

ДЕТЕКТОВАЊЕ α -ЗРАЧЕЊА ПОМОЋУ CR-39 ДЕТЕКТОРА

DETECTING α -RAYS WITH CR-39 DETECTOR

Аутор: Филип Цветић, I разред IV гимназије у Београду,
Регионални центар за таленте - Београд II

Ментор: проф. Милан Прокић, гимназија Руђер Бошковић, Београд

Резиме

У овом раду ћемо описивати детектор који представља, са хемијске тачке гледишта, полимерно једињење. Најпрактичније примене овог детектора су детектовање тешких остатака при реакцијама као и отпуштању неутрона приликом озрачивања. Елементарне честице које се могу детектовати овим детектором су неутрон и протон, али не и електрон, с обзиром да је разлика у маси превелика. Такође ћемо описати и начин калибрације.

Кључне речи: детекција, полимер, хладна фузија, отпуштање неутрона, пластичне траке, неутрон

Summary

In this paper we will describe the detector, which represents from the chemistry point of view the polymer compound. The most practical way to use this detector is for detecting the heavy residue in chain reactions and release neutrons at during irradiation time. Elementary particles which can be detected by this detector are neutron and proton, but not the electron, because the electron mass is too small. We will also describe the method of calibration.

Key words: detection, polymer, cold fusion, release of neutron, plastic tracks, neutron

1. Уопштено о детекторима

Детектор [1] је уређај који мери квантитативно присуство и пребацује га у сигнал који може да се очита на неком електронском уређају. Како бисмо могли да схватимо шта је битно да би детектор био функционалан, треба да сагледамо најважније особине [2]:

- **Ефикасност** представља број који изражава вероватноћу детекције честице у току проласка кроз ефикасну запремину детектора. Представља однос броја детектованих догађаја и укупног броја догађаја, тј.

$$\varepsilon = \frac{N_r}{N_e} . \quad (1.0)$$

- **Енергетско разлагање** је број који нам показује до које мере две одвојене линије можемо видети као одвојене. Релација којом то изражавамо је

$$R = \frac{\Delta E}{E} . \quad (1.1)$$

Величина ΔE представља енергију на полуширини линије, а E представља енергију на пику линије. Вредност R треба да буде што мања.

- **Временско разлагање** је највећи временски интервал у којем детектор може да детектује честицу. Представљамо је симболом Δt . Ова величина такође треба да буде што мања.
- **Мртво време** је временски интервал у којем детектор не може да детектује честицу. Обележавамо га са $\Delta \tau$. Логично, ова величина треба да буде што мања.

Сада можемо да наведемо и основне типове детектора неутрона, који су приказани у табели 1.0. [3]

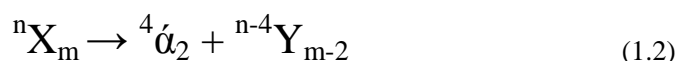
Детектор **CR-39** спада у групу **сцинтилатора**, који честице детектују помоћу трзаја који изазивају неутрони, као и протони, приликом уласка у ефикасну запремину детектора.

Детектори неутрона				
Врста	Енергетски извор неутрона	Реакција	Ефикасност (%)	γ осетљивост
3-He цев	Термални	$^3\text{He} (n,p)$	1-44	Не
BF ₃ цев	Термални	$^{10}\text{B} (n,\alpha)$	0.5-20	Не
H ₂ O + NaI/Ge	Термални	$\text{H} (n, \gamma)$	<0.1	Не
Активационе фолије	Термални	(n, γ) или (n,F)	0.1-5	Не
Li стакло	Термални	$^6\text{Li} (n,\alpha)$	1-20	Не
Течни	Чврсти	n,p трзај	1-25	Да
сцинтилатор				
Пластични	Чврсти	n,p трзај	1-20	Да
сцинтилатор				
Пластична комбинација	Чврсти/Термални	$(n,p) + (n,\alpha)$	10-25	Да/Не
Черенковљев детектор	Термални	$(n, \gamma) + e$	15-20	H-E ¹

Табела 1.0-Детектори неутрона

2. О α -зрачењу

Алфа-зрачење представља вид зрачења код којег су основне честице двапут јонизовани атоми хелијума. То значи да су α -честице позитивно наелектрисане честице. Алфа тип зрачења настаје као продукт **α -распада**. Он се може формулисати на овај начин:



