ТОКТОГУЛОВ С. Т.

Ф И З И К А-11

БИШКЕК – 2016

ББК 28. 081 я 73

Т - 51

Токтогулов С.Т.
Т – 51 Физика. 11-класс. Окуу китеби.   –Б.: 2016. – 98б.

ISBN 9967-11-053-9

Токтогулов С.Т. 2016
ISBN 9967-11-053-9
«Инсанат», 2016

ЭЛЕКТРОМАГНЕТИЗМ

II ГЛАВА ЭЛЕКТРОМАГНИТТИК ТАЛАА

§5. Магнит талаасы. Био-Савар-Лапласстын закону жана Максвеллдин теңдемеси.

Тажрыйбада ачылган Био-Савар-Лапласстын законунан $B = \frac{\mu\mu_0 \cdot I}{2\pi \cdot R}$ (32), берилген чекиттеги магнит талаасынын индукциясы токтун күчүнө түз, тогу бар өткөргүчтөн, берилген чекитке чейин аралыкка тескери пропорциялаш экендиги келип чыгат.

Мында: B-магниттик индукция, I-токтун күчү, R-берилген чекиттен өткөргүчкө чейинки аралык, μ -чөйрөнүн магниттик өткөрүмдүүлүгү μ_0 - вакуумдун магниттик өткөрүмдүүлүгү.

Чамасы, Англиялык физик Д. К. Максвелл бул теңдемени төмөнкүдөй жазып алып $\frac{2\pi R \cdot B}{\mu\mu_0} = I$ магниттик индукциянын ордуна $\frac{B}{\mu\mu_0} = H$ деп жазып, H-магнит талаасынын чыңалышы деп атап, жана $2\pi R = \ell$ менен алмаштырылганда, Био-Савар-Лапласстын закону төмөнкүдөй түргө келген. $H \cdot \ell = I$,(33) $I = I_{өт} + I_ж$

Мында: H – магнит талаасынын чыңалышы, ℓ - айлананын узундугу, $I_ж$- жалпы токтун күчү, $I_{өт}$- өткөргүчтөгү токтун күчү, $I_ж$ - жылышуу тогунун күчү, $H \cdot \ell$ - өткөргүчтү бойлото багытталган магнит талаасынын чыңалышы.

Мындан(33) Д.К. Максвелл өткөргүчтөгү токтун күчү гана эмес, диэлектриктердин поляризациясы процессинде пайда болгон жылышуу тогу, өткөргүчтү бойлото багытталган магнит талаасынын чыңалышынын пайда болушуна алып келет деп эсептеген. $H \cdot \ell = I_{өт} + I_ж$

Демек, тогу бар өткөргүчтү бойлото пайда болгон магнит талаасынын чыңалышы өткөргүчтүчтөгү токтун күчүнө жана жылышуу тогунун күчүнө түз проопорциялаш болот.

Төмөндө бул теңдеме, далилдөөсүз дифференциалдык түрүндө Максвеллдин теңдемеси катары берилет. Теңдеменин дифференциалдык түрдө берилишинин себеби, магнит талаасынын мейкиндикте кандай мүнөздө бөлүштүрүлө тургандыгын дифференциалдык туюнтма аркылуу гана аныктоого болот.

Ошондуктан Максвеллдин тендемеси - **Максвеллдин дифференциалдык теңдемеси** деп аталып калды. $\mathbf{rotH} = \mathbf{j}_{өт} + \frac{\partial D}{\partial t}$ (34)

Жалпы түрдө, мейкиндикти курчап турган куюн сыяктуу магнит талаасы ротор(rotor) деп түшүнүлөт, ал эми куюн сыяктуу магниттик чыңалышы **rotH** деп белгиленет, **D-**электрдик жылышуу, $\frac{\partial D}{\partial t}$- убакыттын өтүшү менен электр талаасынын өзгөрүшү же электрдик жылышуунун өзгөрүү ылдамдыгы, $\mathbf{j}_{өт}$- өткөргүчтөгү токтун күчүнүн тыгыздыгы.

Жогорудагы Максвеллдин дифференциалдык теңдемесин чечмелегенде, бир гана тогу бар өткөргүчтөн тышкары, мейкиндиктеги ар кандай өзгөрүлмө электр талаасы да, куюн сымал магнит талаасынын чыңалышын пайда кылат деген эң маанилүү корутундуга келип чыгат.

§6. Электромагниттик индукция кубулушу боюнча Максвеллдин теңдемеси.

Д.К. Максвелл электромагниттик индукция законун анализдеп, М. Фарадей тажрыйбада аныктаган бул кубулуштун физикалык маңызын математиканын атайын бөлүмүндөгү формулалар менен теориялык жактан чечмелей алган. Чындыгында, эмне үчүн, кандайча өзгөрүлмө магнит талаасы туюк контурда индукциялык токту пайда кылат?

Бир жагынан, өткөргүчтүн ичинде электр талаасы болгондо гана, электр тогу пайда болот. Ал эми электр талаасы электр тогунан пайда болот. Туюк контурда электр энергиясынын булагысыз индукциялык электр тогу пайда болуп жатпайбы! Экинчи жагынан, магнит талаасы тогу бар өткөргүчкө аракет эткендиги, анын кыймылдуу зарядка аракет этишинин натыйжасы деп каралат. Ошондуктан, Д.К. Максвелл тарабынан электр талаасынын мейкиндикте бөлүштүрүлүшүн мүнөзүн **куюн сыяктуу электр талаасы**, тагырак айтканда, куюн сыяктуу электр талаасынын чыңалышы мүнөздөйт деп табылып, аны математикалык түрдө роторE(**rotE**) деп белгиленген.

Ал эми, өзгөрүлмө магнит талаасы, магниттик индукциянын өзгөрүү ылдамдыгы менен мүнөздөлүп, математикалык түрдө магнитик индукциянын өзгөрүшүнүн убакытка болгон катышынын жеке туундусу ($\frac{\partial B}{\partial t}$) катары чагылдырылат. Жогорудагылардын негизинде, далилдөөсүз электромагниттик индукциянын законунун дифференциалдык теңдемеси төмөнкүдөй берилет. $rotE = -\frac{\partial B}{\partial t}$ (35) Мында: $\frac{\partial B}{\partial t}$ - магниттик индукциянын өзгөрүшүнүн убакытка болгон катышынын жеке туундусу катары берилишинин себеби, анын мааниси мейкиндиктин ар бир чекитинде ар түрдүү мааниге ээ болушу менен түшүндүрүлөт.

Минус (–) белгиси Ленцтин эрежесин аныктайт. Бул формуладан, өзгөрүлмө магнит талаасы, б.а. магнитик индукциянын өзгөрүү ылдамдыгы, мейкиндикте куюн сыяктуу электр талаасын пайда кылат деп айтууга болот.

Демек, чындыгында, электромагниттик индукция кубулушунун маңызы төмөнкүдөй: адегенде **өзгөрүлмө магнит талаасынан($\frac{\partial B}{\partial t}$) туюк өткөргүчтүн ичинде куюн сыяктуу электр талаасы(rotE) пайда болот. Натыйжада, туюк өткөргүчтө индукциялык ток пайда болот.**

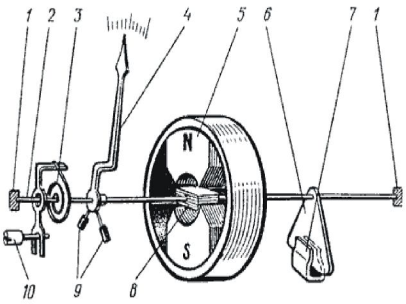
§7. Фуконун тогу

Эгерде трансформатордун өзөкчөсү үчүн туташ, бир тектүү туюк болот материалын алып, анын биринчи оромосун өзгөрүлмө электр тогунун булагына туташтырылса, анда болот өзөкчө ысый баштайт. Эмне үчүн? Анын себеби, биринчи оромодон пайда болгон куюн сымал магнит талаасы, болот өзөкчөдө туюк мүнөздөгү индукциялык токту пайда кылат.

Аны **Фуконун тогу** деп айтышат. Индукциялык ток өз кезегинде Джоуль-Ленцтин законунун негизинде, жылуулуктун бөлүнүп чыгуусуна себебчи болуу менен, электр энергиясынын техникалык жоголуусун пайда кылат.

Фуконун тогу:

- индукциялык мештерде металлдарды эритүү үчүн пайдаланылат. Ал үчүн, Трансформатордун экинчи оромосунун ордуна калыпка салынган металдардын күкүмдөрү салыныат. Фуконун тогунун таасири менен металлдар эрип, керектүү калыпка куюлат;



41-сүрөт

- электрдик өлчөөчү приборлор менен электрдик чоңдуктарды өлчөөдө, алардын жебесин көпкө чейин төрмелүүсүн тык токтотуу үчүн, окко туташ алюминийдин тилкеси(6) жайланыштырылат. Ал турактуу магниттин ичинде болот(7). Натыйжада, жебенин кыймылы менен кошо кыймылга келген алюминийдин тилкесиндеги Фуконун тогу пайда кылган кошумча магнит талаасы, жебенин кыймылын токтотот(41-сүрөт);
- Электр эсептегичтерде, электр энергиясынын пайдалангын эсептөөчү механизминин сандык көрсөткүчтөрү туташ тегерек дисктин айлануу санынына жараша болот.
- Өз кезегинде алюминий дисктин айланышы, электр энергиясын пайдалануу деңгээлин аныктоочу магнит талаасы алюминий дискин кесип өтөт.

Натыйжада, дискте Фуконун тогу пайда болуп, анын түзгөн магнит талаасы менен тышкы магнит талаасынын жалпы таасиринде, алюминий диск айлана баштайт.

Бирок Фуконун тогу дайыма эле пайдалуу жагы боло бербейт. Ал электр энергиясын аралыкка берүүдө пайдаланган трансформаторлордо техникалык жоголуулардын себебчиси болуп калат.

Бышыктоо үчүн суроолор

1. Био-Савар-Лапласстын законун Д.К. Максвелл кандай түргө келтирген? 2. Максвеллдин диффереациалдык теңдемеси кандайча чечмелеленет? 3. Электромагниттик индукция законун Д.К. Максвелл кандай түргө келтирген? 4. Электромагниттик индукция кубулушу Д.К. Максвеллдин теңдемесинде кандайча чечмеленет? 5. Фуконон тогу кандайча пайда болот? 6. Фуконон тогун кандайча азайтууга болот? 7. Фуконун тогунун техникалык пайдалуу жагы кандайча колдонулат?

ЗАТТАРДЫН МАГНИТТЕЛИШИ

III ГЛАВА ЗАТТАРДЫН МАГНИТТИК КАСИЕТТЕРИ

§8. Магнетиктердин классификациясы.

Зат атомдордон турат. Ар бир атомдо электрондор ядронун тегерегинде жана өзүнүн огунда айланышат. Кыймылдагы ар-бир заряддалган бөлүкчө, өзүнүн айланасында магнит талаасын пайда кылат. Ошондуктан, атомдун орбитасындагы айланып жүргөн электрондорунан жана электрондор өзүнүн огунда айлангандыктан кошумча магнит талаасы пайда болот. Бул магнит талаалары биригишип атомдун ички суммардык магнит талаасын магнит талаасын түзүшөт.

Мына ушул себептен заттын ар бир атомун элемантардык турактуу магнит деп эсептөөгө болот. Бирок, заттар бири-биринен орбитадагы жана эркин электрондордун сандары боюнча айрымаланышат.

Эгерде тигил же бул зат тышкы магнит талаасына жайланыштырылса эмне болот? Мындай абалда ар бир заттын атомдорунун өздүк магнит талаасы менен менен тышкы магнит талаасынын өз ара магнитик аракеттенишүү процесси жүрөт.

Эгерде тышкы магнит талаасында заттар магниттелишсе, алар **магнетиктер** деп аталат. Тышкы магнит талаасында заттардын магнит талаасынын өзгөрүү мүнөзүнө жараша: **парамагнетик, диамагнетик, ферромагнетик** болуп бөлүнүшөт.

Адегенде магнит талаасын жана тышкы магнит талаасындагы заттын магниттик касиеттерин мүнөздөөчү чоңдуктардын физикалык маңызын карап көрөлү. Алар эки чоңдук менен мүнөздөлөт. $B = \mu \cdot \mu_0 \cdot H$

Мында: **B** - заттын магниттик индукциясы. Ал заттын магниттелишинин маанисин аныктайт. **H** - тышкы магнит талаасынын чыңалышы, μ - чөйрөнүн(заттын) магниттик өткөрүмдүүлүгү, μ_0 - вакуумдун магниттик өткөрүмдүүлүгү. $\mu_0 = 1{,}33 \cdot 10^{-6}\ Гн / м$

Заттар магниттик өткөрүмдүүлүгүнүн мааниси боюнча бири биринен айрымаланышат. Эгерде:

- тышкы магнит талаасын анчалык көп эмес маанисине чейин чоңойткон заттар **парамагнетиктер** деп аталат Мисалы, парамагнетик болгон платинада-тышкы магнит талаасы 1, 00036 эсе көбөйөт. Ошондуктан парамагнетиктерде магниттик өткөрүмдүүлүгү бирге барабар же андан чоң болот($\mu \geq 1$). Парамагнетиктерге инерттик газдар(гелий, аргон ж.б.), металлдар(алтын, цинк, жез, сымап, күмүш) суу, айнек, мрамор жана көптөгөн органикалык аралашмалар кирет;
- тышкы магнит талаасын, өздүк магнит талаасынын эсебинен азайткан заттар-**диамагнетиктер** деп аталат. Мисалы, висмутта – тышкы магнит талаасы 0,999824 эсеге азаят. Ошондуктан диамагнетиктерде магниттик өткөрүмдүүлүгү бирге барабар же андан кичине болот($\mu \leq 1$). Диамагнетиктерге инерттик газдар(гелий, аргон ж.б.), металлдар(алтын, цинк, жез, сымап, күмүш) суу, айнек, мрамор жана көптөгөн органикалык аралашмалар кирет;
- магниттик өткөрүмдүүлүгү бирден жүздөгөн, миңдеген эсе чоң μ >>1 болсо, заттар **ферромагнетиктер** деп аталышат. Ферромагнетиктерге анчалык көп эмес кристаллдык телолор - металлдар (темир, кобальт, никель) жана айрым куймалар кирет.

§9. Парамагнетизм жана Диамагнетизм.

Парамагнетиктер. Парамагнитизмдин жаратылышы, анын атомдорундагы ядронун тегерегинде айланган электрондордун түзгөн магнит талаалары менен түшүндүрүлөт. Ошондуктан парамагнетикткрдин атомдору магниттик касиеттерге ээ болот. Мында бардык электрондордон пайда болгон парамагнетиктердин өздүк магнит талаасы, тышкы магнит талаасы бойлото багытталат.

Тышкы магнит талаасы болбосо, парамагнетиктердин атомдорунун жылуулук кыймылдары, алардын өздүк магнит талааларынын бирдей багытта болушуна тоскоолдуктарды жаратат. Мындай абалда парамагнетиктердин өздүк магнит талаалары бирдей багытта боло алышпайт.

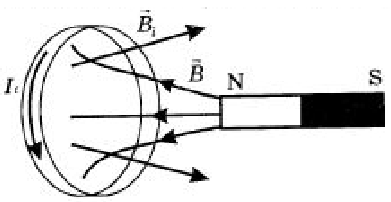
Эгерде парамагнетиктер тышкы магнит талаасына жайланыштырылса, атом түзгөн магниттик талаанын жана жылуулук кыймылдарынын биргелешкен таасирлеринин натыйжасында, ар-бир атомдун өздүк магнит талааларынын багыттары, тышкы магнит талаасынын багыты бойлото болот. Парамагнетиктер температурадан көз каранды болушат.

$\mu = 1 + \frac{c}{T}$ Мында Т - Термодинамикалык температура, с – Кюринин турактуулугу. Ошондуктан температура жогорулаган сайын, атомдордун өздүк магниттик талааларынын багыттары тышкы магнит талаасынын багыттарынан четтей баштайт. Натыйжада, парамагнетиктердин магниттик өткөрүмдүүгүнүн маанилери азая баштайт.

Диамагнетиктер. Диамагнетиктер тышкы касиеттер боюнча башка заттардан магниттик өткөрүмдүүлүгү менен айрымаланышат.

Диамагнетиктер болуп, өзүнүн жеке магнитик талаасына ээ болбогон заттар эсептелинет. Мындай заттын атомдору диамагнетиктик атомдор деп аталышат. Мисалы гелийдин атомунда эки электрон бирдей орбитада, бирок өзүнүн огунда карама-каршы багытта айланып жүрүшөт. Ошондуктан алардын спиндери бири-бирин компенсациялашкандыктан, өздүк магниттик талаасы нөлгө барабар болуп калат.

Эгерде диамагнетик тышкы магнит талааасына жайланыштырылса, диамагнетиктердин атомдорунда электромагниттик индукция кубулушуна ылайык, индукциялык токту пайда кылат.



42-сүрөт

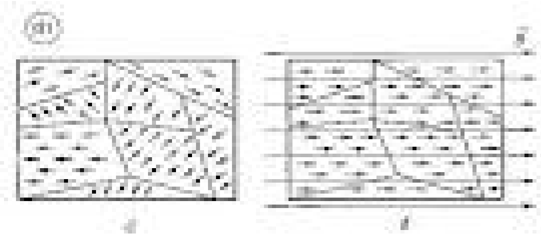
Ленцтин эрежесине ылайык, индукциялык токтун магнитик индукциясыын багыты менен тышкы магнит талаасынын чыңалышынын багыты карама-каршы болот. Ошондуктан күчтүү бир тектүү магнит талаасына жайланыштырылган диамагнетик, андан түртүлүп чыгарылып жиберет(42-сүрөт).

