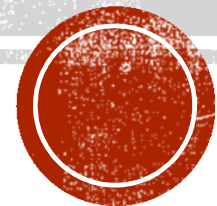


ИНТЕГРИСАНЕ АКАДЕМСКЕ СТУДИЈЕ МЕДИЦИНЕ

БИОФИЗИКА

НАСТАВНА ЈЕДИНИЦА 3 ОСНОВИ НУКЛЕАРНЕ ФИЗИКЕ 2.

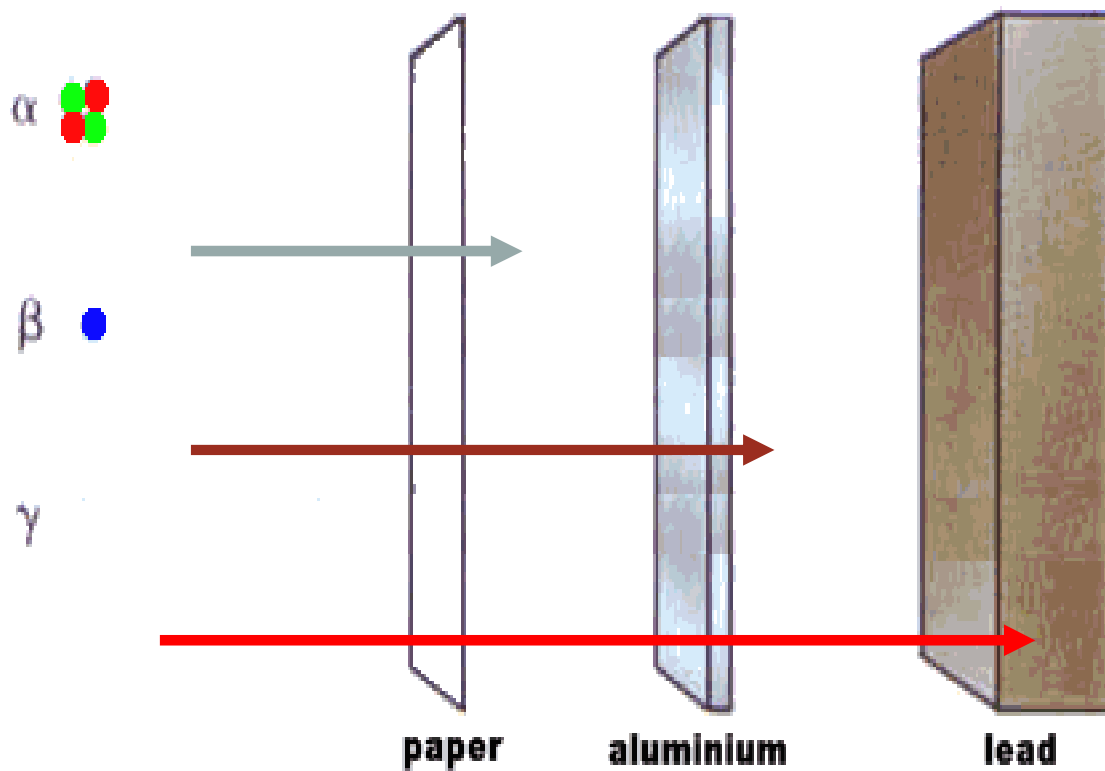
Проф. др Владимир Вукомановић



Интеракција зрачења са материјом

- Пролазећи кроз материјалну средину, јонизујуће зрачење интерреагује са атомима и молекулима средине
- Последица: Јонизујуће зрачење губи енергију
- Последица: Материјална средина се мења физички, хемијски, а жива материја и биолошки
- Честична, односно корпускуларна зрачења (микросистеми који имају масу)
- Електромагнетна, односно квантна зрачења (немају масу већ само енергију)





Моћ заустављања или зауставна моћ представља губитак енергије E при проласку зрачења кроз материјал дебљине x

$$\frac{dE}{dx}$$



Корпускуларна зрачења

Алфа, бета, протони, деутерони, тешки јони...

Интеракција подразумева предају (кинетичке) енергије (LET) које носи зрачење (сноп брзих пројектила) материји (атомима и молекулама) кроз коју зрачење пролази!

