

4. BETA SPEKTROSKOPİSİ

Amaç

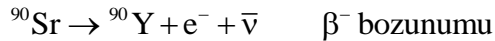
^{90}Sr ve ^{22}Na radyoaktif kaynakları için beta bozunumunun sürekli enerji dağılımı (β spektrumu) elde edilecektir.

Deney Malzemeleri

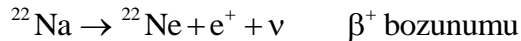
- Beta-spektroskop (tayf ölçer)
- Geiger-Müller Sayacı
- Aktivitesi 74 kBq olan ^{22}Na radyoaktif kaynağı
- Aktivitesi 74 kBq olan ^{90}Sr radyoaktif kaynağı
- 25 mm uzunluklu katı demir çekirdek
- Kısa demir çekirdek
- U şeklinde demir çekirdek
- 600 sarımlı bobin
- Çok amaçlı güç kaynağı
- Hall probu
- Dijital multimetre ve teslametre
- Alfa, Beta, Gama parçalarını sayabilen bir adet A tipi Sayaç (BNC kablolu)
- 750 mm uzunluğunda BNC kablo
- Kırmızı ve mavi renkli 500 mm uzunluğunda bağlantı kabloları
- Sıkıştırma aygıtı

Deneye Hazırlık Bilgileri

Beta bozunumu kararsız bir çekirdeğin kararlı bir hale gelebilme için β parçacığı (hızlı elektron veya pozitron) yayınladığı radyoaktif olaylardan birisidir [1,2]. Beta bozunumunda kararsız çekirdek izobarına dönüşür. Deneyde ^{90}Sr ve ^{22}Na çekirdeklerinin beta bozunumu incelenecektir. ^{90}Sr , β^- bozunumuyla ^{90}Y çekirdeğine dönüşerek bir elektron (e^-) ve bir antinötrino ($\bar{\nu}$) yayınlamaktadır:

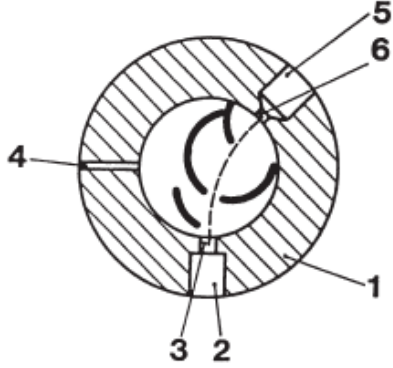


^{22}Na ise bir pozitron (e^+) ve bir nötrino (ν) yayınlamaktadır (β^+ bozunumu) ^{22}Ne 'a bozunur:



Deneyde ^{90}Sr ve ^{22}Na çekirdeklerinin beta bozunumunun elektronlarının sürekli enerji dağılımı elde edilecektir. Bunun için deneyde β spektrometresi kullanılacaktır (Şekil 4.1). β spektrometresinde β parçacıkları enerjilerine bağlı olarak seçilir. Bu seçim homojen bir

manyetik alanda bulunan diyafram kullanarak parçacıkların sabit bir yörüngeyi takip etmeye zorlanmasıyla yapılır.



Şekil 4.1. B-spektroskobunun genel görünümü: 1) mıknatıslanma özelliği olmayan duvar; 2) radyoaktif kaynak girişi; 3) iris; 4) Hall probu için giriş; 5) sayaç tüpü girişi; 6) iris. [3]

Yüklü olan beta parçacıkları, bu β spektroskobunun içindeki düzgün manyetik alandan dolayı manyetik alan kuvvetinin etkisinde kalacaklardır ve sapacaklardır. Parçacıklar manyetik alana dik olan bir düzlemde çembersel yörüngede hareket edeceklerdir. Bu çembersel yörüngenin yarıçapı r ve parçacıkların sabit hızları v olsun. Bu çembersel yörüngede parçacıkları tutabilmek için gerekli olan merkezci kuvvet manyetik kuvvete (Lorentz kuvveti) eşit olacaktır:

$$evB = \frac{mv^2}{r} \quad (4.1)$$

Bu ifade momentum cinsinden yazılmak istendiğinde

$$p = mv = eBr \quad (4.2)$$

elde edilir.

