



## ***Интеракција радиоактивног зрачења са супстанцом, детекција и заштита***

При проласку радиоактивног зрачења кроз супстанцу долази до интеракције зрачења са супстанцом. Разматрање тих интеракција је значајно, како бисмо могли предвидјети ефекте радиоактивног зрачења и пронаћи одговарајуће мјере заштите.

### ***- Интеракција $\alpha$ -зрачења са супстанцом***

Алфа честице су масивне и позитивно су наелектрисане. Оне тешко могу ступити у интеракцију са језгром, због тога што се око језгра налази електронски омотач гдје алфа-честица ступа у интеракције са електронима. Постоје два типа интеракција између везаних електрона и алфа честица:

- **Екситација**- везани електрон апсорбује дио енергије алфа-честице и прелази у неко побуђено стање;
- **Јонизација**- везани електрон апсорбује довољну енергију од алфа-честице и напушта атом.

Алфа-честице имају велику енергију и могу јонизовати велики број атома на свом путу. Међутим, моћ јонизације алфа-честице није константна на читавом путу већ се повећава у току њеног кретања. То се објашњава тако што алфа-честица на почетку путу има превелику брзину, не задржава се довољно дуго у околини атома да би га јонизовала.

Пошто алфа честица има много већу масу од електрона, при њиховој интеракцији алфа-честица не скреће пуно са свога пута. Због тога је путања алфа-честице права линија, дуга и до неколико центиметара (у ваздуху). На крају свог пута, када алфа-честица кроз наведене интеракције изгуби своју енергију она захвата два електрона и постаје стабилан атом хелијума.



## - Интеракција $\beta$ - зрачења са супстанцом

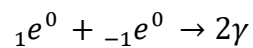
Интеракције бета-честица са супстанцом су доста сложеније, јер бета-честице имају мању масу и већу брзину од алфа-честица. Постоје три типа интеракција између бета-честица и супстанце:

- **Екситација;**
- **Јонизација;**
- **Закочно зрачење**- када бета-честица наиђе на тешко језгро она промијени своју брзину, изгуби енергију и емитује зрачење.

На почетку пута, када бета-честица има велику енергију, доминантан ефекат је закочно зрачење. Када бета-честица изгуби дио своје енергије, јављају се екситације и јонизације атома, које смо већ описали код алфа-зрачења.

Бета-честице имају доста мању масу од алфа честица, па при својим интеракцијама скрећу са свог пута. Због тога је путања бета-честице изломљена линија. Међутим, и поред тога домет бета-честице је већи него алфа-честице.

Када изгубе своју енергију, постоје двије могућности:  $\beta^-$  честице (електрони) су стабилне честице и остају у датој средини као слободни електрони;  $\beta^+$  честице (позитрони) су нестабилне честице и не могу самостално егзистирати. Због тога се позитрони сударају са електронима и долази до **аниhilације** (поништавања):



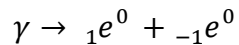
Очито се при томе емитују два гама кванта (електромагнетна таласа). Два се емитују због закона одржања импулса.

## - Интеракција $\gamma$ - зрачења са супстанцом

Интеракције гама-честица са супстанцом битно се разликују од интеракција алфа и бета-честица због тога што то нису интеракције електромагнетне природе. Постоје три ефекта који се дешавају при интеракцији гама-честица са супстанцом:



- **Комптонов ефекат**- он се дешава када гама-честица интерагује са спољашњим, слабо везаним електроном. При томе гама-честица губи дио своје енергије, скреће са свог правца, док се атом јонизује (напушта га тај електрон);
- **Фотоефекат**- он се дешава када гама-честица интерагује са електроном из неке он унутрашњих љуски. Ако се погоди да је енергија гама-честице једнака енергији везе електрона, гама-честица потпуно нестаје а атом се јонизује;
- **Стварање парова**- се може десити када гама-честица наиђе јако близу језгра. При томе гама-честица нестаје, а настају електрон и позитрон. То је процес инверзан анихилацији.