Овако написана једначина назива се **једначина нуклеарног распада**. Како би дошло до њега, честица мора да преборди тзв. **енергетску баријеру**. Математички то се може приказати на следећи начин: ако са E_d означимо енергију распада, E_α енергију алфа-честице и са E_n енергију „трзаја“ језгра, по закону одржања енергије добијамо следећи израз [6]:

$$E_d = E_\alpha + E_n \quad (1.3)$$

¹ High energy

Приликом овог процеса, алфа честица добија неку брзину v_1 , а брзина језгра је v_2 . За ове две брзине важи да су истог правца, али супротних смерова, па важи закон одржања импулса. Даље, ако са M означимо масу језгра после распада и масу алфа честице са m , по закону одржања импулса добијамо [6]:

$$M v_2 = m v_1 \quad (1.4)$$

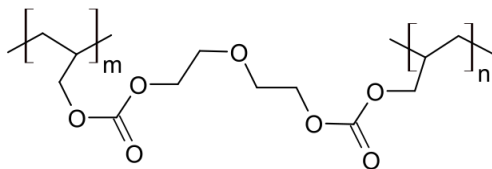
Уврштавањем (1.2) у (1.1), добијамо израз

$$\frac{Ed}{En} + \left(1 + \frac{m}{M}\right). \quad (1.5)$$

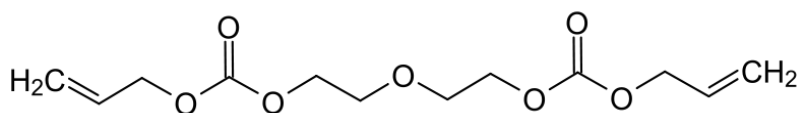
Израз (1.5) представља енергију која је потребна честици да преброди енергетску баријеру.

3. Особине CR-39 детектора

CR-39 представља полимер једињења ADC (diethyleneglycol bis allylcarbonate).[1] CR представља „Columbian resin”, а 39 стоји у називу јер представља 39. једињење синтетисано у пројекту „Columbian resin” из 1940. године.



Слика 1.0- Изглед полимера



Слика 1.1-Изглед мономера

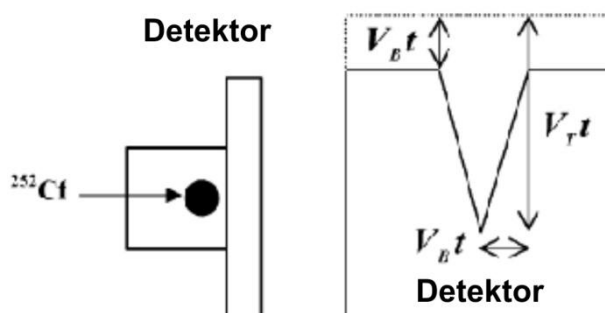
Постоји више начина полимеризације. Процес може да се врши преко IPR, тј. „diisopropyl peroxydicarbonate“. [1] Полимеризација се врши око 20 сати на максималној температури од 95°C . Други начин је помоћу ВРО, односно једињења бензол-пероксида. Да би се извршила полимерицазија помоћу ВРО, потребно је више времена и виша температура, тако да се чешће употребљава први начин. Густина једињења је 1300 kg./m^3 .

4. Примена CR-39 детектора у експериментима

У овом делу рада посветићемо се експериментима у којима наш детектор може да буде кориштен. Први који наводимо представља студије о томе како овај детектор реагује приликом отпуштања неутрона са изотопа Cf-252, а други представља коришћење овог детектора у детектовању тешких остатака dd и Td интеракција приликом хладне фузије. У овом делу ћемо такође објаснити које су предности, а које мане, овог детектора.

4.1 Примена CR-39 детектора у детекцији неутрона приликом отпуштања неутрона са Cf-252

У току овог експеримента коришћене су пластичне траке натопљене полимером. Пре експеримента детектор се, наравно, мора калибрисати.[4] У овом случају, коришћен је натријум-хидроксид (NaOH) при температури од 70° Целзијуса, а за тај процес је било потребно пар сати. На слици 1.2 видећемо приказ детектора.



Слика 1.2-Приказ детектора и извора.

На слици лево можемо да видимо детектор и извор, док слика десно представља увећан модел. Физичке величине V_{bt} и V_{rt} представљају мере детектора. Нека је D ширина траке, и она је, изражена преко ових физичких величина једнака [4]:

$$D=2 V_{bt} \quad (1.6)$$

Сада ћемо видети какве су се промене дешавале на детектору у току трајања експеримента. Како полимер има своју густину (у нашем случају је то 1300 kg./m^3), она се мења у зависности од времена, што је приказано на графику 1.0