Эгерде тышкы магниттөөчү талаанын жок болсо, атомдордогу индукциялык ток жок болуп, заттын диамагниттик касиети да жоголот.

Диамагнетизм бардык заттардын касиеттери болуп саналат. Себеби, тышкы магнит талаасында бардык заттарда индукциялык ток пайда болот. Бирок диамагнетизм өтө начар деңгээлде байкалуучу магниттик эффектилер болуп саналат.

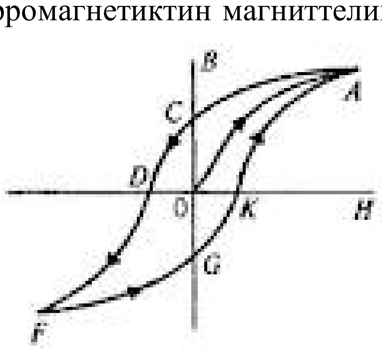
§ 10. Ферромагнитизм. Магниттик гистерезис.

Ферроманетиктерде өздүк магнит талааасынын мааниси өтө чоң болот. Себеби, ферромагнетик - кристаллдарда атомдордордун электрондору жана эркин электрондору биригишип пайда кылган өздүк магнит талааларынын натыйжасында, ферромагнетиктердин жеке-жеке 10^{-2}-10^{-4}см өлчөмдөгү бөлүктөрүндө өздүк магнит талаасынын индукциялары өз алдынча б.а. спонтандык түрдө бирдей багытта болуп калат. Мындай ферромагнетиктердин бөлүгү – **домен** деп аталат. Бирок алардын ар-бири ар кандай хаотикалык багытта болот.(43а-сүрөт) Бир тектүү магнит талаасындагы ферромагнетиктер домендик түзүлүшкө ээ болушкандыктан, алар бирдей багытта тизилишип калышат жана тышкы магнит талаасын күчөтүп жиберишет(43б-сүрөт).


43-сүрөт

Бирок бир тектүү магнит талаасындагы ферромагнетиктердин магниттелишинин өзгөчөлүктөрү бар. Анын өзгөчөлүгүн изилдөө үчүн магниттик индукциянын(B), тышкы магнит талаасынын чыңалышынан(H) көз карандылык графигин карап көрөлү(44-сүрөт).

Адегенде тышкы магнит талаасынын чыңалышынын мааниси жогорулаган сайын, ферромагнетиктин магниттелишин чагылдыруучу Внын мааниси да жогорулай баштайт. Бирок, тышкы магнит талаасынын чыңалышынын белгилүү маанисинен баштап, ферромагнетиктин магниттелиши максималдуу маанисине, б. а. каныгуу абалына жетип калат(OA).



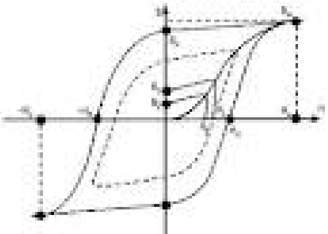
44-сүрөт

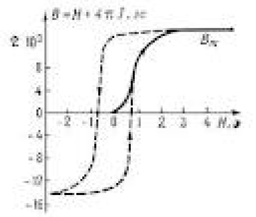
Тышкы магнит талаасынын чыңалышынын маанисин азайта баштаганда, магниттик индукциянын маанисинин азайышы артта кала баштайт(AB). Натыйжада, тышкы магниттик талаанын чыңалышы нөлгө барабар болгондо(CO), ферромагнетиктин магниттик индукциясы белгилүү мааниге ээ болгон боюнча артта калып кетет(CD), б.а. турактуу (калдыктуу) магнитке айланып калат. Магниттик

индукциясынын маанисинин тышкы магниттик чыңалыштын маанисинен артта калышы **магниттик гистерезис** деп аталат.

Тышкы магнит талаасынын багытынын терс маанилеринин көбөйүшү менен, өз кезегинде ферроманетиктерде магниттик индукциянын мааниси да нөлгө барабар болуп калат. Мындай абалда зат өздүк магниттик касиетин жоготот. Тышкы магнит талааасынын чыңалышын мындай мааниси **коэрцивдик күч** деп аталат. **Н**тын маанисинини андан аркы көбөйүшү **В**нын терс маанисинин көбөйүшүнө алып келет(DF). Каныгуу чекитине жеткенден кийин, **В**мааниси нөлгө чейин жетип(FG жана GK), андан кийинки **Н**тын маанилеринин оң маанилеринде(КА) кайра геометриялык фигуранын туюкталышына алып келет. Бул фигура **гистерезистик илмек** деп аталат(44-сүрөт).

Ферромагниттик материалдардын аянты чоң болсо **магниттик катуу материалдар** деп аталат(45-сүрөт). Себеби, мындай аянт тышкы магнит талаасы жок болсо да ферромагниттик материал ээ болгон калдыктуу магнит талаасынын индукциясынын маанисин аныктайт.





Магнитик катуу материалдардан туруктуу магниттер даярдалат. Ал эми, гистерезистин аянты аз болгон ферромагниттик материалдар 46-сүрөт

45-сүрөт **магниттик жумшак материалдар** деп аталат(46-сүрөт).

Тышкы магнит талаасынын чыңалышынын мааниси мезгилдүү өзгөрүп турса, ферромагниттик материалдарда бирдик көлөмдө гистерезистин аянтына барабар болгон энергиянын жоголушу, **техникалык жоголуу** деп аталып, өзгөрүлмө электр тогунун трансформаторлорунун жана өзгөрүлмө электр генератолорундагы болот өзөкчөлөрүндө мындай жоголуулар болуп турат. Андан тышкары, туташ болот өзөкчөлөрдө өзгөрүлмө магнит талаасынын өзгөрүшүнөн индукциялык ток пайда болгондуктан(Фуконун тогу), ал болот өзөкчөлөрдүн ысышына алып келет.

Ошондуктан трансформатор, өзгөрүлмө электр тогунун генераторлордун өзөкчөлөрү, магниттик жумшак материалдардан калыңдыгы 3-4мм болгон, 3%га чейин кремний менен кошулган атайын жумшак электротехникалык болот баракчаларынан даярдалат. Мындай абалда **Фуконун тогу** азайгандыктан, мындай жолду колдонуу - техникалык жоголуунун дагы бир түрүнүн азайышына алып келет.

Бышыктоочу суроолор

1. Заттар эмне үчүн магнетиктер деп аталат? 2. Магнит талаасынын чыңалышынын физикалык маңызын чечмелегиле? 3. Парамагнитизмди түшүндүргүлө? 4. Диамагнитизмди түшүндүргүлө? 5. Ферромагнитизмди түшүндүргүлө? 6. Гистерезистик илмектин маңызын графикте түшүндүргүлө? 7. Магниттик жумшак жана магниттик катуу материалдардын кандай айрымасы бар?

4-маселе

1. Металл брусоктун магниттик индукциясы 0,75 Тл, тышкы магнит талаасынын индукциясы 0,0375 Тл болсо, Металлдын салыштырма магнитик өткөрүмдүүлүгүн аныктагыла?

2. Болоттун магниттелүү ийри сызыгы чагылдырылган графикти пайдаланып, 0,95Тл жана 1,8 Тл магнит индукцияны пайда кылуу үчүн, катушканын 1см узундугуна туура келген ампер-оромолордун санын тапкыла?

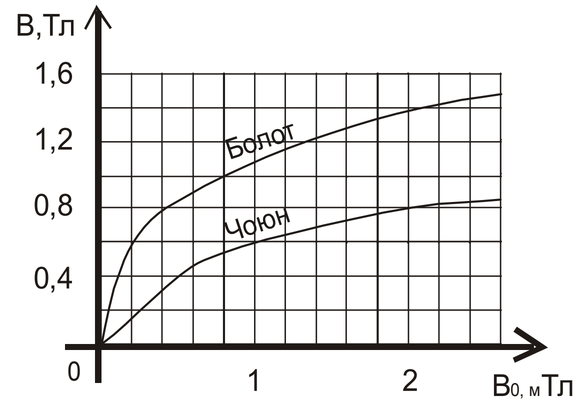
3. Тышкы магнит талаасынын индукциялары 0,4мТл жана 1,2мТл болсо, графикти пайдаланып(46-сүрөт) болоттун магниттик индукциясын тапкыла?

4. Эгерде тышкы магнит талаасы 2,2мТл болсо, чоюн өзөкчөсүн мына ушундай эле өлчөмдөгү болот өзөкчөсү менен алмаштырылса, анын магниттик агымы канча эсе өзгөрөт? 47-сүрөттү пайдалангыла.

5. Өзөгү жок соленоиддин ичинде талаанын индукциясы 2мТл болсо, кесилиши 100см^2 болгон чоюн өзөкчө жайланыштырыла, анын магниттик агымы кандай мааниге ээ болуп калат? 47-сүрөттү пайдалангыла.

6.Темир өзөктүү узундугу 120см жана кесилиш аянты 3см^2 болгон соленоид 0,42Вбмагнит агымын түзүш үчүн канча ампер-ором керек болот?

7. Магнит талаасынын чыңалышы 796А/м болгон темир өзөкчөсүн пайдаланышат(В=1,4Тл). Темирдин магнитик өткөрүмдүүлүгүн тапкыла?



47-сүрөт

ҮЧ ФАЗАЛЫК ЭЛЕКТР ЧЫНЖЫРЛАРЫ

IV ГЛАВА ҮЧ ФАЗАЛЫК ТОК

§11. Үч фазалык системалар жөнүндө жалпы маалыматтар.

Көз каранды эмес бир нече бир нече электр энергиясынын булактарынан турган өзгөрүлмө электр чынжырын бир тармакка бириктирүү **көп фазалык ток** деп аталат.

Өз маалында (1888ж) Орус физиги Доливо-Добровольский үч фазалык токтун үнөмдүүлүгүн жана практикада ыңгайлуулугун далилдеп, үч фазалык токтун трансформаторун, асинхрондук кыймылдаткычты ойлоп тапкан.

Өзгөрүлмө электр тогунун үч фазалык системасы – бул бирдей жыштыктагы, бирдей амплитудагы жана фазалары 120° ка айрымаланган бири-биринен көз карандысыз болгон бир фазалык токтордун жыйындысы. Ар – бир көз карандысыз фазадагы чыңалуу - фазалык чыңалуу деп аталат.

Электр энергиясынын негизги колдонуучуларына электр кыймылдаткычтары кирет. Алар жумушчу машиналарды кыймылга келтирет. Мисалы, өндүрүштө ар кандай түрдөгү станоктор, конвейерлер, нан заводунда камырларды жууручу аппараттар, үй шартындагы чаң соргучтар, кир жуугуч машиналарда ар түрдүү кубаттуулуктагы электр кыймылдаткычтар пайдаланылат.

Кыргызстан-көз каранды эмес болушуна толук жетишүү үчүн электр энергиясын өндүрүүдө, аралыкка берүүдө жана бөлүштүрүүдө көз карандысыздыкка жетишүү - замандын талабы.

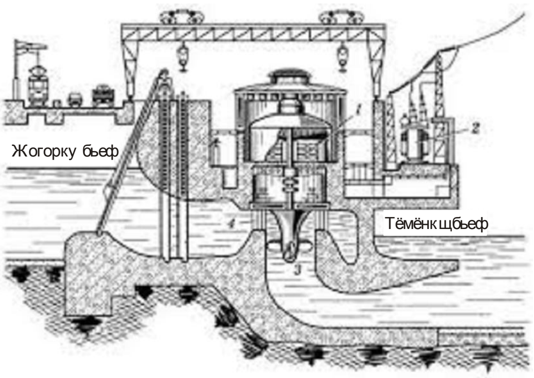
Анткени, Союз учурунда Нарын дарыясында курулган ГЭСтерде иштелип чыккан электр энергиясын **Орто Азиялык бирдиктүү электрдик системасын** курууга ылайыкташтырылган. Ошондуктан, Датка-Кемин багытында электр байланышын жеткирүү үчүн, адегенде, Токтогул ГЭСинде иштелип чыккан 500кВ чыңалууга эсептелинген чоң кубаттуулуктагы трансформотордун Жалал-Абадда курулушу менен, энергетикалык көз карандылыкка жетүүгө болот. Дүйнөдө ар-бир мамлекеттин экономикалык деңгээли электр энергиясын пайдалануу деңгээли менен аныкталат.

Демек, Кыргызстандын келечеги - электр энергиясын өндүрүп чыгарууда. Ал үчүн, кошумча Токтогул ГЭСнен тышкары көптөгөн(өз мезгилинде 22 ГЭС пландаштырылган) ГЭСтерди курууга, иштетүүгө болот.

Кыргызстандын гүлдөп өнүгүшү үчүн электр энергиясын өндүрүү, аралыкка берүү, электр энергиясын пайдалануучу тармактар багытында иштеген жогорку квалификациядагы кесипке ээ болгон келечек муундарынан талап кылынат.

§12. Өзгөрүлмө электр тогунун генератору.

Электр энергиясын пайдалануу үчүн, үч фазалык генераторлор, трансформаторлор, электр энергиясын керктөөчүлөргө жеткирүү үчүн 110кВ, 220кВ жана 500кВ жогорку чыңалуудагы өзгөрүлмө токту жеткирүүчү чубалгылар, пайдалануучу электр тармактарына жеткирилет.



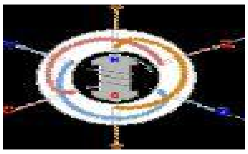
Өзгөрүлмө электр тогун өндүрүү үчүн, адегенде, көп өлчөмдөгү, мисалы Токтогул ГЭСинде 20млрд $м^3$ көлөмдөгү сууну топтоого туура келет.

Ал эми, өзгөрүлмө электр тогун өндүрүп чыгарууда, электромагниттик индукция кубулушуна негизделген индукция-

48-сүрөт лык генератор пайдаланылат. Суунун жардамы менен, гидротурбина аркылуу, индукциялык генератор өз огунда айланып, үч фазалык өзгөрүлмө электр тогу пайда болот.

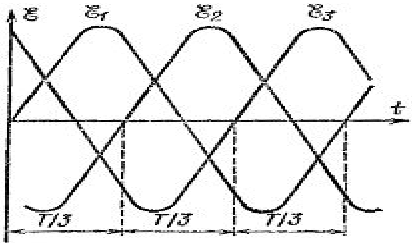
Ал үчүн, анын кыймылдоочу бөлүгүндө (ротор) магнит талаасы түзүлөт. Ал эми магнит талаасын электромагнит же туруктуу магнит менен түзүүгө болот. Тышкы күчтүн (суу, суунун буусу) аракети менен ротор айланганда, анын түзгөн өзгөрүлмө магнит талаасы генератордун кыймылсыз бөлүгүндө (статор) жайланышкан өткөргүчтүн оромолорунда өзгөрүлмө электр тогун пайда кылат. Бирок, статордогу болот өзөкчөлөргө оролгон бир оромого караганда, бири биринен 120° бурч боюнча айрымаланган көз карандысыз үч оромодон тургандыгы ыңгайлуу экендиги аныкталган.

Натыйжада, ар бир оромодо өзүнчө өзгөррүлмө электр тогу пайда болот. Бул үч оромолордо пайда болгон токтор бири биринен фазасы боюнча 120^oка айрымаланышкандыктан **үч фазалык генератор** деп аталат. Ошондуктан үч фазалык генератор бири-биринен көз карандысыз үч түрмөктөн турат. Натыйжада үч фазалык симметриялык э.к.к жаралат. Түрмөктөрдүн өз ара жайланышына карата э.к.к.нүн баштапкы фазалары бири-биринен 120^0ка



49-сүрөт

жылышкан болот. Магнит талаасынын айлануусунан үч оромодо электромагниттик индукция законуна ылайык ар - бир оромодо синусоидалык ток пайда болот. Ошондуктан үч фазалык электр тогун пайда кылуучу генератордогу Э.К.К. бирдей жыштыкта(50Гц) жана амплитудада, фазалары боюнча 120^0ка жылышкан абалда болот.

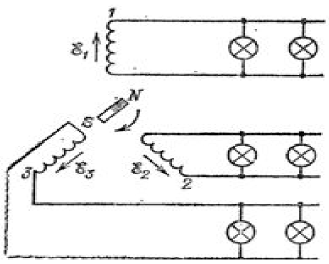


50-сүрөт

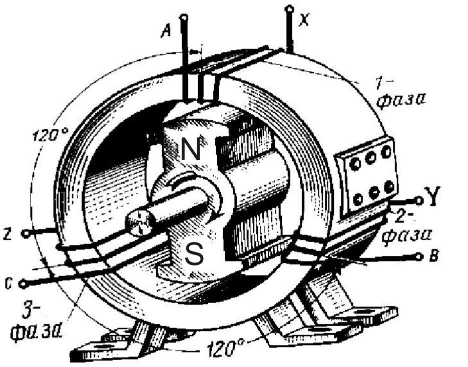
$$e_1 = \varepsilon_0 \sin \omega t,\ e_2 = \varepsilon_0 \sin(\omega t - 120^o),\ e_3 = \varepsilon_0 \sin(\omega t - 240^o)$$

Өзгөрүлмө электр тогунун генераторунун ар бир оромосунда пайда болгон электр тогу үчүн, экиден туташтыруучу өткөргүч керек болуп, бардыгы туташтыруучу алты өткөргүч пайдаланууга туура келет.

Өзгөрүлмө электр тогунун генераторунан фазасы боюнча бири биринен айрымаланган үч көз карандысыз электр тогун керектөөчүлөргө бириктирилет(51-сүрөт). Үч фазалык өзөрүлмө токтун генераторунун тышкы көрүнүшүнөн(52-сүрөт), чындыгында электр тогун керектөөчүлөрүнө көз карандысыз алты чубалгыларды пайдаланууга туура келе тургандыгы көрүнүп турат.