Део кинетичке енергије честице који се предаје мети може задржати исту форму, а део може бити претворен у други облик енергије



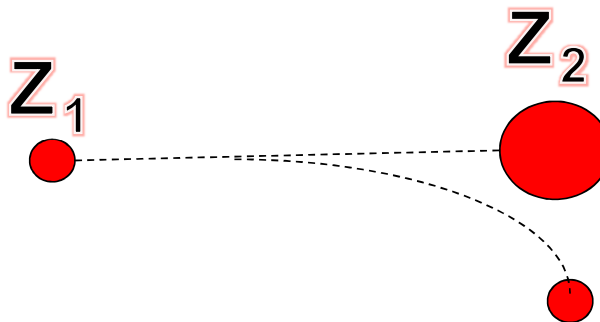
Корпускуларна зрачења

Ако мета прими кинетичку енергију честице и та енергија задржи исту форму, при чему се мета ставља у покрет, та се интеракција назива

ЕЛАСТИЧНИ СУДАР

У принципу се ради о интеракцији честице са целим атомом. Како је маса атома практично у језгру, у том случају је ова интеракција интеракција честице са језгром!

За алфа и бета честице је доминантан ефекат судара скретање, а предаја енергије је занемарљива!



Корпускуларна зрачења

НЕЕЛАСТИЧНИ СУДАР

Naelektrisana čestica prenosi deo kinetičke energije na elektrone i/ili jezgro atoma.

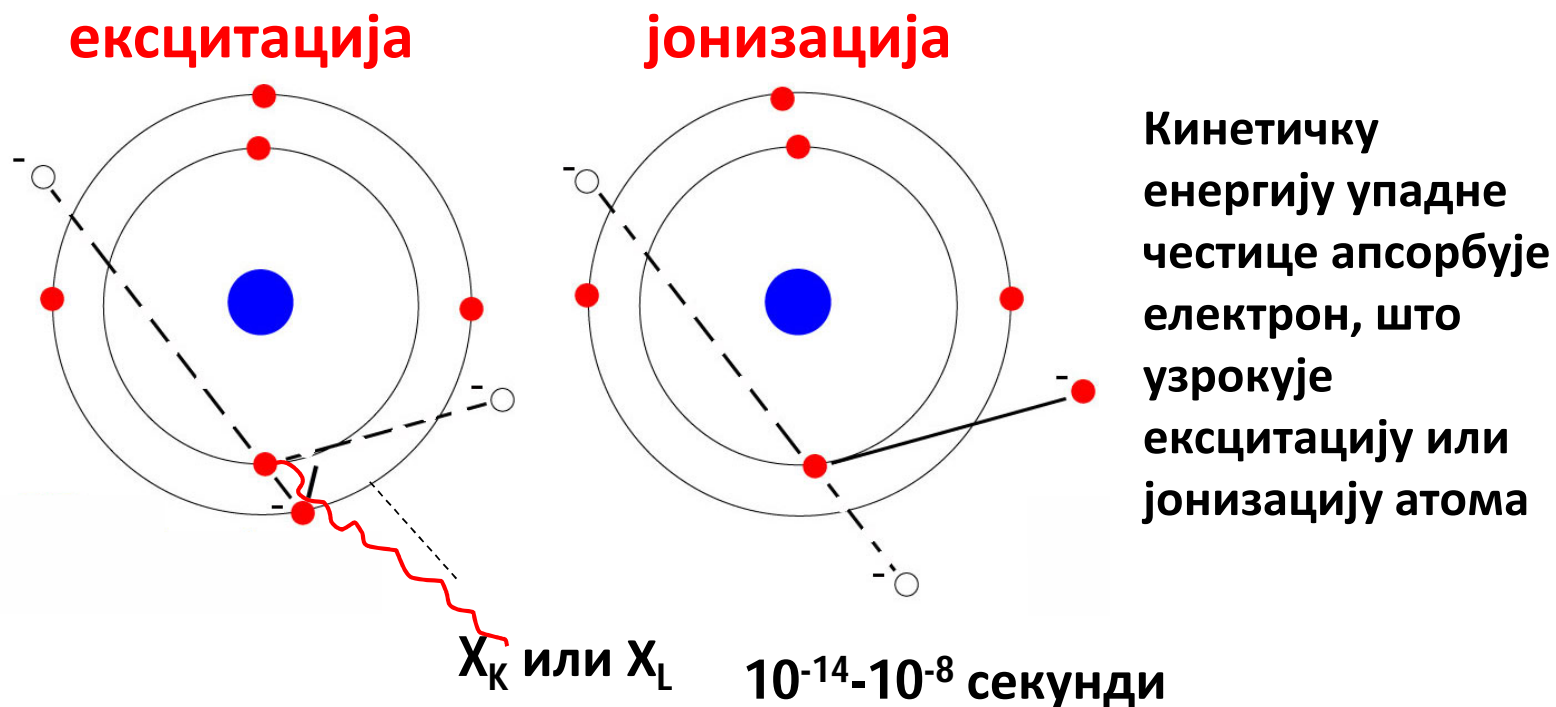
- Interakcija naelektrisane čestice i elektrona dovodi do *jonizacije atoma sredine*. Ovaj proces je karakterističan za interakciju bilo koje vrste naelektrisanog jonizujućeg zračenja.
- Interakcija naelektrisane čestice sa jezgrom dovodi do nastanka *zakočnog X zračenja*. Ovaj proces je svojstven naelektrisanom zračenju male mase (kao što su elektroni i pozitroni).



