

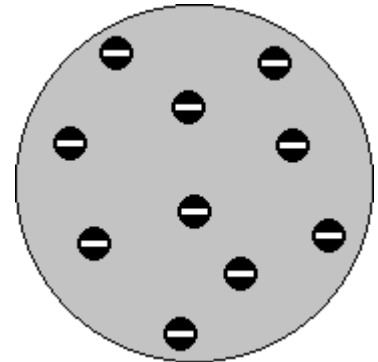
II.1.

Modeli i atomit

Mendimet e para mbi ndërtimin e lëndës datojnë që në antikë, ku mendohej se trupat përbëhen nga grimcat e vogla, molekulat dhe atomet.

Në atë kohë është menduar se atomi është grimca më e vogël e materies, por më vonë, me mbarimin e sh.XVIII i hasim tentimet e disa fizikanëve për të shpjeguar ndërtimin e atomit. Më këtë bëhet e qartë se atomi është grimcë e përbërë dhe se ndërtimi i sajë duhej të analizohet.

Mendimi i parë mbi ndërtimin e atomit është dhënë nga **V. Tomson** (**William Thomson**), sipas të cilit atomi ka formë të një sfere me diametër afër **0,2 nm**, ku elektriciteti pozitiv është i shpërndarë njëtrajtësisht në tërë vëllimin e sferës, kurse ai negativ (*elektronet*), janë të lokalizuara në vende të caktuara në brendi të atomit dhe janë të palëvizshme.



Ky model u quajt **modeli statik**, pasi sipas **Tomsonit** mendohej që elektronet janë të palëvizshme.

Në vitin 1897 u zbulua elektroni, por masa dhe ngarkesa e tij u përcaktuan më 1910 me saktësi të mjaftueshme. Atëherë, dihej se përveç atomit të Hidrogjenit, të gjithë atomet tjera përmbajnë më shumë se një elektron.

Me njohuritë e arritura dhe me zbulimin e elektronit **Xhozef Xhon Tomson** (**J.J. Thomson**), e pranoi modelin statik të atomit, por duke e plotësuar se atomi i eksituar duhet të shqyrtohet si oscilator harmonik dhe me mendimin se elektronet janë të lëvizshme.

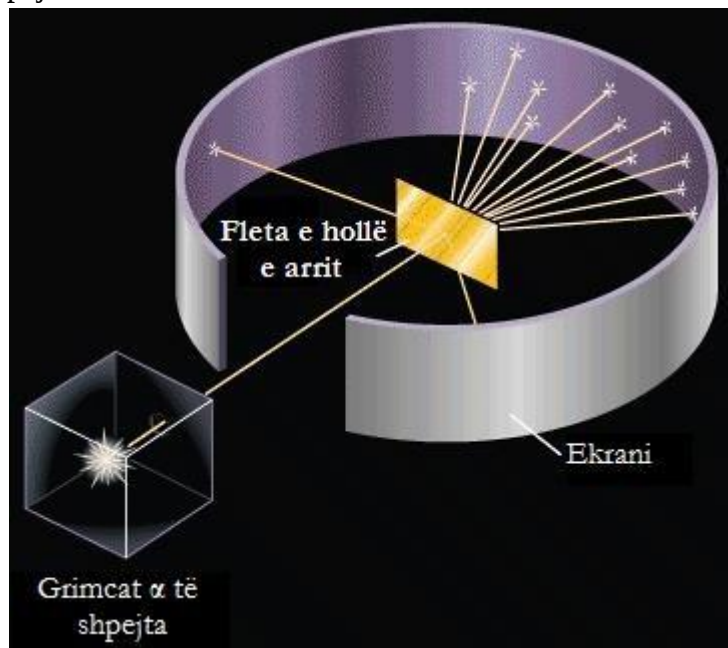
Pas zbulimit të radioaktivitetit natyror dhe grimcave radioaktive, u krijua mundësia e hulumtimit të strukturës së atomit, me anë të bombardimit me grimca të shpejta.

Në vitin 1910 **Raderfordi** (**Ernest Rutherford**), bëri një eksperiment me bombardim të atomeve në një fletë të hollë të arrit me grimcat α të shpejta.

Grimcat α para se të bien në fletën e arrit, janë paralele. Në dalje ato shpërndahen për kënde të cilat kanë vlerë 2° deri në 3° , por ka edhe kënde prej 90° e deri në 180° .

Duke pasur parasysh faktin se girmca α ka masë afër 7400 herë më të madhe se masa e elektronit, u përfundua se përhapja e grimcave α për kënde të vogla bëhet për shkak të goditjeve me elektronet, kurse për këndet e mëdha për shkak të goditjes me grimca të rënda (më të rënda se grimcat α).

Në bazë të rezultateve të arritura dhe komentimit adekuat të tyre, u fituan njohuri të reja dhe më të plota mbi ndërtimin e atomit.



Sipas **Raderfordit**, **atomi përbëhet nga bërthama e elektrizuar pozitivisht dhe mbështjellësit elektronik, ku elektronet lëvizin rreth bërthamës me shpejtësi shumë të madhe**. Ky model i atomit u quajt **modeli dinamik–planetar**, pasi lëvizja e elektroneve rreth bërthamës i ngjante lëvizjes së planeteve rreth Diellit.

Gjat lëvizjes së elektroneve rreth bërthamës, forca centrifugale e tyre baraspeshohet me forcën elektrostatike të Kulonit:

$$\frac{m_e v^2}{r} = \frac{Z e^2}{4\pi\epsilon_0 r^2}$$

Modeli i **Raderfordit** ishte një përparim i madh në njohjen e strukturës së atomit.

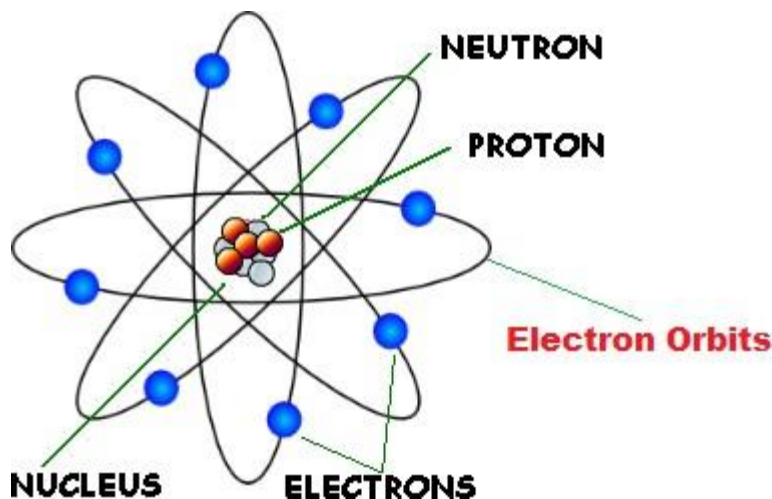
Mirëpo, edhe ky model kishte të metat e veta, që kishin të bënin shpjegimin e emetimit dhe absorbimit të energjisë nga atomi.

Sipas tij, elektroni gjat lëvizjes rreth bërthamës do të rrezatonte energji. Duke lëvizur nëpër traektore spirale, me rreze gjithnjë më të vogël, ai do t'i afrohej bërthamës dhe do të shpejtohej vazhdimisht.

Për këtë shkak të rrezatimit të vazhdueshëm energjia e tij do të zvogëlohej derisa të binte në bërthamë, ku dhe do të ndalonte. Për këtë shkak atomi do të ishte jostabil. Kjo është një e metë e modelit të Raderfordit.

Mangësia tjetër është se, sipas llogaritjeve të **Raderfordit** shpejtësia v dhe rrezja r që mund të ketë elektroni gjat lëvizjes kanë vlera kontinuale. Me këtë edhe energjia që rrezaton elektroni mund të ketë vlerë kontinuale, ndërsa dihej se spektrat atomik emetues janë diskontinual (vijor), të përbërë nga ngjyra të ndryshme, vija spektrale që i përkasin pjesëve të ndryshme të spektrit dhe që janë karakteristike për secilin element kimik.

Në kërkim të modelit të atomit u kyçën edhe **Bohri**, **Planku** (**Max Planck**), **Zomerfeldi** (**Arnold Sommerfeld**) dhe të tjerë, që rezultuan me **modelin kuantomekanik** për atomin, model i cili pranohet si më i përsosuri dhe që mundëson përgjigje gati në të gjitha pyetjet e parashtruara për atomin.



II.2.

Postulatet e Borit, teoria e Borit për atomin e Hidrogjenit

Fizikani danez **Bor** (**Niels Bohr**), në mbështetje të njohurive të atëhershme mbi ndërtimin e atomit, në modelin e **Raderfordit**, teorinë e **Plankut** të fotoneve dhe në teorinë e efektit fotoelektrik të **Ajnshtajnit** (**Albert Einstein**), zbatoi idenë e njejtë mbi emetimin dhe absorbimin e dritës nga atomet.

Eksperimentet e bëra nga **Lenardi** (**Philipp Lenard**), **Franku** (**James Franck**) dhe **Herci** (**Heinrich Hertz**), ishin një kontribut mbi vërtetimin e ekzistencës së gjendjeve diskrete të energjisë në atom. (*eksperimentet kishin të bënin me përcaktimin e potencialeve kritike të eksitimit dhe të jonizimit, gjat goditjeve elastike dhe joelastike të grimcave neutrale dhe atyre të elektrizuara*)

Bori i ballafaquar me dilemën se teoria elektromagnetike e emetimit dhe absorbimit, shpiente kah spektrat kontinual emetues, kurse eksperimentet tregonin se ato janë diskontinual. **Bori** erdhi në përfundim se teoria elektromagnetike nuk mund të zbatohet në shpjegimin e proceseve atomike.

Për të shpjeguar proceset e emetimit dhe absorbimit të atomit, **Bori** vendosi këto postulate:

Postulati i parë (gjendja stacionare), i cili thotë: **elektroni në atom mund të qarkullojë në orbita të caktuara stacionare dhe të mos emetojë energji. Secila nga orbitat ka energji të caktuar dhe nivelet e tilla të energjisë quhen stacionare dhe nuk varen nga koha.**

Kjo është në kundërshtim me sugjerimet e teorisë klasike sipas së cilës atomi ka numër të pafundëm orbitash, kurse postulati i parë i **Borit** tregon se elektroni mund të qëndrojë vetëm në orbita me energji plotësisht të caktuara. Ky postulat tregon stabilitetin e atomit.

Postulati i dytë (rregullat dhe frekuencat), i cili thotë: **elektroni mund të kalojë nga një orbitë stacionare në tjetrën me energji më të ulët. Gjat kësaj emeton një foton, energjia e të cilit është e barabartë me ndryshimin energjetik ndërmjet nivelit të fillimit dhe atij të fundit**, gjegjësisht:

$$hf = E_2 - E_1$$

ku **h** – është konstanta e **Plank**-ut, **f** – frekuenca e fotonit apo siç quhet ndryshe frekuenca e kalimit dhe **E_1, E_2** – energjitë e nivelit të fillimit dhe të fundit të kalimit.

Duke zbatuar postulatit e dytë për llogaritjen e frekuencës së vijave spektrale të Hidrogjenit, konstatohet se gjat rrotullimit rreth bërthamës, elektroni mund të ndodhet vetëm në orbitat për të cilat momenti i impulsit është numër i plotë i vlerës **$h/2\pi$** , që quhet kushti për kuantizimin e momentit të impulsit, gjegjësisht:

$$mvr = n \frac{h}{2\pi}$$

ku **m** – masa e elektronit, **v** – shpejtësia, **r** – rrezja e orbitës së elektronit, **h** – konstanta e **Plank**-ut, kurse **n** – numri kuantik i cili mund t'i merr vlerat: **$n = 1, 2, 3$** , etj.

Këtë që thamë më sipër në fakt paraqet **Postulatin e tretë** (rregulla për kuantizimin e orbitave), i cili thotë: **ekzistojnë vetëm ato orbita stacionare të elektronit që plotësojnë kushtin e kuantizimit të momentit të impulsit**, gjegjësisht:

$$m_e v_n r_n = n \frac{h}{2\pi}$$

Postulatet teorike të **Borit** u vërtetuan më vonë eksperimentalisht. Atomi i Hidrogjenit është më i thjeshti për kah ndërtimi (fig.1). Ai ka një elektron me ngarkesë **$q_1 = -e$** , i cili rrotullohet rreth bërthamës, e cila përbëhet nga një proton me ngarkesë elektrike **$q_2 = +e$** .

Forca elektrostатike tërheqëse ndërmjet ngarkesave është:

$$F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{e^2}{r^2}$$

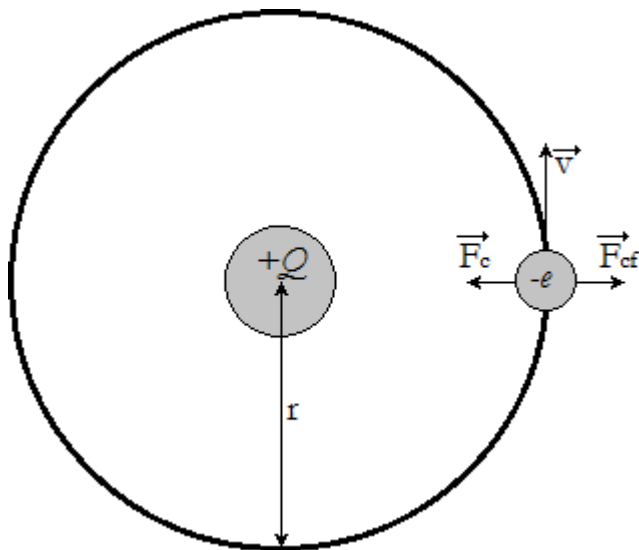
Kjo e mban baraspeshën e forcës centrifugale dhe sipas ligjit të dytë të **Njutnit** do të kemi:

$$\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{e^2}{r^2} = \frac{mv^2}{r}$$

Nga formula e fundit dhe nga kushti për kuantizimin e momentit të impulsit, për rrezen e orbitës së elektronit fitojmë:

$$r_n = n^2 \frac{h^2 \cdot \epsilon_0}{e^2 \cdot m \cdot \pi}$$

Rrezen e orbitave të elektroneve të ndonjë elementi tjetër e përcaktojmë me formulën:



$$r_n = n^2 \frac{h^2 \cdot \epsilon_0}{Z \cdot e^2 \cdot m \cdot \pi}$$

Për atomin e Hidrogjenit ($Z=1$), orbita e parë stacionare ($n=1$) ka rreze më të vogël dhe ajo ka vlerën:

$$a_o = \frac{h^2 \cdot \epsilon_0}{e^2 \cdot m_e \cdot \pi}$$

Madhësia a_o quhet **rrezja e Borit** dhe ka vlerën $0,53 \cdot 10^{-10}m$.

Nëse merret parasysh kjo, atëherë rrezen e orbitave të elektronit të cilit do qoftë elementi e përcaktojmë me formulën:

$$r_n = n^2 \cdot a_o$$

kurse, shpejtësinë e përgjithshme që e ka elektroni në atomin e Hidrogjenit, i përcaktojmë me formulat:

$$v = \frac{Z \cdot e^2}{2 \cdot \epsilon_0 \cdot h \cdot n}, \quad E_n = -\frac{m \cdot Z^2 \cdot e^4}{8 \cdot \epsilon_0^2 \cdot h^2 \cdot n^2}$$

Atomet tjera kanë numër më të madh protonesh në bërthamë dhe numër më të madh elektronesh në mbështjellës dhe ndërtimi i tyre është i ndërlikuar.

II.3.

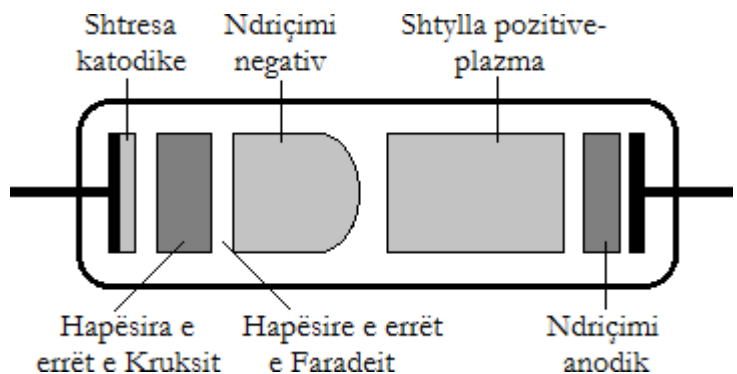
Rrezet katodike

Edhe pse në kushte normale atmosferike gazet nuk e përçojnë rrymën elektrike, por nëse ato u nënshtrohen disa kushteve të posaçme ato bëhen përcues të mirë të rrymës elektrike (*kur jonizohen*).

Jonizimi i gazit mund të bëhet nëse i nënshtrohet veprimit të rrezeve kozmike, rrezatimit radioaktiv, fotoneve me energji të madhe, rrezeve rentgen, etj., por mënyra kryesore e jonizimit të gazit është me anë të goditjeve të molekulave të gazit me grimca të shpejta në fushën elektrike.

Në figurë është paraqitur një gyp qelqi me elektroda në skajet e tij, në të cilin është rralluar ajri, në shtypje deri në disa qindra Paskal.

Posa të kyçet tensioni dhe të formohen një numër jonesh për shkak të veprimit të rrezeve kozmike, gazi do të fillojë të përcjellë rrymën, por me intensitet të dobët.



Me rritjen e tensionit, do të arrihet vlera kritike kur rryma rritet menjëherë dhe gazi bëhet i shëndritshëm, deri kur do të arrihet gjendja e njohur si **shkarkesë e qetë**.

Hapësira ndërmjet katodës dhe anodës përbëhet prej zonave të ndritshme dhe të errëta. Sipërfaqja e katodës është e mbuluar me një shtresë të hollë të gazit të shëndritshëm, e cila quhet **shtresa e katodës**.

Afër saj është zona tjetër e errët e quajtur **hapësira e errët e Kruksit**, kurse në vazhdim gjendet **errësira e Faradeit** (**Michael Faraday**), dhe përtej kësaj zone vazhdon shtylla pozitive e plazmës.

Më tutje gjendet një pjesë tjetër e ndritshme e cila quhet **ndriçim negativ** dhe ky ndriçim ka ngjyrë të kaltërt nëse në gyp ka ajër.

Nëse gypi është i mbushur me gaz tjetër atëherë edhe ndriçimi do të ketë ngjyra tjera si karakteristike për gazet me të cilat mbushet gypi. Hapësirat e ndritshme dhe të errëta do të ndryshojnë në mënyrë alternative nëse shtypja bëhet shumë e ulët, afër **0,1 mm Hg** ($\approx 10\text{ Pa}$), me çka kjo pjesë bëhet jokontinuale.

Studimi i dukurive të tilla të shkakresës elektrike në gaze tregon se me zvogëlimin e shtypjes vjen deri te ndërprerja e **shkakresës së qetë**, dhe do të paraqitet ngjyrë e gjelbërt e cila do ta mbush të gjithë gypin e qelqit. Ky ndriçim shkaktohet nga i ashtuquajti emision i ftohtë i rrezeve nga katoda dhe për këtë arsye **Golldshitejn** (**Eugen Goldstein**) i quajti **rreze katodike**.

Pas zbulimit të rrezeve katodike, janë bërë shumë eksperimente për të zbuluar natyrën e tyre, p.sh. **Kruksi** (**William Crookes**) mendonte se këto rreze kanë natyrë korpuskulare, **Videmani** (**Eilhard Wiedemann**) mendonte se ato kanë natyrë valore me gjatësi valore shumë të vogël, kurse **Perrin** (**Jean Baptiste Perrin**) tregoi se rrezet katodike janë grimca me ngarkesë negative.

Nga të gjitha hulumtimet e bëra, u konstatua se rrezet katodike i kanë këto veti:

- shkaktojnë luminishencë – fluoreshencë në qelq ose substanca tjera,
- janë të padukshme, por dukuria e luminishencës i bën të dukshme,
- përhapen në mënyrë drejtëvizore nga katoda, që mund të vërtetohet me paraqitjen e hijes nëse në rrugën e përhapjes së tyre vendoset ndonjë pengesë,
- rrezet katodike bartin energji që mund të vërtetohet nëse në rrugën e tyre vendoset trup që lehtë mund të rrotullohet, do të vërehet se trupi rrotullohet dhe nxehet. Në këtë mënyrë vërtetohet se rrezet katodike paraqesin grimca të vogla,
- kanë veprim biologjik, zvogëlojnë aktivitetin e qelizave të gjalla, dhe kur këto qeliza më gjatë i nënshtrohen këtij rrezatimi, atëherë qelizat asgjësohen – vdesin,
- kanë veprim kimik sepse kur takojnë pllakë fotografike ato shkaktojnë nxirrjen e saj,
- pasi rrezet katodike paraqesin elektrone që dalin nga katoda e skuqur, ato shmangen në fushë elektromagnetike,
- rrezet katodike bëjnë jonizimin e mjedisit nëpër të cilin kalojnë.