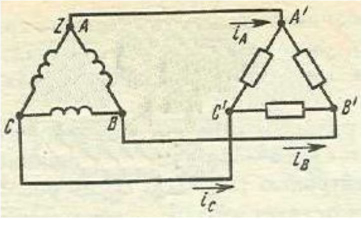
51-сүрөт



52-сүрөт

§13. Үч фазалык өзгөрүлмө тогун аралыкка берүү.

Эгерде үч чынжырда тең жүктөмдөрдүн каршылыгы бирдей болсо режим симметриялык режим деп аталат. Эгерде бул шарттардын бири аткарылбаса симметриялык эмес режим деп аталат. Бири-биринен көз карандысыз бир фазалык токтордон үч фазалык токту алуу үчүн оромолорду өзгөчө жол менен туташтырууга туура келет. Электр тогу менен, аны керектөөчүлөрдү



53-сүрөт

камсыз кылууда, электр тогун аралыкка берүүчү алты өткөргүчтү санын азайтуу жолун орус электотехниги Доливо – Добровольский изилдеген. Анткени, электр тогун аралыкка берүүдө өткөргүчтөрдүн саны аз болсо, тиешелүү кыйынчылыктар да азайят.

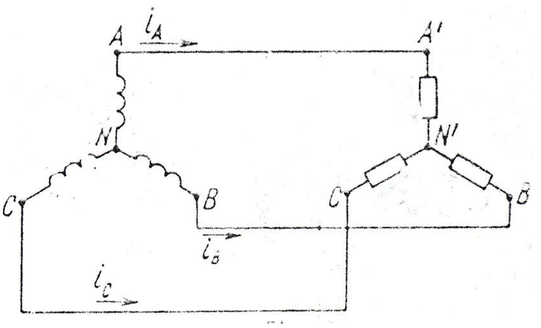
Ал үчүн, Доливо – Добровольский генератордун оромолорун бириктирүүнүн эки жолун сунуш кылган:

Биринчиси – **үч бурчтук** жолу.

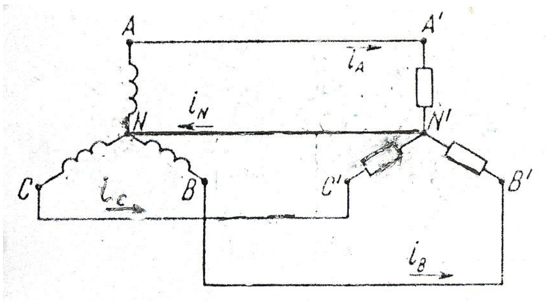
Оромолорду туташтыруунун мындай жолунда биринчи оромонун экинчи учун, экинчи оромонун башталышы менен бириктирилсе, экинчи оромонун экинчи учу, үчүнчү оромонун биринчи учу менен, ал эми үчүнчү оромонун экинчи учу, биринчи оромонун биринчи учу менен туташтырылат. Бул учурда, электр тогун аралыкка берүү үчүн алты өткөргүчтүн ордуна үч гана туташтыруучу өткөргүчтөр пайдаланылат (53-сүрөт).

Экинчиси – **жылдызча жолу**.

Электрдик генератор менен керектөөчүлөрдү бири бирин үч өткөргүч аркылуу жылдызча жолу менен туташтырууга болот(54-сүрөт). Бирок, ал үчүн үч фазага бириктирилген каршылыктар бирдей мааниге ээ болушу талап кылынат. Бирок, үч фазада тең электр тогун керектөөчүлөрдүн каршылыктары бирдей болбойт. Андан тышкары, үч фазанын бири үзүлүп калса, анда калган эки оромодо чыңалуу кескин жогорулап кетет. Мындай абал өз кезегинде электр тогун пайдалануучулардын жараксыз болушун алып келет. Мына ушул себептерден, генератор менен керектөөчүлөрдүн ортосунда нөлдүк өткөргүч туташтырылат(55-сүрөт).



54-сүрөт



55-сүрөт

Оромолорду туташтыруунун мындай жолунда, үч оромонун биринчи учтары бири бири менен туташтырылып, төртүнчү өткөргүч – ноль өткөргүчү менен, үч оромонун экинчи учтары менен бириктирилген өткөргүчтөрдүн жалпы саны төрткө жетет. Бирок, нольдук өткөргүчтү генератордо жана элктр керектөөчүлөрдү

Жерге туташтыруу жолу менен жетишилет.

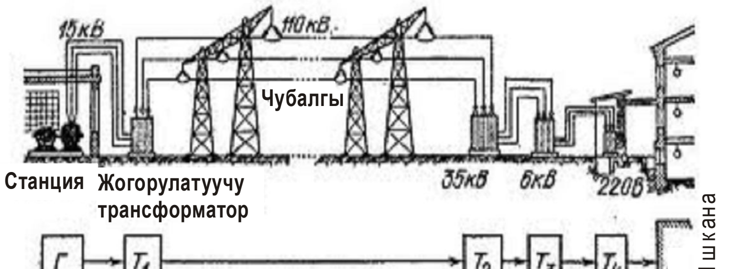
Туташтыруучу өткөргүчтөрдүн ортосундагы чыңалуу – **сызыктуу чыңалуу** деп аталат. Өндүрүштө, өнөр жайда пайдаланылып жаткан сызыктуу чыңалуунун мааниси **380В** ко барабар.

Ар бир оромо менен нөлдук өткөргүчтүн ортосундагы чыңалуу **фазалык чыңалуу** деп аталат. Үй шартында пайдаланылып жаткан фазалык чыңалуунун мааниси **220В** ко барабар.

Үч фазалык өзгөрүлмө электр тогун аралыкка берүүдө жогорулатуучу трансформатор, керектөөчүлөргө жеткенден кийин, төмөндөтүүчү трансформаторлор пайдаланылат.

§14. Үч фазалык трансформатор

Үч фазалык токту, суудун энергиясынын жардамы менен гидрогенератор иштеп чыгат. Бирок, электр тогун керектөөчүлөр жүздөгөн км. аралыкта болгондуктан, электр энергиясын мүмкүн болушунча аз жоготууга учуратуунун жолун издөөгө туура келет. Анткени, мисалы, гидроэлектростанцияда үч фазалык токтун чыңалуусу(56-сүрөт)15кВ болот. Эгерде чубалгылардын жардамы менен түздөн-түз электр тогун керектөөчүлөрү менен бириктирилсе анда электр энергиясынын көбү чубалгыларды ысытууга сарпталат. Канча көлөмдөгү, мисалы, Токтогул ГЭСина 20Млрд $м^3$ ка жакын сууну плотинага топтоп, аны менен электр энергиясын өндүргөндөн кийин, алардын көбүн өндүрүп чыгарган электр энергиясын чубалгыларды ысытууга сарпталгандыгы ыксыз техникалык жоголууга алып келет.



56-сүрөт

Мындай чоӊ техникалык жоготуунун себебин Джоуль_Ленцтин законунун негизинде аныктоого болот. $\mathbf{Q = I^2R\ t}$ Мында: Q- чубалгыларда бөлүнүп чыккан жылуулук саны; I- токтун күчү; R- чубалгылардын каршылыгы; t-убакыт.

Жылуулук саны бөлүнүп чыгышынын себеби чубалгылардын каршылыгына ээ болушунан келип чыгат. Алардын каршылыгын азайтуу үчүн, чубалгыларды туурасынан кесилиш аянты чоӊ болгон жезден, күмүштөн, алтындан даярдоого туура келет. Бирок мындай жол баалуу, наркы кымбат металлдарды көп пайдаланууга алып келет. Джоуль-Ленцтин законунан көрүнүп

тургандай, чубалгыларда техникалык жоголуунун мындай түрүн азайтуу үчүн токтун күчүн азайтуунун жолун аныктоо зарылдыгы келип чыгат.

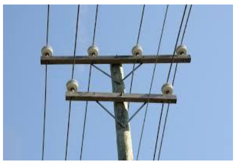
57-сүрөт

Себеби, эгерде токтун күчү эки эсе азайса, жылуулук саны төрт эсе, токтун күчү 5 эсе азайса, жылуулук саны 25 эсе азаят! Ал үчүн ГЭСтин алдында чыӊалууну жогорулатуучу трансформаторду курууга туура келет(56-сүрөт). Анткени, трансформатор – өзгөрүлмө токтун чыӊалуусун

өзгөртүүчү электрдик түзүлүш. Мисалы, үч фазалык трансформатордун түзүлүшү “жылдызча” жолу менен туташтырылгандыктан биринчи оромолору A,B,C чекиттерине туташтырылса, алардын экинчи учтары x,y,z нөлдүк

58-сүрөт

өткөргүчүнө бириктирилет. Азыркы мезгилдеги ГЭСтерде 15кВ чыӊалуу болсо, жогорулатуучу трансформатордун жардамы менен 110кВ(220кВ) чыӊалуу алынса, Токтогул ГЭСинде 500кВ чыӊалуу алынат. Трансфрматордун экинчи оромосуна туташтырылган чубалгылар болот устундары(57-сүрөт) аркылуу электр тогун керектөөчүлөргө(57-сүрөт) жакын төмөндөтүүчү транс-форматорлор орнотулат. Трансформаторлордун экинчи оромосунда бетон устундар(58-сүрөт) аркылуу 10кВ ко чейин



төмөндөтүлгөн чыӊалуу, эӊ акыркы төмөндөтүүчү трансформаторлго берилет. Анын

59-сүрөт экинчи оромосундагы 380В чыӊалуу электр тогун пайдалануучуларга жыгач устундардагы(59-сүрөт) чубалгылар аркылуу жеткирилет. Мында трансформатордун биринчи, экинчи оромолорунун ар бири үч көз карандысыз оромолордон турат. Ошондуктан ал оромолор жылдызча же үч бурчтук түрүндө уланат.

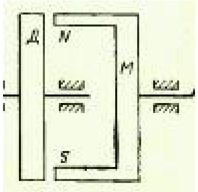
§15. Үч фазалык токтун асинхрондук кыймылдаткычтарынын физикалык негиздери.

Эртедир-кечтир Кыргызстанда айыл чарбасынан тышкары, ар-бир шаарда чоӊ-чоӊ фабрика, заводдор иштей баштайт. Асинхрондук кыймылдаткычтарды өндүрүштө жана Кыргызстандыктардын турмуш-тиричиликтеринде электрдик приборлорду пайдалануу, өз кезегинде үч фазалык системанын өнүгүүсү-Кыргызстанда электр энергиясын өндүрүү, аралыкка берүү, электр энергиясын бөлүштүрүү маселелерин чечүүнү талап кылууда.

Электрдик машиналар эки чоӊ категорияга: механикалык энергияны электр энергиясына жана электр энергиясын механикалык энергиясыны айландыруучулар болуп бөлүнөт.

Өзгөрүлмө электр тогунун машиналары өз кезегинде асинхрондук жана синхрондук машиналарга бөлүнүшөт. Электр кыймылдаткычтардын ичинен үч фазалык асинхрондук кыймылдаткычтар-ишенимдүү, жөнөкөй жана арзан. Доливо-Добровольскийдин ойлоп тапкан асинхрондук кыймылдаткычы бүгүнкү күнгө чейин негизинен өзгөрүүгө дуушар болбостон пайдаланылып келүүдө.

Асихрондук кыймылдаткычтын иштөө принциби Арагонун тажрыйбасына негизделген. Эгерде така сымал турактуу магнит өз огунда айландырылса, анын маӊдайындагы туташ жез диск да кошо айлана баштайт. Эмне үчүн? Себеби турактуу магниттин айланышынан жез дискте



индукциялык токту пайда болот. Ал эми индукциялык токтун куюн сымал магнитик талаасы өз кезегинде тышкы магнит талаасы б.а. турактуу магнит түзгөн магнит талаасы

60-сүрөт менен өз ара аракеттенишет. Анын натыйжасы дискти айландыруучу күчтү пайда кылат. Бирок, дисктин айланышы турактуу магниттин айланышынан артта калып калат, б.а. дисктин кыймылы асинхрондук мүнөздө болот. Асинхрондук кыймылдаткычта статорунда(кыймылсыз бөлүгү) айлануучу магнит талаасы түзүлөт. Андан ротор(кыймылдоочу бөлүгү) аз ылдамдык менен кыймылдайт, б.а. жүктөмдүн таасири менен ротор аз ылдамдыкка ээ болот.

Синхрондук кыймылдаткычта ротордун ылдамдыгы менен статордогу айлануучу магнит талаасынын ылдамдыгы дал келет жана кыймылдаткычтын жүктөмүнөн көз каранды эмес.

Бардык электр машиналары кайталанма мүнөздө болушат. Алар кыймылдаткычта генератор да болуша алышат. Бирок, негизинен практика жүзүндө асинхрондук машиналар кыймылдаткыч катары, ал эми синхрондук – өзгөрүлмө электр тогунун генератору катары пайдаланылат.

Бышыктоо үчүн суроолор.

1.Эмне үчүн өзгөрүлмө электр тогунун генераторунун статорунда 120° бурч менен үч оромосу болот? 2. Үч фазалык токту аралыкка берүүдө өткөргүчтөрдүн санын Доливо – Добровольский азайтуунун кандай жолун сунуш кылган? 3. Үч бурчтук жолу менен генератор жана электр тогун керектөөчүлөрдүн байланышын көрсөтүп бергиле? 4. Жылдызча жолун пайдалануунун кандай зарылчылыгы бар? 5. Жылдызча жолу менен генератор жана электр тогун керектөөчүлөрдүн байланышын көрсөтүп бергиле? 6. Сызыктуу жана фазалык чыңалуу деп эмнени айтабыз? 7. Асинхрондук кыймылдаткычтын физикалык негизин чечмелегиле?

ЭЛЕКТРДИК ӨЛЧӨӨЛӨР ЖАНА ПРИБОРЛОР

V ГЛАВА ЭЛЕКТРДИК ӨЛЧӨӨЧҮ ПРИБОРЛОР

§16. Электрдик өлчөөлөрдүн негизи.

Турактуу токтун электр чынжырында же өзгөрүлмө токтун чынжырында болобу, алардын негизги мүнөздөмөрүнүн маанилирин дайыма көзөмөлдөп туруу зарылдыгынан, өзгөчө чынжырдагы токтун күчүн, чыңалуунун жана өткөргүчтүн каршылыгын маанилерин аныктоого туура келет.

Электр тогун өлчөөчү приборлорго амперметр, вольтметр жана өтөкөргүчтүн каршылыгын өлчөөчү омметрлер кирет. Аталган приборлордун ар кандай көптөгөн түрлөрүнө карабастан, алардын бардыгы бир эле принципте иштейт:

Тышкы магнит талаасында тогу бар рамканын айланышына негизделет. Себеби, тышкы магнит талаасы тарабынан, тогу бар рамканын түзгөн магнит талаасына, аны айландыруучу Ампердик күчтүн моменти таасир этет. Натыйжада, аны менен бириккен жебенин абалы нөлдүк маанисинен четтейт. Жебенин (0) нөл абалынан жылышы - прибор аркылуу ток кандай мааниси өтүп жаткандыгын көрсөтөт. Ток көбөйгөндө прибордун жебеси да чоң бурчка кыйшая баштайт. Жебенин жылып жүрүүчү шкаласын прибор кайсы чоңдукту өлчөп жаткандыгына жараша Амперде, миллиАмперде, Вольтто градуировкаланат. Ток булагына приборлор туташтырылганда, алардын тогу бар рамкалары белгилүү бир каршылыкка ээ болот. Анын каршылыгы – прибордун **ички каршылыгы** деп аталат жана анын мааниси прибордун шкаласынын бетинде көрсөтүлөт.

§17. Өлчөөчү приборлордун каталары. Шкалалардагы шарттуу белгилер.

Ар кандай өлчөөлөрдө дайыма прибордун аныксыздыгы байкалат. Кыргызлын карапайым сөзү менен айтканда, өлчөөчү прибор “алдап” коөт, б.а. прибор көрсөкөн чоңдук менен, электр чынжырындагы, мисалы, токтун күчү болбобу же чыңалуунун мааниси болобу, анын чыныгы маанисинин ортосунда айрымачылык пайда болот. Алар өлчөөнүн: абсолюттук катасы, салыштырмалуу катасы, келтирилген катасы деп аталышат. Мында:

1. Δ - өлчөөнүн абсолюттук катасы деп аталат Ал прибордо өлчөнүлгөн чоңдук ($A_{өлч}$) менен өлчөнүүчү чоңдуктун чыныгы маанисинин (А) айрымасын көрсөтөт, б.а.

$\Delta = A_{өлч} - A$

2. δ - өлчөөнүн салыштырмалуу катаксы деп аталат. $\delta = \frac{\Delta}{A} 100\%$

Δ жана δ чоңдуктары өлчөөнүн тактыгын мүнөздөйт.

3. Көпчүлүк учурда прибордун тактыгын мүнөздөө зарылдыгы пайда болот. Аны

өлчөөнүн келтирилген катасы деп аталат. $\gamma = \frac{\Delta}{A_{max}} 100\%$ Мында $A_{мах}$- прибордун шкаласынын максималдуу мааниси., б.а. өлчөөчө чоңдуктун пределдик мааниси.

Өлчөөнүн келтитлген катасынын эң чоң мааниси, прибордун тактык классын аныктайт.

