSICA**  
**CÁTEDRA de FÍSICA II**



# **GUÍA de PROBLEMAS**

para las carreras de:

**INGENIERÍA**

**selección de problemas:**

**Ing. Rubén A. ROCCHIETTI**

**TABLA 1 : Múltiplos, Submúltiplos y Prefijos SI  
(Sistema Internacional de Unidades).<sup>1</sup>**

| MÚLTIPLO  | PREFIJO | SÍMBOLO | SUBMÚLTIPLO | PREFIJO | SÍMBOLO |
|-----------|---------|---------|-------------|---------|---------|
| $10^{24}$ | Yotta   | Y       | $10^{-1}$   | deci    | d       |
| $10^{21}$ | Zetta   | Z       | $10^{-2}$   | centi   | c       |
| $10^{18}$ | Exa     | E       | $10^{-3}$   | mili    | m       |
| $10^{15}$ | Peta    | P       | $10^{-6}$   | micro   |         |
| $10^{12}$ | Tera    | T       | $10^{-9}$   | nano    | n       |
| $10^9$    | Giga    | G       | $10^{-12}$  | pico    | p       |
| $10^6$    | Mega    | M       | $10^{-15}$  | femto   | f       |
| $10^3$    | Kilo    | K       | $10^{-18}$  | atto    | a       |
| $10^2$    | Hecto   | H       | $10^{-21}$  | septo   | z       |
| 10        | Deca    | D       | $10^{-24}$  | yacto   | y       |

**TABLA 2 : Patrones y Equivalentes<sup>2</sup>**

| Patrón                           | abreviatura | Equivalente  |
|----------------------------------|-------------|--|
| Metro                            | m           | es la longitud del camino recorrido por la luz en el vacío, en el lapso de 1 / 299 792 458 seg.  |
| Kilogramo                        | Kg          | masa del Kilogramo patrón que se encuentra en Sèvres, Francia  |
| Segundo                          | seg         | Es la duración de 9 192 631 770 períodos de la radiación correspondiente a la transición de dos niveles hiperfinos del estado fundamental del átomo de Cs <sup>133</sup> |
| Grado Kelvin                     | °K          | se define en la escala termodinámica asignando 273,16 °K al punto triple del agua  |
| Unidad de masa atómica unificada |             | 1 / 12 de la masa de un átomo del nucleído C <sup>12</sup> .<br>1 1,660 540 x 10 <sup>-27</sup> Kg   |

<sup>1</sup> Esquema A norma IRAM 31-0: 1993

<sup>2</sup>Esquema A norma IRAM 31: 1993

|                                   |                |  |
|-----------------------------------|----------------|--|
| Mol                               | mol            | cantidad de sustancia que contiene el mismo número de átomos que, exactamente, 12 g de C <sup>12</sup> puro. |
| Aceleración normal de la gravedad | g <sub>n</sub> | 9,806 65 m / seg <sup>2</sup>  |
| Presión atmosférica normal        | atm            | 101 325 N / m <sup>2</sup>   |
| Caloría termoquímica              | cal            | 4,184 0 joules   |
| Litro                             | lt             | 0,001 000 028 m <sup>3</sup>   |
| Pulgada                           | plg            | 0 0254 m   |
| Libra                             | lb             | 0,453 592 37 Kg  |

**TABLA 3 : Constantes Físicas Universales<sup>3</sup>**

| Constante   | Símbolo      | Valor   | Observaciones   |
|---|--------------|---|---|
| Velocidad de propagación de las ondas electromagnéticas en el vacío | $c_0$        | $2,997\,924\,58 \times 10^8$ m/s                                  | año 1974  |
| Permeabilidad del vacío   | $\mu_0$      | $4 \times 10^{-7}$ H/m  | ó Kg.m.A <sup>-2</sup> .s <sup>-2</sup>                                     |
| Permitividad del vacío  | $\epsilon_0$ | $8,854\,187\,82 \times 10^{-12}$ C <sup>2</sup> /N.m <sup>2</sup> | ó F/m , ó A <sup>2</sup> .s <sup>4</sup> .Kg <sup>-1</sup> .m <sup>-3</sup> |
| Impedancia del vacío  | $Z_0$        | 376,730 31 V/A  | $\epsilon_0 = (\mu_0 c_0^2)^{-1}$<br>$Z_0 = (\mu_0/\epsilon_0)^{1/2}$       |
| Carga del electrón  | $q_e$        | -1,602 189 2 . 10 <sup>-19</sup> C                                |   |
| Carga del protón  | $q_p$        | - $q_e$   |   |
| Carga del neutrón   | $q_n$        | 0   |   |
| Masa del electrón en reposo   | $m_e$        | 9,109 534 x 10 <sup>-31</sup> Kg                                  |   |
| Masa del protón en reposo   | $m_p$        | 1,672 648 5 x 10 <sup>-27</sup> Kg                                | $m_p / m_e = 1\,836,151\,52$  |
| Masa del neutrón en reposo  | $m_n$        | 1,674 954 3 x 10 <sup>-27</sup> Kg                                | $m_n / m_e = 1\,838,68$   |

<sup>3</sup> Esquema B IRAM 31: 1993; Comisión Electrotécnica Internacional ( IEC ); algunos valores basados en la realización del National Bureau of Standards 1969 del Sistema Internacional ( SI ) de unidades.

|                                  |              |  |  |
|----------------------------------|--------------|--|--|
| Radio del electrón               | $r_e$        | $2,817\,938\,0 \times 10^{-15} \text{ m}$            |  |
| Radio del protón                 | $r_p$        | $3 \times 10^{-15} \text{ m}$                        |  |
| Radio del neutrón                | $r_n$        | $3 \times 10^{-15} \text{ m}$                        |  |
| Relación carga/masa del electrón | $-q_e / m_e$ | $1,758\,804\,7 \times 10^{11} \text{ C/Kg}$          |  |
| Constante de Avogadro            | $N_A$        | $6,022\,094\,3 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$      |  |
| Constante de Faraday             | $F$          | $9,648\,456 \times 10^7 \text{ C/mol}$               | $F = -q_e N_A$                                   |
| Constante de Plank               | $h$          | $6,626\,176 \times 10^{-34} \text{ J s}$             | $\text{ó Kg.m}^2.\text{s}^{-1}$                  |
| Constante angular de Plank       |              | $1,054\,588\,7 \times 10^{-34} \text{ J s}$          |  |
| Constante de Boltzmann           | $k$          | $1,380\,662 \times 10^{-23} \text{ J/K}$             |  |
| Constante Universal de los Gases | $R$          | $8,314\,41 \text{ J/K.mol}$                          | $R = k N_A$                                      |
| Constante de Rydberg             | $R$          | $1,097\,373\,177 \times 10^7 \text{ m}^{-1}$         |  |
| Radio de Bohr                    | $a_0$        | $5,291\,770\,6 \times 10^{-11} \text{ m}$            |  |
| Constante de Stefan-Boltzmann    |              | $5,670\,32 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2 \text{ K}^4$ |  |
| Volumen molar de un gas ideal    |              | $22,413\,83 \text{ m}^3/\text{mol}$                  | a $273,15 \text{ °K}$ y $101\,325 \text{ N/m}^2$ |
| Constante Gravitacional          | $G$          | $6,672\,0 \times 10^{-11} \text{ m}^3/\text{Kg.s}^2$ |  |

**TABLA 4 : Datos físicos útiles<sup>4</sup>**

|                                   |                                     |
|-----------------------------------|-------------------------------------|
| Aceleración de la Gravedad        | 9,8 m/s <sup>2</sup>                |
| Densidad del agua (20° C y 1 atm) | 10 <sup>3</sup> Kg / m <sup>3</sup> |
| Densidad del aire (20° C y 1 atm) | 1,20 Kg / m <sup>3</sup>            |
| Distancia promedio Tierra-Luna    | 3,84 . 10 <sup>8</sup> m            |
| Distancia promedio Tierra-Sol     | 1,496 . 10 <sup>11</sup> m          |
| Masa de la Luna                   | 7,36 . 10 <sup>22</sup> Kg          |
| Masa del Sol                      | 1,99 . 10 <sup>30</sup> Kg          |
| Masa de la Tierra                 | 5,98 . 10 <sup>24</sup> Kg          |
| Período de la Tierra              | 3,156 . 10 <sup>7</sup> seg         |
| Presión atmosférica estándar      | 1,013 . 10 <sup>5</sup> Pa          |
| Radio promedio de la Tierra       | 6,37 . 10 <sup>6</sup> m            |

**TABLA 5 : Permitividad, y Rigidez Dieléctrica de Materiales<sup>5</sup>**

| Líquido:               | Permitividad<br>Relativa<br>$k_e$ | Rigidez Dieléctrica<br><br>$\times 10^6 \text{ V/m}$ |
|------------------------|-----------------------------------|--|
| Agua destilada, 1,5 °C | 87                                |  |
| Agua destilada, 25 °C  | 78,54                             |  |
| Agua destilada, 85 °C  | 58                                |  |
| Agua Oxigenada         | 84,2                              |  |
| Benceno                | 2,274                             |  |
| Alcohol Etílico        | 24,                               |  |
| Materiales Inorgánicos | Permitividad<br>Relativa<br>$k_e$ | Rigidez Dieléctrica<br><br>$\times 10^6 \text{ V/m}$ |
| Hielo                  | 4,8                               | 500  |
| Nieve                  | 1,24                              |  |
| Nitruro de Silicio     | 12,7                              |  |
| Cloruro de Sodio       | 5,9                               |  |
| Azufre                 | 3,75-4,45                         |  |

<sup>4</sup>FISICA Tercera Edición Tomo II, Raymond A. Serway, 1993.

