

## Э.Резерфорд

### Физиканың қырық жыл дауамындағы рауажланыуы<sup>1</sup>

#### I. Радиоактивликтің тарихы

Мениң еки лекция оқығым келеді<sup>2</sup>: бириншиси – радиоактивлик ҳаққындағы көз-қараслардың рауажланыуы, екіншиси атомлардың структурасы ҳаққындағы ҳәзирги заман көз-қараслары бойынша. Мен ҳәзирги заман илиминий тарихы бойынша бул лекцияларды шөлкемлестирген Комитеттиң басланғыш сәне ретинде 1895-жылды алғанын жүдә дурыс болған деп есаплайман. Атап айтқанда, усы жыл ески ямаса классикалық физика менен жаңа ямаса ҳәзирги заман физикасы деп аталатуғын физиканы айырып туратуғын шегара болып табылады. Тап усы жылы Рентген өзиниң алысты гөзлеген илимий ашылыуы болған X-нурларын ашты. Бул илимий ашылыу илимниң прогрессине оғада үлкен тәсирин тийгизди. Мениң өзиме сол өткел болған 1895-жылы Кавендиш лабораториясында Дж.Дж.Томсон менен жумысты баслау бахытына ийе болдым ҳәм сонлықтан сол дәуирдеги алымлардың көз-қараслары ҳаққында гәп етким келеди.

Сол ўақытлары бизлер, физиклердиң не нәрсеге исенимли болғанымызды қысқаша қарап өтемиз. Ең дәслеп жақтылық пенен электр тербелислери арасындағы байланысты орнатқан Максвеллдиң атақлы электромагнитлик теориясы бер еди. Жақтылық кеңисликте тарқалатуғын электр толқынларының бир формасы деп есапланды. Буннан атомлық спектрлер, мысалы, электр разряды тәсир еткенде водородтан шығатуғын жақтылы спектраллық сызықлар, электрлик тербелислердиң типлери деп қаралды ҳәм, сонлықтан, көринип турғанындай базы бир электр зарядларының тербелислериниң салдарынан пайда болады деп есапланды. Усыған байланысly көп санлы теоретиклер, мысалы Лоренц ҳәм Лармор, атомда электр вибраторлары болады деп есаплады. Бирақ, олар дәслеп вибраторлардың оң заряд пенен зарядланғанын ямаса терис заряд пенен зарядланғанлығын билмеди.

Екинши теория бәрше тәрәпинен қабыл етилген газлердиң кинетикалық теориясы болды. Бул теорияда газлердиң қәсийетлери молекулалардың қозғалыс бойынша түсиндириледі деп есапланды ҳәм, өзлериңиз билесиз, белгили бир эксперименталлық нәтийжелердиң тийкарында бир куб сантиметрдеги газдиң молекулаларының санын ҳәм атомлардың өлшемлери менен салмақларын баҳалау мүмкин болды. Бирақ, сол ўақытлары ҳәр қыйлы қәнигелер тәрәпинен берилген баҳалар ўақыттың өтиуи менен әдеуир өзгерислерге ушырады ҳәм, сонлықтан, бизлер атомның массасы менен өлшемин тек жүдә жуўық түрде есаплай алдық. Бул анықсызлықтың белгили бир себеби кинетикалық теория бойынша орынланған есаплаулардың жүдә турпайы ҳәм толық емеслиги, және бир себеп эксперименталлық мағлыўматлардың жүдә исенимли болмағанлығы менен байланысly болды.

Сизлердиң көпшилигиңиз бизлердиң кинетикалық теория менен заттың молекулалық қурылысына исенгенимизди еситип таңланбайсыз. Бирақ, ҳәзирги күнлери жас алымлардың сол ўақытлары электрдиң атомлық структурасының тийкарынан дурыс деп есапланғанлығын аңсат умытатуғын бир мәселе болды.

---

<sup>1</sup> Background to Modern Science. Cambridge, 1940, p. 47—74.

<sup>2</sup> Бул еки лекцияны Резерфорд Кембриджде 1936-жылы оқыды. Бирақ, лекциялар баспаға ол қайтыс болғаннан кейин Дж. А. Рэтклифф тәрәпинен стенографиялық жазыулардың тийкарында таярланған.

Дурыс, әлбетте, сол уақыттары усындай көз-қарасларға алып келетуғын бир мәнисли экспериментлер болған жоқ, бирақ көп жыллар бурын Фарадей тәрәпинен электролиз бойынша өткерилген экспериментлердің нәтийжеси сыпатында қабыл етилди. Бул идеялардың кең түрде тарқалыуы мениң өзим билетуғын Дублинли алым Джонстон Стонидиң үлкен мийнети менен байланыслы. Ол суудың электролизиниң барысында водород атомы менен бирге алып жүрилетуғын зарядтың фундаменталлық бирлигиниң бар болыуының кереклигин биринши болып көрди, бул заряд ушын хәзир пүткил дүньяда қабыл етилген "электрон" сөзин ойлап тапты.

Енди бизиң ушын бүгин керек болатуғын химияның областларындағы билимлердің қәддин қараймыз.

Жүзлеген жыллар дауамында өткерилген машақатлы жумыслардың салдарынан химиклер элементлердің басым көпшилигин айырыу менен тазалауда үлкен нәтийжелерге еристи хәм нәтийжеде заттың берилген типиниң атомларының бирдей үлгиде соғылғанлығы хаққындағы көз-қарасларға келди. Химия илими бар уақытта атомлардың өзгермеуи хәм бузылмауы хәм олар әсирлер дауамында сақланып қалыуы керек болды. Атомды қатты "биллиард шарлары" түринде деген көз-қараслардан өткен әсирдің ақырында толық бас тартылған болса да, химиклер өзлериниң қолларында бар усыллардың тийкарында пайда болған көз-қараслар бойынша атомлардың өзгермеуи және сөзсиз бузылмауы керек. Егер қандай да бир адам атомның бир типин екнши типине айландырдым деп айта қойған жағдайда барлық уақытта да оның қәтелескенлигин дәлиллеу мүмкин болды.

Сол уақытлары дәуирли нызам деп аталатуғын оғада зор улыўмаластыруй раўажландырылды. Бун нызамның тийкарында элементлердің қәсийетлери олардың атомлық салмақлары бойынша қойылған қатардағы орынлары бойынша байланыстырылды. Ең жақсы ойлайтуғын химиклер бул нызамның барлық атомлар өзлериниң қурылысы бойынша бир бирине уқсас ямаса олардың барлығы да атомларға салыстырғанда элементарлау болған материалдан соғылғанлығы хаққындағы көз-қарасларға сәйкес келетуғынлығын инстинктивли түрде сезді. Бирақ бул көз-қараслар анық емес еди хәм дәуирли нызамның хақыйқый әхмийети тек 10 ямаса 15 жылдан кейин ғана түсиникли болды.