Өлчөөчү приборлордун шкалаларына, алардын тиешелүү шарттуу белгилери коюлат Мисалы:

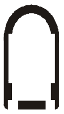
1,5 ………… тактык классы

___ …………...Туруктуу ток

~ ……………Өзгөрүлмө(бир фазалык) ток

—/~ …………Туруктуу жана өзгөрүлмө ток

≋ …………Үч фазалык ток



. ...Магнитоэлектрдик системадагы прибор

……………Электромагниттик системадагы прибор

………Электродинмикалык системадагы прибор

…… Индукцилык системадагы прибор

п, ⊥ , ………Прибор горизонталдк, вертикалдык абалда иштейт

….. Прибордун изоляциясы 2кВ чыңалуудага сынактан өткөн

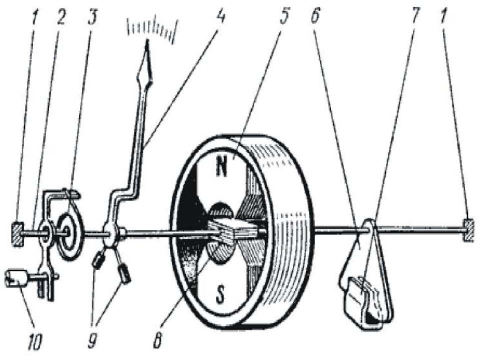
<u>А</u> ……………Жабык ысытылган кеңселер үчүн
Б ……………Жабык ысытылбаган кеңселер үчүн
В ………….. Талаада жана деңиз шарттары үчүн

Бышыктоочу суроолор:
1.Электрдик өлчөөчү приборлордун эмнеге негизделет? 2. Өлчөөчү приборлор эмне себептен ички каршылыкка ээ болушат? 3. Өлчөөнүн абсолюттук, салыштырмалуу, келтирилген каталарын айтып бергиле? 4 Өлчөөчү приборлордун шкалаларына кандай шарттуу белгилер коюлат?

§18. Магнитоэлектрдик приборлор.

Жебелүү(аналогдук) приборлордун бири нече түрү: магнитоэлектрдик, электродинамикалык, электромагниттик системалары бар.

магнитоэлектрдик системасы – магнит талаасындагы тогу бар өткөргүчкө Ампердик күч аракетине негизделген. Прибордун жебесин тең салмактуу абалын камсыз кылуучу эки оромонун “муруту” болуп, ток өлчөнгөн кийин, жебени кайра мурдагы абалына кайтаруу үчүн пружина менен бириктирилет.



Прибордун кыймылдуу бөлүгү менен биригип, турактуу магниттин борбору аркылуу өтөт. айлана түрүндөгү кыймылсыз турактуу магниттин түзгөн бир тектүү магнит талаасында, айлана ала турган бир нече оромодон турган түрмөктөн турат. Ал прибордун ички каршылыгын пайда кылат. Түрмөктүн эки учу прибордун чыгуучу клеммаларына туташтырылат.

Прибор өчүрүлгөндөн кийин, жебенин термелүүсүн кескин токтотуу үчүн, дагы бир турактуу магниттин ичинде туташ алюминий пластинасы, анын кыймылдуу бөлүгүнө бириккен болот. Прибордун кыймылдуу бөлүгү менен кошо бул туташ алюминийдин пластинасынын турактуу магниттин талаасында айланышы, анда индукциялык токтун пайда болушуна алып келет. Өз кезегинде индукциялык токтун магнит талаасы менен турактуу магниттин магнит талаасынын өз ара аракеттенининен, алюминий пластинасынын токтошу камсыз болот. Аны менен кошо жебенин да термелиши кыска убакытта токтойт;

Мында прибордун кыймылдуу бөлгүнүн окто айланышында пайда болгон сүрүлүүнүн азайтуу үчүн ок атайын (коррундга) материалга кийгизилет.

Магнитоэлектрдик прибордун түрү болуп гальваномнтр саналат. Электр чынжырында токтун бар экендигин аныктоочу прибор **гальванометр деп аталат.** Анткени, гальванометр ички каршылыкаа ган ээ болот. Мисалы, мектептеги гальванометрдин жардамы менен туздалган помидордун ичинде электр тогу пайда боло тургандыгын далилдөөгө болот. Ал үчүн, диаметри ~0,1мм^2, ПЭЛ(провод эмалированный лакированный) жука зымдын сыртын лактан тазалап, кара карандаштын 2-3 сөңгөгүн бири бирине бириктирип оролот. Алардын экисинен даярдалган эки өткөргүчтү помидордун ичинде бири бирине жакын жайланыштырыса, бир аз убакыттан кийин гальванометрдин жебесинин абалы өзгөрүп, чынжырда токтун пайда болгондугун маалымдайт.

Гальванометрди электр чынжырындагы токтун күчүн өлчөөчү ампеметр же чынжырдын учтарындагы чыңалууну өлчөөчү вольтметр катарында пайдаланууга болот.

Гальванометрди амперметр катары пайдалануу же амперметрдин өлчөө чегин кеңейтүү үчүн, анын ички каршылыгына паралелль белгилүү бир каршылыкка ээ болон **шунт** уланат. Мындай абалда, токтун негизги бөлүгү шунт аркылуу өтүп, гальванометр аркылуу белгиленген токтун күчү өтөт.

Ампермердин шкаласы токтун күчүнүн маанилери менен градиуровкаланат. Шунттун каршылын төмөнкү формула менен аныктап алууга болот.

$R_ш = I_{пр} R_{пр} / (I_{пр.max} - I_{пр})$

Гальванометрди вольтметр катары пайдалануу үчүн, анын ички каршылыгына удаалаш **кошумча каршылык** уланат.

Кошумча каршылыктын маанисин төмөнкү формула менен аныктоого болот.

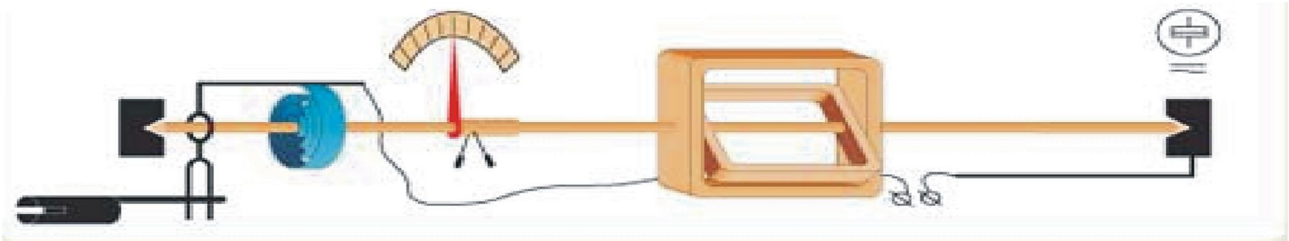
$R_{к.к.} = U_{пр.max} / I_{пр} - R_{пр}$

§19. Электромагниттик жана электродинамикалык приборлор.

Электромагниттик прибордун магнитоэлектрдиктен, магнит таплаасын прибордун индуктивдүүлүк катушканын түзгөндүгү менен айрымаланат.

Натыйжада, катушкадан пайда болгон магнит талаасынын , жебе менен байланышкан, туташ алюминий пластинасына механикалык таасири пайда болот. Электромагниттик системадагы приборлор туруктуу жана өзгөрүлмө токтордун электрдик чынжырларында өлчөө үчүн колдонулат. Алар жөнөкөй, ишенимдүү, жогорку ашыкча жүктөмдөргө туруктуу болушат Бирок, кемчиликтери болуп: алардын сезгичтиги төмөн,төмөнкү деңгээлдеги аныксыздыгы, электр энергиясын көп пайдалангандыгы, прибордун көрсөтүүсүнө тышкы магнит талаасынын терс таасир көрсөткөндүгү эсептелинет.

Ÿëåêòðî äèí àì èêàëû ê ï ðèáî ð



Электродинамикалык приборлор тогу бар өткөргүчтөрдүн магнит талааларынын өз ара аракетенишүүлөрүнө негизделген. Ал эки катушкадан турат: бири кыймылсыз болуп, прибордун магнит талаасын түзсө, экинчиси- жебе менен кошо кыймылга келет. Аны негизинен, электр чынжырларында кубаттуулукту өлчөөчү ваттметрде колдонулат.

Радиотехникалык башка системаларга караганда, электродинамикалык система жогорку сезгичтеги, аныктоо тактыгы жана шкалалардын бир калыпталуулугу менен айрымаланат.

§20. Каршылыкты өлчөө.

Өткөргүчтүн каршылыгын өлчөө үчүн омметр пайдаланылат.
Өз алдынча омметрди топтоп алса да болот. Ал үчүн, гальванометрдин ички каршылыгына удаалаш резистор(R^*) жана 1,5В чыңалуудагы токтун булагы бириктирилет. R^* резисторунун каршылыгын, формуланы пайдаланбай аныктоого болот. Анын туура маанисин аныктоо үчүн, ар кандай маанидеги 0,25 кубаттуулуктагы МЛТ(металлизированный лакированный теплостойкий) резистор пайдаланып, омметрдин эки учун бири бирине бириктиргенде, анын жебеси оң жакка жылып кетет. Качан гана жебенин абалы прибордун максималдуу шкаласына туура келгенде, каршылыктын маанисин нөлгө барабар деп эсептелет.

Адегенде каршылыгы белгилүү резисторлорду приборго улап, алардын маанилерин жебенин абалына жараша, анын тушуна кара түстөгү ручка менен жазып коюлат. Приборду омметр катары пайдаланууга болот.

Электр чынжырындагы чыңалууну, токтун күчүн, ар кандай түрдөгү өткөргүчтөрдүн каршылыктарын күнүгө аныктап туруу үчүн Амперметрди, Вольтметрди, Омметрди(АВОметр) бир корпуста топтоо зарылдыгы келип чыккакдыктан, электр тармактарындагы иштеген энергетиктер дайыма тестерди(АВОметрди) пайдаланалышат. АВОметр менен каршылыкты өлчөө үчүн, адегенде, анын бурамасын Ом(Ω) же кОм(кΩ) абалына коюлат. АВОметрдин эки клеммасын бири-бирине бириктирип, өзгөрүлмө резистордун жардамы менен шкаланын нөлдүк абалына алып келинет. Амперметрден жана вольтметрден айрымаланып, омметрдин нөлдүк абалы оң жактан башталат. Аны менен жарым өткөргүч диодду, транзисторлорду, электр чынжырынын үзүлгөндөрүн аныктоого болот.

Аналогдук приборлорго караганда, санариптик тестерлер менен өлчөнүүчү чоңдуктардын маанилерин дээрлик катасыз так аныктай алышат.

Бышыктоо үчүн суроолор

1. Магнитоэлектрдик, электромагниттик, электродинамикалык приборлордун иштөө принциптерин жана алардын шарттуу белгилерин айтып бергиле?
2. Каршылыкты кандайча өлчөөгө болот?

VI ГЛАВА САЛЫШТЫРМАЛУУЛУК ТЕОРИЯНЫН НЕГИЗДЕРИ.

§21. Мейкиндик жана убакыт. Координаталык система. Эсептөө системасы.

Жаратылыштын физикалык кубулуштарын, процесстерин үйрөнүү, адегенде каерде? качан? деген суроолорго жооп берүүдөн башталат. Ал деген сөз, физикалык кубулуштар мейкиндиктин кайсы чекитинде, кайсы убакытта өткөндүгүн аныктоо менен байланыштуу болот.

Аалам, негизинен, мейкиндикте материалдык обңектилерден жана алардын ортолорун толтуруп турган татаал мүнөздөгү гравитациялык жана электромагниттик талаалардан турат.

Аалам - Жердин бетинде жашап келе жаткан Адамзаттын көз карашында, Асман деп түшүнүлөт. Асман Адамзат тарабынан аныкталган чектүү мейкиндиктин чегиндеги планеталардан жана жылдыздардан турат. Мейкиндикте жогору, төмөн же кагылган казык, өлчөгүч сызгыч блбойт. Ошондуктан XVII кылымда француз философу, илимпозу Рене Декарт эсептөөнү баштоочу тело менен байланышкан координаталык системасын(x,y,z) сунуштагандан кийин, геометриялык фигуралардын аянттарын аныктоого мүмкүндүк пайда болгондугу менен бирге, мейкиндикте телонун абалын аныктоого жол ачылды. Эгерде Декарттык координаталык системасы менен убакытты өлчөөчү прибор(саат) менен байланыштырылса **эсептөө системасы** деп аталат.

Демек, эсептөө системасы: эсепти баштоочу телодон, аны менен байланышкан координаталык системадан жана убакытты аныктоочу сааттан турат. Бирок, Ааламда абсолюттук тынч абалда болгон материалдык обңектилер же эч кандай система жок. Ошондуктан Жердин бетиндеги өлчөөлөрдө координатар системасында эсептөөнү баштоочу телолор катарында, мисалы, автовокзал, мектеп же ж.б.у.с.ды тандап алууга болот. Эгерде Жердин чегинен сырткары физикалык кубулуштардын себебин үйрөнүү зарыл болсо, эсептөөнү баштоочу тело катары Жерди, Күндү, Жылдыздарды тандаса болот. Ошондуктан физикалык кубулуштарды изилдөөлөр эсептөө системасы менен байланыштуу болот. Белгилүү болгондой, физикАлык кубулуштар инерциалдык эсептөө системасында каралат. Ааламда таяна турган же абсолюттук тынч абалда болгон обңектилер болбогондуктан ар кандай физикалык кубулуштар шарттуу түрдө эки системасында каралат: бири-кыймылсыз система(К системасы), экинчиси - кыймылдуу система(K^1) деп аталат.

Бул системалардын экөөсүндө тең Жаратылыштын кубулуштары бирдей жүрөт, б..а. эч кандай тажрыйбалардын жардамы менен бул системалардын айрымасын аныктоого болбойт. Бул- физикада салыштырмалуулук принциби.

§22. Галилейдин салыштырмалуулук принциби.

Механикалык көз караш менен караганда, Галиллейдин салыштырмалуулук принцибинде, эсептөө системаларынын(К)биринен экинчисинө өткөндө(K^1), механикалык кубулуштар бирдей бирдей жүрөт деп каралат.

Мисалы, адегенде, К жана K^1 ситемаларынын борборлору дал келгенден баштап, K^1 системасы X огу бойлоп υ ылдамдыгы менен кыймылга келсин дейли. Мындай абалдда бир эле чекиттин абалы К системасында X, K^1 системасында X^1 координаталары менен аныкталат. Алардын маанилепи төмөнкүдөй аныкталат.

$X=X^1 + \upsilon \cdot t$ (1)

$t=t^1$

Мында, υ - кыймылдуу системанын ылдамдыгы, t- убакыт.

Ал эми У жана $У^1$, Z жана Z^1 координаталары бирдей мааниге ээ болушат.

Салыштырмалуулук принцибинде, берилген мейкиндиктин чекитинде, берилген убакытта аныкталган физикалык кубулуштун абалын эки эсептөө системасында кандайча жүрүшүн аныктоо үчүн, окуя деген түшүнүк пайдаланылат. Окуя - ар-бир көз ирмемдеги физикалык процесс. Мына ушул көз караш менен караганда, физикалык кубулуштардын жүрүшү – убакыттын өтүшү менен, удаалаш окуялардын жыйындысы катары аныкталат.

§ 23. Галилейдин салыштырмалуулук принцибинин натыйжалары

1. ***Өлчөмдөрдүн жана убакыттын абсолюттулугу.***

К системасында узундукту өлчөө мейкиндикте ажыратылган эки окуянын бирдей убакытта аныктоо деп түшүнүлөт Ал үчүн,бул эки окуя, б.а. узундук координалардын айрымасын аныктоо аркылуу жетишилет. Б.а.

$$\Delta x = x_2 - x_1$$

К^1 системасында ошол эле узундук $\Delta x' = x_2' - x_1'$ деп эсептелинет.

Δx менен $\Delta x'$ тин кандай байланышы бар? (1) – формулананын негизинде,

$x_1 = x_1' + \upsilon \cdot t$, $x_2 = x_2' + \upsilon \cdot t$ Демек $x_2 - x_1 = x_2' - x_1'$ же

$$\begin{cases} \Delta x = \Delta x' \\ \Delta t = \Delta t' \end{cases} \quad \textbf{(2)}$$

Мындан, узундук жана убакыт аралыгы эки системада бирдей жана инерциялык эсептөө системаларынан көз каранды эмес экендиги келип чыгат.

2. *Ылдамдыктардын салыштырмалуулугу. Ылдамдыктарды кошуу закону.*

1- формуланын негизинде $\Delta x = \Delta x' + \upsilon \cdot \Delta t$ жазууга болот. Же

$$\frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{\Delta x'}{\Delta t} + \upsilon \cdot \frac{\Delta t}{\Delta t}$$

Бул формуладан, ылдамдыктарды кошуу закону келип чыгат. V=$\upsilon' + \upsilon$ **(3)**

Мында V –телонун К системасындагы ылдамдыгы, υ' **-** телонун **К^1** системасындагы ылдамдыгы, υ **-** К^1 системасынын К системасындагы ылдамдыгы.

Демек, ылдамдык түшүнүгү салыштырмалуу. Анткени бир эле телонун ылдамдыгы эки эсептөө системасында бирдей болбойт жана анын мааниси эсептөө системассын тандоо жолунан көз каранды болот.

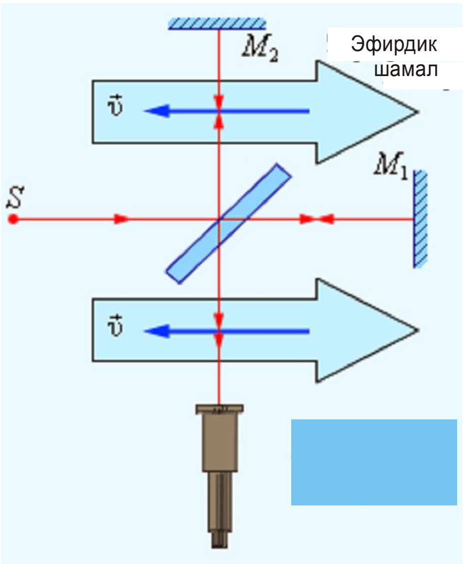
Бирок, 3-формуладагы ылдамдыктарды кошуу закону жарыктын ылдамдыгы үчүн колдонуу терс натыйжаларды бере тургандыгы дайын болуп калды. Мисалы, 90км/саат ылдамдыкта келе жаткан жеңил машинадан берилген жарык нуру алдыдагы айылга кандай ылдамдыкта жетет деген суроого туура жооп берүү кыйын болот. Себеби, ал үчүн 3-формуланын негизинде жарыктын ылдамдыгына жеңил автомобилдин ылдамдыгын кошууга туура келет. Натыйжада, ал ылдамдык жарыкутын ылдамдыгынан ашып кетет.

