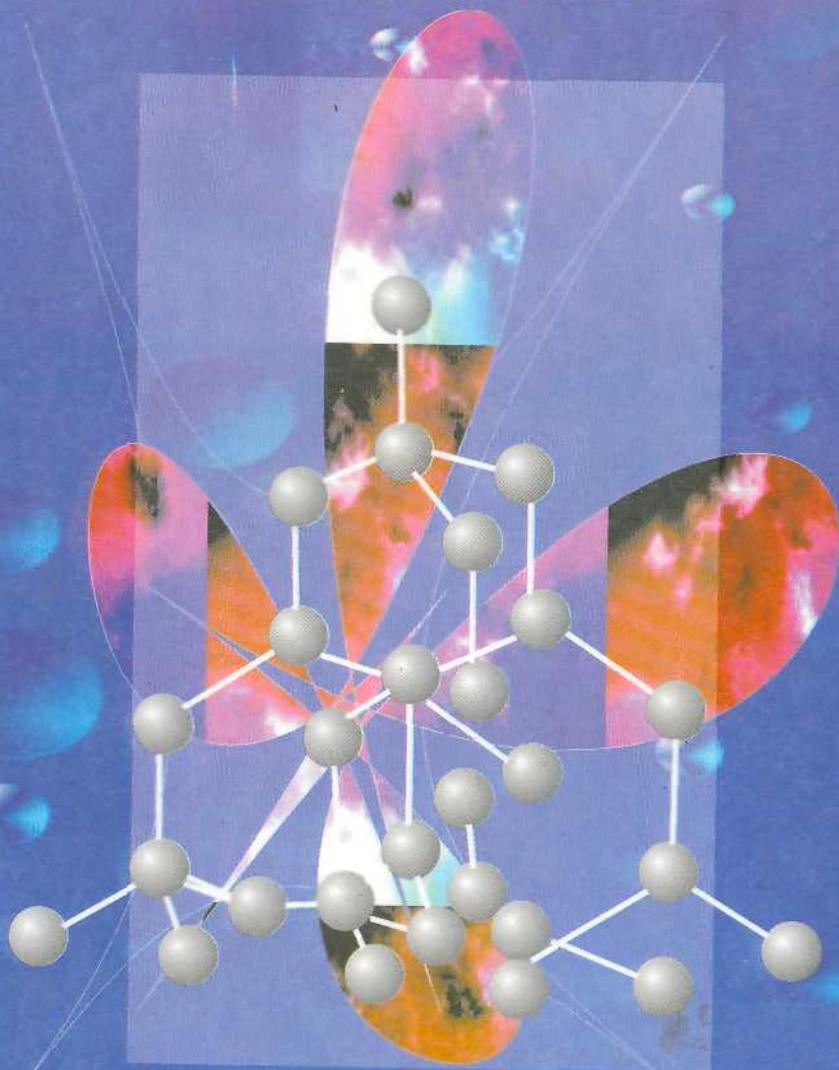


Қ. АХМЕРОВ, А. ЖАЛИЛОВ, Р. САЙФУТДИНОВ

УМУМИЙ ВА АНОРГАНИК КИМЁ



Қ. АҲМЕРОВ, А. ЖАЛИЛОВ, Р. САЙФУТДИНОВ

УМУМИЙВА АНОРГАНИК КИМЁ

*Ўзбекистон Республикаси Олий ва ўрта махсус таълим
вазирлиги «кимёвий технология, озик-овқат технологияси ва
бошқа йўналишлар бўйича бакалаврларни тайёрлаш учун
дарслик сифатида тавсия этган.*

Тақризчилар: *к.ф.д., проф-А. ЙЎЛЧИБОВ* ва
к.ф.д., проф - И. ИСМОИЛОВ

Муҳаррирлар: *Р.Тоирова, Н. Инояпгова*

Ахмеров К. ва бошқ.

А 98. Умумий ва анорганик кимё. Кимёвий технология ва биотехнология йўналишлари бўйича техника фанлари бакалаврларини тайёрлаш учун дарслик /К. Ахмеров, А. Жалилов, Р. Сайфутдинов—Т.: Ўзбекистон, 2003. 464-б.

1,2 Автордош.

ISBN 5-640-03046-1

Мазкур дарслик олий техника ўқув юрларининг кимёвий технология (ишлаб чиқариш турлари бўйича), озик-овкат технологияси (махсулот турлари бўйича ва турдош йўналишлар бўйича билим оладиган талабаларига мўлжалланган бўлиб, унда умумий ва анорганик кимё фанидан назарий қонун-қоидалар, маърузишларда бериладиган материалларга оид саволлар, тестлар, масала-мисоллар ва мустақил ўрганиш учун маълумотлар келтирилган.

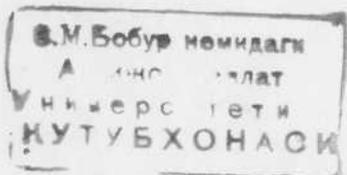
Дарсликда келтирилган маълумотлардан олий техника ўқув юрларининг талабалари ва магистрантлар фойдаланишлари мумкин.

ББК 24.1я73

№470-2003

Алишер Навоий номидаги
Ўзбекистон миллий кутубхонаси.

А 1705000000-103 2003
М351 (04) 2003



2497 "Б" -3

© ЎЗБЕКИСТОН нашриёти, 2003 й.

СЎЗ БОШИ

Мазкур дарслик Ўзбекистон Республикаси Олий ва ўрта махсус таълим вазирлиги томонидан тасдиқланган дастур асосида тузилган бўлиб, олий техника ўқув юрларининг турли йўналишларида билим олаётган бакалаврларга мўлжаллаб ёзилган. У талабалар билимларини чуқурлаштириш, аудиторияда ва мустақил ишлашлари учун амалий ёрдам дастагидир. Унда ўқитишнинг рейтинг усулидан ва тест назоратидан фойдаланиб умумий кимё асосларини сингдириш кўзда тутилади. Табиатда рўй берувчи жараёнлар, атмосфера ва коинотдаги ўзгаришлар, турли минералларнинг ҳосил бўлиши, булардан кимёвий хомашё сифатида фойдаланиш ҳамда синтезда қўлланишини ўргатиш умумий кимё зиммасига юклатилади. Фаннинг назарий масала ва муаммолари, қонун-қоидалари, гипотезалар, бошқа фанлар билан узвий боғлиқлиги ва бошқалар таҳлил қилинади. Кўп йиллар давомида кимёнинг ривожланиш тарихи, илмий ва амалий ютуқлари, муаммолари, келажакда ҳал қилиниши лозим бўлган технологик ечим асослари билан бўлажак бакалаврларни таништириш, уларда бу ишларга қизиқиш уйғотиш ҳамда дастлабки ижодий қуртакларни ўстириш фаннинг асосий мақсади ҳисобланади.

Фанни ўрганиш натижасида талаба:

- кимёнинг моддалар ишлаб чиқаришдаги салмоғи;
- атом тузилиши назариялари;

- Д. И. Менделеевнинг даврий қонуни ва кимёвий боғланиш;

- молекулалар тузилиши ва кимёвий боғланиш;
- кимёвий реакцияларнинг иссиқлик эффектлари;
- эритмалар хоссалари, концентрацияларни ифодалаш усуллари;
- электрокимёвий жараёнлар;
- координацион бирикмалар, номенклатураси, классификацияси;
- элементларнинг электрон формулалари, табиатда учрайдиган асосий бирикмаларнинг олиниш усуллари, физик-кимёвий хоссалари, халқ хўжалиги учун аҳамиятли бирикмалари тўғрисида маълумотлар;
- атмосферанинг экологик вазияти ва унинг кимё саноати билан узвий боғлиқлиги ҳақидаги дастлабки билимларни эгаллаши лозим бўлади.

Дарсликдаги маълумотлар, ўлчов бирликлари, физик-кимёвий доимийлар Халқаро СИ системасида берилди, ҳозирги замон фани эришган ютуқлар тегишли бобларда ўз ифодасини топди. Координацион бирикмалар, биоанорганик кимё, экология ва бошқа баъзи йўналишлар бўйича янги маълумотлар берилди. Булар билан бир қаторда атом, молекула, кимёвий элемент тушунчалари ва бирикмаларининг хоссалари замонавий таҳлилда талқин қилинди.

Муаллифлар дарслик ҳақида ўз фикр ва мулоҳазаларини бидирган ҳамда маслаҳатларини аямаган китобхонларга ўз миннатдорчилигини билдиради.

КИРИШ

Материя ва унинг ҳаракати. Материя (Materia —лат. модда маъносини англатувчи объектив борлик. Материя теварак атрофимизни ўраб туради, моддалар турли кўринишда мавжуд объект ва системалар ҳолида, хусусият, алоқа, муносабат ҳамда ҳаракат шакллариининг асоси сифатида мавжуд. Материя табиатда бевосита кўз билан кўрадиган нарса ва жисмларгина эмас, балки шший-техника таракқиётининг ўсиши натижасида келажакда аниқланиши мумкин бўлган нарсаларни ҳам ўз ичига олади. Бутун оламдаги нарсалар ҳаракатдаги материянинг кўринишидир. Материянинг абадийлиги, унинг йўқдан бор бўлмаслиги ва исиз йўқолиб кетмаслиги минглаб йиллар давомида исботланди.

Материя қатор универсал хусусиятларга эга. Дунёнинг моддий бирлиги ҳам унинг ана шу хусусиятларида ўз аксини топади. Материянинг вақтда абадий мавжудлиги ҳамда фазода чексизлиги, структураларининг битмас-туганмаслиги унинг универсал хусусиятлари қаторига қиради.

Материя ҳаракатининг шакллари турли-тумандир. Жисмларни иситиш ва совитиш, нурланиш, қорнинг эриб сувга айланиши, сувнинг музга ўтиши, кимёвий энергиянинг электр энергиясига ва баъзи жараёнларда ажралувчи иссиқлик энергиясининг кимёвий энергияга айланиши, космик ҳодисалар, биологик жараёнлар шулар жумласидандир. Бундай айланиш ва ўзгаришлар материя ҳаракати кўринишларининг бирлиги ва узлуксиз боғлиқлигидан далолат беради. Материя Ҳаракатининг бир кўринишдан иккинчи кўринишга ўтиши

табиатнинг асосий қонуни - материя ва унинг ҳаракати абадийлиги қонунидан келиб чиқади.

Ҳар бир фан материя ҳаракатининг асосий кўринишини: кимё — моддалар, уларнинг таркиби, хоссалари, тузилиши ва уларда содир бўладиган ўзгаришларни ўрганувчи фан ҳисобланади.

Материянинг маълум физик хоссаларга эга бўлган ҳар бир кўриниши, масалан, кимё фанида сув, темир, тош, қум, кислород, азот ва бошқалар **модда** дейилади. Алюминий қумушранг энгил металл бўлиб, зичлиги $2,7 \text{ г/см}^3$, ёқлари марказлашган куб панжарада кристалланади, $658,6^\circ \text{С}$ да эрийди, 2447°С да қайнайди. Буларнинг ҳаммаси алюминийга хос физик хоссалардир.

Модданинг фазода чегараланган қисми **жисм** деб аталади. Бу моддага нисбатан **нисбий** тушунча бўлиб, **аниқ** бир нарсани англатади. Алюминийдан ясалган қошиқ, идиш-товоқлар, самолёт қисмлари сим ёки қурилиш материали жисмга мисол бўла олади. Модда ибораси жисм тушунчасига нисбатан умумийдир.

Ҳозирги вақтда моддалар тўрт гуруҳга: элементар заррачалар, оддий моддалар, мураккаб моддалар (кимёвий бирикмалар) ҳамда аралашмаларга бўлиб ўрганилади.

Электрон, протон, нейтрон, позитрон, нейтрино, мезон, мюон ва бошқалар **элементар заррачаларни** ташкил қилади. Ҳозирги вақтда уларнинг сони 100 дан ортади. **Оддий** моддалар кимёвий элементнинг эркин ҳолда мавжуд бўла оладиган бир туридир. **Мураккаб моддалар** (кимёвий бирикмалар) маълум нисбатларда икки ёки ундан ортиқ элементнинг ўзаро бирикиши натижасида вужудга келади. Бундай моддалар табиатда кўп учрайди. **Аралашмалар** ҳам табиатда кўп тарқалган, бироқ улар ўз хоссалари билан кимёвий бирикмалардан **фарқ қилади**. Баъзи аралашмалардаги алоҳида модда микдорини оптик микроскопларда ҳам аниқлаб бўлмайди. Аралашмаларга тоғ жинслари, лойқа ва минерал қазилма бойликлари мисол бўла олади.

Кимё тарихидан қисқача маълумот. Мамлакатимизда кимё фани ва саноатининг ривожланиши.

XVII асрга келиб фан табиат ҳодисаларини ўрганишнинг схоластик ёндашувларидан воз кечди ҳамда ўзининг тажрибага

асосланган ҳулосаларига суяна бошлади. Бунда Р. Бойль ишларининг аҳамияти катта бўлди. У биринчи бўлиб фан тажриба ва ундан келиб чиқувчи қонуниятларнинг мужассамлашувидан келиб чиқувчи фикрларни илгари сурди. У кимёгарнинг вазифаси тажриба қўйиш, натижаларни таҳлил қилган ҳолда назария яратиш мумкинлигини уқтирди.