Енди менен әңгимемнің басына жеттим. Рентгеннің 1895-жылы Х-нурларын ашыуының сондай сенсацияның пайда еткенлигин сизлердің айырымларыныңыз көз алдыңызға елеслете алатуғын шығарсыз. Бул ашылыу тек ғана алымларды ғана емес, ал өзиниң органларының иши менен сүйеклерин көриу мүмкиншилигине ийе болыудан таң қалған әпиуайы адамларды да қызықтырды. Дүньядағы барлық лабораториялар өзлериниң ески Крукс трубкаларын Х-нурларын алыу ушын пайдаланды хәм Кавендиш лабораториясы да сыртта қалған жоқ. Бул ески Крукс трубкалары катод нурларының бир қатар затларда айқын фосфоренсценцияны пайда етиу қәбилетлигине ийе екенлигин көрсетти, усының менен бирге Х-нурларының, көринип турғанындай, усы катод нурларының түсиу ноқатларынан шығатуғынлығы белгили бола баслады. Бул жағдайдан Х-нурларының фосфоресценция менен қандай да бир байланысы бар, мүмкин фосфоресценцияланыушы затлар Х-нурларын шығара алатуғын шығар деген ойды пайда етті. Континенттеги көп санлы изертлеушилер, солардың ишинде Анри Беккерель Парижда усы бағытта экспериментлер өткерди. Оның әкеси, профессор, фосфоресценция менен, соның ишинде фосфоренсценцияның қанша уақыт дауам ететуғынлығын өлшеу менен жүдә қызықты. Соның менен бирге оны уранның бирикпелерениде бақланатуғын әдеттегидей емес қәсийетлер қызықтырды. Анри онан 15 жыл бурын, яғный 1880-жылы әкесине жумысларды ислеуде жәрдем берди хәм жақтыға шығарғаннан кейин әжайып жақтылық шағаратуғын уран менен калийдің бисульфаты кристалларын өсириу менен

шуғылланды. Фосфоресценция менен Х-нурлары арасындағы байланысты ізлеудің барысында Беккерель қара қағаз бенен оралған көп санлы фосфоресценцияланыушы затларды фотопластинканың үстине қойды, бірақ барлық ұақытта да күтилген нәтижелер алынбады. Усының нәтижесінде онда өзіннің уранның дузлары кристалларын сынап көриу ойы пайда болды. Дәслеп ол бул кристалларды фосфоресценцияланыуға мәжбүрлеу үшін жақты орынға қойды, оннан кейин оларды қара қағазға орап фотопластинканың үстине қойды. Усындай экспериментти бир неше саат дауамында өткергеннен кейин фотопластинканы қайта ислегенде айқын көринип турған фотоэффект бақланған. Эксперимент қайталанған, соның менен бирге мүмкин болған пуўланыуды сапластырыу үшін уран дузы бенен фотопластинканың арасына жуқа шийшениң сынығын да жайластырған. Бірақ фотоэффект бул жағдайда да бақланған. Беккерель дәслеп қара қағаз арқалы өте алатуғын нурланыудың фосфоресценцияға қандай да байланысы бар деп болжаған. Ал, кейин ол уран дузы алдын ала бир неше хәпте дауамында қараңғыда сақланған жағдайда да хәм соның салдарынан фосфоресценцияның хеш қандай белгиси болмаған жағдайда да эффекттиң бақланатуғынлығын көрсетти. Буннан кейин ол уранның барлық дузларының хәм металдың өзіннің де қара қағаз арқалы өте алатуғын нурларды шығаратуғынлығын аңғарды. Усындай жоллар менен ол хәзирги ұақытлары бизлер радиоактивлик деп аталатуғын қубылысты ашты.

Енди бизлер бизлердің барлығымызға таныс болған исмди – Мария Кюриди айтамыз. Ол жақын орынларда жайластырылған электрленген денелердің электр зарядларын жоғалтыуының тезлигин үйрениу арқалы хәр қыйлы затлардың активлигин изертлей баслады. Ол уран смолкасының хәм базы бир басқа да минераллардың таза уранға қарағанда үлкен эффект беретуғынын тапты хәм бул затлар уранға салыстырғанда үлкен активликке ийе базы бир затқа ийе деген жуўмаққа келди. Сонлықтан ол әдеттеги химиялық избе-из ажыратыу жолы менен, хәр бир стадияда үлкен радиоактивликке ийе болған бөлимди қалдырып бул минерал үшін химиялық анализ өткерди. Ол еки айрықша актив болған затты тапты: бирейи химиялық жақтан висмутқа усаған, оны Мария Кюри полоний деп атады, екіншиси химиялық жақтан барийге усаған, она радий деп атады.

Қәлеген радиоактив заттағы радийдің муғдары жүдә аз, 10 000 000 бөлимде тек 1 бөлим ғана. Бірақ, дәслепки материаллардың тонналарын қайта ислеу арқалы М.Кюри радийдің атомлық салмағын анықлау және оның белгили бир спектрге ийе екенлигин, басқа сөз бенен айтқанда радийдің химиялық жақтан әдеттегидей элемент екенлигин көрсетиу үшін, жеткиликли дәрежеде таза болған бромидин таярлай алды.

Брауншвайктеги хинин фабрикасының химики Гизелдің шарапаты менен дерлик таза болған радий дузының препаратлары сатыуда пайда болды. Мен дурыслығын билмеймен, бірақ ол М.Кюриге қарағанда сәл бурынлау радийди айырып ала алды деген гәп бар. Бірақ, М.Кюри тәрөпинен ислеп шығылған методиканы пайдаланғанлығы хәм оның жумысының М.Кюридің жумысының туурыдан-тууры нәтижеси екенлигинн мойынлап ол хақыйқый илимий миннетдаршылық пенен бул истеги приоритетке умтылыудан бас тартты. Не болған болса да, оның мийнетиның нәтижесінде 1 мг таза радий бромидинің бахасы 1 фунт стерлингти құрады. Мен 30 мг радий бромидин сатып алды, Рамзай да соны иследи. Сәл кейинирек радийдің 1 миллиграммы 12 фунт стерлингке көтерилди.

Радийдің ашылуы илим үшін оғада үлкен әхмийетке ийе болды, бул жерде оның активлигинің үлкен екенлигин (уранның активлигинен миллионнан да көп есе жоқары) екінши дәрежели үлкен емес эффект деп қарауға болмаитуғын еди. Радийдің өмири узын (1600 жыл) және оны химиялық жақтан аңсат айырып алуы мүмкиншилиги факти оның әхмийетин жоқарылатады.