<sup>5</sup>Dielectric Materials and Applications, John Wiley & Sons, Inc., 1954; American Institute of Physics Handbook, McGraw-Hill Book Company, 1972; información técnica variada.

|                                  |                                       |   |
|----------------------------------|---------------------------------------|---|
| Dióxido de Titanio               | 86,7                                  | 6   |
| <b>Materiales Cerámicos</b>      | <b>Permitividad Relativa</b><br>$k_e$ | <b>Rigidez Dieléctrica</b><br>$\times 10^6 \text{ V/m}$ |
| Alúmina                          | 9,8                                   | 7,9   |
| Silicato de Aluminio             | 5,3                                   | 3,2   |
| Titanato de Bario                | 1240                                  | 10  |
| Óxido de Berilio                 | 6,9                                   | 8,9   |
| Titanato de Calcio               | 167,8                                 |   |
| Óxido de Magnesio                | 5,6                                   | 2   |
| Silicato de Magnesio             | 5,8                                   | 3,9   |
| Esteatita                        | 6                                     | 8,3   |
| <b>Vidrios</b>                   | <b>Permitividad Relativa</b><br>$k_e$ | <b>Rigidez Dieléctrica</b><br>$\times 10^6 \text{ V/m}$ |
| Borosilicato                     | 4,9                                   | 42  |
| Pyrex                            | 5,02                                  | 190   |
| Cuarzo                           | 3,78                                  | 16  |
| Resina Transparente              | 4,1                                   | 35,4  |
| <b>Plásticos Termoplásticos:</b> | <b>Permitividad Relativa</b><br>$k_e$ | <b>Rigidez Dieléctrica</b><br>$\times 10^6 \text{ V/m}$ |
| Acrílico                         | 4                                     | 13,8  |
| Acetato de Celulosa              | 7,5                                   | 7,86  |
| Nylon                            | 5,5                                   | 12,6  |
| Polycarbonato                    | 3,2                                   | 14,3  |
| Polietileno de baja densidad     | 2,4                                   | 16,5  |
| 910-930 Kg/m <sup>3</sup>        |                                       |   |
| Polietileno de media densidad    | 2,4                                   | 19,7  |
| 930-940 Kg/m <sup>3</sup>        |                                       |   |
| Polietileno de alta densidad     | 2,4                                   | 21,6  |
| 940-960 Kg/m <sup>3</sup>        |                                       |   |
| Polipropileno                    | 2,2                                   | 17,7  |
| Poliestireno                     | 2,5                                   | 11,8  |
| Teflón                           | 2,1                                   | 16,9  |
| <b>Plásticos Termoindurentes</b> | <b>Permitividad Relativa</b><br>$k_e$ | <b>Rigidez Dieléctrica</b><br>$\times 10^6 \text{ V/m}$ |

|                            |                                       |   |
|----------------------------|---------------------------------------|---|
| Epoxi                      | 3,5-5,0                               | 15,7-19,7   |
| Poliéster                  | 3,0-4,5                               | 11,0-19,7   |
| Urea-formaldehído          | 7,0-10                                | 8,7-15,7  |
| <b>Materiales diversos</b> | <b>Permitividad Relativa</b><br>$k_e$ | <b>Rigidez Dieléctrica</b><br>$\times 10^6 \text{ V/m}$ |
| Mica rubí                  | 5,4                                   | 160   |
| Isoprene (goma natural)    | 2,61                                  |   |
| Goma de Siliconas          | 5,78                                  |   |
| Asfalto                    | 2,68                                  |   |
| Papel de Capacitor         | 3,7                                   | 35-40   |

**TABLA 6 : Propiedades Dieléctricas de los Gases<sup>6</sup>**

| <b>Gas</b>                             | <b>Susceptibilidad relativa</b><br>$k_e \times 10^{-6}$ | <b>Rigidez Dieléctrica</b><br>$\times 10^6 \text{ V/m}$ |
|--|---|---|
| Aire seco (libre de CO <sub>2</sub> )  | 536,4   | 0,8   |
| Hidrógeno                              | 253,8   | 0,432   |
| Helio                                  | 65  |   |
| Nitrógeno                              | 548   | 0,8   |
| Oxígeno                                | 494,7   | 0,688   |
| Neón                                   | 127   |   |
| Dióxido de Carbono, CO <sub>2</sub>    | 922   | 0,704   |
| Monóxido de Carbono, CO                | 700   | 0,816   |
| Acetileno                              | 1340  | 0,88  |
| Metano                                 | 944   | 0,8   |
| Dióxido de Nitrógeno, N <sub>2</sub> O | 1130  | 0,912   |

**TABLA 7 : Propiedades de los Metales como Conductores<sup>7</sup>**

<sup>6</sup>*Table of Dielectric Constants and Electric Dipole Moments of Substances in the Gaseous State*, Maryott and Buckley, 1953.

<sup>7</sup>*Electronic Designers' Handbook*, L.J. Giacoletto, 2nd ed. McGraw-Hill, 1977.

| Material               | Densidad,<br>m Kg/m <sup>3</sup> | N, áto-<br>mos/m <sup>3</sup><br>x 10 <sup>28</sup> | Temp.<br>de ref.<br>°C | Resistividad<br><sup>0</sup><br>x 10 <sup>-9</sup> ohm.m | Coefficiente de<br>Temperatura<br>, (°C) <sup>-1</sup> |
|------------------------|----------------------------------|---|------------------------|--|--|
| Plata                  | 10 490                           | 5,8564  | 0                      | 14,7   | 0,004 1  |
| Cobre                  | 8 960                            | 8,4921  | 0                      | 15,8   | 0,004 2  |
| Cobre libre de oxígeno | 8 900                            |   | 0                      | 15,3   | 0,004 3  |
| Cobre electrolítico    | 8 890                            |   | 20                     | 17,24  | 0,003 93   |
| Oro                    | 19 320                           | 5,9070  | 0                      | 21,9   | 0,004  |
| Aluminio               | 2 698                            | 6,0218  | 0                      | 24,9   | 0,004 4  |
| Molibdeno              | 10 220                           | 6,4151  | 0                      | 51,5   | 0,004 7  |
| Tungsteno              | 19 300                           | 6,3219  | 0                      | 54,8   | 0,004 8  |
| Níquel                 | 8 902                            | 9,1312  | 0                      | 61,5   | 0,006 76   |
| Cobalto                | 8 850                            | 9,0435  | 0                      | 61,5   | 0,006  |
| Hierro                 | 7 870                            | 8,4865  | 0                      | 98,0   | 0,006 5  |
| Platino                | 21 450                           | 6,6213  | 0                      | 98,5   | 0,003 93   |
| Plomo                  |                                  |   | 20                     | 220  | 0,003 9  |
| Latón (Cu 90 - Zn 10)  | 8 770                            |   | 20                     | 38,0   |  |
| Bronce Fosforoso       | 8 860                            |   | 0                      | 110  | 0,007 4  |
| Constantan             | 8 860                            |   | 0                      | 489  | 0,000 02   |
| Kanthal                | 7 200                            |   | 20                     | 1 350  | 0,000 07   |
| Nicrome                |                                  |   | 20                     | 1 500  | 0,000 4  |

**TABLA 8 : Resistividades y coeficientes de temperatura de varios materiales<sup>8</sup>**

| Material         | Densidad,<br>m Kg/m <sup>3</sup> | N, áto-<br>mos/m <sup>3</sup><br>x 10 <sup>28</sup> | Temp.<br>de ref.<br>°C | Resistividad<br><sup>0</sup><br>ohm.m | Coefficiente de<br>Temperatura<br>, (°C) <sup>-1</sup> |
|------------------|----------------------------------|---|------------------------|---------------------------------------|--|
| Carbón           |                                  |   | 20                     | 3,5 . 10 <sup>-5</sup>                | -0,000 5   |
| Germanio         |                                  |   | 20                     | 0,46                                  | -0,048   |
| Silicio          |                                  |   | 20                     | 640                                   | -0,075   |
| Vidrio           |                                  |   | 20                     | 10 <sup>10</sup> - 10 <sup>14</sup>   |  |
| Caucho duro      |                                  |   | 20                     | ≈10 <sup>13</sup>                     |  |
| Azufre           |                                  |   | 20                     | 10 <sup>15</sup>                      |  |
| Cuarzo (fundido) |                                  |   | 20                     | 7,5 . 10 <sup>17</sup>                |  |

**TABLA 9 : Código de colores para resistores**

<sup>8</sup>*Electronic Designers' Handbook*, L.J. Giacoletto, 2nd ed. McGraw-Hill, 1977.



| Color     | 1ª franja | 2ª franja | 3ª franja<br>multiplicador | 4ª franja<br>tolerancia (%) |
|-----------|-----------|-----------|----------------------------|-----------------------------|
| Negro     | 0         | 0         | 10 <sup>0</sup>            |                             |
| Marrón    | 1         | 1         | 10 <sup>1</sup>            |                             |
| Rojo      | 2         | 2         | 10 <sup>2</sup>            |                             |
| Naranja   | 3         | 3         | 10 <sup>3</sup>            |                             |
| Amarillo  | 4         | 4         | 10 <sup>4</sup>            |                             |
| Verde     | 5         | 5         | 10 <sup>5</sup>            |                             |
| Azul      | 6         | 6         | 10 <sup>6</sup>            |                             |
| Violeta   | 7         | 7         | 10 <sup>7</sup>            |                             |
| Gris      | 8         | 8         | 10 <sup>8</sup>            |                             |
| Blanco    | 9         | 9         | 10 <sup>9</sup>            |                             |
| Oro       |           |           |                            | 5 %                         |
| Plata     |           |           |                            | 10 %                        |
| Sin color |           |           |                            | 20 %                        |