Vetia kryesore e këtyre rrezeve është se ato janë grimca me elektricitet negativ, të cilën veti e zbuloi **Xh.Xh. Tomson**, duke hulumtuar ndikimin e fushës elektromagnetike mbi këto rreze. **Tomsoni** përcaktoi vlerën e ngarkesës specifike të elektronit **e/m**, dhe tregoi se rrezet katodike janë grimca elektronegative që shumë shpejtë u quajtën **elektrone**.

Shumë shpejtë pas kësaj u sqarua edhe mekanizmi i përfitimit të rrezeve katodike. Për shkak të shtypjes së zvogëluar, molekulat dhe elektronet kanë rrugë të lirë më të gjatë, ashtu që arrijnë të fitojnë energji të mjaftueshme për të shkaktuar jonizimin gjatë goditjes me atomet neutrale.

Jonet si grimca pozitive orientohen drejt katodës, dhe ua dorëzojnë energjinë e tyre elektroneve të atomeve të katodës. Elektronet e lira nga katoda që kanë energji të mjaftueshme për ta lëshuar sipërfaqen e katodës, dalin nga ajo në formë të rrezeve katodike.

Goditja e joneve pozitive me katodën është kusht për paraqitjen e rrezeve katodike. Nëse në katodë bëhet çarrje, atëherë një pjesë e joneve pozitive që shkojnë drejt katodës do të kalojnë pas saj në formë të rrezeve që njihen si **rreze kanale**.

Rrezet kanale janë jone pozitive dhe ato mënjanojnë në fushën elektromagnetike dhe këto rreze shfrytëzohen për qëllime shkencore. Hulumtimet për natyrën e rrezeve katodike mundësuan zbulimin e elektronit si ngarkesë elementare e cila hyn në përbërjen e atomit dhe paraqet njërin nga grimcat e cila është bartëse e rrymës tek metalet dhe disa substanca tjera.

II.4.

Efekti fotoelektrik

Fotoefekti paraqet dukurinë e daljes së elektroneve nga metalet nën veprimin e dritës. Këtë dukuri për herë të parë e ka vërejtur **Herci** (*Heinrich Hertz*), i cili duke eksperimentuar me harkun elektrik ka vërejtur se elektroskopi i elektrizuar mbi të cilin është vendosur pllaka e zingut është çelektrozuar.

Herci erdhi në përfundim se çelektrozimi i elektroskopit, është pasojë e daljes së elektroneve nga pllaka e zingut, nën veprimin e rrezeve ultravjollcë që lirohen nga harku elektrik. Këtë e vërtetoi duke e mbyllur pllakën e zingut me një enë qelqi (*qelqi ka vetinë t'i absorboj rrezet ultravjollcë*).

Dukuria e shkëputjes së elektroneve nga atomet nën veprimin e rrezeve të dritës, quhet efekt fotoelektrik.

Që të fitohet efekti fotoelektrik duhet një paisje si kjo e paraqitur në figurë e cila quhet **foto tub**, **foto celulë** ose **fotoelement**.

Brenda në gypin e vakumuar është vendosur pllaka metalike **S** e cila është e lidhur me polin negativ të burimit që paraqet **emiterin**. Përballë emiterit është vendosur kolektori **C**, i cili nëpërmjet galvanometrit lidhet me polin pozitiv të burimit

Nëse pllaka **S** ndriçohet me dritë të fortë, atëherë nga ajo do të lirohen elektronet, me ç'rast do të shkaktohet efekti fotoelektrik. **Elektronet që emetohen nga atomi nën veprimin e rrezeve të dritës quhen fotoelektrone.**

Fotoelektronet e emetuara do t'i mbledh kolektori. Në galvanometrin **G** do të lexohet rryma e fituar me anë të fotoefektit e cila quhet **fotorrymë**.

Eksperimentet e bëra me qëllim të hulumtimit të fotoefektit dëshmojnë se, për të shkaktuar fotoefekt në një sipërfaqe të metalit **S**, nevojitet dritë me frekuencë të vogël, nga një frekuencë kufitare, e cila quhet **frekuencë pragu e fotoefektit**.

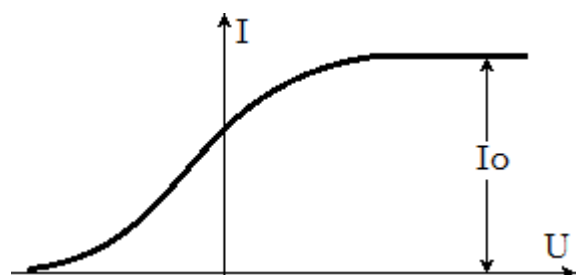
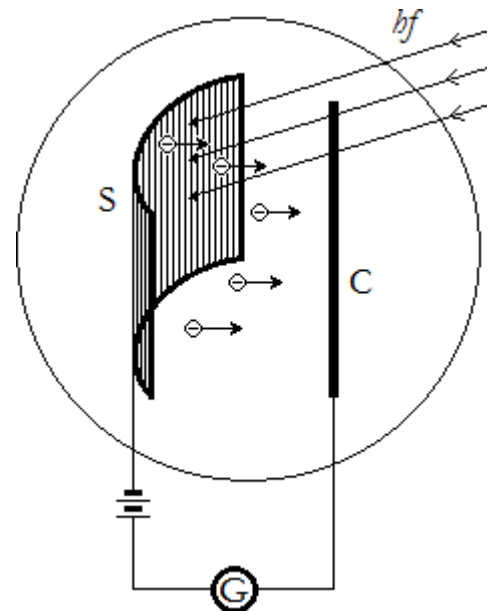
Në mungesë të ndryshimit potencial, fotoelektronet formojnë mjegull ngarkese hapësinore ndërmjet emiterit dhe kolektorit. Disa nga fotoelektronet që emetohen me shpejtësi fillestare depërtojnë mjegullën e ngarkesës hapësinore dhe arrijnë deri te kolektori.

Kjo dëshmohet me faktin se në qark mund të fitohet rrymë e dobët edhe në mungesë të burimit të jashtëm. Kjo rrymë është fituar nga elektronet të cilat në sajë të shpejtësisë fillestare kanë arritur deri në kolektorin **C**. Nëse në qarkun e fototubit kyçim burimin e rrymës, me rritje të tensionit, rryma e fotoelementit do të rritet derisa të arrihet dukuria e ngopjes.

Grafiku i rrymës në funksion të tensionit në figurë, paraqet karakteristikën e fotoelementit.

Nëse ndërmjet emiterit dhe kolektorit vendoset një potencial i kundërt, i cili rritet, derisa rryma të bëhet zero, atëherë është arritur efekti i frenimit të elektroneve që vinin në kolektor, me çka ky potencial quhet **potencial i frenimit**, dhe për këtë rast mund të shkruajmë relacionin:

$$e \cdot U_f = \frac{m_e \cdot v^2}{2}$$



prej nga mund të gjejmë shpejtësinë fillestare që ka elektroni në dalje nga metali:

$$v = \sqrt{\frac{2e \cdot U_f}{m_e}}$$

Te efekti fotoelektrik është hulumtuar raporti i numrit të fotoelektroneve dhe shpejtësia maksimale e tyre, në varësi të intensitetit dhe gjatësisë valore të dritës, është vërejtur se:

- **maksimumi i shpejtësisë së daljes së elektroneve nuk varet nga intensiteti i dritës, por nga gjatësia valore e saj,**
- **maksimumi i fotorrymës rritet me rritjen e intensitetit të dritës, por kjo ndodh për shkak të numrit më të madh të fotoelektroneve të emetuara,**
- **me dritë të një gjatësie valore të caktuar mbi pragun e fotoefektit, pa marrë parasysh se sa e dobët është, maksimumi i shpejtësisë së fotoelektroneve do të jetë gjithnjë i njëjtë,**
- **Fotoefekti është dukuri pa inercion.**

Shpjegimin e tërësishëm e dha **Ajnshtajni**, por teoria e tij nuk u pranua derisa nuk u vërtetua eksperimentalisht nga **Millikeni** (**Robert Andrews Millikan**). Teoria e **Ajnshtajnit** kishte mbështetje edhe në teorinë e kuantëve të **Plankut**.

Kur fotoni bie në metal ai godet elektronin në sipërfaqe ose nën të, dhe me këtë rast mund t'ia transferojë energjinë tërësisht ose pjesërisht. Atëherë fotoni shkëputet nga atomi dhe mund të dalë jashtë sipërfaqes ose të mbetet edhe më tej në metal.

Kjo do të varet nga sasia e energjisë që ka absorbuar dhe nga kahu i lëvizjes së elektronit. Gjat daljes nga sipërfaqja, elektroni shpenzon një sasi energjie **A** e njohur si **punë dalëse e elektronit**.

Relacioni që përshkruan efektin fotoelektrik që e dha **Ajnshtajni** është:

$$hf = A + \frac{mv^2}{2}$$

Ky relacion përputhet saktësisht me rezultatet eksperimentale të **Millikenit**. Nëse energjia e kuantit është e vogël për shkak se frekuenca e tij ka vlerë minimale, atëherë elektroni del nga atomi por mbetet në metal. Ky është efekti i brendshëm dhe paraqitet me relacionin:

$$hf_{min} = A$$

prej nga mund të llogaritet frekuenca e pragut të fotoefektit, përkatësisht gjatësia valore maksimale që mund të shkaktojë vetëm fotoefekt të brendshëm. Për këtë rast kemi:

$$h \frac{c}{\lambda_{max}} = A$$

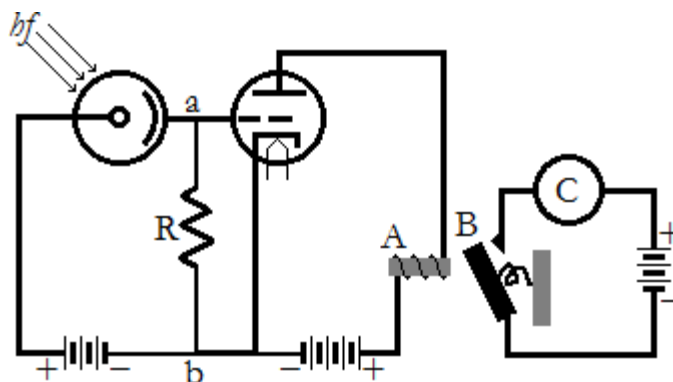
prej ku fitohet gjatësia valore më e madhe, e cila mund të shkaktojë fotoefekt të brendshëm:

$$\lambda_{max} = \frac{hc}{A}$$

Fotoefekti ka gjetur zbatime të shumta në lëmi të ndryshme të shkencës dhe jetës. Njëri nga zbatimet më të suksesshme të fotocelulës është ai tek fotorelejet (*figura vijuese*), ku fotocelula bën hapjen dhe mbylljen e qarkut lokal të rrymës në sajë të rrymës që pranon. Kështu ajo luan rolin e **syrit elektrik**.

Nëse drita bie në sipërfaqe fotoelektrike, nëpër rezistorin **R** do të rrjedhë rrymë, gjegjësisht ndërmjet pikave a dhe b paraqitet ndryshim potencialesh.

Në këtë rast rrjeta e gypit elektronik, të lidhur me fotocelulën do të jetë në potencialin negativ, ndërsa rryma e anodës do ta aktivizojë elektromagnetin **A**, i cili do ta tërheqë hekurin e butë **B**.



Kështu, ndërpritet qarku lokal i rrymës. Nëse ndërpritet drita që bie në fotocelulë, do të ndëdhë kundërta.

Fotoefekti ka zbatim tek gjysëmpërcjellësit me qëllim të përmirësimit të vetive elektrike të tyre. Për shembull, me anë të gjysëmpërcjellësve si: **Galeniti** (PbS) dhe **Sulfat Kadmiumi** (CdS), punohen fotocelula të cilat kanë zbatim si bateri diellore në satelitë dhe në fotorelej të ndryshëm për detektorë optik. Rryma elektrike që jep fotocelula është shumë e dobët (*disa mikroamperë*), dhe për ta rritur rrymën në gyp, futet sasi e vogël gazi. Elektroni duke kaluar e jonizon gazin dhe kështu rritet rryma për **5** deri **10** herë.

Mënyra tjetër e rritjes së rrymës fotoelektrike sështë nëse në gyp vendosen një anodë dhe më shumë katoda, elektronet e fituara me fotoefekt në katodë, fitojnë një përforsim kaskadë, derisa bien në anodë ku rryma është rritur **10^5** . Celulat e tilla quhen fotomultiplikatorë.

Fotomultiplikatorët kanë zbatime të shumta, por zbatimi kryesor i tyre është në spektroskopit atomike dhe bërthamore si detektor i kuantëve.

II.5.

Fotoelementet

Fotoelektronika është pjesë e elektronikës që studion bashkëveprimin e dritës dhe rrymës elektrike, e cila poashtu quhet edhe **optoelektronikë**. **Fotoelementet** janë elemente vakumore, të gazta ose elemente gjysëmpërcjellëse elektronike, tek të cilat energjia e dritës konvertohet në energji elektrike ose anasjelltas.

Sipas llojit të konvertimit të energjisë, fotoelementet ndahen në dy grupe, përkatësisht: **fotodetektorë** dhe **burimet fotoelektronike** të dritës. **Fotodetektorët** janë elemente të cilat nën veprimin e dritës i ndryshojnë tiparet elektrike.

Ndryshimin e tipareve e shkakton një fenomen i quajtur **efekti fotoelektrik**. Përfaqësuesit e fotodetektorëve janë: **fotogjeneratorët**, **focelulat**, **fotorezistorët**, **fotodiodat**, **fototranzistorët**, **fototiristorët**, etj.

Burimet fotoelektronike të dritës janë elementet në të cilat energjia elektrike konvertohet në dritë. Ato janë: diodat ndriçuese dhe disa tjera. Karakteristikat dhe funksionimin i fotoelementeve mund të kuptohet nëse dihet disa tipare të fizikës optike dhe fotometrisë.

Efekti fotoelektrik dhe madhësitë fotometrike

Sipas teorisë bashkëkohore, drita është rrezatim elektromagnetik i një frekuencë të caktuar (**f**) dhe gjatësisë valore (**λ**). Dritë e bardhë është e ndarë në ngjyra, ku secila prej tyre e ka frekuencën e vetë dhe gjatësinë valore të saj.

Sasia e energjisë së rrezatimi nuk është kontinue, por e kuantizuar. Kjo do të thotë se ekziston sasia minimale e energjisë e cila nuk mund të ndahen, dhe është quajtur **kuant drite** ose **foton**.

Energjia e fotonit është ngjyra e ndryshueshme e dritës dhe varet nga frekuenca e rrezatimit dhe gjatësia valore. Fotoni në vakum lëviz me shpejtësi të dritës, dhe energjia i llogaritet sipas formulës:

$$E = hf$$

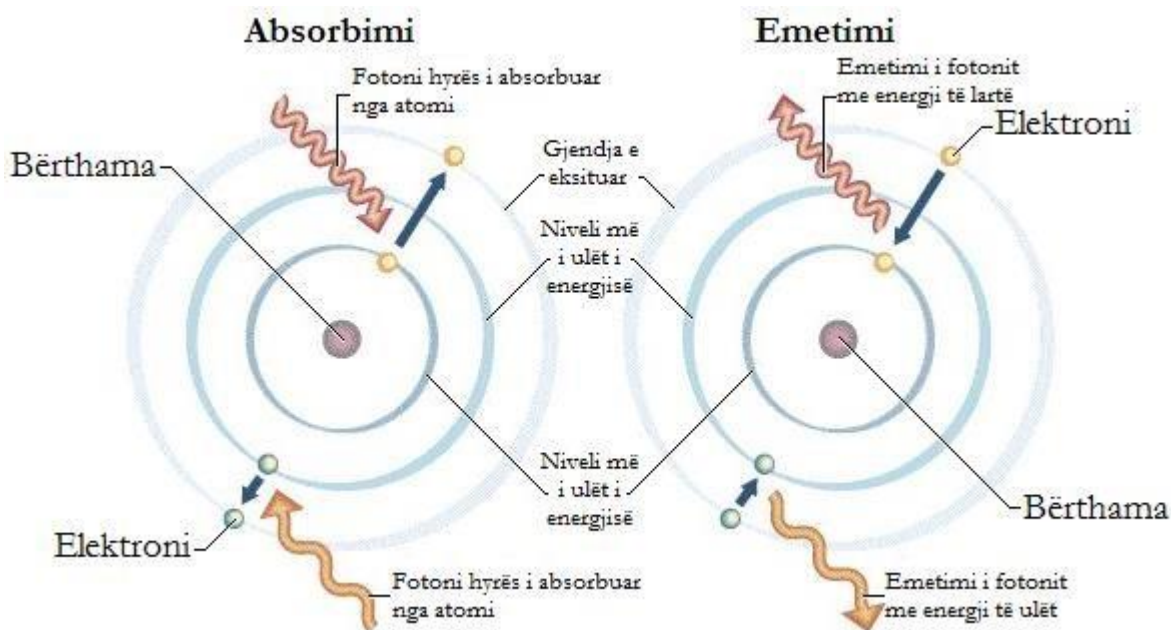
ku: E – energjia e një kuant drite (J),
 h – konstanta e Plankut ($h = 6,624 \cdot 10^{-34} \text{Js}$),
 f – frekuenca e rrezatimit të dritës (Hz).

Është vërejtur se disa trupa elektrizohen nën veprimin e rrezatimit dritës (*efekti fotoelektrik*). Kjo u shpjegua nga **Ajnshtajni** më 1905, duke futur konceptin e fotoneve. Është e njohur se elektronet gjat lëvizjes rreth bërthamës gjenden në nivele të ndryshme të energjisë.

Sa më shumë që të jetë i larguar elektroni nga bërthama, ai ka energji më të madhe. Me absorbimin e energjisë, pas rrezatimit (*sh.dritës*) elektroni kalon nga një nivel më i ulët në një nivel më të lartë ose të bëhet i lirë (i pavarur nga atomi).

Për tu bërë kalimi mund të ndodhë vetëm kur energjia e një kuant (*fotoni*) është e barabartë, ashtu që e llogaritur me energjinë e atomeve nga një nivel i ulët siguron energji në një nivel të lartë.

Gjatë kalimit të elektroneve nga niveli i lartë në atë të ulët ose elektronit të lirë në fushëveprimin valent të atomit, vjen deri tek emetimi i rrezatimit. Absorbimi dhe emetimi i energjisë së rrezatimit është treguar skematikisht në *fig.,(për atomin e Silicit)*



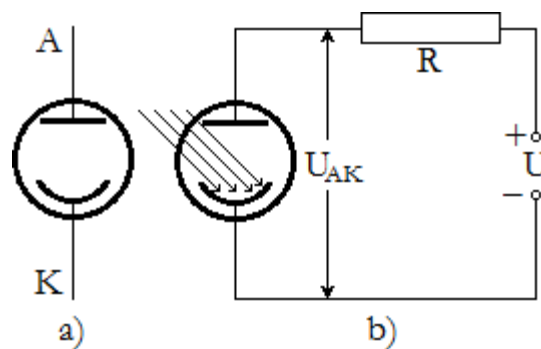
Pa hyrë në detaje më shumë në ndërveprimet e ndryshme ndërmjet fotonit dhe elektronit, mund të konkludohet se rrezatimi i dritës krijon elektronet e lira. Poashtu, gjat kthimi të elektroneve të lira në orbitë valence, vjen deri te emetimi i rrezatimit.

Drita është pjesë e dukshme e rrezatimit. Kështu është shpjeguar dukuria e paraqitjes së efektit fotoelektrik. Drita që bien në një sipërfaqe quhet **Fluksi i dritës** (Φ). Njësia e fluksit të dritës është **Lumeni** (lm). Ndriçimi është fluksi i dritës në njësi të sipërfaqes dhe njësia e saj është **Luksi** (lux - lx.)

Fotocelulat: Focelula përbëhet nga dy elektroda: anodës dhe katodës, të vendosur në një balon prej xhami, të cilat mund të jenë të gazta ose vakumore.

Për shkak të përparësive të fotoelementeve gjysmëpërcjellëse prodhohen shumë rrallë, kryesisht për përdorime në paisje precize matëse. Simbol dhe lidhja e fotocelulës vakumore është paraqitur në figurë.

