

# Neutronska aktivacija antimona

Dunja Ivković

Mentor: dr. sc. Milivoj Uroić

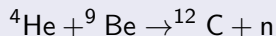
29.01.2019.

# INTERAKCIJA NEUTRONA S MATERIJOM

- Neutroni nemaju naboj → nema Coulomb interakcije → važni za proučavanje nuklearnih sila
- Zbog manjka elektrostatske interakcije otežano je fokusiranje neutronske snop i energijska razlučivost
- Interakcije s elektronima su zanemarive → izazov pri detekciji

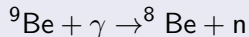
## IZVOR NEUTRONA

- Bombardiranje  $\alpha$  esticama:



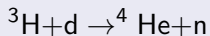
Nastali neutroni nisu monoenergijski.

- $\gamma$  reakcije:

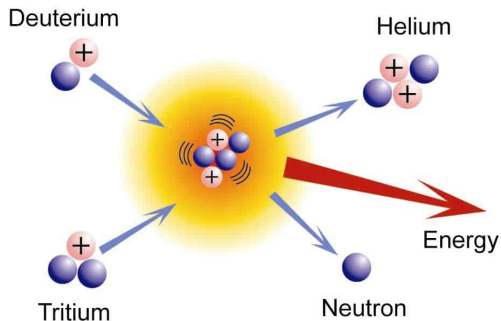


# INTERAKCIJA NEUTRONA S MATERIJOM

## IZVOR NEUTRONA



$$E_n \simeq 14.1\text{MeV}$$



## KLASIFIKACIJA NEUTRONA PO ENERGIJI

- $E_n \simeq 0.025\text{eV}$  - termalni neutroni
- $E_n \simeq 1\text{eV}$  - epitermalni neutroni
- $E_n \simeq 1\text{keV}$  - spori neutroni
- $100\text{keV} < E_n < 20\text{MeV}$  - brzi neutroni
- $E_n > 20\text{MeV}$  - ultrabrzi neutroni

Vrsta interakcije s materijom ovisi o energiji upadnih neutrona.

## DOMINANTNE REAKCIJE TERMALNIH NEUTRONA:

- $(n,\gamma)$  reakcija na parno-neparnim i neparno-parnim jezgrama
- $(n,\alpha)$  reakcije na laganim neparno-neparnim jezgrama
- p-neparna i n-parna jezgra  $\rightarrow$  neparno-neparna jezgra
- teke p-parne i n-neparne jezgre  $\rightarrow$  fisija

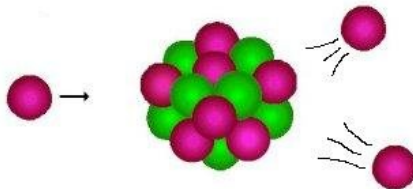
# INTERAKCIJA NEUTRONA S MATERIJOM

DOMINANTE REAKCIJE BRZIH NEUTRONA

$(n, 2n)$  reakcija na p-neparnoj i n-parnoj jezgri

$(n, p)$  reakcija na n-neparnoj i p-parnoj jezgri

→ NEPARNO-NEPARNA JEZGRA



# INTERAKCIJA NEUTRONA S MATERIJOM

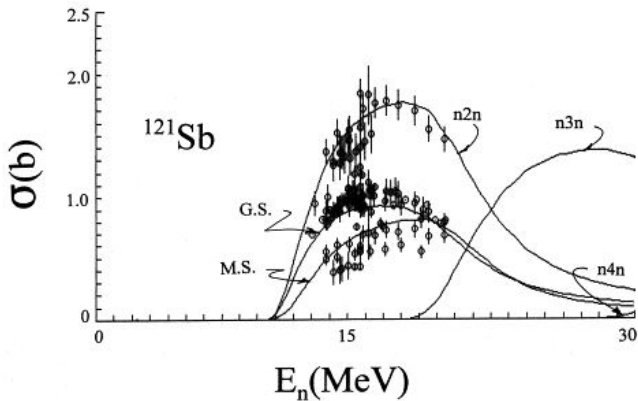


Figure: Udarni presjek brzih neutrona za  $^{121}\text{Sb}$ . Preuzeto iz [3].