Егер уранның радиоактивлиги ертерек ашылған болғанда не болған болар еди деп көз алдыға келтирип өтмишке сер салық қызықты болған болар еди. Кейинирек уран деп аталған элемент жүз жылдан бұрын 1789-жылы Клапрот тәрәпинен ашылды. Егер ол бул затты электроскоптың қасында жайластырғанда оның электрдің разрядландыратуғынлығын аңғарған болар еди. Мениң пикиримше усының менен ис питкен болар еди. Адамлар бул қубылысты қызықты деп айтқан болар еди, бірақ оннан хеш қандай жуўмақ шығармаған болар еди. Бул эффект қалайынша өтти деп хеш ким сорамаған болар еди. Илим ушын ашылыўлардың тийкарынан жәмийетлик ойлар таяр болған ўақытта ашылатуғынлығы характерли.

Енди маған радиоактивликтің мағанасы менен мениң таныс болыўым ҳаққында айтыўға мүмкиншилик бериледи деп үмит етемен. 1895-жылы мен Кавендиш лабораториясына жумысқа киргенимде мен жумысларымды Х-нурларының тәсириндеги газлердің ионласыўы бойынша изертлеў менен басладым. Мен Беккерелдің мақаласын оқып шықтым хәм уранның нурларының хәм Х-нурларының тәсиринде пайда болған ионлардың тәбияты бойынша бирдей ямаса бирдей емес екенлигин билгим келди хәм соның ишинде Беккерелдің өзи ашқан нурланыўының Х-нурлары менен жақтылықтың арасындағы нурлар деген пикири мени қызықтырды. Мен нурланыўды системалы түрде үйрениўге киригим хәм нурланыўдың еки типиниң бар екенлигин таптым: бирейи күшли ионизацияны болдырады хәм бир неше см болған қалыңлықтағы ҳаўада жутылады, екіншиси әзирек ионласыўды пайда етеди, бірақ көбирек сиңиўшилик қәсийетке ийе. Мен оларды сәйкес  $\alpha$ - хәм  $\beta$ -нурлары деп атадым. Тап сол ўақытта 1898-жылы Вийяр нурланыўдың оннан да көбирек сиңиўшилик қәсийетке ийе түрин ашты хәм оны  $\gamma$ -нурлары деп атады.

1898-жылы мен Монреалдағы Мак-Гилл университетине келдим хәм мениң менен бир ўақытта электротехника профессоры Р.Оуэне пенен ушырастым. Оуэне оны базы бир физикалық изертлеў өткерийге мәжбүрлейтуғын стипендия алатуғын еди. Ол меннен бул стипендияны ақлаў ушын изертлеў жумысын өткерий бойынша тема бере аласыз ба деп сорады. Мен оған электроскоптың жәрдеминде радиоактивлиги сол ўақытқа шекем Шмидт тәрәпинен ашылған торийди изертлеўди усиндым. Мен оған экспериментлердің өткерийге жәрдем бердим хәм бизлер базы бир жүдә таң қаларлық қубылысларды таптық. Торийдің окисиниң радиоактивлик тәсири усы окистің үстине қойылған жүдә көп санлы қағаз арқалы өтеди, бірақ қағаздың ишиндеги қуўыслықлар арқалы диффузияға қәбилетли болған бир нәрсе нурланатуғындай болып, слюданың жуқа пластинкасында тутылып қалады екен. Әсбаптың ҳаўаның қозғалысына жүдә сезгирлиги факти диффузиялық гипотезаны қоллап-қуўатлаўға алып келди. Буннан кейин бизлер ҳаўа торийдің окисиниң үсти арқалы өтетуғын хәм оннан кейин ионизациялық камераға келип түсетуғын тәжирийбени қойдық. Бул тәжирийбелер активликтің ҳаўа менен алып жүриўиниң мүмкин екенлигин көрсетти. Бірақ ҳаўаның ағысы тоқтағанда камерадағы активлик бирден жоқ болмады, ал экспоненциаллық нызам бойынша киширейди. Мен қағаз арқалы диффузияға ушырай алатуғын, ҳаўа менен алып жүрилетуғын хәм базы бир ўақыт ишинде өзиниң активлигин сақлайтуғын, активлиги характерли нызам бойынша жоғалатуғын бул газ тәризли затты "торийдің эманациясы" деп атадым.

Мен бул эманацияның денелер арқалы өткенде оларды радиоактив затқа айландыратуғын пүткиллей өзине тән болған қәсийетке ийе екенлигин таптым. Бул пайда болған радиоактивлик қәсийеттиң усы денелердің өзінде нурланыўдың тәсиринде пайда болатуғын қандай да бир активлик емес, ал базы бир материаллық субстанцияның отырғызылыўының салдарынан пайда болатуғындай болып көринди. Бундай жағдайда отырғызылған заттың муғдарының электр майданын түсиргенде үлкейиўи керек. Сол ўақытлары көплеген изертлеўшилер затларды

радиоактив затлардың қасына жайластырып қайталанбайтуғын хәм әжеп-тәуір нәтийжелерди алды. Көринип турғанындай, олардың барлығы да бизлер торийде тапқан эманация менен түсиндирилиуі мүмкин еди.

Бундай түсиндириуі дурыс деп есаплау ушын ең дәслепп эманацияның хақықый тәбиятын түсиндириуі зәрүрли болды. Бул оғада қыйын еди, себеби оның (эманацияның) муғдары барлық ўақытта дым аз болды. Ең бастан баслап-ақ Содди хәм мен эманацияны гелий, неон ямаса аргон сыяқлы инерт газ деп болжадық, себеби бизлерге оны қандай да бир химиялық элемент пенен бириктириуідиң сәти түспеди. Бизлер оның диффузиясын молекулалық салмағы белгили болған газлердиң диффузиясы менен салыстырып оның молекулалық салмағын турпайы түрде бақалай алдық. Эманацияның электросопты зарядсызландыруы қәсийетин оның муғдарының өлшеми сыпатында пайдаланып, бизиң қолымызда эманацияның жүдә аз муғдары бар болған болса да оның диффузиясының тезлигин өлшеуідиң сәти түсти. Оның атомлық салмағы шама менен 100 ге тең деген жуўмаққа келдик. Буннан кейин биз эманацияның тиккелей торийден пайда бола ма ямаса басқа бир аралықлық заттан пайда бола ма деген сораўға жуўап бериўге тырыстық. Химиялық усылларды пайдаланып, бизлер эманация пайда болатуғын аралықлық затты айырып ала алдық хәм оны "торий X" деп атадық.

Шама менен тап сол ўақытлары Рамзай радиоактив минераллардың көпшилигинде гелийдиң қатнасуатынлығын хәм оның айланыслардың басқа газ тәризли продукты екенлигин аңғарды. Кейинирек мениң өзим гелийдиң  $\alpha$ -бөлекшелериниң жыйнағы екенлигин көрсете алдым.

