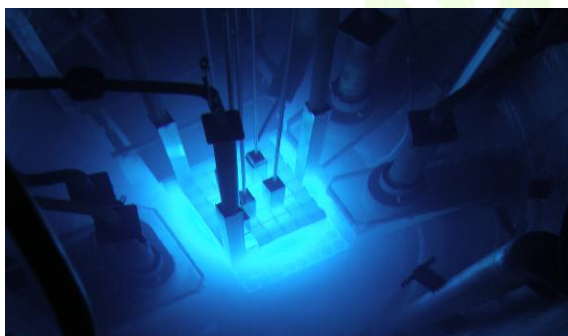


## Una mirada al Efecto Cherenkov

*“A todo visitante de un reactor nuclear del tipo “pileta abierta”, al observar una intensa luz azul en su interior, le surge el enorme deseo de preguntar por qué se genera”.*

### Generación de la Radiación de Cherenkov

En los reactores de investigación tipo “pileta abierta” funcionando a potencias superiores a 100 KW, o en piletas subacuáticas de almacenamiento de combustibles quemados altamente radiactivos de los reactores de potencia, se observa bajo el agua una luminosidad azulada, que técnicamente se conoce como radiación de Cherenkov o Čeren-



*Núcleo del Reactor RA-6 funcionando a 1 MW de potencia donde se observa el efecto Cherenkov*

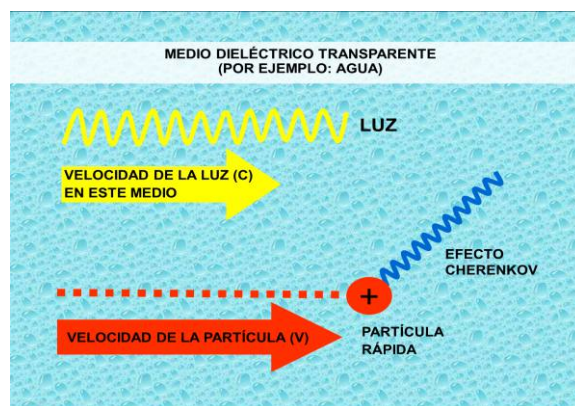
kov. Sabemos que la velocidad de la luz en el vacío no puede ser superada por ningún sistema material, pero en un medio como el agua, la luz se desplaza a velocidades menores. Algunas partículas subatómicas pueden desplazarse en el agua a velocidades superiores a la velocidad de la luz en ese mismo medio. Cuando estas partículas desaceleran a la velocidad local de la luz, producen un cono luminiscente, aproximadamente análogo a la ola de proa de un barco que se mueve a través del agua a una velocidad mayor que la velocidad de la ola en la superficie del agua. Este curioso efecto fue descubierto y analizado en los primeros reactores nucleares por el físico ruso Pavel Čerenkov ya en 1934, lo cual le valió el Premio Nobel en Física. Comprobó que esos destellos azules se deben a la radiación de partículas pesadas cargadas que atraviesan el medio a gran velocidad. El proceso, en este caso, es el siguiente: cuando un electrón o cualquier otra partícula cargada se mueve por el interior de un aislante, modifica el campo eléctrico a su alrededor. Es decir, según pasa el electrón, los electrones más externos de los átomos cercanos son repelidos por él, de



autor: **Carlos Fernández**

Ingeniero Químico (UNL)  
 Post-grado en Protección Radiológica y Seguridad Nuclear (CNEA – UBA)  
 Profesor de la cátedra de Protección Radiológica (CNEA-IB).  
 Experto del OIEA en Seguridad Radiológica  
 Responsable Primario del Reactor RA-8 (CNEA-CTP)  
 Jefe del Reactor RA-6 (CAB)

modo que se alejan del átomo. Pero cuando ya ha pasado, vuelven a su posición inicial, pues el átomo los sigue atrayendo igual que antes. Cuando pasa la partícula cargada, se crea un movimiento de vaivén en los electrones circundantes. Pero ¿qué sucede si el electrón va más rápido que la luz en el agua? Entonces estas ondas electromagnéticas no tienen tiempo de alejarse antes de que se genere la siguiente, y se “suben unas encima de otras” como las pequeñas olas del ejemplo anterior. Tal vez más explícito es recordar cómo se suman las ondas sonoras cuando un avión viaja a la velocidad del sonido, produciendo un “ruido diferente” al generado. Al paso del electrón, el agua emite una onda electromagnética perfectamente detectable desde afuera, el equivalente al estampido sónico, pero de radiación electromagnética y diferente a la generada por los electrones excitados. Esto es la radiación de Cherenkov. En segundo lugar, se debe reconocer que moverse más rápido que la luz en el agua es posible, pero no sencillo, porque



*Esquema del proceso*

hace falta que las partículas cargadas tengan velocidades realmente elevadas. Este

no es un fenómeno común en la vida cotidiana, pero sí en el núcleo de un reactor atómico.