Вужудга келган флогистан назарияси ҳам барбод бўлди. Ана шундан сўнггина фан тўғри йўлга туша бошлади.

Кимёнинг алоҳида фан бўлиб ажралиб чиқишида (XIX аср) массанинг сақланиши қонунига суянилди: реакцияга **киришган моддаларнинг массаси реакция натижасида ҳосил бўлган моддаларнинг массасига тенг**.

Бунда М.В. Ломоносов билан А. Лавуазьенинг хизматлари катта бўлди. Лавуазье кимёвий реакцияларда моддаларнинг умумий массасигина эмас, балки ўзаро бирикаётган моддалар таркибига кирувчи ҳар бир элемент массаси ҳам сақланишини исботлади. 1905 йили А. Эйнштейн жисм массаси (m) ва энергияси (E) орасида қуйидаги нисбат билан ифодаланувчи боғланиш борлигини кўрсатди:

$$E = mc^2$$

бу ерда, c - нурнинг вакуумдаги тезлиги, $2,997925 \cdot 10^8 \text{ м/с}$ ёки тахминан $300\,000 \text{ км/с}$ га тенг. Бу Эйнштейн тенгламаси номи билан маълум: масса ўзгарганда тегишли энергия ҳам ўзгаради.

1861 йили А.М. Бутлеров томонидан кимёвий тузилиш назариясининг кашф этилиши ва 1869 йили Д.И. Менделеев томонидан элементлар даврий системасининг эълон қилиниши кимёнинг ривожланишига буюк ҳисса бўлиб қўшилди. Ушбу кашфиётлар туфайли 40 дан ортиқ янги элемент топилди, минг-минглаб янги синтезлар амалга оширилди, табиат яратмаган ажойиб хоссали бирикмалар вужудга келтирилди. Ўтда қуймайдиган полимерлар, ҳосилга **Ҳосил қўшувчи органик ва минерал ўғитлар, қишлоқ хўжалиги зарарқунандаларига қарши ишлатиладиган гербицидлар, Дори-дармон, синтетик кийим-кечак, сув остида ишлатишга мўлжалланган кабель симлар** кимё туфайли вужудга келди.

40-йиллардан бошлаб Ватанимизда ўғит саноати учун асос бўлган аммиак минг тонналаб ишлаб чиқарила бошланди,

кўплаб цемент, қурилиш материаллари, тиббиёт ва қишлоқ хўжалиги препаратлари яратилди. Ҳозир кимё саноати ишлаб чиқараётган маҳсулотлардан фойдаланмаётган бирор соҳани кўрсатиш қийин.

Кимё фани ва саноатининг катта одимлар билан ривожланаётганлиги бошқа соҳаларнинг ривожига ҳам ижобий таъсир этмоқда. Қатор йирик кимё ишлаб чиқариш бирлашмалари, ўнлаб заводлар, цех ва корхоналар турли хил маҳсулотлар ишлаб чиқармоқда. Бу корхоналарда ишлаб чиқарилаётган маҳсулотлар чет элларда ҳам маълум ва машҳурдир. Республикамизда жойлашган 5 та кимё йўналишидаги илмий-тадқиқот институти, олий ўқув юртларидаги факультет, кафедра ва тармоқ илмий ташкилотларида кимё муаммолари ҳал этилмоқда.

Мамлакатимизда кимё фани ва саноатини жадал ривожлантириш, хусусан кимё корхоналарининг қувватини янада ошириш, маҳсулот сифатини кўтариш, озиқ-овқат маҳсулотларини кўпайтириш, кимё ютуқларидан амалий фойдаланиш вазифалари турибди. Табиий газ, тошқўмир, нефть, конденсат ва бошқа хомашёлардан фойдаланиш самараси кўтарилмоқда. Биотехнология ривожлантирилди, чиқитсиз технологияга кенг йўл очилди, чорвачилик маҳсулотларининг маҳсулдорлиги, қишлоқ хўжалик экинлари ҳосилдорлигини ошириш учун кимёвий воситалар кўплаб ишлаб чиқарилмоқда. Қисқача қилиб айтганда, кимё ютуқларидан халқ хўжалигининг барча соҳаларида кўп ва самарали фойдаланилмоқда.

І БО Б.

УМУМИЙ КИМЁ

І.І. ЎЛЧОВ ВА БИРЛИКЛАРНИНГ МЕТРИК СИСТЕМАСИ

Миқдорий ўлчовларнинг ахамияти ҳақида XVIII асрда Лавуазье қайд этиб ўтган эди. 1881 йили метрик системага асосланган бирликларнинг СГС системаси (узунлик бирлиги - сантиметр, масса бирлиги - грамм, вақт бирлиги - секунд) қабул қилинди. Ҳозирги вақтда ўлчовларни миқдорий топишда турли асбоблардан фойдаланилади. Фанда қўлланиладиган стандартлар эса бирликларнинг метрик системасида ифодаланади. Амалиётда метрик система ва ундан келиб чиқадиган бирликлардан фойдаланиш кўзда тутилади. Булар ҳозирда халқаро миқёсда қабул қилинган.

Халқаро бирликлар системаси — СИ (Sisteme Internationite — SI) фан ва техниканинг барча соҳалари учун физик катталикларнинг универсал системаси бўлиб, у 1960 йили ўлчов ва тарозилар XI Бош конференциясида қабул қилинди. Бу системада олгита асосий, иккита қўшимча катталик ва шуларга мос ҳолда олгита асосий, иккита қўшимча бирлик ҳамда жуда кўп ҳосилавий катталиклар ва уларга мос бирликлар қабул қилинган. 1971 йили ўлчов ва тарозилар XIV Бош конференциясида Халқаро бирликлар системасининг еттинчи асосий бирлиги сифатида **моль** қабул қилинди ҳамда унга қуйидагича таъриф берилди: Моль - массаси 0,012 кг бўлган ¹²C углеродда қанча атом бўлса, таркибида шунча структуравий элементи бўлган модда миқдоридир. «Масса» ва «модда» миқдори бир хил тушунча эмас. I-жадвалда СИ системасидаги асосий бирликлар ва уларнинг таърифи келтирилган.

СИ системасининг асосий birlikларини аниқлаш учун қўлланиладиган дастлабки стандартлар улар қайтадан ўлчанганда айнан такрорланганлиги ва аниқ ўлчовларда қўлланилиши мумкинлигига қараб танланган. Масалан, килограмм Франциядаги Севра шахрида жойлашган тарози ва ўлчовлар Халқаро бюросида сақланувчи платина-иридий цилиндри стандарт массаси сифатида берилган. Метрик системада қўлланилувчи ўнлик каср ёки ўнлик қисмлар учун асосий номларга қўшимчалар қўшиб ишлатилади. Буларнинг айримлари 2-жадвалда келтирилган.

1.1-жадвал

СИ системаси асосий birlikлари ва уларнинг таърифи

№	Катталик номи	Бирлик белгиси	Таърифи
1.	Моляр масса	кг/моль	Микдори 1 моль бўлган модда массаси
2.	Моляр ҳажм	м ³ /моль	1 м ³ ҳажми эгалладиган 1 моль модданинг моль ҳажми
3.	Кимёвий реакциянинг иссиқлик эффекти	Ж	Турли кимёвий реакциялар натижасида 1 Ж энергияга эквивалент миқдорда ҳосил бўладиган иссиқлик эффекти
4.	Моляр ички энергия	Ж/моль	Ички энергияси 1Ж бўлган 1 моль модданинг энергияси
5.	Моляр энтальпия	Ж/моль	1 моль кимёвий модданинг 1 Ж энергияга эквивалент энтальпияси
6.	Кимёвий потекшиал	Ж/моль	1 моль модданинг 1 Ж энергияга эквивалент кимёвий потенциали
7.	Кимёвий мойиллик	Ж/моль	1 моль модданинг 1 Ж энергияга эквивалент миқдорда намоён бўладиган кимёвий мойиллиги
8.	Активланиш энергияси	Ж/ моль	1 моль модданинг кимёвий реакция жараёнида 1 Ж. энергияга эквивалент активлаш энергияси

9.	Моляр иссиқлик сиғими	Ж/моль.К	Иссиқлик сиғими 1 Ж/К бўлган 1 моль модданинг моляр иссиқлик сиғими
10.	Моляр энтропия	Ж/моль.К	Энтропияси 1 Ж/К иссиқлик сиғимига эквивалент 1 моль модданинг моляр энтропияси
11.	Масса концентрация	кг/м ³	1 м ³ ҳажмда массаси 1 кг модда бўлган қаттиқ эритма концентрацияси
12.	Фоиз концентрация	%	100 г эритмада эриган кимёвий модданинг граммларда ифодаланган миқдори
13.	Моляр концентрация	моль/л	1 л эритувчида 1 моль модданинг эриши натижасида ҳосил бўлган эритма
14.	Моль концентрация	моль/л	1 кг эритмада 1 моль модданинг эриши натижасида ҳосил бўлган эритма
15.	Нормал концентрация	экв/л	1 л ҳажмда 1 эквивалент модда бўлган эритма концентрацияси
16.	Осмотик босим	Па	Ярим ўтказиб юбуровчилардаги 1 Па босимга эквивалент бўлган осмотик босим
17.	Диффузия коэффициенти	м ² /с	Концентрация градиенти 1 м ⁴ бўлганда 1 с вақт ичида 1 м ² юздан ўтайдиган заррачанинг диффузия коэффициенти
18.	Кимёвий реакциянинг тезлиги	моль/м ³ ·с	1 с вақт ичида эритмадаги дастлабки моляр концентрацияси 1 моль/м ³ га ўзгарадиган мономолекуляр кимёвий реакциянинг ўртача тезлиги
19.	Катализаторнинг активлиги	моль/кг·с	1 с вақт ичида эритмадаги дастлабки моляр концентрацияси моль/кг га ўзгарадиган реакция тезлиги
20.	Диполь моменти	Клм	Кучланганлиги бирга тенг бўлган бир жинсли электр

21.	Кутбланувчанлик	Кл.м ² /В	майдонида механик момент хосил қила оладиган электр куч 1 м ² юзага таъсир эта оладиган электр кучланганлик
22.	Оксидланиш-қайтарилиш потенциаллари	В	1 моль модданинг оксидланиш реакциясига киришганда хосил бўлган кучланганлик
23.	Нурланиш интенсивлиги	Вт/м ²	1 м ² юзага куввати 1 Вт бўлган нурланиш тушгандаги интенсивлик
24.	Квантлар оқимининг зичлиги	С ⁻¹ ·м ⁻²	Оқимга тик бўлган 1 м ² юзадан 1 с вақт ичида ўтадиган квантлар сони
25.	Элементар электр заряд	Кл	e – электроннинг элементар зарядидан олинган қаррали заряд қиймати
26.	Боғланиш энергияси	Ж	Кимёвий боғланишни узишга сарф бўлган энергия
27.	Ярим емирилиш даври	С	Атом дастлабки миқдорининг ярмиси емириладиган вақт

Ўлчов системаси белгилари

Қўшимча	Белгиланиши	Сон миқдори	Мисоллар
Мега	М	10 ⁶	1 мега метр (Мм) = 1 · 10 ⁶ м
Кило	К	10 ³	1 километр(км) = 1 · 10 ³ м
Деци	Д	10 ⁻¹	1 дециметр (дм) = 0,1 м
Сант	С	10 ⁻²	1 сантиметр (см) = 0,01 м
Милли	М	10 ⁻³	1 миллиметр (мм) = 0,001 м
Микро	МК	10 ⁻⁶	1 микрометр (мкм) = 1 · 10 ⁻⁶ м
Нано	Н	10 ⁻⁹	1 нанометр(нм) = 1 · 10 ⁻⁹ м
Пико	П	10 ⁻¹²	1 пикометр (пм) = 10 · 10 ⁻¹² м

Баъзи физик-кимёвий катталикларнинг миқдори ва белгиси

Катталик номи	Катталик миқдори белгиси
Массанинг атом бирлиги	1 м.а.б. = 1,66057 · 10 ⁻²⁷ кг 6,022169 · 10 ²³ м.а.б. = 1 кг
Электрон заряди	e = 1,6022 · 10 ⁻¹⁹ Кл.
Протон массаси	m _p = 100728 м.а.б. = 1,67265 · 10 ⁻²⁴ г
Нейтрон массаси	m _n = 1,00866 м.а.б. = 1,67495 · 10 ⁻²⁴ г
Электрон массаси	m _e = 5,48580 · 10 ⁻⁴ м.а.б. = 9,10953 · 10 ⁻²⁴ г
Моляр газ доимийси	R = 8,3144 Ж/К · моль = 0,08205 л.атм/К.моль
Больцман доимийси	1,38066 · 10 ⁻²³ Ж/К
Планк доимийси	6,6262 · 10 ⁻³⁴ Ж.С.
Фарадей доимийси	9,6485 · 10 ⁴ Кқ/моль
Вакуумдаги ёруғлик нури тезлиги	c = 2,997925 · 10 ⁸ м/с
Авогадро сони	N ₀ = 6,022045 · КРмоль ⁻¹
Пи сони (π)	K = 3,14159265 36

1.2. АТОМ-МОЛЕКУЛЯР ТАЪЛИМОТ

Атом-молекуляр таълимот асосларини М.В. Ломоносов кимёга татбиқ этди. У ўзининг «Математик кимё элементлари» (1741 й) номли мақоласида модда тузилишининг корпускуляр назариясини зълон қидди. Бу назария кимё фанининг ривожланишида муҳим аҳамиятга эга. (Корпускуляр сўзи хозирги молекула терминиغا мос келади). Олим фикрича, барча моддалар майда заррачалардан таркиб топган бўлиб, физик жиҳатдан бўлинмайди ва ўзаро тортишиб туради. Модданинг хоссалари хусусан унинг агрегат ҳолати шу зарралар хоссаси билан аниқланади, яъни моддалар хоссаларининг ҳар хиллиги заррачалар хоссаларининг турлича бўлишига ва ўзаро боғланиш усулига боғлиқ бўлади.

