

Las ecuaciones de Evans de la teoría del campo unificado

Laurence G. Felker

Capítulo 13

Responsable de la traducción al castellano:

**Ing. Alex Hill
ET3M
México**

Favor de enviar críticas, sugerencias y comentarios a alexhill@et3m.net

o visitando la página www.et3m.net y dejando allí su comentario.

Gracias.

Capítulo 13 El Efecto Aharonov-Bohm

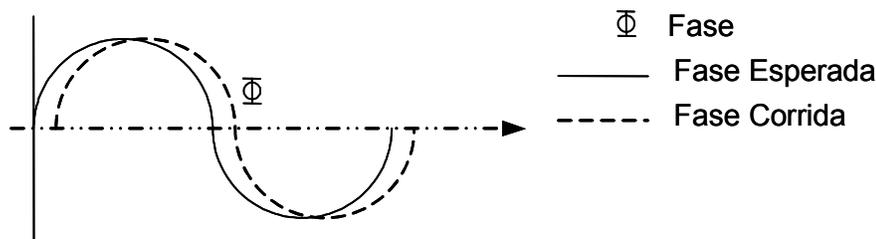
La relatividad general, tal como ésta ha sido ampliada en la teoría del campo unificado de Evans, se vuelve necesaria para una correcta comprensión de todos los efectos de fase en física, una comprensión que se logra a través de la ley de fase de Evans, el origen de la fase de Berry y la fase geométrica de la electrodinámica observada en los efectos de Sagnac y de Tomita Chiao.

Myron W. Evans

Efectos de fase

En la Figura 13-1 se muestra una explicación sencilla de un efecto de fase. La onda esperada no tiene cambio de fase. Sin embargo, en ciertos experimentos, se produce un cambio de fase. Las explicaciones desarrolladas hasta la fecha, referidas al motivo por el cual se producen estos cambios, han sido torpes y cuestionables. Evans muestra que sus ecuaciones covariantes generalizadas son más sencillas y demuestran las causas de los efectos de fase. Las matemáticas involucradas en los efectos de fase y las descripciones de fenómenos como el efecto AB son difíciles y se encuentran más allá de aquello que podemos tratar con algún detalle en este libro. Sin embargo, los efectos pueden discutirse sin acudir a detalles matemáticos.

Figura 13-1 Efectos de Fase



Consideremos un experimento en el que un rayo de fotones o electrones se dispara contra una pantalla. Tal como se muestra en la Figura 13-3, se producirá un patrón de interferencia. Para un campo electromagnético, la ley de fase nos dice que la fase es una función del voltaje del potencial y del área del rayo o de la fuerza del campo magnético y del área. Es decir:

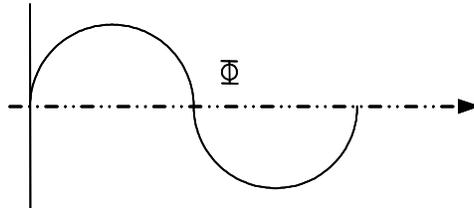
$$\Phi = \text{función de } (A \cdot dr) = f(\mathbf{B}^{(3)} \cdot \mathbf{k} dAr) \quad (1)$$

donde A es el voltaje del potencial, $\mathbf{B}^{(3)}$ es el campo magnético (ambos se dirigen según el eje de propagación z) y Ar es el área de un círculo rodeado por el rayo.