Finalmente, la radiación de Cherenkov no es solamente luz (radiación visible): es radiación electromagnética de distintas frecuencias, fundamentalmente ultravioleta. Cuando la misma es realmente intensa, una fracción razonable tiene una frecuencia suficientemente baja como para ser radiación visible. De modo que es posible ver brillar el medio con nuestros propios ojos, aunque con una luz muy cercana al violeta; de ahí que la radiación de Cherenkov sea de color azulado.

### Velocidades superiores a la de la luz

El visitante de la instalación nuclear quedará seguramente con una duda: "¿Cómo estas partículas van a moverse a mayores velocidades que la de la luz, si la Teoría de la Relatividad lo prohíbe?"

De ninguna manera esto contradice una de las dos hipótesis fundamentales de la teoría de Einstein, la cual dice que la velocidad de la luz en el vacío es un límite no superable. La luz viaja en el vacío a una velocidad de 300.000 km/s y eso es una constante universal y un límite que no puede rebasarse físicamente. Sin embargo, cuando la luz viaja por otro medio (incluido el aire, aunque en este caso se nota muy poco) la velocidad de la luz en el medio es más pequeña porque se ve afectada por el valor del índice de refracción del medio. Por ejemplo, para el caso del agua, la velocidad de la luz es de 225.000 km/s. La diferencia en los índices de refracción del aire y del agua es la razón por la cual cuando se introduce una cucharita en un vaso con agua, ésta parece quebrarse.

Aunque la velocidad de la luz en cualquier medio es extremadamente alta, las partículas alfa o los electrones emitidos por los elementos radiactivos de un reactor nuclear, pueden superar esta barrera de velocidad con relativa facilidad.

Naturalmente, no es posible tener efecto Cherenkov en el vacío, ya que la máxima velocidad que un móvil puede alcanzar es precisamente la velocidad de la luz en el vacío.

### Utilidades prácticas de la radiación Cherenkov

La comprensión final de las causas del efecto estudiado, y la evidencia de que éste se produce también en la atmósfera —un medio en el cual la luz también viaja más lentamente que en el vacío— dio la idea a



Reactor RA-6 del Centro Atómico Bariloche (CNEA)

muchos científicos de utilizar aparatos que permitieran detectar y estudiar partículas hiperlumínicas en el agua o aire que nos rodea, mediante detectores que reconocen el tipo de partícula y determinan cuál es su velocidad. Todas las sondas soviéticas los llevan a bordo desde el lanzamiento del Sputnik 3, ya que son una excelente manera de detectar y medir partículas de alta velocidad. Además, en los reactores nucleares, los colores de esta radiación proporcionan información valiosa sobre cómo está ocurriendo la fisión del combustible en el reactor. Detectores altamente sensibles pueden monitorear niveles muy bajos de radiación Cherenkov, invisible a nuestros ojos.

El efecto también permite detectar materiales combustibles nucleares y, sobre todo, asegurar si han sido o no sometidos a irradiaciones ionizantes.

### Conclusión

Aunque las descripciones dadas aquí son para electrones en el agua, la radiación de Cherenkov se produce en cualquier partícula cargada que entre en un medio material, a una velocidad mayor que la velocidad de la luz en ese medio. La radiación de Cherenkov es independiente de la masa de la partícula, dependiendo sólo de su carga y velocidad. Si se produce en un medio ópticamente transparente, la radiación de Cherenkov es emitida en todas las frecuencias visibles, pero tienen preferencia las longitudes de onda cortas (mayor frecuencia), y el color visible es un "blanco azulado".

#### ABREVIATURAS

CAB: Centro Atómico Bariloche  
 CNEA: Comisión Nacional de Energía Atómica  
 CTP: Centro Tecnológico Pilcaniyeu  
 IB: Instituto Balseiro  
 OIEA: Organismo Internacional de Energía Atómica  
 UBA: Universidad Nacional de Buenos Aires  
 UNL: Universidad Nacional del Litoral



**Instituto de Energía y Desarrollo Sustentable**

**Comisión Nacional de Energía Atómica**

Tel: 011-4704-1485 www.cnea.gov.ar/leds

Av. del Libertador 8250 - (C1429BNP) C. A. de Buenos Aires - República Argentina

Año de edición: 2016 ISBN: 978-987-1323-12-8

Publicación a cargo del Dr. Daniel Pasquevich y la Lic. Stella Maris Spurio.  
 Comité Asesor: Ing. Hugo Luis Corso - Ing. José Luis Aprea.  
 Responsable Científico: Dr. Gustavo Durfo.  
 Versión digital en www.cnea.gov.ar/leds  
 Los contenidos de este fascículo son de responsabilidad exclusiva del autor.