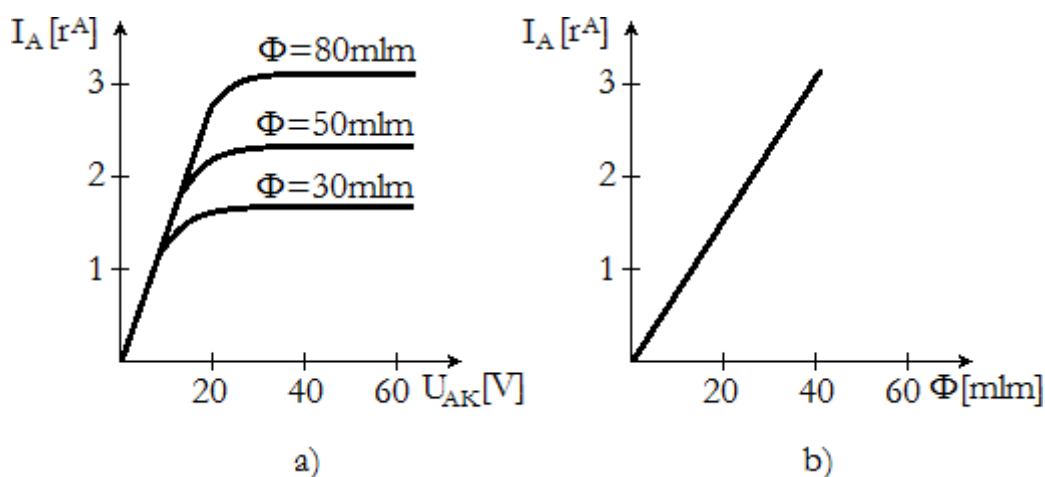
Katoda është prej metalit të ndjeshëm ndaj dritës (ceziun) dhe emeton elektrone kur në të bie drita. Emetimi i tillë i elektroneve quhet emetim fotoelektronik.



Fotocelula: a) simboli lidhës, b) lidhja në qarkun e rrymës

Kur në fotocelulë kyçet tensioni (fig.b), elektronet lëvizin kah anoda pozitive, dhe nëpër fotocelulë dhe në qarkun e jashtëm vendoset rryma. Intensiteti i rrymës do të jetë, gjat tensionit konstante njëkahor të jashtëm U , për aq më e madhe, sa do të jetë fluksi i dritës Φ .

Karakteristikat e fotocelulës vakumore janë treguar në figurë. Nga këto karakteristika shohim se varësia e rrymës në qark është nga fluksi i ndriçimit linear. Kjo përbërje e fotocelulës mundëson përdorimin e saj në gamë të gjerë në paisjet për rregullime automatike, paisjet matëse, etj.



Karakteristikat e fotocelulës:

a) $I_A = f(U_{AK})$; $\Phi = \text{const.}$

b) $I_A = f(\Phi)$; $U_{AK} = \text{const.}$

Kështu, për shembull, fotocelula në lidhje mund të përdoret për matjen e ndriçimit (fig.b). Nëse në qark në mënyrë serike lidhim ampermetër, do të fitohet luksmetër. Devijimi në instrument varet nga madhësia e ndriçimit dhe instrumenti kalibrohet në luks. Përveç fotocelulave vakumore, ekzistojnë edhe fotocelulat e gazta puna e të cilëve është e bazuar në jonizmit e gazit nën ndikimin e rrezatimit të dritës.

Fotorezistorët: Fotorezistorët janë elemente në të cilat rezistenca zvogëlohet me rritjen e ndriçimit. Ato përpunohen nga materialet gjysmëpërcjellëse, zakonisht prej silicit dhe selenit.

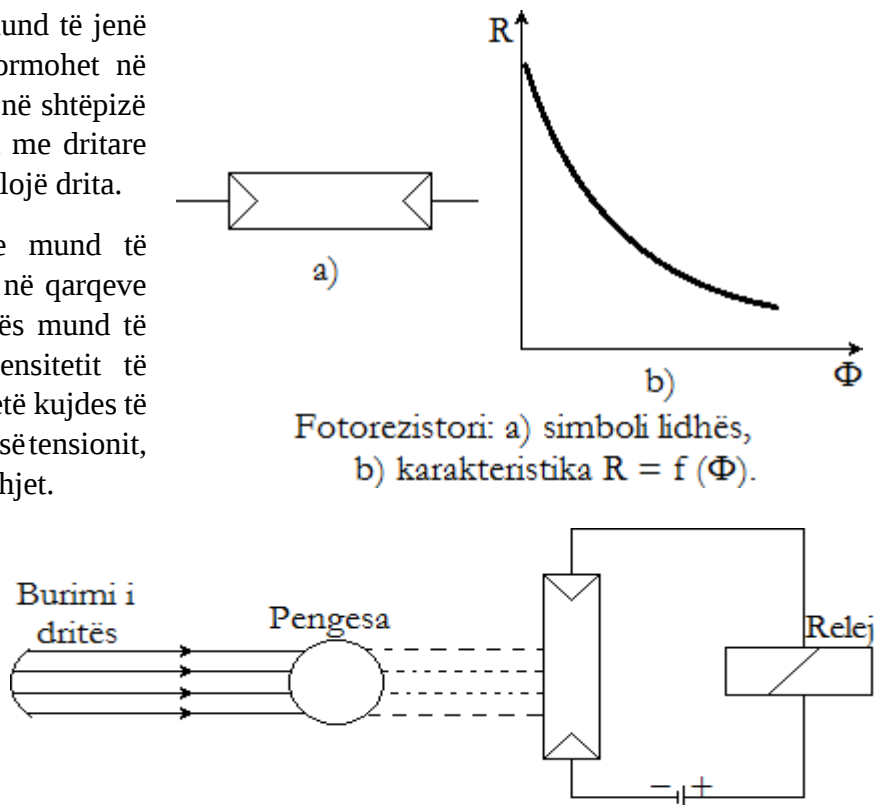
Kur drita do të bie në pjesën aktive të fotorezistorit, fotonet energjinë e tyre ua dorëzojnë elektroneve të lidhura të cilët bëhen të lirë. Me këtë rritet përcjellshmëria e elementit.

Nëse fotorezistorin e lidhim në tension, intensiteti i rrymës në qark do të varet nga forca e ndriçimit. Simboli elektronik i fotorezistorit dhe forma karakteristikat e $R = f(\Phi)$ janë dhënë në fig.

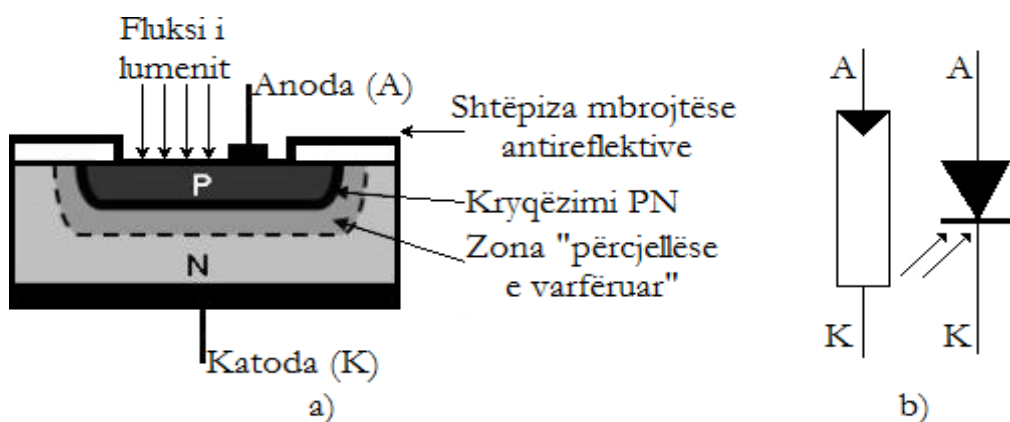
Format e fotorezistorëve mund të jenë të ndryshme. Gjysmëpërçuesi formohet në bazën izoluese. Është i vendosur në shtëpizë metalike të mbyllur hermetikisht me dritare qelqi përmes të cilave mund të kalojë drita.

Nëpërmjet dy elektrodave mund të kyçet në qark elektrik. Përdoren në qarqeve elektronike ku intenziteti i rrymës mund të rregullohet me ndihmën e intensitetit të dritës. Gjat lidhjes nuk duhet të ketë kujdes të veçantë ndaj polaritetit të lidhjes së tensionit, sepse përçjellin rrymë në të dy kahjet.

Si shembull do të theksojmë përdorimin e fotorezistorit për aktivizimin e relejit në paisjet për indikacionin e pengesave të dritës, siç tregohet në fig.



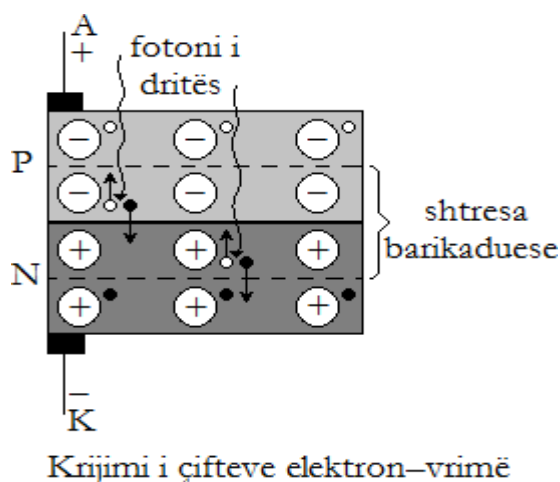
Fotodiodat: Fotodioda është diodë gjysmëpërcjellëse, ku përcjellshmëria e saj rregullohet me intensitetin e ndriçimit. Ndërtimi i një fotodiode është treguar në fig.a, kurse simboli i saj në fig.b.



Fotodioda: a) parimi i ndërtimit, b) simboli lidhës.

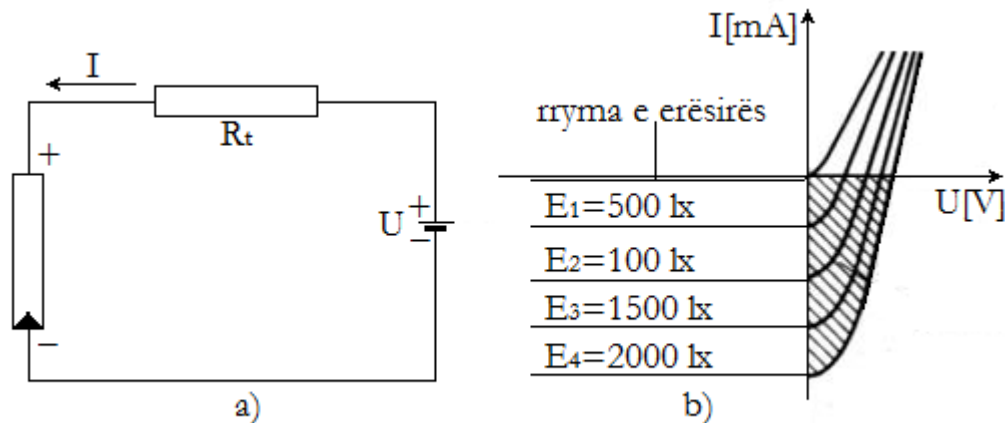
Fotodioda gjithmonë lidhet në kahun jolëshues, d.m.th. anoda lidhet me polin negativ, kurse dkatoda me polin pozitiv të burimit të tensionit njëkahor. Kështu do të rrjedh rrymë shumë e vogël, e cila quhet **rrymë e erësirës** (themelore) (rreth $10\mu A$), nëse nuk është e ndriçuar.

Me ardhjen e një fotoni të dritës përmes dritares së qelqit ose plastike në lidhjen **P-N**, intenziteti i rrymës do të rritet. Fotonet energjinë e tyre ua dorëzojnë elektroneve valente të cilët bëhen të lirë dhe kështu në shtresën e bllokimit të lidhjes **P-N** krijohen çiftet



elektron–vrinë, si bartës të rrymës, siç është paraqitur në fig.

Elektron lëviz në drejtim të katodës pozitive, kurse vrima në drejtim të anodës negative dhe kështu formohet rryma nëpër diodë. Intenziteti i rrymës, gjat tensionit konstant, varet nga intensiteti i dritës si dhe gjatësia valore e saj. Lidhja e fotodiodës në qark elektrik dhe karakteristikat saj $I-U$, janë paraqitur në fig.



Fotodioda: a) lidhja në qarkun elektrik, b) karakteristikat $I=f(U)$; $E=const$

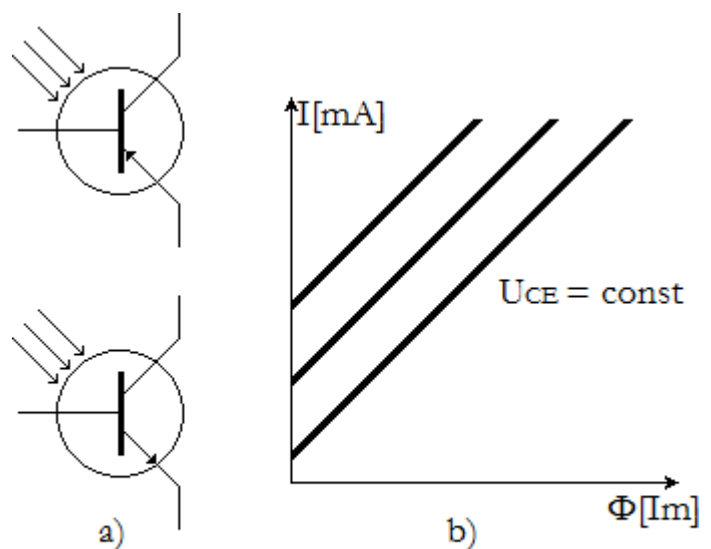
Në diagramin e (fig.b), shohim se ndryshimi i tensionit pothuajse nuk ndikon në ndryshimin e rrymës, derisa intensiteti i ndriçimit linearisht ndikon në rritjen e rrymës. Për tensionet e vogla të polarizimi direkt rrjedh rrymë në kahun inverz për shkak të ndikimit ekuivalent të shtresës penguese. Fotodiodat përdoren tek ndërprerësit ndriçues.

Në mungesë të dritës, qarku i rrymës me fotodiodën praktikisht ndërpritet. Rezistenca e ndjek shumë shpejtë ndryshimin e dritës, d.m.th. inercioni i saj është i vogël. Përdoren tek relejët ndriçues në shumë lëmi të automatikës, teknikat matëse dhe rregulluese. E metë e fotodiodave është ajo se përçojnë rrymë me intensitet të vogël.

Fototranzistorët: Transistorët, të ndjeshëm ndaj ndriçimit, punojnë nën parimin e ngjashëm si fotodiodat. Drita kahëzohet kah kolektori me polarizim inverz të lidhjes **P-N**. Baza e fototranzistorit gjat punës shpeshherë është e elektrodë e lirë, d.m.th. nuk është e lidhur në qark.

Fotonet e dritës gjenerojnë çifte **elektron–vrinë** në shtresën barikaduese të bazës. Simboli elektronik dhe karakteristikat $I=f(\Phi)$ të fotorezistorit janë dhënë në fig.

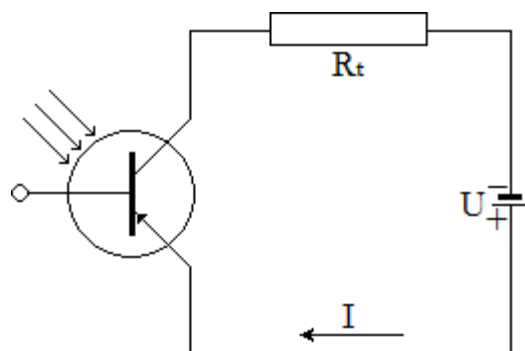
Kur fototranzistori do të lidhet në qark sipas figurës, rryma sipas konstantës së dhënë të tensionit U do të mvaret nga madhësia e fluksit të dritës Φ , sipas fig. të mësipërme b.



Fototranzistori: a) simboli lidhës, b) karakteristika $I=f(\Phi)$; $U_{CE} = const$

Rryma e erësirës tek tranzistori është shumë më e madhe se ajo e diodës në të njëjtën tension. Kjo rrymë është rrymë inverze e cila krijohet nga lidhja e kolektorit (ICBO). Avantazhi i fototranzistorit në krahasim me fotodiodën është ndjeshmëria më e madhe, d.m.th. ato kanë sasi më të madhe të $\Delta I/\Delta \Phi$ gjat të njëjtut tension të ushqimit. Ato përpunohen në cilindra metalik me lente mbledhëse në njërën anë, kurse në anën tjetër janë përçuesit. Kryesisht përdoren si ndërprerës ndriçues të elementeve.

Fototiristorët janë fotoelemente të cilët sipas është strukturës dhe parimit të funksionimit janë të njëjtë si tiristorët e zakonshëm, të cilat vetëm se mund të asgjësohen (*digjen*) nga impulsset e ndriçimit. Zakonisht punohen me mbrojtës për ndriçim dhe elektrodën komanduese **G** për ndërprerje të qarkut.

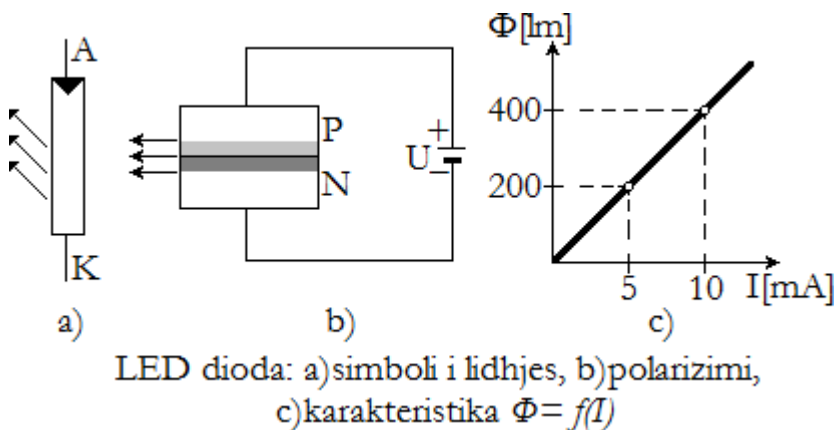


Diodat ndriçuese: Diodat ndriçuese gjat kalimit të rrymës emitojnë dritë. Ato poashtu mbajnë edhe emrin **LED** (*ang. light Emitting Diode - dioda të cilat emitojnë dritë*). Diodat që emetojnë dritë janë me shtresa, të polarizuara në kahjen e lëshimit, dhe emetojnë dritë, intensiteti i të cilave është më i madh në gjysëmpërcjellësin e kontaktit **P-N**. Në këtë zonë vjen deri tek rikombinimi i një numri të madh të elektroneve me vrimat. Frekuenca, dhe sipas kësaj edhe ngjyra e emetimit të dritës, llogariten sipas formulës:

$$f = \frac{E}{h}$$

ku E është dallimi i energjisë të cilën e ka elektroni në zonën e përcjellshmërisë dhe asaj valente.

Intensiteti i dritës varet nga numri i kombinimeve të çifteve **elektron-vrimë**, që është linearisht i varur nga rryma e polarizimit direkt të diodës (*fig.c*). Simboli i diodave ndriçuese dhe lidhja e tyre janë treguar në fig.



Ngjyra e dritës së emetuar varet nga lloji i materialit gjysmëpërçues.

Në çdo diodë gjysmëpërçuese ekziston rrezatimi, por jo në pjesën e dukshme të spektrit elektromagnetik. Dritën e kuqe e emeton fosfati i galiumit, të gjelbërtën fosfati i galiumit dhe arsenit, kurse të verdhën karbidi i silicit.

Diodat fotoemetuese shfrytëzohen si tregues me ndriçim tek: *kalkulatorët, orët*, etj. Displejët janë një kombinim kompleks i diodave ndriçuese të cilat vizuelisht tregojnë informacion në formë të numrave ose shkronjave.

II.6. Absorbimi, emetimi spontan dhe i stimuluar

Disa veti optike të substancës

Luminishenca: *Luminishenca është dukuria e disa substancave që nëse ndriçohen me dritë të fortë, kanë aftësi që një kohë pas kësaj të shkëlqejnë (ndriçojnë)*, pra të sillen si burime drite, ngjyra e të cilave mund të jetë e ndryshme, në varësi të vet substancës.

Veti të tilla mund të kenë një numër i madh substancash, por nga më të njohurat janë *fosforitet*, *fluorit* dhe një numër i madh substancash organike. Në luminishencë bëjnë pjesë edhe **fosforeshenca** dhe **fluoreshenca**, dukuri të cilat më së miri vërehen në erësirë.

Fosforoshenca është lloj rrezatimi i cili vazhdonë të ememtohet edhe pas ndërprerjes së rrezatimit të eksitimit. Koha e zgjatjes së fosforeshencës mund të jetë nga disa pjesë të sekondës deri në

disa vjetë. Fosforoshenca është vërejtur së pari te fosfori nga edhe është emërtuar. Fosforoshenca shfaqet edhe te disa kripëra joorganike kur ato rrezatohen me rreze ultravjollcë ose me rreze rentgen. Fosforeshencë intensive jep edhe sulfidi i zingut i aktivizuar me bakër.

Fluoreshenca është lloj rrezatimi i cili ndërpritet në çastin e ndërprerjes së rrezatimit të eksitimit të atomeve apo molekulave të trupit. Fluoreshenca për herë të parë është vërejtur tek **kalcium fluoriti** (CaF_2) nga edhe është emërtuar, por shfaqet te trupat e lëngët, gaztë dhe të ngurtë kur ata rrezatohen me rreze ultravjollcë. Lëngje të tilla janë: **fluoresceini** dhe **rodamini**, një ngjyrë organike që përdoret si lëndë aktive e laservë të lëngët me ngjyra. Trupi rrezatohet me rreze ultravjollcë me energji:

$$E = h\nu$$

ku: **h** – është konstanta e **Plankut** dhe **ν** – është frekuenca e dritës.

