socialización ¨) de los electrones de valencia (VI.2.3.9º), los cuales se separan de (´ sus ´) átomos y forman un <u>*gas electrónico*</u> peculiar.

2º. Las propiedades eléctricas de los conductores en las condiciones de la electroestática vienen determinadas por el comportamiento de los electrones de conducción y de los iones positivos del metal (VII.1.1.3º) (¨ restos atómicos ¨) se compensan mutuamente. Si un conductor metálico se encuentra en un campo electrostático externo, por la acción de este campo los electrones de conducción de distribuyen en el conductor de tal modo que, en cualquier punto del conductor, el campo eléctrico de los electrones de conducción y de los iones positivos esta compensado por el campo electrostático externo.
En cualquier punto dentro de un conductor que se halle en un campo electrostático, le intensidad del campo eléctrico resultante es nula.

3º. En la superficie del conductor, el vector intensidad E debe estar dirigido según la norma a la superficie. En el caso contrario la componente E_τ del vector E haría que las cargas se trasladasen por la superficie del conductor, lo que contradice la distribución estática de dichas cargas, de este resultado deriva una serie de consecuencias:

a)Dentro del conductor, en todos los puntos, $\mathrm{E}=0$; en su superficie, en todos los puntos, $\mathrm{E}=\mathrm{E}_n$ $(\mathrm{E}_t=0)$, donde E_n es la componente normal del vector intensidad;

b)Todo el volumen del conductor que se encuentra en el ampo electrostático es equipotencial, tal que en cualquier punto de él

$$\frac{d\varphi}{dl}=-E\cos(\mathbf{E}d\mathbf{l})=0 \text{ Y } \varphi=const;$$

c)La superficie del conductor es equipotencial (III.3.3.4º) puesto que para cualquier línea sobre ella

$$\frac{d\varphi}{dl}=\mathrm{E}_\tau=0 \text{ Y } \varphi=const;$$

d)En el conductor cargado, las cargas no compensadas se encuentran únicamente en la superficie. Esto se deduce de el teorema de Ostrogradski – Gauss (III.2.3.3º), según el cual, la carga total q que hay dentro del conductor en un volumen limitado por una superficie cerrada cualquiera S , constituye

$$q=\Phi_e=\oint_{\mathrm{S}} DdS\cos(\mathbf{Dn})=0 \;\mathbf{,}$$

ya que $\mathbf{D}=0$ en todos los puntos de la superficie.

4º. Si el campo electrostático lo crea un conductor cargado, el desplazamiento y la intensidad de este campo cerca de la superficie se calcula por las fórmulas

2) Potencial del campo creado por un conductor cargado (III.3.4.4º) en un dieléctrico isótropo homogéneo,

$$\varphi=\frac{1}{a\pi\varepsilon_0\varepsilon\mathrm{R}}\oint_s\frac{\sigma dS}{\mathrm{r}} \qquad \text{(En el SI),}$$

$$\varphi=\frac{1}{\varepsilon}\int_s\frac{\sigma dS}{\mathrm{r}} \qquad \text{(En el sistema CGSE),}$$

Donde σ es la densidad superficial de las cargas en el conductor (III.2.2.3º),

3) Potencial de una esfera conductora aislada, de radio R y carga q ,

$$\varphi=\frac{\mathrm{q}}{4\pi\varepsilon_0\varepsilon\mathrm{R}} \qquad (\text{en el SI})$$

$$\varphi=\frac{\mathrm{q}}{\varepsilon\mathrm{R}} \qquad (\text{ en el sistema CGSE })$$

7º El trabajo A que realizan las fuerzas eléctricas al trasladar una carga q' desde un punto a un punto b de un campo electrostática, constituye

$$A=W_{1P}-W_{SP}=\mathrm{q}'(\phi_1\varphi-\phi_0\varphi)=\mathrm{q}'\Delta\phi_1\varphi$$

Donde W_{1p} y W_{3p} son las energías potenciales de la carga q'; φ_1 y φ_2 , los potenciales del campo en los puntos a y b respectivamente; y $\Delta\varphi=\varphi_1-\varphi_2$ es la *diferencia de potencial.* Si el punto b se halla en el infinito, $\mathbf{W_{2P}}=0$ y $\varphi_2=0$. Entonces el trabajo $\mathbf{A}_\infty$ de traslación de la carga q' desde el punto a al infinito será.

$$A_\infty=W_{1P}=q'\varphi_1$$

En virtud del carácter arbitrario del punto a , el subíndice 1 se puede suprimir y

$$\phi=\frac{A_\infty}{q'}$$

El potencial en un punto dado del campo electrostático es numéricamente igual al trabajo que efectúan las fuerzas electrostáticas al trasladar una carga unitaria positiva desde ese punto del campo hacia el infinito. Este trabajo también es igual numéricamente al que

$$A = \int_a^b q' \, Edl \cos(\mathbf{E}d\mathbf{l}) = -\Delta W_p = W_{1p} - W_{2p} \ ,$$

donde W_{1p} y W_{2p} son los valores de la energía potencial de la carga q' en los puntos del campo a y b (fig. III.3.1).

