

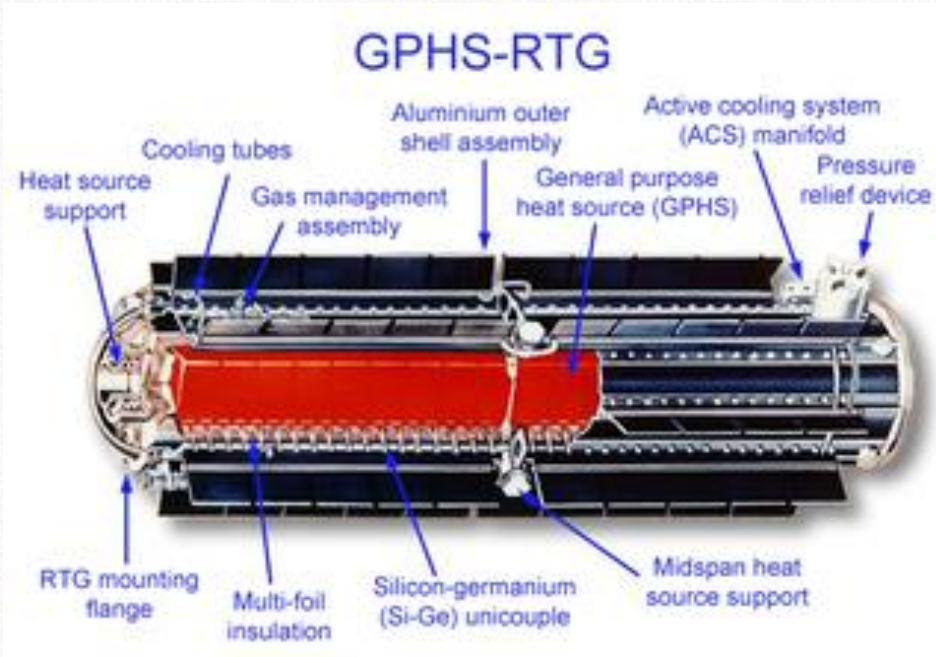
Nükleer Maddelerden Pil Eldesi

Hazırlayan

Yalçın Gökhan karanfil

202110105029

Radyoizotop Termoelektrik Jeneratörler (RTG)

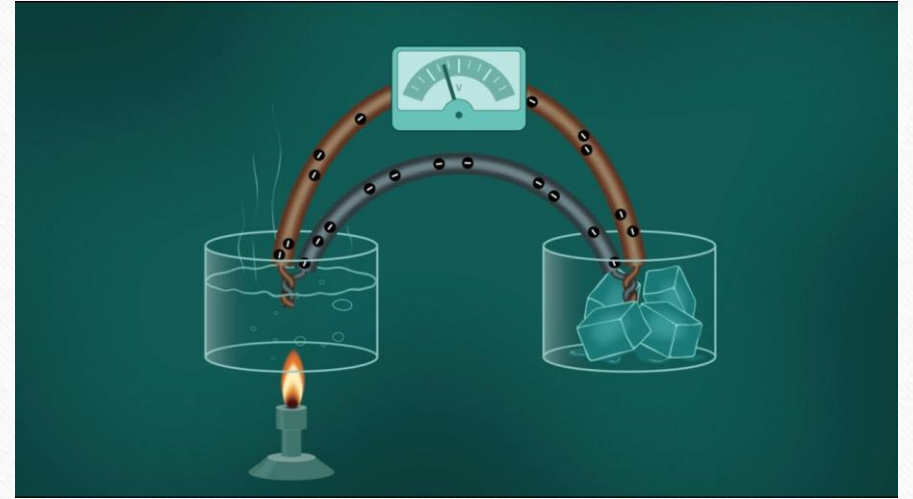


RTG, radyoaktif izotopların doğal bozunması sırasında açığa çıkan ısıyı elektriğe dönüştüren bir cihazdır. Bu sistem, özellikle enerji kaynağının güvenilir, uzun ömürlü ve bakım gerektirmeyen bir şekilde çalışmasının gerektiği yerlerde kullanılır. RTG'ler genellikle uzay araçlarında, uydularda ve insan erişiminin zor olduğu bölgelerde tercih edilir.