1903- ямаса 1904-жылға шекем радийдиң муғдары жүдә шекленген хәм дүньяда бар радийдиң көпшилик бөлеги ерли-зайыплы Кюрилерге тийисли еди. Олар радийди узақ хәм қыйын процесстиң жәрдемінде уран смолкасынан айырып алды. Бизлер өткерген биринши бақлаулардың бири салмағы 100 мг болған радийдиң температурасының қоршаған хаўаның температурасынан жоқары екенлигинен ибарат болды. Олар 1 г радийдиң жыллылықты 100 кал/с тезлик пенен шығаратуғынлығын есаплады. Бул эксперимент хәммени қызықтырды, себеби ески модадағы физиклер ушын температурасы қоршаған орталықтың температурасынан жоқары болған заттың болыуы ақылға муўапық келмейтуғын еди хәм сонлықтан сол ўақытлары радий хаўаның жыллылығын пайдаланатуғын қандай да бир термодинамикалық машинаның қәсийетине ийе деген көз-қарас кең тарқалды. Мен болсам жыллылық эффекти  $\alpha$ - хәм  $\beta$ -бөлекшелерин нурландырыуыдың нәтийжеси екенлигине, бул эффекттиң активлик сыяқлы ўақыттың өтиуі менен кемейетуғынлығына беккем исендим. Нәтийжеде бизлер радиоактив денелердиң жыллылық эффектиниң себеплерин анықлай алдық хәм бул процессте хеш қандай жумбақтың жоқ екенлигин көрсеттик. Бизлер бул радиоактивлик айланысларда жыллылықтың оғада көп муғдарда бөлинип шыға алатуғынлығын көрсеттик. Массаның бир бирлиги ушын есапланған бул муғдар химиялық реакциялардың жәрдемінде алынуатын муғдардан миллион есе көп болып шықты хәм бундай жағдайдың барлық радиоактив айланыслар ушын тән екенлигин көрсете алдық.

Енди мениң  $\alpha$ -бөлекшелериниң тәбиятын эксперименталлық дәллилеулерге азмаз тоқтағым келеди. Хәр қыйлы экспериментлерди өткеріу және хәр қыйлы хызметкерлердиң жәрдемінде маған  $\alpha$ -бөлекшелерин магнит майданында ауыстыруы жолы менен альфа-бөлекшениң еки оң зарядқа ийе гелий атомының ядросы екенлигин көрсетиуідиң сәти түсти. Бизлер олардың тезликлерин де өлшей алдық. Шама менен сол ўақытлары (1903- ямаса 1904-жылы) Брэгг хәм Климан  $\alpha$ -нурларының ионизациялық иймеклигиниң қызықлы хәм әхмийетли анализин иследи. Нәтийжеде олар ионизацияның олардың жүриу жолында жүдә характерли

түрде өзгеретуғынлығын көрсетти. Хәзирги ўақытлары усындай өзгеришти тәрийиплейтуғын иймекликти "Брэгг иймеклиги" деп атайды.

Мен және Соддидиң мийнетиниң нәтийжеси болған еки әхмийетли ашылыў ҳаққында айтқым келеди. Мен аўысыў нызамы менен радиоактив элементлердиң арасындағы изотоплардың ашылыўы ҳаққында гәп етемен.

Радиоактив затлардың химиялық қәсийетлерин изертлеп, радиоактив айланысларға қатнасуғын дәслепки хәм ақырғы элементлердиң дәўирлик кестедеги орынлары арасында әпиўайы қатнастың жийи көринетуғынлығын аңғарды. Усындай жуўмақтың улыўмалық екенлигине исенбестен бурын белгили болған барлық радиоактив элементлердиң химиялық қәсийетлерин анықлаў зәрүр. Ал бул әпиўайы мәселе емес, себеби олардың көпшилиги жүдә аз муғдарда еди. Тап усындай жумысты Ган да өткерди; нәтийжеде хәзирги ўақытлары "аўысыў нызамы" деп аталатуғын кең түрдеги улыўмаластырыў дерлик бир ўақытта А.Рассель, Фаянс хәм Содди тәрепинен орынланды. Бул нызам, егер зат  $\alpha$ -бөлекшесин шағаратуғын болса, онда ол дәўирлик системада төменге қарай еки орынға жылысады, ал  $\beta$ -бөлекшесин шығаратуғын болса, онда ол кестеде бир орынға жоқары жылысады. Әлбетте, бул жағдай  $\alpha$ -бөлекшесиниң еки оң зарядқа, ал  $\beta$ -бөлекшесиниң бир терис зарядқа ийе екенлиги менен байланысly.

Изотоплар бойынша жағдай мынадай еди. Көплеген изертлеўшилер радиоактив денелерди бир биринен ажыратқанда қыйын, дерлик жеңиўге болмаитуғын қыйыншылық пенен ушырасты. Содди бул кубылысқа жүдә қызықты хәм ол бир биринен ажырата алмаған бир неше радиоактив затларды тапты. Бул затлар пүткиллей хәр қыйлы еди хәм характерли радиоактив қәсийетлерге ийе болды, бирақ оларды химиялық операциялардың жәрдемінде ажыратыўға болмаитуғын еди. Ол радиоактив элементлердиң үлкен топары ушын дәўирлик кестеде хәтте орынның жоқ екенлигине итибар берди. Нәтийжеде ол химиялық жақтан бир биринен айрылмаитуғын, бирақ радиоактивлик көз-қарастан хәр қыйлы элементлер бар деп болжады. Содди сәйкес элементлерди изотоплар деп атады хәм усындай жоллар менен изертлеўлердиң үлкен областының тырнағы қаланды. Бул жумыслардың орынланыўына Астон үлкен үлес қосты. Бул ҳаққында ол өзиниң лекциясында айтып береди.

## **II. Атомның структурасы ҳаққындағы бизиң көз-қарасларымыздың раўажланыўы**

Бүгинги лекцияда мен атомды пайда ететуғын бөлекшелер хәм оның структурасы ҳаққында жүдә қысқаша айтыўға тырысаман.