Атом-молекуляр назарияга мувофиқ барча моддалар «корпускулар»лардан тузилган бўлиб, улар бир-биридан фазо оралиғи билан ажралган ва тўхтовсиз ҳаракатда бўлади: корпускулалар ҳам ўз навбатида «элементлар» дан (атомлардан) таркиб топган, аниқ масса ҳамда ўлчамга эга, оддий моддаларнинг корпускулалари бир хил элементлардан, мураккаб моддаларники эса турли элементлардан тузилган. Корпускулалар бошқа механик жисмлар каби ҳаракатда бўлади.

Жисмларнинг исиш ёки совиш ходисалари корпускулаларнинг харакати натижасида содир бўлади, деб тушунтирилди. Шунингдек, увда модцанинг ҳолати корпускулалар харакати билан боғлиқ экан, кимёвий ўзгаришлар ҳам кимёвий усуллар билан бир қаторда физик ва математик усуллар ёрдамида ўрганилиши кераклиги таъкидланган эди. Ломоносов илгари сурган фикрлар янги асбоб ва ускуналар ёрдамида кейинчалик ўтказилган аниқ миқдорий тажрибалар ва фанда қўлга киритилган илмий далиллар асосида тўла исботланди. Ломоносовнинг металлларни қиздириш бўйича ўтказган тажрибаларини француз олими Антуан Лавуазье 1773 йили такрорлаганлиги ва олинган маълумотларнинг бир хиллиги қизиқарли бўлди. Лавуазье идиш ичида металл билан реакцияга киришаётган газнинг кислород эканлигини аниқлади. Идишда реакцияга қирмай қолган газни азот деб атади. Лавуазьенинг ёниш ходисасини аниқдаб бериши кимёдаги кўп ходисаларни тўғри тушунишга олиб келди. Аввало бу флогистон назариясига катта зарба бўлди: куйинди ва флогистондан иборат деб қаралган металллар оддий моддалар бўлиб чиқди. Аксинча куйинди ёки «ерлар» эса мураккаб бирикмалар сифатида қаралиши керак бўлиб қолди. Шунда сув ҳам мураккаб бирикма (у водороднинг кислород билан бирикмаси) эканлиги исботланди. Ҳавонинг кислород билан азотдан ташкил топганлиги, азот ёнишга ёрдам бермаслиги амалда тасдиқланди. Илгари элементлар деб, ҳисоблаб келинган сув, ҳаво, куйиндилар мураккаб моддалар ёки аралашмалар эканлиги аниқланди. Ҳақиқий элементлар: металллар, кислород, азот, водород, олтингургурт ва бошқалар кимёвий жиҳатдан бўлинмайдиган моддалардир.

А. Лавуазье фанда катта ишлар қилишига қарамай, ис-сиқликни «оғирлиги бўлмаган» (массасиз) элемент деб қаради, уни «теплород» деб аташгача борди ва элементлар рўйхати-га киритди. Бу хато фикр эди, албатта.

XIX аср бошларида инглиз олими Ж. Дальтон ўзининг физик-кимёвий тадқиқотлари асосида модда тузилишининг атомистик таълимотини яратди. Бу таълимотга кўра, моддалар ниҳоятда майда заррачалар - атомлардан тузилган, булар яна-да кичикроқ заррачаларга бўлина олмайди: ҳар қайси кимёвий элемент фақат ўзига хос «оддий» атомлардан тузилган: яъни ҳар бир элементнинг атоми ўзига хос масса ва ўлчамга эга бўлади; кимёвий реакция пайтида турли элементларнинг «оддий» атомлари ўзаро аниқ ва ўзгармас бутун сонлар нисба-

тида бирикиб «мураккаб» атомлар ҳосил қилади: ҳар хил хоссаларга эга бўлган атомларгина фақат ўзаро бирика олади, бир элемент атомлари ўзаро кимёвий реакцияга киришмайди, улар бир-биридан қочади.

Дальтон газларнинг парциал босими ва каррали нисбатлар қонунини кашф этди. У кимёвий элемент тушунчасини аниқ таърифлади: Кимёвий элемент — бир хил хоссалари билан тав-сифланадиган атомлар туридир.

Дальтон кимёга атом-массаси тушунчасини киритди, во-дороднинг атом массасини шартли равишда бирга тенг деб қабул қилишни таклиф қилди.

Дальтон таълимотида оддий моддалар молекулаларини инкор қилишдек катта хатога йўл қўйилган эди. У бир эле-ментнинг бир атоми иккинчи элементнинг фақат бир атоми билан бирикади, деб ўйлади. Бундай ҳолда сув формуласини битта кислород ва битта водороддан, бензолни битта углерод ва битта водороддан тузилган деб, сувни ОН ва бензолни СН формулалар кўринишида ёзиш керак бўлар эди. Мураккаброк формулалари сульфат ва нитрат кислоталар, мармар тош, ми-нераллар, қанд моддалари ва целлюлозаларни ёзиш имконига эга бўлмаган бўлардик. Бў Дальтоннинг иккинчи катта хатоси ва таълимотидаги камчилиги эди.

1.3. КИМЁВИЙ ЭЛЕМЕНТ

Кимёвий элемент оддий ва мураккаб моддаларнинг таркибий қисми ҳисобланади. Кимёвий аяемент ядро заряди бир хил бўлган атомлар тўпламидан иборат. Ҳозирги вақтда 107 та кимёвий элемент маълум бўлиб, уларнинг 89 таси табиатда учрайди, қолганлари эса ядро реакциялари натижасида сунъий равишда олинган. Кимёвий таърифга кўра: *кимёвий элемент — оддий ва мураккаб моддалар таркибида қирадиган ва маълум атом массасига эга бўлган атомлар туридир.*

Элементлар орасидаги ўзаро боғлиқлик даврий системада ўз аксини топган. Элементнинг атом рақами протон заряди бирлигида ифодаланган ядро зарядига; сон жиҳатдан эса атом ядросидаги протонлар сонига тенг. Элемент ядросидаги нейтронлар сони протонлар сонидан фарқ қилиши мумкин.

Масалан, водород изотопи тритий (${}^3_1\text{H}$)да бир протон, икки нейтрон ва бир электрон бор.

Ядроси аниқ протонлар ва нейтронлар сонига эга атом нуклид дейилади. Яфодаги протонлар ва нейтронларнинг умумий сони масса сони деб юритилади.

Кимёвий элементнинг нисбий атом массаси унинг табиатда тарқалиши ҳисобга олинган табиий изотоплари массаларининг ўртача қийматига тенг. У одатда массанинг атом бирлиги (м.а.б) да ифодаланади. Бунинг учун ^{12}C атом нуклиди

массасининг $\frac{1}{12}$ улуши қабул қилинган. Массанинг атом бир-

лиги тахминан $1,66057 \cdot 10^{-27}$ кг га тенг.

Кимёвий элементларнинг табиатда мустақил мавжуд бўла оладиган шакли оддий модда тушунчасига мос келади. Ҳар бир кимёвий элемент атоми ўз бирикмаларида ўзига хос оксидланиш даражаларини намоён қилади. Кимёвий реакцияларда атомлар сақланади, чунки атомларнинг ташқи қобикларидаги электронлар қайтадан тақсимлангани ҳолда атом ядроси ўз ҳолича сақланиб қолади.

Кимёвий элементлар металл ва металлмасларга бўлинади. 22 та металлмас элемент (H, B, C, Si, N, P, As, O, S, Se, Te, галогенлар ва инерт газлар) бўлиб, қолганлари эса металллардир.

I. 4. ТОЗА МОДДА ВА АРАЛАШМАЛАР

Табиатдаги минглаб моддалар маълум бўлган 100 дан ортик кимёвий элементлардан таркиб топгандир (уларнинг ҳаммаси ҳам ўта зарур моддалар бўлмаслиги мумкин). Ер қаъридан қазиб олинadиган фойдали қазилмалар асосан беш элемент: кислород, кремний, алюминий, темир ва кальцийдан таркиб топган. Инсон организмнинг 90 фоизи асосан уч элемент — кислород, углерод ва водороддан ташкил топган. Шунингдек, 20 га яқин элемент табиатда жуда оз миқдорда учрайди ёки лабораторияларда олинган. Улар топилиши қийин ва ноёб элементлар ҳисобланади.

Табиатда соф ҳолда олтин, кумуш, платина ёмбилари учрайди. Углерод, олтингургут, симоб ва бошқа баъзи элементлар ҳам нисбатан тоза ҳолда учрайди. Қолган элементлар табиатда, асосан аралашмалар ва минераллар таркибида учрайди.

Моддаларни тозалашнинг замонавий усуллари. Кимёгарлар кўпинча аралашмалар билан иш қўрадилар. Аралашмалардан тоза моддани ажратиш олишда филтрлаш, хайдаш ва хроматография усулларидан фойдаланилади.

Маида кўп тешикли тўсиқ орқали суюқликлардан қаттиқ заррачаларни ажратиш олиш усули филтрлаш дейилади. Ичимлик сув қум ва лойқадан ана шундай оддий йўл билан тозаланади. Эритмалардан моддаларни ажратиш олишда уларнинг эрувчанлигидан ҳам фойдаланилади. Масалан, 10 г ош тузи ва 10 г ичимлик сода аралашмасини бир-бирдан ажратиш учун, уни 70 °С гача иситилган 100 мл сувда эритиш ва кейин температурани 0° гача совитиш керак. Температура пасайтирилганда ош тузининг эрувчанлиги деярли ўзгармайди, у эритмада қолади, ичимлик сода эса 0°С атрофида эритмадан деярли қаттиқ ҳолда ажралади (эритмани филтрлаш йўли билан ажратиш олинади).

Хайдаш (дистиллаш) усули моддалар учир хусусиятининг ҳар хиллигига асосланган. Денгиз сувидан ичимлик суви олиш мақсадида сув маълум вақт ичвда қайнатилади. Сув буғи бошқа идишга ўтказилиб конденсатланади. Туз хайдалаётган идиш тагида қолади. Буғ конденсатланишидан ҳосил бўлган суюқлик дистиллят дейилади. Хайдаш усулида фракцион колонналардан фойдаланилади. Бу усул бир-бирдан ажралиши қийин ёки қайнаш температуралари яқинроқ бўлган суюқликларни бир-бирдан ажратиш учун қўлланилади. Нефтни хайдашда шундай колонналар ишдатилади. Нефть сифатига қараб бензин 60–150 °С атрофида, керосин 150–250 °С да, сурков мойлари 250–350 °С да ажратилади. Дизель ёқилғиси, мазут, вазелин ва бошқа маҳсулотлар ҳам маълум температурада хайдалиб, фракцияланади. Қолдик сифатида смола (битум) қолади.

Ҳозирги вақтда турли аралашмалар (суюқликлар аралашмаси, суюқлик билан газ аралашмаси ва хоказо) таркибидаги моддаларни бир-бирдан ажратишда хроматография усули кенг қўлланилмоқда. Бу усул моддаларнинг қаттиқ ҳолатдаги инерт материалларда адсорбиланиш хусусиятига асосланган. Инерт материал (сорбент) сифатида алюмосиликатлар, инзен ғишти, пемза, чинни кукуни, қум ва бошқалар ишлатилади. Моддаларнинг адсорбиланиш тезлигига мувофиқ олинган хроматограммалар асосида қилинган. Ҳисоблар бўйича аралашмадаги...

аникланади. Хроматографик анализнинг афзаллиги шундаки, у секунд ёки минутлар ичида ўтказилади. Бу усулдан саноат корхоналарида узлуксиз равишда ўтказиладиган анализ ва назорат мақсадларида ҳам фойдаланилади. Хроматографик усул аралашмада қанча модда бўлса, ҳаммасини аниқлашга имкон беради. Аралашмадаги 20- 30 моддани бир йўла бир неча дақиқаларда аниқлашнинг хроматографик йўли „экспресс - усул“ деб ҳам юритилади. Шу билан бирга саноатда колонкали хроматография усули, қоғоздаги хроматография усули ва бошқа усуллар қўлланилади.