Seebeck Etkisi

Seebeck Etkisi, 1821 yılında Baltık Alman fizikçi Thomas Johann Seebeck tarafından keşfedilen ve sıcaklık farklarının elektrik gerilimine dönüşmesini açıklayan bir fenomendir. Bu etki, iki farklı metal veya yarı iletkenin birleşim noktalarındaki sıcaklık farkı nedeniyle elektrik potansiyel farkı (gerilim) oluşmasına yol açar. Örneğin, bakır ve demir gibi farklı metallerin birleşiminde, sıcaklık farkı nedeniyle bir elektrik gerilimi ölçülür.

Seebeck etkisi, termoelektrik jeneratörlerin temelini oluşturur ve bu jeneratörler, ısıyı elektrik enerjisine dönüştürmek için kullanılır.

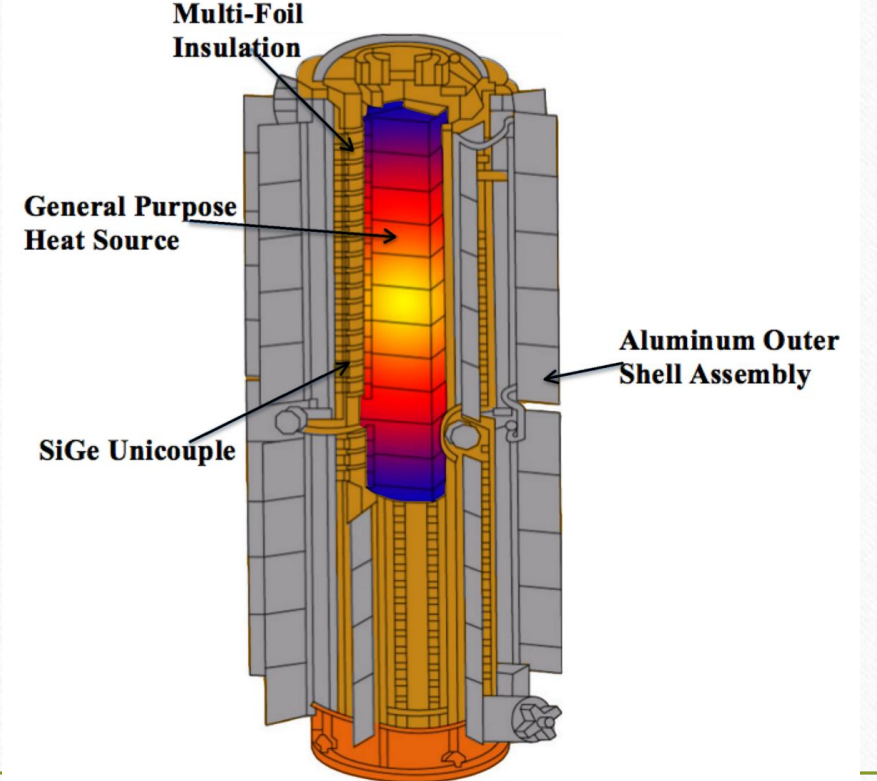


RTG'lerin Çalışma Prensibi

RTG'ler enerji kaynağı olarak genellikle plütonyum-238 kullanılır. Plütonyum-238'in doğal radyoaktif bozulması sırasında açığa çıkan ısı, enerji üretiminin temelini oluşturur.

Açığa çıkan ısı silisyum-germanyum alaşımından yapılmış termoelektrik jeneratörlerle elektriğe dönüştürülür. Germanyum kullanımının sebebi radyoaktif bozunması sırasında açığa çıkan ısının yüksek sıcaklığa ulaşır (yaklaşık 900 K). Bu yüksek sıcaklıklarda kararlı bir şekilde çalışabilir.