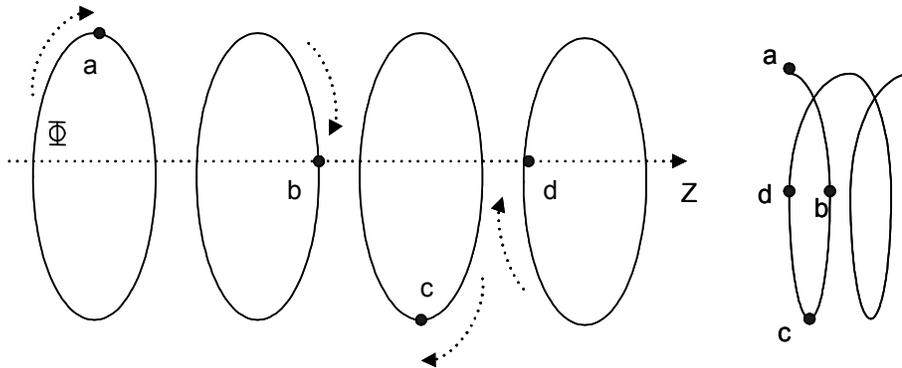
(En realidad, Evans da: $\Phi = \exp(ig \oint \mathbf{A}^{(3)} \cdot d\mathbf{r}) = \exp(ig \oint \mathbf{B}^{(3)} \cdot \mathbf{k} dAr) := \exp(i \Phi_E)$.
 Para campos materiales, $\Phi = \text{función de } (\boldsymbol{\kappa} \cdot d\mathbf{r}) = f(\boldsymbol{\kappa}^2 \cdot dAr)$, donde $\boldsymbol{\kappa}$ es el número de onda (inversa de la longitud de onda). Este autor está simplificando grandemente con el objeto de poder explicar más fácilmente estos conceptos.

Figura 13-2

La onda sinusoidal describe el movimiento circular mostrado más abajo.



El diámetro de un círculo es igual a $2\pi r$. La distancia que esto describe cuando se mueve hacia delante no es un círculo completo. En vez, dibuja la longitud de arco de la hélice.



La longitud de arco del círculo a medida que gira deviene la de una hélice, tal como se muestra en la Figura 13-2.

La curvatura de la hélice se define como $R = \kappa^2$. Vemos así una curvatura geométrica de relatividad expresada en la descripción de fase. La hélice en la Figura 13-2 es la línea de base del campo electromagnético.

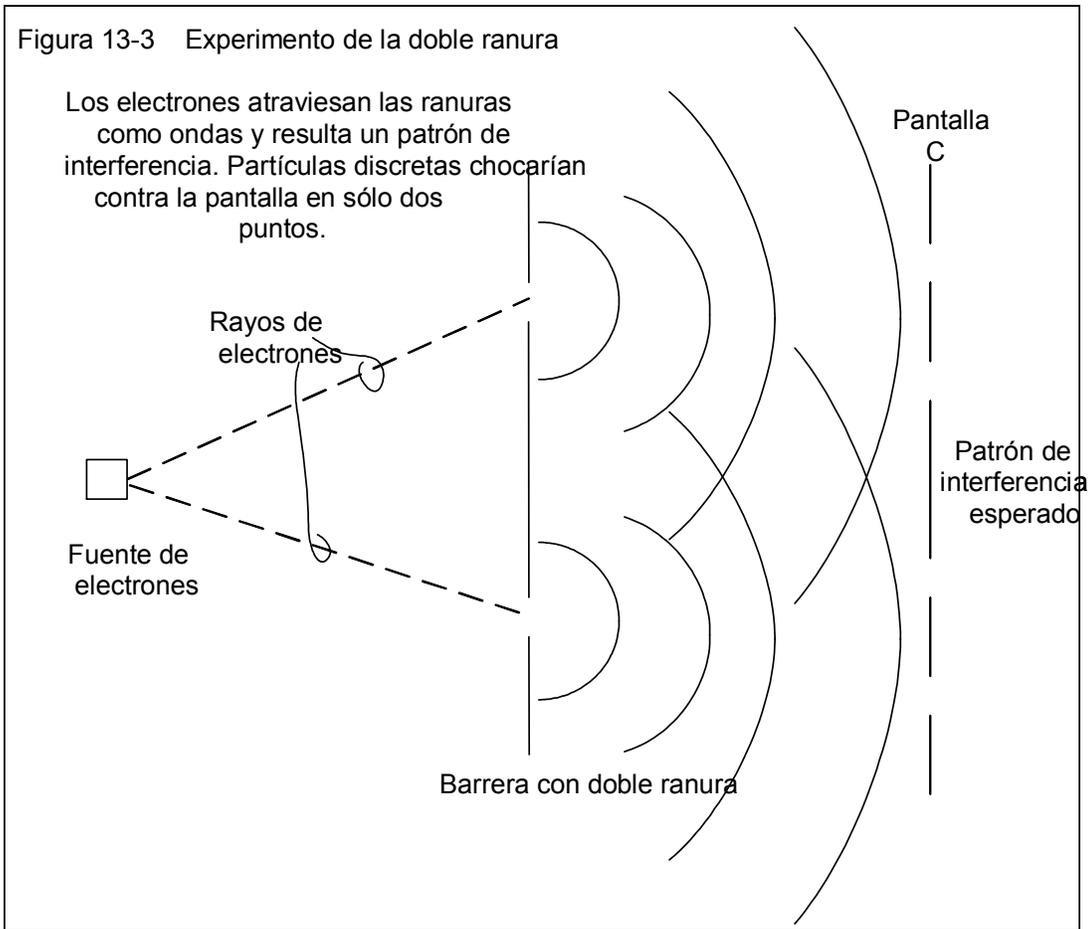
El espaciotiempo mismo gira. Tanto las ondas electromagnéticas como las materiales son manifestaciones del espaciotiempo mismo.