# NUKLEARNI RASPADI

Broj raspada proporcionalan je broju jezgara

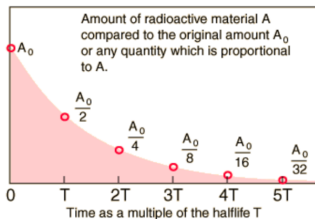
$$\frac{dN}{dt} = -\lambda N(t)$$

$\lambda$  je vjerojatnost prijelaza (konstanta raspada)

$$N(t) = N_0 e^{-\lambda t}$$

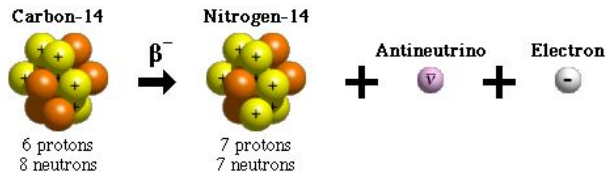
Vrijeme poluživota:

$$T_{1/2} = \frac{\ln(2)}{\lambda}$$

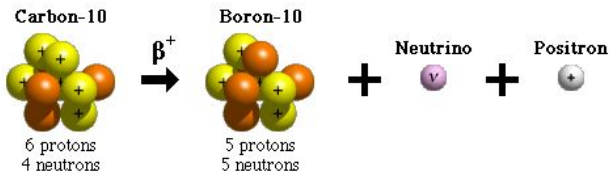


# NUKLEARNI BETA RASPADI

## Beta-minus Decay



## Beta-plus Decay

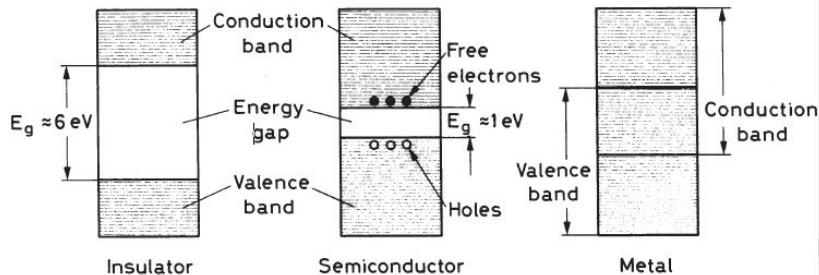


Apsorpcija upadnog zračenja preko interakcije gama zračenja sa materijom:

- Fotoelektrični efekt
- Comptonovo raspršenje
- Tvorba para

Prolazak elektrona  $\rightarrow$  elektron-šupljina parovi

# GERMANIJSKI DETEKTOR

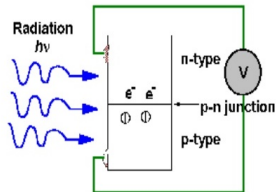


Energijske vrpce izolatora, poluvodiča i vodiča.

# GERMANIJSKI DETEKTOR

## PREDNOSTI

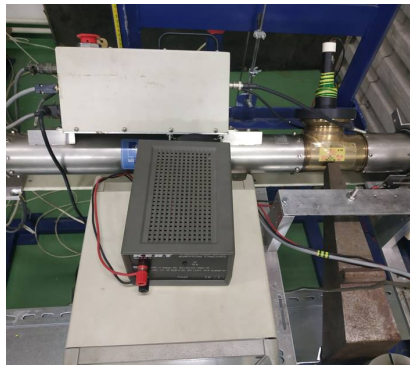
- Visoka rezolucija mjerenja energije
- Odziv linearan s energijom i ne ovisi o tipu zračenja koje ga je uzrokovalo
- Zanemariva apsorpcija energije
- Male dimenzije detektora