Bu sayede güneş enerjisinin yetersiz olduğu yerlerde uzun süre elektrik enerjisi sağlayabilir. Örnek olarak 1977 yılında fırlatılan Voyager-1 uzay aracı hala çalışmaktadır ve Dünya'dan yaklaşık olarak 24,1 milyar km uzaklıkta yıldızlar arası uzayda görevini sürdürüyor.



RTG'lerin Avantajları Ve Dezavantajları

Avantajları:

- Uzun süre enerji sağlayabilir.
- Hareketli parça içermediği için bakım ihtiyacı yoktur.
- Güneşin olmadığı yerlerde çalışabilir.

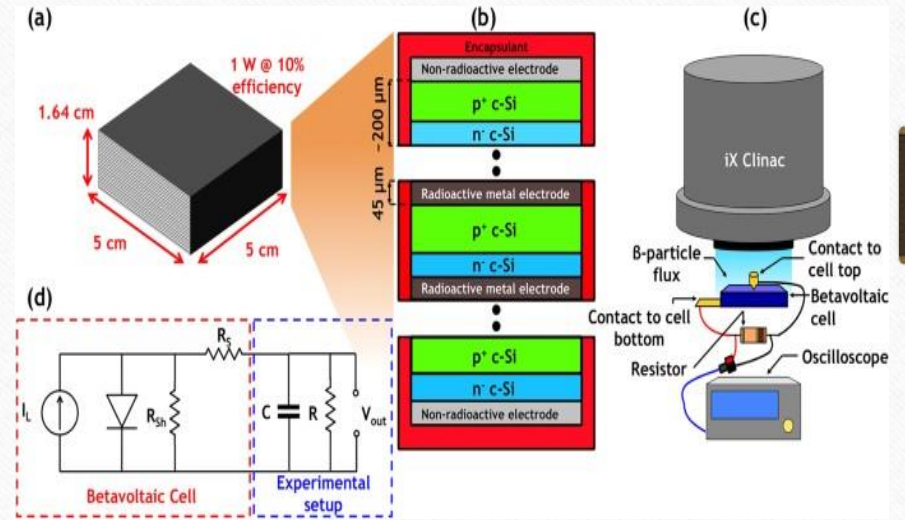
Dezavantajları:

- Termoelektrik jeneratörlerin verimliliği genellikle %6-%8 arasında değişir.
- Plütonyum-238 gibi izotopların üretilmesi ve işlenmesi oldukça pahalıdır.
- RTG'lerin zamanla ürettiği enerji azalır.
- Büyük miktarda enerji üretmezler. Yüksek enerji gereksinimi olan uygulamalar için uygun değildir.

Betavoltaik Piller

Betavoltaik piller, radyoaktif izotopların yaydığı beta ışınlarından enerji üreten uzun ömürlü enerji kaynaklarıdır. Geleneksel pillerden farkı, enerji üretiminde kimyasal reaksiyonlar yerine radyoaktif izotopların kullanılmasıdır. Bu teknoloji, beta radyasyonunun yarı iletken bir malzemeye çarpmasıyla elektronların harekete geçmesini ve böylece elektrik oluşmasını sağlar.