Көптөгөн тажрыйбалардын негизинде, жарытылыштагы эң чоң ылдамдык – бул жарыктын ылдамдыгы, андан чоң ылдамдык болбойт жана жарык булагынын ылдамдыгынан көз каранды болбойт.

Ошондуктан оптикалык кубулуштарды жана жарыктын ылдамдыгын кошуу закону А. Эйнштейн тарабынан сунушталган салыштырмалуулук теориясынын негизинде аныкталат.

§24. «Эфирдик» теориянын келип чыгышы. Майкельсондун тажрыйбасы.

Х. Гюйгенс жарык табияты боюнча толкун деп эсептеген. Механикалык көз караш боюнча, үн чөйрөдө таралат. Жарыктын эбегейсиз чоң ылдамдыкта таралышынан, Х. Гюйгенс жарык да **өзгөчө чөйрөдө** таралат деп эсептеген. Бул чөйрөнү **«эфир»** деп атаган. Мына ошол мезгилдеги физиктердин пикиринде, көзгө көрүнбөгөн «эфир» бүткүл ааламды каптап турат. Ал абсолюттук тынч абалда турат деп ишенишкен. Ошондуктан эфирдин реалдуу экендигин далилдөө зарылдыгы келип чыккан. Ал үчүн, эгерде эфирдин бар экендиги чын болсо, Жерд Күндүн айланасында 30км/с ылдамдык менен кыймылга келишинен «эфирдик шамал» пайда болушу керек. «Эфирдик шамалды» аныктоо үчүн, америкалык согуштук офицер Майкельсон жана англиялык физик Морли атайын интерферометрди ойлоп табышат. Физикада бул интерферометр - Майкельсондун интерферометри деген



атка ээ болуп калды. Майкелсон менен Морлинин 1881-жылы жүргүзүлгөн тажрыйбасында интерферометрди өз огунда айландыруу менен, жарыктын интерференциялык көрүнүштүн өзгөрүүсү күтүлгөн. Эмне үчүн жана кандай себеп менен жарыктын интерференциялык көрүнүшү өзгөрүшү керек? Интерферометрде жарым тунук пластинкада жарык нуру эки жарык нуруна бөлүнөт. Интерферометрди өз огунда айландыруу менен, жарык нурунун биринин багыты «эфирдик шамалдын» багыты менен карама – каршы болушуна жетишүүгө болот. Натыйжада, жарыктын ылдамдыгы өзгөрүп, өз кезегинде жарыктын интеференциялык
61-сүрөт
көрүнүшүнүн өзгөртүүсүнө алып келет деп күтүлгөн. Бирок, жарыктын интерференциялык көрүнүшү өзгөргөн эмес. Тажрыйбаны 1886-жылы, андан кийин 1889-жылы кайталап, прибордун өлчөө тактыгын жогорулатуу үчүн, терең шахтада Жердин «дем алуусунун» таасирин азайтуу үчүн приборду сымапка жайланыштырышкан. Интерферометр «эфирдик шамалдын» 2м/с ылдамдыкка ээ болсо да, аны өлчөй ала турган даражага жеткенине карабастан, тажрыйбанын терс натыйжасы кайталана берген.

Майкельсон менен Морлинин тажрыйбаларынын терс натыйжалары, 17-кылымдан 19-кылымдын аягына чейин созулган Х. Гюйгенс механикалык көз караштын негизинде сунуштаган эфирдик теориясынын жана ааламды толтуруп турган эфирдин реалдуулугуна күнөм саноого негиз болуп калды. Анын себеби, адамзат адегенде, анын турмушу менен тикеден тике тыгыз байланыштуу болгон механика бөлүмүн толук изилдеген.

Андан кийинки ачылыштар, мисалы, жарык же атомдун ички жаратылышын маханикалые көз караштар менен түшүндүрүүгө болгон аракеттер, өз мезгилинде көптөгөн кыйынчылыктарга алып келген. Ошондой эле Майкельсондун тажрыйбасы мына ушундай кемчиликтерге кириптер болгон.

Бышыктоо үчүн суроолор

1. Убакыт жана мейкиндик түшүнүктөрү жөнүндө айтып бергиле? 2. Эсептөө кординаттары жана эсептөө системасы деп эмнени айтабыз? 3. Галилейдин салыштырмалуулук принцибин айтып бергиле? 4. Галиллейдин салыштырмалуулук принцибинин натыйжаларын айтып бергиле? 5. «Эфир» теориясын чечмелегиле? 6. Майкельсондунинтерферометри менен өткөргөн тажрыйбасын айтып бергиле?

§25. Атайын салыштырмалуулук теориясынын негиздери.

1905-жылы жылы А. Эйнштейн, Галилейдин механикадагы салыштырмалуулук принцибин улантуу менен атайын салыштырмалуулук теориясын негиздеген.

Бул теорияда Ааламда эч кандай эфир жок. Эфирсиз эле физикалык кубулуштарды түшүндүрүүгө боло тургандыгы ачык-айкын болуп калды.

Салыштырмалуулук теориянын негизин эки постулат түзөт.

1. **Биринчи постулат – салыштырмалуулук принциби:** Бардык инерциалдык системаларда жаратылыштын кубулуштары(механикалык, электромагниттик ж.б.) бирдей жүрөт. Ар кандай тажрыйбанын жардамы менен бул системалар тынч абалында же түз сызыктуу бир калыпта кыймылда экендигин далилдеп болбойт. Салыштырмалуулук принцибинде бардык физикалык кубулуштар, анын ичинен электромагниттик кубулуштар үчүн жалпыланган.

2. **Экинчи постулат – жарык ылдамдыгынын туруктуулугу принциби: б**ардык инерциалдык системаларда жарыктын ылдамдыгы вакуумда турактуу болот жана жарык булагынын ылдамдыгынан көз каранды эмес.

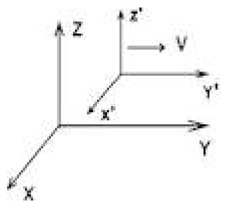
§26. Окуялардын бирдей убактуулугунун салыштырмалуулугу.

Галилейдин өзгөртүүлөрүнөн К системасында t_1 жана t_2 убакыттарда болуп өткөн эки окуя, К[1] системасында t_1' жана t_2' убакыт аралыгында болуп өтөт.

Ошондуктан эки системада тең эки окуянын ортосунда өткөн убакыт аралыгы бирдей болот. $\Delta t = \Delta t_1'$

Галилейдин принцибинде эки окуянын бирдей убактылуулугу абсолюттуу болот жана эсептөө системаларынан көз каранды болбойт. Мисалы, эгерде $\Delta t = 0$ болсо, анда $\Delta t' = 0$ болот.

Салыштырмалуулук теориясында, мейкиндиктин ар кандай чекитиндеги бирдей убакытта өткөн эки окуя, салыштырмалуу болот: бир инерциалдык системада бирдей убакытта болуп өткөн окуялар, биринчиге карата турактуу ылдамдыкта кыймылга келген башка инерциалдык системаларда бирдей убакытта болуп өтпөйт.



Мисалы, К кыймылсыз системасы Жер менен байланышкан, K^1кыймылдуу система түз сызыктуу бир калыптагы кыймылдаган вагонду карап көрөлү(62-сүрөт). Адегенде К системасынын А жана В эки чекиттеринин ортосунда С чекитин, ал эми K^1 систамасынын A^1 жана B^1 чекиттериин ортосунда C^1чекитин белгилейбиз. Бул тиешелүү түрдө дал келгенде бирдей 62-сүрөт 62-сүрөт убакыттын ичинде ичинде эки чагылган пайда болсун дейли. К системасында А жан В чекиттериндеги эки чагылгандар жарк этүүсүнөн пайда болгон жарыктар С чекитине бирдей убакытта келип жетишет.

Демек, бул эки окуя К системасында бирдей убакытта өткөн.
Бирок K^1 системасы кыймылда болгондуктан, жарык A^1 чекитинен С чекитине кеч, ал эми, B^1 чекитинен кеч келип жетет.

Демек, К системасында бирдей убакытта өткөн эки окуя K^1 системасында бирдей убакытта болуп өтпөйт. Себеби, бирдей убакытта мейкиндикте бөлүнгөн эки окуя дайыма салыштырмалуу болуп саналат. Ошондуктан бирдей убакыт түшүнүгү салыштырмалуу болот.

§27. Лоренцтин өзөртүүлөрү.

Салыштырмалуулук теориянын эки постулатына ылайык, К системасы менен K^1 системасынын координатарынын жана убкаыттарынын ортосундагы байланыштар Лоренцтин өзгөртүүлөрү деп аталат жана төмөнкүдөй түрдө болот:

К системасында: $x' = \dfrac{x - \upsilon t}{\sqrt{1-\upsilon^2/c^2}}$, $y' = y$, $z' = z$, $t' = \dfrac{t - \dfrac{\upsilon}{c^2}x}{\sqrt{1-\upsilon^2/c^2}}$

K^1 системасында $x = \dfrac{x' + \upsilon t}{\sqrt{1-\upsilon^2/c^2}}$, $y = y'$ $z = z'$, $t = \dfrac{t' - \dfrac{\upsilon}{c^2}x'}{\sqrt{1-\upsilon^2/c^2}}$

Эгерде $\upsilon / c \ll 1$ болсо, Лоренцтин өзгөртүүлөрүнөн Галилейдин өзгөртүүлөрү келип чыгат

$x' = x - \upsilon \cdot t$, $y' = y$, $z' = z$, $t' = t$

$x = x' + \upsilon \cdot t$ $y = y'$, $z = z'$, $t = t'$

оренцтин өзгөртүүлөрүн эске алуу менен салыштырмалуулук принцибине төмөнкүдөй аныктама берүүгө болот:

Бардык физикалык кубулуштарды баяндоочу физиканын закондору бардык инерциялык системаларда бирдей түрдө болот.

Мындан К системасынан К1 системасына Лоренцтин өзгөртүүлөрү аркылуу өткөндө физиканын закондору өзүнүн формасын сактап калат.

§28. Узундуктун салыштырмалуулугу.

Эки системада тең жарыктын салыштырмалуу ылдамдыгы, жарыктын вакуумдагы ылдамдыгынан ашып кетпейт деп эсептелинет.

К1 системасында тынч абалындагы стержендин узундугу, бул системадагы бирдей убакыттагы эки чекиттеги окуя деп каралат.

$\ell_0 = x_2' - x_1'$

Мына ушул эле стержендин узундугун К системасында аныктоо үчүн, стержендин узундугун чектеп турган, саат менен аныкталган бир эле убакыт ичинде, анын баштапкы жана акыркы чекиттеринин айрымасын аныктоого туура келет. $\ell = x_2(t) - x_1(t)$

Лоренцтин өзгөртүүлөрүнөн $x_2(t) - x_1(t) = (x_2' - x_1')\sqrt{1-\upsilon^2/c^2}$

же $\ell = \ell_0\sqrt{1-\upsilon^2/c^2}$ келип чыгат.

Мындан телонун узундугу анын ылдамдыгынан көз каранды экендиги көрүнүп турат, б.а.телонун узундугу К[1] системасында ℓ_0 болсо, К системасында телонун сызыктуу өлчөмү кыймылдын багыты боюнча $\sqrt{1-\upsilon^2/c^2}$ эсеге кыскарат.

Ошондой эле Лоренцтин өзгөртүүлөрүнөн $y_2' - y_1' = y_2 - y_1$ жана $z_2' - z_1' = z_2 - z_1$ келип чыгат.

§29. Убакыт аралыгынын салыштырмалуулугу

Эки окуянын болуп өткөн убакыттын узактыгы(убакыт аралыгы) деп берилген инерциалдык система менен байланышкан саат менен аныкталган убакытты айтабыз. К[1] системасынын А чекитинде t_1' жана t_2' убакыт аралыгында эки окуя болуп өтсүн дейли. Маятник эки жолу тең салмактуу абалынан өтсүн дейли. Бул эки окуянын ортосунда τ_0 убакыт аралыгы $\tau_0 = t_2' - t_1'$ өтөт. Ал эми бул эки окуя К системасындагы саат боюнча башка маанидеги убакыт аралыгында өтөт $\tau = t_2 - t_1$ Лоренцтин өзгөртүүлөрү убакыт үчүн төмөнкүдөй аныкталат.

$$t_2' = \frac{t_2 - \frac{\upsilon}{c^2}x_2}{\sqrt{1-\upsilon^2/c^2}} \quad \text{жана} \quad t_1' = \frac{t_1 - \frac{\upsilon}{c^2}x_1}{\sqrt{1-\upsilon^2/c^2}}$$

алардын айрымасын аныктагандан кийин, $\tau_0 = \tau\sqrt{1-\upsilon^2/c^2}$ болот. Же

$$\tau = \frac{\tau}{\sqrt{1-\upsilon^2/c^2}}$$

Демек, К системасында убакытын өтүшү, К[1] системасына караганда акырындайт

§30. Ылдамдыктарды кошуу закону.

Салыштырмалуулук теориясында, ылдамдыктарды кошуу закону Лоренцин өзгөртүүлөрүнөн келип чыгат. Ал үчүн, адегенде Лоренцтин өзгөртүүлөрүн төмөнкүдөй жазабыз:

$$x = \frac{x' + Vt'}{Г}, \quad t = \frac{t' - \frac{\upsilon}{c^2}x'}{Г}$$

Мында $Г = \sqrt{1-\upsilon^2/c^2}$ жана туунду түрүндө жазабыз.

$$dx = \frac{dx' + Vdt'}{Г}, \quad dt = \frac{dt' - \frac{\upsilon}{c^2}dx'}{Г}$$

Теңдемелердин сол жагын оң жагын өзүнчө бөлөбүз.

$$\frac{dx}{dt} = \frac{dx' + \upsilon dt'}{dt' + \frac{\upsilon}{c^2}dx'}$$

Алымындагы жана бөлүмүндөгү ар бир туюнтманы dt' га бөлөбүз.

Натыйжада ылдамдыктарды кошуу закону келип чыгат.

$$\upsilon = \frac{\upsilon' + V}{1 + \upsilon'\frac{V}{c^2}}$$

Бул закон салыштырмалуулук теориясынын постулаттарын канааттандырат.

Мисалга, поезд жарыктын ылдамдыгы менен кыймылга келип, жарыктын импульсун алды жактага станцияг жөнөтсүн дейли Жарык кандай ылдамдык менен станцияга жетет? Мында

V=c Чыгаруу

$\upsilon' = c$

$\upsilon - ?$ $\qquad \upsilon = \dfrac{\upsilon' + V}{1 + \upsilon' \dfrac{V}{c^2}} \qquad \upsilon = \dfrac{c + c}{1 + c\dfrac{c}{c^2}} = \dfrac{2c}{c} = c$

Демек, поездден берилген жарык сигналы станцияга жарыктын ылдамдыгы менен жетип келет.

§31. Массанын ылдамдыктан көз карандылыгы. Релятвиситтик динамика.

Телонун ылдамдыгы жарыктын ылдамдыгына караганда бир канча эсе аз болгон абалда, Нютондун экинчи законун $m\dfrac{\Delta\vec{\upsilon}}{\Delta t} = \vec{F}$ же $\dfrac{\Delta\vec{p}}{\Delta t} = \vec{F}$

түрү, бир инерциалдык системадан экинчи инерциалдык системага өткөндө өзгөрбөйт. Мында $\vec{p} = m\vec{\upsilon}$ - телонун импульсу

Бирок телонун ылдамдыгы жарыктын ылдамдыгына жакындаган сайын, бул классикалык закондун түрү башкача мүнөзгө ээ болуп калат. Анткени мындай абалда телонун массасы, анын ылдамдыгынан көз каранды болуп калат.

Мындай ылдамдыктагы телонун массасын m деп белгилесек,

$m = \dfrac{m_0}{\sqrt{1 - \upsilon^2 / c^2}}$ Мында m_0 - тынч абалындагы телонун массасы.

Массанын ылдамдыктан көз карандылыгынан, телонун массасы оорлошо баштагандыгы келип чыгат.

Мисалы азыркы заряддалган бөлүкчөлөрдү күчөткүчтөрдө(синхрофазотрон) заряддалган бөлүкчөлөрдүн ылдамдыктарын жарыктын ылдамдыгына караганда 90км/саат аз тездетилгенде, алардын массалары 40 эсеге ашат. Ал эми электрондор жарыктын ылдамдыгына карата 35-40м/с аз тездетилгенде, алардын массасы 2000 эсе ашат. Ошондуктан мындай электрондордун магнит талаасында белгиленген орбитада айланууларын камсыз кылуу үчүн, тиешелүү электрондордун орбиталарын эсептерде массларынын көбөйүшүн эске алууга туура келет.

Ошндуктан, өтө чоң ылдамдыкта кыймылдаган телолор үчүн Ньютондун экинчи законунун колдонууга болбойт. Телонун массасынын ылдамдыктан көз карандылыгы релятивистик динамикада эске алынат.

$\vec{p} = \dfrac{m_0\upsilon}{\sqrt{1 - \upsilon^2 / c^2}}$ Ал эми релятивистик динамиканын негизги закону төмөнкүдөй берилет.

$$\frac{\Delta\vec{p}}{\Delta t} = \vec{F}$$

Бирок бул формуланы пайдаланууда, телонун импульсу, анын массасынын ылдамдыкка болгон көбөйтүндүсү менен аныкталбайт, анын ылдамдыктан көз карандылыгы эске алынат.