**TABLA 10: Características de los Combustibles Líquidos y Gaseosos<sup>9</sup>**

| Combustible<br>Gaseoso | Densidad, a<br>15 °C<br>Kg/m <sup>3</sup> | Poder Calorífico<br>inferior<br>KJ/m <sup>3</sup> Kcal/Kg  |        | Aire Teórico<br>de<br>Combustión<br>Kg/Kg de gas | Tonalidad<br>Térmica<br>a 0 °C<br>Kcal/l |
|------------------------|---|--|--------|--|--|
| Metano al 97 %         | 0,74                                      | 34 750   | 11 200 | 17,4   | 0,820                                    |
| Propano                | 1,81                                      | 83 317   | 11 000 | 15,8   | 0,900                                    |
| Butano                 | 2,38                                      | 108 438  | 10 900 | 16,5   | 0,870                                    |
| Propano-Butano 50/50   | 2,06                                      | 94 621   | 10 950 | 16,1   | -  |
| Gas de Alumbrado       | 0,60                                      | 15 910   | 10 950 | 8  | 0,800                                    |
| Combustible<br>Líquido | Densidad, a<br>15 °C<br>Kg/m <sup>3</sup> | Poder Calorífico<br>inferior<br>KJ/dm <sup>3</sup> Kcal/Kg |        | Aire Teórico<br>de<br>Combustión<br>Kg/Kg de gas | Tonalidad<br>Térmica<br>a 0 °C<br>Kcal/l |
| Benzol Puro            | 875                                       | 35 169   | 9 600  | 13   | 0,923                                    |
| Alcohol etílico 100 %  | 795                                       | 21 171   | 6 550  | 9  | 0,919                                    |
| Alcohol metílico 100 % | 795                                       | 15 072   | 4 500  | 6,5  | 0,932                                    |
| Aeronafta              | 700 - 750                                 | 33 913   | 10 400 | 14,8   | 0,890                                    |
| Nafta Súper            | 725 - 770                                 | 32 029   | 10 400 | 15   | 0,890                                    |

<sup>9</sup>Motores Endotérmicos, Dante Giacosa, Ed. Omega, 1986.

|                |           |        |        |      |       |
|----------------|-----------|--------|--------|------|-------|
| Nafta Normal   | 710 - 775 |        |        |      |       |
| Kerosén        | 739 - 825 | 33 913 | 10 300 | -    | -     |
| Gas Oil        | 805 - 865 | 35 588 | 10 200 | 14,5 | 0,930 |
| Naftas pesadas | 890       | 36 425 | 9 800  | 14   | 0,930 |

**TABLA 11: Propiedades de Materiales Diamagnéticos o Paramagnéticos<sup>10</sup>**

| Material                     | Densidad,<br>m Kg/m <sup>3</sup> | Temp. de<br>ref.<br>°C | Susceptibilidad Relativa<br>$k_m = k_m - 1$<br>$\times 10^{-6}$ |
|------------------------------|----------------------------------|------------------------|---|
| Aire                         | 1,225                            | 20                     | 0,36  |
| Aluminio                     | 2.698                            | 18                     | 20,7  |
| Carbono (diamante, cúbico)   | 3.520                            | 20                     | -21,7   |
| Carbono (grafito, hexagonal) | 2.250                            | 20                     | -14,1   |
| Cobre                        | 8.960                            | 23                     | -9,68   |
| Germanio                     | 5.326,7                          | 20                     | -7,086  |
| Oro                          | 19.320                           | 18                     | -34,5   |
| Hidrógeno                    | 0,089 9                          | 20                     | -0,004 461  |
| Plomo                        | 11.360                           | 16                     | -15,8   |
| Magnesio                     | 1.740                            | 18                     | 11,8  |
| Manganeso                    | 7.430                            | 20                     | 899   |
| Mercurio                     | 13.546                           | 20                     | -28,38  |
| Oxígeno (sólido)             | 1.568                            | -218,9                 | 12.560  |
| Oxígeno (líquido)            | 1.195,3                          | -202,4                 | 1.903   |
| Oxígeno (gas, a 1 atm)       | 1,429                            | 20                     | 3,871   |
| Platino                      | 21.450                           | 17,1                   | 278,9   |
| Selenio                      | 4.780                            | 20                     | -19   |
| Silicio                      | 2.329                            | 17                     | -3,245  |
| Plata                        | 10.490                           | 23                     | -23,8   |
| Azufre                       | 2.070                            | 18                     | -12,6   |
| Estaño                       | 7.298,4                          | 7                      | -28,6   |
| Telurio                      | 6.240                            | 22                     | -24,3   |
| Tungsteno                    | 19.300                           | 25                     | 77,8  |
| Uranio                       | 19.070                           | 25                     | 411,8   |
| Agua                         | 998,23                           | 20                     | -9,031  |
| Hielo                        | 999,87                           | 0                      | -8,822  |
| Zinc                         | 7.133                            | 20                     | -15,6   |

<sup>10</sup>*Electronic Designers' Handbook*, L.J. Giacoletto, 2nd ed. McGraw-Hill, 1977.

|          |       |    |        |
|----------|-------|----|--------|
| Circonio | 6.489 | 20 | -109,1 |
|----------|-------|----|--------|

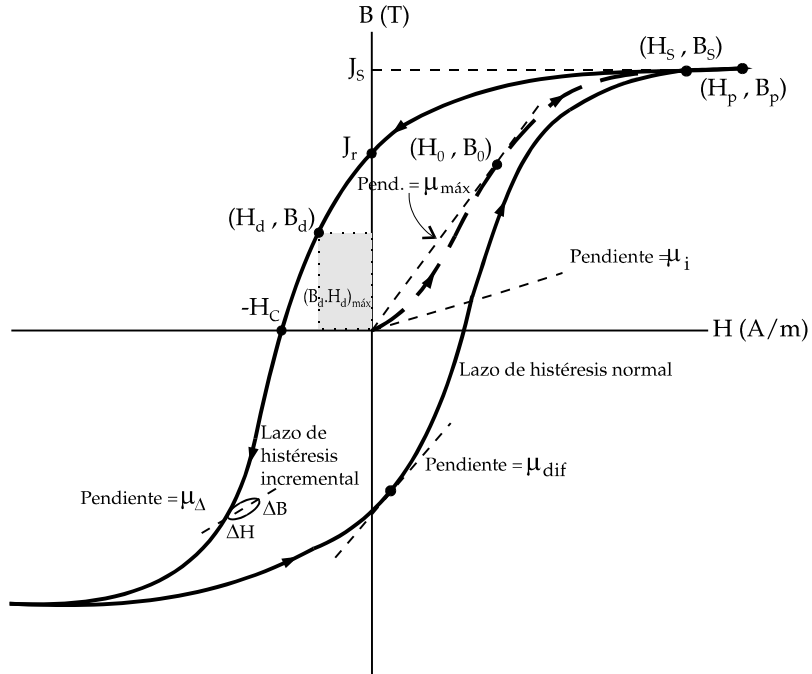
### Efecto de Histéresis :

Muchos materiales magnéticos exhiben una considerable alinealidad e histéresis similar a la mostrada en la figura. El vector Polarización Magnética  $J$ , en Teslas, es sumado al Campo Magnético  $B$  del vacío:

$$B = \mu_0 H + J = (\mu_0 + \mu_m) H$$

Los siguientes valores relacionados con el efecto de histéresis son de interés (ver figura) :

- 1.-  $H$  (Amperes por metro), es el campo magnético aplicado al material. Para una bobina toroidal, en la cual se considera que todo el flujo magnético está contenido dentro de la bobina, el campo magnético aplicado es el potencial magnético dividido por la circunferencia media,  $H = NI / r_0$ .
- 2.-  $B$  (Teslas, ó Webers por metro cuadrado), es la inducción magnética, o densidad de flujo magnético.  $B = \mu_0 H + M$ .
- 3.-  $J$  (Teslas, ó Webers por metro cuadrado), polarización magnética del material. Es la porción de densidad de flujo magnético que es atribuible al material.
- 4.- Curva inicial de magnetización, es la variación inicial de  $B$  en función de  $H$ , cuando no hay polarización magnética residual del material.
- 5.-  $\mu_i$  (Henrios por metro), permeabilidad inicial, es la relación  $B / H$  asociada con la curva inicial de magnetización, cuando  $H$  es incrementado desde cero.
- 6.-  $\mu_{max}$  (Henrios por metro), permeabilidad máxima, es la relación  $B_0 / H_0$  asociada con la curva inicial de magnetización, que corresponde al máximo valor de  $B / H$ .
- 7.-  $\mu_n$  (Henrios por metro), permeabilidad normal, es la relación  $B / H$  asociada a un punto especificado de la curva inicial de magnetización.
- 8.-  $\mu_{dif}$  (Henrios por metro), permeabilidad diferencial  $dB / dH$ , es la pendiente de un punto especificado del lazo de histéresis.
- 9.-  $\mu_{\Delta}$  (Henrios por metro), permeabilidad incremental  $\Delta B / \Delta H$ , es la relación de cambio incremental cuando el valor medio de  $B$  no es cero.
- 10.-  $\mu_{rev}$  (Henrios por metro), permeabilidad reversible, es igual al valor límite de  $\mu_{\Delta}$  cuando  $\Delta H \rightarrow 0$ .



### *Lazo normal de histéresis de un material ferromagnético típico*

- 11.-  $H_p$  y  $B_p$  son los valores de pico de  $H$  y  $B$  asociados al lazo de histéresis.
- 12.-  $H_s$  y  $B_s$  son los menores valores de  $H$  y  $B$  en los cuales la polarización magnética del material, alcanza un valor constante máximo de saturación,  $J_s = B_s - \mu_0 H_s$ .
- 13.-  $J_r$  (Teslas, Webers por metro cuadrado), polarización magnética residual, es la densidad de flujo magnético cuando  $H = 0$  (para una bobina toroidal). El máximo valor de  $J_r$  es la retentividad,  $J_{rs} \leq J_s$ .
- 14.-  $H_d$  y  $B_d$  son valores arbitrarios de desmagnetización de  $H$  y  $B$  asociados con el segundo y cuarto cuadrantes del lazo de histéresis.  $B_{dr}$  es la densidad de flujo magnético remanente asociada a un determinado circuito magnético, después que el potencial magnético es removido. Si no hay entrehierro de aire o alguna otra inhomogeneidad en el circuito magnético,  $B_{dr} \rightarrow J_r$ . El máximo valor de  $B_{dr}$  asociado a un circuito magnético determinado, es la remanencia  $B_{dm}$ . Si no hay entrehierro de aire o alguna otra inhomogeneidad en el circuito magnético,  $B_{dm} \rightarrow J_{rs}$ .
- 15.-  $B_d H_d$  (Joules por metro cúbico), energía por unidad de volumen, es un producto asociado a un valor arbitrario de  $H_d$ ,  $B_d$ .
- 16.-  $(B_d H_d)_{\max}$  es el máximo valor del producto energía por unidad de volumen.

17.-  $H_c$  (Amperes por metro), campo magnético coercitivo, es el valor de  $-H_d$  asociado a  $B_d = 0$  cuando el material esta cíclica y simétricamente magnetizado en condición de variación pseudo-estática (muy lenta en el tiempo).