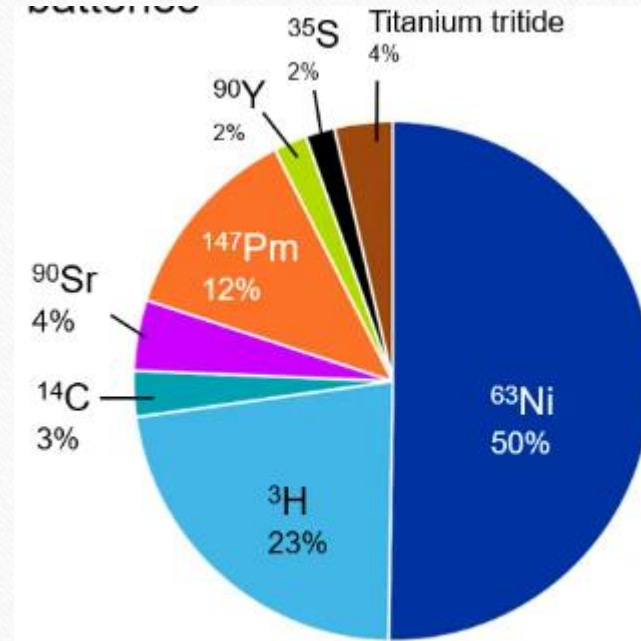
Nükleer piller, kimyasal pillere kıyasla kilogram başına binlerce watt-saatlik enerji yoğunluğu sunar ve düşük güç gerektiren cihazlar için ideal bir çözüm sunar. Günümüzde nano-teknolojik cihazların yaygınlaşmasıyla birlikte, nükleer pillerin önemi daha da artmıştır.



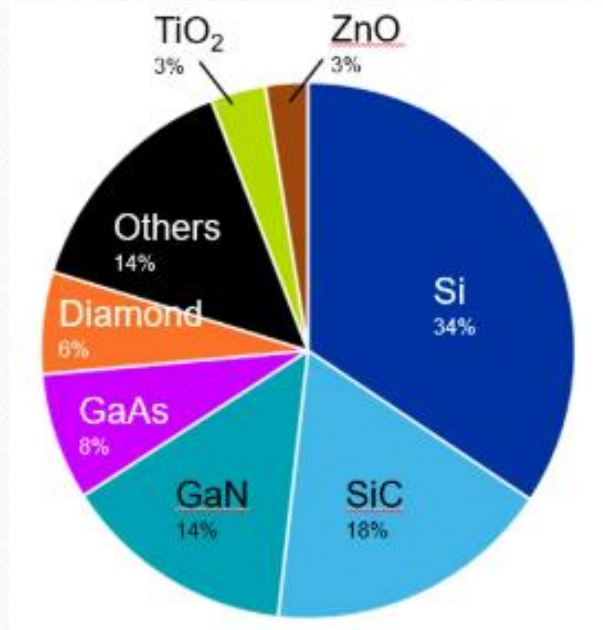
Beta Parçacık Kaynaklarının Kullanımı

Betavoltaik piller, beta radyasyonu yayan radyoaktif malzemeleri kullanarak enerji üretir. Bu sistemlerde farklı beta parçacık kaynakları tercih edilir. Nikel-63 betavoltaik pillerde en çok tercih edilen kaynaktır. Bunun temel nedeni uzun yarı ömrü ve kararlı bir enerji kaynağı olmasıdır.

Bunu ardından trityum, hafif beta yayıcı olduğu için kompakt yapıları sistemlerde avantaj sağlar. Küçük cihazlar için oldukça uyumludur.



Betavoltaik Pillerde Yarı İletken Kullanımı

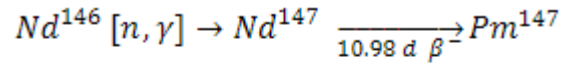


Betavoltaik piller, beta radyasyonu yayan kaynakların enerjisini elektrik enerjisine dönüştüren sistemlerdir. Bu dönüşüm, yarı iletken malzemeler üzerinde gerçekleşir. Yarı iletkenlerin türü ve özellikleri, pillin verimliliğini ve uygulama alanını doğrudan etkiler. Silisyum, betavoltaik pillerde en yaygın kullanılan yarı iletken malzemedir. Bunun temel nedenleri, uygun maliyette olması ve üretim teknolojisini gelişmiş olmasıdır.