1. 5. АНОРГАНИК БИРИКМАЛАР НОМЕНКЛАТУРАСИ

Кимёвий бирикмаларнинг нихоятда кўплиги (уларнинг сони 4 миллиондан ортиқ) уларни маълум тартибда аниқ номлашни талаб қилади. Табиийки, буларнинг маълум бир қисми ўзининг хусусий номига эга (масалан, сув, аммиак). Лекин кўпгина бирикмаларни номлашда ҳар бир моддани информатив ёки систематик равишда номлашга имкон берадиган маълум қоидаларга амал қилинади.

Дастлабки номенклатура системаси анорганмик ва органик бирикмалар орасидаги тафовутни кўрсатиш асосида тузилган эди. Вақт ўтиши билан бундай номенклатура талабга жавоб бера олмай қолди. Анорганмик моддалар кўпроқ жонсиз табиатга, органик моддалар эса жонли табиатга ҳамоҳанг равишда номлангани ҳам маълум. Анорганмик моддалар номенклатурасида бундай бирикмалар шартли равишда икки қисмга "мусбат" ва "манфий" қисмларга бўлинади. Ион бирикмалар мусбат ва манфий зарядли ион ёки атомлар группасидан таркиб топади.

Ион бирикмаларда ионлар катион ва анион сифатида мавжуд. Оддий катионларни кўпинча металл элементлари ҳосил қилади. Улар элемент номи билан аталади. Масалан, Na^+ - натрий иони, Ca^{2+} - кальций иони, Fe^{2+} — темир (II) иони, Fe^{3+} - темир (III) иони ва ҳоказо. Оддий анионларга F - фторид-ион, O^{2-} - кислород-ион, S^{2-} - сульфид-ион, N^{3-} — нитрид-ионларни мисол қилиб кўрсатиш мумкин.

Оксианионларда кислород кам бўлганда, уларнинг номи — *ит*, кўп бўлганда — *ат* қўшимчаси билан тугайди: NO_2^-

нитрит-ион; SO_3^{2-} — сульфит-ион; NO_3^- - нитрит-ион; SO_4^{2-} — сульфат-ион ва ҳоказо.

Кислоталар учун эски номенклатура сақланиб қолган. Буларни водород иони (ёки бир неча шундай ионлар) ва оддий ёки комплекс аниондан ташкил топган деб қаралади. Агар кислоталар таркибида оддий анион бўлса, улар қуйидаги мисолларда келтирилганидек номланади. Муҳим кислоталар номи шу кислоталар таркибидаги анионлар номидан келтириб чиқарилади; HCl — хлорид кислота; H_2S — сульфид кислота, HClO — гипохлорит кислота, HClO_2 — хлорит кислота, HClO_3 — хлорат кислота ва HClO_4 — перхлорат кислота.

Тақрорлаш учун материаллар

Мавзуларнинг қисқача мазмуни. Атрофимизни ўраб турган борлиқ материя кўринишидир. Турлихил моддалар, бирикмалар, минераллар, фойдали қазилма ва бошқалар шулар жумласига киради. Материя доимий ҳаракатда бўлиб Қуёш системаси, қолаверса Коинотдаги борлиқ-нарсалар тўхтовсиз ҳаракатдадир.

СИ системаси асосий бирликлари ва улар таърифи келтирилади. Ўлчов системаси бирликлари, кенг қўлланиладиган физик-кимёвий катталиклар ва улар белгиларига тўхталинади.

Ўтилган бобни ўрганишдан мақсад:

1. Метрик система билан чуқурроқ танишиш, асосий бирликларни билиб олиш, олинган натижаларни метрик системага ўткази олиш, хароратни Цельсий шкаласига ўтказиш, ундан Кельвин ёки Фаренгейтга ўткази олиш.

2. Зичлик ва шу каби бошқа физик бирликлар учраган ҳолларда ҳисоблар олиб боришни ўрганиш.

3. Олинган сонлар миқдорини турли бирликларда ифодалай олиш.

Ма ш қ л а р

1. Материянинг кўзга кўринмайдиган турларидан мисоллар келтиринг, бир энергия турини иккинчи турга ўтишини мисолларда исботланг.

2. СИ системасида ховуздаги сув ҳажми, кондан топиб олинган олтин ёмбиси, радиоизотопларнинг ярим емирилиш даври қандай бирликларда ифодаланишини айтинг.

3. Металддан қилинган реактор катталиги 4,5 x 14 x 24 см га тенг бўлса, унинг ҳажми куб сантиметр ва куб метрда қандай микдорга тенг бўлишини ҳисобланг.

Тест саволлари

1. Бир грамм олтин оддий шароитда қандай ҳажми эгаллайди ($\rho=10,21 \text{ см}^3/\text{моль}$)?

а) 0,0420; б) 0,0845; в) 0,0518; г) 0,0381; д) 0,0221.

2. Нормал шароит (101, 325 КПа. босими ва 273°К) да ҳавонинг зичлиги қандай микдорга эга бўлади?

а) 2,29 г/л; б) 3,12 г/л; в) 1,79 г/л; г) 2,67 г/л; д) 1,19 г/л.

II БОБ

АТОМТУЗИЛИШИ

II.1.АТОМЛАР

Табиатда мавжуд моддалар бир-биридан элементар заррачалар—протонлар, нейтронлар сонига қараб фарқланади. Сўнгги йилларда катта қувватга эга бўлган тезлатгичларнинг кашф этилиши ва космик нурлар таркибининг анализ қилиниши натижасида 200 дан ортик элементар заррачаларнинг борлиги аниқлави. Шу сабабли, кўпинча "элементар заррачалар" тушунчаси ўрнига "фундаментал заррачалар" термини ишлатилмоқда.

Кимёвий элементнинг хоссаларини сақловчи энг кичик заррача **атом** дейилади.

Модданинг хоссаларини ўзида сақлайдиган, бир нечта атомдан таркиб топган ва мустақил мавжуд бўла оладиган энг кичик заррачаси **молекула** деб аталади.

Атом — протонлар ва нейтронлардан таркиб топган мусбат зарядланган ядродан ва унинг атрофида ҳаракатланган манфий зарядли электронлардан иборат. Кўпгина атомлар барқарор бўлиб, жуда узоқ муддатгача ўз ҳолатини сақлай олади. Лекин баъзи атомлар маълум вақтдан кейин ядрога бўладиган ўзгаришлар туфайли бошқа атомларга айланиб кетади. Бундай атомлар **радиоактив атомлар** деб аталади. Атом электронейтрал бўлиб, ядро атрофидаги электронларнинг умумий сони ядронинг мусбат зарядига тенг. Агар атомдан бир ёки бир неча электрон чиқариб юборилса, **мусбат зарядли ион** — **катион**, атом электрон бириктириб олса, **манфий зарядли ион** — **анион** ҳосил бўлади. Атомдаги электронлар сони ва мусбат зарядланган ядро заряди айна атомнинг кимёвий реакциядаги аҳамиятини тавсифлайди.

Кимёвий элемент — бир хил зарядли ядрога эга бўлган атомлар тўпламидир. Ядро заряди элементнинг кимёвий элементлар даврий системасида жойлашган ўрнини белгилайди; элементнинг даврий системадаги тартиб рақами унинг атом ядроси зарядига тенг.

II.2. АВОГАДГО СОНИ

Ҳар қандай элементнинг бир молидаги атомлар сони **Авогадро сони** деб аталади ва N ҳарфи билан белгиланади.

Аниқ ўлчашлар бу соннинг $N_A = 6,023 \cdot 10^{23}$ моль⁻¹ га тенг эканлигини кўрсатди. Ҳар қандай модданинг бир молида ҳам худди шунча молекула бўлади. Бу микдор универсал ўзгармас қийматга эга бўлиб, углерод атоми массасининг ўн иккидан бир улуши билан тавсифланиб, модданинг таркиби ва агрегат ҳолатига боғлиқ бўлади.

Авогадро сони ҳозирги вақтда бир-бирига алоқадор бўлмаган 60 га яқин усул билан аниқланади. Биз қуйида, улардан иккитаси билан танишиб чиқамиз.

1. Резерфорд усули. Бу усулни Резерфорд 1911 йили кашф этган. Радиоактив элементлар парчаланиши натижасида ўзидан α -заррачалар чиқаради. Бу заррачалар бирор моддага тўқнашиб қаршиликка учрайди. Натижада ўзига иқкита электрон бириктириб, гелий атомига айланади. Ҳосил бўлган гелий микдорини микроусул ёрдамида аниқлаш мумкин. Бир грамм радийнинг бир йилда парчаланиши натижасида 159 мм^3 ёки секундига $5,03 \text{ нм}$ гелий ҳосил бўлиши тажрибада аниқланган. Гелий атоми ҳосил қиладиган α -заррачалар кўз билан кузатиш мумкин бўлган энергияга эга. Шунинг учун маълум микдордаги радиоактив модда чиқарган α -заррачаларни ҳисоблаш мумкин. Масалан: 1 г радий бир секундда $13,6 \cdot 10^{10}$ та α -заррача чиқаради. Бизга маълумки, 1 моль гелий оддий шароитда 22,4 л ҳажми эгаллайди. Шунга асосланиб пропорция тузилади:

$$\begin{aligned} 5,03 \cdot 10^{-9} \text{ см}^3 \text{ He да} &- 13,6 \cdot 10^{10} \text{ та атом бор.} \\ 22,4 \cdot 10^3 \text{ см}^3 \text{ He да} &- N_A \text{ та атом бор.} \end{aligned}$$

бу ерда:

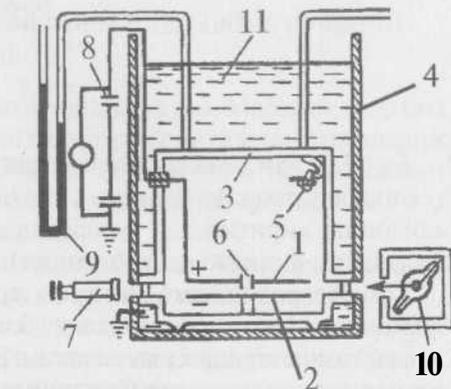
$$5,03 \cdot 10^{-9}$$

Топилган микдор Авогадро сонидан жуда кам фарқ қилади. Бу фарқ α -заррачаларни кузатишда йўл қўйилган хато натижасида келиб чиққан.

2. Милликен усули. Авогадро тажрибасини биринчи бўлиб 1909 йили Милликен электронлар зарядини ўлчаш орқали амалга оширган. Милликен томонидан яратилган қурилма схемаси II.1. расмда кўрсатилган.

Бу қурилма термостатга жойлаштирилган металлсимон камерага (3) ўрнатилган иккита (1,2) латун пластинкадан

ташқил топган конденсатордан иборат. Пуркагич (5) ёрдамида тешикчадан (6) ўтиб, конденсаторга тушадиган бир томчи мой тумани ҳосил қилинади. Ҳосил қилинган мой туманининг ҳаракатини кузаткич (7) орқали кузатиш мумкин. Камерадаги ҳаво рентген найчасидан (10) юборилган рентген нурлари таъсирида ионланади. Натижада ҳосил бўлган мусбат зарядли ионлар мой томчилари билан тўқнашиб зарядланади. Бу зарядланиш e_k билан белгиланади. Конденсатор пластинкаларида ҳосил бўлган кучланишни ўзгартириб, шундай қиймат танлаб олиндики, бу қиймат электр майдонида зарядланган томчининг тортишиш кучига тенг бўлсин, яъни:



II.1. - расм. Электрон зарядини ўлчашда қўлланиладиган Милликен қурилмасининг схемаси.

II.2 - конденсатор пластинкалари: 3-металл камера; 4-термостат; 5-мой пуркагич; 6-пластинка тешикчаси; 7-кузаткич най; 8-аккумулятор; 9-монумент; 10-рентген найчаси; 11-иссиқликни изоляцияловчи суюқлик керосин.

$$mg = e_k \cdot E \quad (II.1)$$

Бу ерда: m = томчи массаси; g = эркин тушиш тезланиши, E = электр майдон кучланиши.

Текис сиртли конденсатор учун электр майдони кучланиши қуйидаги қийматга эга бўлади:

$$E = \frac{V}{d} \quad (II.2)$$

Бу ерда: V — пластинкага берилган кучланиш; d — пластинкалар орасидаги масофа.

Биринчи ва иккинчи тенгламани умумлаштирсак,

$$e_k = \frac{mg \cdot d}{V} \quad (\text{II.3})$$

Бу (II.3) тенгламадан томчининг массасини билган ҳолда e_k миқдорни топиш мумкин (томчининг массасини электр майдонига киритмасдан туриб, ҳавода эркин тушиш тезлиги орқали ҳам аниқлаб олиш мумкин).