Корпускулярна зрачења

Уколико мета приликом преноса кинетичке енергије са честице утрати ту енергију на промену стања, та интеракција се назива **НЕЕЛАСТИЧНИ СУДАР**

- Нееластични судари са омотачем

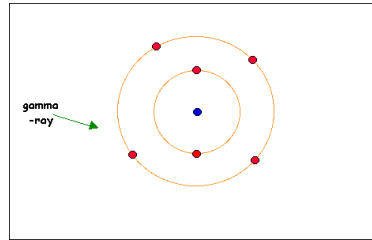


Електромагнатна зрачења

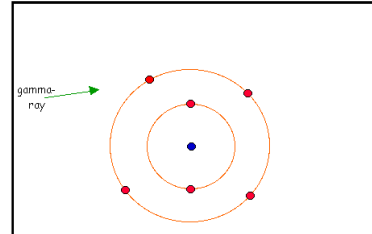
Интеракција γ -зрачења са материјом

Предавање енергије (LET)

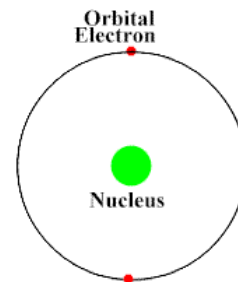
Комптонов ефекат



Фотоелектрични ефекат



Ефекат стварања парова



– Јонизација



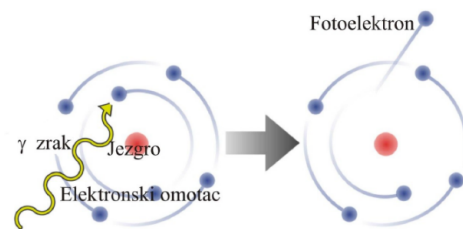
ГАМА ЗРАЦИ

- гама зраци представљају електромагнетне таласе, изложени јаком магнетном пољу не скрећу, пошто нису наелектрисани
- Могу проћи оловну плочу дебљине 20см. Путања у ваздуху до неколико метара
- Таласна дужина гама зрачења веома је мала, па је, према томе, енергија гама-фотона врло велика (емитовани из различитих радиоизотопа имају различиту енергију)
- **Разлика енергије X и гама зрака:** енергија гама-зрачења до неколико **MeV**, енергија рендгенског зрачења за техничку употребу до неколико **keV**.



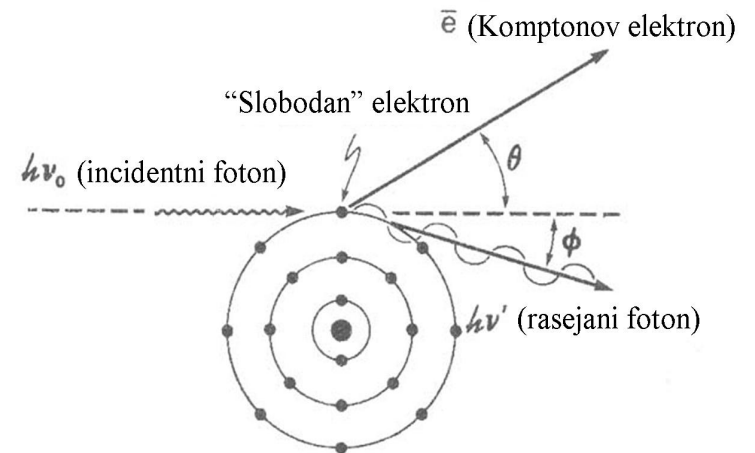
ФОТОЕЛЕКТРИЧНИ ЕФЕКАТ

- Фотоелектрични ефекат долази до изражаја у случају интеракције гама-зрака ниских енергија на атоме са већом атомском тежином, при чему долази до избијања електрона из погођених атома.
- Кинетичка енергија ослобођених електрона (80% случајева су из К љуске) једнака је разлици енергија упадног гама зрака и енергије везивања електрона у атом
- Ослобођени електрони, слично β -честицама, јонизују средину кроз коју се крећу, шупљине створене у електронској љусци након фотоефекта се попуњавају електронима са виших орбитала, што је праћено емисијом X зрака