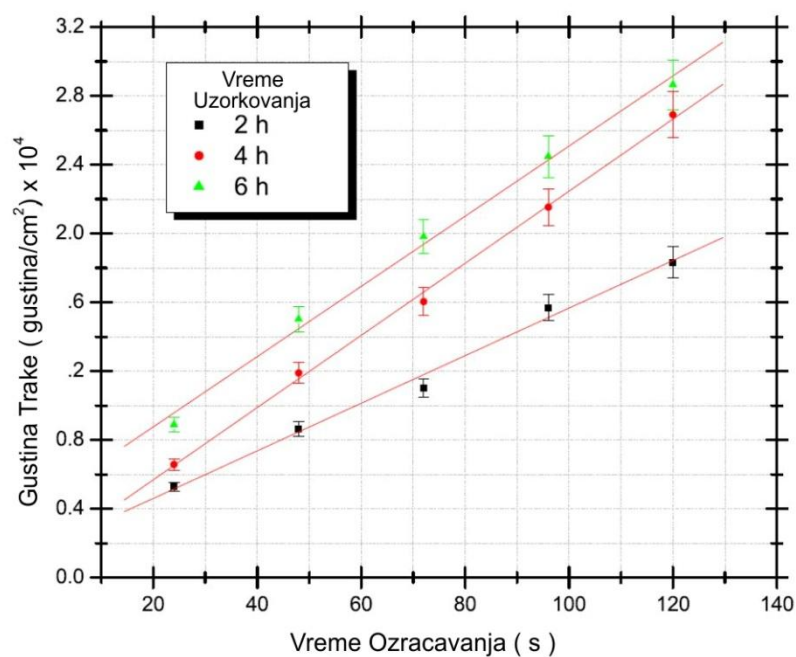


График 1.0-Промена густине у зависности од времена (у сатима).

На графику 1.1 је приказана зависност величине у зависности од времена озрачивања.

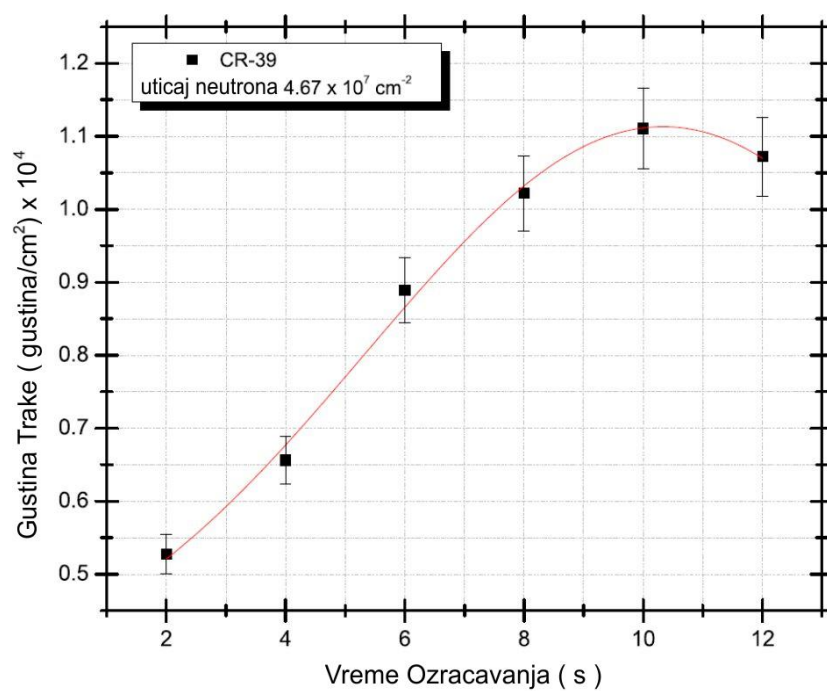


График 1.1-Зависност густине у функцији времена озрачења (у сатима).

Са графика 1.1 можемо да увидмо када је детектор био најефикаснији, тј. у 10 сату од почетка зрачења. График 1.0 можемо да гледамо у односу на почетну густину,

односно ρ_0 . У том случају, график је строго линеаран, дакле нема никаквих осцилација у повећању густине у зависности од времена.

4.1 Детектовање тешких остатака dd и Td интеракција приликом хладне фузије

У овом експерименту, поред наведених особина из прошлог поглавља, морамо да уведемо и **критични угао детекције**. Математичка формулација би била [5]:

$$\Theta_c = \arcsin(V_b/V_r). \quad (1.7)$$

Критични угао детекције представља најмањи могући угао при којем је могућа детекција случаја проласка честице.

Ефикасност детекције би, изражена преко критичног угла детекције, била дата изразом [5]:

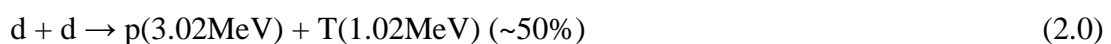
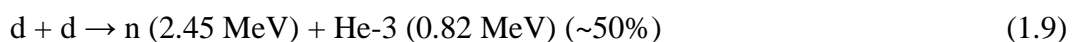
$$\eta = 1 - \sin \Theta_c. \quad (1.8)$$

Како имамо две интеракције, морамо имати посебне калибрације детектора.