Томчи заряди доимо электрон зарядига нисбатан қаррали бўлишини Милликен аниқлади. Электрон зарядидан кичик бўлган томчи заряди кузатилмаган. Бунга сабаб, томчи битта, иккита, учта электронни (ёки ионни) ўзи билан олиб кетиши мумкин. Ҳеч қачон томчи электроннинг бир қисмини бириктириб ололмайди, чунки электрон бўлинмасдир. Шунинг учун томчининг энг кам қийматга эга бўлган заряди электрон зарядига тенг бўлади.

Милликен жуда кўп ўлчашлар натижасида электрон зарядининг миқдори $e_k = 4,77 \cdot 10^{-10}$ электростатик бирлик (ёки $1,603 \cdot 10^{-19}$ Кл)ка тенглигини аниқлади.

Ҳозирги вақтда бу миқдор жуда аниқ ҳисобланган бўлиб, $e_k = 4,803 \cdot 10^{-10}$ э.с.б. (ёки $1,602 \cdot 10^{-19}$ Кл) га тенг деб қабул қилинган. Бу миқдор ўзгармас қийматга эга бўлиб, Авогадро сонини топишда қўлланилади.

Ҳақиқатан Фарадей қонунига мувофиқ электролиз жараёнида 1 моль-эқв модда ажратиб олиш учун эритмадан 96485 кулон электр энергия ўтказиш керак. Демак, хлорид кислота эритмасидан 1,008 г водород ва 35,453 г хлор ажратиб олиш учун 96485 кулон электр энергия сарф қилинади. Чунки водород хлорид эритмаси электролиз қилинганда электрон зарядига тенг бўлган H^+ ва Cl^- ионлари ҳосил бўлади. У ҳолда Фарадей сонини электроннинг заряд миқдорига бўлиб, 35,453 г хлор ёки 1,008 г водород нечта атомдан ташкил топганлигини ҳисоблаб топиш мумкин. Умуман бир моль ҳар қандай элементдаги атомлар сони Авогадро сонини тавсифлайди. У ҳолда,

$$N_A = \frac{E}{e} \quad (\text{II.4})$$

Бу ерда: N_A — Авогадро сони,

$$N_A = \frac{96495}{1,602 \cdot 10^{-19}} = 6,023 \cdot 10^{23}$$

Авогадро сони жуда катта қийматга эга. Масалан, агар биз ҳажми $0,3 \text{ см}^3$ га тенг бўлган Авогадро сонига тенг шарчаларни қутига жойлаштирсак, $0,3 \cdot 6,023 \cdot 10^{23} \text{ см}^3 = 1,8 \cdot 10^8 \text{ км}^3$ ҳажмни эгаллайди. Бундай кубсимон қутичанинг қирраси 565 км узунликка эга бўлган бўлар эди.

Шундай катта қийматга эга бўлган Авогадро сонидан кимёгарлар учун иккита муҳим хулоса келиб чиқади.

1. Оптик микроскопда жуда оз миқдордаги кичик заррача кузатилганда ҳам у жуда кўп атомлардан таркиб топган бўлади. Шунинг учун модда микроскопда узлуксиз намоён бўлаверади.

2. Ҳар қандай тоза модда таркибида ҳам оз миқдорда бўлса-да, турли элементларнинг атомлари аралашган бўлади. Ҳозирги вақтда таркибида бирорта ҳам бошқа элемент атоми бўлмаган абсолют тоза модда олиш мумкин эмас. Лекин таркибида $10^{-5} - 10^{-8} \%$ гача қўшимча элемент атомлари бўлган моддалар (кремний, германий) олишга эришилган. Бундай ҳолатда ҳам 1 г мутлақ тоза моддада миллиардлаб қўшимча атомлар бўлар экан.

II.3. АТОМ МАССАСИ ВА УНИНГ ЎЛЧАМИ

Авогадро сонини билган ҳолда ҳар қандай атомнинг граммда ифодаланган массасини ва ўлчамини топиш мумкин. Атом массани Авогадро сонига бўлиш орқали топиш мумкин:

$$m = \frac{A}{N_A} \quad (\text{II.5})$$

У ҳолда водород атоми учун:

$$m_H = \frac{1,008}{6,023 \cdot 10^{23}} = 1,674 \cdot 10^{-24} \text{ г.}$$

Уран атоми учун эса:

$$m_U = \frac{238}{6,023 \cdot 10^{23}} = 3,95 \cdot 10^{-23} \text{ га тенг бўлади.}$$

Қаттиқ ҳолатдаги 1 моль оддий модда эгаллаган ҳажми Авогадро сонига бўлиб, битта атомга тўғри келадиган ҳажм- V ни аниқлаш мумкин. Қаттиқ ҳолатдаги моддаларда атомлар бир-бирларига яқин жойлашганлиги учун ўлчашда қилинадиган хато кам бўлади. У ҳолда битта атомга тўғри келадиган ҳажми куб илдиридан чиқариб, атом диаметрини ҳам аниқласа бўлади.

Бундай ҳисоблашни мис атоми мисолида кўрайлик. Миснинг зичлиги $8,93 \text{ г/см}^3$ бўлгани учун бир моль миснинг ҳажми $7, 12 \text{ см}^3$ ни ташкил қилади. Бундан бир атомга тўғри келадиган ҳажми топамиз:

$$V_{Cu} = \frac{7,12}{6,023 \cdot 10^{23}} = 1,182 \cdot 10^{-23} \text{ см}^3$$

Мис атомнинг диаметри эса

$$d_{Cu} \approx \sqrt[3]{V_{Cu}} = \sqrt[3]{1,182 \cdot 10^{-23}} = 2,28 \cdot 10^{-8} \text{ см}$$

ни ташкил қилади ва атом радиуси $1,14 \cdot 10^{-8} \text{ см}$ гатенг бўлади.

Атомлар ўлчамини жуда аниқлик билан ҳисоблаш учун, уларнинг қаттиқ модда кристаллида жойлашган ўрнини би-лиш керак. Буни рентген структура анализи ёрдамида аниқ-лаш мумкин. Бу усулда кўпгина металлларнинг атомлари жипслашган шарчалар каби жойлашганлиги аниқланган.

Жипслашиб жойлашган шарчаларнинг ҳажми умумий ҳажмнинг 74% ини ташкил этади. Шунга асосланиб кристаллдаги мис атоми радиусининг қийматини қуйидаги ҳисоблаш орқали аниқлаш мумкин.

$$V_{Cu} = 1,182 \cdot 10^{-23} \cdot 0,74 = 0,872 \cdot 10^{-23} \text{ см}^3$$

Бундан;

$$r_{Cu} = \sqrt[3]{\frac{3}{4} \cdot \frac{V_{Cu}}{\pi}} = \sqrt[3]{\frac{0,872 \cdot 10^{-23}}{4 \cdot 3,14}} = 1,28 \cdot 10^{-10} \text{ м}$$

Кўрииб турибдики, мис атоми радиусининг аниқ қий-мати юқоридаги тахминий топилган қийматдан унча катта

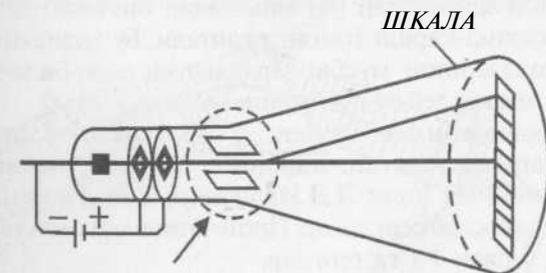
фарқ қилмайди. Шунинг учун айтиб ўтиш керакки, кристаллдаги атом уни ўраб турган бўшлиқ билан аниқ чегара сиртига эга эмас. Шунинг учун атом ўлчамлари шартли белгиланади. Атом ўлчамлари дейилганда оддий модда кристаллидаги атом радиусини тушуниш керак. Атом радиуси эса кўшни атомлар яд-ролари орасидаги масофанинг ярмига тенгдир. Барча атомлар радиуси 10^{-9} нм билан ўлчанганидан модданинг тузилиш назариясида ҳисоблашларни соддалаштириш мақсадида яхлитланган бирлик қабул қилинган. Бу бирлик *нанометр* деб аталади ва нм харфи билан белгиланади. Демак, мис атом радиуси $r_{Cu} = 0,128 \text{ нм}$ га тенгдир.

Миснинг бир миллион атомини кетма-кет жойлаштириб чиқсак фақатгина $2,6 \cdot 10^{-4} \text{ м}$ масофани эгаллайди.

II.4. АТОМНИНГ ТУЗИЛИШИ

Юқорида кўрсатиб ўтилганидек, кимёвий элементларнинг атомлари ядродан ва унинг атрофида ҳаракатланадиган элек-тронлардан таркиб топган. Ўтган асрнинг ўрталарида заррачалар оқими ҳосил қилингандан кейингина электронларнинг хосса-си ўрганилган. Бунда биринчи навбатда электрон зарядининг унинг массасига нисбати ўлчанган. Бу миқдор электронлар оқи-мининг электр ва магнит майдон таъсирида четга чиқишини аниқлаш орқали белгиланган. Бундай тажрибани биринчи бў-либ, 1897 йили Томсон ўзи тайёрлаган асбобда ўтказди (II.2-расм).

Тажриба натижаларига асосланиб $e/m_e = 5,273 \cdot 10^{17}$ электростатик бирлик тақсим грамм (э.с.б./г)га тенг эканлиги аниқланган.



II.2-расм. Электронларнинг e/m миқдорини аниқлайдиган асбоб схемаси.

Электрон зарядининг микқори юқорида кўрсатилган усул билан аниқланади: электрон заряди e/m_e ва e нинг микқорини билган ҳолда электрон массасини ҳисоблаб топиш мумкин, яъни

$$m_e = \frac{4,80286 \cdot 10^{-10}}{5,273 \cdot 10^{17}}; \quad m_e = 0,91084 \cdot 10^{-22} \text{ з}$$

Электрон массасини белгилаш учун, уни юқорида ҳисоблаб топилган водород атоми массаси билан таққослаб кўраимиз:

$$\frac{m_e}{m_H} = (0,9108 \cdot 10^{-27}) / (1,674 \cdot 10^{-24}) = \frac{1}{1837}$$

Демак, электроннинг массаси энг енгил ҳисобланган водород атомининг массасидан 1837 марта кичик экан. Шундай қилиб, атомнинг ҳамма массаси ядрога тўғри келишига (тегишли эканлигига) ишонч ҳосил қилиш мумкин. Ядронинг ўлчами эса жуда кичик. Агар атом ўлчами тахминан 10^{-10} м бўлса, у ҳолда атом ядросининг радиуси тахминан 10^{-14} - 10^{-15} м бўлади. Зарядланган заррачаларда бўлган ядро ва электронлар ўз атрофида электр майдон ҳосил қилади.

Атомда ядро мавжудлигини биринчи бўлиб Резерфорд (1909-1911 йилларда) аниқлади. Металл пластинкалар сиртига α -заррачалар ёғдириб, уларнинг металдан ўтиш йўллари текшириш натижасида ажойиб натижалар кузатилган. Ёғдирилган (X — заррачаларнинг кўпчилик қисми металл пластинкадан тўғри ўтиб кетаверади, заррачаларнинг жуда оз қисми ўзининг дастлабки йўлидан маълум бурчакка оғади, лекин баъзи заррачалар (ўн мингтадан биттаси) дастлабки йўлидан қарама-қарши томонга қайтади. Бу ҳодисани фақат (X — заррачаларнинг мусбат зарядланган ядро билан тўқнашиши натижаси деб тушунтириш мумкин.

Атом ядроси икки элементар заррачалар — протон ва нейтронлардан тузилган. Ядронинг бундай тузилишга эга эканлигини 1932 йили Д.Д.Иваненко, Е.Н. Гапон ва Гейзенберглр асослаб берганлар. Протоннинг массаси тахминан 1 м.а.б га, заряди + 1 га тенгдир.

Нейтрон электронейтрал бўлиб, унинг массаси тахминан протон массасига тенгдир. Протон массаси электрон массаси дан 1936, 12 марта, нейтроннинг массаси эса 1838, 65 марта

каттадир. Ядронинг заряди ядрогаги протонлар сони билан аниқланади. Ядрогаги протонлар сони Z ва нейтронлар сони N ларнинг йиғиндиси масса сони A га тенг бўлади:

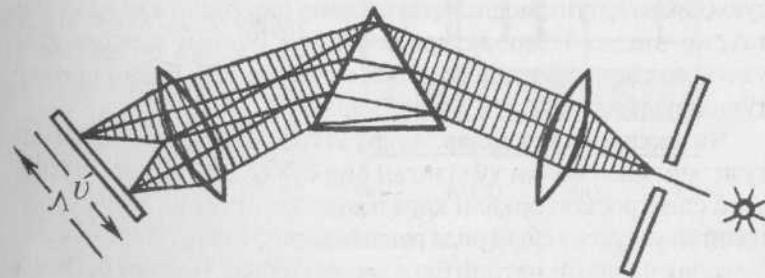
$$A = Z + N$$

Элементнинг ядро зарядлари бир хил бўлиб, атом массалари билан бир-биридан фарқ қиладиган атомлари шу элементнинг изотоплари дейилади. Маълум элементнинг изотоплари бир-биридан атом ядросидаги нейтронлар сони билан фарқланади.