El ángulo Θ a través del cual rota la luz fuera de fase se origina en la fase de Evans de la teoría unificada. Es decir:

$$\Theta = \kappa \oint ds = R \int dAr \quad (1)$$

Aquí, κ es el número de onda, ds es la distancia invariante, R es curvatura, y Ar es el área rodeada por el rayo de electrones.

El patrón de fase esperado se muestra en la Figura 13-3.



El efecto Aharonov-Bohm

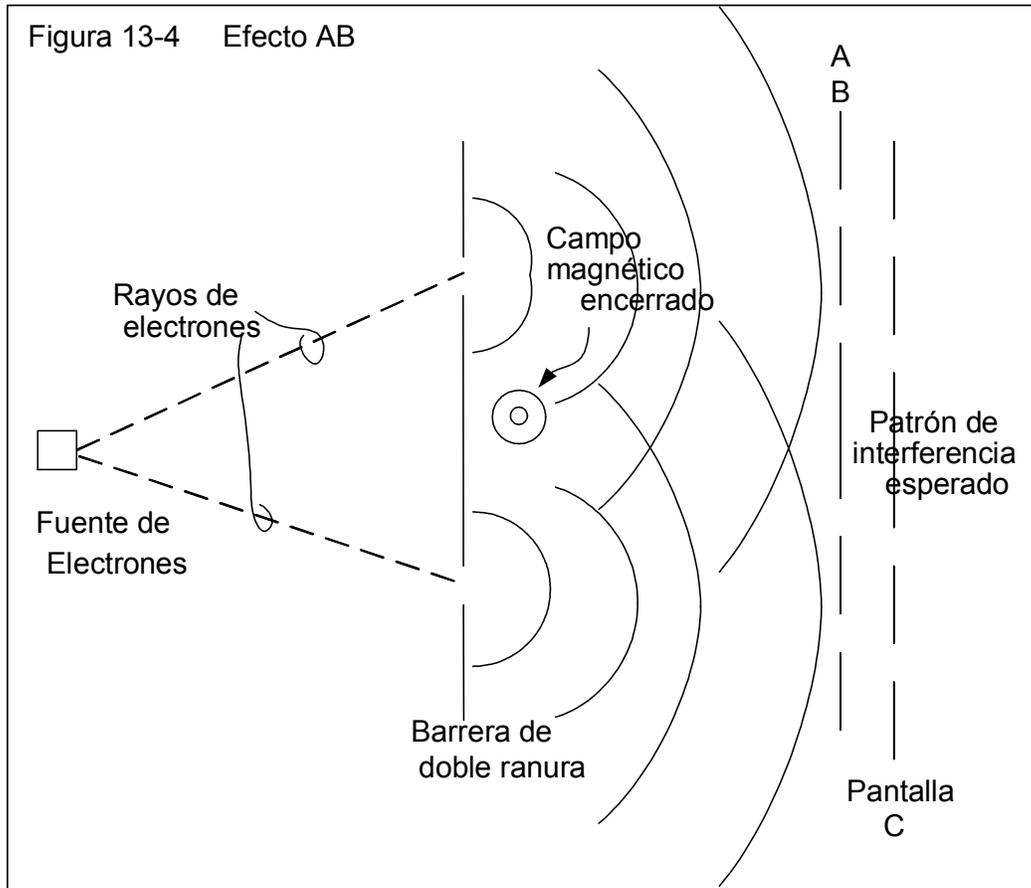
El efecto Aharonov-Bohm es un corrimiento en el patrón de interferencia de dos rayos de electrones en un interferómetro de Young. En las Figuras 13-3 y 13-4 se ilustra una explicación. Los electrones pasan a través de una doble ranura y se desarrolla un patrón de interferencia. La mecánica cuántica clásica predice cierto patrón que se encuentra en los experimentos y que se designa con C en las figuras.