Procesi i absorbimit dhe lirimimit të energjisë. Atomet apo molekulat e trupit e absorbojnë fotonin e dritës rënëse duke kaluar në gjendje të eksituar, që do të thotë se elektroni që ka absorbuar kuantin e energjisë rënëse **$h\nu$** dhe do të kalojë nga niveli energjetik themelor **E_1** në nivelin më të lartë energjetik **E_2** .

Pas ndërprerjes së rrezatimit rënës, pas një kohe të caktuar prej **10^{-8}s** , atomet apo molekulat e eksituara kthehen në gjendje themelor, d.m.th. elektroni zbret nga niveli i lartë energjetik **E_2** në nivelin energjetik themelor **E_1** , me ç'rast emetohet rrezatimi fluoreshent me energji **$h\nu$** .

Ky kuant i rrezatimit fluoreshent mund të ketë çfarëdo drejtimi të përhapjes, pavarësisht nga drejtimi i përhapjes së kuantit të rrezatimit rënës. Ky lloj kalimi elektronik quhet **emetim spontan**.

Fluoreshenca luan rol të rëndësishëm, në hulumtimin e spektrave molekularë. Për të nxitur fluoreshencën nevojitet burim i fortë i dritës monokromatike, me gjatësi valore që i përgjigjet ndryshimit të energjisë së dy niveleve elektronike, shiritat e të cilave duhet të jenë objekt studimi.

Përveç gjatësisë valore të dritës eksituese, spektri i luminishencës varet edhe nga temperatura dhe shtypja. Luminishenca sot ka rëndësi të madhe hulumtuese, në shumë lëmi të fizikës, spektrokimisë, kimisë organike, fizikës së laserëve, etj.

Absorbimi, emetimi spontan dhe i stimuluar

E dimë se atomet, molekulat dhe jonet mund të jenë në gjendje themelore me energji minimale një kohë shumë të gjatë, por nën ndikimin e faktorëve të jashtëm ato mund të absorbojnë energji të natyrës elektromagnetike—fotone ose energji të natyrës tjetër, dhe do të kalojnë në gjendje të eksituar.

Procesi i kalimit të atomit, molekulës ose jonit, nga gjendja themelore me energji **E_n** , në gjendjen me energji më të madhe **E_m** quhet **absorbim**.

Atomi, molekula ose joni quhen **të eksituar**. Duhet theksuar se eksitimi bëhet duke absorbuar

energji nga ambienti i jashtëm. Kjo energji mund të jetë ndonjë foton i fushës së jashtme elektromagnetike, por mund të jetë edhe energji e goditjeve me grimca që disponojnë energji.

Në gjendje të eksituar atomi është jostabil dhe për këtë arsye qëndron një kohë të shkurtër në këtë gjendje. Koha e qëndrimit të atomit në gjendje të eksituar është rreth **10^{-8}s** dhe quhet **kohë jete** (**τ**).

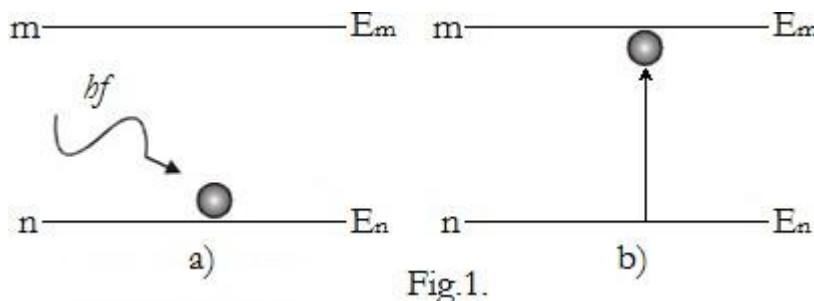


Fig.1.

Pas kësaj kohe atomi vetvetiu kthehet në gjendjen stacionare – themelore, duke emetuar një kuant energjie – foton ($hf = E_m - E_n$), fig.2.

Procesi i kalimit të atomit nga gjendja me energji E_m në gjendjen me energji E_n ($E_m > E_n$), pa ndikimin e faktorëve të jashtëm quhet **emetim spontan**.

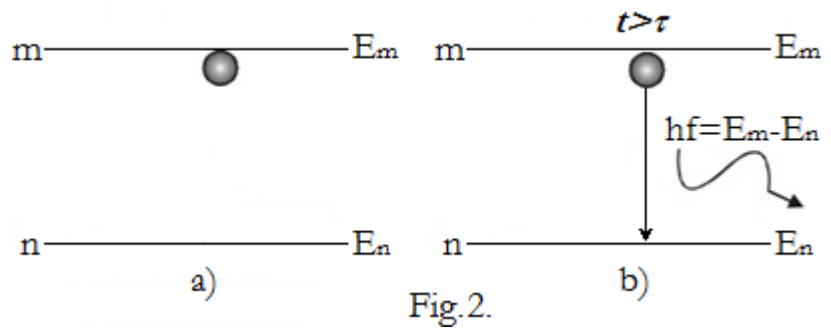


Fig. 2.

Fotonet e emetuara gjat emetimit spontan kanë drejtime, frekuenca dhe rrafshe polarizimi të ndryshëm. Kjo d.t.th. se emetimi spontan është rrezatim jokohorent.

Kalimi i atomit nga gjendja e eksituar në gjendjen themelore mund të bëhet edhe pa emetim të kuantit, kurse energjia e absorbuar u jepet atomeve tjera në formë të nxehtësisë, duke u goditur me to.

Në fig.3.a, është paraqitur sistemi atomik në gjendje të eksituar, nëpër të cilin bie një kuant elektromagnetik me energji hf .

Ky arrin nga një fushë e jashtme rrezatuese e cila nxit kalime të sistemit, nga gjendja e lartë m në gjendjen n .

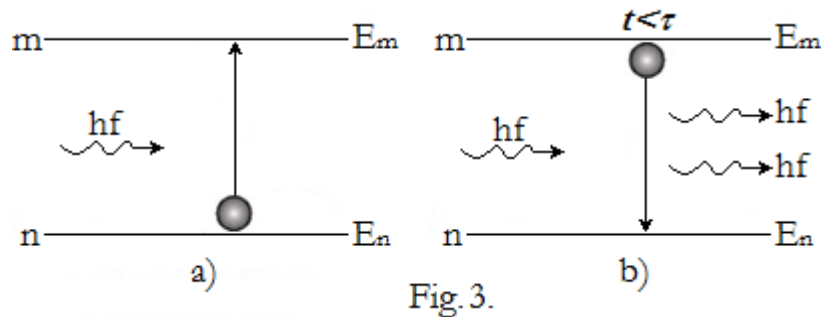


Fig. 3.

Ky kalim shoqërohet me emetim të një kuanti energjetik si në fig.3.b. Kuanti primar që vjen nga jashtë dhe bie në sistemin me gjendje të eksituar, e shkëput elektronin nga gjendja m dhe e detyron që para kohe të kthehet në nivelin e poshtëm n . Ky proces paraqet **emetimin e stimuluar**.

Procesi i emetimit të stimuluar mund të ndodhë vetëm nëse gjendjet n dhe m kanë jetë të gjatë, dhe nëse stimulimi ndodh para kalimit të kohës së jetës τ në nivelet n dhe m .

Në dalje nga sistemi fitohen dy kuante identike, dy fotone që përhapen në drejtim të njëjtë, pra kemi efekt të përforcimit të dritës. Emetimi i tillë është izotrop dhe koherent, pasi kuanti i emetuar është në fazë me kuantin rënës. Rrezatimi i tillë quhet **emetim i stimuluar (induktuar)**.

Një lëndë që përmban atome, molekula ose jone, që mund të gjendet në gjendje kuantike me energji E_n dhe E_m , rrezatimi i jashtëm mund të shkaktojë këto procese: **absorbim, emetim spontan dhe emetim të stimuluar**.

Nëse mjedisi i dhënë material ndodhet në gjendje ashtu që në çdo njësi kohe numri i atomeve në gjendje të eksituar N_m do të jetë më i madh se numri i atomeve që ndodhen në gjendjen themelore N_n ($N_m > N_n$), atëherë këtë mjedis material e quajmë **mjedis me popullim invers**.

Mjediset me popullim invers kanë aftësi të përforcojnë rrezatimin që kalon nëpër to. Të gjithë ato materiale që mund të bëjnë përforcimin e rrezatimit quhen **mjedise aktive**. Vetëm një numër i caktuar i materialeve mund të sillen si mjedis aktive.

Laseri është një paisje që lëshon dritë (*rrezatim elektromagnetik*) përmes një procesi të përforsimit optik në bazë të emetimit të stimuluar të fotoneve. Zbulimit të laserit i paraprijnë punimet e shumë shkencëtarëve në studimin e vetive të dritës.

Në vitin 1917, **Ajnshtajni** duke shpjeguar baraspeshën e rrezatimit të mjedisëve të ndryshme erdhi në përfundim se nuk mjafton vetëm procesi i emetimit spontan dhe i thithjes për t'u balancuar këto procese. Ai në atë kohë parashikoi procesin e emetimit të induktuar (*stimuluar*).

Dëshmitë e para mbi ekzistimin e rrezatimit të stimuluar u paraqitën në vitin 1928 nga **Ladenburgu** (*Rudolph W. Ladenburg*) dhe **Kopfermani** (*Hans Kopfermann*).

Këta dy zbuluan rrezatimin e stimuluar duke studiuar dispersionin negativ të dritës. Mirëpo për zbulimin e rrezatimit të stimuluar apo, Laserit, u desh të pritej deri në vitin 1960, kur shkencëtari **Maiman** (*Theodore Harold Maiman*) e konstruktioi laserin e parë, atë të rubinit, në laboratorët **Hughes** në Kaliforni. Ky ishte një burim i ri i dritës i cili dallonte nga burimet tjera të dritës, të njohura deri më atëherë.

Në zbulimin e laserit kanë ndihmuar shumë fizikientë, në mesin e të cilëve janë: **Taunsi** (*Charles H. Townes*), më 1960, zbuloi laserin me dy nivele energjetike, pastaj **Basovi** (*Nikolay Basov*) dhe **Prohorovi** (*Alexander Prokhorov*), dy rus po të njëjtin vit propozuan skemën me tri nivele energjetike, për të fituar popullimin invers, të niveleve energjetike me qëllim të fitimit të emisionit laserik.

Pastaj puna e pakursyer e **Taunsi** dhe e **Shavillovit** (*Arthur L. Schawlow*), në po të njëjtin fushë shkencore, dhe rezultatet e të cilëve janë publikuar në vitin 1958. Në shenjë mirënjohje për punën e tyre të pakursyer në drejtim të zbulimit të laserit, në vitin 1964, shkencëtarët: **Tauns**, **Basov** dhe **Prohorov**, fituan çmimin Nobel për fizikë.

Termi laser është një akronim i fjalëve angleze, që dmth: "Light Amplification by Stimulated Emission and Radiation", që në përkthim në gjuhën shqipe dmth: "Përforsim i dritës me emetim të stimuluar të rrezatimit". Me 1961, fizikanti **Ali Javan**, me bashkëpunëtorë e tij sajoi edhe një lloj tjetër të laserit, pra laserin e gaztë, me përzierje **He-Ne**.

Në vitet në vazhdim, u fitua efekti laserik, edhe në lëndë organike, pastaj u zbulua efekti laserik edhe në reaksione kimike.

Pjesët kryesore të çdo laseri janë: **mjedisi aktiv**, **burimi**, **rrezatimi për eksitim** e atomeve të mjedisit dhe **rezonatori**. Mjedisi aktiv mund të jetë substanca në gjendje të ngurtë, të lëngët ose të gaztë, kurse rezonatori përbëhet prej dy pasqyrave të vendosura në të dy anët e mjedisit aktiv. Njëra pasqyrë reflekton afër 90% kurse tjetra afër 100% (fig.1).

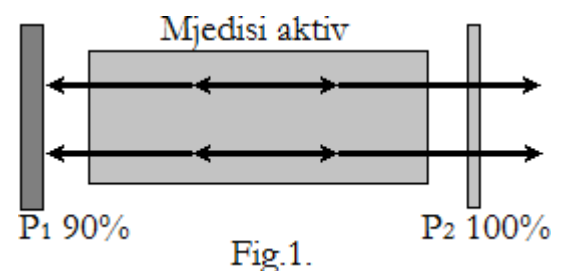


Fig.1.

Pompimi optik: Procesi i zhvendosjes së atomeve nga niveli i poshtëm në nivelin e sipërm të ndonjë mjesisi aktiv, quhet **pompim optik**.

Te sistemet e ndryshme llaserike pompimi bëhet sipas skemave të pompimit me tre nivele (fig.2.a) dhe me katër nivele (fig.2.b). në të dy skemat, thithja bëhet nga niveli themelor laserik (*niveli i poshtëm*) deri në nivelin e sipërm 3, përkatësisht 4.

Në skemën me tre nivele kemi deeksitim 3-2 që paraqet relaksimin dhe 2-1 që paraqet emision laserik. Te skema me katër nivele 4-3 dhe 2-1 janë procese relaksimi, kurse ai 3-2 është emision laserik.

Pompimi në sisteme të ndryshme laserike bëhet duke shfrytëzuar burime të fortadrite si: *llamba ksenoni, harqe të ndryshme, shkarkesa elektrike në gaze*, etj. Pasi arrihet pompimi inverz në mjedis aktiv (fig.2), do të kemi emision të stimuluar.

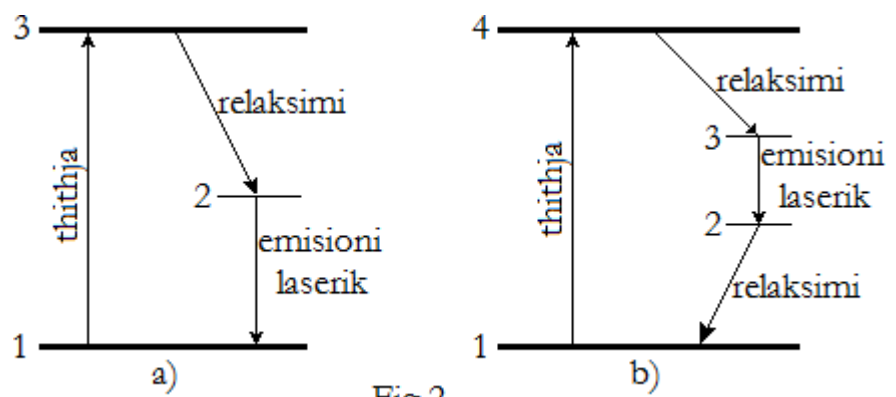


Fig.2.

Drita e fituar me emision të stimuluar duke kaluar disa

herë nëpër mjedis aktiv, gjat disa reflektimeve, nga pasqyrat përforcohet tepër dhe në një çast lind **veprimi laserik**, duke dhënë në dalje të laserit emision të fuqishëm të dritës monokromatike.

Kjo dritë është e orientuar dhe e përkufizuar në tufë shumë të ngushtë. Intensiteti i dritës së fituar është i madh, gjë që varet nga fuqia dhe lloji i laserit. Drita laserike mund të jetë kontinue ose impulsive. Laserët impulsiv japin dritë me intensitet të madh në çaste kohore të shkurta. Impulset zakonisht janë disa mikrosekonda ode disa nanosekonda.

Laseri i Rubinit: Si laser i parë i cili ka funksionuar është laseri i rubinit. Kristali i rubinit përbëhet nga oksid alumini (Al_2O_3), në të cilin një pjesë e atomeve të aluminit në nyjet e rrjetës kristalore janë të plotësuar me jone të kromit trevalent që mjedisit i japin një ngjyrë të kuqe karakteristike.

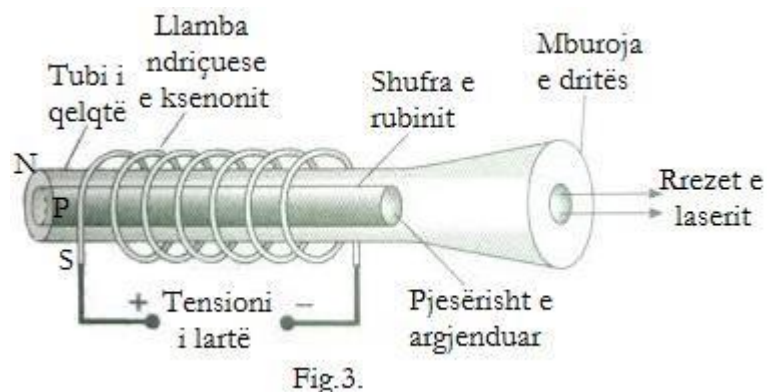


Fig.3.

Skema e parimit të punës së laserit rubin është paraqitur në fig.3. Pjesa

kryesore e laserit është mjedisi aktiv (**thupra e rubinit P me gjatësi 4 cm dhe diametër 4 mm**). Bazat e thuprës janë plotësisht paralelenjëra me tjetrën dhe janë mjaft të lëmuara ashtu që njëra reflekton **100%** kurse tjetra **50-60%**.

Gjatësia e thuprës **P** që paraqet largësinë mes këtyre dy pasqyrave, duhet të jetë numër i plotë i gjatësisë valore të dritës që përforcohet. Pasqyrat dhe thupra **P** formojnë rezonatorin.

Gjat punës së laserit gjatësia e thuprës **P** duhet të mos ndryshojë, prandaj ajo vendoset në enë qelqi **N**, muret e brendshme të së cilës janë të lyera dhe luajnë rolin e pasqyrës. Thupra e rubinit mbështjellët nga një gyp qelqi **S** në formë të spirales që është i mbushur me gaz ksenoni nën shtypje të zvogëluar dhe luan rolin e një llambe pulsive.

Llamba e ksenonit në tension të lartë që fitohet gjat zbrazjes në kondensator, kur ndërprerësi mbyllet, ndriçon shkurtë por me intensitet të lartë, drita e së cilit ka gjatësi valore prej **560 nm**. Kjo dritë i eksiton jonet e kromit të thuprës së rubinit.

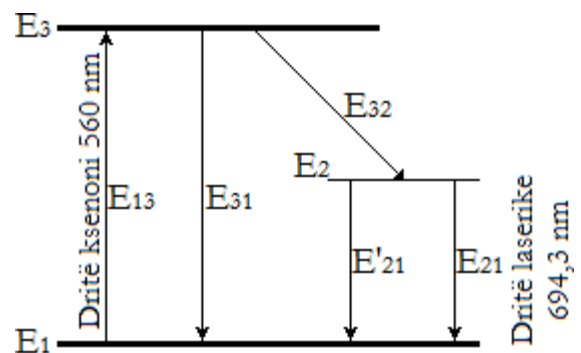


Fig.4.

Kur llamba e ksenonit e ndriçon shkurtë kristalin e rubinit, atëherë një numër i madh i joneve të kromit e absorbojnë energjinë e fotoneve të dritës së ksenonit dhe kalojnë nga niveli themelor **E1** në nivelin e eksituar **E3** (fig.4).

Ky kalim është me shigjetën **E₁₃**. Kalimi i kundërt realizohet në dy faza. Në fazën e parë numri i madh i joneve të eksituara pjesën më të madhe të energjisë së tyre ia japin joneve të rrjetës kristalore dhe kalojnë në gjendje metastabile (niveli energjetik **E₂**), dhe ky kalim është treguar me shigjetën **E₃₂**.

Në fazën e dytë kalimi i joneve nga gjendja metastabile **E₂** në atë themelore **E₁**, mund të bëhet spontanisht që është treguar me shigjetën **E'₂₁**, ose mund të bëhet kalimi i stimuluar i cili është treguar me shigjetën **E₂₁**.

Kurse faza tjetër është kur një numër i vogël i joneve kalojnë drejtëpërdrejtë nga gjendja **E₃** në gjendjen themelore **E₁**, dhe ky kalim është treguar me shigjetën **E₃₁**.

Tufa e dritës paralele është e përbërë prej rrezeve paralele me një shkallë të lartë të koherencës, prandaj edhe mund të arrij largësi të madhe. Kështu p.sh. nëse rrezet laserike drejtohen drejtë Hënës, atëherë atje do të vërejmë një njollë me rreze **3 km**, kurse po të bëjmë këtë me dritë të rëndomtë, ai rreth do të kishte rreze **40,000 km**.

Zbatimi i laserit: Zbatimi i laserëve ka përfshirë shumë fusha të jetës, shkencës dhe teknologjisë. Zbatimi bazohet në vetitë fizike të dritës laserike.

Laserët përdoren në **mjeksi** për intervenime kirurgjike dhe qëllime terapeutike, në **telekomunikacion**, në degë të ndryshme të **industrisë** për përpunimin e metaleve (p.sh. prerje, shpim, saldim, përpunime sipërfaqësore, etj.).