Атомдағы ең әхмийетли болған бөлекшелердиң бири электрон болып табылады хәм сонлықтан мен биринши гезекте соңғы 40 жыл ишинде электрон ҳаққындағы бизиң көз-қарасларымыздың қалай өзгергенлиги ҳаққында қысқаша айтыўға тырысаман. Ўақыя 1897-жылы жүз берген еди. Усы ўақытта бизиң улыўма басшымыз Дж.Дж.Томсон тәрепинен өткерилген экспериментлердиң биринде Крукстың катод нурлары деп аталатуғын нурлардың массасы жүдә киши болған, жүдә үлкен тезликлер менен қозғалатуғын бөлекшелерден туратуғынлығы келип шықты. Мен бул ашылыўдағы тийкарғы орынды Дж.Дж.Томсонған берий керек деп есаплайман, себеби ол биринши болып бул бөлекшелерди магнит хәм электр майданларында аўыстырды хәм биринши болып электронның барлық атомлардың қурамлық бөлеги болыўының керек екенлигин түсинди және атомдағы электронлардың санын анықлаитуғын усылды ойлап тапты. Ең дәслепки экспериментлерде электронның зарядының массасына қатнасының белгили болған ең жеңил атомлардан болған водород ушын анықланған усындай қатнастан мың ямаса еки мың есе үлкен

екенлигин тапты. Усының менен бир уақытта ҳаўасы сорып алынған трубкадағы электронлардың хәтте жақтылықтың тезлигине жақын тезликлерде қозғалатуғынлығы көрсетилди. Усының менен электронның массасы белгисиз болып қалды, оның зарядының массасына қатнасы белгили болды, бірақ булардың барлығы да электронлардың жүдә жеңил хәм қозғалғыш екенлигин көрсетти. Мельбурнда Скотсмен хәм Сазерленд жеңил электрон болса өзи менен байланысқан материаллық массаға ийе емес қозғалатуғын бирлик заряд болып табылады деген қызықлы болжаўды усынды. 1881-жылы Дж.Дж.Томсон заряды  $e$  ге тең болған радиусы  $a$  ға тең сфераның, көринип турғанындай, қосымша  $\frac{2}{3} \frac{e^2}{a}$  шамасына тең массаға ийе болатуғынлығын көрсетти. Бул жағдай усындай сфераның қозғалысының барысында энергияның оны қоршап турған электромагнит майданына өтиўиниң керек екенлиги менен байланысly. Сазерленд, егер радиусы  $a$  жеткилики дәрежеде киши болған жағдайда электронлы қандай да "әдеттеги" массаға ийе болады деп есаплаў шәрт емес деп атап өтти. Егер бул дурыс болса, онда электронның радиусы шама менен  $2 \cdot 10^{-13}$  см ге тең болыўы керек. Бул қызықлы идея еди хәм алымлар оның дурыслығын тексерип көриўге урынды. Бул жерде, Кембриджа Абрахам, Хевисайд хәм Сирл сыяқлы теоретиклер зарядтың себебинен пайда болған массаның қалайынша тезликтен ғәрезли болыўының керек екенлигин анықлаўға тырысты. Хәр қыйлы изертлеўшилер хәр қыйлы жуўмақларға келди. Себеби тийкар етип хәр қыйлы болжаўларды қойды. Бірақ салыстырмалы үлкен тезликлерде нәтийжелер шама менен бирдей болды. Изертлеўшилердиң барлығында да масса тезликтің өсиўи менен үлкейиўи хәм жақтылықтың тезлигине жақынлағанда шексиз үлкейиўи керек. Соның менен бир уақытта аз муғдарда болса да радийди алыў мүмкиншилиги туўылды. Ол тезлиги жақтылықтың тезлигине жақын болған электронларды шағаратуғын болғанлықтан сол теорияларды экспериментлерде тексерип көриў мүмкиншилиги пайда болды. 1902-жылы бундай экспериментти Кауфман орынлады хәм алынған нәтийжелер дәлликтің шеклеринде барлық теорияларға сәйкес келди.

Бул экспериментлерге жүдә үлкен дыққат аўдарылды хәм, көринип турғанындай, электронның массасы оның зарядына байланысly пайда болған, сонлықтан барлық масса электр зарядының көриниўи болып табылады деген пикир көпшилик алымларды дурыс емес жуўмаққа алып келди. Бундай көз-қарас бойынша водородтың массасының электронның массасынан 1850 есе үлкен болыўы бул атомның 1850 электронға ийе болыўынан деп түсиндирилди. Бірақ, бундай аўхал аз уақыт ғана сақланды. 1905-жылы Эйнштейн салыстырмалық көз-қарасынан келип шығып массаның тезликке байланысly өзгериўиниң керек, соның менен бирге денениң зарядланғанлығынан ямаса зарядланбағанлығынан ғәрезсиз массаның өзгерисиниң бирдей екенлигин көрсетти. Қәлеген дене, оның неден туратуғынлығынан ғәрезсиз Эйнштейнниң нызамына бағыныўы керек хәм барлық экспериментлер, көринип турғанындай, бул нызамның дурыс екенлигин көрсетеди. Кауфманның экспериментлери релятивистлик теорияның нәтийжелери менен де, ески электрлик теорияның нәтийжелери менен де сәйкес келеди. Сонлықтан электронның массасын толығы менен зарядтан пайда болған деп есаплаўға болмайтуғын болды. Электронның  $a$  радиусын анықлаўдың бирден-бир усылы электронның массасы толығы менен оның заряды менен байланысly деп есаплаўдан келип шығады. Усыннан кейин жоқарыда келтирилген аңлатпа пайдаланылды. Сонлықтан электронның өлшемин баҳалаўдың еле өткерилмегенлиги және бир рет анық болады. Электронның радиусының  $10^{-13}$  см шамасында екенлиги толық итимал хәм жақында Борн тап усындай тәртиптеги шамаға алып келетуғын теорияны

раўажландырды. Бирақ бул теорияның қанша дәрежеде дурыс ямаса дурыс емеслиги хаққында айтыўға еле ерте.

10 ямаса 15 жылдың ишинде электронды зарядтың сфералық тарқалыўы түринде және базы бир "әдеттегидей" массаға ийе деп қараў бизлерди толық қанаатландырды. Бирақ 1925-жылы водород пенен гелийдиң спектрлериндеги бар қатар анық емесликлерди түсиндириў ушын Уленбек пенен Гоусмидт электрон магнит моментине де ийе деп болжады. Олардың түсиниги бойынша өзиниң көшериниң дөгерегинде айланыўшы сфералық заряд моментке ийе болыўы керек. Сонлықтан "айланыўшы электронлар" хаққындағы болжаўды усынды. Буннан кейин көп узамай, 1930-жылы Дирак релятивизм менен квантлық механика бириккен улыўма теорияны раўажландырды. Нәтийжеде ол "айланыўшы электрон" ды пайдаланбай-ақ спектрдиң жуқа структурасын түсиндире алды. Дәслеп "айланыўшы электрон" идеясы дурыс еместей болып көринди, бирақ кейин Дирак өзиниң раўажландырған теориясы бойынша электрон магнит моменти бар сыяқлы қәсийетти көрсетеди деген жуўмаққа келди. Сонлықтан буны өз алдына постулатлаўдың кереги болмай қалды. Қалай болғанда да ол басқаша қәсийетке ийе бола алмайды.