# EKSPERIMENTALNI POSTAV

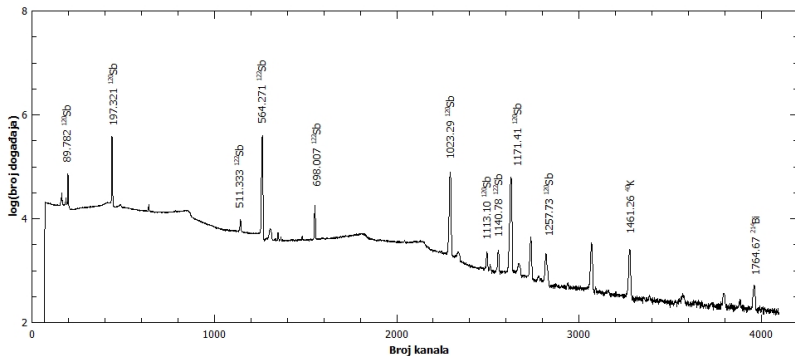


Germanijski detektor



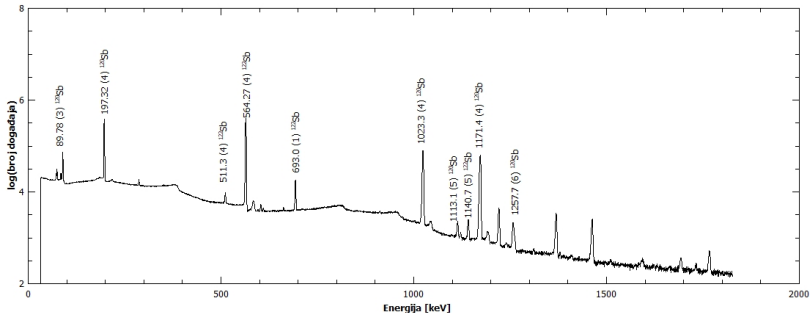
Neutronski generator

# IZMJERENI SPEKTAR



Spektar izmjeren germanijskim detektorom nakon 32 dana mjerenja.

# IZMJERENI SPEKTAR

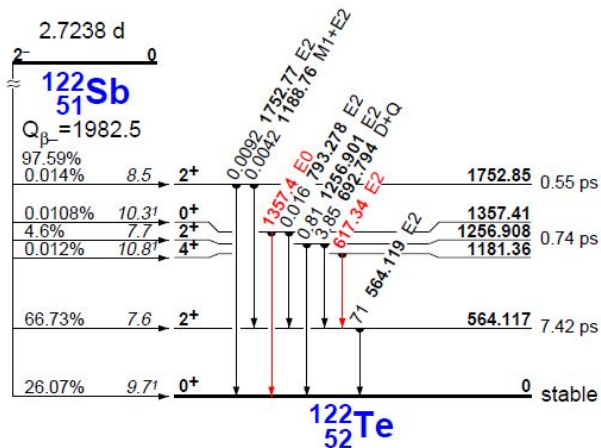


Spektar izmjeren germanijskim detektorom nakon 32 dana mjerenja s kalibriranom skalom energije. Prikazani su samo vrhovi antimona.

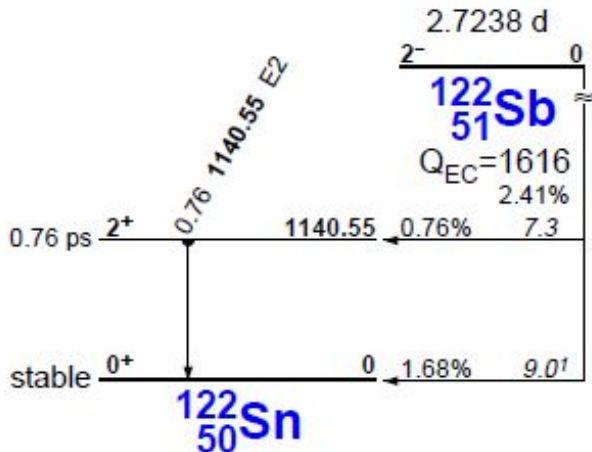


**Table:** Usporedba izmjerenih energija i tabličnih vrijednosti [5]. Navedene su srednje vrijednosti te pripadne devijacije u zagradi.

