



Nota sobre las oscilaciones eléctricas

Por L. GARZON RUIPEREZ
(Catedrático del Instituto «Alfonso II», de Oviedo)

RESUMEN.—En el presente artículo se establece una interpretación geométrica del fenómeno de las oscilaciones eléctricas que nos ha permitido deducir la fórmula de Thomson.

EL fenómeno de las oscilaciones eléctricas puede estudiarse en cualquier manual de Física (1), razón por la cual no voy a referirme a él desde un punto de vista que pudiéramos llamar clásico. Energéticamente, las oscilaciones de un circuito oscilante se realizan, lo mismo que las de un péndulo, en virtud de un intercambio constante entre las dos clases de energía implicadas, a saber: la energía del campo eléctrico (CE), cuyo asiento es el dieléctrico del condensador, y la del campo magnético (CM), cuyo asiento es el espacio que rodea a la autoinducción. El principio de conservación de la energía permite establecer que en todo momento permanece constante la suma de dichas energías.

Consideremos un circuito oscilante y sean C y L los valores de la capacidad y autoinducción, respectivamente. Representemos por i y v los valores instantáneos de la actividad y diferencia de potencial entre las armaduras del condensador, respectivamente (esta diferencia de potencial es la misma que la existente entre los extremos de la autoinducción, pues implícitamente se ha supuesto que la resistencia óhmica es despreciable). Sean I_m y V_m los correspondientes valores máximos de aquellas magnitudes.

La energía localizada en el condensador en un instante t , contado a partir del momento de iniciarse la descarga, viene dada por la fórmula

$$\frac{1}{2} C v^2 = \frac{1}{2} \frac{q^2}{C}$$

donde q representa la carga instantánea del condensador. La energía instantánea de la autoinducción es

$$\frac{1}{2} L i^2$$

La aplicación del principio de conservación nos permite escribir:

$$\frac{q^2}{2C} + L \frac{i^2}{2} = E \quad (I)$$

siendo E la energía total del sistema, que evidentemente vale:

$$E = \frac{1}{2} L I_m^2 = \frac{1}{2} Q_m^2$$

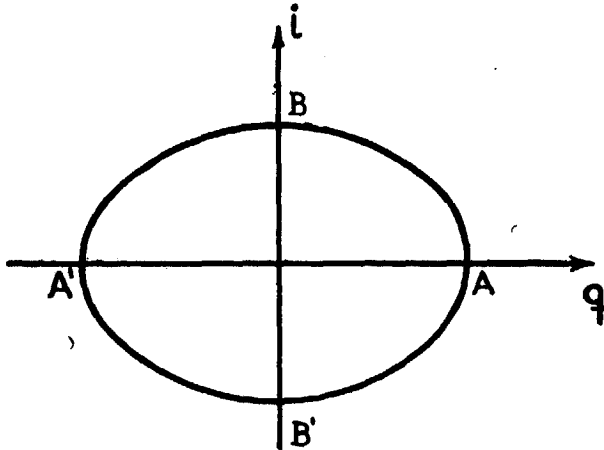
Dividiendo (1) por E , resulta:

$$\frac{q^2}{2CE} + \frac{i^2}{\frac{2E}{L}} = 1 \quad (II)$$

Si para abreviar la escritura hacemos $a = \sqrt{2CE}$; $b = \sqrt{\frac{2E}{L}}$ la (II) se transforma en

$$\boxed{\frac{q^2}{a^2} + \frac{i^2}{b^2} = 1}$$

que representa la ecuación de una elipse referida a los ejes rectangulares (q , i).



Tratemos de interpretar este resultado. Al conjunto de condensador y autoinducción lo denominaremos sistema. En su seno tiene lugar, como ya ha sido mencionado, un intercambio continuo de energía, permaneciendo constante la suma de las dos clases implicadas. Un estado de ese sistema viene unívocamente determinado especificando los valores que en él adquieren las variables i y q . Ahora bien, por lo dicho anteriormente,

a esta pareja de valores corresponderá un punto en el diagrama (i, q) que forzosamente habrá de pertenecer a la elipse, luego podemos establecer una correspondencia biunívoca entre los puntos de esa elipse y los estados del sistema, y dado que el conjunto de puntos geométricos es continuo, lo mismo habrá de acontecer con el conjunto de estados; éstos forman, pues, una sucesión continua que va surgiendo a medida que transcurre el tiempo.