Rölativistik hızlardaki parçacıklar için momentum

$$\frac{E^2}{c^2} = p^2 + m_0^2 c^2 \quad (4.3)$$

ile verilir. Burada, E parçacıkların toplam kinetik enerjisini göstermektedir. Parçacıkların rölativistik hızlarıyla ilgilendiği için parçacıkların bu toplam enerjisi, parçacıkların sahip olduğu kinetik enerji E_{kin} ile parçacıkların durgun kütle enerjilerinin $m_0 c^2$ toplamına eşittir,

$$E = E_{kin} + m_0 c^2 \quad (4.4)$$

Böylece Denklem 4.2, 4.3 ve 4.4'ün kullanılmasıyla kinetik enerji,

$$E_{\text{kin}} = \sqrt{(eBr c)^2 + m_0^2 c^4} - m_0 c^2 \quad (4.5)$$

şeklinde yazılabilir. Burada kullanılan sabitler

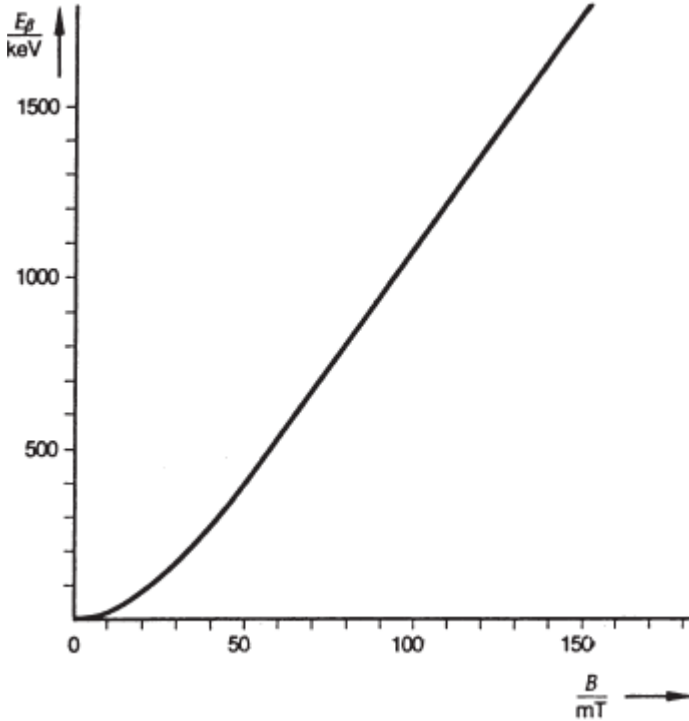
$$c = 2.99792458 \times 10^8 \text{ m/s}$$

$$m_0 = 9.10191 \times 10^{-31} \text{ kg}$$

$$e = 1.60210 \times 10^{-19} \text{ C}$$

$$1 \text{ J} = 6.24150974 \times 10^{18} \text{ eV}$$

dur ve $r = 50 \text{ mm}$ yarıçaplı bir yörünge için değişen manyetik alan ve akım büyüklüklerine bağlı olarak parçacığın enerjisini hesaplamak mümkündür. (Şekil 4.2)



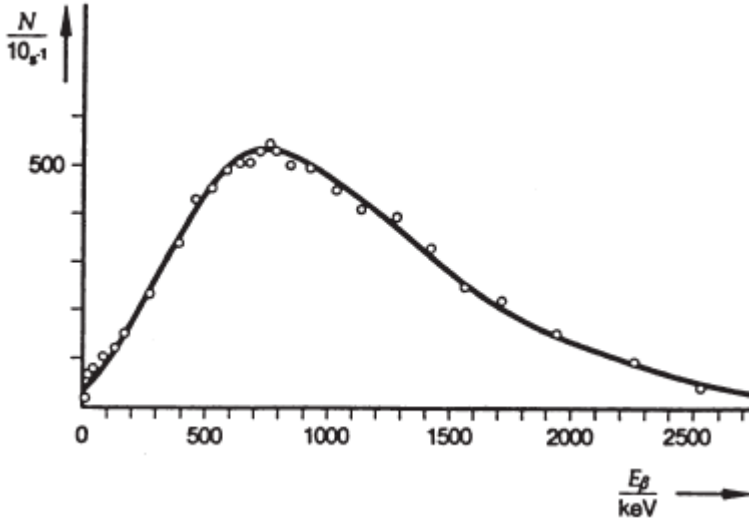
Şekil 4.2. Spektrometrede oluşan manyetik alan ile seçilen parçacığın enerjisi arasındaki ilişkiyi gösteren grafik [3]

Beta bozunumunda reaksiyon sonucu ortaya çıkan enerji (E_z), reaksiyon sonucu açığa çıkan elektron (pozitron) ve antinötrino (nötrino) tarafından paylaşılır. Bu enerji paylaşımı 0'dan E_z 'ye kadar olan tüm enerji değerlerinde sürekli bir dağılım verir. β