18.-  $H_{cs}$  (Amperes por metro), coercitividad, es el máximo valor del campo magnético coercitivo.

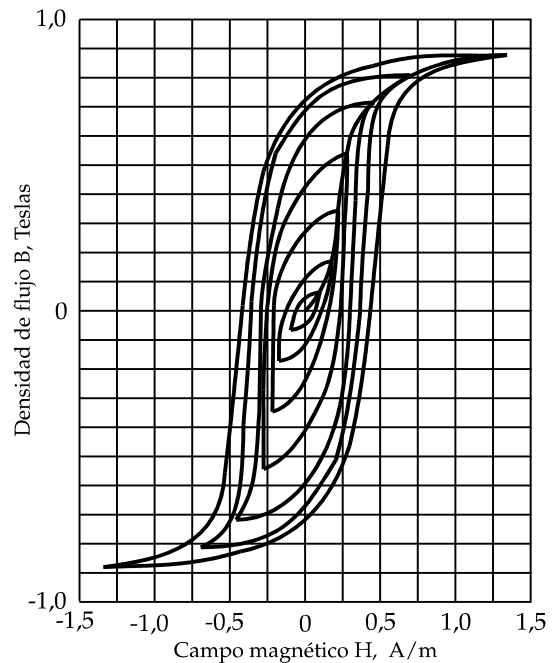
19.- CM, condición cíclicamente magnetizado. Un material magnético está en condición cíclicamente magnetizado luego de haber sido sometido a un suficiente número de ciclos iguales de magnetización, la curva B-H es cerrada y substancialmente idéntica ciclo a ciclo.

20.- CSM, condición cíclicamente y simétricamente magnetizado. Un material magnético está en condición CSM cuando la curva cerrada B-H sufre una inversión simétrica respecto del origen.

21.- Ciclo de histéresis B-H, es el lazo obtenido por una suave y lenta variación de H, en CM.

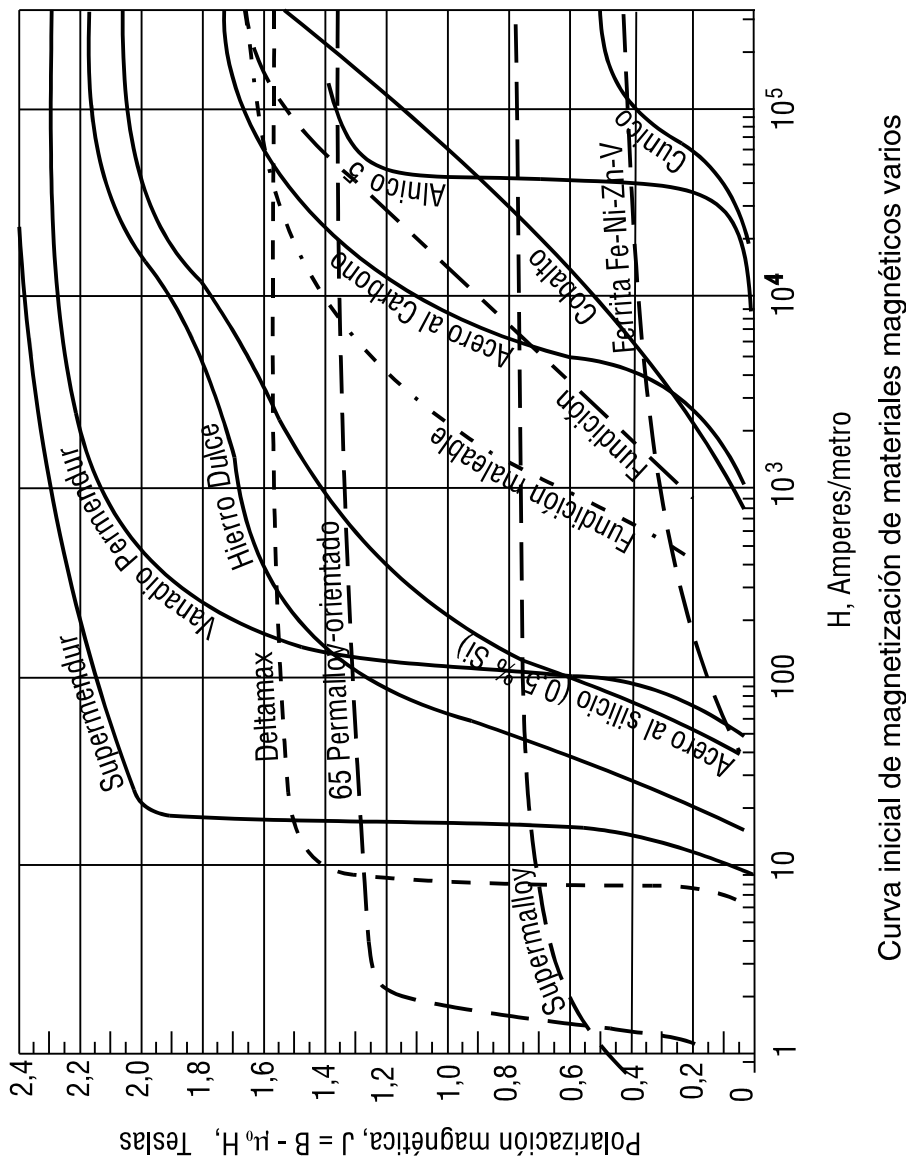
22.- Ciclo normal de histéresis B-H, es el lazo obtenido por una suave y lenta variación de H, en CSM.

23.- Energía del ciclo de histéresis  $U_h / v$ , es la energía por unidad de volumen absorbida por el material magnético, en condición de variación pseudo-estática alrededor del ciclo normal de histéresis. Es el área encerrada por el ciclo normal de histéresis.



*Lazo de histéresis del Permalloy para diferentes picos de campos magnéticos*

Curva inicial de magnetización de materiales magnéticos <sup>11</sup>:



<sup>11</sup>Adaptado de *Electrical Materials Handbook*, Allegheny Ludlum Steel Corp., 1961.

**TABLA 12: Propiedades de Materiales Ferromagnéticos Blandos<sup>12</sup>**

| Material                     | Densidad<br>$\rho_m \text{ Kg/m}^3$ | Temp.<br>de<br>Curie<br>$T_c$<br>°C | Resisti-<br>vidad<br>$\Omega\text{m} \cdot 10^{-7}$ | Permeab<br>ilidad<br>inicial<br>$\mu_i$ | Permeab<br>ilidad<br>máxima<br>$\mu_{\text{máx}}$ | $H_s$<br>A/m | $B_s$<br>T | Energía<br>del lazo<br>$U_h/v$<br>J/m |
|------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|---|---|---|--------------|------------|---------------------------------------|
| Hierro                       | 7 880                               | 770                                 | 1   | 10 000                                  | $2,9 \cdot 10^5$                                  | 13,5         | 2,158      | 30                                    |
| Acero dúctil <sup>13</sup>   | 7 859                               | 770                                 | 1   | 120                                     | 2 000   | 4 000        | 2,12       | 500                                   |
| Níquel                       | 8 902                               | 358                                 | 0,706   | 220                                     | 645   | 22 000       | 0,62       | 200                                   |
| Cobalto                      | 8 850                               | 1 115                               | 0,586   | 70                                      | 250   | 150 000      | 1,79       | 200                                   |
| Hierro-Silicio <sup>14</sup> | 7 650                               | 740                                 | 4,7   | 1 500                                   | 50 000  | 19 500       | 2          |                                       |
| Hierro-Silicio <sup>15</sup> | 7 650                               | 740                                 | 4,7   | 1 500                                   | 50 000  | 19 500       | 2          | 143                                   |
| Acero (1 % C)                | 7 830                               | 770                                 | 1,2   | 200                                     | 3 800   | 50 000       | 2          |                                       |
| Deltamax <sup>16</sup>       | 8 250                               | 500                                 | 4,5   | 500                                     | $1,5 \cdot 10^5$                                  | 800          | 1,55       | 33                                    |
| Supermalloy <sup>17</sup>    | 8 770                               | 400                                 | 6   | 100 000                                 | $10 \cdot 10^5$                                   |              | 0,79       | 0,8                                   |
| Vanadio                      | 8 150                               | 980                                 | 4   | 800                                     | 8 000   | 80 000       | 2,4        | 600                                   |
| Permendur <sup>18</sup>      |                                     |                                     |   |   |   |              |            |                                       |
| Mumetal <sup>19</sup>        | 8 580                               | 400                                 | 6,2   | 20 000                                  | 290 000   |              | 0,65       | 4                                     |

**TABLA 13: Propiedades de Materiales Ferromagnéticos Duros<sup>20</sup>**

| Material | Densidad<br>$\rho_m \text{ Kg/m}^3$ | Temp.<br>de<br>Curie<br>$T_c$<br>°C | Resisti-<br>vidad<br>$\Omega\text{m} \cdot 10^{-7}$ | Retentivi<br>dad<br>$J_{rs}$<br>T | Coercitiv<br>idad<br>$H_{cs}$<br>A/m | Densidad de<br>Flujo de<br>Saturación<br>$B_s$<br>T | Energía<br>del lazo<br>$U_h/v$<br>J/m <sup>3</sup> |
|----------|-------------------------------------|-------------------------------------|---|-----------------------------------|--------------------------------------|---|--|
|----------|-------------------------------------|-------------------------------------|---|-----------------------------------|--------------------------------------|---|--|

<sup>12</sup>Electronic Designers' Handbook, L.J. Giacoletto, 2nd ed. McGraw-Hill, 1977.

