

RECUPERACIÓN DE RADIOISÓTOPOS PARA DESARROLLO DE NANO-FUENTES DE ENERGÍA CON TECNOLOGÍA DE RADIO-CRISTAL-LUMINISCENTE

Dr. Alfredo Bennun

Full Professor Graduate School, Rutgers University
Miembro de Nuclear American Society- División de Radioisótopos y Educación
Socio de la Asociación Química Argentina N° 3 – 17089
Godoy Cruz 3046, Torre 2, 8° Polo. Ciudad de Buenos Aires, CP: 1425
Alfr9@hotmail.com

Introducción

En Fukushima las plantas de fisión de $^{235}\text{U}^{92} + n \rightarrow ^{90}\text{Sr}^{38} + ^{89}\text{Sr}^{38} + ^{143}\text{Xe}^{54} + 3n + \square\square$ dejaron las barras agotadas sin tratar. A 5 días del accidente la contaminación en un pueblo vecino era para ^{89}Sr 13-260Bq y para el ^{90}Sr 3.3-32Bq por Kg de suelo. Si se hubiera extraído el estroncio se disminuye calor generado en las barras y la extensión de contaminación. Sr radioactivo es peligroso porque ingerido reemplaza al Ca^{2+} en sus funciones fisiológicas. El decaimiento de $^{90}\text{Sr}^{38}$ ($t_{1/2}=28.8$ años) $\rightarrow ^{90}\text{Y}^{39}$ ($t_{1/2}=64\text{hs}$) + \square (0.68MeV) $\rightarrow ^{90}\text{Zr}^{40}$ + \square (2.28MeV) + v. Mientras: $^{89}\text{Sr}^{38}$ ($t_{1/2}=50.55$ días) $\rightarrow ^{89}\text{Y}^{39}$ + \square (1.5MeV). ^{89}Sr entrega su energía a una velocidad 213 veces la del ^{90}Sr , y decae el 99% al año. Por lo que, la extracción ácida del $^{90}\text{Sr}^{38}$ y $^{89}\text{Sr}^{38}$, por diferencia de $t_{1/2}$ permite aislar ^{90}Sr , con aplicaciones de baja actividad y larga duración. La actividad dominante de ^{89}Sr , es la que permite la terapia paliativa del dolor en metástasis ósea. Este es producido en la Central Atómica de Ezeiza, bajo la dirección de Lic. A. Mancini.

La radiación del ^{89}Sr al ionizar el agua daña los tejidos animales pero sólo penetra 4.8 mm de piel o vidrio, por lo cual, su manipulación se puede hacer con guantes de látex y vestimenta de laboratorio. Protección de la contaminación requiere un blindaje de vidrio que se puede reemplazar por cristal de centelleo, con el valor agregado de servir de fuente de energía.

Resultados

Así, tecnologías conocidas se pueden aplicar en forma novedosa para obtener de energía nuclear a escalas mucho más pequeña que las de los reactores nucleares:

I. Los radioisótopos livianos (LWR) no generan una reacción en cadena, y pueden ser diseñados sin partes móviles, ya que interactúan por contacto con sustancias centelleantes.

II. Los cristales funcionan como un blindaje porque absorben la energía cinética de las partículas $\square\square$ al alcanzar un estado cuántico excitado y retornar al estado inicial con emisión de fotón inofensivo.

III. Estas celdas-foto-emisoras in-interrumpibles se pueden recubrir con sustancias que permiten corrimiento al espectro visible. Uno de los usos de la energía de radioisótopos y la tecnología de luz de transferencia puede ser la sustitución de los paneles solares que funcionan, en regiones que carecen de la energía solar. Por lo

tanto, permitiendo una energía barata, independiente de las líneas de energía eléctrica.

La ingeniería de paneles-foto-emisores para invernaderos, por rotación de 120°, puede cubrir por 8hs y triplicar el área iluminada, aprovechando las 24hs del día. Alternativamente, parte del tiempo se puede re-direccionar para activar células fotovoltaicas.

IV. La electricidad generada in situ, como una batería, podría funcionar los motores eléctricos que no necesitan combustible para al menos la vida media de los radioisótopos seleccionados.

V. Las ingenierías de fibras ópticas permiten la transmisión de potencia de la luz. La de las células fotovoltaicas está muy desarrollada y básicamente, una lámpara de acoplamiento LWR a un sistema fotovoltaico, se podría utilizar para generar electricidad y recargar baterías ajustando el tamaño de la celda-radio-foto-emisora a distintos dispositivos.