Cuando se coloca un campo magnético encerrado, indicado como \odot , entre las ranuras, la mecánica cuántica clásica predice que no se producirá ningún cambio en el patrón. El campo magnético se encuentra completamente encerrado dentro del recipiente metálico y, en consecuencia, no puede influir sobre los electrones. Sin embargo, los patrones se corren, señalados como AB en la Figura 13-4. (Se ha exagerado el corrimiento con fines didácticos.)

La única explicación producida en el pasado fue que el vacío es una topología de múltiples conexiones y que se requería de una matemática compleja para demostrar la razón del efecto AB. Véase la Figura 13-5. Esta explicación es extremadamente compleja y no constituye una solución demostrable. La respuesta sencilla es que el campo magnético sí se extiende más allá de la barrera.

Una topología de múltiples conexiones no constituye una variedad diferenciable suave, propia de la relatividad general, ni tampoco representa el vacío de la relatividad restringida. Más bien se trata de un arreglo complejo de túneles y vueltas del espaciotiempo. No es necesario explicar el efecto AB ni los otros efectos de fase similares mediante esta complicada solución.

La relatividad general define al espaciotiempo como una variedad diferenciable y conectada en forma sencilla. Utilizando la electrodinámica $O(3)$ y el campo $\mathbf{B}^{(3)}$ de Evans, puede definirse una explicación mucho más sencilla a partir de la relatividad general.