Демек релятивистик динамиканын негизги теңдемелеринин негизнде тездеткичтерди курууда эске алынышнан, салыштырмалуулук теориясы инженердик илим болуп калгандыгынан далаалат берет.

§32. Масса менен энергиянын байланышы.

Телонун массасы, анын энергиясы менен байланыштуу болот. Алардын байланыштарын аныктоо үчүн, адегенде $\sqrt{1 - \upsilon^2 / c^2}$ формуласын төмөнкүдөй өзгөртөбүз.

$$\sqrt{1 - \upsilon^2 / c^2} = \sqrt{\left(1 - \frac{1}{2}\frac{\upsilon^2}{c^2}\right)^2 - \frac{1}{4}\frac{\upsilon^4}{c^4}}$$

Телонун ылдамдыгы жарыктын ылдамдыгына караганда бир канча аз абалда

$\dfrac{1}{4}\dfrac{\upsilon^4}{c^4}$ чоңдугун эсепке албай коюга болот. Анда $\sqrt{1 - \upsilon^2 / c^2} = 1 - \dfrac{1}{2}\dfrac{\upsilon^2}{c^2}$

Ошондуктан массанын ылдамдыктан көз карандылыгы төмөнкүдөй аныкталат. $m = \dfrac{m_0}{1-\dfrac{1}{2}\dfrac{\upsilon^2}{c^2}}$ Бул туюнтманын алымына жана бөлүмүнө $\dfrac{1}{2}\dfrac{\upsilon^2}{c^2}$ на көбөйтүп, $\dfrac{1}{4}\dfrac{\upsilon^4}{c^4}$ мүчөсүн эске албаганда, төмөнкү формула келип чыгат.

$m \approx m_0 + \frac{1}{2}m_0\upsilon^2\frac{1}{c^2}$ Мындан $mc^2 = m_0c^2 + \frac{1}{2}m_0\upsilon^2$

Чамасы А. Эйнштейн $E = mc^2$; $E_0 = m_0c^2$ жана $K = \frac{1}{2}m_0\upsilon^2$ деп белгилегенде

$E = E_0 + K$ келип чыккан.

Мындан телонун энергясы $E = mc^2 = \dfrac{m_0c^2}{\sqrt{1-\dfrac{\upsilon^2}{c^2}}}$

Демек телонун энергиясы, анын массасынын жарыктын ылдамдыгынын квадратына болгон көбөйтүндүсүнө барабар.

Салыштырмалуулук теориясынын эң маанилүү натыйжаларынын:

- биринчиси, тело тынч абалында энергияга ээ боло алат деген кортундуга келгенинде.

$E_0 = m_0c^2$ Тынч абалда тело кандайча энергияга ээ боло алат?

Телонун тынч абалындагы энергиясы жөнүндө сөз болгондо, чындыгында телонун ички энергиясы жөнүндө болуп жатат деп түшүнүлөт;

- экинчиси, $\Delta E = \Delta mc^2$ формуласы болуп калды. Формуладан көрүнүп тургандай:

ΔE - энергиянян өзгөрүшү, Δm - массанын дефектиси.

Энергиянын өзгөрүшү массанын дефектиси менен болгон байланышы, ядролук физикада ар бир химиялык элементтин байланыш энергиясын (ΔE), аныктоодо, анын ядросунун массасынын дефектин(Δm) аныктоо менен байланышкан болот.

Ядролук физикада нуклондордун байланыш энергиясын аныктоодо $\Delta E = 931\,\dfrac{МэВ}{м.а.б}\Delta m$ формуласы менен аныкталат. Себеби, энергия МэВт, масса- массанын атомдук бирдигинде өлчөнүлөт.

Бышыктоо үчүн суроолор

1. Атайын салыштырмалуулук принцибинин постулаттарын чечмелегиле? 2. Эмне үчүн узундукту жана убакыт аралагы эки системада бирдей болбой? 3. Ылдамдык тарды кошуу закону кандай жазылат? 4. Массанын ылдамдыктан көз крандылыгы кандай формулада туюнтулат? 5. Масса менен энергиянын байланышы кандай формула менен туюнтулуат? 6. Ядролук физикада масса менен энергиянын байланышы кандайча жазылат?

5-маселе

1. Космостук кеменин өздүк узундугу 10м. Байкоочуга караганда кеме 6,С ылдамдыкта болсо, кеменин узундугун аныктагыла?

2. Кемедеги сааттын жүрүшү Жерге караганда 3эсе жай жүрсө, Жердин өзүндө убакыт кандай өтөт?

3. Эки элементардык бөлүкчө кыймылсыз байкоочуга салыштырмалуу түз сызыктуу бир калыпта 0,5С жана 0,7С ылдамдыктарга ээ. Экинчи бөлүкчө биринчисине караганда кандай ылдамдыкка ээ болот?

4. Тынч абалындагы протондун массасын 1м.а.б. деп эсептеп, анын $2\cdot 4.10^8$м/с ылдамдыктагы массасын аныктагыла?

5. Эгерде тынч абалындагы электрондун ылдамдыгы 0,6С болсо, анын импульсун тапкыла?

6. $5\cdot 4 \cdot 10^{18}$ энергиясы кандай массага ээ?

7. 0,6С ылдамдыкта кыймылдаган электрондун кинетикалык энергиясын (Мэв)тапкыла?

§33. Аалам. Ааламдын эволюциясы.

Аалам – вакуумдагы чексиз мейкиндик, бирок ал материалдык обьектилер(Зат жана Талаа) менен толтурулган. Адамзат Жердин эволюциясынын кайсы бир этабында пайда болуп, күндүз көгүш асмандын түбүндгү Жердин бетинде жашап келе жатат. Түндө миллиондогон жылдыздар асманды толтуруп турат. Эзелтеден Адамзат жылдыздардын суткалык которулуштарына баам салып, аларды Алтын казык, Чоң жетиген, Кичи жетиген, Үркөр, Саманчынын жолу ж.б.у.с. ат коюшкан. Бирок Жердин бетинен тышкары мейкиндикте Адам жашай албаган абасы жок, караңгы, муздак болуп, күнү-түнү дайыма жылдыздар көрүнүп турат.

Г.Галиллейден баштап(1608-ж) бүгүнкү күнгө чейинки Жер бетиндеги астрономиялык обсерваториялардан жана космостук кемелерден(Мир станциясындагы Хаббл телескобу) асман мейкиндигине багытталган телескоптордон алынган маалыматтардын жана алардын натыйжаларын түшүндүүдөн, мындан бир нече млрд. жылдар мурда Аалам бир бүтүн космостук обңект болгондугу дайын болду. Кандайдыр бир себептерден пайда болгон Чоң жарылуунун натыйжасында Күн галактикасына, айланып турган галактикаларга, Метагалактикаларга бөлүнүп кеткен жана алардын ортолорун тумандуулуктар, космостук чаңдар, гравитациялык, электромагниттик толкундар толтуруп турат.

Чамасы Галактиканын жашоо убактысы 10 млрд жылдан көп, бирок 20 млрд жылдан аз. Кандай болгон күндө да Галактика Күн системасынан улуулук кылат. Болжолу Күн системасы мындан 4,5млрд жылдын чегинде пайда болгон.

Ал эми чоң жарылуулурдан пайда болгон реликт фотондору бүгүнкү күнгө чейин Жердин бетине келүүлөрүн улантып жаткандыгын жүргүзүлгөн байкоолордун жана изилдөөлөрдүн натыйжалары ырастап турат.

Ааламдагы обңектилер бири-биринен улам алыстап бара жаткандыгы дайын болду. Айтсак, Асмандын Түндүк жарым шарында жайланышкан Букачар топ жылдызына жакын тумандуулук бар. Ал өзүнүн таң каларлык көрүнүшү менен көп буттары бар эбегейсиз чоң деңиз чаянына окшогондуктан, **Чаян сымал тумандуулук** деп аталат. Бир нече ондогон жылдар бою алынган фотосүрөттөрдөн спектралдык анализдер көрсөткөндөй, алардын курамына кирген газдар ар тарапка 1000км/с ылдамдык менен чачырап бара жаткандыгын аныкталды. Чамасы мындан 900жыл абал Краб түрүндөгү тумандуулуктун ордунда өтө жаңы жылдыз болгон. Космостук масштабда жарылуу болуп, жылдыздын ордуна аталган тумандуулук катары изи калган. Чындыгында мына ошол мезгилдеги тарыхый барактардан белгилүү болгондой, 1054-жылы Букачар жылдыз тобунда жарык жылдыз пайда болгон. Ал 23 сутка бою күнү түнү асманда жаркырап турган, андан кийин өчүп, ордунда Чаян сымал тумандуулук пайда болгон.

Демек Чаян сымал тумандуулук өтө жаңы жылдыздын космостогу калдыгы болуп саналат.

§34. Кара көңдөй.

62-сүрөт

Бардык жылдыздарын эволюциясында термоядролук реакция жүрүшүндө плазма абалында суутектин изотоптору гелийге айланышат. $_1H^2 + {}_1H^3 \rightarrow {}_2He^4 + {}_0n^1$

Эртедир-кечтир ар-бир жылдызда качандыр бир мезгилде, мисалы, бир нече миллиард жылдан кийин суутектин запасы түгөнөт.

Суутеги түгөнгөн жылдыздын температурасы төмөндөшү менен, андагы заттын бөлүкчөлөрүнүн ортосунда гравитациялык тартылышуулары эбегейсиз чоң мааниге ээ болуп кетет. Мындай күчтүү гравитациялык тартылуунун натыйжасында ички орбитадагы электорондор ядрого кысылышкандыктан, анын протондору менен биригишип, андан нейтрондор менен нейтринолор пайда болушат. $p + {}_{-1}e^0 \rightarrow n + \nu$ Жылдыз - нейтрондук жылдызга айланат. Жылдыздын

гравитациялык коллапсынын(кысылуунун) акыркы этабында, бир нече минутадан кийин, анын ордуна өлчөмү гравитациялык радиуска барабар болгон кара обьект пайда болот. Аны **кара көңдөй** деп аталат.

Мында К. Шварцшильд гравитациялык күчтүн аракетинде пайда боло турган радиусту аныктаган. Эгерде обңект $R_g = 2\gamma M / c^2$ гравитациялык радиуска чейин кысылса, кара көңдөйгө айланат. Мында R_g - Шварцшильдин радиусу, γ - гравитациялык турактулук, M - жылдыздын массасы, c - жарыктын ылдамдыгы. Мисалы, азыр Күндүн курамы 98% суутектен, 2% га жакыны гелийден турат. Адегенде 4,7млрд. жылдан кийин суутеги түгөнгөн Күн, акыры келип гравитациялык радиусу 3км болгон кара көңдөйгө айланат деген теориялык түшүнүк бар эле. Бирок, кийинчерек гравитациялык коллапстын башталышы үчүн, кара көңдөйгө айлвна турган жылдыздын массасы Күндүн массасына караганда эки жарым - үч эсе көп болушу керек боло тургандыгы аныкталды. Анда Күн эмне болот? Күн жөн гана өчүп калат. Мындай радиустагы(Шварцильдин радиусунда) кара көңдөйдөн кала берсе жарык нуру да чыга албайт. Бул радиустун чеги - **окуялардын горизонту** деп аталат. Өз убагында кара көңдөйдүн бар экендигин аныктоого мүмкүн эмес деп табылган. Бирок кийинчерек кара көңдөйдүн бар экендигин, алардын гиганттык чаң соргучка окшоп, жылдыздар аралыгындагы космостук чаңдарды жутуу касиетине ээ болот деп табылган. Натыйжада кара көңдөйгө гравитациялык тартылууларынын эсебинен чаңдар ысып өзгөчө айрымаланган рентген нурларынын нурдатышкандан кийин, кара көңдөйдүн туңгуюгуна түшүп кетишет.

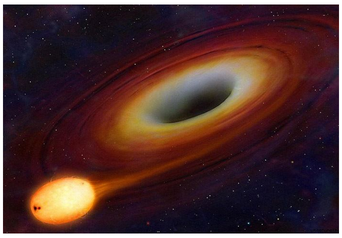
63-сүрөт

Демек мына ошол космостук чаңдар нурданкан рентген нурларын аныктоо менен кара көңдөйдүн бар экендигин билүүгө болот. Эгерде кара көңдөйдүн күчтүү гравитациялык талаасына жакын жайланышкан жылдыз болсо, кара көңдөй жылдызды өзүнө оп тартып жылдызды өзүнүн айланасында айланууга мажбурлаган күчкө ээ болот. Ошондуктан жылдыз кош жылдыз сыяктуу болуп, бир жылдыздын тегерегинде айлангансып көрүнөт. Кара көңдөйгө жылдыздын массаларын өзүнө тартуунун натыйжсында, анын айланасындагы айланган жылдыздын чаңдары кара көңдөйгө оп тартылып, мезгил мезгили менен рентген нурларын нурдантышат.

64-сүрөт

Мисалы, узак жылдар бою Ак куу(Лебедь) жылдыз тобунда, алардын бири X-1 жылдызы, чындыгында кош жылдыз экендиги жана жана мезгилдүү рентген нурларынын булагы экендиги далилденди. Анын экинчиси кара көңдөй деп табылды. Кара көңдөй Ааламдын эң активдүү обьектиси деп саналат.

Ааламдын алгачкы өнүгүүсүнүн алгачкы этабында, бүтүн, бир тектүү эмес заттардын октун тегерегинде айлануу процессинде **чоң жарылуудан** кара көңдөй пайда болушу ыктымал. Мындай түрдөгү кара көңдөй алгачкы же **реликт(атам замандагы) кара көңдөй** деп аталат.



65-сүрөт

Демек, кара көңдөйлөр жылдыздардын өнүгүүсүнүн акыркы этабы болуп саналат.

Айтылгандардын жыйынтыгында, кара көңдөйлөрдүн эки түрү жөнүндө баяндалды. Биринчиси, жылдыздардын гравитациялык коллапстын натыйжасы деп каралса, экинчиси Чоң жарылуудан кийин же жылдыз талкаланып жок болуп кеткенден кийин ээн калган үйдөй болуп же заттан же гравитациялык, электромагниттик талаадан айрылган кара обьектиге айлана тургандыгы келип чыгат. Мындай кара көңдөй менен жылдыздардын акыркы эволюциясына айланган кара көңдөйдүн кандай айрымасы бар?

Чындыгында кара көңдөйлөр жөнүндөгү айтылгандар кванттык физика менен жалпы салыштырмалуулук теориясынын кесилишинде теориялык түшүнөктрдөн пайда болгон жоромолдор деп айтууга болот.

Бирок жылдздар эң акыры кара кңдөйгө айлануу менен түгөнүп калбайт. Анткени, бир жылдыздын жок болуп кетиши, мейкиндиктин кайсы бир чекитинде дагы бир жылдыздын пайда болушу менен коштолот. Анын үстүнө мындай процесстер бүгүн же эртеси боло койбойт. Астрономиялык кубулуштар адатта жүздөгөн миллион жылдардын чегинде жүрөт. Жаратылыш чексиз.

Бышыктоо үчүн суроолор

1. Аалам деп эмнени түшүнөбүз? 2. Аалам кандайча жаралган? 3. Кара көңдөй деп эмнени айтабыз? 4. Эмне үчүн жылдыздардын өнүгүшү кара көңдөйгө айланышы менен бүтөт? 5. Кандайча кара көңдөй кош жылдызга айланат? 6. Кара көңдөйдү Жерден туруп байкаганда, анын кандай белгилери боюнча, анын бар экендигин аныктоого болот?

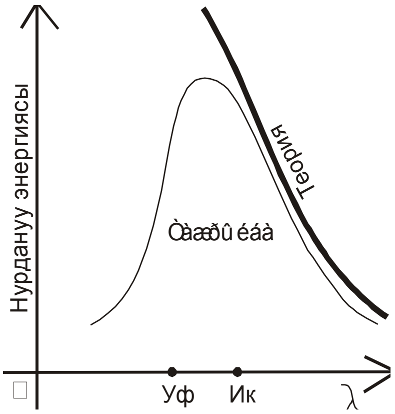
VII ГЛАВА КВАНТТЫК ОПТИКА

35. Кванттык физиканын жаралышы.

XIX кылымдын аягында калыптанып бүткөн классикалык физиканын законодору боюнча, атомдун термелишинен электромагниттик толкундар нурданат деп эсептелинген. Мындай көз караштын туура экендиги механикалык толкундардын мисалында далилденген. Анткени, механикалык толкундар - бул чөйрөдө убакыттын өтүшү менен механикалык термелүүлөрдүн таралышы. Мына ушул көз караш менен караганда, атомдордун термелишинин натыйжасында, анын энергиясы элетромагниттик толкун катары нурданат деп эсептелинген.

XX кылымдын башталышында абсолюттук кара телонун нурдануусунун төмөнкүдөй эксперименталдык графиги алынган.

1-графиктен, тажрыйбада жылуулук энергиясынын нурдануусу толкун узундугу боюнча бирдей бөлүштүрүлбөгөндүгү аныкталды. Мында, жылуулук энергиясынын нурдануусунун эң чоң маанилери ультра кызгылт-көк нурунан башталып, инфра-кызыл нурлары алып жүрө тургандыгы дайын болду.

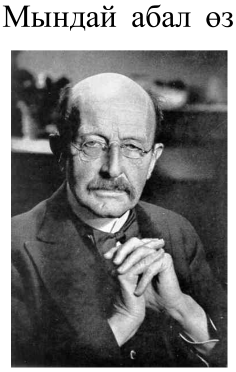


Ал эми, классикалык физиканын көз карашынын негизинде, жылуулук энергиясынын толкун узундуктары боюнча бөлүштүрүлүшүн түшүндүргөндө, графиктен теориянын натыйжалары, эксперименталдык жыйынтыктары менен толкун узундуктардын чоң маанилеринде гана дал келип, алардын төмөнкү маанилеринде айырмачылыктары аныкталды(18-сүрөт).