<sup>13</sup> Acero al 0,2 % de Carbono

<sup>14</sup> 3 % de Silicio

<sup>15</sup> 3 % de Silicio grano orientado, Silectron, grado M-5

<sup>16</sup> 50 % Níquel, Hierro

<sup>17</sup> 79 % Níquel, 5 % Molibdeno

<sup>18</sup> 49 % Cobalto, 2 % Vanadio

<sup>19</sup> 77 % Níquel, 5 % Cobre, 2 % Cromo

<sup>20</sup>Electronic Designers' Handbook, L.J. Giacoletto, 2nd ed. McGraw-Hill, 1977.

|                               |       |     |     |       |        |      |         |
|-------------------------------|-------|-----|-----|-------|--------|------|---------|
| Acero SAE1095                 | 7 730 | 770 | 2   | 0,9   | 3 980  | 1,98 |         |
| Acero al Cromo <sup>21</sup>  | 7 760 | 760 | 2,9 | 0,9   | 4 780  | 1,7  | 17 500  |
| Acero alTungst. <sup>22</sup> | 8 300 | 760 | 3   | 1,05  | 5 170  | 1,65 | 14 000  |
| Vicalloy 1 <sup>23</sup>      | 8 200 |     | 6,7 | 0,9   | 23 880 | 1,43 | 100 000 |
| Cunico 1 <sup>24</sup>        | 8 300 |     |     | 0,34  | 56 520 | 0,5  | 93 300  |
| Alnico 5DG <sup>25</sup>      | 7 310 | 890 | 4,7 | 1,33  | 54 500 | 1,4  |         |
| Acero al Mang. <sup>26</sup>  |       |     |     | 0,538 | 14 200 |      |         |
| Vectolite <sup>27</sup>       | 3 130 | 300 |     | 0,16  | 79 600 | 0,48 |         |

---

<sup>21</sup> Cromo 3 %, Carbono 0,9 %, Manganeso 0,3 %

<sup>22</sup> Tungsteno 6 %, Carbono 0,7 %, Cromo 0,3 %

<sup>23</sup> Cobalto 52 %, Hierro 38,5 %, Vanadio 9,5 %

<sup>24</sup> Cobre 50 %, Cobalto 29 %, Níquel 21 %

<sup>25</sup> Hierro 50,5 %, Cobalto 24 %, Níquel 14,5 %, Aluminio 8 %, Cobre 3 %

<sup>26</sup> Hierro 83,55 %, Manganeso 14 %, Titanio 1,4 %, Silicio 0,6 %, Aluminio 0,4 %, Carbono 0,05 %

<sup>27</sup> Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> 44 %, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 30 %, Co<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 26 %



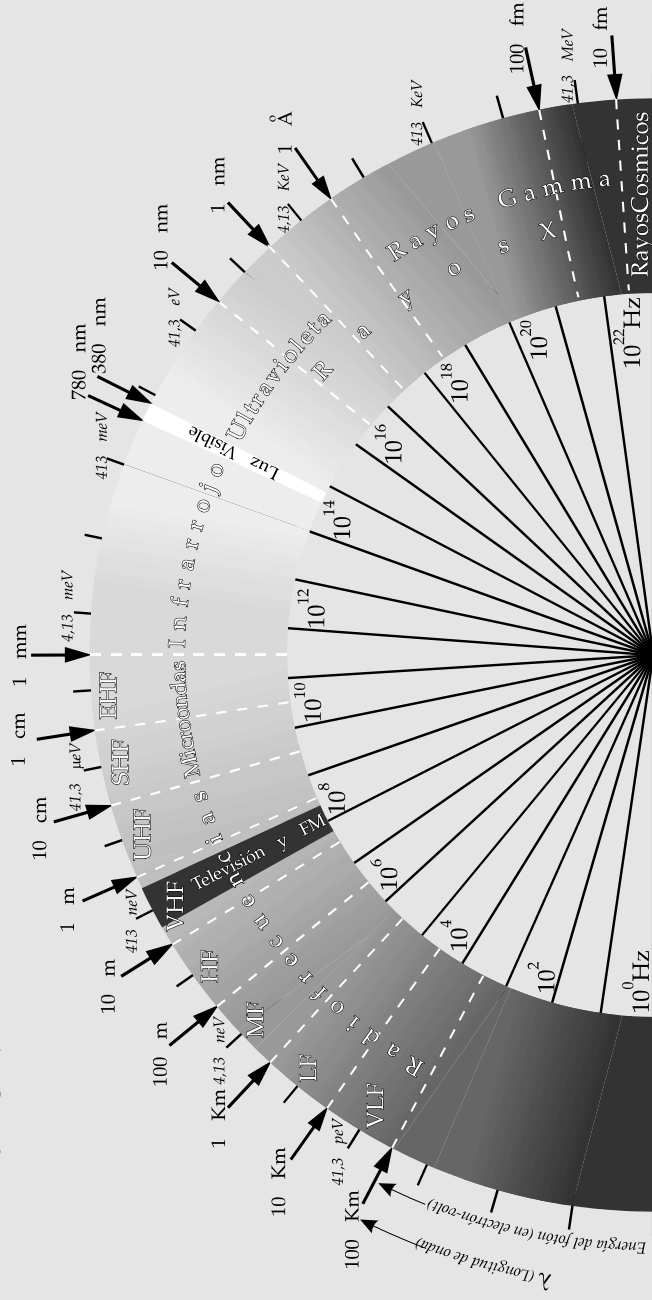
# ESPECTRO de RADIACION ELECTROMAGNÉTICA

## ESPECTRO de RADIOFRECUENCIAS:

|                            |              |
|----------------------------|--------------|
| VLF (Very-Low Frequency)   | 3 - 30 kHz   |
| LF (Low Frequency)         | 30 - 300 kHz |
| MF (Medium Frequency)      | 0.3 - 3 MHz  |
| HF (High-Frequency)        | 3 - 30 MHz   |
| VHF (Very-High Frequency)  | 30 - 300 MHz |
| UHF (Ultra-High Frequency) | 0.3 - 3 GHz  |
| SHF (Super-High Frequency) | 3 - 30 GHz   |
| EHF (Extra-High Frequency) | 30 - 300 GHz |

## ESPECTRO VISIBLE:

|          |              |
|----------|--------------|
| rojo     | 780 - 622 nm |
| naranja  | 622 - 597 nm |
| amarillo | 597 - 577 nm |
| verde    | 577 - 492 nm |
| azul     | 492 - 455 nm |
| violeta  | 455 - 390 nm |



**TABLA 14 : Índices de refracción a  $t = 20^\circ \text{C}$  y luz de  $\lambda_0 = 589 \text{ nm}$  (en el vacío)<sup>28</sup>**

| Sustancia                          | Estado                            | Índice de refracción |
|------------------------------------|-----------------------------------|----------------------|
| Agua                               | líquido                           | 1,333                |
| Aire                               | gas a $0^\circ \text{C}$ , 1 atm. | 1,000293             |
| Alcohol etílico                    | líquido                           | 1,361                |
| Benceno                            | líquido                           | 1,501                |
| Circón                             | sólido                            | 1,923                |
| Cloruro de sodio (ClNa)            | sólido                            | 1,544                |
| Cuarzo fundido ( $\text{SiO}_2$ )  | sólido                            | 1,458                |
| Diamante (C)                       | sólido                            | 2,419                |
| Dióxido de carbono                 | gas a $0^\circ \text{C}$ , 1 atm. | 1,00045              |
| Disulfuro de carbono               | líquido                           | 1,628                |
| Fluorita ( $\text{F}_2\text{Ca}$ ) | sólido                            | 1,434                |
| Glicerina                          | líquido                           | 1,473                |
| Hielo ( $\text{H}_2\text{O}$ )     | sólido                            | 1,309                |
| Poliestireno                       | sólido                            | 1,490                |
| Tetracloruro de carbono            | líquido                           | 1,461                |
| Vidrio crown                       | sólido                            | 1,520                |
| Vidrio flint                       | sólido                            | 1,66                 |

**TABLA 15: Cristales birrefringentes : índices de refracción para  $\lambda_0 = 589,3 \text{ nm}$ <sup>29</sup>**

| Cristal                                     | $\eta_o$ | $\eta_E$ | $\eta_o / \eta_E$ |
|---|----------|----------|-------------------|
| Calcita ( $\text{CO}_3\text{Ca}$ )          | 1,658    | 1,486    | 1,116             |
| Cloruro de Zinc ( $\text{Cl}_2\text{Zn}$ )  | 1,687    | 1,713    | 0,985             |
| Cuarzo ( $\text{SiO}_2$ )                   | 1,544    | 1,553    | 0,994             |
| Nitrato de Sodio ( $\text{NO}_3\text{Na}$ ) | 1,587    | 1,336    | 1,188             |
| Sulfato de Sodio ( $\text{SO}_3\text{Na}$ ) | 1,565    | 1,515    | 1,033             |
| Sulfuro de Zinc (SZn)                       | 2,356    | 2,378    | 0,991             |

<sup>28</sup>FISICA Tercera Edición Tomo II, Raymond A. Serway, 1993.

<sup>29</sup>FISICA Tercera Edición Tomo II, Raymond A. Serway, 1993.

## SUGERENCIAS para la RESOLUCIÓN de PROBLEMAS

- Lea atentamente el enunciado del mismo. Los datos incluidos sirven para resolver directamente el problema, o para deducir aquellos datos que permitan resolver el problema.
- Efectúe siempre un gráfico ó dibujo asociado al problema, aunque el enunciado no lo incluya. Esto le permitirá ubicarse rápidamente en el camino de la resolución.
- Si los datos no le permiten resolver de inmediato el problema, investigue mediante qué fórmulas, ecuaciones o tablas puede acceder a los mismos, desde los datos que le plantea el problema.
- En clase, usted podrá consultar apuntes o libros para encontrar las ecuaciones, leyes, reglas o constantes que necesite, pero recuerde que mientras mejor y más hábil sea su manejo personal de las mismas, más rápidamente podrá resolver el problema, y con menos posibilidades de error.
- Debe manejar perfectamente los conocimientos de las materias correlativas a ésta, o sea lo relativo a cálculo de superficies y volúmenes, derivadas, integrales, ecuaciones de orden  $n$ , resolución de matrices, mecánica, cinemática, dinámica, etc.
- Efectúe en todas la ecuaciones, el Análisis de Unidades correspondiente mientras trabaja, esto le permitirá asegurar, y corroborar dimensionalmente los resultados.
- Ordene la presentación de sus problemas. Es sugerible colocar en el extremo izquierdo de la hoja, la ecuación de partida, y, luego de hallado el resultado, repetirlo recuadrado en el extremo derecho de la hoja.
- En los exámenes, coloque siempre el nombre de la materia, su nombre, y la fecha, en el extremo superior derecho de todas las hojas. En la resolución de los problemas, no saltee ningún paso; de esta forma el Docente que lo examina, evaluará mejor sus conocimientos.