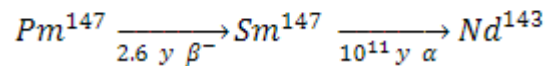
Başka bir yarı iletken malzeme ise Silisyum karbürdür. Bu malzeme beta parçacık elektrik dönüşümünün verimliliğini arttıran büyük bir bant boşluğuna sahiptir. Ayrıca pillin ömrünü ve stabilitesini artırarak beta parçacık radyasyonundan bozulmaya karşı iyi bir dirence sahiptir.

Prometyum-147 Destekli Nükleer Piller

Prometyum-147 içeren betavoltaik piller, radyoaktif bozunma sırasında yayılan beta parçacıklarını elektrik enerjisine dönüştüren cihazlardır. Bu piller, özellikle uzun ömürlü ve düşük güç tüketen uygulamalarda kullanılır. Yarılanma süresi yaklaşık olarak 2,62 yıldır, bu da pillerin düzenli aralıklarla değiştirilmesi gerektiği anlamına gelir. Prometyum-147, genellikle neodimyum-146 izotopundan elde edilir.

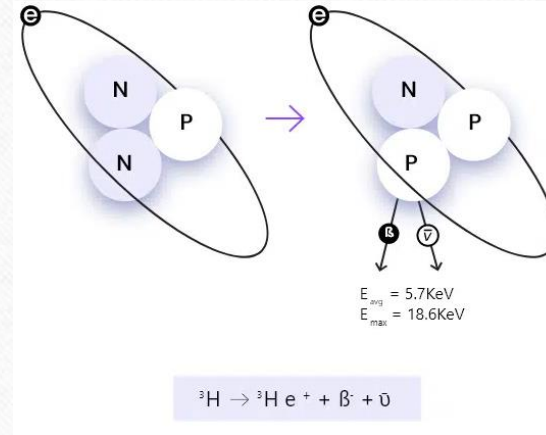


Pm¹⁴⁷ decay is:



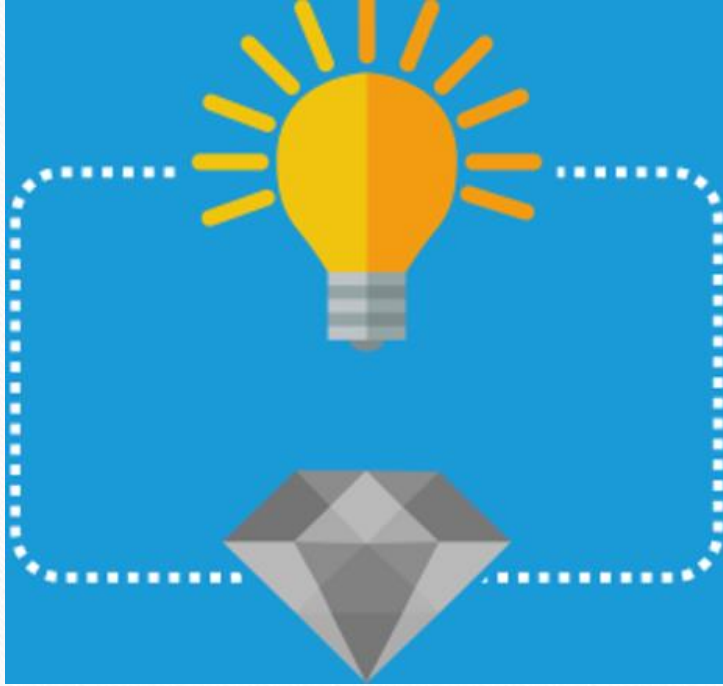
Nanotrityum Piller

Trityum destekli betavoltaik piller, trityumun radyoaktif bozunması sırasında yayılan beta parçacıklarıyla elektrik enerjisine dönüştürerek uzun ömürlü enerji kaynakları sağlar. Trityumun yarılanma süresi 12,32 yıldır. Trityum daha sonra kararlı helyum-3 dönüşür.