18-сүрөт.

Демек, кара телонун нурдануусунда жылуулук энергиясынын толкун узундуктары боюнча бөлүштүрүлүшүндө, ультрафиолеттик бөлүктө классикалык көз караштын жыйынтыктары тажрыйбанын натыйжалары менен дал келбеген.

Мындай абал өз убактысында **ультрафиолеттик катастрофа** деп аталып калды. Тажрыйба – чындыктын критерийи б.а., ар кандай теориянын туура экендиги тажрыйбанын натыйжалары менен гана далилденет.



Андыктан, кара телонун нурдануусун түшүндүрүүдөгү, мындай кыйынчылыктан чыгуу үчүн, немец физиги М. Планк, **атом энергияны нурдантканда үзгүлтүксүз электромагниттик толкундар катары эмес, порция түрүндө нурдантат** деген гипотезаны сунуштаган. Нурданган порциянын энергиясы (Е) төмөнкүдөй аныкталат

1858-1947жж $E = h \cdot \nu$ (1) мында, h – Планктын турактуулугу, ν - нурдануу жыштыгы $\hbar = \dfrac{h}{2\pi}$; $\omega = 2\pi\nu$ болгондуктан (1)ди

$E = \hbar \cdot \omega$ түрүндө жазууга болот. Натыйжада, тажрыйбада аныкталган кара телонун нурдануусун, Планктын гипотезасына негизделген көз караштын негизинде түшүндүрүүгө мүмкүн болду.

Бирок, бул формула сыртынан жөнөкөй болуп көрүнгөнү менен, XIX кылымдын аягына чейин калыптанып, өнүгүп келген классикалык физиканын маңызына түп тамыры менен каршы келген.

Анын себеби, белгилүү болгон бардык физикалык чоңдуктар үзгүлтүксүз мааниге ээ болушкан болсо, Планктын гипотезасы боюнча, энергия нурдангнде үзгүлтүкүз эмес, дискреттик $E = h \cdot \nu$ маанисине ээ болгондугунда эле. XX кылымдын башталышында, бекеринен англиялык атактуу Лорд Лоренц өзүнүн муунуна карата канааттануу менен, физика илими жаратылышта кандай, канча кубулуштар болсо бардыгын түшүндүрө алды, болгону бирин-эки кубулуш гана калды. Б.а. жаратылыштын физикалык кубулуштары физиктер тарабынан дээрлик толук изилденди деген ишеничин билдирген.

Мына ушул себептерден улам, М.Планк бул убакытка чейин калыптанып калган классикалык физиканын закондорунан эмес, өзүнүн сунуштаган гипотезасынан баш тартууну ылайык көргөн.

Демек, XX кылымдын башталышында кара телонун нурдануусунун эксперименталдык натыйжаларын түшүндүрүүдө болобу же атомдун ички түзүлүшүнүн татаал экендигин ырастоочу кубулуштар жана тажрыйбалар, Комптондун эффектилери бардыгы биригишип келип, атомдун ички түзүлүшүнө жана жарыктын жаратылышына болгон жаңыча көз караштын негизи - **кванттык физиканын** жаралышынын себепчилери болуп калышты.

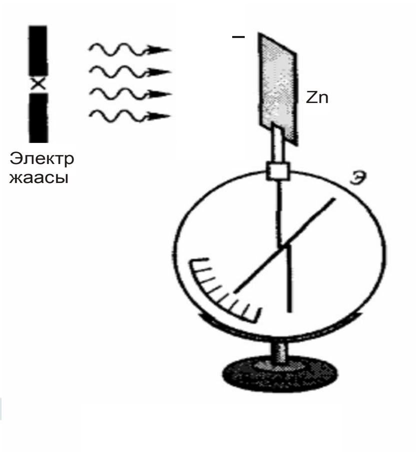
Чындыгында, белгиленген карама-каршылыктардын келип чыгышы, XX кылымдын башталышында ачылган оптикалык жана атомдук кубулуштарды механикалык көз караш менен түшүндүрүүдөн пайда болгон.

Мындан XX кылымдын башталышында белгилүү болгон физикалык кубулуштарды жаңы көз караштардын негизинде түшүндүрүү гана эмес, микродүйнөгө тиешелүү кубулуштардын өзгөчөлүктөрүнө жараша, алардын касиеттеринин белгисиз ички байланыштарын мүнөздөөчү закондорду ачуу, аныктоо жана түшүндүрүү зарылдыгы келип чыкты.

§36. Фотоэффект кубулушу. Фотоэффекттин закондору.

Фотоэффект кубулушу жарыктын кванттык касиетке, б.а. бөлүкчөлөрдүн агымы экендигин далилдөөчү кубулуштардын бири болуп саналат.

Фотоэффект – жарыктын аракети менен металлдардан электрондордун бөлүнүп чыгуу кубулушу. Фотоэффект кубулушун Густав Герц төмөнкүдөй тажрыйбада байкаган. Электрометрди терс заряддалган цинк пластинкасына бириктиргенде, анын жебеси белгилүү бир бурчка жылат(19.1.-сүрөт). Эгерде кварц лампасынан же электр жаасынын пайда болгон жарык агымы цинк пластинасынын бетине келип түшсө, аны менен бириккен электрометрдин жебеси ноль абалына келип калат. Эмне үчүн? Цинк пластинкасындагы терс заряддагы «ашыкча» электрондор бул металлдан бөлүнүп чыкканда гана, электрометрдин жебеси ноль абалына келе алат. Демек, тажрыйбанын натыйжасы, жарык агымдарынын аракети менен металлдардан электрондордун бөлүнүп чыгуулары менен түшүндүрүүгө болот. Эгерде цинк пластинкасы менен жарык булагынын ортосунда айнек коюлган болсо, фотоэффект байкалган эмес. Эмне үчүн? Анын себебин айнек ультрафиолеттик нурларды жутуп алгандыгы менен түшүндүрүүгө болот. Б.а. цинк пластинасынан электрондордун бөлүнүп чыгуусуна ультрафиолеттик нурлар себепчи болуп саналат.



19-сүрөт

Орус улуу окумуштуусу, Столетов атайын жүргүзүлгөн тажрыйбалардын натыйжасында фотоэффекттин үч законун ачкан:

1. металлдардан 1 с бөлүнүп чыккан электрондордун саны,б.а. каныгуу фототогу жарык агымына түз пропорциялаш. $i_{ф} \sim Ф$
2. фотоэлектрондордун кинетикалык энергиясы жарык агымынан көз каранды эмес, жарыктын жыштыгынан көз каранды болот.

3.ар бир зат үчүн фотоэффекттин кызыл чеги болот, б.а. фотоэффекттин кубулушун пайда кылуучу жарыктын минималдуу жыштыгы болот, андан төмөнкү жыштыкта фотоэффект кубулушу байкалбайт.

1839-1896

Столетов ачкан эксперименталдык үч законун тажрыйбада да аныктап алууга болот. Мисалы, вакуумдук айнек түтүкчөнүн ичиндеги металл пластина(катод) ток булагынын терс уюлуна туташтырылган(19-сүрөт), экинчиси – оң уюлуна туташтырылат. Ошол эле катодго кварц терезесинен жарык агымы келип түшүүсүнө ылайыкташтырылат. Мында кварц терезеси ультрафиолеттик нурларды айнек сыяктуу жутуп албагандыктан, бул нурлар катодго жетип бара алышат. Пластиналардын (анод менен катод) ортосунда чыңалуу вольтметр менен өлчөнөт. Катодго түшкөн жарык агымынан бөлүнүп чыккан электрондор анодго келип жетишип, аноддук токту пайда кылышат. Анын маанисин амперметр аныктайт. Тажрыйбада фотоэффект кубулушун изилдөө, аноддук токтун нолдук маанисине туура келген чыңалуусунан башталат.

Адегенде чыңалуунун маанисин жогорулатууда, токтун күчү да көбөйө тургандыгы аныкталган. Натыйжада, токтун күчүнүн чыңалуудан көз каранды болгон төмөнкүдөй графиги алынган(19-сүрөт).

Тажрыйбада катод менен аноддун ортосунда чыңалуунун мааниси нолго барабар болсо да, аноддук ток пайда болгондугун көрсөтөт. Эмне үчүн? Анткени, жарык келип түшкөн катоддон бөлүнүп чыккан электрондор анодго жетип барышып, аноддук токту(фототокту) пайда кылат. Чыңалууну улам көбөйтүү менен, анын белгилүү бир маанисинен баштап, токтун күчү жогорулабай бирдей мааниге ээ болот. Эмне үчүн? Анын себеби, катодго келип түшкөн жарык агымынын бирдей маанисинде, андан канча фотоэлектрондор бөлүнүп чыкса, алар толугу менен анодго келип жетишкендиктен, аноддук (фототок) ток максималдуу мааниге ээ болот. Мындан, каныгуу фототогу, б.а., 1с. ичинде катоддон бөлүнүп чыккан электрондордун саны, катодко келип түшкөн жарык агымынан көз каранды экендиги менен түшүндүрүүгө болот, б.а. мындан фотоэффекттин биринчи закону келип чыгат.

Графиктен, чыңалуунун белгилүү бир терс маанисинде аноддук ток нөлгө барабар экендиги көрүнүп турат. Бул абалда жарыктын таасиринде бөлүнүп чыккан фотоэлектрондор анодго жетип бара алышпайт. Анын себеби, жарыктын таасиринен катоддон бөлүнүп чыккан фотоэлектрондор чыңалуунун белгилүү бир терс маанисинде катоддун өзүндө кармалып калат. Андыктан, фотоэлектрондордун кинетикалык энергиясы төмөнкүдөй аныкталат.

$$\frac{m\vartheta^2}{2} = \ell \cdot U_k \,(2)$$

Мында: U_k - фотоэлектрондорду кармап калуучу чыңалуу.

Чындыгында, катодго келип түшкөн жарык агымы канчалык көбөйгөн сайын, андан бөлүнүп чыккан электрондордун кинетикалык энергиясы өзгөрбөйт. Бул абалда, фотоэлектрондордун кинетикалык энергиясы бир гана жарыктын жыштыгынан көз каранды болуп калат. (фотоэффекттин 2-закону). Фотоэффект кубулушу боюнча цинк пластинасы менен жүргүзүлгөн тажрыйбалар, эгерде терс заряддалган цинк пластинкасы менен жарык булагынын ортосуна айнек коюлганда фотоэффект байкалбагандыгы белгилүү болгон. Анын себеби, айнек ультрафиолеттик нурларды жутуп алат. Ал эми, цинк пластинасына келип түшкөн жарыктын составында ультрафиолеттик нурлар жок болуп калгандыктан, фотоэффект байкалган эмес.

Мындан, цинк металлы үчүн фотоэффект кубулушу пайда кылуучу себеп ультрафиолеттик нурлар экендигин аныктоого болот. Демек, ар бир зат үчүн фотоэффект кубулушун пайда кылуучу жарыктын минималдуу жыштыгы(фотоэффекттин кызыл чеги) болот. (фотоэффекттин 3-закону закону).

Бул тажрыйбанын жыйынтыгы көрсөткөндөй, Столетовдун эксперименталдык мүнөздөгү үч закону туура экендиги далилденди. Бирок, фотоэффекттин экинчи, үчүнчү законун, мына ошол мезгилде өкүм сүрүп келген жарыкты толкундук көз караш менен түшүндүрүүгө мүмкүн эмес. Чындыгында, XIX кылымдын аягында ачылган фотоэффекттин мындай закондорун, жарыктын жаратылышына карата жаңы көз караштын негизинде түшүндүрүүгө мүмкүн болду.

§37. Фотоэффекттин теориясы. Фотондор.

А.Эйнштейн, М. Планктын идеясына таянып, жарык энергиясы порция түрүндө нурданат жана порция түрүндө жутулат деп эсептеген. Энергиянын сакталуу закону боюнча, порция түрүндө жутулган жарык энергиясынын бир бөлүгү чыгуу жумушуна сарпталса, экинчи бөлүгү фотоэлектрондордун кинетикалык энергиясын жогорулатууга сарпталат.

$h\nu = A + \frac{m\vartheta^2}{2}$ (3) Мында, ν -жарыктын жыштыгы,

А- чыгуу жумушу,

$\frac{m\vartheta^2}{2}$ -фотоэлектрондордун кинетикалык энергиясы.

Фотоэффекттин теориясынын негизи болгон бул формуланын анализинен, фотоэффекттин II, III закондору келип чыгат.

1879-1955

Мисалы, бул формулада, фотоэлектрондордун кинетикалык энергиясы жарыктын жыштыгынан гана көз каранды боло тургандыгы көрүнүп турат. Ал эми, фотоэффект кубулушу пайда болушу үчүн $h\nu_к = A$ (4) болушу зарыл. Мында, $\nu_к$-фотоэффект кубулушун пайда кылуучу жарыктын минималдуу жыштыгы. Ошондуктан $\nu_к$-**фотоэффекттин кызыл чеги** деп аталат. Эгерде, металлга келип түшкөн жарыктын жыштыгы, фотоэффекттин кызыл чегинен төмөн болсо, $\nu<\nu_к$, анда фотоэффекттин кубулушу байкалбайт. Демек, Столетовдун тажрыйбасында ачылган фотоэффекттин закондорун, А. Эйнштейн сунуштаган фотоэффекттин теориясынын негизинде түшүндүрүүгө болот.

Демек фотоэффект кубулушу жарыктын бөлүкчөлөрдүн агымы экендигин далилдейт. Жарык бөлүкчөлөрү-фотондор же кванттык бөлүкчөлөр деп аталат. Жарык бөлүкчөбү же толкунбу?

Жарык – электромагниттик толкундардын жыйындысы экендигин жарыктын интерференциясы жана дифракция кубулуштары далилдейт. Анткени, интерференция жана дифракция кубулуштары толкундук процесстер үчүн гана мүнөздүү. Мына ошол эле абалда, кара телонун нурдануусу, фотоэффект кубулуштары, Комптон эффектилери жарыктын фотондордун агымы экендигин далилдейт.

Бышыктоо үчүн суроолор.

1. Эмне үчүн классикалык физика деп аталат?
2. Кванттык физиканын пайда болушуна кандай кубулуштар себепчи болгон?
3. Ультрафиолеттик катастрофа деген эмне?
4. Планктын гипотезасынын мааниси эмнеде?
5. Фотоэффекттин үч законун айтып бергиле?
6. Фотоэффектин теориясын маңызын чечмелегиле?
7. Фотоэффектин теориясынын негизинде фотоэффектин үч законун түшүндүргүлө?

Сапаттык суроолор:

1. Рентген нурларынын таасири менен металл пластинасы заряддалды. Кандай зарядга ээ болот?
2. Эгерде электр жаасы суунун ичинде пайда болсо, ал адамдын көзү үчүн зыянсыз, абада зыян болот. Эмне үчүн?

4-көнүгүү

1. Никель пластинасына (А=5эВ) толкун узундугу 2000 A^0 ультрафиолеттик нурларынын таасири менен фотоэлектрондор кандай максималдуу ылдамдыкка ээ болот?
2. Натрийдин (A_{Na}=2,5эВ), вольфрамдын (A_w=4,5эВ), платинадан (A_{pt}=6,3эВ) фотоэфект кубулушунун пайда кылуучу толкун узундугунунун максималдуу маанисин аныктагыла.
3. Металл үчүн фотоэффектин кызыл чеги 2750A^0 болсо:

а) металлдан электрондун чыгуу жумушун аныктагыла?

б) 1800A^0 толкун узундугундагы жарыктын таасиринин кандай максималдык ылдамдык менен бөлүнүп чыгат.

4. Фотоэлементке жарык агымы келип түшсө да, электрондордун ортосундагы кармап калуучу чыңалуу 3В болсо, фотоэффект токтойт. Катоддон бөлүнүп чыккан фотоэлектрондордун максималдуу ылдамдыгын аныктагыла?

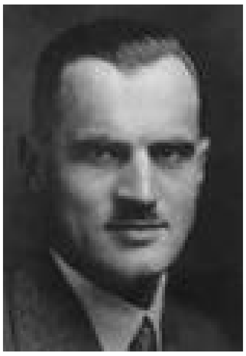
5. $A=6,4\cdot10^{-19}$Дж болсо, цинк пластинасына келип түшкөн ультрафиолеттик нурдун кандай толкун узундугундагы маанисинде фотоэлектрондордун ылдамдыгы 100м/с болот?

6. Эгерде чыгуу жумушу $A=4\cdot10^{-19}$Дж болуп, 200нм ультрафиолеттик жарык натрийге келип түшсө, андан бөлүнүп чыккан фотоэлектрондордун кинетикалык энергиясын жана ылдамдыктарын аныктагыла?

7. Цезийден электрон $3,2\cdot10^{-19}$Дж кинетикалык энергия менен бөлүнүп чыгат. $A=2,18\cdot10^{-19}$Дж болсо, фотоэффектти пайда кылган жарыктын толкун узундугун аныктагыла?

§38. Комптондун эффектиси.

Фотондун реалдуу бөлүкчө экендигин түздөн- түз тажрыйбада Америкалык физик 1922-ж. А. Комптон далилдеген.

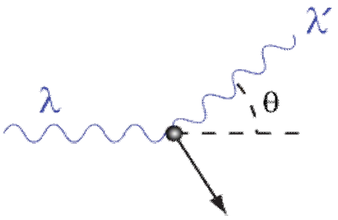


Тажрыйбада А. Комптон зат (парафин, графит) аркылуу өткөн рентген нурлардын жыштыктары азайгандыгын аныктаган. Эмне үчүн рентген нурлары заттан өткөндө, анын жыштыгы азаят?