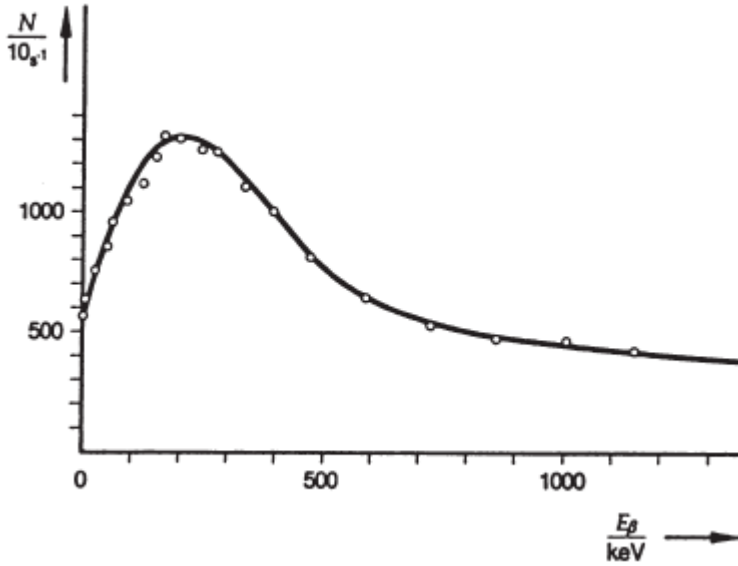
spektrumunun diğerk bir özelliği de en olası enerji değeri nin (E_h), maksimum enerji değeri nin (E_z) üçte birine eşit olmasıdır:

$$E_h = \frac{E_z}{3} \quad (4.6)$$

Şekil 4.3 ve Şekil 4.4, sırasıyla, ^{90}Sr ve ^{22}Na radyoaktif çekirdeklerinin beta bozunumunun sürekli enerji dağılımını göstermektedir.



Şekil 4.3. ^{90}Sr radyoaktif çekirdeğinin β bozunumunun sürekli enerji dağılımı [3]



Şekil 4.4. ^{22}Na radyoaktif çekirdeğinin β bozunumunun sürekli enerji dağılımı [3]



Şekil 4.5. Beta spektroskopisi deneyine ait deney düzeneği

Deneyin Yapılışı

1. Şekil 4.5’de verilen devreyi kurunuz.
2. Demir parçaları sıkıca yerleştiriniz. Böylece sürekli ve yeterli kuvvet akışı sağlanabilir.
3. Hall prob yatay girişe yerleştirilmeden önce Hall probun ucunda bulunan korumayı çıkartınız. Teslametrede okunan manyetik alan değerinin sıfır olmasını sağlayınız.
4. Bobin üzerindeki akım ve manyetik akı yoğunluğu arasındaki ilişkiyi belirleyiniz.
5. Geiger Müller sayacı ve bozunumu incelenecek olan radyoaktif kaynağı düzenekteki yerine yerleştiriniz.
6. Kullanılan radyoaktif kaynağa uygun şekilde manyetik alanın yönünü ayarlayınız.
7. Farklı büyüklüklerdeki manyetik alanlara karşılık gelen 60 sn’lik periyotlarda alınan sayım değerlerini kaydediniz. Manyetik alan büyüklükleri, düzeneğe DC gerilim uygulanarak, her adımda akımın 0.05 A artırılmasıyla elde edilir.
8. Her bir akım değerine karşılık manyetik alan ve sayım değerlerini Tablo 4.1’e kaydediniz.

9. Elde edilen manyetik alan değerlerine karşılık kinetik enerji değerleri hesaplayınız ve Tablo 4.1'e yazınız.
10. Manyetik alanın kinetik enerjiye bağlı $B(\text{mT})-E(\text{keV})$ grafiğini çiziniz.
11. Kinetik enerji sayım, $E(\text{keV})-N(\text{sn}^{-1})$ grafiğini çiziniz. Böylece bozunumu incelenen radyoaktif kaynağın β spektumu elde edilir.
12. Bu adımlar diğer radyoaktif kaynak için tekrarlanır.

Kaynaklar

- [1] Krane, Kenneth, Nükleer Fizik 1. Cilt, 2002, Palme Yayıncılık.
- [2] Tsoulfanidis, Nicholas, Measurement and Detection of Radiation, 1983, Hemisphere Publishing Corporation.
- [3] PHYWE physics, deney katalogu, www.phywe.com.