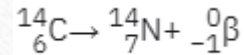
Open Circuit Voltage	Short Circuit Current*
0.8 Volts 1.6 Volts 2.4 Volts	50-350 nanoamps

Karbon-14 Destekli Nükleer Piller



Nükleer reaktörlerde kullanılan grafit çubuklar, nötronları yavaşlatma ve zincirleme reaksiyonu kontrol etme görevlerini üstlenir. Zamanla, bu grafit çubuklar nükleer atık olarak karbon-14 izotopuna dönüşür. Karbon-14, özel işlemlerle saflaştırılarak elmas gibi yarı iletken malzemelerle birleştirilir ve enerji üretimi için kullanılabilir.

Bu süreçte, elmas sadece beta parçacıklarını elektrik enerjisine dönüştürmekle kalmaz, aynı zamanda koruyucu bir katman görevi görerek radyoaktif yayılımı engeller. Karbon-14'ün 5730 yıllık yarılanma süresi, bu tür pillerin binlerce yıl boyunca enerji üretebilmesini sağlar. Prototip çalışmalarda karbon-14 tabanlı piller yaklaşık 2 volt enerji üretmiştir.

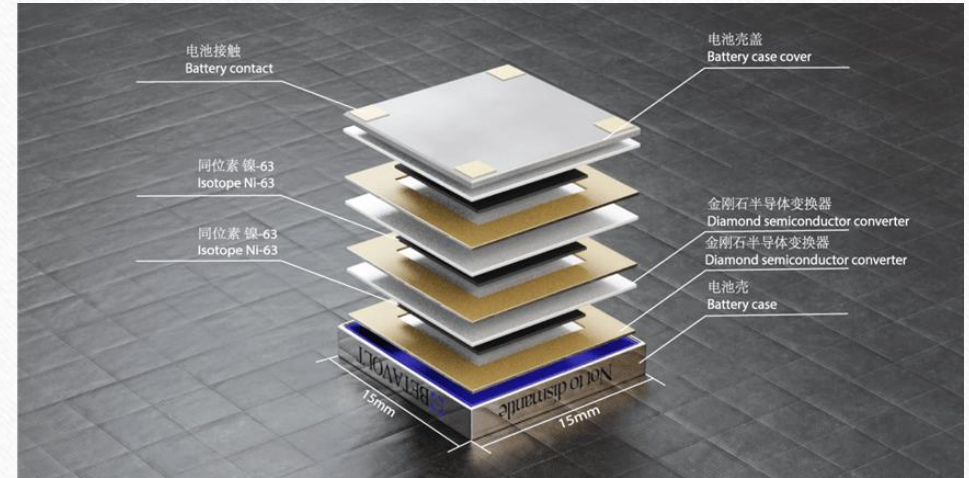


Nikel-63 Destekli Nükleer Piller

Nikel-63 destekli nükleer piller, radyoaktif nikel-63 izotopunun beta ışınımını elektrik enerjisine dönüştüren yenilikçi enerji cihazlarıdır. Bu pillerin yarılanma süresi yaklaşık 100 yıldır ve bu uzun süre enerji üretebilir. Ayrıca, kilogram başına yaklaşık 3.3 kWh enerji yoğunluğu ile oldukça verimlidirler. Bozunma süreci sonunda nikel-63 izotopu, zararsız bir element olan bakıra dönüşür.

Betavolt adlı bir şirket, nikel-63'ü kullanarak dikkat çekici bir teknoloji geliştirmiştir. Her biri 10 mikron kalınlığında iki tek kristal elmas yarı iletken katmanı, 2 mikron kalınlığında bir nikel-63 katmanını sıkıştırarak bir "sandviç" oluşturur. Bu sandviçler bağımsız olarak elektrik akımı üretebilir, ancak aynı zamanda eski tip voltaik hücreler gibi istiflenerek veya birbirine bağlanarak yüzlerce bağımsız birim modülünden oluşan daha güçlü bir yapı oluşturabilir.