Да би се створио овакав пар, енергија гама-честице мора задовољити услов:

$$h\nu \geq 2m_e c^2$$

При проласку гама-честица кроз средину смањује се интензитет гама-зрачења. При комптоновском расијању, гама-честица се расијава и напушта сноп; при јонизацији и стварању парова гама-честице нестају; при фотоефекту гама-честица нестаје. Показује се да се интензитет гама-зрачења смањује по експоненцијалном закону:

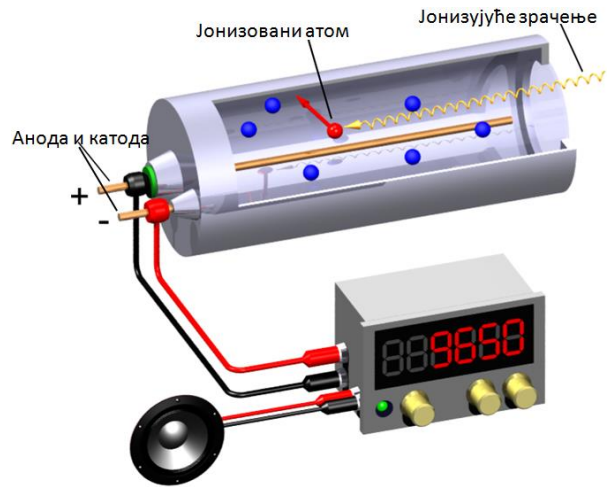
$$I = I_0 e^{-\mu d}$$

гдје је  $I_0$  интензитет гама-зрачења на уласку у средину, дебљина слоја  $d$ , а  $\mu$  коефицијент апсорпције.

### - Детекција радиоактивног зрачења

Радиоактивно зрачење се не може непосредно опажати, нашим чулима. С тога су за откривање радиоактивног зрачења неопходни детектори. Они раде тако што опажају ефекте радиоактивног зрачења, које смо навели у овој лекцији. Најједноставнији детектори раде на принципу јонизације. Гасови су обично врло добри изолатори. Међутим, под дејством радиоактивног зрачења, долази до јонизације атома и гас почиње проводити струју. Међу јонизационим детекторима најпознатији је **Гајгер-Милеров бројач**.

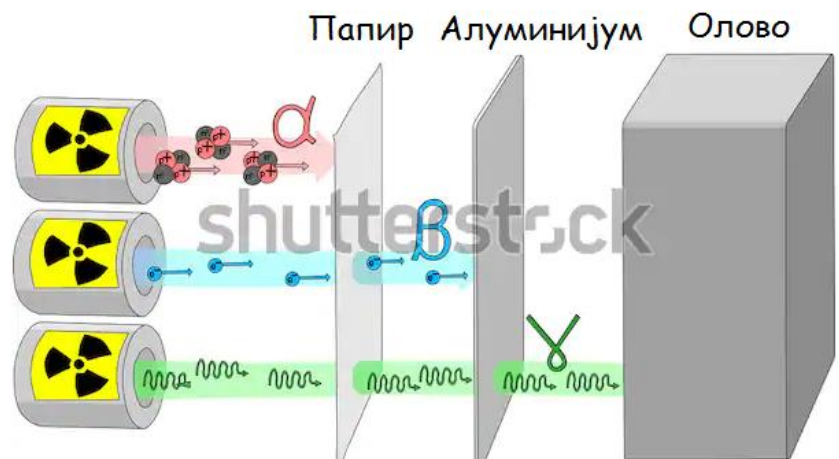
Гајгер-Милеров бројач се састоји од стакленог цилиндра у који је смјештен племенити гас, који често садржи примјесе. Унутар цилиндра се налазе и двије електроде: анода (+) у облику шипке и катода (-) у облику цилиндра. Електроде су прикључене на извор једносмјерног напона. Када се кроз прозорчић пропусти радиоактивно зрачење, долази до јонизације атома гаса, електрони иду на аноду, а јони гаса на катоду, односно јавља се електрични импулс у колу што региструје бројач. На основу броја струјних импулса у јединици времена добија се информација о интензитету зрачења.