Буннан кейин дыққатты электронның зарядына аўдарыў қызық, себеби бул шама атомлық шамаларды есаплаў менен байланысly. Биринши экспериментлер мен еле Кавендиште болғанымда 1897-жылы Таунсанд тәрәпинен өткерилди. Ол электрлизде алынған суў арқалы көбик түринде шығып атырған водородтағы пуўдың конденсациясының салдарынан булттың пайда болатуғынлығын тапты. Бул бул зарядланған болып шықты хәм Таунсенд мынадай жоллар менен бир тамшының зарядын анықлады: Барлық булттың салмағы оны отырғызыў жолы менен хәм тәрәзиниң жәрдемінде өлшенди. Хәр бир тамшының орташа салмағы булттың түсиў тезлиги бойынша Стокс нызамының тийкарында анықланды. Буннан тамшылардың саны анықланды. Булт тәрәпинен алып жүрилетуғын қосынды зарядтың муғдарын өлшеў мүмкин болғанлықтан бир тамшының зарядын анықлаў мүмкин болды. Бул усыл электронның зарядының дәл мәнисин бермеди, себеби көпшилик тамшылар көп рет зарядланған еди. Бирақ усыл өзиниң ишине буннан кейин зарядты дәл өлшеўде қолланылған барлық идеяларды қамтыды.

1908-1913 жыллары Дж. Дж. Томсон булт кеңеийиўде пайда болатуғын хәм оның салмағы белгили болған кеңеийиў коэффиценти менен анықланатуғын усылды қолланды. Вильсон электр майданын зарядланған тамшы тең салмақлықта қалатуғын ямаса төменге қарай, яки жоқарыға қарай қозғалатуғындай етип түсирди. 1908-жылы Гейгер менен мен радийдиң белгили муғдары шығарған  $\alpha$ -бөлекшелериниң санын хәм оннан кейин сол  $\alpha$ -бөлекшелери алып келген улыўмалық зарядты есапладық. Бизлер Томсон тәрәпинен алынған  $3,4 \cdot 10^{-10}$  эл. стат. бирл. шамасынан әдеўир үлкен болған  $4,65 \cdot 10^{-10}$  эл. стат. бирл. шамасын алдық. Бирақ бизлердиң өзлеримиз бизиң усылымызды толық дәл деп есапламадық.

Усыған байланысly Планк маған күлкили ўақыяны айтып берди. Ол жақтылықтың квантлық теориясын усынған ўақытта адамлар оған айтарлықтай инта менен исенбеди, бул исенбеўшиликтиң бир тәрәпи теорияда электронның заряды  $4,7 \cdot 10^{-10}$  шамасына тең, ал сол ўақытта элементар заряд ушын мойынланған шама ретинде  $3,4 \cdot 10^{-10}$  қабыл етилген еди. Планктың өзінде бул қарама-қарсылық гүман пайда еткен, бирақ Гейгер менен бирге  $4,65 \cdot 10^{-10}$  шамасын жәриялағанымызда Планк өзиниң теориясының дурыслығына исенген екен<sup>3</sup>.

---

<sup>3</sup> СГСЭ системасында электронның зарядының  $-4,8 \cdot 10^{-10}$  шамасына тең екенлигин еслетип өтемиз. Дүзиўшилер.



Бәриңізге мәлим, зарядтың шамасы 1910-жыл менен 1917-жылдың аралығында Милликен тәрепинен дәл өлшенди. Ең дәслеп оның нәтийжелери дәл деп есапланды. Хәзир оның нәтийжелериниң ҳақыйқатында да соншама дәл ме деген базы бир гүманлар бар. Бирақ менен бул мәселени таллағым келмейди.

Енди мен соңғы ўақытлардағы жүдә қызықлы ашылыўға өтемен. Көпшилик дурыс қурылған Әлемде симметрияның белгили бир дәрежесиниң бар болыўы керек деп есаплады хәм терис электрон бар жерде массасы сондай киши болған оң электронның да болыўы керек. Оң электронды жийи излеген болса да оны 1931-жылға шекем таба алмады. Сол жылы Калифорнияда Андерсон Вильсонның думынлы камерасы арқалы өткен космослық бөлекшелердиң излерин сүүретке түсирди. Камера күшли магнит майданында жайластырылған еди хәм Андерсон базы бир излердиң бир бағытта, ал басқаларының басқа бағытта майысқанлығын тапты, яғный олардың бири оң зарядланған, ал екиншиси терис зарядланған бөлекшелердиң излери еди. Алынған басқа мағлыўматлар еки бөлекшениң массасының ди киши, электронның массасы менен қатар екенлигин көрсетти. Андерсенге бул излердиң жүдә сийрек сүүретлерин түсириўге сәти түсти. Бирақ, 1933-жылы Кавендиш лабораториясынан Блэкетт пенен Оккиалини космослық нурлар әсбап арқалы өткенде "өзи өзиниң сүүретин түсиретуғын" усылды ислеп шықты. Бул усылдың жәрдемінде хәзирги ўақытлары "позитронлар" деп аталатуғын оң электронлардың излериниң көп санлы фотосүүретлерин алыў мүмкин болды.

Бул нәтийжелерди Блэкетт Дирак тәрепинен 1931-жылы раўажландырылған теорияның жәрдемінде интерпретациялады. Бул теорияда оң электронлардың бар болатуғынлығы болжанды, бирақ олардың өмириниң узақлығы жүдә кишкене болыўы керек. Себеби олар алдынан шыққан биринши электрон менен биригеди хәм бул энергияның нурланыўына алып келеди. Базы бир мағанада Дирак оң электронды бул ашылыўдан бурын-ақ болжаған еди, бирақ бул болжаў теорияда айқын түрде көрсетилген жоқ еди. теория да, эксперимент те сәйкес шараятларда жүдә қысқа толқынлы нурланыўдың энергиясының, мысалы космослық нурланыўдағы, жоғалыўының хәм биреўи оң, ал екиншиси терис болған электронлардың жубының пайда болатуғынлығын көрсетти. Бундай қубылыс аўыр ядроларды қоршап турған күшли электр майданында аңсат жүзеге келеди хәм тек ғана нурланыўдың квантлық энергиясының шамасы электронлар жубының массасына эквивалент болған 1 МэВ шамасынан үлкен болған жағдайда болып өтеди.

Енди атомлық структура мәселесин қараўға қайтып келемиз. 1895-жылы Ленард өзиниң белгили тәжирийбесин қойды. Бул тәжирийбеде ол разрядлы трубкада усы трубкада пайда болған электронларды жуқа айна арқалы өтиўге бағытлады хәм сонлықтан оларды трубканың сыртында бақлаўға мүмкин болды. Бул тәжирийбеде электронлар жуқа айна арқалы өте алғанлықтан ол атомлардың жүдә ашық структураға ийе болады хәм олардың арасында салыстырмалы үлкен аралықлар бар деген жуўмаққа келди. Ол атомларда терис зарядлар менен қандай да бир жол менен байланысқан оң электрден туратуғын сфералар бар деп болжады. Бир ямаса еки жылдан кейин Дж. Дж. Томсон бул пикирди майда-шүйдесине шекем раўажландырды хәм терис зарядлардың оң зарядлы сферадағы қалайынша тарқалғанлығын есаплады. Усындай жоллар менен ол дәўирлик кестениң тийкарғы принципін түсиндире алды.