Tüm sistem, radyasyona maruz kalmayı önlemek ve pili fiziksel hasarlardan korumak amacıyla özel bir koruyucu kılıf içinde mühürlenmiştir. Betavolt'un geliştirdiği bu pil, 3V geriliminde 100 mikrowatt güç üretebilmekte ve yalnızca 15×15×5 mm boyutlarındadır.



Betavoltaik Piller Avantajları ve Kullanım Alanları

Geleneksel bataryaların aksine, betavoltaik piller yıllarca kesintisiz güç sağlayabilir. Bu özellikleri sayesinde, uzun süre çalışması gereken kalp pilleri gibi tıbbi cihazlarda kullanılabilirler. Sıcaklık, nem ve basınç gibi çevresel faktörlerden etkilenmedikleri için zorlu ortamlarda güvenilir bir güç kaynağı olarak tercih edilirler. Örneğin, uzay araçları ve askeri ekipmanlar gibi dayanıklılık gerektiren uygulamalarda kullanılabilirler.

Betavoltaik pillerin bir diğer avantajı, nükleer atıkların değerlendirilmesiyle elde edilen radyoaktif izotopları kullanmalarınıdır. Bu sayede, nükleer atık sorununa katkıda bulunur ve daha sürdürülebilir bir enerji kaynağı sunar. Ayrıca, nükleer reaktörlerde olduğu gibi kullanım sonrası zararlı bir atık üretmezler.

Betavoltaik pillerin gelişimiyle birlikte, gelecekte şarj ihtiyacı olmayan cep telefonları veya süresiz olarak havada kalabilen küçük dronlar gibi yenilikçi teknolojilerde kullanılabileceği tahmin edilmektedir. Ayrıca, Betavolt adlı bir şirket, 2025 yılına kadar 1 watt güç sağlayabilen bir ürün geliştirmeyi hedeflediklerini duyurmuştur.

Betavoltaik Pillerin Dezavantajları

Betavoltaik pillerin enerji dönüşüm verimliliği oldukça düşüktür. Örneğin, silikon diyotlarla yapılan çalışmalarda, verimlilik değerleri %2,9 ile %5,8 arasında değişmektedir.

Bu pillerin güç yoğunluğu genellikle nano ile mikro watt/cm³ seviyesindedir. Bu durum, betavoltaik pillerin yüksek güç gerektiren uygulamalarda kullanılamamasına neden olmaktadır.

Radyoaktif izotopların kullanılması ve özel üretim süreçleri gerektirmesi nedeniyle bu pillerin üretimi maliyetlidir.

Kaynaklar

https://www.wikiwand.com/en/articles/Betavoltaic_device

https://www.wikiwand.com/en/articles/Radioisotope_thermoelectric_generator

<https://citylabs.net/technology-overview/>

<https://www.cas.org/resources/cas-insights/nuclear-power-your-pocket-50-year-battery-innovation#:~:text=Betavoltaic%20batteries%20contain%20radioactive%20emitters,nuclei%20in%20the%20semiconductor%20absorber.>

<https://www.nature.com/articles/srep38182>

<https://www.nasa.gov/wp-content/uploads/2024/01/04-nasa-workshop-adams.pdf>

https://www.epj-conferences.org/articles/epjconf/pdf/2017/27/epjconf_qfthep2017_06004.pdf

https://www.betavolt.tech/646785-646785_2562735.html

<https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/seebeck-effect#:~:text=The%20Seebeck%20effect%20is%20when,voltage%20difference%20across%20the%20terminals.>

<https://science.nasa.gov/resource/what-is-the-seebeck-effect/>

https://www.wikiwand.com/tr/articles/Voyager_1

https://www.bristol.ac.uk/media-library/sites/cabot-institute-2018/documents/Diamond_battery_FAQs_Nov_2016.pdf