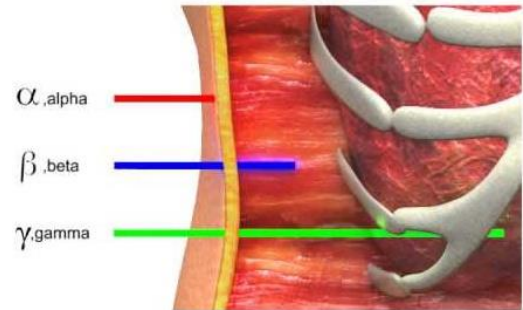
Главни недостатак Гајгер-Милеровог бројача је мртво вријеме рада бројача. Гајгер-Милеров бројач је јако инертан јер треба одређено вријеме ( $0,1s$ ) да би се просторно наелектрисање у цијеви (јони) повукло и да би се могао регистровати нови струјни импулс. Такође, као и сви јонизациони детектори, Гајгер-Милеров бројач је доста поузданији за детекцију  $\alpha$  и  $\beta$  зрачења, него за  $\gamma$  зрачење.

### - Дјеловање јонизујућег зрачења и заштита

Радиоактивно зрачење је (као и рендгенско) јонизујуће и као такво изазива промјене на ћелијама кроз које пролази. Алфа зрачење је најмање продорно јер има највећу специфичну јонизацију- изазива највише јонизација по јединици пута и на тај начин брзо изгуби енергију. Гама зрачење је најпродорније, јер има најмању специфичну јонизацију.



Алфа-честице због мале продорности може у потпуности апсорбовати наша кожа. Слична ситуација је и са бета честицама, ни оне не могу продријети у унутрашње органе. Због тога алфа и бета зрачење није пуно опасно. Оно може бити штетно једино ако се радиоактивни препарат унесе у организам. Тада се радиоактивни материјал задржава у одређеним органима и врло је опасан по људско здравље. За разлику од њих, гама зрачење је изузетно продорно и може допријети до сваког дијела људског тијела.



Дјеловање зрачења на неку супстанцу карактерише се величином која се назива доза зрачења:

**Доза зрачења** је бројно једнака количнику апсорбоване енергије зрачења и масе озрачене супстанце.

Јединица за дозу зрачења је **греј** ( $Gy$ ).

Иста доза зрачења не изазива исти ефекат код различитих организама, због тога се користи **ефективна доза зрачења**. Јединица за ефективну дозу зрачења је **сиверт** ( $Sv$ ).

Човјек је непрекидно изложен радиоактивном зрачењу. У свакој секунди човјека на Земљи погоди око 15 000 радиоактивних честица, дио њих је из природе (земљиште, ваздух, храна, вода...) а дио је из космоса (космичко зрачење). Из природних извора човјек годишње прими око  $2,4mSv$ , зависно од тога на којој надморској висини се налази и да ли у близини има неких већих радиоактивних извора.

Радиоактивно зрачење јонизује атоме, што изазива промјене на самим ћелијама. Најосјетљивије ћелије су оне које су врло активне и које се брзо множе (коштана срж, органи за исхрану, полни органи, штитна жлијезда...). Доза од  $10\,000mSv$  је смртна доза радиоактивног зрачења. Посебна опасност од радиоактивног зрачења је то што човјек у тренутку озрачивања не осјећа никакве посљедице.

Радиоактивно зрачење има и неке корисне примјене: у медицици (ћелије тумора се много брже множе од здравих ћелија, па су и осјетљивије на зрачење од здравог ткива) и у пољопривреди (производе се нове и боље врсте житарица озрачивањем).



## ФИЗИКА АТОМСКОГ ЈЕЗГРА

*Максим Мичета*

Заштита од алфа зрачења може бити и обичн лист папира. За заустављање бета честица користе се тање плоче стакла или неког метала. Гама зрачење је доста продорније, па се оно може зауставити супстанцама које имају велику густину и чврстину (олово, бетон, ливено гвожђе...). За заштиту од неутронског зрачења користе се суптанце са малим масеним бројем (водоник, обична вода, тешка вода...). Неутрони често интерагују са лаким језгрима и на тај начин губе енергију.