П.5. АТОМ СПЕКТРЛАРИ

Кимёвий элементларнинг спектрларини ўрганишга доир тажрибаларда тўпланган маълумотлар атомнинг тузилиши на-зариясини яратишга асос қилиб олинган далиллардан бйри бўлиб хизмат қилди. Ҳозирги вақтда спектр чизиклари частотаси λ 0,001 % аниқликда ўлчанмоқда. Шунингдек, спектр чизикларининг равшанлигини ҳам аниқ ўлчаш мумкин. Шубҳасизки, атом тузилиши ҳақидаги тушунчалар ишончли тажрибалар натижаларига асосланган.

1. Спектрографнинг ишлаш принципи. Спектр турлари. Ёруғлик манбаидан тешикча орқали тақсимлагич қурилмага нур берилади. Бу тақсимлагич ютилган нурни фотопластинкага туширади. Фотопластинкада нур маълум тўлқин узунлигига мос ҳолда шаклланади. Кўзга кўринадиган ва ультрабинафша нурларни текширишда оптик спектрографлардан фойдаланилади. Бу спектрографлар иши нурни шипадан ёки кварцдан тайёрланган призма орқали ўтказишга асосланган. Бундай спектрограф П.3-расмда кўрсатилган.



П.3-расм. Спектрографнинг ишлаш схемаси.

Призмадан ўтаётган нурнинг тақсимланиши нур тўлкин узунлигининг ўзгариши билан синдириш кўрсаткичининг ўзгаришига боғлиқ бўлади. Кўпгина ҳолларда нурнинг тўлкин узунлиги ортиши билан синдириш кўрсаткичи камаяди.

Жисмнинг нурланиши натижасида ҳосил қилинган спектрлар эмиссион **спектрлар** дейилади. Эмиссион спектрлар узлуксиз, чизиксимон ва йўл-йўл бўлади. Чўғлатилган қаттик ва суюқ жисмлар узлуксиз спектрлар ҳосил қилади. Газларни қизитиш ёки электрод заряди таъсирида нурлантириш натижасида эса алоҳида чизиклардан ташкил топган **чизиксимон** ёки **йўл-йўл** спектрлар ҳосил бўлади.

Ҳозирги вақтда атомлар нурланиши натижасида чизиксимон спектрлар, молекулалар нурланиши натижасида узлуксиз ёки йўл-йўл спектрлар ҳосил бўлиши аниқланган.

Узлуксиз (туташ) спектрлар. Қуёш нурларининг ёки ёй фонари нурларининг спектри узлуксиз спектрдир. Бу спектрда барча узунликдаги тўлкинлар бўлади, демакдир. Спектрда узилиш бўлмайди. Шунинг учун спектрографнинг экранида ҳар хил рангли спектрларнинг тасвири яхлит кўринади. Энергиянинг частоталар бўйича тақсимланиши ҳар хил жисмлар учун турлича бўлади. Ҳарорат кўтарилганда нурланиш энергиясининг максимуми қисқа тўлкинлар томон силжийди. Тажриба натижаларининг кўрсатишича, қаттик ёки суюқ ҳолатдаги моддаларгина узлуксиз спектрлар ҳосил қилади. Узлуксиз, спектрлар ҳосил қилиш учун моддалар қиздирилиши керак. Узлуксиз спектрнинг табиати ва мавжудлик фактори нур чиқарувчи айрим атомларнинг хоссаларигагина эмас, балки уларнинг ўзаро таъсирига ҳам кўп даражада боғлиқ бўлади. Газлар узлуксиз спектр ҳосил қилмайди. Чунки суюқлик ва қаттиқ моддаларда атомлар бир-бирига жуда кучли таъсир этади. Температураси юқори бўлган плазма ҳам узлуксиз спектр беради. Бу асосан электронлар билан ионлар тўқнашуви натижасида содир бўлади.

Чизиксимон спектрлар. Агар газ горелкаси алангасига ош тузи эритмаси билан ҳўлланган бир бўлак асбест киритилиб, унга спектроскоп орқали қаралганда аланганинг зўрға кўринадиган узлуксиз спектрида равшан сариқ чизик пайдо бўлади. Бу сариқ чизикни натрий буғи ҳосил қилади. Натрий буғи эса ош тузи молекулаларининг алангада парчаланишидан вужудга келади. Бундай спектрлар **чизиксимон спектрлар** деб аталади.

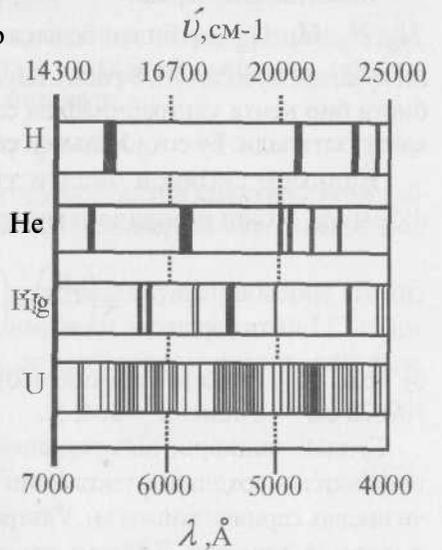
Чизиксимон спектр ҳосил бўлиши модданинг муайян узунликдаги (жуда энсиз муайян спектрал ораликлардаги) тўлкинлар чиқаришини билдиради. Чизиксимон спектрларни молекуляр ҳолатдагина эмас, балки атомлар ҳолидаги барча газсимон моддалар ҳам ҳосил қилади. Бу ҳолда эруғлик нурлари бир-бирига таъсир этмайдиган атомлардан чиқади. Бу ҳилдаги спектр спектрларнинг энг асосий тури ҳисобланади. Берилган айни бир кимёвий элементнинг яккаланган атомлари маълум узунликдаги тўлкинларни чиқаради. Атом ҳолатдаги газнинг зичлиги орттирилганда айрим спектр чизикларининг кенгайишини ва, ниҳоят, газнинг зичлиги жуда катта бўлганда, яъни атомларнинг ўзаро таъсири кучли бўлганда эса спектр чизиклари бир-бирини қисман қоплаб, узлуксиз спектр ҳосил қилганлигини кўриш мумкин.

Йўл-йўл спектрлар. Йўл-йўл спектр бир-биридан маълум оралик билан ажралган айрим йўллардан иборат. Ҳар бир йўл бир-бирига жуда яқин жойлашган кўпдан-кўп зич чизиклардан иборат эканлигини спектрал қурилма ёрдамида аниқ пайқаш мумкин.

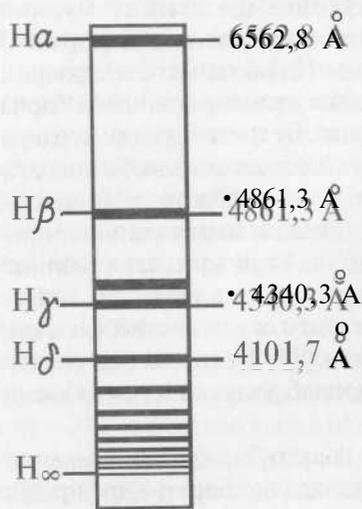
Йўл-йўл спектрларни атомлар эмас, балки бир-бири билан боғланмаган ёки заиф боғланган молекулалар ҳосил қилади. Молекуляр спектрларни кузатиш учун чизик-чизик спектрларники каби буғнинг ёки зарядланган газнинг алангада шуълаланишидан фойдаланилади.

Ҳар қайси модданинг атом ёки молекуласи тўлкин узунлигига мос келадиган спектр чизиклари тўпламига эга бўлади (Н.4-расм).

Кўпгина элементларнинг спектрлари жуда мураккаб. Масалан, темир спектрида беш мингдан ортиқ чизикларни санаб кўрсатиш мумкин.



Н.4-расм. Баъзи элементлар спектрларининг схемаси.



П.5-расм. Кузга куринадиган водород спектри ва унга яқин бўлган ультрабинафша спектр соҳаси (Бальмер серияси).

$H_\alpha, H_\beta, H_\gamma, H_\delta$ билан белгиланган тўртта спектр чизик-ни кузатиш мумкин (П.5-расм). Шунингдек, бу чизиклар билан бирга бир нечта ультрабинафша соҳа спектри ҳосил бўлиши ҳам кузатилади. Бу соҳа **Бальмер серияси** деб аталади.

Бальмер серияси чизиги тўлқин сонини қуйидаги формула билан ифодалаш мумкин:

$$\bar{\nu} = \left(\frac{R}{2^2} \right) - \left(\frac{R}{n^2} \right)$$

бу ерда: R - Ридберг доимийси бўлиб, унинг қиймати $R = 109678 \text{ см}^{-1}$ га тенг, $n = 3, 4, 5, \dots$

Бундан ташқари, водород спектрини ультрабинафша ва инфрақизил соҳаларда текшириш йўли билан яна бир қанча чизиклар, серияси топилган. Ультрабинафша соҳада топилган чизиклар серияси **Лайман** серияси, инфрақизил соҳада топилган чизиклар серияси **Пашен**, **Бреккет** ва **Пфунда сериялари** деб аталади. Бундай чизиклар сериясининг тўлиқ

Атом спектрларининг чизиклари бир-бирига жуда яқин жойлашганлигини жуда сезгир асбобларда кузатиш орқали аниқланган. Агар нурланиш манбаи магнит майдонига киритилса, спектрдаги битта чизик атрофида унга жуда яқин жойлашган чизикчалар ҳосил бўлиши кузатилади. Бундай чизикчалар **Зееман эффекти** деб аталади.

Нурланиш манбаи электр майдонига киритилганда ҳам спектр чизикчалари ҳосил бўлади. Бундай чизикчалар **Штарк эффекти** деб аталади.

Водород спектри. Энгоддий Спектр ВОДОрод спектридир. Кўринадиган соҳада фақатгина

сони худди Бальмер формуласидагига ўхшаш топилади. Лекин формуладаги 2^2 ўрнига $1^2, 3^2, 4^2$ ва 5^2 лар қўйилади.

Шундай қилиб, водород спектри қуйидаги умумий формула билан ифодаланади:

$$\bar{\nu} = \left(\frac{R}{n_1^2} \right) - \left(\frac{R}{n_2^2} \right)$$

Бу ерда: n_1 ва n_2 лар бутун сонлар бўлиб, $n_2 > n_1$ бўлади.

Бу формуладан кўриниб турибдики, водород спектридаги чизиклар сони чексиз кўп бўлишига қарамай уларни жуда оддий ифодалаш мумкин.

Бошқа элементларнинг спектрлари. Кўпгина бошқа элементлар спектрларида ҳам чизиклар серияси борлиги аниқланган. Бу спектр чизиклари анча мураккаб бўлиб, водород спектрлари сериясига ўхшаб турли соҳаларда жойлашган бўлмай, балки бир-бирининг устига тахланиб қолади. Шундай бўлишига қарамасдан спектроскопда бу чизиклар сериясини ажратишга муваффақ бўлинган.

1889 йили Ридберг спектр серияси чизикларининг тўлиқ сонини икки n_1 ва n_2 бутун сонлар функцияси орқали ифодалаш мумкинлигини аниқлади:

$$\bar{\nu} = T(n_1) - T(n_2) \quad (\text{И.6})$$

Бу ерда: $n_2 > n_1$. Бу сонлар функциялари спектрал **терм** деб аталади (*терм* — алгебраик тенгламалар аъзоси маъносини аниқлатади).

Таркибида фақат битта электрони бўлган водород атоми, битта зарядли гелий He^+ иони, икки зарядли литий Li^{+2} иони ва бошқа заррачалар учун спектрларнинг терми қуйидаги формуладан топилади:

$$T = \frac{R e^2}{n^2} \quad (\text{И.7})$$

Водород атоми учун $Z = 1$ битта зарядли гелий He^+ иони учун $Z = 2$, икки зарядли литий Li^{+2} иони учун $Z = 3$ бўлади. Бошқа элементлар учун терм қуйидаги формуладан топилади:

$$T = \frac{R z^2}{(n + \alpha)^2} \quad (\text{П.8})$$

Бу ерда α нинг микдори бирдан кичик ўзгармас кийматга эга бўлиб, муайян чизиқлар сериясини ифодалайди. Турли хилдаги чизиқлар серияси учун $a = 8, p, \zeta, f$ харфлари билан белгиланади. Юқоридаги (П.7) формуладаги каби, нейтрал атомлар учун $Z = 1$, битта зарядли ионлар учун $Z = 2$ ва ҳоказо.

Шундай қилиб, спектрал чизиқлар жуда мураккаб ва турли-туман бўлишига қарамай сериялар бутун чизиқлардан иборат бўлгани сабабли улар оддий ифодаланиши мумкин.