Мениң жеке қызығыўларым раўажланыўдың келеси дәўири менен тығыз байланыслы болғанлықтан, оны мен толығырақ баянлайман. Бул мысалды сизлердиң фактлерге жийи түрде тосыннан сүрнигетуғынлығыңызды көрсетиў ушын пайдаландым. Мен  $\alpha$ -бөлекшелериниң шашыраўын көп ўақыттан бери бақладым, ал Гейгер мениң лабораториямда оны егжей-тегжейине шекем үйренди. Ол аўыр металлардың жуқа фольгаларында шашыраўдың әдетте үлкен емес, шама

менен  $1^0$  екенлигин тапты. Бир күнлери ол маған келип "Мен радиоактив усылларды үйретип атырған жас Марсденге үлкен емес изертлеуді баслауға уақыт келген жоқ па?", - деп сорау берді. Мен де тап сондай ойда едим хәм сонлықтан "Базы бир  $\alpha$ -бөлекшелериниң үлкен мүйешлерге шашырауын көриуин тапсырыуға болмас па еди", - деп жууап бердим. Мен сизлерге бир купыя сөзди айтайын, мениң өзим  $\alpha$ -бөлекшелерин үлкен мүйешлерге шашырайды деп есапламадым, себеби  $\alpha$ -бөлекшелериниң дым үлкен тезликлер менен қозғалатуғын, жүдә үлкен энергияға ийе массасы үлкен болған бөлекшелер екенлиги белгили еди. Есимде, 2 ямаса 3 күннен кейин маған жүдә қозған Гейгер келди хәм "Бизлерге кейин қарай қайтатуғын  $\alpha$ -бөлекшелерин бақлаудың сәти түсти ...", - деди. Бул мен басымнан кеширген ең кәрамат уақыя болды. Бул егер сиз 15 дюймлик снаряд пенен папирос қағазын атқаныңызда, снарядтың қағаздан өзиниңизге қайтып тийгенлиги сыяқлы хеш бир итималлығы жоқ уақыя болды. Ойлап, мен бул кери қарай шашыраудың себебин бир ретлик соқлығысыудың нәтийжеси екенлигин түсіндим. Ал есаплаулар жүргизгенимде сондай тәртиптеги шаманы алыудың мүмкиншилигиниң жоқ екенлигин көрдім. Тап усы уақытта менде зарядланған үлкен массалы орайға ийе атом ҳаққындағы көз-қарас пайда болды. Мен шашыраудың қандай нызамға бағынатуғынлығын есапладым хәм берилген мүйеште шашыраған бөлекшелердиң саны шашыратыушы фольганың қалыңлығына, ядроның зарядының квадратына пропорционал хәм тезликтің төртинши дәрежесине кери пропорционал екенлигин таптым. Бул жуумақ буннан кейин Гейгер менен Марсден тәрепинен бир қатар әжайып экспериментлерде тексерилди.

Енди усы этапта қандай жуумақларды шығарыуға болатуғынлығын қарайық.  $90^0$  қа шышырауы ушын  $\alpha$ -бөлекшесиниң ядроға қанша жақын аралыққа келе алатуғынлығы ҳаққындағы мәселени қарағанда мен ядроның жүдә киши өлшемлерге ийе болыуының керек екенлигин көрсете алдым. Соның менен бирге мен зарядының шамасын да баҳаладым, оның шамасы электронның заряды е ден шама менен 100 есе үлкен болыуы керек. Дәл баҳалауды жүргизиу мүмкин емес еди, бирақ сол уақытлардағы барлық мағлыұматлар водородтың ядросының зарядының е ге, гелийдиң ядросының зарядының  $2e$  ге х.т.б. тең екенлигин көрсетти. Гейгер менен Марсден хәр қыйлы элементлердеги шашырауды изертледи хәм шашырау дәрежесиниң атомлық салмақтың квадратындай болып өзгеретуғынлығын көрсетти. Бул жуумақ дәл емес еди, бирақ жеткилики жуумақ болды. Бул жуумақтан ядроның зарядының шама менен атомлық салмаққа пропорционал екенлиги келип шықты.

Сол уақытлары бизиң лабораториямызда атомлық номер менен зарядтың бир бири менен байланысқан екенлиги ҳаққындағы көз-қарас басым болды хәм сол уақытлары Мозли өзиниң Х-нурлары менен атақлы тәжирийбелерин өткерди. Ол бир элементтен екинши элементке өткенде элементлердиң рентген спектрлериниң турақлы хәм бирдей болып өзгеретуғынлығын, элементлердиң барлық рентген спектрлериниң бир бирине усайтуғынлығын, бирақ бир элементтен екинши элементке өткенде жылысатуғынлығын көрсетти. Ядролық теорияға сәйкес, рентген спектри электронлардың ядроға жақын орынларда қозғалысы менен байланысly деп болжанады хәм Мозлидиң эксперименталлық нәтийжелери элементлердиң рентген спектриниң характеристикаларының пүтин санның квадратынан ғәрезли екенлигин хәм бул пүтин санның бир элементтен келеси элементке өткенде бирге өзгеретуғынлығын көрсетти. Мозли атомлық номерди ядроның зарядына сәйкес келеди деп болжады хәм алюминий 13 тен баслап алтынға шекемги элементлердиң рентген нурларының қәсийетлерин түсіндире алды. 1932-жылы бул нәтийже уранға шекем кеңейтилди.

Бул теория дәйирли системада қандай элементлердің жетиспейтуғынлығын хәм жаңа элементлерди излеу ушын дыққатты неге аударыудың кереклигин дәрхал көрсетти. Усы ўақытта химиклер дәйирли системадағы әхмийетли көрсеткиши деп есаплаған атомлық салмақтың атомлық номер менен алмастырылыуының хәм элементлердің қәсийетлериниң олардың номерине байланысly түсиндирилиуиниң керек екенлиги айқын болды. Атомлық номер менен ядроның зарядының тең екенлигин Чадвик тәрәпинен урыстан кейин экспериментлерде тексерилди.

Бул зарядлық көз-қарас изотоплардың бар екенлигин дәрхал улыўма түрде түсиндиреди: ядролық заряд электронлардың жайласыуларын басқарады, ал бул жайласыулар химиялық қәсийетлерди анықлайды.

Демек, изотоплар номерлери бирдей, бирақ ядросының массалары басқа болған ядролар болып табылады деп болжауымыз керек. Бул жағдайдың дурыс екенлигин Астонның буннан кейинги жумысларында тастыйықланды.