Ing. Rubén A. ROCCHIETTI  
marzo, 1995.-



## UNIDAD TEMÁTICA I : CAMPO ELÉCTRICO

### 1.- La carga eléctrica. Ley de Coulomb. Unidades.

1.1.- Dos cargas puntuales eléctricas positivas, cuyos valores son  $q_1 = 4 \mu\text{Coul}$  y  $q_2 = 1 \mu\text{Coul}$ , se encuentran separadas a una distancia  $r = 2 \text{ cm}$ . ¿Cuál es el valor y sentido de las fuerzas coulombianas que aparecen ?

1.2.- La masa de un cuerpo muy pequeño parece disminuir en 0,1 gramo cuando se coloca debajo de él y a 3 centímetros de distancia una carga positiva de 0,4 pC. Calcule el signo y el valor de la carga en el primer cuerpo.

1.3.- Calcular y dibujar las fuerzas que actúan sobre la carga  $q_1$ , siendo  $q_1 = 2 \mu\text{C}$  y  $q_2 = q_3 = q_4 = -3 \mu\text{C}$ .

1.4.- Tomando los datos y el dibujo del ejercicio anterior, calcule cuanto debería valer  $q_4$  para que la resultante de fuerzas sobre  $q_1$  sea igual a cero.

1.5.- Dos esferas de iguales radios y pesos están suspendidas de hilos de manera que sus superficies se toquen.

Después de comunicarles una carga de  $q_0 = 0,4 \mu\text{C}$  a cada una, se han repelido y distanciado formando los hilos un ángulo de  $60^\circ$ . Halle el peso de las esferas si la distancia desde el punto de suspensión hasta el centro de la esfera es igual a 20 centímetros.

1.6.- Tres bolitas, cada una con masa igual a 10 g se cuelgan separadamente de un mismo punto mediante hilos de seda, cada uno de 1 m de largo. Las bolitas tienen exactamente la misma carga, y quedan suspendidas en los vértices de un triángulo equilátero de 0,1 m de largo cada lado. ¿Cuál es la carga que tiene cada bola ?

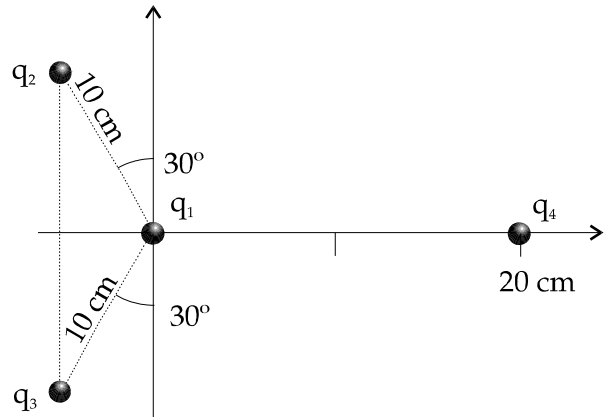


Fig. 1.3

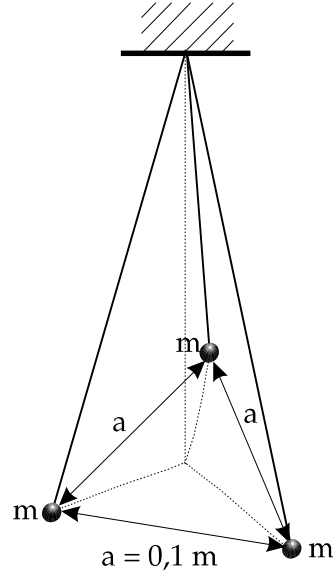


Fig. 1.6

## 2.- Campo eléctrico. Su representación. Cálculo del campo en configuraciones discretas y continuas: hilo y plano cargados.

2.1.- Se tiene una esfera conductora de radio  $r = 10 \text{ cm}$  la cual posee una carga distribuida homogéneamente en toda su superficie cuyo valor es  $q = 10 \mu\text{C}$ . Grafique el valor del módulo del Campo Eléctrico  $E$  en función de la distancia  $r$  al centro de la esfera, para  $0 < r < 50 \text{ cm}$  explicitando el valor de  $r = 0$ ,  $r = 10 \text{ cm}$ ,  $r = 20 \text{ cm}$  y  $r = 50 \text{ cm}$ . Dibuje las líneas de fuerza del campo.

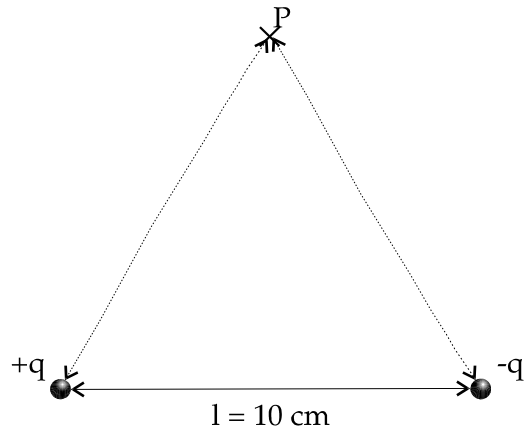


Fig. 2.2

2.2.- Calcular y dibujar el valor del Campo Eléctrico  $E_p$  en el punto  $P$  ubicado en el vértice de un triángulo equilátero, en cuyos otros dos vértices se encuentran situadas sendas cargas eléctricas puntuales  $+q$  y  $-q$ , siendo el valor de  $q = 1 \mu\text{C}$ .

2.3.- Siendo  $q_1 = 1 \mu\text{C}$  y  $q_2 = 2 \mu\text{C}$ , ¿ en qué punto de la línea que une a las dos cargas es nula la intensidad  $E$  del Campo Eléctrico?

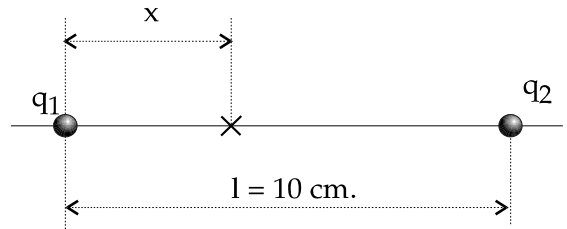


Fig. 2.3

2.4.- Se tiene un pequeño objeto de masa  $m = 1 \text{ g}$  cargado con una carga  $q = 1 \mu\text{C}$ , en un recinto en el cual podemos ajustar el valor del Campo Eléctrico a voluntad. ¿Cuál será el valor del Campo Eléctrico que debemos aplicar sobre el objeto para contrarrestar la fuerza de gravedad y quede suspendido en el espacio ? ¿ Hacia donde debe estar dirigido ?

2.5.- Determinar el módulo, dirección y sentido del Campo Eléctrico  $E$  en el centro del cuadrado de la figura.

Datos:  $q_1 = 1 \mu\text{C}$  ;  $a = 50 \text{ cm}$ .

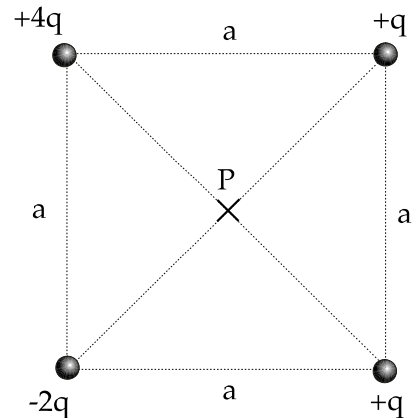


Fig. 2.5

2.6.- Un electrón que se mueve con una velocidad de  $5 \cdot 10^6 \text{ m/s}$  se dispara paralelamente a un campo eléctrico de intensidad  $E = 10^3 \text{ N/C}$  colocado de modo que retarde su movimiento.

a) ¿ Hasta donde llegará el electrón en el campo antes de quedar momentáneamente en reposo?

b) ¿ Cuanto tiempo transcurrirá?

c) Si el campo eléctrico termina bruscamente después de  $0,8 \text{ cm}$ , ¿ qué fracción de su energía inicial pierde el electrón al atravesarlo?

2.7.- Un péndulo, cuya esfera es de 2 g, se encuentra en un campo eléctrico horizontal de 5000 N/C. En estado de equilibrio el péndulo hace un ángulo de  $25^\circ$  con la vertical. ¿Cuál es la carga que tiene la esfera del péndulo?

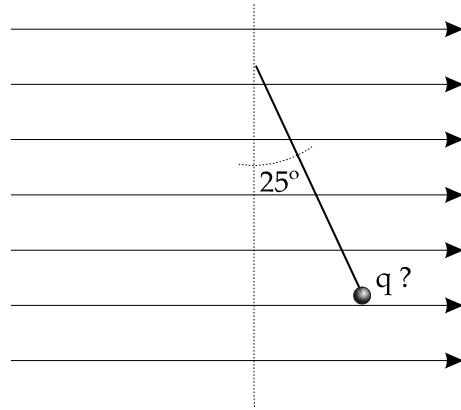


Fig. 2.7

2.8.- Una esfera cargada cuelga de un hilo en una región con Campo Eléctrico vertical de valor  $E = 12.000 \text{ N/C}$ . Cuando el Campo se dirige hacia arriba, la tensión en el hilo es de 48 mN. Cuando el campo se dirige hacia abajo, la tensión es cero. Encuéntrese la masa y la carga de la esfera.

2.9.- Una línea continua de carga se encuentra a lo largo del eje  $x$  extendiéndose desde  $x = +x_0$  y se extiende hasta el infinito positivo. La línea posee una densidad de carga uniforme  $\lambda$ . ¿Cuál es la magnitud y la dirección del campo eléctrico en el origen?

2.10.- Un anillo de radio  $R = 10$  centímetros formado por un conductor está cargado negativamente y lleva una carga  $q = -5 \text{ pC}$ . a) Halle la intensidad del campo eléctrico en el eje del anillo en los puntos situados a la distancia  $L$  del centro del anillo, iguales a 0, 5, 8, 10 y 15 centímetros. b) ¿A qué distancia  $L$  del centro del anillo la intensidad del campo eléctrico será máxima?