Izmjereno [keV]	Tablino [keV]	Izotop
89.78 (3)	89.8 (3)	$^{120}\text{Sb}$
197.32 (4)	197.3 (3)	$^{120}\text{Sb}$
511.3 (4)	511	$^{120}\text{Sb}$
564.27 (4)	564.24 (4)	$^{122}\text{Sb}$
693.0 (1)	692.65 (4)	$^{122}\text{Sb}$
1023.3 (4)	1023.3 (4)	$^{120}\text{Sb}$
1113.1 (5)	1113.4 (6)	$^{120}\text{Sb}$
1140.7 (5)	1140.67 (4)	$^{122}\text{Sb}$
1171.4 (4)	1171.7 (3)	$^{120}\text{Sb}$
1257.7 (6)	1256.93 (4)	$^{122}\text{Sb}$

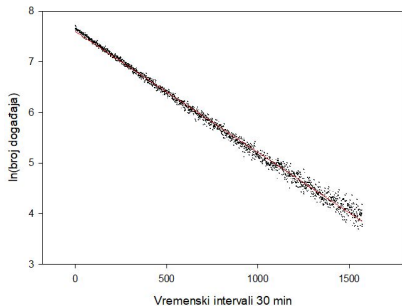
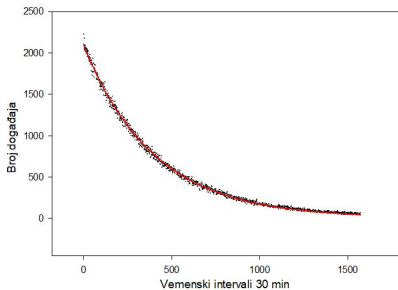


Preuzeto iz [4].



Preuzeto iz [4].

Iz vrhova najvećeg intenziteta određeno je vrijeme poluživota.



Primjer analize podataka za vrh na energiji 564.3 keV.

Napravljen je fit na funkciju

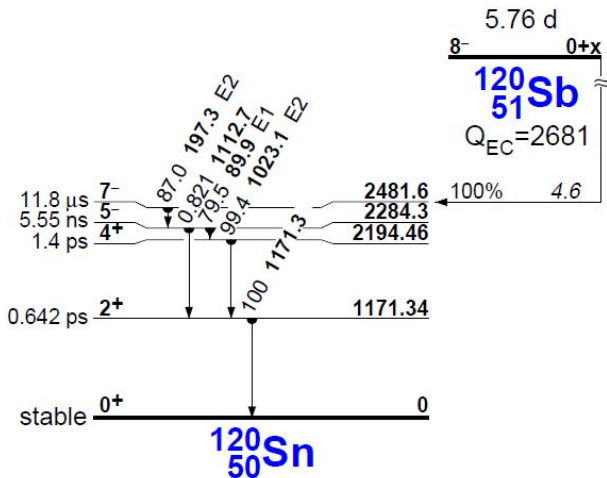
$$y = y_0 + Ae^{-x/B}$$

iz čega je iz parametra B određeno vrijeme poluživota.