Laserët gjithnjë e më shumë përdoren edhe për qëllime **ushtarake** (tanke, armë artilerike, aeronautikë dhe si mjete të përsosura për matjen e largësive). Laserët përdoren edhe në **industrinë kimike**. Por zbatimi i tyre më i madh është për qëllime **shkencore, hulumtuese**.

II.8.

Struktura e bërthamës së atomit

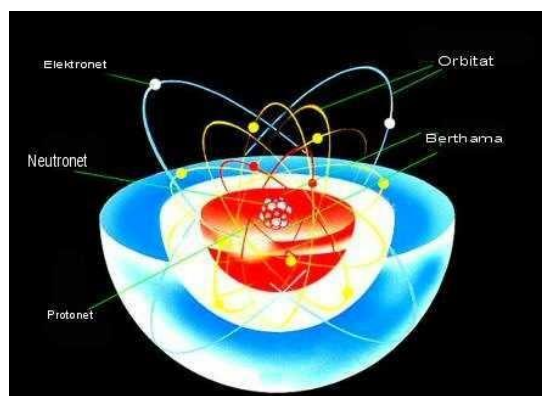
Që nga modeli i **Raderfordit** për atomin, u bë e qartë se masa e atomit është e përqëndruar në bërthamë, e që zë një pjesë shumë të vogël të hapësirës së atomit. Në bërthamë gjithashtu është e koncentruar ngarkesa pozitive elektrike e atomit, prandaj thuhet se bërthama është e elektrizuar pozitivisht.

Në fillim, për bërthamën mendohej se është grimcë e pandarë, por më vonë u vërtetua se ajo përbëhej prej grimcave me ngarkesë pozitive që quhen **protone (p)** dhe prej grimcave neutrale që quhen **neutrone (n)**. Protonet dhe neutronet së bashku formojnë **nukleonet**, kurse bërthama quhet **nukleon**.

Nukleonet në mes veti lidhen me forca bërthamore dhe kështu qëndrojnë në kompaktësi. Brenda bërthamës sipas **Ivanenkos (Dimitri Ivanenko)** ndodhin dy procese spontane, gjat së cilave emetohen elektrone dhe pozitrone. Këto procese janë: *shndërrimi i protonit në neutron* dhe *shndërrimi i neutronit në proton*.

Nukleonet kanë momente mekanike dhe magnetike, të cilët mbliidhen sipas ligjeve të mekanikës kuantike. Sipas njohurive mbi ndërtimin e bërthamës, ajo përbëhet nga *shtresa bërthamore* të mbushura me nukleone. Nukleonet bashkëveprojnë me forca.

Ndërmjet protoneve veprojnë *forca elektrostatike* dëbuese. Përveç kësaj ndërmjet nukleoneve në përgjithësi për shkak të ekzistimit të momenteve të tyre magnetike paraqiten edhe forca tjera, tërheqëse dhe dëbuese të karakterit elektromagnetik.



Përveç këtyre forcave, veprojnë edhe forca tjera të ashtuquajtura *forca bërthamore*, të cilat kanë intensitet shumë më të madh se ato me karakter elektromagnetik, të cilat i mbajnë nukleonet në bashkësi

Nga qëndrimi i **Ivanenkos** është ai i shkencëtarit japonez **Jukava** (*Hideki Yukawa*), i cili paraqet qëndrimin se bashkëveprimi bërthamor bëhet me anë të grimcave të quajtura **mezone**. Mezonet kanë masë më të madhe se masa e elektronit, e cila është afër $200 m_e$.

Mezonet i kanë propozuar shkencëtarët **Anderson** (*Carl David Anderson*) dhe **Nedermejer** (*Seth Neddermeyer*) në vitin 1937. Këto grimca së pari janë zbuluar në rrezet kozmike, pastaj edhe në reaksionet bërthamore artificiale, të shkaktuara nga bombardimet.

Mezonet janë elektroneutrale, pozitive dhe negative. Supozohet se gjat transformimit bërthamor të një elementi në tjetër, shkëmbimi i forcave ndërmjet nukleoneve bëhet me ndërmjetësim të mezoneve

Ky lloj bashkëveprimi ka ngjashmëri me forcat e afinitetit kimik të lidhjes së atomeve në molekulë, me dallim se këto kanë intensitet afër 10^6 herë më të madh se ato të afinitetit kimik.

Numri atomik (Z): Ky numër përcakton vendin e elementit në sistemin periodik, prandaj shpesh quhet edhe numri rendor. Këtë numër e përcaktojnë protonet e bërthamës. Në gjendje normale kur atomi nuk është i jonizuar, numri i protoneve dhe elektroneve është i njëjtë.

Ngarkesa elektrike e bërthamës (q): Ngarkesa elektrike e cilësdo bërthamë është e barabartë me ngarkesën e të gjithë protoneve të bërthamës ($q = +e \cdot Z$).

Numri i masës (A): Shuma e protoneve Z dhe neutroneve N japin numrin e masës $A = Z + N$. Ky është numër i plotë më i afërt me masën e elementit, që zakonisht shprehet si njësi atomike e masës.

Kështu masa atomike e Oksigjenit është $m = 15,9994u$, kurse $A = 16$, për Kalciumin $m = 40,078u$, kurse $A = 40$, etj.

Shënimi i bërthamave atomike: Zakonisht bërthamat atomike shënohen në atë mënyrë që, afër simbolit të elementit kimik, nga ana e majtë shënohet numri rendor dhe numri i masës. Në pjesën e poshtme shënohet numri rendor, kurse në pjesën e sipërme shënohet numri i masës, p.sh. A_ZX .

Në këtë mënyrë për Hidrogjenin do të kemi 1_1H , për Heliumin 4_2He , për Oksigjenin ${}^{16}_8O$, për Neonin ${}^{20}_{10}Ne$, etj.

Për shkak të masës shumë të vogël të këtyre grimcave, si njësi përdoret **njësia e unifikuar e masës atomike** që shënohet me u dhe vlera e saj është:

$$u = \frac{12 \text{ g/mol}}{12 \cdot 6,022 \cdot 10^{23} \text{ mol}} = 1,6 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$$

II.9.

Forcat bërthamore, energjia e lidhjes në bërthamë

Bërthama përbëhet nga protonet, si grimca me elektricitet pozitiv dhe neutronet si grimca elektroneutrale. Duke u bazuar në forcat e Kulonit, mund të themi se bërthama posa të formohet, ajo duhet të shperbëhet, pasi mes protoneve veprojnë forca dëbuese, por një gjë e tillë nuk ndodh.

Praktikisht e dimë se bërthama është mjaft stabile dhe me hulumtime është vërtetuar se mes nukleoneve veprojnë forca bërthamore, të cilat dallohen me disa karakteristika nga forcat tjera, të cilat janë:

▪ *Forcat bërthamore veprojnë në largësi të vogël, caku i tyre është madhësi e rendit $10^{-15}m$, aq sa është edhe rrezja e bërthamës. Këto forca janë qindra herë më të mëdha se forca e Kulonit dhe*

në largësi më të madhe se $2 \cdot 10^{-15} \text{m}$, ata nuk veprojnë, prandaj veprimi i tyre në përbërjen molekulare nuk ekziston dhe nuk veprojnë mbi elektronet.

- Forcat bërthamore nuk varen nga ngarkesa elektrike, që d.m.th. se këto forca janë të njejta pa marrë parasysh se ndërmjet cilave grimca veprojnë, $p-p$, $n-n$ ose $p-n$.

- Forcat bërthamore kanë vetinë e ngopjes, që d.m.th. se ato nuk veprojnë me të gjithë nukleonet, por vetëm me fqinjët. Nga kjo veti është vërtetuar se bërthama është më stabile kur kemi kombinimin e 4 nukleoneve si tek grimcat α .

- Këto forca kanë vetinë e kompenzimit, d.m.th. se ato bërthama me numër rendor Z shumë të madh, ku ka më tepër nukleone, forcat dëbuese elektrike kompenzohen me prezencën e neutroneve.

- Forcat bërthamore kanë natyrë të përbërë, prandaj nuk mund të shprehen me formulë të thjeshtë matematikore, siç është rasti me forcat elektrike ose të gravitacionit.

Natyrën e forcave bërthamore ka tentuar ta sqarojë shkencëtari japonez Jukava (*Hideki Yukawa*), i cili ka thënë se bashkëveprimi i nukleoneve duhet të bëhet nëpërmjet ndonjë grimce që ende nuk është zbuluar, ky llogarit edhe masën e asaj grimce, e cila duhej të ishte afërsisht $m = 275m_e$. Koha e veprimit të këtyre forcave është $\approx 0,5 \cdot 10^{-23} \text{s}$.

Më vonë Pauli (*Wolfgang Pauli*) zbuloi këtë grimcë të bashkëveprimit që quhet **pion** ose π **mezoni**.

Në një bërthamë stabile, numri i protoneve P është i barabartë me numrin e neutroneve N , kështu që masa bërthamore apo si quhet ndryshe **numri i masës** së bërthamës është:

$$A = N + P = N + Z$$

ku Z është numri i protoneve apo numri rendor i elementit kimik.

Eksperimentet kanë vërtetuar se masa e bërthamës kompakte është më e vogël se shuma e masave e të gjithë protoneve dhe neutroneve të bërthamës së njejtë, por e llogaritur veç e veç për çdo nukleon.

Këtë mund ta paraqesim si vijon:

$$M_b < Zm_p + (A - Z) \cdot m_n$$

ku M_b është masa e bërthamës kompakte, m_p është masa e protonit dhe m_n është masa e nukleonit.

Ndryshimi ndërmjet masës së të gjithë nukleoneve në veçanti dhe masës së bërthamës M_b quhet **defekt i masës**. Defektin e masës mund ta paraqesim me relacionin:

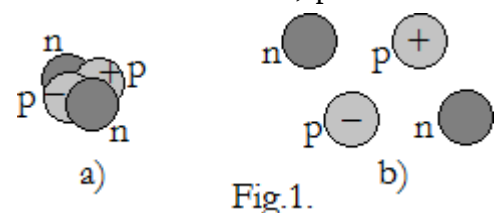
$$\Delta m = Zm_p + (A - Z) \cdot m_n - M_b$$

Sipas formulës së Ajnshtajnit mbi proporcionalitetin e masës dhe energjisë, e cila në përgjithësi vlen $E = m \cdot c^2$, energjia e fituar me shndërrimin e kësaj mase është:

$$\Delta e = [Zm_p + (A - Z) \cdot m_n - M_b] \cdot c^2$$

Kjo energji ndryshe njihet si energji e lidhjes së nukleoneve brenda bërthamës. Për të ilustruar defektin e masës, do ta llogaritim atë për rastin e bërthamës së atomit të Heliumit, përkatësisht të grimcës α .

Në *fig.1* janë paraqitur nukleonet e Heliumit si tërësi kompakte (a) dhe veç e veç (b). Për Heliumin ngarkesa elektrike e bërthamës është $Z=2$, ndërsa numri i masës është $A=4$. Masa e bërthamës kompakte është $M_b = 4,00273 \cdot u$, masa e protonit është $m_p = 1,007276 \cdot u$ dhe masa e neutronit është $m_n = 1,008665 \cdot u$.



Energjia e lidhjes e llogaritur sipas relacionit të mësipërm është $\Delta E = 28,4 \text{ MeV}$.

Raporti mes defektit të masës dhe numrit të masës quhet **defekt specifik i masës** dhe përcaktohet me formulën:

$$\Delta m_s = \frac{\Delta m}{A}$$

Energjia e lidhje së ilustruar në fig.2, nga e cila mund të shihet se elementet kimike me numër rendor rreth **50** kanë energji të lidhjes më të madhe, ndërsa për elementet me numër rendor më të madh dhe më të vogël, energjia e lidhjes zbrit sipas grafikut të dhënë:

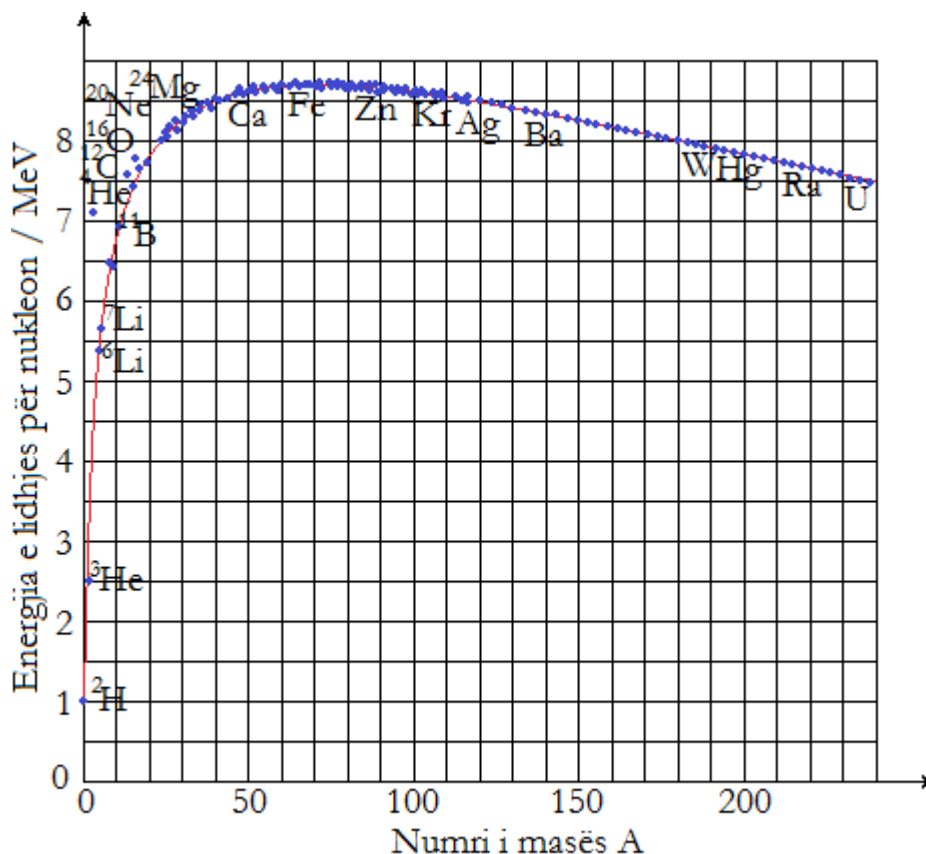


Fig.2.

II.10.

Radioaktiviteti

Radioaktivitetin natyror e zbuloi **Bekereli** (*Antoine Henri Becquerel*), në vitin 1896. Zbulimi i radioaktivitetit natyror ishte i rastësishëm. Bekereli pas punës në laborator, kishte mbështjellur disa kripëra të Uranit dhe i kishte lënë pranë pllakës fotografike, ku të nesërmen kishte vërejtur se pllaka ishte rezatuar.

Meqë para një viti ishin zbuluar rrezet Rentgen, ai mendoi se rrezatimi i pllakës mos ka të bëjë me rrezatimin Rentgen, por shumë shpejtë u vërtetua se ky ishte një rrezatim i ri, i cili në fillim u quajt **rrezatimi i Bekerelit**, por pasi u zbuluan vetitë e tij ky rrezatim u quajt **rrezatim radioaktiv**.

Më vonë shkencëtarja **Maria Kiri** (*Marie Curie*), gjeti se përveç Uranit (*U*), veti të tilla rrezatuese tregon edhe elementi kimi Toriumi dhe kripërat e tij. Më së voni shkencëtarët **Pjer** dhe **Maria Kiri** (*Pierre & Marie Curie*) zbuluan një element të ri të quajtur Radium (*Ra*), ku pastaj zbuluan edhe Poloniumin (*Po*).

Rezultatet e hulumtimit të vetive të elementeve të ndryshme radioaktive treguan veti depërtuese të ndryshme, për shembull: nëse aftësia depërtuese e Uranit është **1**, e Toriumit është **10^3** , e Radiumit është **10^6** , e tj.

Më vonë **Debiern** (**André-Louis Debierne**) e zbuloi elementin radioaktiv Aktiniumin (**Ac**). Hulumtimet vertetuan se në shpejtësinë dhe intensitetin e rrezatimit radioaktiv natyror, nuk ndikon as temperatura dhe as shtypja.

Hulumtimet e mëvonshme të vetive të elementeve radioaktive, treguan se fusha elektrike dhe magnetike veprojnë në rrezatimin radioaktiv. Le të kemi një masë të vogël radioaktive në një enë të vogël plumbi në vakum, e cila pastaj vendoset në fushë elektrike ose magnetik (fig.1).

Nga gjurmët që lënë në pllakën fotografike mund të shihet se rrezatimi radioaktiv përbëhet prej tre lloje rrezes. Një pjesë do të mënjanohej nga pllaka e elektrizuar negativisht, pjesa tjetër nga pllaka e elektrizuar pozitivisht, kurse pjesa e tretë nuk mënjanohej.

Të parat janë elektropozitive dhe janë quajtur **rreze α** , të dytat janë elektronegative dhe janë quajtur **rreze β** , kurse ato që nuk mënjanohej janë elektroneutrale dhe janë quajtur **rreze γ** .

Hulumtimet e mëvonshme treguan se **rrezet α** janë grimca të përbëra nga dy protone dhe një neutron, **rrezet β** janë elektrone, kurse **rrezet γ** janë **kuante hf** ose **valë elektromagnetike** me veti si edhe drita por me gjatësi valore shumë të vogël.

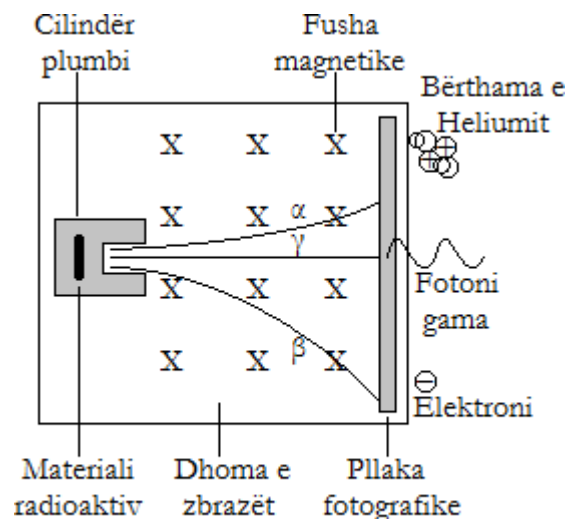


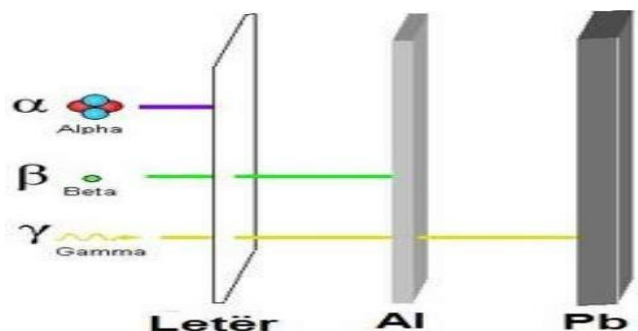
Fig.1.

Vetitë e rrezatimit radioaktiv

Rrezet α janë identike me bërthamën e atomit të Heliumit **He^{++}** . Çdo atom i elementit radioaktiv mund të emetojë vetëm një grimcë **α** . Shpejtësia e grimcave **α** mund të ketë vlera prej **$1 \cdot 10^7 m/s$** deri në **$2,2 \cdot 10^7 m/s$** , kurse energjia e tyre është **2 MeV** deri në **10 MeV**. Spektri energjetik i rrezeve **α** që rrezaton një element radioaktiv është diskontinual.

Rrezet β kanë shpejtësi shumë më të madhe dhe për këtë arsye janë më depërtuese. Shpejtësia e tyre arrin vlera prej **30%** deri në **99%** të shpejtësisë së dritës. Një atom i elementit radioaktiv emeton vetëm një grimcë **β** . Spektri energjetik i rrezeve **β** që emeton një atom është kontinual. Energjitë maksimale të rrezeve **β** janë **1 MeV** deri në disa **MeV**. Aftësia e tyre depërtuese është afër 100 herë më e madhe se e rrezeve **α** . Aftësia jonizuese e tyre vlerësohet afër 100 herë më e vogël se e rrezeve **α** .

Rrezet γ janë **valë elektromagnetike elektroneutrale**, ose **kuante hf** me gjatësi valore prej **0,01 nm** deri në **0,003 nm**. Çdo emision i rrezeve **α** ose **β** përcillet me emision të rrezeve **γ** . Energjia e rrezeve ose energjia e kuantëve **γ** , është në diapazon **10^{-2} MeV** deri në **5 MeV**. Aftësia depërtuese e tyre është shumë më e madhe, 100 herë më e madhe se e rrezeve **β** dhe afër 10000 herë më e madhe se e rrezeve **α** . Kanë aftësi jonizimi shumë të vogël, më të vogël se rrezet **β** .



II.11.

Ligji i zbërthimit radioaktiv

Zbërthimi radioaktiv i nënshtrohet ligjeshmërive natyrore. Madhësi të rëndësishme të zbërthimit radioaktiv janë: **aktiviteti i zbërthimit** dhe **koha e gjysëmzbërthimit**. Aktiviteti paraqet numrin e bërthamave të dezintegruara në njësi të kohës dhe përcaktohet me shprehjen:

$$A = \frac{\Delta N}{\Delta t} = \lambda \cdot N$$

Njësia për aktivitetin radioaktiv është **Bekereli (Bq)**.