Квант нурлари ҳақида тушунча. М.Планк 1900 йилда киздирилган жисмлар спектрлари энергиясининг тақсимланишини тушунтирадиган назарияни яратди. Бу назарияга мувофиқ энергия атомдан узлуксиз равишда эмас, балки майда-майда заррачалар — квантлар тарзида ажратилади. Ҳар қайси квантнинг киймати шу нур тўлқинларининг бир секунддаги тебраниш сонига боғлиқ бўлади. Ҳар қандай тебранма система энергияни фақат квантлар ҳолида ютади ёки энергия ўзидан квантлар ҳолида чиқаради. Ҳар қайси квант катталиги қуйидаги Планк тенгламаси билан ҳисобланади:

$$E = h \bar{\nu} \quad (\text{П.9})$$

Бу ерда: E — энергия кванти, h — Планк доимийси, унинг киймати $h = 6,625 \cdot 10^{-27}$ эрг.сек ёки $h = 6,625 \cdot 10^{-34}$ Жоуль \cdot сек, $\bar{\nu}$ — тебраниш частотаси, унинг тўлқин узунлиги билан тавсифласак, у ҳолда:

$$\bar{\nu} = \frac{c}{\lambda}$$

бўлади.

Бу ерда: c — ёруғлик тезлиги, λ — тўлқин узунлиги.

М. Планк назариясидан келиб чиқадиган хулосалар тажрибада топилган натижаларга тўла мувофиқ келди. Ёруғлик квантларининг ҳақиқатан мавжудлиги бошқа хил тажрибаларда ҳам исботланган. Планк тенгламасидан фойдаланиб спектрдаги ҳар қайси чизиққа мувофиқ келадиган ёруғлик энергиясининг квантини ҳисоблаш мумкин.

Масалан, водород спектрининг H_{α} чизиғи учун E ни қуйидагича ҳисоблаймиз:

$$\lambda = 6562,8 \text{ \AA} = 0,656 \cdot 10^{-6} \text{ м}$$

у ҳолда:

$$E = \frac{hc}{\lambda} = \frac{2,9979 \cdot 10^{10}}{0,656 \cdot 10^{-4}} = 4,57 \cdot 10^{14} \text{ сек}^{-1}$$

$$E = h\nu = 6,625 \cdot 10^{-27} \cdot 4,57 \cdot 10^{14} = 3,03 \cdot 10^{-12} \text{ эрг ёки } 3,03 \cdot 10^{-19} \text{ Ж.}$$

Бу мисолдан кўриниб турибдики, кўзга кўринадиган нурнинг квант энергияси унча катта бўлмаган қийматга эга. Атом ўзидан ёруғлик квантини чиқариб биринчи энергетик ҳолатдан иккинчи энергетик ҳолатга ўтади. Демак, спектрал терм атомдаги электронлар энергиясининг ўзгаришини ифодалайди. Шунга кўра, энергия ўзгаришини Планк тенгламасига мувофиқ қуйидагича ёзиш мумкин:

$$h\bar{\nu} = E_2 - E_1$$

ёки

$$\bar{\nu} = \left(\frac{E_2}{hc} \right) - \left(\frac{E_1}{hc} \right) \quad (\text{П.10})$$

Юқорида келтирилган (П.6) ва (П.10) тенгламаларини таққосласак, улар орасида ўхшашлик борлигини кўриш мумкин.

Бунда кўриниб турибдики, атомдаги электрон энергияси спектрал терм микдори билан боғланган, яъни

$$E = -h \cdot C \cdot T \quad (\text{П.11})$$

Энергиянинг манфий кийматга эга бўлишига сабаб шуки, атомда электронлар чексиз масофага чиқариб юборилган ҳолатдаги энергия киймати нолга тенг деб олинган. Демак, атомдаги электрон энергияси ҳар доим нолдан кичик бўлади. Юқорида келтирилган тенглама (П.7) ни П.11 формулага келтириб қўйсақ, водород электронининг энергиясини аниқлайдиган тенглама ҳосил бўлади:

$$E = -\frac{h^2 C^2}{n^2} \quad (\text{П.12})$$

$$m_e \cdot v \cdot r = nH \quad (\text{II.14})$$

Бу формулага асосланиб Бор водород атомининг тузилиш схемасини яратди. Ҳақиқатан ҳам электронни ядрога nisбатан тортилиш кучини марказга интилма кучга тенглаштириб, қуйидагича ёзиш мумкин:

$$\frac{m_e \cdot v^2}{e} = \frac{e^2}{r^2} \quad (\text{II.15})$$

II.14 ва II.15 тенгламалар системасини ечиб, стационар орбитадаги электроннинг тезлиги ҳамда ядрогача бўлган масофани топиш мумкин:

$$v = \frac{e^2}{nH} \quad (\text{II.16})$$

$$r = \frac{n^2 H^2}{m_e \cdot e^2} \quad (\text{II.17})$$

(II.17) тенгламадаги ўзгармас қийматларни ўрнига қўйсақ, стационар орбита радиуси қуйидаги қийматга эга бўлади:

$$e = 0,0529 \text{ нм} \quad (\text{II.18})$$

II.18 тенгламадан Бор биринчи орбитасининг радиуси 0,0529 нм га тенглиги кўриниб турибди.

Электрон энергияси кинетик ва потенциал энергиялар йиғиндиси га тенг бўлади:

$$E = T + U$$

бу ерда; E — электрон энергияси, T — электроннинг кинетик энергияси, U — электроннинг потенциал энергияси. E — турли зарядли g масофада жойлашган q_1 да q_2 заррачаларнинг потенциал энергияси нолга тенг бўлган ҳолат бир-бирлари билан чексиз масофада жойлашган заррачаларни силжитиши натижасида бажарилган иш билан тавсифланади. Бажарилган иш кулон қонунига асосан қуйидаги интеграл тенглама билан ифодаланади:

$$\int_{\infty}^n (q_1 \cdot q_2 / r^2) dr = -(q_1 \cdot q_2 / r) \quad (\text{II.19})$$

Бир хил зарядли заррачалар учун юқоридаги тенгламани мусбат ишора билан ифодалаш мумкин. Водород атомида ядро ва электрон зарядлар e га тенг. Шунинг учун электрон энергиясини қуйидагича ёзиш мумкин:

$$E = \frac{m_e \cdot v^2}{2} + \left[-\left(\frac{e^2}{r} \right) \right] \quad (\text{II.20})$$

Бу тенгламага юқорида келтирилган (II.16) ва (II.17) тенгламалардаги v ва e ларнинг қийматларини қўйсақ, водород электронининг энергиясини аниқлайдиган тенгламага эга бўламиз:

$$E = -\left(\frac{1}{2} \right) \left(\frac{m_e \cdot e^4}{n^2 h^2} \right) = -\left(\frac{\text{const}}{n^2} \right) \quad (\text{II.21})$$

II.21. тенглама водород атоми поғонасидаги электрон энергиясини топиш формуласи II.12 га мос келади. Бу икки тенгламани тенглаштириб, Ридберг доимийси учун назарий nisбатни ҳосил қиламиз:

$$R = 2\pi \cdot m_e \cdot e^4 / ch^3 \quad (\text{II.22})$$

Бу тенглама орқали ҳисоблаб топилган R микдори тажрибада аниқланган микдорга мос келади. Демак, Бор водород спектрини назарий жиҳатдан ҳисоблаган.

Бор назарияси водород спектри чизиқларининг ҳосил бўлишини тушунтириб берди. Агар электрон учинчи орбитадан иккинчи орбитага ўтса, водород спектрининг H_α чизиғи ҳосил бўлади. Тўртинчи орбитадан иккинчи орбитага ўтса H_β , бешинчи орбитадан иккинчи орбитага ўтса H_γ чизиғи вужудга келади.

Агар электрон тўртинчи, бешинчи ва ҳоказо орбиталардан учинчи орбиталга ўтса, водород спектрининг инфракизил соҳасида **Пашен серияси** вужудга келади:

$$V = R \cdot \left(\frac{1}{3^2} - \frac{1}{n^2} \right); n = 4, 5, 6...$$

Агар электрон иккинчи, учинчи ва ҳоказо орбиталардан биринчи орбитага кўча, водород спектрининг ультрабинафа ша соҳасида **Лайман серияси** ҳосил бўлади:

$$V = R \cdot \left(\frac{1}{1^2} - \frac{1}{n^2} \right); \text{ёки } V = 3,3 \cdot 10^{15} \left(\frac{1}{1^2} - \frac{1}{n^2} \right)$$

Бу ерда, $n = 2, 3, 4...$

Шундай қилиб, Бор назарияси атомдаги электронлар энергия даражалари ҳақидаги тасаввурни ҳосил қилди. Бошқача қилиб айтганда, Бор атомдаги ҳар қайси орбиталнинг ўзига хос энергия даражаси бўлишини изоҳлайди. Энергия даражалари қуйидаги тенглама асосида ҳисобланади:

$$E = - \frac{2e^2 \cdot m_e \cdot e^4}{h^2} \cdot \frac{1}{n^2}$$

Бу тенгламадаги n - **бош кват сон** деб аталади. Мана шу тенгламадан фойдаланиб, водород атомининг ионланиш энергиясини ҳисоблаб топиш мумкин. Агар тенгламадаги ўзгармас катталиклар ўрнига уларнинг сон қийматлари қўйилса, унда тенглама бирмунча соддалашади:

$$E = \frac{13,6}{n^2} \text{ эВ}$$

Демак, водород атомининг биринчи орбитали бўйлаб ҳаракат қилаётган электронни атомдан бутунлай чиқариб

юбориш учун: $E = \frac{13,6}{1^2} = 13,6 \text{ эВ}$ шергия талаб қилинади.

иккинчи орбиталдаги электронни чиқариб юбориш учун эса

$E = \frac{13,6}{2^2} = 3,4 \text{ эВ}$ энергия сарф бўлади.

1916-1925 йилларда Зоммерфельд ва бошқа олимлар Бор назариясини ривожлантириб, кўп электронли **атомларнинг тузилиши назариясини** яратдилар. Бу назарияга кўра атомларда квантланган орбиталлар доира шаклидагина эмас,

балки эллипс шаклида ҳам бўлиши мумкинлиги кўрсатилди. Орбиталлар фақат текисликка жойлашибгина қолмай, балки фазода турли вазиятда бўлиши мумкин. Бу назария спектрларда кузатиладиган жуда кўп ходисаларни тўғри тушунтириб берди. Бироқ Бор-Зоммерфельд назарияси бир қадар камчиликларга эга бўлгани сабабли кимёвий боғланишни микдорий жиҳатдан тушунтиришга ожизлик қилди. Масалан, молекуляр гелий иони He_2^+ нинг боғланиш энергияси бу назария асосида ҳисоблаганда манфий қийматга эга бўлиб чиқди, яъни бундай ион борлиги тасдиқланмади. Ваҳоланки, бундай ион мавжуд бўлиб, унинг боғланиш энергияси $+2,55 \cdot 10^5 \text{ Ж/моль}$ га тенг. Бор-Зоммерфельд назарияси кейинчалик тўлқин-механик тасаввурлар билан алмаштирилди.

II.7. ЗАРРАЧАЛАРНИНГ ТЎЛҚИН ХУСУСИЯТЛАҒИ

Ҳозирги замон молекула ва атом тузилиш назарияси **микрообъект** деб аталувчи жуда кичик массага эга бўлган заррача ва электронлар ҳаракатни ифодалайдиган қонунларга асосланади. Бу қонунлар асосан 1925-1926 йилларда яратилган бўлиб, макрообъект деб аталувчи оддий кўз ва микроскоп орқали кўринадиган буюмлар ҳаракати қонунларидан кескин фарқ қилади. Микрообъектлар икки хил - заррача ва тўлқин хоссасини намоён қилади, яъни улар бир вақтнинг ўзида корпускуляр ва тўлқин хоссаларга эга бўлади.

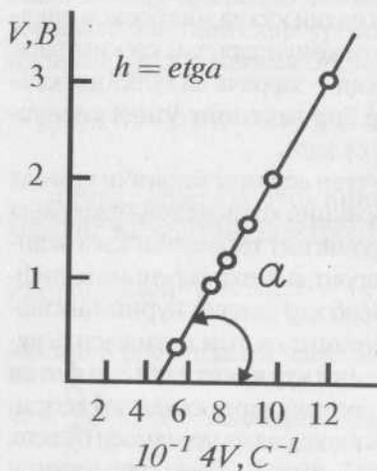
Нурнинг икки хил табиати. Ўтган асрнинг биринчи ярмида нурнинг интерференция ва дифракция ходисалари тажрибада ўрганилиб, нур кўндаланг **электромагнит тебранишга** эга эканлиги аниқланган эди. Маълум шароитда интерференция вадифракциянинг ҳосил бўлишига қараб ҳар қандай нурни тавсифлаш мумкин. XX асрга келиб нурнинг оқими натижасида вужудга келган заррачалар ҳаракатини **нур квантлари** ёки **фотон** деб атала бошланди. Нурнинг корпускуляр хоссаси эса асосан **Комптон эффекти** ва **фотоэффект** ходисаларида намоён бўлади.