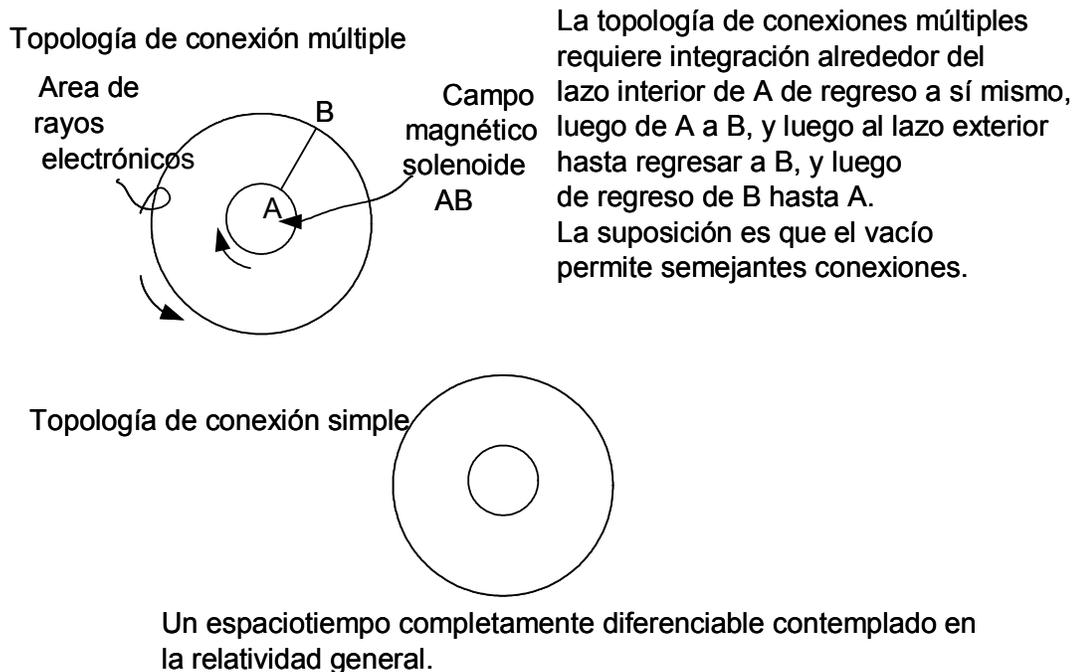


El punto de vista tradicional acerca del campo electromagnético es que se trataba de algo impuesto sobre, o insertado, en el espaciotiempo. El punto de vista correcto es que el campo magnético es el espaciotiempo mismo, que gira como si fuese un torbellino.

El efecto AB se produce porque el campo magnético es el espaciotiempo girando y su potencial se extiende más allá de la barrera provista por la bobina del solenoide. El espaciotiempo es continuo y sus efectos se extienden más allá de la barrera.

La teoría del campo unificado de Evans ofrece soluciones para un número de efectos de fase topológicos que son similares o esencialmente el mismo que el efecto AB. Estos incluyen el efecto electromagnético Aharonov-Bohm (EMAB), el efecto Sagnac, el efecto Tomita-Chiao, y el factor de fase de Berry. El efecto de Tomita-Chiao es un corrimiento en la fase producido por la rotación de un rayo de luz alrededor de una fibra óptica con forma helicoidal. Esto es lo mismo que el efecto Sagnac con varias vueltas, y constituye un corrimiento en la tétrada de Cartan de la teoría del campo unificado de Evans. Análogamente, la fase de Berry de la teoría ondulatoria de la materia es un corrimiento en la tétrada de la teoría del campo unificado de Evans.

Figura 13-5 Topologías con conexiones simples y múltiples.



En la teoría de Evans los efectos son fácilmente comprensibles y fáciles de describir. Todos se relacionan con el Efecto Faraday Inverso y utilizan electromagnetismo $\mathbf{B}^{(3)}$ y electrodinámica $O(3)$. $\mathbf{B}^{(3)}$ introduce el producto conjugado naturalmente en el campo de la física. Por otro lado, la teoría $U(1)$ de Maxwell-Heaviside no puede explicar estos efectos excepto mediante el uso de inversiones lógicas tortuosas. En particular, sí se introduce el producto conjugado, pero en forma totalmente empírica, sin comprender dónde se origina.

La hélice versus el círculo

Las ecuaciones de Evans dan algo más que tan sólo una explicación de estos efectos. Evans muestra, mediante el empleo de geometría diferencial, que las explicaciones recibidas efectúan afirmaciones incorrectas. Espaciotiempos conectados en forma múltiple no obedecen las reglas que los físicos les han asignado para explicar el efecto AB.