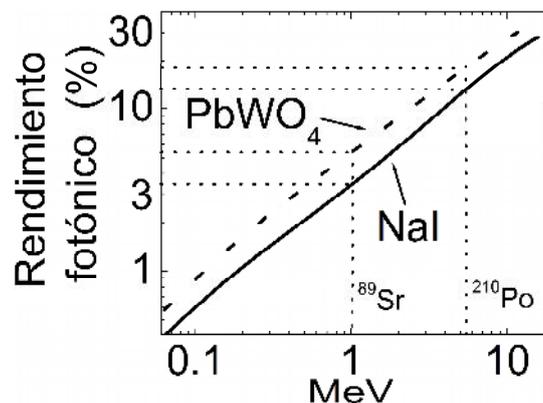


Figura. Rendimiento-centelleador (η) vs. Energía-partícula (MeV) . Por poder de frenado, el orbital excitado del centelleador emite luz. **NaI** (3.675 g/cm³), energía media de excitación (e.m.e.) 458.0 eV, 2% TI + □ [1MeV] → hv (u.v.), η =3.4%; **PbWO₄** (8.28 g/cm³), e.m.e.: 616.7 eV, 2% TI+ □ [1MeV] → hv (u.v.), η =5.4%; ⁹⁰Sr, 2MeV □□□□□ η =8.8%; 5.4MeV □□□⁴He²⁺□□□²¹⁰Po, η =18.3%.

3 MeV-□ tiene un alcance en aire de 2.8 centímetros y produce alrededor de 4000 pares iónicos por milímetro de recorrido. Cristales con agregado de Al₂O₃ optimizan la trasmisión de luz y dan un corrimiento al rojo del espectro de emisión. El POPOP como centelleador secundario, alarga λ a 410nm en el violeta del espectro visible.

NASA desarrolló baterías nucleares termo-eléctricas de ²³⁸Pu ($t_{1/2}$ =87.7años) con masa menor a la necesaria para reacción en cadena con emisión-□: 5.4 MeV, y blindadas con Pb. Su peligrosidad nunca haría aconsejable su uso a nivel civil. La conversión termo-eléctrica tiene η =7%. Rusia ha utilizado ⁹⁰Sr η =4%, para suministro eléctrico de lámparas en boyas en el ártico. Hay generadores termo-eléctricos (RTG) para satélites con ²¹⁰Po, genera mucho calor T=750K con 0.5g. Se podría estudiar una técnica de centelleo, disminuiría T y el exceso de calor proveería η adicional termo-foto-voltaico.

Proyectos	Radioisótopos	Potencia Máxima (W)	Centelleo (W)	Eléctrico (W)	Radioisótopo (Kg)	Blindaje (Kg)
NASA: Voyager 2	$^{238}\text{Pu} \rightarrow ^{234}\text{U} + \alpha$	2400	----	160	4.5	39
ESA: Galileo	^{238}Pu	4400	----	300	7.8	55.5
Soviético	$^{90}\text{Sr} \rightarrow ^{90}\text{Y} + \alpha + \bar{\nu}$	230	----	10	0.26	560
Radio-fotolumínico			Rendimiento			
			Fotónico	Fotovoltaico 30%		
	^{90}Sr	484.5	42.6	12.8	0.26	3
	$^{89}\text{Sr} \rightarrow ^{89}\text{Y} + \alpha + \bar{\nu}$	44695	2414	724.2	0.26	1
	$^{210}\text{Po} \rightarrow ^{206}\text{Pb} + \alpha + \gamma + \alpha + \alpha$	37382	6841	2052	0.26	4

^{89}Sr en cantidades menor al mmol la generación de calor no requiere enfriamiento, a mayores cantidades se puede incorporar ventilación, o la celda radio-luminiscente se la puede diseñar como una fibra enrollada sobre un tubo de circulación de refrigerante espejado hacia las unidades fotovoltaicas. La batería puede contenerse en una caja de metal con acceso de personal idóneo con llave.

Batería ^{89}Sr -foto-eléctrica vs ión-Li

Una batería de ^{89}Sr -foto-eléctrica, con núcleo de 89ng de ^{89}Sr , tiene una potencia específica de 2.5×10^{-7} W/89ng, la de ión-Li es 9 veces menor.

1nmol de ^{89}Sr -fotocristal emite 5.1×10^6 partículas α /s, cada una pierde 40eV por colisión con una molécula del centelleador. Con $\eta=5.4\%$ del centelleador se obtiene 1350 fotones/ α . Si son U.V. $\lambda=350\text{nm}$ a 400nm , al ser absorbidos por nanocristales, que de acuerdo al tamaño creciente son reemitidos dentro del espectro visible desde el violeta, azul, verde, anaranjado, etc.

Un automóvil eléctrico consume 14KWh/100Km, con batería de ión-Li de 16Kg tiene 2h de autonomía (con ciclo de carga-descarga de 6h). Comparativamente, se requiere 5Kg de ^{89}Sr y 5Kg de centelleador, y se alcanza la autonomía de 50 días. Como el decaimiento es sostenido, se puede alternar para consumo eléctrico del hogar, incluso recargar baterías ión-litio.

Como la relación calórica ^{89}Sr vs calor de carbón por gramo es **350000 a 1**, el costo de su transporte, por ejemplo a la base Argentina en la Antártida, podría ser considerablemente menor.