Aktiviteti është prej një Bekereli nëse për një sekondë dezintegrohet mesatarisht një bërthamë.

Aktiviteti dhe koha e gjysëmzbërthimit varen vetëm nga vetitë fizike të elementeve radioaktive. Aktiviteti paraqet shpejtësinë e zbërthimit (**dezintegrimit**) radioaktiv, ndërsa koha e gjysëmzbërthimit paraqet kohën brenda së cilës dezintegrohen gjysma e numrit fillestar të atomeve N_0 që përmban masa e dhënë. A do të ndodh një zbërthim në kohën e caktuar varet vetëm nga probabiliteti i dezintegrimit.

Probabiliteti i zbërthimit shprehet me anë të konstantës së zbërthimit radioaktiv λ .

Duke u nisur nga shprehja e aktivitetit, numri i atomeve të zbërthyera ΔN në kohën Δt mund ta paraqesim me shprehjen:

$$\Delta N = -\lambda \cdot N \cdot \Delta t \quad \Leftrightarrow \quad \frac{\Delta N}{N} = -\lambda \cdot \Delta t$$

Nëse në kohën $t_0=0$ kemi N_0 atome, numri i atomeve në kohën t do të zvogëlohet për ΔN dhe do të jetë N . Atëherë numri i mbetur i atomeve pas kohës t do të jetë:

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

Nëse e paraqesim grafikisht numrin e atomeve të zbërthyera gjat kohës fitohet grafiku si në *fig.1*, nga i cili shihet si edhe nga relacioni i fundit, zbritje eksponenciale e numrit të atomeve të pazbërthyera.

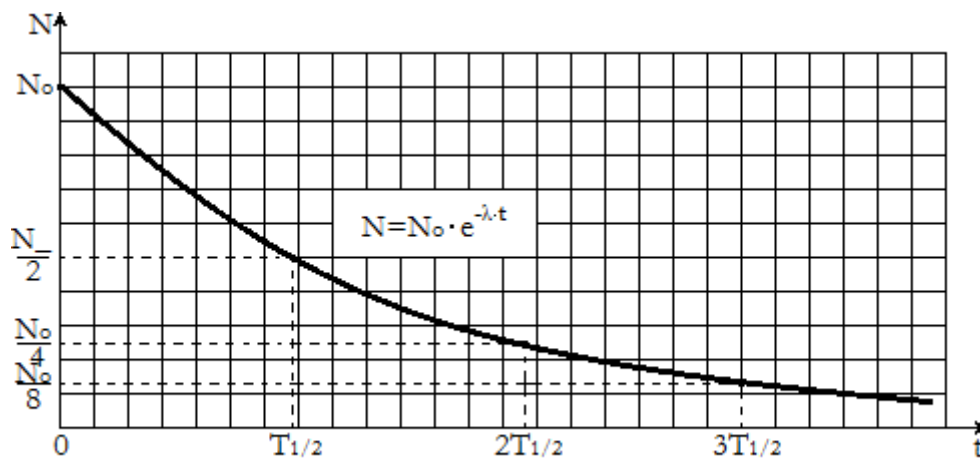


Fig.1.

Perioda e gjysmëzbërthimit

Aktiviteti i zbërthimit të ndonjë elementi radioaktiv ose radionuklidi, zbret me kohën sipas grafikut të paraqitur në *fig.2*. çdo radionuklid ka periodën e vetë të gjysëmzbërthimit. Kjo madhësi quhet koha e gjysëmzbërthimit. Nëse kohën e gjysëmzbërthimit e shënojmë me $T_{1/2}$, atëherë në kohën $t=T_{1/2}$ numri i atomeve të pazbërthyera do të përgjysmohet ($N=N_0/2$), atëherë do të kemi:

$$\frac{N_0}{2} = N_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t}$$

dhe pasi të rregullojmë shprehjen, përfundimisht fitohet:

$$T_{1/2} = \frac{0,693}{\lambda}$$

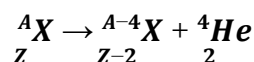
prej nga shihet se koha e gjysmëzbërthimit varet nga konstanta e zbërthimit radioaktiv. Ajo ndryshon nga një element në tjetrin, p.sh: koha e gjysmëzbërthimit të Radiumit është 1590 vjet, ndërsa e poloniumit është $3 \cdot 10^{-7}s$.

Zbërthimi spontan

Bërthamat e rënda të elementeve radioaktive, me masë atomike mbi 200, në rrethana të veçanta mund të bëhen jostabile, prandaj dezintegrohen me ç'rast emetojnë grimca α , β dhe γ . Nga bërthama e atomit mund të ndodh që të emetohen një ose disa nukleone.

Kjo paraqet rrezatimin α , β ose γ . Poashtu mund të ndodh që bërthama atomike të çahet dhe të ndahet në dy bërthama tjera. Ky është fisioni i bërthamës.

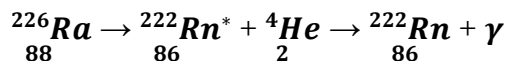
Zbërthimi α : Le të kemi një bërthamë të ndonjë elementi radioaktiv A_ZX , e cila gjat zbërthimit emeton grimca radioaktive α . Bërthama fillestare A_ZX quhet **bërthama prind**. Procesin e zbërthimit α të bërthamës A_ZX mund ta paraqesim me relacionin:



ku atomi i Heliumit të fituar paraqet vetë grimcën α .

Siç shihet nga reaksioni i mësipërm, gjat emesionit α , **bërthama prind** jep një bërthamë tjetër të quajtur **bërthama bijë** dhe grimcën γ .

Për shembull, në fig.2 është ilustruar reaksioni i emesionit α , i cili po ashtu mund të jepet me relacionin:



Reaksioni përcillet me lirim të energjisë në formë të nxehtësisë Q , që mund ta paraqesim me këtë relacion:

$$m_{bp} = m_{bb} + m_{\alpha} + \frac{Q}{c^2}$$

ku me m_{bp} , m_{bb} janë shënuar masat e bërthamës prind, respektivisht bërthamës bijë, me m_{α} është shënuar masa e grimcës α . Madhësia Q është pozitive, d.m.th. nxehtësia lirohet gjat reaksionit. Këtu qëndron edhe rëndësia e zbërthimit të tillëradioaktiv.

Proceset, ku si rezultat kemi zbërthimin α në natyrë, nuk mund të ndodh spontanisht, për shkak të energjisë së madhe të lidhjes së nukleoneve në bërthamë. Gjat zbërthimit α , bërthama e elementit prind shpërbëhet, por numri i nukleoneve nuk ndryshon. Elementet radioaktive gjat dezintegrimit emetojnë grimca α , zakonisht kanë kohë të gjysmëzbërthimit të shkurtër.

Në tabelën e mëposhtme janë dhënë disa elemente të tillë, energjia që lirohet dhe perioda (koha) e gjysmëzbërthimit.

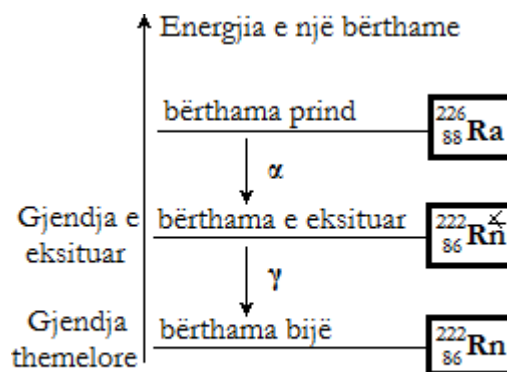


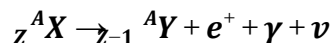
Fig.2. Zbërthimi (α , γ)

Elementi bërthamor	Q (MeV)	Koha e gjysëmzbërthimit
^{238}U	4,3	4,5 vjet
^{226}Ra	5	1600 vjet
^{222}Rn	5,7	4 ditë
^{209}Bi	6,2	1 orë
^{210}Po	10,6	3×10^{-7} s

$$\underset{Z}{A}\mathbf{X}^* \rightarrow \underset{Z}{A}\mathbf{X} + \boldsymbol{\gamma}$$
$${}^{125}_{53}\text{I}^* \rightarrow {}^{125}_{53}\text{I} + \gamma$$
$$z \, {}^A X \rightarrow_{z+1} {}^A Y + e^- + \gamma + \bar{\nu}$$

25

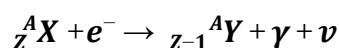
Më vonë u zbulua edhe procesi tjetër i njohur si zbërthimi β^+ dhe shprehet me relacionin:



ku e^+ paraqet grimcë tjetër që quhet **pozitron**.

Elektroni ne relacionin e parafundit dhe pozitroni dallohen vetëm nga elektrizimi. Elektroni është negativ ndërsa pozitroni është pozitiv, kurse masat i kanë të njëjta $m_e = m_p$. Tjetër veti e rëndësishme që duhet të theksohet është se gjat emetimit të grimcës β^- numri rendor i elementit rritet për një, kurse gjat emetimit të β^+ numri rendor i elementit zvogëlohet për një. Masa atomike në të dy rastet mbetet e pandryshuar.

Më vonë u zbulua edhe një reaksion i ri i emetimit β , dhe u gjet se tek disa bërthama atomike numri rendor mund të zvogëlohet, edhe pa emetuar pozitron. Kjo mund të ndodh nëse bërthama e kap një elektron të shtresës më të afërt (*shtresës K*). Reaksioni i tillë mund të paraqitet me relacionin:



Kjo dukuri poashtu paraqet shndërrim bërthamor që quhet **kapje K**.

Zbërthimi β u zbulua bashkë me zbërthimet tjera, por shpjegimi i tij mungoi deri më 1934, kur fizikani italian **Fermi** (*Enrico Fermi*) e dha teorinë e zbërthimit β . Para kësaj problemi qëndronte në shpjegimin e spektrit të rrezeve β , i cili kishte shpërndarje kontinueale.

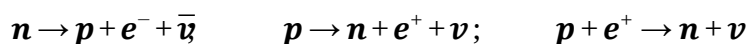
Ligji mbi ruajtjen e energjisë për emetim dhe absorbim kishte vërtetuar se energjia është diskontinueale, por përkundrazi eksperimentet kishin dhënë shpërndarje energjetike të grimcave β , si në *fig.4*, ku shihet se grimcat β mund të kenë çfarëdo energjie brenda një spektri kontinual.

Në figurë në ordinatë është dhënë koncentrimi i grimcave β , kurse në abshisë energjia e tërësishme.

Fermi shpjegoi se zbërthimi β është pasojë e zbërthimit të një nukleoni në bërthamën atomike. Ky mund të jetë neutroni ose protoni.

Nëse neutroni liron një β – **elektron**, ai shndërohet në **proton**, ndërsa nëse protoni liron një β – **pozitron**, ai do të shndërohet në **neutron**. **Fermi** parashikoi jostabilitetin e neutronit të lirë, e cila më vonë edhe u vërtetua.

U vërtetua se koha e gjysmëzbërthimit të tij ishte afër 12 minuta, por atëherë dihej se kjo nuk vlen për protonin e fituar gjat zbërthimit. Ky është stabil pasi masa e tij është më e vogël për afër **0,78 MeV**. Spektri kontinual i grimcave β u shpjegua me zbulimin e grimcave **neutrino ν** dhe **antineutrino $\bar{\nu}$** që emetohen bashkë me grimcat β . Emetimi i grimcave β mund të paraqitet me relacionin si vijon:



Energjia që lirohet me emision β , ndahet ndërmjet saj dhe grimcave neutrino ν dhe antineutrino $\bar{\nu}$ prandaj grimcat β mund të kenë çfarëdo energjie dhe japin spektër kontinual si në *fig.4*. Ndryshimin ndërmjet energjisë maksimale të grimcës β dhe energjisë që e rregjistrojmë e marrin grimcat neutrino dhe antineutrino.

Për tu zhvilluar reaksioni i zbërthimit β duhet një energji pozitive **Q**. Këtë reaksion përmes masës për emetimin β^- , mund ta shkruajmë relacionin:

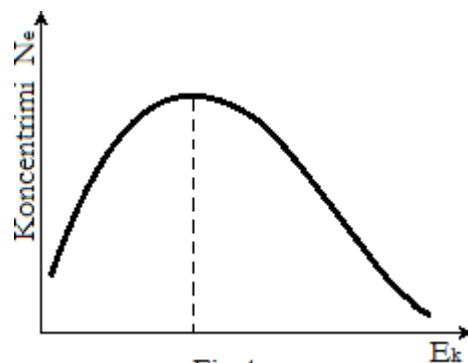


Fig.4.

$$m_{aZ} (^AX) = m_{bZ} (^AX) + Z m_e = m_{bZ-1} (^AX) + Z m_e + m_e + m_v + \frac{Q}{c^2} = m_{aZ-1} (^AX) + \frac{Q}{c^2}$$

ku me m_a , m_b dhe m_v e shënojmë masën e atomit, bërthamës dhe neutrinos.

Poashtu për emetimin β^+ mund të shkruajmë:

$$m_{aZ} (^AX) = m_{bZ-1} (^AX) + (Z - 1) m_e + Z m_e + \frac{Q}{c^2} = m_{aZ-1} (^AX) + \frac{Q}{c^2}$$

Shembuj të zbërthimit β janë ilustruar në fig.5.

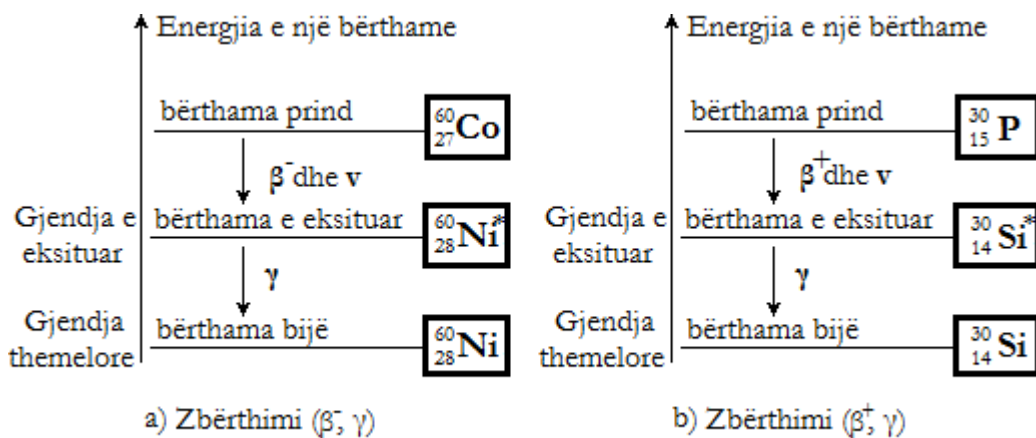


Fig.5.

Në relacionet e mësipërme Q është madhësi pozitive nëse masa e atomit prind është më e madhe se sa masa e atomit bijë, të paktën $2m_e$. Atomtë të cilët nuk plotësohet ky kusht nuk dezintegrohen, pra janë stabile.

Të tri llojet e zbërthimit β në fizikën bërthamore quhen **bashkëveprim i dobët**, sepse perioda e gjysmëzbërthimit zgjat disa vite. Kjo është kohë tepër e gjatë në krahasim me kohën e jetës së niveleve energjetike të kalimit elektromagnetike.

Radionuklidet artificiale

Radionuklidet artificiale nuk gjenden në natyrë, por këto fitohen në laborator ose gjatë reaksioneve bërthamore.

Që nga përfitimi i parë i tyre në vitin 1934 nga **Irena** dhe **Frederiku** (**Irène Joliot-Curie** dhe **Frédéric Joliot-Curie**), janë fituar (sintetizuar) një numër shumë i madh radionuklidesh artificiale.

Kështu, shkencëtarët ia arritën t'i fitojnë dy elemente që mungonin në sistemin periodik: Tehniciumin (**Tc**)($Z=43$) dhe Prometiumin (**Pm**)($Z=61$). Që të dy janë sintetizuar nga elemente të rënda ($Z > 92$) dhe kanë jetë prej disa milisekondash.

II.12.

Detektorët për regjistrimin e rrezatimit radioaktiv

Detektimi dhe matja e dozave të rrezatimeve radioaktive bazohet në vetitë fizike të rrezeve radioaktive dhe në ndryshimet që i shkakton rrezatimi radioaktiv në mjedisin material nëpër të cilin kaluar. P.sh. grimcat α dhe β në sajë të elektrizimit që kanë mund të bëjnë jonizimin dhe eksitimin e atomeve dhe molekulave, mund të bëjnë disocimin e molekulave dhe mund të rrit temperaturën e mjedisit. Rrezet γ dhe neutronet mund të detektohen drejtëpërdrejtë në bazë të grimcave të elektrizuara që krijohen me jonizim.

Instrumentet për detektim të rrezatimit radioaktiv ndahen në detektorë vizuel dhe elektrik. Prej tyre më së shumti përdoren **numëruesi i Gaigerit** dhe **numëruesi scintilues**.

Detektori më i njohur është **numëruesi i Gaigerit**, i cili është i ilustruar në *fig.1*. Numëruesi përbëhet prej një gypi cilindrik prej metali, të mbushur me gaz. Rrezet α , β ose γ , hyjnë në cilindër nëpërmjet një dritareje të hollë në njërin skaj të tij.

Rrezet γ mund të depërtojnë gjithashtu edhe drejtëpërdrejtë nëpër metal. Një elektrodë prej teli kalon nëpër qendër të gypit dhe në krahasim me cilindrin e jashtëm, mbahet në një tension të lartë pozitiv ($1000 \div 3000$ V).

Kur grimca me energji të madhe ose kuant γ hyn në cilindër, ndeshet me molekulën e gazit dhe e jonizon atë. Elektroni i krijuar nga molekula e gazit do të nxitohet drejt përçuesit pozitiv, duke jonizuar molekula të tjera në rrugën e tij.

Në këtë mënyrë krijohen elektrone të tjera, kurse një ortek i tyre lëshohet nëpër tel, duke dërguar një impuls të rrymës nëpër rezistuesin **R**. Ky impuls mund të numërohet ose të bëjë që të shaktohet një “klik” në autoparlant.

Numri i impulseve ose i klikeve, varet nga numri i grimcave ose i fotoneve me energji të lartë ose në mënyrë ekuivalente, nga numri i dezintegrimi, prej të cilave krijohen ato.

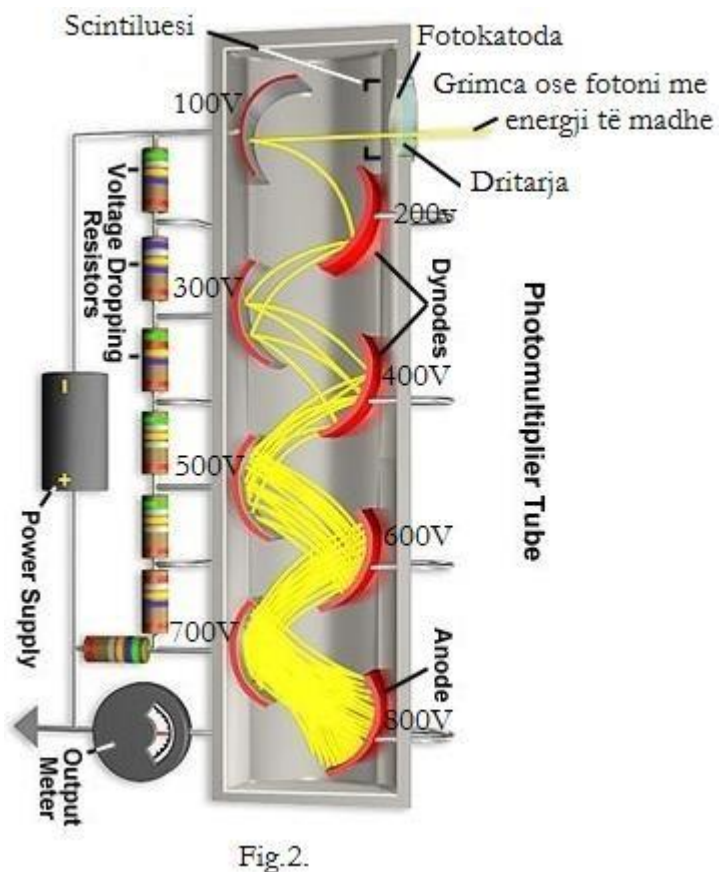
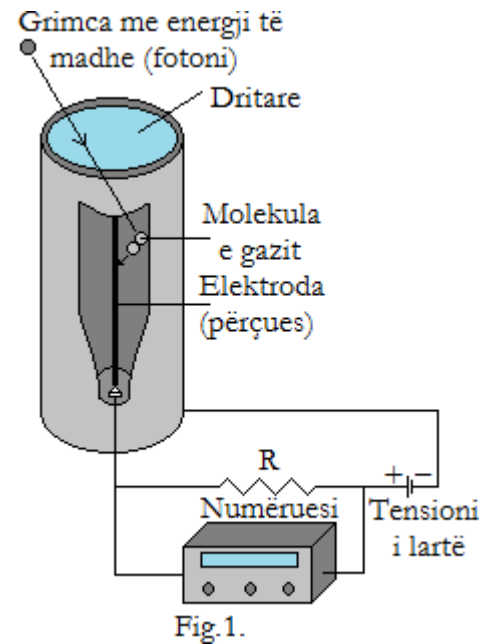
Numëruesi scintilues është një detektor tjetër i rëndësishëm i rrezatimit (*fig.2*), ky instrument përbëhet prej një scintiluesi, të montuar në gypin e fotomultiplikatorit.