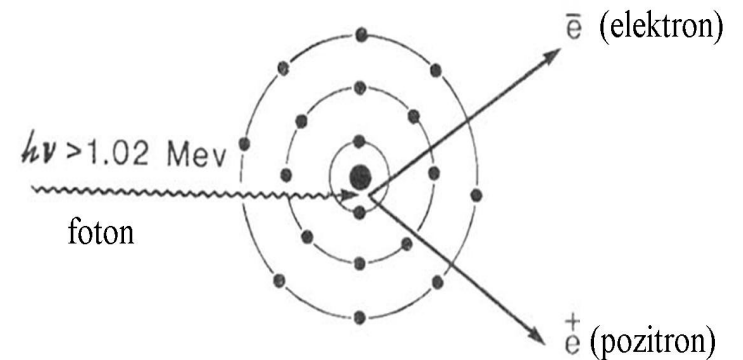
КОМПТОНОВ ЕФЕКАТ (КОМПТОНОВО РАСЕЈАЊЕ)

- доминантан при средњим енергијама γ - кванта
- При судару са слабо везаним електронима из спољашње љуске гама-зраци предају део своје енергије, а сами продужавају да се крећу са промењеним правцем и брзином.
- ослобођени електрони се даље понашају као и β -честице и врше ексцитацију електрона или јонизацију атома материје