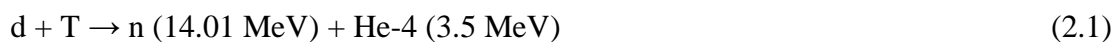
- **Калибрација у dd интеракцији** - Користећи деутерични сноп почетне енергије 10 keV, бомбардујемо мету у виду TiD_2 . Трака је од мете удаљена 4 cm, и након излагања, постављена је под микроскоп. Посматрамо три тачке [5]: На 5 μm примећујемо да се одаслата енергија поклапа са протонима (p), на 6,4 μm са енергијом трицијума (T) и на 7,2 μm са енергијом језгра изотопа 3He .
- **Калибрација у dT интеракцији** - За калибрацију детектора у овом случају користимо α -честице одашиљане кроз алуминијумске фолије са плутонијумовог изотопа Pu-239 и радоновог изотопа Ra-226. Алфа честице овом приликом могу да имају енергију у опсегу од 0 до 3.5 MeV, у зависности од тога колико је енергије изгубљено. На графику 1.2 можемо да посматрамо везу између ширине траке и енергије α -честица.

Важно је напоменути да су обе калибрације вршене у NaOH при температури од 70° Целзијуса.

Сада, када смо калибрирали детектор, можемо да приступимо самом поступку **детекције**. Сагледајмо прво dd интеракцију [5]:



Прегледајмо остатке и реактанте: у 1.7, на десној страни имамо по 2 неутрона, протона и електрона, као и на левој; у изразу 1.8, можемо да увидимо да 1 електрон недостаје. Електрон не може бити детектован нашим детектором јер има премалу масу (1846 пута мању од протона). Сада је на реду dT реакција [5]:



У овој реакцији су регистровани сви остаци. Закључићемо да је детектор погодан за регистровање остатака приликом хладне фузије у већини случајева, тј. у случајевима када се појављују тешки остаци. Како смо увидели да је применљив у случају бомбардовања калифорнијума, као једног од елемената са тешким језгром, такође можемо да закључимо да се може применити и на остале елементе којима језгро приликом бомбардовања испушта честице.

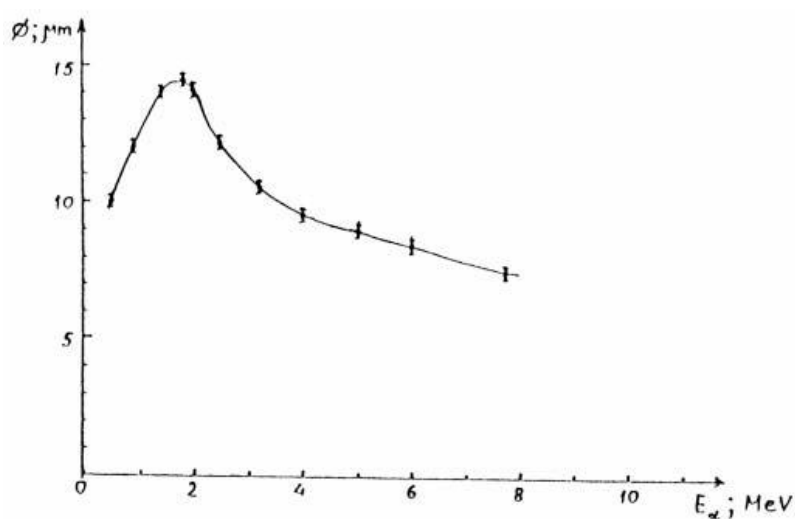


График 1.2-Зависност енергије честица од ширине траке

Литература:

[1] www.wikipedia.org

[2] www.df.uns.ac.rs

[3] H. O. Menlove, M. A. Paciotti, T. N. Claytor, and D. G. Tuggle
LOW-BACKGROUND MEASUREMENTS OF NEUTRON EMISSION FROM Ti METAL
IN PRESSURIZED DEUTERIUM GAS Los Alamos National Laboratory

[4] Basma A El-Badry, M. F. Zaki, Tarek M. Hegazy and A Ahmed Morsy
Neutron response study using poly allyl diglycol carbonate, PRAMANA, vol. 69, No. 4,
October 2007, pp 669-674

[5] Roussetski, A.S. Application of CR-39 Plastic Track Detector for Detection of DD and
DT-Reaction Products in Cold Fusion Experiments. in 8th International Conference on Cold
Fusion. 2000,

[6] Др инж. Драгиша М. Ивановић, инж. Властимир М. Вучић (Физика III), Научна
књига, Београд 1971