Енди бизлер Нильс Бордың аты менен байланысly болған мәселеге келдик: "Атомның сыртқы бөлиминде электронлар қалайынша жайласқан?". Мен Бор тәрәпинен усынылған дәслепки спектрдің квантлық теориясын илимде қашан болса да дөретилген барлық теориялардың ишиндеги ең революциялық теория деп есаплайман хәм мен сондай табысқа ерискен басқа теорияны билмеймен. Сол ўақытлары ол Манчестерде еди хәм шашырау бойынша экспериментлерде анықланған атомның ядролық қурылысына қатаң түрде исенип, ол атомлардың белгили болған спектрлерин алыу ушын электронларды қалайынша жайластырыуды түсиниўге тырысты. Оның табысының тийкары теорияға пүткиллей жаңа идеяларды киргизиуден ибарат. Ол бизиң көз-қарасларымызға хәрекет кванты түсинигин хәм электрон ядроның дөгерегинде нурланыу шығармай айлана алады деген классикалық физика ушын жат болған идеяны киргизди. Атомның ядролық қурылысы теориясын усынып, мен классикалық теорияға сәйкес электронлардың ядроға қулап түсетуғынлығын мен мойынладым, ал Бор базы бир белгисиз болған себеплерге сәйкес энергияның нурланыуы болмайды деп постулатлады хәм усы болжаудың тийкарында ол, сизлер буны жақсы билесизлер, спектрлердің пайда болыуын түсиндире алмады. Ақылға толық сәйкес келетуғын боолжауларды қолланып, ол дәйирлик системадағы барлық атомлардағы электронлардың жайласыуы ҳаққындағы мәселени шешти. Бул жерде көп санлы қыйыншылықлар болды, себеби электронлардың жайласыуы элементлердің оптикалық және рентген спектрлерине сәйкес келиуи керек еди, бирақ, ақыр-аяғында Бор дәйирлик системаның мәниси көрсететуғындай етип электронлардың жайласыуларын усына алды.

Тийкарынан Бордың өзи тәрәпинен буннан соңғы жетилистириулерден хәм Гейзенберг, Шредингер хәм Дирак тәрәпинен киргизилген өзгерислерден кейин барлық математикалық теория өзгерди хәм толқынлық механиканың идеялары киргизилди. Буннан кейинги жетилистириулерден пүткиллей ғәрезсиз, мен Бордың мийнетлерин адам ойының уллы триумфы деп есаплайман.

Оның жумысларының әхмийетин мойынлау ушын тек ғана элементлердің спектрлериниң айрықша қурамалы екенлигин қарау хәм 10 жылдың ишинде бул спектрлердің тийкарғы характеристикаларының түсиникли болғанлығын және түсиндирилгенлигин көз-алдымызға келтириуимиз керек. Сонлықтан хәзир оптикалық спектрлер теориясы сондай дәрежеде жуўмақланған болып, көплеген изертлеушилер оны буннан бир неше жыл бурын сес теориясының жуўмақланғанлығындай, бул теорияны да толық дөретилип болынды деп есаплайды.

Енди бизлердің ядроның структурасы ҳаққындағы буннан кейинги идеяларды қарауымыз керек. 1919-жылы мен  $\alpha$ -бөлекшелери менен бомбалағанда жеңил элементлердің протонды шығарыу менен, яғный водородтың ядроларын шығарыу

менен қыйрайтуғынлығын көрсеттім. Сонлықтан бизлер протонды басқа атомлардың ядролары туратуғын структуралық бирликлердің бири болыуы керек деп болжадық, ал теоретиклер ядроның қәсийетлерин протонлар менен электронлардың комбинацияларының жәрдемінде түсиндирийге тырысты. Бирақ әсте қозғалатуғын және аўыр салмақлы протонды жеңил хәм қозғалғыш электрон менен ядро сыяқлы шекленген кеңисликте байланыстырыу жүдә қыйын хәм Чадвик зарядланбаған бөлекше болған нейтронды ашқанда, көринип турғанындай, бул мәселе өзиниң теориялық шешимин тапты. Сол ўақытта барлық атомлардың ядроларын протонлар менен нейтронлардың комбинацияларынан турады деп болжау мүмкин болды. Мысалы, заряды 8 ге массасы 16 ға тең болған кислород 8 протонға хәм 8 нейтронға ийе. Бул жүдә эпийайы идея еди, оның мәниси ядроны қурайтуғын бөлекшелер бирдей массаға ийе деп есаплаудан ибарат. Бирақ бир мәселе пайда болды: радиоактив айланысларда терис электронның ядродан жийи түрде ушып шығатуғынлығы хәм оң электрон базы бир жасалма айланысларда ушып шығыу фактин қалайынша түсиндирийге болады? Бул мәселеге жуўап ретинде теоретиклер бөлекшелер арасындағы өз-ара тәсир етиў күшлери оғада үлкен болған ядроның шекленген кеңислигинде протонлар нейтронларға хәм керисинше нейтронлардың протонларға айланыуы орын алады деп болжады. Мысалы, егер нейтрон терис зарядты жоғалтса протонға, ал егер протон оң зарядты жоғалтса нейтронға айланады. Сонлықтан биринши жағдайда терис бөлекше, ал екнши жағдайда оң бөлекшениң шығарылыуы мүмкин. Электронлар менен протонлар еркин ҳалда ядрода жасай алмайды, олар шараятларға байланыслы нейтрон ямаса протон менен байланысқан хәм ядроның ишиндеги энергия үлкен өзгерислерге ушырағанда жүзеге келетуғын белгили бир жағдайларға байланыслы ядродан ушып шығады.

Мен бизлер 40 жыл бурын изертлей баслаған ўақыттағы бар болған тийкарғы көз-қарасларға хәм бул көз-қараслардың раўажланыу жолларына улыўмалық характеристикасын бериўге умтылдым. Соның менен бирге ҳеш бир адамның тосаттан илимий ашыўға ересе алмайтуғынлығын көрсетиўге тырыстым. Илим алға қарай адымба-адым жылысады хәм қәлеген адамның мийнети оннан бурын ислеген адамлардың мийнетинен ғәрезли болады. Егер сизге тосаттан күтилмеген ашылыу ҳаққында гәп жетсе, басқа сөз бенен айтқанда ашық аспанда гүлдирмама гүлдирлесе, онда бул ашылыудың бир адамлардың басқа адамларға тәсириниң нәтийжесинде жүзеге келгенлигине исене бериң хәм атап айтқанда тап усындай өз-ара тәсир етисиў илимниң прогрессиниң айрықша мүмкиншиликлерин ашады. Алымның жетискенлиги айырым адамның идеяларынан емес, ал бир проблеманы шешиў үстинде ойланатуғын көп мыңлаған адамлардың бирлескен даналығынын ғәрезли хәм ҳәр бир адам кем-кемнен бой көтеретуғын билиўдиң уллы имаратына өзиниң үлкен болмаған үлесин қосыды.