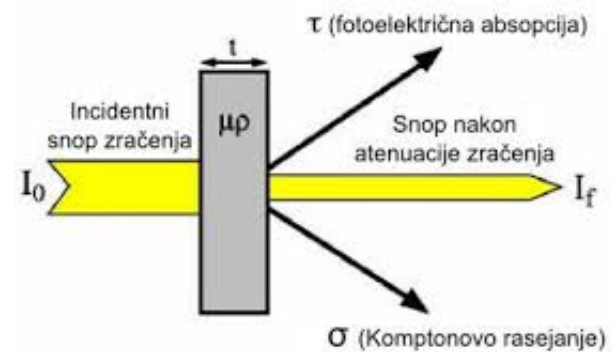
СТВАРАЊЕ ПАРОВА

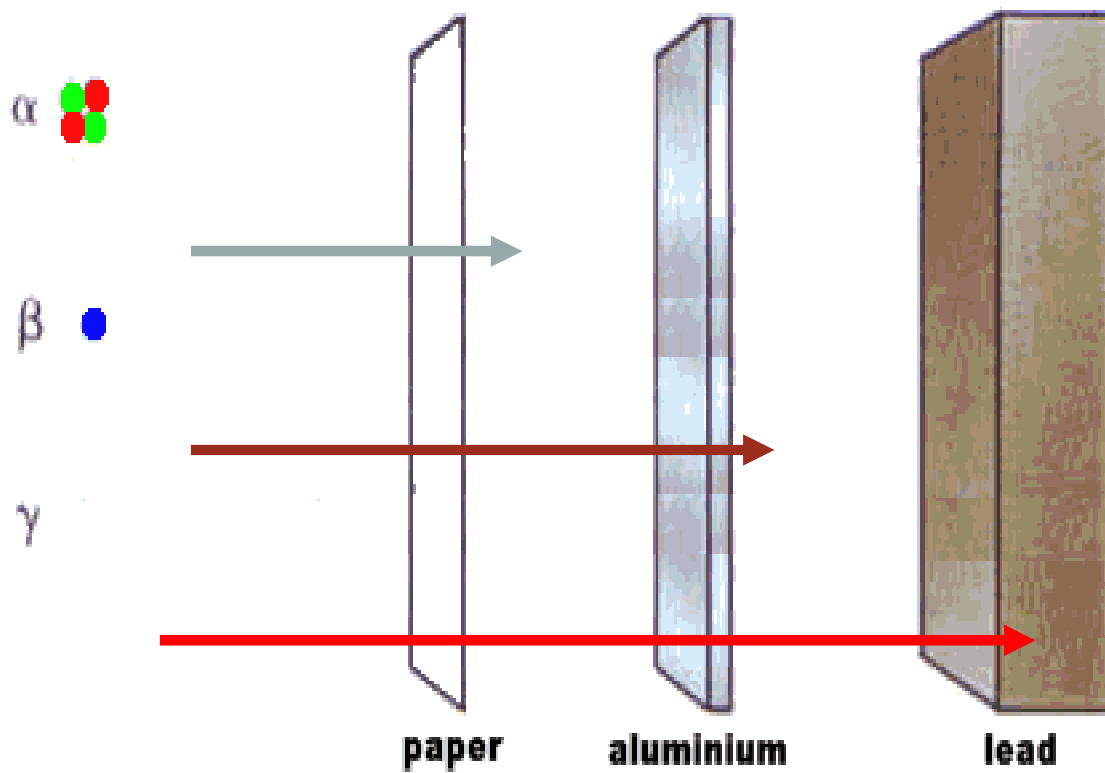
- γ -кванти високих енергија (преко 1,02 MeV) при интеракцији са материјалима велике атомске тежине губе целокупну енергију и стварањем парова позитрон-електрон престају да постоје.
- Настали електрон и позитрон ексцитују и јонизују средину кроз коју се крећу. Они анхилирају – поново се стварају 2 γ -кванта енергије од по 0,511 MeV који затим преко фотоелектричног ефекта и Комптоновог расејања интерреагују са материјом.
- Ефекат стварања парова је својствен тежим елементима и већим енергијама гама фотона.



ЗАКОН СЛАБЉЕЊА

- Експерименталним мерењима слабљења снопа фотона, утврђено је да је редукција броја фотона пропорционална броју инцидентних фотона и дебљини апсорбера
- Слабљење упадног снопа зависи и од дебљине и врсте материјала кроз који пролази – експоненцијално опадајућа функција $I(x) = I_0 e^{-\mu x}$
- $I(x)$ – интензитет снопа након апсорбера дебљине x
- I_0 - интензитет упадног снопа
- μ – линеарни коефицијент слабљења
- X – дебљина материјала кроз коју пролази





Моћ заустављања или зауставна моћ представља губитак енергије E при проласку зрачења кроз материјал дебљине x

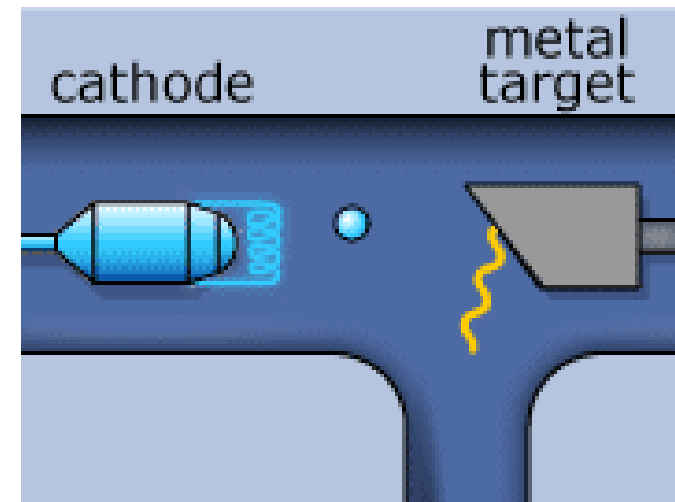
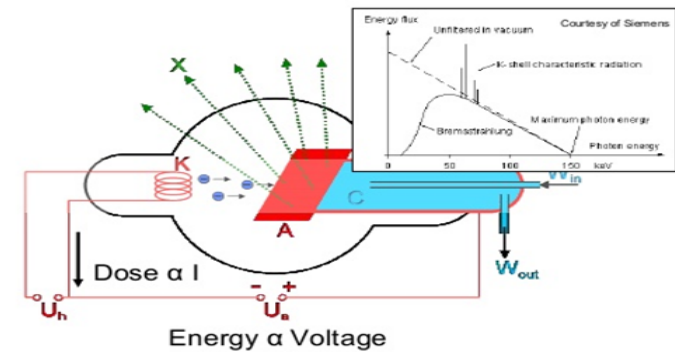
$$\frac{dE}{dx}$$