Por analogía con otras partes de la Física (Mecánica Cuántica) (2), podemos denominar al espacio plano introducido (espacio de intensidades y de cargas), espacio fásico.

Por consiguiente, y en base a estos formalismos, podemos establecer que la evolución del sistema transcurre de manera que la trayectoria descrita por el punto fásico es una elipse, con un período de revolución igual al de la descarga oscilante.

Veamos seguidamente qué consecuencias se deducen de esta interpretación geométrica de la descarga oscilante.

Para $t = 0$, toda la carga está en las armaduras del condensador, luego $q = Q_m$. Si bien la descarga está en trance de producirse, es también $i = 0$ para $t = 0$, y si convenimos en que esta primera corriente que va a producirse sea positiva, la carga procedente del condensador también lo será. El punto representativo del estado inicial, no puede ser más que el A, cuyas coordenadas deberán ser $(Q_m, 0)$, de donde resulta: $a = Q_m$, es decir: $\sqrt{2CE} = Q_m$, y despejando E, se encuentra: $E = \frac{1}{2} Q_m/c$, que es el valor correcto de la energía máxima del condensador. Al transcurrir la descarga, el punto figurativo recorre la elipse en sentido positivo (contrario a las agujas de un reloj); q va disminuyendo e i va aumentando. En B, q es cero e i posee el máximo valor. Este punto corresponde, pues, al momento en que el condensador se ha descargado totalmente, y por consiguiente, toda la energía del sistema se halla localizada en la autoinduc-

ción. Las coordenadas de B son: $B(0, I_m) \equiv (0, b)$, luego $\sqrt{\frac{2E}{L}} = I_m$

de donde $E = \frac{1}{2} LI_m^2$ que es el valor correcto de la energía máxima en la autoinducción.

Al pasar de B, siempre en el sentido indicado, comienza a aumentar q , pero en valor negativo, lo que físicamente significa que el condensador se va cargando, pero con una localización de cargas contraria a la inicial. Al mismo tiempo que aumenta q , disminuye i , hasta que llegamos a A' ($-a, 0$), donde se ha vuelto a anular i y el condensador posee la máxima carga. A partir de A' disminuye q y aumenta i , pero el signo de ésta es ahora negativo. La corriente posee ahora un sentido contrario al inicial. En B' el valor de i se ha hecho máximo, y el condensador ha vuelto a quedarse sin carga. A partir de B' disminuye i , y va aumentando la car-

ga, esta vez positiva, del condensador, hasta llegar a A, punto en que se reproducen exactamente las condiciones iniciales.

2° *Área de la elipse.*—Por el cálculo integral se sabe que la superficie limitada por una curva plana es

$$S := \int_x^y y dx$$

Para el caso de nuestra elipse, y dado que tanto i como q son funciones periódicas de período igual a T , el área vendrá dada por:

$$S = \int_0^T i dq = \int_0^T i^2 dt$$

pues $dq = i dt$.

Por otra parte, se sabe por Geometría que el área de la elipse es πab , luego podremos escribir:

$$\int_0^T i^2 dt = \pi ab = 2\pi E \sqrt{\frac{C}{L}}$$

y recordando que $E = \frac{1}{2} L i_m^2$ resulta:

$$\int_0^T i^2 dt = \pi i_m^2 \sqrt{LC} \quad (III)$$

Como $i = I_m \sin \omega t$, la integral anterior, cuyo cálculo no ofrece dificultades, arroja el valor

$$\frac{i_m^2 T}{2} \quad (IV)$$

de donde se obtiene por igualación de (III) y (IV)

$$T = 2\pi \sqrt{LC}$$

que es la fórmula de Thomson.

Antes de terminar, deseamos llamar la atención sobre una cuestión relacionada con la Teoría General de la Relatividad. Como es sabido, en esta Teoría se admite que un campo gravitatorio puede ser anulado *localmente*, y entonces la llamada línea de universo de ese punto es una recta o más general una línea de radio de curvatura infinito. La existencia de la curvatura se interpreta como una consecuencia de la presencia de masas gravitatorias, o lo que es lo mismo, de un campo gravitacional.

En base a este formalismo einsteniano, podemos considerar a la elipse como la línea de universo de nuestro sistema, línea que presenta un radio de curvatura infinito justamente en sus vértices, que, como ya se ha di-

cho, corresponden a los estados en los que uno de los campos ha quedado anulado, habiéndose concentrado el otro, si bien en un punto diferente de nuestro espacio euclídeo.

BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

1. R. W. POHL: *Tratado de Física*, tomo II, pág. 197.
2. Max Born *Atomic Physics*. Blackie and Son Limited, pág. 110. Edición inglesa, 1947. (Existe edición castellana.)

GUIAS Y CUADERNOS DIDACTICOS DE FISICA Y QUIMICA

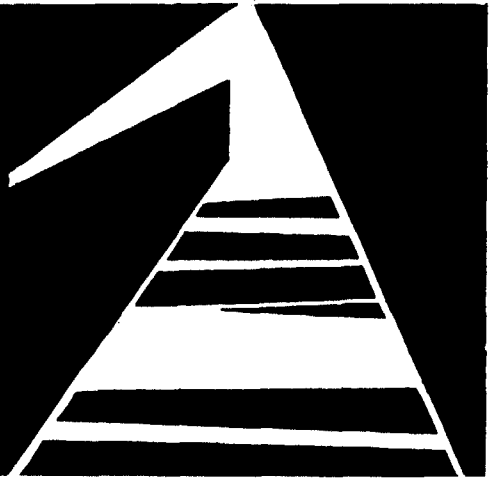
	Ptas.
1. Experiencias de Radioelectricidad: Emisor didáctico. (Agotado.)	
2. Idem id.: Receptor didáctico. (En prensa.)	
3. Enseñanza moderna de las Ciencias, de la «Science Master's Association». Traducción de Cándida Uriel	100,—
4. Física (Electricidad). (Agotado.)	
5. Física (Mecánica y Flúidos). (Agotado.)	
6. Física (Calor, Acústica y Óptica)	6,—
7. Exigencias que plantea la enseñanza de la Física y la Química en el Bachillerato; por Antonio de la Fuente Arana	5,—
8. La enseñanza de la Química en el Bachillerato. Estudios y conclusiones del Seminario Internacional de Greystones (Irlanda)	10,—
9. La enseñanza de las Ciencias en el Bachillerato, por Vicente Alexandre Ferrandis	6,—
10. El automóvil: La carburación, por Eduardo del Arco	4,—
11. El automóvil: Combustibles para motores de explosión, por Vicente Alexandre Ferrandis	6,—
12. El automóvil: Funcionamiento del motor de cuatro tiempos, por Antonio Mingarro. (Agotado.)	
13. El antiprotón, por Demetrio Iglesias Vacas	6,—
14. La gravitación universal y el cuerpo gravitatorio terrestre, por Antonio Mingarro	6,—
15. Aulas-Laboratorios de Física y Química, por Eduardo del Arco. Idem id. de Ciencias Naturales, por Carlos Vidal Box	30,—
16. Cuadernos Didácticos de Física y Química: Comunicaciones didácticas. Número 1	10,—
17. Idem id. id. Núm. 2	12,—
18. Idem id. id. Núm. 3	14,—
19. Idem id. id. Núm. 4	18,—
20. Idem id. id. Núm. 5	22,—
21. Idem id. id. Núm. 6	24,—
22. Idem id. id. Núm. 7	24,—
23. Óptica paraxial, por Justiniano Casas (Cuaderno Didáctico, núm. 8)	10,—

PUBLICACIONES DE LA REVISTA «ENSEÑANZA MEDIA»

Alcalá, 30, 5.º

MADRID-14

manual de
la unesco
para la
enseñanza de
las ciencias.



PROPOSITOS DE ESTE LIBRO

- 1.º Ayudar a las escuelas para una mejor preparación de sus alumnos en cuanto a la enseñanza de las ciencias se refiere.
- 2.º Ofrecer a los profesores de ciencias de las escuelas primarias y secundarias, una fuente donde podrán encontrar informaciones y numerosas ideas para sus experimentos y para la construcción de sus aparatos.
- 3.º Ofrecer un manual para la enseñanza metodológica de las clases de práctica para cursos de perfeccionamiento de maestros.
- 4.º Permitir la preparación de equipos o dotaciones de aparatos elementales para la enseñanza de las ciencias, listos para ser utilizados.
- 5.º Ofrecer sugerencias interesantes a los clubs científicos y a otras asociaciones de aficionados.

DE VENTA EN LAS BUENAS LIBRERIAS

y en

E. D. H. A. S. A. - Avda. Infanta Carlota, 129
Telés. 239 39 30 y 230 18 51 - BARCELONA (15)