2.11.- Un disco uniformemente cargado de radio 35 cm tiene una densidad de carga de  $7,9 \text{ mC/m}^2$ . Calcule el campo eléctrico sobre el eje del disco a una distancia del centro de éste de a) 5 cm, b) 10 cm, c) 50 cm y d) 200 cm.

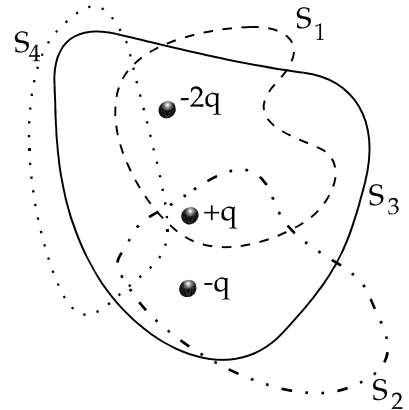
### 3.- Flujo del campo eléctrico e integral de Gauss: aplicación a plano, cilindro y esfera cargados.



3.1.- En un día claro, el campo eléctrico cerca de la superficie de la Tierra es de  $100 \text{ N/C}$  apuntando radialmente hacia el centro. Si el mismo campo eléctrico existe en cualquier punto de la superficie de la Tierra, determine la carga total que debería estar almacenada en la Tierra.

3.2.- Calcular el valor de la integral de Gauss a través de las superficies gaussianas que se muestran:

3.3.- El campo eléctrico sobre cualquier punto en la superficie de una esfera hueca de radio  $11 \text{ cm}$  se mide y es igual a  $3,8 \cdot 10^4 \text{ N/C}$  apuntando radialmente hacia afuera desde el centro de la esfera. a) ¿Cuál es el flujo eléctrico a través de esa superficie? b) ¿Cuánta carga es encerrada por esa superficie?



3.4.- Una carga de  $170 \mu\text{C}$  está en el centro de un cubo de lado  $80 \text{ cm}$ . a) Encuentre el flujo eléctrico a través de cada cara del cubo. b) Encuentre el flujo a través de toda la superficie del cubo. c) ¿Cambiarían sus respuestas para a) y b) si la carga no estuviera en el centro? Dé una explicación

fig. 3.2

3.5.- Dos grandes placas metálicas están ubicadas en forma paralela, frente a frente, y están cargadas. Una con carga positiva y la otra con carga negativa con densidades superficiales respectivamente en sus superficies interiores. Aplique Gauss para determinar cuanto vale el campo eléctrico en el espacio comprendido entre ambas placas, y en el espacio exterior a las mismas.

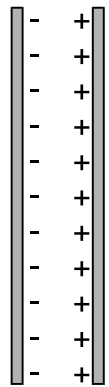


fig. 3.5

3.6.- Calcular el flujo del Campo Eléctrico que atraviesa un hemisferio de radio  $R$ . El campo  $E$  es uniforme y paralelo al eje del hemisferio.

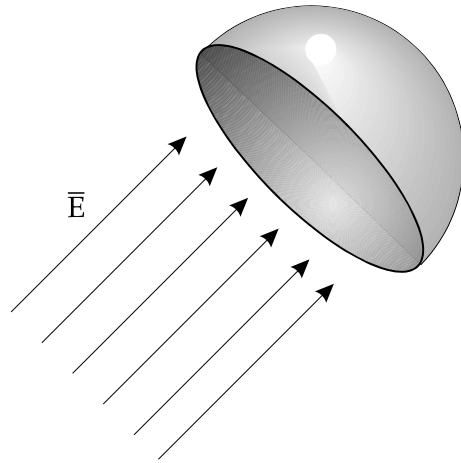


fig. 3.6

3.7.- Una carga  $q = 10 \mu\text{C}$  se ubica en el origen de un sistema de coordenadas en forma coincidente con el vértice de un cubo, tres de cuyas aristas coinciden con los ejes  $x, y, z$ . El lado del cubo es de  $0,10 \text{ m}$ . Averiguar el flujo del Campo  $E$  a través de cada una de las caras del cubo. Si el lado del cubo fuera de  $0,20 \text{ m}$ , ¿qué pasaría con el valor de dicho flujo?

3.8.- Se tiene una esfera no conductora de radio  $r = 10 \text{ cm}$ , en cuyo interior se encuentra distribuída homogéneamente en todo su volumen, una carga positiva  $q$  cuyo valor total es  $q = 1000 \mu\text{C}$ . Aplicando Gauss, hallar la ley de variación del Campo Eléctrico  $E$  en función de la distancia al centro de la esfera.

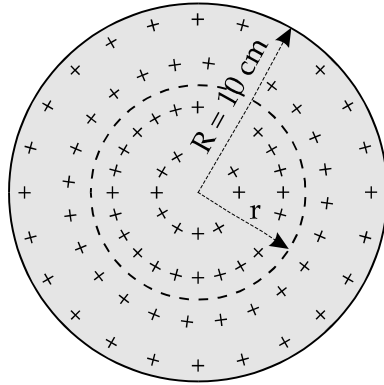


fig. 3.8

3.9.- Una pared no conductora tiene un densidad de carga uniforme de  $8.6 \mu\text{C}/\text{cm}^2$ . ¿Cuál es el campo eléctrico a una distancia de  $7 \text{ cm}$  de la pared? ¿El resultado variaría si se cambia la distancia a la pared?

3.10.- Una placa plana delgada y muy grande de aluminio de área  $A$  tiene una carga total  $Q$  uniformemente distribuida sobre sus superficies. Si la misma carga se esparce de manera uniforme sobre la superficie superior de otra placa idéntica de vidrio, compare los campos eléctricos precisamente sobre el centro de la superficie superior de cada placa.

3.11.- Encuéntrese el campo eléctrico a una distancia  $r$  de una carga lineal positiva uniforme cuya carga por unidad de longitud es  $\lambda = \text{constante}$

3.12.- Un alambre recto y largo es rodeado por un cilindro hueco cuyo eje coincide con el alambre. El alambre sólido tiene una carga por unidad de longitud de  $+\lambda$  y el cilindro hueco tiene una carga neta por unidad de longitud de  $+2\lambda$ . Con esta información, utilice la ley de Gauss para determinar : a) la densidad de carga en la placa, b) el campo eléctrico precisamente sobre la placa y c) el campo eléctrico precisamente bajo la placa.

## UNIDAD TEMÁTICA II : POTENCIAL ELÉCTRICO

### 4.- Trabajo y potencial en el campo eléctrico.

4.1.- En el Modelo de BOHR del átomo de hidrógeno, los electrones giran en un círculo de radio 0.053 nm alrededor del núcleo.

a) ¿ Con qué rapidez se moverán los electrones en esta órbita ?

b) ¿ Cuanta energía se necesita para arrancar el electrón del átomo ?

4.2.- Tres cargas se colocan en los vértices de un triángulo equilátero de lado  $a = 20$  cm. Si  $q = 1 \mu\text{C}$  determinar el valor de la energía potencial mutua del sistema.

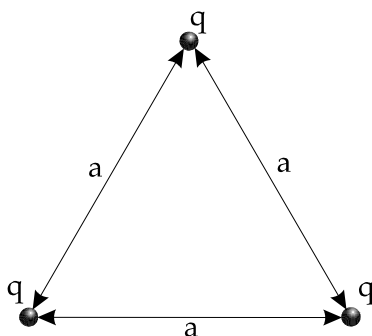
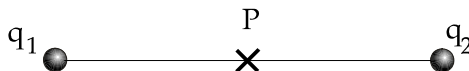


fig. 4.2

4.3.- Dado un sistema de coordenadas  $(x, y, z)$  ubicamos una carga puntual positiva de valor  $q = 50 \mu\text{C}$  en el punto  $P = (0, 10 \text{ cm}, 0)$ . Hallar el valor del Potencial Eléctrico en el punto  $A = (0, 10 \text{ cm}, 10 \text{ cm})$  y  $B = (10 \text{ cm}, -10 \text{ cm}, 20 \text{ cm})$ . ¿ Cómo y cuánto será el intercambio de energía producido para trasladar una carga  $q = 1 \mu\text{C}$  desde el punto  $A$  hasta el punto  $B$  ?

4.4.- Dos cargas  $q_1 = +3 \mu\text{C}$  y  $q_2 = +5 \mu\text{C}$ , están separadas por una distancia de 60 cm. Encuéntrese la magnitud del campo eléctrico y el potencial absoluto de un punto situado a la mitad de la distancia entre ellos.



4.5.- ¿ En qué puntos sobre la recta que une las cargas puntuales de la figura, el potencial se hace igual a cero ?

fig. 4.4

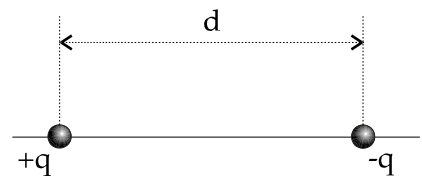


fig. 4.5

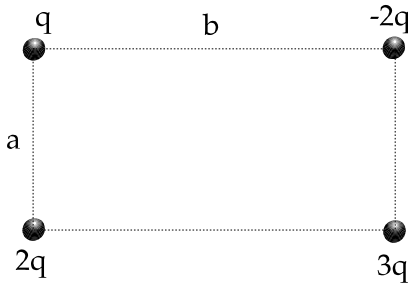


fig. 4.6

4.6.- Calcúlese  $U_e$  para la configuración de las cargas representadas en la figura, donde  $a = 0,20 \text{ m}$ ,  $b = 0,40 \text{ m}$  y  $q = 10 \text{ } \mu\text{C}$ .

4.7.- Se tiene un Campo Eléctrico paralelo al eje  $z$  y orientado en su sentido positivo. Calcúlese el trabajo requerido para desplazar una carga  $q = 5 \text{ } \mu\text{C}$  en cada tramo de la trayectoria ABCD, siendo sus coordenadas  $A = (0; 0; 0)$ ,  $B = (0; 1,2; 0) \text{ m}$ ,  $C = (0; 1,2; -3) \text{ m}$ ,  $D = (1,5; 1,2; -3) \text{ m}$ .  
 $E = 2000 \text{ N/C}$ .