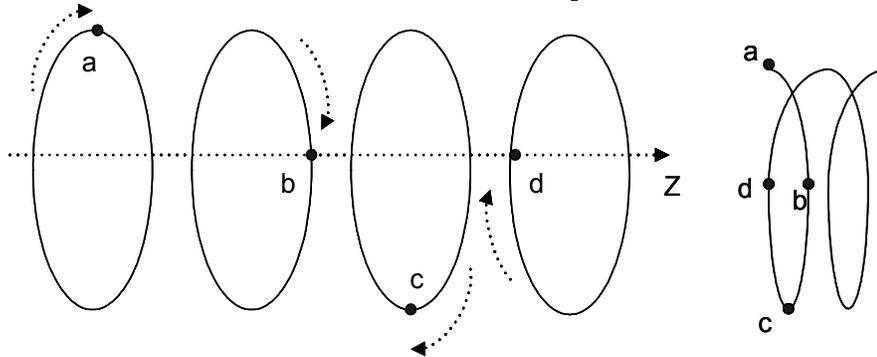
En sus artículos, Evans a menudo comienza con una ecuación física, la redefine en forma diferencial, encuentra una verdad en geometría, y luego reestablece la ecuación física aportando nuevos conceptos. En este libro hemos evitado el uso de geometría diferencial, ya que no se trata de una matemática sencilla. El siguiente párrafo ha sido parafraseado y simplificado a partir de un texto de Evans:

El teorema de Stokes muestra que cierta función de $x = 0$. Sin embargo, la descripción convencional del efecto AB se apoya en la afirmación incorrecta de que $f(x) \neq 0$. Esto viola el Lema de Poincaré. En geometría diferencial, el lema es correcto para regiones con conexiones múltiples así como para regiones con conexiones sencillas. Mediante notación vectorial ordinaria, el lema afirma que, para cualquier función, ∇ por $\nabla x := 0$. El teorema de Stokes y el teorema de Green son ambos ciertos para regiones con múltiples conexiones así como para regiones con conexiones sencillas. Por lo tanto, no existe una explicación correcta del efecto AB en la teoría de Maxwell-Heaviside y en relatividad restringida.

La diferencia entre el teorema de Stokes covariante generalizado y el teorema ordinario de Stokes es la misma que la diferencia entre la electrodinámica covariante generalizada y la electrodinámica más antigua de Maxwell-Heaviside. En la teoría de Maxwell-Heaviside no existe una componente longitudinal del fotón. Dicha teoría describe un círculo. En la formulación $\mathbf{B}^{(3)}$ de Evans, las matemáticas son las correspondientes a una hélice. Véase la Figura 13-6. La explicación mediante relatividad restringida de Maxwell-Heaviside es tridimensional, mientras que la de Evans posee cuatro dimensiones.

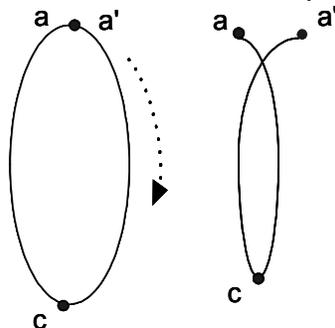
Figura 13-6

El Stokes ordinario es un círculo. El Stokes generalmente covariante es una hélice.