Х ЗРАЦИ

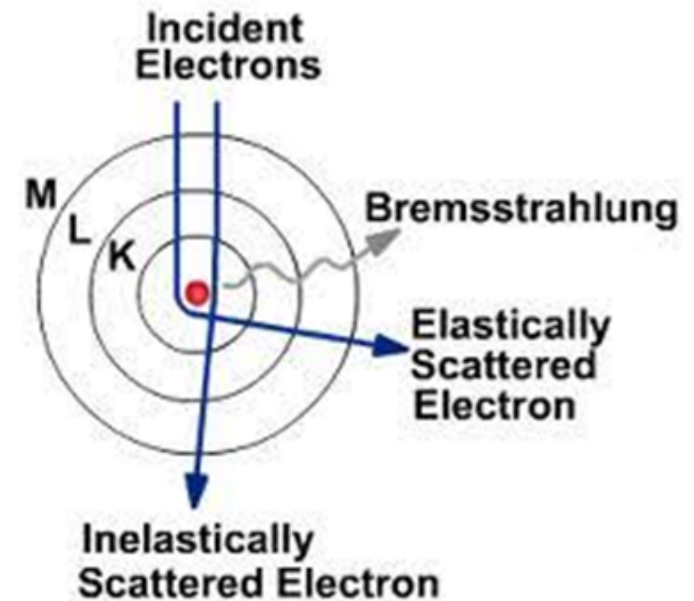
- Х-зраци се обично производе рендгенској цеви конверзијом енергије електрона у енергију фотона.
- Цев за добијање х-зрака садржи две електроде (катоду – К и аноду– А). Прикључена је на висок напон да би се електрони који се ослобађају са катоде убрзали на путу ка аноди и тако постигли већу енергију. У цеви се мора остварити вакуум да гасови не би ометали пролазак електрона од катоде ка аноди. Анода има површину нагнуту под углом од 45° према правцу кретања електрона. Та нагнута површина служи за заустављање електрона односно она служи као извор х-зрака.

X-ray – Generation



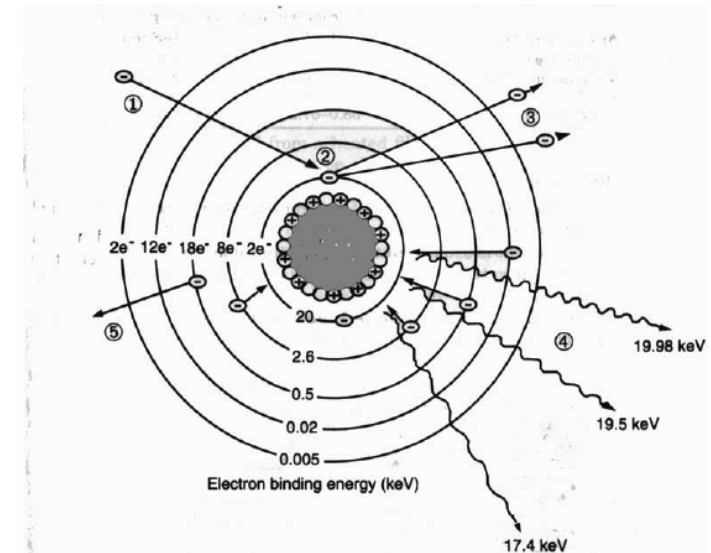
ЗАКОЧНО ЗРАЧЕЊЕ- BREMSSTRAHLUNG

- при судару брзих електрона са атомима аноде долази до њиховог наглог кочења и промене брзине, скрећу са путање уз емисију закочног зрачења.
- Закочно зрачење се добија на рачун губитка кинетичке енергије електрона због узајамне интеракције са атомима (језгрима атома) средине кроз коју пролази



КАРАКТЕРИСТИЧНО ЗРАЧЕЊЕ

- Интеракција између упадних и орбиталних електрона, могућа је само када је енергија упадних већа од енергије везе орбиталних електрона. Када је електрон избачен из унутрашњих љуски атома, тада на тим љускама остају слободна места. Електрони са виших љуски се спуштају на празне ниже љуске, при чему емитују енергију (фотон). Разлика у енергијама почетне и крајње орбитале се емитује у виду карактеристичног зрачења.
- Пошто сваки атом има карактеристична енергетска стања, емитовани фотони имају тачно одређене таласне дужине.