Фотоэффект ходисаси 1887 йил Г. Герц томонидан ўрганилган. Кейинчалик А.Г. Столетов томонидан ривожлантирилган бўлиб, бу ходиса металлларнинг ёруғлик нури таъсирида ўзидан электронлар чиқаришига асосланди. **Фотоэффект** ходисасини нурнинг тўлқин назарияси асосида

тушунтириб бўлмайди. Электрон ўлчамлари нихоятда кичик бўлганлиги сабабли, унга тушаётган электромагнит тўлқинлари орқали берилаётган энергия шунчалик камки, электронни металлдан чиқариш учун керак бўлган энергиянинг тўпланиши учун қуёш нури таъсирида уни бир неча соат давомида нурлантириш керак бўлур эди. Вахоланки, нурлантирган захоти электронларнинг металлдан чиқиши кузатилади. Бундан ташқари, тўлқин назариясига асосан, металл чиқараётган электронлар энергияси тушаётган ёруғликнинг интенсивлигига тўғри пропорционал бўлиши керак эди. Лекин электрон энергияси ёруғлик нурунинг интенсивлигига эмас, балки унинг частотасига боғлиқлиги аниқланган. Ёруғлик нурунинг частотаси ортиши билан электрон энергияси ҳам ортиб боради. Ёруғлик нурунинг интенсивлиги ортганда металлдан учиб чиқаётган электронлар сони ортади, холос.

1905 йили Эйнштейн нурни заррачалар оқими - **фотонлар** деб қараб, **фотоэффект** ходисасини талқин қилиш мумкинлигини кўрсатди.

Фотонлар ва электронларнинг тўқнашиши натижасида



П.7 - расм. Фототок тугатилган ҳолатдаги кучланиш билан тушаётган нур частотаси орасидаги боғланиш графиги.

Планк тенгламаси билан аниқланган энергия микдори $h\nu$ га тенг бўлади. Шу билан бирга тўлқинсимон нурланиш фотоэффект ходисасини вужудга келтирмаслиги ҳам аниқланди. Бундай ҳолда фотонлар энергияси электронларни металлдан узиб чиқариш учун етарли бўлмай қолади. Фотондан олган энергиясини металл атомига бермасдан учиб чиқаётган электронлар максимал энергияга эга бўлади. Бундай электронларнинг энергияси фотон энергияси $h\nu$ билан металлдан электронни чиқаришга сарфланган кучни енишга кетган иш айирмасига тенг бўлади:

$$(E_e)_{\max} = h \cdot \nu - A \quad (II.23)$$

Бу тенглама фотоэффект учун **Эйнштейн қонуни** деб аталиб, тажриба натижаларига батамом мос келади. Бу ходисани 1916 йили Милликен тажрибада кўриб чиқаётган электроннинг максимал энергиясини ўлчашга муваффақ бўлди:

$$V_e = m_e \cdot V^2/2 = (E_e)_{\max} \quad (II.24)$$

Бу ерда; m_e — электрон массаси, e — электрон заряди, V — электрон тезлиги, V_e — электрон майдони кучланиши.

Эйнштейн қонуни асосида Планк доимийлигини топиш мумкин. Бунинг учун электроннинг максимал энергияси (D) макс. билан тушаётган нур частотаси орасидаги боғланишни аниқлаш керак (И.7-расм).

Юқорида келтирилган (II.23) ва (II.24) тенгламалардан кўришиб турибдики, тўғри чизикнинг оғиши $U - V$ координатасида

$\frac{h}{e}$ нисбатга тенгдир. Бу усул Планк доимийсини

аниқлашда энг қулай усуллардан биридир. Нурнинг корпускуляр табиатини — **Комптон** эффектини тушунтиришдан олдин масса билан энергия орасидаги боғланиш қонунларини кўриб чиқамиз.

П.8. МАССА БИЛАН ЭНЕРГИЯ ОРАСИДАГИ ЮҒЛАНИШ ҚОНУНИЯТЛАРИ

1903 йили Эйнштейн нисбийлик назариясига асосан ҳаркатдаги заррачанинг массаси тинч ҳолатда турган заррача массасидан ортиқ бўлишини исботлаган. Бунда қуйидаги нисбат бажарилади:

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \left(\frac{V^2}{C^2}\right)}} \quad (II.25)$$

Бу ерда: t — ҳаракатдаги заррачанинг массаси, m_0 — тинч Ҳолатдаги заррача массаси, V — заррачанинг ҳаракат тезлиги, C - вакуумдаги нур тезлиги.

Шундай қилиб, заррача харакати тезлигининг ортиши унинг энергияси ва массасининг ортишига олиб келади. Эйнштейн заррачанинг массаси билан энергияси орасидаги боғланишни қуйидаги тенглама билан ифодалади:

$$E = m \cdot C^2 \quad (\text{II.26})$$

Бу тенглама масса билан энергиянинг ўзаро боғланиш назариясини ифодалайди. Ҳолбуки нисбийлик назарияси вужудга келгунга қадар масса билан энергия ўзаро боғлиқ эмас деб қараб келинган эди. II.26 тенглама ҳар қандай жараён учун массалар ўзгариши Δm ва энергия ΔE орасидаги боғланишни ифодалагани учун уни қуйидагича кўринишда ёзиш мумкин:

$$\Delta E = \Delta m C^2$$

Лекин бу тенгламага асосан масса энергияга айланади, деб ҳисоблаш мумкин эмас, бундан материя энергияга айланади деган маъно келиб чиққан бўлур эди. Масса билан энергия фақатгина материянинг хоссаларидир. Масса материянинг инертлигини, энергия эса ҳаракат ўлчамини белгилайди. Шу сабабли (II.26) тенглама заррачалар массасини ифодалагани ҳолда, унинг ҳаракатга боғлиқлигини ҳам кўрсатади. Планк ва Эйнштейн тенгламалари нурнинг тўлқин узунлиги билан фотон массаси орасидаги муносабатни тавсифлаб беради. Фотон тинч ҳолатда массага эга эмас. Лекин у ёруғлик нурига тенг тезликда ҳаракатланади. (Агар фотон II.25 тенгламага асосан статик массага эга бўлганда эди, унинг массаси энергиясига нисбатан чексиз катта қийматга эга бўлур эди.) Шунинг учун фотоннинг ҳамма массаси динамик хусусиятга эга, яъни у доимо ҳаракатда бўлади. Модомики шундай экан, фотон энергиясини (II.26) тенглама билан ҳисоблаш мумкин. Иккинчидан, Планк тенгламасига мувофиқ

$$E = hv = \frac{hc}{\lambda} \quad (\text{II.27})$$

II.26 ва II.27 тенгламаларидан $mc^2 = \frac{hc^2}{\lambda}$ ни ҳосил қилиш мумкин. Ундан

$$\lambda = \frac{h}{mc} \quad (\text{II.28})$$

ҳосил бўлади.

II.28 тенглама фотон импульси mc билан нурнинг тўлқин узунлиги орасидаги боғланишни кўрсатади. Бу ҳолда тенгламани қуйидагича ёзишимиз мумкин.

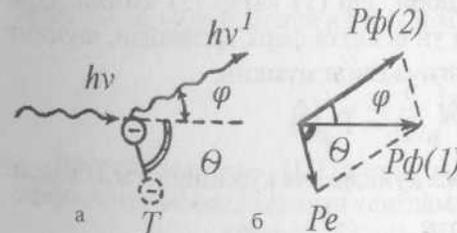
$$\lambda = \frac{h}{p} \quad (\text{II.29})$$

Бу ерда; P — фотон импульси.

Комптон эффекти. Фотонлар электронлар билан таъсирланиши натижасида ўзининг бир қисм энергиясини узатади. Натижада тўлқин узунлиги ортиб, нурланишнинг тарқалиш йўналиши ўзгаради, яъни сочилиш содир бўлади. Бу эффектни 1923 йили Комптон (АҚШ) очган. У турли моддаларни рентген нурлари билан нурлантириш натижасида сочилган нурнинг тўлқин узунлиги биринчи ҳолатдагидан катта бўлганлигини аниқлаган. Чунончи, тўлқин узунлигининг ўзгариши моддаларнинг табиатига ва нурнинг биринчи ҳолатдаги тўлқин узунлигига боғлиқ бўлмасдан, биринчи бошланғич нурланиш бурчаги билан сочилган нурланиш йўналиши орасидаги бурчакка боғлиқлигини аниқлаган (II.8-расм).

Фотон ва модда электронларининг бир-бири билан тўқнашувида энергия ҳамда импульснинг сақланиш қонуни бажарилади деб қаралса, Комптон эффекти аниқ ифодалайдиган тенгламани ҳосил қилиш мумкин.

Бир фотон hv га тенг энергия электронлар билан тўқнашганда энергия ва импульс нолга тенг деб қабул қилинади. Тўқнашгандан кейин фотон энергияси $h\nu'$ га тенг бўлиб қолади. Со-



II.8 -расм. Комптон эффектини тушунтириш схемаси:

а - фотон ва электронларнинг ҳаракат маси, б - электрон берТан ва тарқатган Фотон импульсларининг вектор йиғиндиси.

чилган фотон бошланғич фотон йўналишига нисбатан бурчак ҳосил қилиб ҳаракатланади. Фотондан маълум микдордаги энергия олган электрон, бошланғич фотон йўналишига нисбатан θ бурчак ҳосил қилиб учади. Энергиянинг сақланиш қонунига мувофиқ электроннинг фотондан олган кинетик энергияси T қуйидагича аниқланади:

$$T = h\nu - h\nu' = -(\nu' - \nu) = -h_{\Delta}V \quad (\text{II.30})$$

Заррачаларнинг кинетик энергияси $(1/2) m v^2$ бўлиб, унинг импульси $P = m u$ га боғлиқ бўлади (m ва u - заррача массаси ва тезлиги). У ҳолда тенглама қуйидаги кўринишга эга бўлади:

$$T = \frac{P^2}{2m} \quad (\text{II.31})$$

II.30 ва II.31 тенгламаларини бир-бирига тенглаштириб, энергия олган электрон импульсини топиш мумкин:

$$P_e^2 = -2m_e \cdot h_{\Delta}V \quad (\text{II.32})$$

Импульснинг сақланиш қонунига асосан сочилган фотон ва электрон энергияларининг вектор йиғиндиси бошланғич фотоннинг импульсига тенгдир. Косинуслар теоремасига мувофиқ қуйидаги тенгламани ҳосил қиламиз:

$$P_e^2 = P_{\phi}^2(1) + P_{\phi}^2(2) - 2P_{\phi}(1) \cdot P_{\phi}(2) \cdot \cos(\theta) \quad (\text{II.33})$$

Бу ерда, $P_{\phi}(1)$ ва $P_{\phi}(2)$ бошланғич ва сочилган фотонлар импульсларининг микдори. $P_{\phi}(1)$ ва $P_{\phi}(2)$ қийматлари жихатидан бир-биридан унча катта фарқ қилмайди, шунинг учун тенгламани қуйидагича ёзиш мумкин:

$$P_{\phi}^2(1) \approx P_{\phi}^2(2)$$

У ҳолда (II.31) тенглама қуйидагича кўринишга эга бўлади:

$$P_e^2 = 2P_{\phi}^2(1) (1 - \cos\theta)$$

$$1 - \cos\theta = 2 \sin^2\left(\frac{\theta}{2}\right)$$

бўлгани учун

$$P_e^2 = 4P_{\phi}^2(1) \sin^2\left(\frac{\theta}{2}\right) \quad (\text{II.34})$$

бўлади.

Фотон импульси (II.29) тенгламага асосан қуйидагича тенг:

$$P = \frac{h}{\lambda} \quad (\text{II.35})$$

Юқоридаги (II.35) ва (1.34) тенгламаларга қийматларини қўйсақ

$$P_e^2 = 4\left(\frac{h^2}{\lambda^2}\right) \sin^2\left(\frac{\theta}{2}\right) \quad (\text{II.36})$$

ҳосил бўлади. (1.32) ва (1.36) тенгламаларни ўнг томонларини тенглаштириб қуйидаги тенгламага эга бўламиз:

$$-m_e \Delta V = 2 \left[\frac{h}{\lambda^2} \right] \sin^2\left(\frac{\theta}{2}\right) \quad (\text{II.37})$$

Агар $V = \frac{c}{\lambda}$ тенгламани дифференциалласак

$$d_v = -\left(\frac{c}{\lambda^2}\right) \Delta\lambda \quad \text{ҳосил бўлади.}$$

ΔV нинг қиймати V га нисбатан унча катта бўлмаганлиги туфайли уни қуйидагича изохлаш мумкин:

$$\Delta V \approx -\left(\frac{c}{\lambda^2}\right) \Delta\lambda \quad (\text{II.38})$$

Бу тенгламани (II.37) тенгламага қўйсақ Комптон эффектини ифодалайдиган тенглама келиб чиқади:

$$\Delta\lambda = 2 \left(\frac{h}{m_e \cdot c} \right) \cdot \sin^2\left(\frac{\theta}{2}\right) \quad (\text{II.39})$$

Келтириб чиқарилган (II.39) тенгламадаги $\frac{h}{m_e \cdot c}$ микдор