Shpeshherë scintiluesi bëhet nga kristali (p.sh. joduri i ceziumit), që përbën një sasi të vogël të “papastërtisë” (taliumi), por gjithashtu përdoren edhe scintilues të plastikës, të lëngët ose të gaztë.

Si reagim ndaj jonizimit nga rrezatimi, ecintiluesi emeton një shkëndijë të dritës së dukshme. Fotonet e shkëndijës pastaj bien në fotokatodë të gypit të fotomultiplikatorit. Fotokatoda bëhet prej materialit që emeton elektrone, për shkak të efektit fotoelektrik.

Këto fotoelektrone pastaj tërhiqen nga një elektrodë speciale, që mbahet nën tensionin afër +100V në krahasim me fotokatodën. Elektroda është e mbështjellë me një substancë që për secilin elektron që bie në të emeton disa elektrone shtesë.

Elektronet shtesë tërhiqen nga elektroda e dytë e ngjashme (nën tensionin +200V), ku fitohen edhe më shumë elektrone. Gypat e fotomultiplikatorëve komercialë përbëjnë më shumë se 15 elektroda të tilla speciale, kështu që



fotoelektronet që vijnë nga shkëndija e dritës së scintiluesit do të sjellin deri te kaskada e elektroneve dhe deri te një impuls i rrymës.

Sikurse te numëruesi i Gaigerit, edhe këtu impulset e rrymës mund të numërohen.

Rrezatimi i jonizimit mund të detektohet edhe me disa lloje të **detektorëve gjysëmpërçues**. Instrumentet e tilla shfrytëzojnë materiale të tipit **N** dhe të tipit **P**, kurse puna e tyre varet nga elektronet dhe vrimat që formohen në substanca, si rezultat i rrezatimit.

Një nga përparsitë kryesore të detektorëve gjysëmpërçues është aftësia e tyre për të bërë ndarjen e dy grimcave, që dallohen shumë pak për nga energjia e tyre.

Ekziston edhe një numër i instrumenteve që sigurojnë që të shihet edhe forma e rrugës që bëjnë grimcat me energji të lartë, pasi që emetohen nga bërthama jostabile dhe shkaktajnë jonizim të rrezatimit. Ndër to janë të ashtuquajturat **dhomë e errët**, instrumenti me **emulsion fotografik**, etj.

II.13. Doza absorbuese e rrezatimit, veprimi biologjik i saj

Rrezatimet radioaktive dhe ato të llojeve tjera, bashkëveprojnë me atomet e lëndës, në të cilën depërtojnë, duke shkaktuar ndryshime fizike, kimike dhe për qeniet e gjalla edhe ndryshime biologjike.

Mekanizmi i këtyre ndryshimeve, sipas rastit, është i ndryshëm dhe varet nga lloji i grimcës radioaktive, nga energjia e saj, nga intensiteti i rrezatimit, lloji i rrezatimit, si dhe nga cilësitë e lëndës, me të cilën kryhet bashkëveprimi.

Për të karakterizuar sasinë e rrezatimit, që ka thithur një trup i caktuar, përdoret kuptimi i **dozës**.

Energjia që transportohet në lëndë, me anë të rrezatimit jonizues, shprehet me anë të madhësive vijuese:

Doza e absorbuar - energjia e absorbuar për njësinë e masës (*Gy-gray*), njësia e vjetër për punën është, $1\text{Gy} = 1\text{ J / kg} = 100\text{ (puna)}$. Definicioni i thjeshtë është: "Doza e rrezatimit gama 3 Gy, e pranuar nga trupi në një periudhë të shkurtër kohore do të shkaktojë vdekjen në 50% të rasteve". Doza mesatare e pranuar nga një person në një vit, prej burimeve natyrore dhe artificiale radioaktive është rreth 2 mGy.

Doza ekuivalente - Llojet e ndryshme të rrezatimit mund të japin të njëjtën dozë (*energji për njësi mase*), por nuk shkaktajnë të njëjtat efekte biologjike. Doza ekuivalente e rrezatimit shpreh efektin biologjik të dozës së absorbuar, kështu që dozën e absorbuar shumëzohet me faktorin numerik **RBE - ndikimi relativ biologjik**. **RBE = 1** për **rrezet X** dhe **elektronet**, **RBE = 5** për **neutronet e ngadaltë**, **RBE = 20** për **rrezeve alfa**.

Njësia SI e dozës ekuivalente është 1 Sievert (**Sv**). Rekomandohet që personat joprofesional të mos pranojnë dozën ekuivalente të rrezatimit më të madhe se **5 mSv** në një vit.

Në rastet e fluturimit me aeroplan, njerëzit janë të ekspozuar ndaj rrezatimit kozmik. Gjatë 900 orë fluturimi në vit, doza ekuivalente është rreth **5,4 mSv**, që tejkalon kufirin prej **5 mSv** në një vit.

	Aktiviteti i burimit	Doza e absorbuar	Efekti biologjik i dozës	Intensiteti
Njësia e vjetër	Curie	Rad	Rem	Rentgen
Njësia SI	Becquerel	Gray	Sievert	...

Për t'u mbrojtur nga rrezatimet e ndryshme, shfrytëzohen metoda dhe mjete të ndryshme dhe të gjitha këto mund të përmbliken në katër veprime themelore:

- shfrytëzim sa më të vogël të rrezatimit,
- rritjen e distancës nga burimi i rrezatimit,
- sa më shkurt t'i ekspozohemi rrezatimit, dhe
- vendosja e absorbuesve në rrugën e rrezatimit.

II.14.

Reaksionet bërthamore, fizioni

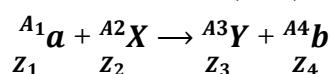
Gjat zbrërthimit radioaktiv kemi konstatuar se me rastin e zbrërthimit të një elementi shndërrohet spontanisht në një element tjetër. Mirëpo, shndërrimi i një elementi në një element tjetër mund të bëhet në mënyrë artificiale përmes reaksioneve bërthamore.

Me reaksion bërthamorë nënkuptojmë transformimet e bërthamave atomike të shkaktuara nga bashkëveprimi i tyre me grimcat elementare. Për t'u realizuar një reaksion bërthamor është e domosdoshme që grimcat t'i afrohen njëra – tjetrës brenda zonës së veprimit të forcave bërthamore, që d.t.th. në distancë $10^{-15}m$.

Në çdo reaksion bërthamor marrin pjesë katër grimca:

- dy grimca që hyjnë në reaksion – kanali hyrës,
- dy grimca që dalin nga reaksioni – kanali dalës.

Reaksionet bërthamore shkruhen si reaksione kimike. Në të majtë shkruhen grimcat që hyjnë në reaksion ($a+X$) dhe në të djathtë produktet e reaksionit ($Y+b$), d.m.th:



Në këtë shprehje madhësitë e sipërshënuara paraqesin:

- a – grimcë bombarduese (projektili),
- X – bërthamën që bombardohet (qëllimi),
- Y – bërthamën e krijuar pas reaksionit, dhe
- b – grimcën e krijuar pas reaksionit.

Reaksioni i parë është krijuar realizuar nga **Raderfordi** (*Ernest Rutherford*) me bashkëpunorët e tij në laborator në 1916. Bombardimi i bërthamave mund të bëhet me grimca siç janë: **neutroni**, **protoni**, **deutroni**, **triciumi** ose **gama kuante**.

Varësisht nga natyra e zhvillimit, reaksionet bërthamore mund të ndahen në dy grupe:

- në reaksione që zhvillohen nëpërmjet fazës tranzitore, krijimi i bërthamës së përbërë,
- reaksionet e drejtëpërdrejta që zhvillohen pas krijimit të bërthamës së përbërë.

Vlen të theksohet se reaksionet e drejtëpërdrejta bërthamore zakonisht janë si pasojë e bombardimit të caktuar me grimca të përshpejtuara. Tek reaksionet bërthamore vlejnjë *ligjet e ruajtjes së energjisë, impulsit, ngarkesës elektrike, numrit të nukleoneve*, etj.

Reaksionet bërthamore zhvillohen duke liruar ose absorbuar energji, kështu p.sh: nëse energjia e përgjithshme kinetike e grimcave të krijuara pas reaksionit, është më e madhe se energjia kinetike e grimcave që hyjnë në reaksion bërthamor, atëherë ky reaksion quhet **ekzoenergjetik** dhe shoqërohet me lirim energjie.

Nëse $Q < 0$, d.m.th: energjia e përgjithshme kinetike e grimcave të krijuara pas reaksionit, është më e vogël se energjia kinetike e grimcave që hyjnë në reaksion bërthamor, atëherë ky reaksion quhet **reaksion endoenergjetik**.

Energjia e përgjithshme Q që lirohet gjat një reaksioni bërthamor përshkruhet me formulën:

$$Q = (M_X + m_a)c^2 - (M_Y + m_b)c^2$$

ku: M_X – është masa e bërthamës që bombardohet, m_a – masa e projektilit, M_Y – masa e bërthamës që fitohet, m_b – masa e grimcës që fitohet dhe c – shpejtësia e dritës.

Kjo energji që lirohet mund të shprehet edhe përmes energjisë kinetike të grimcave që marrin pjesë në reaksion bërthamor, gjegjësisht:

$$Q = (E_{k,Y} + E_{k,b}) - (E_{k,X} + E_{k,a})$$

Reaksionet bërthamore gjejnë zbatim të madh në shkencë dhe në jetën e përditshme, në përgjithësi sepse në sajë të tyre është bërë e mundur përfitimi i izotopeve radioaktive, aplikimi i të cilave është i pazëvendësueshëm në fazën e tashme të zhvillimit të shkencës dhe teknikës.

Përpos këtyre reaksioneve bërthamore që përmendëm më sipër, me rëndësi është të përmenden edhe **fizioni bërthamor**, **reaksioni vargor** dhe **fuzioni bërthamor**.

Fizioni bërthamor

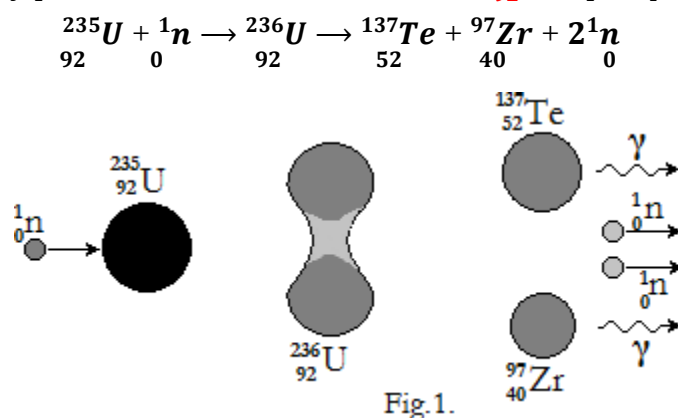
Për të studiuar elementet e ndryshme radioaktive dhe dukuritë fizike që ndodhin gjat proceseve radioaktive, shkencëtarët bënë bombardimin artificial të elementeve që ishin objekt studimi.

Si rezultat fituan izotop të elementeve të njejta ose elementeve të reja. Për këtë kontribut të madh kanë dhënë **Maria** dhe **Zholio Kiri** (**Maria Curie** dhe **Frédéric Joliot-Curie**), **Lise Majtner** (**Lise Meitner**) dhe më vonë një numër i madh shkencëtarësh që punonin në nëpër qendra të ndryshme hulumtuese në Francë, SHBA, Angli, Gjermani dhe vende tjera.

Gjat bombardimit artificial, bërthamat e elementeve të rënda radioaktive ndahen në dy pjesë me ç'rast lirohet një sasi e madhe e energjisë dhe 2 deri në 3 neutrone, të cilët mund të marrin pjesë në ndonjë reaksion tjetër bombardimi bërthamor.

Proçesi i ndarjes quhet **fizion** ndërsa masat e fituara gjat ndarjes quhen **produkte të fizionit**. Produktet e fizionit kanë masa të ndryshme.

Fragmenti më i lehtë ka numër rendor rreth $Z=40$ dhe masë atomike afër **97**. Fragmenti më i rëndë ka numër rendor afër $Z=50$ dhe masë atomike afër **140**. Energjia e liruar gjat reaksionit të fizionit quhet **energji bërthamore**. Çdo fizion i bërthamave radioaktive përcillet me emision të disa kuantëve γ . Si shembull këtu do të japim reaksionin e fizionit të Uranit $^{235}_{92}\text{U}$, të paraqitur në fig.1.



Neutroni ***n₀*** që bën bombardimin e atomit duhet të jetë me energji të ndryshme që varet nga elementi radioaktiv që bombardohet. Për disa atome të elementeve radioaktive fizioni mund të arrihet me neutrone me energji të dobët që quhen ***neutrone termale***, ndërsa disa të tjerë me neutrone termale por edhe me neutrone të shpejta, të cilat kanë energji të madhe.

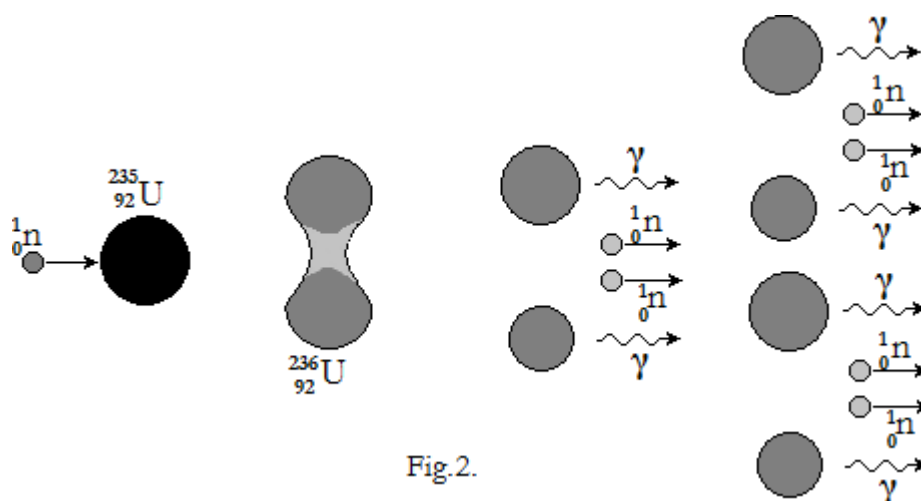
Neutronet termale kanë energji $E = 0,03 \text{ eV}$ dhe mund të përdoren te fizioni i ***²³⁸U***. Neutronet e shpejta kanë energji $E > 1 \text{ MeV}$. Këto zbatohen te fizioni i ***²³⁵U***.

Që të mund të arrihet fizioni i ndonjë bërthame të elementit radioaktiv, duhet t'i jepet një energji minimale nga jashtë me ndënjë metodë, e cila është e nevojshme për fizionin. Kjo energji është quajtur ***energji e aktivizimit bërthamor***. Për bërthama të elementeve të ndryshme, energjia e aktivizimit bërthamor ka vlera të ndryshme.

Reaksioni vargor bërthamor

Çdo reaksion fizioni fillon me një bërthamë të atomit të elementit bërthamor të një mase të dhënë radioaktive. Nëse reaksioni vazhdon edhe në bërthama tjera, atëherë quhet ***reaksion vargor bërthamor***.

Reaksioni vargor ideal do të arrihet nëse çdo neutron i liruar në fizionin paraprak do të bëjë fizion në një bërthamë tjetër. Në praktikë kjo mund të ndodh shumë rrallë. Skema e reaksionit vargor bërthamor është paraqitur në *fig.2*.



Karakteri i një reaksioni vargor bërthamor varet nga madhësia e quajtur *koefficient i shndërrimit të reaksionit bërthamor*, të dhënë me shprehjen:

$$k = \frac{N_i}{N_i - 1}$$

A do të arrihet fizioni bërthamor ose jo varet nga vlera e koefficientit ***k*** dhe nga masa e elementit radioaktiv, që hyn në reaksion.

Masa e elementit radioaktiv duhet të ketë vlerën e masës kritike. P.sh: për vlerën e koefficientit të reaksionit $k = 1$, për ***aktino – Uranin***, masa kritike e ka formën e sferës prej ***40 kg***.

Fizioni bërthamor ka zbatime të llojllojshme. Disa nga zbatimet e fizionit janë:

- për të prodhuar Plutonium për bombë atomike nga ***²³⁵U***,
- për të prodhuar tufa neutroneshe të shpejta dhe me intensitet të lartë për zbatim tek bombardimet bërthamore me qëllim hulumtues,
- për prodhim të radioizotopeve artificiale për zbatime në mjeksi, buqësi, biologji, etj,

- për prodhim të lëndës radioaktive për centrale bërthamore, për reaktorët bërthamor, për vënie në lëvizje të nëndetëseve, anijeve, anijeve kozmike, etj.

Bomba atomike paraqet reaksion vargor bërthamor të pakontrolluar, i cili vazhdon deri në ybërthimin e plotë të masës radioaktive që hyn në reaksion, gjegjësisht deri në zbërthimin e atomit të fundit.

Reaksioni i tillë liron sasi të madhe të energjisë, e cila përhapet nga vendi i eksplodimit, në largësi deri në qindra kilometra, që varet nga madhësia e bombës. Kjo energji lirohet si **energji mekanike** dhe **termike**, e cila lirohet për një kohë shumë të shkurtër.

Energjia mekanike e liruar shkakton valë goditëse e cila shkatërron dhe rrënon gjithçka që gjen përpara përhapjes. Nxehhtësia e liruar shkakton rritje të temperaturës së ambientit rreth eksplodimit dhe të ajrit. Temperatura e lartë përhapet në largësi bashkë me valën e ajrit.

Kjo poashtu shkakton efekte shkatërrimtare duke djegur gjithçka që gjen përpara duke lënë shkretëtirë pas vetes.

Përveç efekteve të dëmshme mekanike dhe termike, dëme të mëdha për qeniet e gjalla, ajo shkakton rrezatim radioaktiv i cili mbetet deri edhe në qindra vjet më vonë. Ky rrezatim lë pasojë, jo vetëm në gjallesat që i nënshtrohen rrezatimit direkt, por edhe në gjeneratat e pasardhëseve.

II.15.

Reaktorët bërthamorë

Reaktorët bërthamorë janë makina me të cilat mund të realizohet dhe ruhet reaksioni vargor i kontrolluar. Reaktorin e parë bërthamor e konstrukttoi fizikani **Fermi** (**Enrico Fermi**) në vitin 1942.

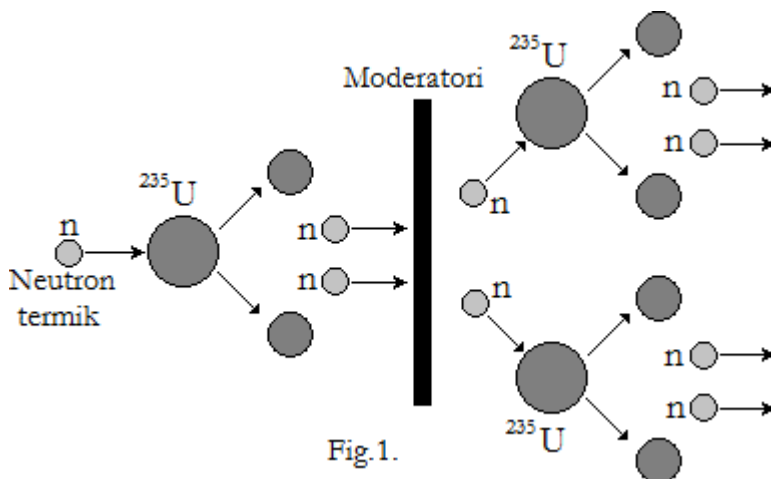
Qëllimi i konstruktimit të reaktorit ishte zhvillimi i reaksionit vargor bërthamor si reaksion i kontrolluar. Pjesët që përbëjnë reaktorin bërthamorë janë: *lënda djegëse bërthamore, moderatori, reflektori, veglat për kontrollim të reaksionit në reaktor, sistemi për ftohje dhe materialet mbrojtëse.*

Secila nga pjesët e përmendura ka rolin dhe rëndësinë e vet, por më së tepërmi do të ndalemi në proceset fizike.

Skema e punës së reaktorit me moderatoren e neutroneve është paraqitur në *fig.1*. Neutroni termik godet atomin e Uraniumit dhe ky i fundit çahet duke dhënë dy bërthama të reja dhe dy ose më shumë neutrone me energji të madhe. Këto neutrone gjat kalimit nëpër moderator humbin një pjesë të energjisë kinetike dhe shndërrohen në neutrone termike.