4.8.- Dos esferas metálicas de  $3 \text{ cm}$  de radio, tienen cargas de  $10 \text{ nC}$  y  $30 \text{ nC}$ , respectivamente. Si sus centros se encuentran separados  $2 \text{ m}$ , calcular :

a) El potencial en el punto situado a la mitad entre sus centros;  
 b) El potencial de cada esfera.

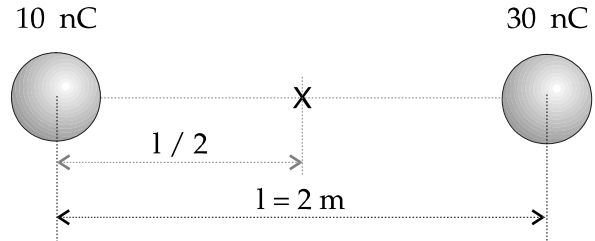


fig. 4.8

4.9.- Una gota esférica de agua que tiene una carga de  $100 \text{ pC}$  tiene un potencial de  $600 \text{ V}$  en su superficie.

- ¿Cuál es el radio de la gota ?
- Si dos gotas iguales de la misma carga y radio se combinan para formara una sola gota esférica, ¿ cuál es el potencial en la superficie de la nueva gota así formada ?

**5.- Superficies Equipotenciales. Cálculo del potencial en configuraciones de carga discretas y continuas: casos de planos, esfera y cilindro cargados.**

5.1.- Se tiene una esfera de material conductor de radio  $r = 15$  cm a la cual se le ha aplicado una carga  $q = 0,5 \mu\text{C}$ . Calcular el potencial en la superficie de la esfera y graficar el potencial en función de la distancia  $r$  al centro de la esfera. Calcular el potencial de la superficie esférica equipotencial de  $r = 1,5$  m.

5.2.- En una cierta región, el Campo Eléctrico está dado por  $E = 5000 u_x - 3000 u_y$  V/m. Encuéntrese la diferencia de potencial  $V_b - V_a$ , si A es punto cuyas coordenadas coinciden con el origen, y el punto B es  $(0, 0, 5)$  m. Repítase este procedimiento si B es un punto de coordenadas  $(4, 0, 3)$  m.

(Sugerencia: ya que el campo es conservativo, úsese cualquier trayectoria conveniente).

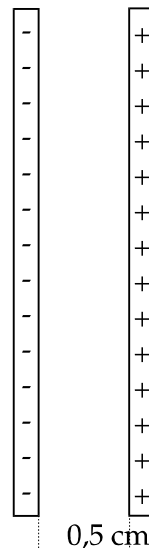


fig. 5.3

5.3.- Supóngase que las placas metálicas paralelas representadas en la figura están separadas por una distancia de 0,50 cm y además conectadas a una batería de 90 V. Encuéntrese el campo eléctrico entre ellas y la densidad superficial de carga sobre cada placa.

5.4.- Una placa metálica infinita tiene una densidad superficial de carga uniforme de  $3 \text{ nC/m}^2$ . ¿ A qué distancia de la placa se encuentran los planos equipotenciales que difieren en potencial por 6 V respecto de la placa ?

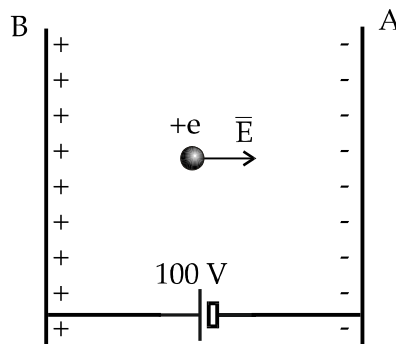


fig. 5.5

5.5.- La diferencia de potencial entre las dos placas de la figura es de 100 V. Si el sistema está en el vacío, ¿ cuál será la rapidez de un protón justo antes de golpear a la placa A, si éste se deja en un punto arbitrario de la placa B ?

5.6.- Encuéntrese  $V_a$ ,  $V_b$ , y  $V_b - V_a$ , para la situación que se muestra en la figura.

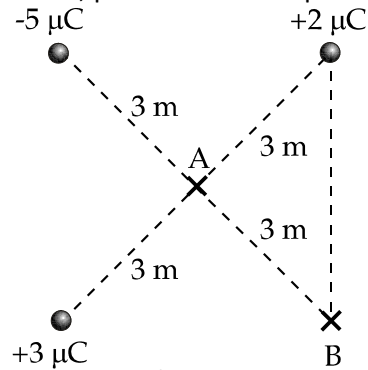


fig. 5.6

5.7.- En una cierta región del espacio, el campo eléctrico está dirigido hacia la dirección positiva del eje "y" y tiene una magnitud de 4000 V/m. ¿Cuál es la diferencia de potencial entre un punto cuyas coordenadas son las del origen y los siguientes puntos:

- a)  $x = 0, y = 20 \text{ cm}, \quad z = 0;$
- b)  $x = 0, y = -30 \text{ cm}, \quad z = 0;$
- c)  $x = 0, y = 0, \quad z = 15 \text{ cm} ?$

5.8.- Dos grandes placas metálicas paralelas (separadas por una división de 3 mm) se cargan con una diferencia de potencial de 12 V,

- a) ¿cuál es el campo eléctrico entre ellas ?
- b) la batería se desconecta en esta situación y las placas se separan hasta que entre ellas media una distancia de 5 mm. ¿Cuál es el nuevo campo eléctrico entre ellas y cuál es ahora la diferencia de potencial?

5.9.- Las placas metálicas paralelas que se muestran en la figura están separadas por una distancia de 10 cm y la diferencia de voltaje entre ellas es de 28 V. Una pequeña esfera de masa de 0,60 g cuelga atada a un hilo desde la placa superior. ¿Cuál es la tensión en el hilo si la esfera tiene una carga de  $20 \mu\text{C}$  ? Hay dos respuestas posibles. Encuéntrense ambas.

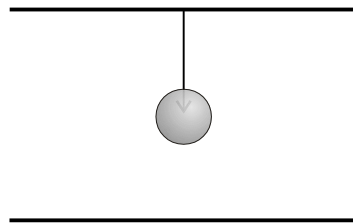


fig. 5.9

5.10.- El haz de electrones en un tubo de televisión consiste en electrones acelerados

desde el reposo a través de una diferencia de potencial de casi 20.000 V. ¿ Que tanta energía en electrón-volt tienen los electrones ? ¿Cuál es su rapidez ? Ignórense los efectos relativos para estos cálculos aproximados.

5.11.- Se desea acelerar un protón desde el reposo hasta una velocidad de  $5.0 \cdot 10^6$  m/s,

a) ¿ a través de qué diferencia de potencial debe cruzar el protón ?

b) ¿ cuál será su energía cinética en electrón volts ?

5.12.- Un electrón se dispara desde una placa grande hacia una segunda placa que es paralela a la primera. Si su velocidad inicial es  $5 \cdot 10^6$  m/s y su velocidad justo antes de golpear a la otra placa es  $2 \cdot 10^6$  m/s. ¿Cuál es la diferencia de potencial entre las placas ? La placa a la cual se dirige el electrón, ¿ tiene un potencial mayor o menor ?

## **6.- Gradiente de potencial. Aplicaciones al cálculo del campo eléctrico en dipolos, anillos, discos y cilindros coaxiales cargados.**

6.1.- El potencial eléctrico en cierta región del espacio está dado por  $V=3x^2y-4xy-5xy^2$  volts. Encuentre a) el potencial eléctrico y b) las componentes del campo eléctrico en el punto (+1,0,+2) donde todas las distancias están en metros.

6.2.- Dos placas paralelas son perpendiculares al eje x. La placa negativa está en el plano yz y la placa positiva está en el punto  $x = x_0$  . El potencial en cualquier punto entre las placas (  $x < x_0$  ) está dado por  $V(x) = bx$  donde b es una constante. Encuentre una expresión para el campo eléctrico E entre las dos placas.

6.3.- El potencial eléctrico dentro de un conductor esférico cargado de radio R está dado por  $V = k.Q/R$  y fuera del conductor está dado por  $V = k.Q/r$  . Utilizando  $E_r = - dV/dr$ , deduzca el campo eléctrico en ambas partes a) dentro (  $r < R$  ), y b) fuera (  $r > R$  ) de esta distribución de carga.

6.4.- Un dipolo eléctrico consta de dos cargas iguales y opuestas separadas una distancia 2a, calcule el potencial eléctrico y el campo eléctrico en un punto p sobre el eje x, y localizado a una distancia x del centro del dipolo.



6.5.- Un contador Geiger-Muller es un típico detector de radiación que consta esencialmente de un cilindro hueco (el cátodo) de radio interior  $r_a$  y un alambre cilíndrico coaxial (el ánodo) de radio  $r_b$ . La carga por unidad de longitud sobre el ánodo es  $\lambda$ , asimismo la carga por unidad de longitud en el cátodo es de  $-\lambda$ . a) Demuestre que la diferencia de potencial entre el alambre y el cilindro en la región sensible del detector está dado por

$$V = 2k \cdot \lambda \cdot \ln\left(\frac{r_a}{r_b}\right).$$

b) Demuestre que la magnitud del campo eléctrico sobre esta región está dada por

$$E = \frac{V}{\ln\left(\frac{r_a}{r_b}\right)} \cdot \left(\frac{1}{r}\right)$$

donde  $r$  es la distancia desde el centro del ánodo al punto donde el campo es calculado.

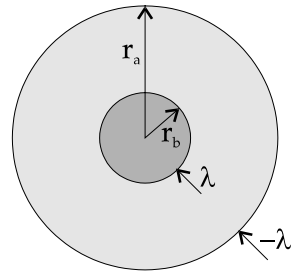


fig. 6.5

## 7.- Teorema de Gauss en forma diferencial, divergencia. Ecuaciones de POISSON y LAPLACE. Aplicaciones

7.1.- Hallar  $\nabla \cdot \vec{E}$  siendo :  $\vec{E} = \vec{a}_x \cdot x^3 + \vec{a}_y \cdot xyz + \vec{a}_z \cdot yz^2$