Energija [keV]	$T_{1/2}$ [dan]
564.27 (4)	$2.720 \pm 0.004$
693.0 (1)	$2.80 \pm 0.04$

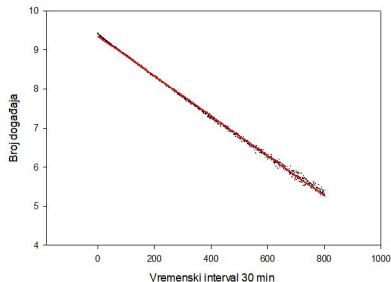
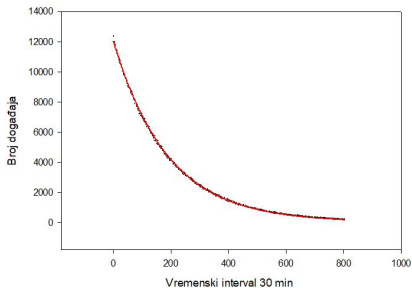
Tablina vrijednost poluživota [2]:

$$T_{1/2} = (2.7238 \pm 0.0002) \text{ dana}$$



Preuzeto iz [2].

Iz vrhova najvećeg intenziteta određeno je vrijeme poluživota.



Primjer analize podataka za vrh na energiji 1023.3 keV.

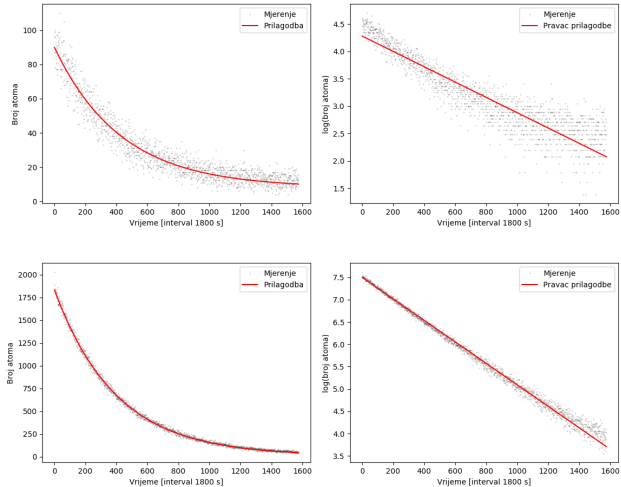


Figure: Prvi red: energijski vrh 1113.1 keV  
Drugi red: energijski vrh 1023.3 keV.



Napravljen je fit na funkciju

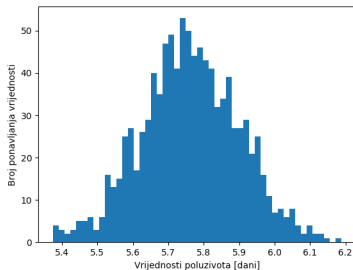
$$y = y_0 + Ae^{-x/B}$$

iz čega je iz parametra B određeno vrijeme poluživota.

Energija [keV]	$T_{1/2}$ [dan]
89.78 (3)	$4.6 \pm 4$
197.32 (4)	$5.28 \pm 0.07$
1023.3 (4)	$5.75 \pm 0.02$
1113.1 (5)	$6.2 \pm 0.2$
1171.4 (4)	$5.74 \pm 0.02$

Tablina vrijednost poluživota [1]:

$$T_{1/2} = (5.76 \pm 0.02) \text{ dana}$$



**Figure:** Histogram vrijednosti poluzivota dobivenih u 1000 simulacija raspada. Dobivene vrijednosti su podijeljene u 50 binova širine 0.0163 dana.

$$T_{1/2}(^{120m1}\text{Sb}) = (5.8 \pm 0.1) \text{ dana.}$$

- [1] T. Tamura: Nuclear Data Sheets for  $A = 122$ , Nuclear Data Sheets Volume 108, Issue 3 (2007), 455-632
- [2] K. Kitao, Y. Tendow, A. Hashizume: Nuclear Data Sheets for  $A = 120$ , Nuclear Data Sheets Volume 96, Issue (2002), 241-390
- [3] A.B. Smith, A Fessler: Neutrons and antimony: measurement, interpretation and evaluation, Annals of Nuclear Energy Volume 28, Issue 6 (2001), 531-552
- [4] R. B. Firestone, V. S. Shirley: Table of isotopes, 8th edition (1977)
- [5] National Nuclear Data Center:  
<http://www.nndc.bnl.gov/nudat2/>

Hvala na pažnji!