Trashësia e moderatorit mund të rregullohet ashtu që, nëse paraqitet nevoja të mund t'i ndalë një ose më shumë neutrone të liruar gjat fizionit të atomeve tjera. Kjo mundëson që të mund të kontrollohen shkallët e ardhshme të fizionit.

Si lëndë djegëse e reaktorit është **Uraniumi** (^{235}U , ^{238}U) ose **Plutoniumi** (^{239}Pu), por ndonjëherë izotopet tjera të Uranit, ndërsa si moderator mund të shërbejë **Grafiti**, **Berliumi** (**Be**) dhe **Uji i rëndë** (D_2O).



Uji i rendë ose Grafiti vendoset në rrugën e neutroneve që lirohen gjat fizionit për të ndalur disa prej tyre. Lënda djegëse në brendësi të reaktorit mund të vendoset në formë shufrash ndërmjet shtresave të moderatorit por mund të vendoset edhe njëtrajtësisht në hapësirën ndërmjet shtresave të moderatorit.

Veglat për kontrollimin e reaksionit vargor bërthamor përbëhen prej shufrash **Kadmiumi** (**Cd**).

Këto vendosen në thellësi të reaktorit dhe bashkë me moderatorin kanë për detyrë të zvogëlojnë numrin e neutroneve të liruara gjat fizionit. Materialet mbrojtëse janë blloqe betoni që duhet të absorbojnë neutrone që të mos dalin jashtë reaktorit.

Reaktorët janë të llojllojshëm dhe ndahen:

- sipas lëndës djegëse që përdorin,
- sipas llojit të moderatorit,
- sipas energjisë së neutroneve që bëjnë fizionin,
- sipas qëllimit të zbatimit.

Për cilin lloj reaktori do të përcaktohem, varet nga qëllimi, nëse reaktori do të ndërtohet që të shërbejë për qëllime ushtarake ose paqësore. Reaktorët kanë zbatime të llojllojshme, për hulumtime shkencore, për qëllime energjetike dhe për prodhim të lëndës mbushëse të armëve bërthamore.

Reaktorët energjetik kanë zbatim në centralet atomike për prodhim të energjisë elektrike.

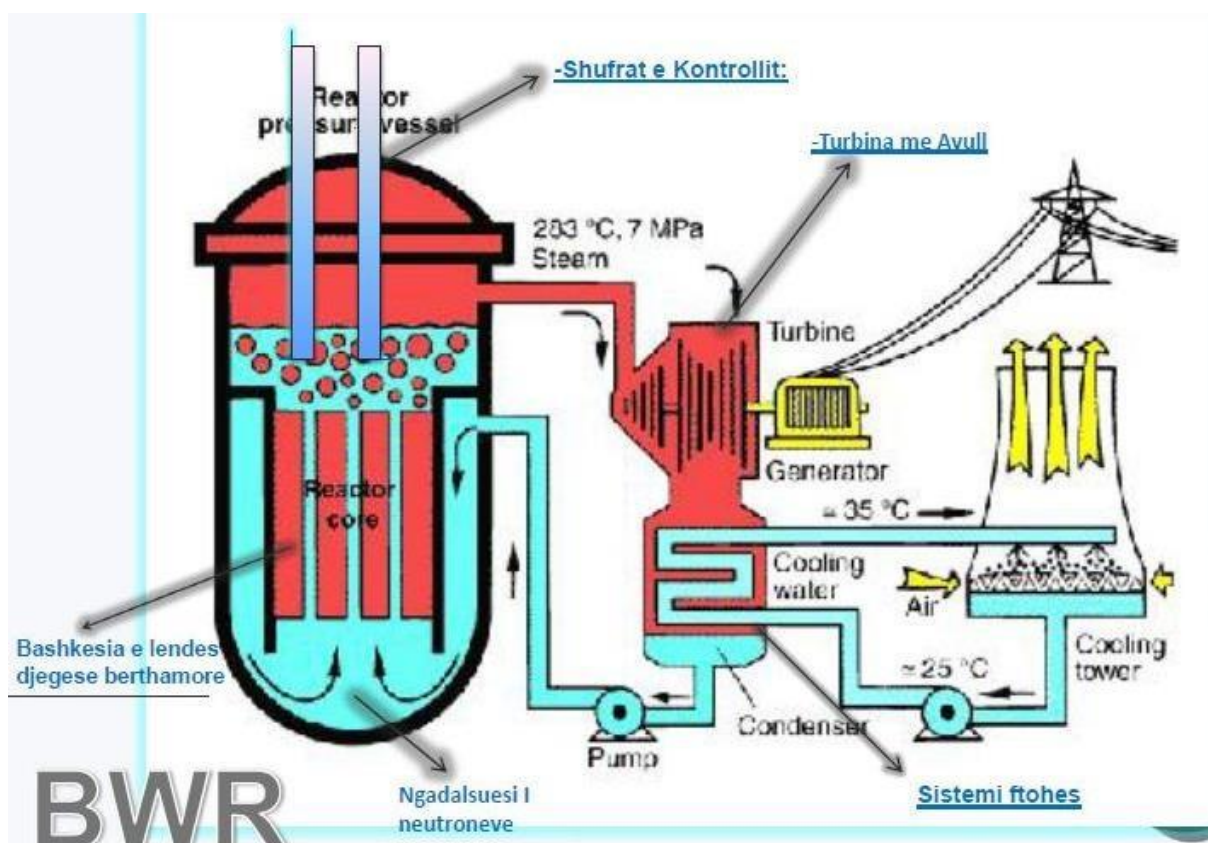


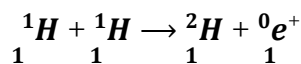
Fig.2. Pjesët përbërëse të një reaktori bërthamor.

Për të prodhuar sasi të mëdha të energjisë zbatohen dy lloje të reaksioneve bërthamore, gjat të cilave kjo energji lirohet. Në të dy llojet, masa mbetëse pas reaksionit është më e vogël se masa që hynë në reaksion. Ky ndryshim i masës është shndërruar në energji.

Lloji i parë është fizioni i Uraniumit, i cili u shpjegua më sipër. Reaksioni tjetër bërthamor paraqet bashkimin e dy bërthamave paraprake të lehta, kryesisht të Hidrogjenit dhe të izotopeve të tij dhe është i njohur si **fuzion bërthamor**.

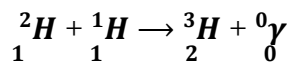
Ky proces është më i komplikuar se sa ai i fizionit. Këtu masa mbetëse pas reaksionit është më e vogël se masa mbetëse e bërthamave fillestare.

Reaksioni i lirimit të energjisë gjat fuzionit mund të paraqitet me relacionin si vijon:

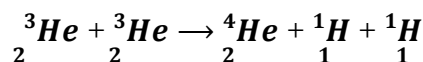


kjo është shkalla e parë e reaksionit.

Më tutje do kemi:



dhe pas shkallës tjetër të reaksionit, përfundimitsh fitohet:



Në relacionin e parë kemi kombinimin e dy protoneve (${}^1_1\text{H}$), ku formohet një Deuterium (${}^2_1\text{H}$) dhe lirohet një pozitron. Në të dytin bashkohen protoni dhe deuteroni dhe formojnë izotopin e lehtë të Heliumit (${}^3_2\text{He}$). Për të arritur në shkallën e tretë të reaksionit, dy të parët duhet të zhvillohen dy herë, pastaj dy bërthamat e Heliumit të lehtë bashkohen dhe formojnë Heliumin e rregullt.

Këto reaksione të njohura si vargu **proton – proton** janë prezente në brendi të Diellit dhe të yjeve të tjerë, gjat të cilave fitohet Hidrogjeni.

Pozitronet e fituara gjat shkallës së parë të reaksionit bëjnë goditje me elektronet dhe me këtë rast ndodh i ashtuquajti **proces i anhillimit të grimcave** me ç'rast energjia e tyre shndërrohet në rrezatim γ .

Efekti përfundimtar i tërë vargut të reaksioneve është bashkimi i katër bërthamave të Hidrogjenit në një bërthamë Heliumi dhe rrezatim γ . Energjia e liruar gjat tërë vargut të reaksioneve të mësipërme mund të llogaritet nga defekti i masës dhe është **26,7 MeV**.

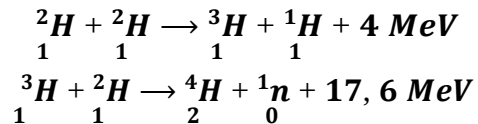
Në rastin e Diellit, një gram e masës së tij përmban afër $2 \cdot 10^{23}$ protone. Energjia e liruar me fizion është afër **198 · 10⁹J**. Sipas kësaj mund të llogaritet se masa e Diellit duke u harxhuar gjat rrezatimit, do të mund të rrezatonte energji gjat kohëzgjatjes prej **30 · 10⁹** vitesh.

Për të filluar realizimi i reaksionit vargor proton – proton nevojitet temperaturë prej miliona gradë. Poashtu bërthamta e Hidrogjenit duhet të afrohen në distancë prej **10⁻¹⁵m**. Yjet mund t'a arrijnë këtë temperaturë gjat kontraksionit të tyre me ç'rast lirohet energji potenciale gravitacionale shumë të madhe. Posa të arrihet temperatura e nevojshme fillon reaksioni.

Gjat reaksionit lirohet energji edhe më e madhe dhe shtypja e fituar pengon kontraksionin e mëtejshëm. Kështu bëhet kontrollimi i fuzionit të bërthamave të reja. Vetëm pasi një sasi e madhe e Hidrogjenit shndërrohet në Helium, do të ndodh kontraktimi i mëtejshëm, i cili do të shoqërohet me rritje të temperaturës. Me këtë krijohen kushte për krijimin e elementeve më të rënda.

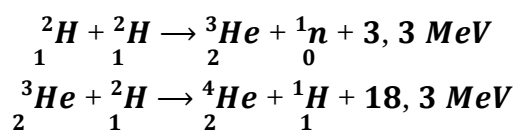
Në kushte tokësore – laboratorike temperatura të larta si në yje mund të fitohen gjat fizionit, përkatësisht të eksplodimit të bombës së Uraniumit ose të Plutoniumit. Nëse bomba e fizionit është e rrethuar me sasi të konsiderueshme të izotopeve të Hidrogjenit, kjo mund të shkaktojë kombinimin e Hidrogjenit në Helium dhe me këtë rast të lirohet edhe më shumë energji.

Sot i kushtohet vëmendje e veçantë fuzionit të kontrolluar të izotopeve të Hidrogjenit, me qëllim të fitimit të energjisë për qëllime paqësore. Për këtë qëllim deri tani janë studiuar reaksionet që vijnë:



Në reaksionin e parë me kombinim të dy deutroneve fitohen Triciumi dhe neutroni. Më tej Triciumi kombinohet me një deuteron tjetër dhe fitohet Helium dhe një neutron. Si rezultat i të dy shkallëve lirohet energjia prej **21,6 MeV**.

Reaksioni tjetër i fuzionit është:



Dy reaksionet e fundit janë një çift i ri që mund të realizohen me probabilitet të njëjtë si dy të parët, gjat të cilëve lirohet sasi e njëjtë energjie.

Realizimi i reaksionit të fuzionit në kushte szandarde, do të mundësonte përfitim të energjisë e cila do të mundësonte zhvillim më të shpejtë të shkencës, teknikës dhe teknologjisë në përgjithësi. Kjo energji bërthamore në aspektin ekologjik është më e avansuar sesa ajo që fitohet gjat fizionit bërthamor.

Në fund duhet të thuhet se asnjëri nga relacionet e fuzionit bërthamor nuk janë realizuar si të kontrolluar në kushte laboratorike.

II.17.

Rrezet rentgen

Rentgeni (*Wilhelm Conrad Röntgen*) i zbuloi rastësisht këto rreze dhe pasi ishin të panjohura deri atëherë i quajti **rreze X**, poa ato poashtu quhen **rreze Rentgen**.

Skema e fitimit të rrezeve X është paraqitur në *fig.1*. Ato fitohen prej katodës së një gypi që është i vakumuar deri në shtypje më të vogla, nga e cila dalin termoelektrone, të cilat shpejtohen me anë të ndryshimit potencial të jashtëm prej **10^4V** deri **10^5V** dhe bien në anodë. Anoda do të emetojë rreze X.

Rrezet X janë kuantë që i përkasin spektrit të valëve elektromagnetike dhe si të tilla i kanë të gjitha vetitë që i kanë të gjitha valët elektromagnetike, edhe valët e dritës.

Prandaj është e njëjtë nëse themi kuantë ose rreze X. energjia e tyre mund të paraqitet me formulën e njohur:

$$E = hf$$

Gjatësia valore e rrezeve X është prej **10^{-9}m** deri në **10^{-11}m** . Në vitin 1913 shkencëtari **Kulixh** (*William David Coolidge*) në laborator ndërtoi gypin e përsosur për fitimin e rrezeve X, forma dhe ndërtimi i saj është paraqitur në *fig.2*.

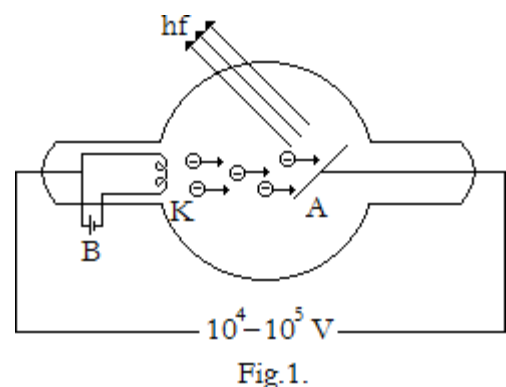


Fig.1.

Në një gyp qelqi janë vendosur anoda dhe katoda termojonike. Gypi është i vakumuar deri në shtypje ekstreme të ulët. Katoda nxehet me një burim të veçantë rryme dhe me këtë rast emeton elektrone, të cilat mund të arrijnë në anodë pa gjasë për të pësuar goditje në rrugën e tyre.



Tensioni i jashtëm ndërmjet anodës dhe katodës e shpejton elektronin, dhe ky e bombardon anodën me tërë energjinë e fituar. Si pasojë e bombardimit me vrshkullin e elektroneve që vijnë nga katoda, sipërfaqja e anodës do të emetojë rreze X .

Energjia e elektroneve që bien në anodë, absorbohen tërësisht prej saj. Në lidhje me energjinë e absorbuar, dallojmë dy procese.

Energjia e një pjese të elektroneve që godasin anodën shndërrohen drejtëpërdrejtë në rrezatim X pa marrë parasysh se prej çfarë materiali është punuar anoda. Të tjerët ia transmetojnë tërësisht ose pjesërisht energjinë atomeve të anodës, e cila i shpenzon si energji eksitimi por shumë pak si energji rrezatimi X .

Rrezatimi X shkaktohet edhe në gypin katodik të televizorit, por ai është i dobët dhe thithet nga qelqi i gypit. Procesi i emetimit të rrezeve X mund të përshkruhet me relacionin:

$$eU = A + hf = A + h \frac{c}{\lambda}$$

ku A - është puna e shndërruar në nxehtësi në anodë, hf - është energjia e kuantit X .

Pasi që elektronet që bien në anodë janë me energji të ndryshme, për pasojë edhe rrezet X që fitohen do të kenë energji të ndryshme. Kështu mund të fitohet **spektri kontinual i rrezeve X** . Përveç kësaj rrezet X mund të kenë edhe **spektër diskontinual (vijor)**, i cili është spektër karakteristik i materialit të katodës.

Nëse supozojmë se e gjithë energjia e elektronit është shpenzuar për emetimin e një kuanti X , atëherë është $A = 0$ dhe relacioni i mësipërm do të merr formën:

$$eU = \frac{hc}{\lambda_{min}}$$

ose gjatësia valore më e vogël e rrezeve X të emetuar, do të jetë:

$$\lambda_{min} = \frac{hc}{eU}$$

Gjatësia valore e dhënë me formulën e fundit definon pragun e spektrit kontinual të rrezeve X . Nga *fig.3*, mund të shihet se ai përbëhet nga vija spektrale, që dalin mbi pjesën kontinuale të spektrit. Me rritjen e tensionit të vendosur ndërmjet anodës dhe katodës, maksimumi i intensitetit të rrezeve X do të zhvendoset nga gjatësitë valore më të vogla.

Gjatësia valore λ_{min} paraqet gjatësinë valore më të vogël të spektrit diskontinual të rrezeve X . për gjatësi valore më të madhe do të fitohet spektër kontinual.

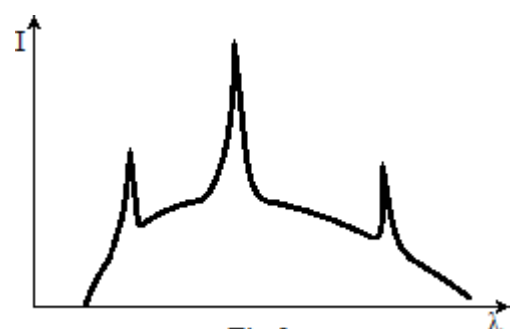


Fig.3.

Rrezet X janë kuantë me energji të madhe. Energjia e tyre varet nga frekuenca dhe mund të llogaritet sipas formulës $E = hf$. Në sajë të energjisë së madhe që kanë, ato janë shumë të depërtueshme.

Gjat kalimit nëpër materiale të ndryshme mund të absorbohen më shumë ose më pak, që varen nga vetitë fizike të materialeve. Elementet kimike me numër rendor më të madh i absorbojnë më shumë.

Nga elementet kimike, me veti absorbuese të dalluara të rrezeve X është **Plumbi** (Pb), prandaj edhe rekomandohet për mbrojtje nga rrezatimi X .

Gjat kalimit nëpër mjedise, rrezet X shkaktojnë jonizim, veprime kimike dhe luminishente. Veprimi kimik është shfrytëzuar në rentgenografi, kurse luminishenca në rentgenoskopi. Në sajë të vetive të sipërpërmendura, rrezet X kanë zbatime të shumta në mjeksi për qëllime terapeutike dhe diagnostikim të thyerjeve të eshtrave, lëndimeve të brendshme, sëmundjeve të ndryshme, ku me anë të fotografimeve të thella mund të zbulohen shkaqet dhe pasojat e sëmundjeve.

Në industrinë metalike dhe të ndërtimit të makinave rrezet X kanë zbatim për zbulimin e defekteve të ndryshme. Rentgeni mund të thuhet se është bërë aparat kontrolli dhe zbulimi edhe në polici, tregti, transport të mallrave, e tj.

Një nga zbatimet më të rëndësishme të rrezeve X është ai me qëllim të hulumtimeve shkencore.

Analiza Rentgeno – strukturale zbatohet me sukses për hulumtime të strukturës së metaleve dhe materialeve tjera. Ajo bazohet në vetinë edifraksionit të rrezeve X . nëse i lëshojmë rrezet X të bien në ndonjë kristal, në kushte të caktuara, prapa do fitohet fotografia Rengeno – strukturale e kristalit.

Kjo mund të studiohet, analizohet dhe të arrihen përfundime me rëndësi shkencore.

Difraksionin e rrezeve X së pari e bënë shkencëtarët **Laue** (*Max von Laue*), **Fridrih** (*Walter Friedrich*) dhe **Kniping** (*Paul Knipping*). Difraksioni i rrezeve X i nënshtrohet formulës së **Bragut** (*William Lawrence Bragg*), si edhe difraksioni i dritës, sipas së cilës kushti për maksimumet e difraksionit është:

$$k\lambda = 2d\sin\theta, \quad \text{ku } k = 1, 2, 3, \dots$$

ku λ – është gjatësia valëre e rrezeve X .

Nëse nga fotografia e difraksionit mund të matet këndi θ , atëherë nga relacioni i fundit mund të llogaritet konstanta e rrjetës kristalore d , e cila paraqet largësinë ndërmjet atomeve në kristal, që është e ilustruar edhe në *fig.1*. Pas zbulimit të rrezeve X u bë e mundur që të hulumtohet ndërtimi i kristaleve, rrjeta e tyre, ndërtimi kristalor, ndërtimi kristalor i lëngjeve dhe shumë e shumë veti të tjera fizike të trupave.

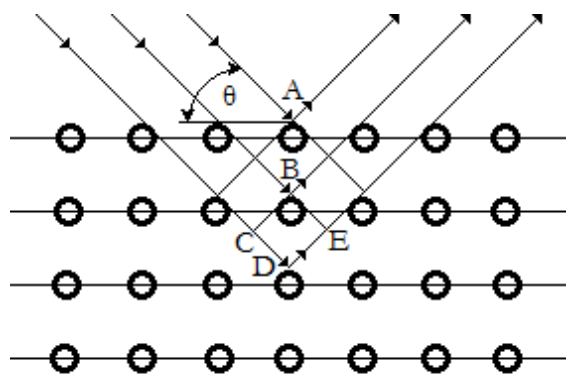


Fig.1.