X ЗРАЦИ

- Електромагнетно зрачење
- Понаша се као фотон окарактерисан таласном дужином и енергијом
- Путује праволинијском путањом брзином светлости
- Нема масу ни наелектрисање па се не може усмерити у магнетном пољу
- При интеракцији са материјом производе секундарне и терцијарне електроне
- Узрокују биолошке ефекте
- Због своје природе електромагнетно зрачење (X и γ) је погодно за дијагностику – пролази кроз ткиво слабо интерагујући молекулима воде (ниско Z) и правећи малу штету ткиву кроз које пролази





НЕУТРОНСКО ЗРАЧЕЊЕ

- Нейтрон- припада фамилији тешких честица – хадрона, нешто је тежи од протона, његова маса је реда $\sim 1.675 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$,
- Унутар језгра је стабилна честица. Слободни неутрони су нестабилне честице са временом полураспада од око 13 минута
- Нейтрон није наелектрисан, па лако пролази кроз материју
- За добијање интензивног снопа неутронског зрачења се користе нуклеарни реактори или честице акцелератора помоћу којих се остварују нуклеарне реакције типа (d, n), (alfa, n).
- Принос неутронског извора се дефинише као број неутрона емитованих у јединици времена.
- Нейтронски флуks -број неутрона по јединици површине (cm^2) у секунди.



ПОДЕЛА НЕУТРОНА

- Према енергији и брзини неутрони могу бити:
- термални 0,025-0,1 eV,
- епитермални 0,1-1 eV,
- спори 1-10 eV.
- резонантни 1-300 eV,
- интермедијарни 0,3-500 keV,
- брзи 0,5-20 MeV



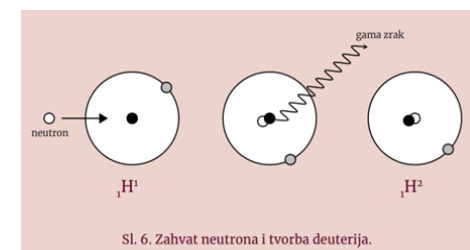
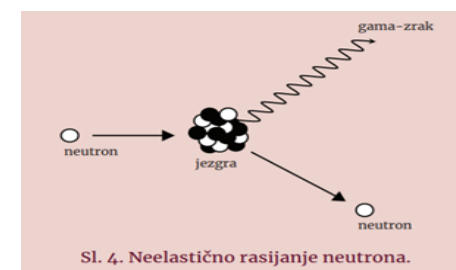
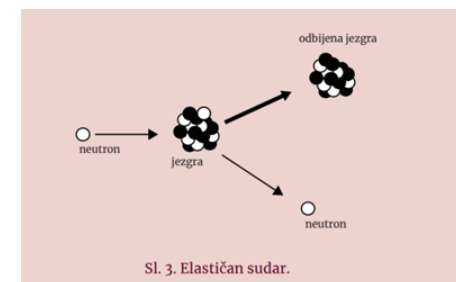
НЕУТРОНСКО ЗРАЧЕЊЕ

- Интеракције неутрона с честицама материјалне средине се битно разликују од интеракција наелектрисаних честица и фотона за које је Кулоново поље од изузетне важности, док се нуклеарне реакције могу занемарити.
- Неутрони “не виде” Кулоново поље и директно интерреагују с језгрима тако да су за њих нуклеарне реакције битне. Интеракције с језгрима се свODE углавном на сударе са њима при чему неутрони смањују своју енергију, успоравају се и обично бивају захваћени неким од језгара у коме трајно остају.



НАЈЧЕШЋЕ ИНТЕРАКЦИЈЕ НЕУТРОНА СА АТОМСКИМ ЈЕЗГРИМА:

- Еластично расејање-највероватнија за мале енергије неутрона и лакша језгра типа A (n, n) A , при чему језгро не бива доведено у ексцитирано стање, али неутрон изгуби нешто своје енергије и успори се.
- Нееластично расејање означава процес у коме се неутрон судара са језгром доводи га у ексцитирано стање. Деекситација оваких језгара се најчеће врши емисијом гама зрачења.
- Захват неутрона-процес потпуне апсорпције у коме упадни неутрон бива захваћен од старне језгра мете, а као резултат настаје сложено језгро, које је постаје ексцитирано или нестабилне конфигурације: емитује или гама зрачење или одређене честице што зависи од енергије неутрона и језгра мете.



ХВАЛА НА ПАЖЊИ! ПИТАЊА?