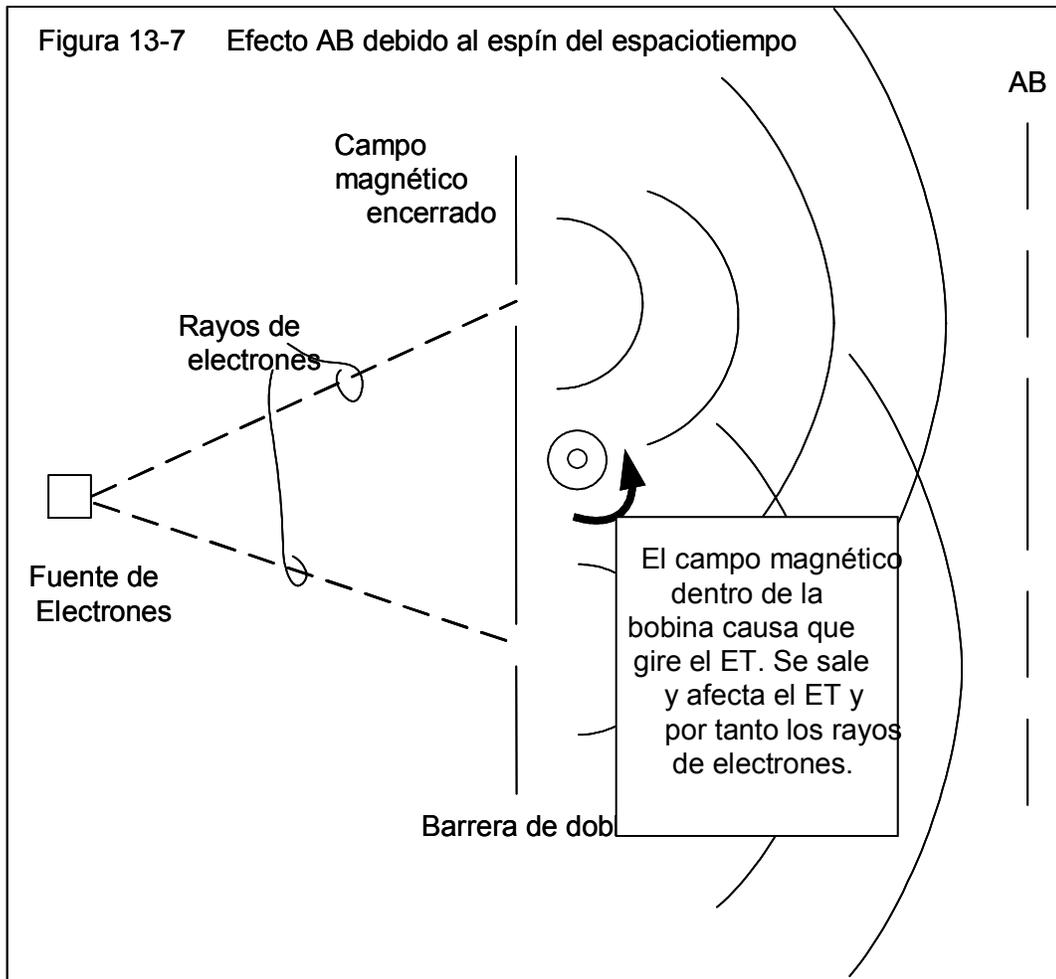
El fotón existe en 4 dimensiones. La geometría $U(1)$ sólo describe tres. $\mathbf{B}^{(3)}$ ofrece tres dimensiones espaciales y una temporal.

El diámetro de un círculo es $2\pi r$. La distancia que esto describe cuando se mueve hacia adelante no es un círculo completo. En vez dibuja la longitud de arco de una hélice



A medida que el círculo rota y avanza, se va dibujando una hélice.

Si la longitud Z fuese a igualar $2\pi r$, entonces la forma sería aquella de una línea recta. Tal como es, la implicación es simplemente que la teoría U(1) de Maxwell-Heaviside no puede describir correctamente el proceso físico, y que debe utilizarse la formulación O(3) la cual ha dado respuestas correctas para tanto el efecto AB como para otros efectos.



Resumen

Los corrimientos de fase en experimentos como el efecto AB requieren de explicaciones torpes si se utiliza el modelo estándar. Estos corrimientos recibieron explicaciones sofisticadas aunque más sencillas mediante la formulación de Evans de relatividad general. Utilizando la teoría del campo unificado se obtiene una unificación de efectos electromagnéticos con curvatura y torsión. El espaciotiempo es obviamente continuo y el campo electromagnético se extiende más allá que el solenoide cerrado utilizado en el efecto AB. Esta sencilla explicación del efecto AB resulta muy elegante.

El espaciotiempo gira afuera de la bobina del campo magnético.