2º. Si una carga puntual q' es trasladada por la acción de las fuerzas electroestáticas en el campo de una carga puntual q, la variación dW_p de su energía potencial para una traslación infinitesimal es

$$dW_p = -\delta A = \frac{qq'dr}{4\pi\varepsilon_0\varepsilon r^2} \ .$$

Para una traslación finita de carga q' desde un punto a a un punto b (fig. III.3.1), la variación W_p de la energía potencial de la carga será

$$\Delta W_p = W_{2p} - W_{1p} = \int_{r1}^{r2} dW_p = \frac{qq'}{4\pi\varepsilon_0\varepsilon r_2} - \frac{qq'}{4\pi\varepsilon_0\varepsilon r_2} \ \text{(En el SI)}$$

$$\Delta W_p = qq'\left(\frac{1}{\varepsilon r_2} - \frac{1}{\varepsilon r_1}\right) \ \text{(en el sistema CGSE)}$$

3º. Si la carga q' se traslada en el campo creado por un sistema de cargas puntuales ($q_1, q_2 ... q_n$) la variación de su energía potencial q' será

$$\Delta W_P = q' \sum_{i=1}^{n} \left(\frac{q1}{4\pi\varepsilon_o\varepsilon r_{i2}} - \frac{qi}{4\pi\varepsilon_o\varepsilon r_{i2}} \right) \ \text{(en el SI)}$$

$$\Delta W_P = q' \sum_{i=1}^{n} \left(\frac{qi}{\varepsilon r_{i2}} - \frac{qi}{\varepsilon r_{i1}} \right) \ \text{(en el sistema CGSE)}$$

siendo r_{i1} y r_{i2} las distancias entre las cargas q_i y q' antes y después de trasladarse esta ultima.

4º. Para hallar el valor absoluto de la energía potencial que tiene una carga eléctrica en un punto dado de un campo electrostático, hay que elegir un punto de referencia de la energía potencial (I.1.3.1º). La integración de la ecuación del p.2º en el caso general da

$$W_P = \frac{qq'}{4\pi\varepsilon_0\varepsilon r} + C,$$

Capítulo III.3. Potencial del campo electrostático

§III.3.1. Trabajo realizado al trasladar una carga eléctrica en un campo electrostático.

1º. El trabajo que se realiza al trasladar una carga eléctrica q' en un campo electrostático de intensidad E (III.2.1.2º), no depende de la forma descrita por esa carga al trasladarse, sino únicamente de las posiciones inicial y final de la misma. Dicho de otra forma, las fuerzas electroestáticas. Lo mismo que las de gravitación, son fuerzas potenciales (1.3.1.6º). El trabajo δA realizado por la fuerza $F = q'E$ que actúa sobre la carga q' , al trasladarla en un segmento *d*l, constituye

$$\delta A = Fdl\cos(Fdl) = q'E\cos(Edl)dl,$$

donde ($E\ dl$) es el ángulo entre las direcciones de los vectores E y E.
En una translación finita de la carga q' desde un punto *a* a un punto *b*, el trabajo será

$$A = q'\int_a^b E\cos(\widehat{Edl}) = q'\int_a^b \mathbf{E}d\mathbf{l},$$

donde Edl es el producto escalar de los vectores E y E.

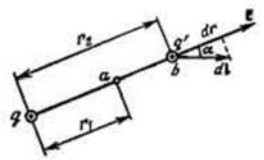

Fig. III.3.1.

2º. Si el campo fue creado por unas carga puntual ***q***, entonces

$$E = \frac{q}{4\pi\varepsilon_0\varepsilon r^2}, dl\cos(Edl) = dr$$

y el trabajo realizado al trasladar la carga q' desde el punto a al punto b en este campo, será

$$A = \frac{qq'}{4\pi\varepsilon_0\varepsilon}\int_{r1}^{r2}\frac{dr}{r^2} = \frac{qq'}{4\pi\varepsilon_0}\left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2}\right)$$