Бул кубулуштун себебин фотондор жарык агымы катары заттагы тынч абалдагы эркин электрондорго урунууда, анын $h\cdot\nu$ энергиясынын бир бөлүгү электронго берилип, фотондун энергиясы азаят да $h\cdot\nu^1$ болуп калат. Жыштыктын азайышы өз кезегинде толкун узундугунун көбөйүүсүнө алып келет. Андыктан, заттан өткөндө рентген нурларынын жыштыктарынын өзгөрүшү, формулада толкун узундугу аркылуу берилет.

$$\Delta\lambda = \frac{2h}{m_0 c}\cdot Sin^2\frac{\theta}{2}$$

Мында θ – чачыроо бурчу



$$\Delta\lambda_k = \frac{h}{m_0 c}$$

– туруктуу чоңдук жана электрондук комптондун узундугу деп аталат. Мындан рентген нурларынын толкун узундугунун өзгөрүшү, чачыроо бурчунан көз каранды экендиги көрүнүп турат.

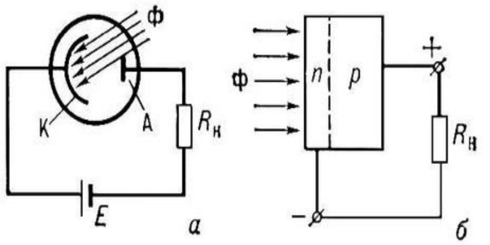
20-сүрөт

Демек, Комптон эффектиси фотон менен эркин электрондордун кагылышуусунан пайда болот. Натыйжада, заттан өткөн рентген нурларынын чачырашынын эсебинен, анын толкун узундугу көбөйөт. Комптон эффектиси фотондун реалдуу экендигин түздөн - түз далилдөөчү тажрыйба деп эсептелинет.

§39. Фотоэлемент.

Фотоэффект кубулушу өсүмдүктөрдүн жашоосунун негизи болуп саналат. Анткени, өсүмдүктөрдүн жалбырактарындагы хлорофилл данекчелеринде жарык энергиясы жутулуп, андан кычкылтек бөлүнүп чыгат.

Фотоэффект кубулушуна негизинен прибор - **фотоэлемент** деп аталат.



21-сүрөт

Фотоэлемент - айнектеги түтүкчөнүн бир жагы атайын металл катмар менен капталган вакуумдук прибор. Келип түшкөн жарык агымына жараша, металл катмардан электрондор бөлүнүп чыгат да электр тогу пайда болот. Б.а. тышкы фотоэффект байкалат. Эгерде жарык агымы жарык сезгич жарым өткөргүчкө келип түшсө, анда жарыктын жутулушунда электрондор материалдын ичинде калып, электр тогун пайда кылып ички фотоэффекти байкалат. Жарык агымы өзү пайдалуу информацияны алып жүргөн мындай оптикалык сигнал, тиешелүү электрондук сигналга айланат. Мына ушул жол менен үнсүз кино үндүү киного айланат. Мында, кинолента менен кошо үн оптикалык сигнал түрүндө жазылат. Кайра сүрөтү менен үнү коштолушу үчүн, оптикалык сигнал төмөнкү жыштыктагы электрдик сигналга фотоэлементтин жардамы менен айландырылып, ал өз кезегинде атайын төмөнкү жыштыктагы күчөткүчтөр аркылуу динамикте үн пайда болот.

§40. Жарыктын басымы.

Жарыктын басымга ээ болушу, жарык – фотондордун агымы экендигин далилдейт. Жарык басымы эң аз мааниге ээ болгондуктан

(1 $м^2$аянтка 08 Н күч аракет этет), анын маанисин өлчөөнүн кыйынчылыгы келип чыккан.

Тиешелүү кыйычылыктарды жеңүү менен, жарыктын басымын П.Н. Лебедев 1900-жылы тажрыйбада өлчөгөн.

Анын үстүнө жарыктын басымын өлчөөдө кошумча кыйынчылыктар да болгон. Мисалы, Лебедев пайдаланган абасы сордурулган б.а. вакуумдук идиштеги эки канаттуу жеңил стержендерге, жарыктын келип түшүп, канатчалардын эки бетинин түрдүүчө ысышына алып келет. Молекулалардын

1866-1912

жылуулук кыймылдарынын натыйжасында, ичке айнек жибине илинген канатчалар өз огунда айлана баштайт.

Анткени, канатчалардын Күн тийген жагы, экинчи жагына караганда көбүрөөк ысып, стержендин өз огунда айлануусун камсыздайт. Бирок, бул стержендеги бекитилген эки канатчалар, андагы молекулалардын жылуулук кыймылдарынан эмес, жарыктын басымынын натыйжасында өз огунда айланышы керек болуучу.

Андыктан, ошол мезгилдеги эксперименталдык техниканын деңгээли төмөн болгонуна карабастан, П.Н. Лебедев аталган кыйынчылыктарды вакуумдук идиштин эң чоң көлөмүнүн жана эң жеңил канатчаларды пайдалануу менен түздөн – түз жарыктын басымын өлчөгөн.
Тажрыйбада аныкталган жарыктын басымынын мааниси, Д.К. Максвеллдин электромагниттик көз карашынын негизинде эсептелинген жарыктын басымы менен дал келген.

Жарыктын басымынын натыйжасында кометалардын куйруктары пайда болот. Анткени, кометалар, мисалы Галлейдин кометасы 75-80 жылда Күн системасына жакындаган мезгилде, Күндөн таралган жарыктын кометалар пайда кылган газдарга тийгизген таасиринин натыйжаларынан, Күнгө карама- каршы багытталган кометалардын куйруктары пайда болот. Кометалардын куйруктарынын өзгөчөлүктөрү, аларды классификациялоого(Бредихин) мүмкүндүк берет.

Бышыктоо үчүн суроолор:

1. Комтондун эффектисинин маңызын түшүндүргүлө? 2. Фотоэлемент деп эмнени айтабыз? Фотоэлементтин иштөө принцибин айтып бергиле?

3. Тышкы фотоэффект менен ички фотоэффекттин айрымасы эмнеде жана бул кубулуштар кандайча колдонулат? 4. Кандайча фотоэлементтин жардамы менен «үнсүз» кино «үндүү» киного айланды? 6. Кометалардын куйруктары кандайча пайда болот?

§41. Жарыктын толкундук жана кванттык касиеттери.

Жарык толкунбу же бөлүкчөбү? Анткени, жарыктын интерференциясы жана жарыктын дифракциясы, жарыктын толкундук касиетке ээ экендигин далилдесе, фотоэффект, Комптондун эффектиси жарык фотондордун агымы, б.а. жарыктын кванттык касиетке ээ экендигин далилдейт.

Жарыктын мындай карама-каршы касиеттерге ээ экендигин төмөнкүдөй аныктоого болот.

Жарыктын энергиясынын маанилерин $E = h \cdot v$ (1) жана $E = m \cdot c^2$ (5)аныкталат.

Мындан $m \cdot c^2 = h \cdot v$ же $\frac{h \cdot c}{\lambda} = m \cdot c^2$,

$\lambda = \frac{h}{P}$ (6) Мында λ -жарыктын толкун узундугу, $P = m \cdot c$ -жарык фотондорунун импульсу.

Бул формуланын сол жагы – жарыктын толкун узундугу, жарыктын толкундук касиетке ээ экендигин чагылдырса, анын оң жагындагы бөлчөктүн бөлүмү жарык фотондорунун импульсу - жарыктын кванттык касиетке ээ экендигин билдирет.

Азыркы көз караш боюнча, жарык мейкиндикте таралганда электромагниттик толкундардын жыйындысы катары таралып, зат менен өз ара аракеттенишкенде(жутулганда же нурданганда) фотондордун агымы болуп саналат.

Бышыктоо үчүн суроолор.

1.Жарыктын толкундук касиетке ээ экендигин далилдөөчү кубуштардын маңыздарын чечмелегиле? 2. Кандай кубулуштар жарыктын корпускулярдык касиетке ээ экендигин далилдейт? 3. Кандайча жарыктын толкундук касиетин жана кванттык касиетин түшүндүрүүгө болот?4. Электрондордун дифракциясы кандайча ачылган? 5. Электрондордун дифракциясынан кандай корутунду чыгарууга болот?

§42. **Атомдун ички түзүлүшү жөнүндө көз караштардын өнүгүүсү.**

XX кылымдын башталышына чейин калыптанган физика – **классикалык физика** деп аталат. Ал эми, классикалык физикада **атом** - бөлүнбөс бөлүкчө деп эсептелинген. Ал гана эмес, Д.И.Менделеев мезгилдик системасын түзүүдө атом - материянын бөлүнбөгөн эң акыркы чеги деген негизге таянган. Бул мезгилдеги физиктердин көпчүлүгү төмөнкү басым астындагы газдардын электр тогунун табиятын изилдөө менен алек болушкан. Мында, эгерде айнек түтүкчөнүн ичинен абасы сордурулуп чыгарылып, анын ичиндеги эки металл пластинкаларына жогорку чыңалуу берилсе, бул айнек түтүкчөнүн ичинде электр тогу пайда болгон. Газдардагы электр тогу – **электр разряды** деп аталат. Айнек түтүкчөнүн ичиндеги сейректелген абада электр разряды кандайча, эмне себептен пайда болот? Ал убакта электр разрядынын себепчиси – катоддон пайда болгон көзгө көрүнбөгөн нурлар деп божомолдонуп, аларды **катод нурлары** деп аташкан. Анда катод нурлары кандай нурлар, алардын табияты кандай?

Англиялык физик Джозеф Джон Томсон тажрыйбада катод нурларынын табиятын изилдеп(1897), бул нурлар эң жеңил болгон суутектин атомуна караганда, 2000 эсе аз массага ээ болгон терс заряддалган бөлүкчөлөрдүн агымы экендигин далилдеген. Бул терс заряддалган бөлүкчөнү- **электрон** деп атады.

Ага чейин ачылган Рентген нурларынын(1895) келип чыгышы, разряддык түтүкчөнүн ичиндеги жогорку ылдамдыкка ээ болгон **электрондордун** айнектин ички бетине тормоздолушунан келип чыккандыгы белгилүү болгон.(9-кл. §44).

Фотоэффект кубулушу(1897), жарыктын аракети менен металлдардан **электрондордун** бөлүнүп чыга тургандыгы белгилүү эле.(§2.).

Табигый радиоактивдүүлүк кубулушу 1896-жылы француз физиги А. Беккерель тарабынан ачылган(9-кл, §54.).

Мария Кюри кээ бир оор химиялык элементтердин (уран, радий, полоний, ж.б.) ядролорунун өз алдынча нурдануусун **табигый радиоактивдүүлүк** деп атаган.

Э. Резерфорд радиоактивдүү нурлардын составында:

α-нурлары(бөлүкчөлөрү) оор, оң заряддалган бөлүкчө-гелийдин эки жолу иондошкон атому;

β- нурлары(бөлүкчөлөрү) – электрондор;

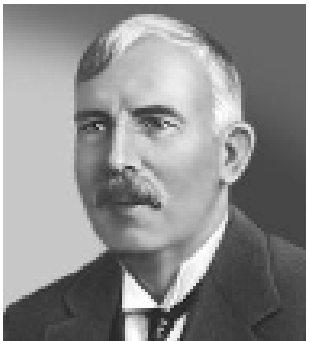
γ- нурлары – толкун узундугу 10^{-12} – 10^{-14}см. электромагниттик толкундар; экендигин тажрыйбада далилдеген(9-кл §55).

Жогорудагы кубулуштар аркылуу жаратылышта терс зарядга ээ болгон бөлүкчө - **электрондун** бар экендиги далилденди.

Атом электрдик жактан **нейтралдуу бөлүкчө**. Анда **электрон** кайдан чыга калды? Эгерде атомдун ичинде **электрон** болсо, анда атомдун ичинде дагы оң заряддалган бөлүкчө-**протон** болушу керек болот. Ошондуктан, аталган кубулуштар атомдун ички түзүлүшүнүн татаал экендигин ырастоочу кубулуштар деп аталат.

Анткени, **атом**-курамы оң заряддагы бөлүкчө-**протон**дон жана терс заряддалган бөлүкчө-**электрон**дон турган татаал ички түзүлүшкө ээ болгон нейтралдык бөлүкчө экендиги айкын болуп калды.

Демек, атомдун электрдик жактан нейтралдуу болушунун себеби, атом электрондор жана оң заряддалган бөлүкчөлөрдөн(протондордон) турат. Андай болсо, атомдун ичиндеги протондор менен электрондор өз ара кандайча жайланышкан? Деги Менделеевдин мезгилдик системасындагы химиялык элементтердин атомдорундагы протондордун жана электрондордун санын кандайча аныктоого болот? Атомдун ички түзүлүшүнүн курамын англиялык физик Э. Резерфорд тажрыйбасы аркылуу аныкталды.



§43. Резерфорддун тажрыйбасы.

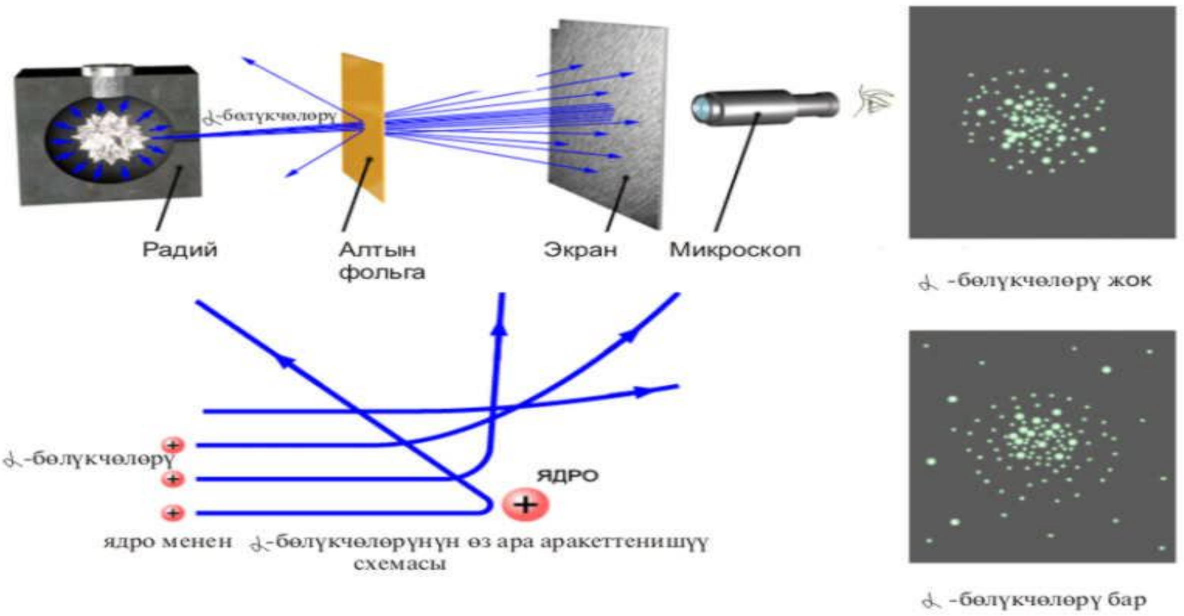
Э. Резерфорд атомдун ички түзүлүшүн аныктоо үчүн α - бөлүкчөлөрдү пайдаланган. Ал эми α- бөлүкчөлөр 20000 км/с ылдамдык менен кыймылдаган оң заряддалган жана алар атайын экранга (күкүрттүү цинк) урунушканда, алардын ар бири бирден жылт эте (сцинциялляция)тургандыгы белгилүү болгон. Мындай тажрыйбаларда,

150минден 300миңге чейин α-бөлүкчөлөр саналган болсо, аларды Резерфорддун шакирти Марсден бир миллионго чейин санаган.
Атомдун негизги массасы оң зарядда топтоштурулгандыктан, аны менен Э. Резерфорд өзүнүн тажрыйбасында оң зарядка ээ болгон αα – бөлүкчөлөрдү атомдун ичине зонд катары
1871-1937 жиберген(22-сүрөт).

Э. Резерфорд α - бөлүкчөлөрдүн булагы менен экрандын ортосуна жука (0,00001 см) металл(күмүш, алтын, жез) фольгасын жайланыштыруу аркылуу, атомдун ички түзүлүшүн аныктоодо зонд катары пайдаланган(22-сүрөт). Тажрыйбада коргошун кутучасынын ичиндеги радиоактивдүү элементтен чыккан ичке агымдагы α – бөлүкчөлөр фольгадан өтүп, экранда жылт этүү бурчу чоңойгондугун аныктаган.

Бул тажрыйбанын натыйжасын түшүндүрүүдө, атомдун ичи туташ эмес, атомду түзүп турган оң заряддалган бөлүкчөлөр менен электрондордун ортосунда боштук жай бар экендиги дайын болот.

Мында αα–бөлүкчөлөрдүн негизги бөлүгү багыттарын өзгөртүшпөгөндүгү жана бир аз бөлүгү өздөрүнүн алгачкы багыттарынан четтешкендиги аныкталат б.а. Резерфорд бул тажрыйбада α – бөлүкчөлөрдүн чачырашын байкаган.
Э. Резерфорд тажрыйбаны аягына чейин чыгуу үчүн, шакирттери Марсден менен Гейгерге, эң чоң бурчтарга(150^oтан чоң) четтеген αα–бөлүкчөлөрдүн бар экендигин аныктоону тапшырат. Анын шакирттери, бир нече ай ичинде жүргүзгөн тажрыйбаларынын натыйжасында, αα–бөлүкчөлөрдүн 10000ден бирөөсү 180^oбурчка кайта тургандыгын далилдешет. Тажрыйбанын мындай
жыйынтыктарына



22- сүрөт

Э. Резерфорд ишенбей коюп, ал гана эмес, Силер газетаны замбиректин огу менен атып, ал ок газетадан чагылып, өзүңөрдү жок кылган натыйжаны алыпсыңар деп нааразы болот. Бирок эки ай бою кайра-кайра кайталаган тажрыйбалардын натыйжалары αα – бөлүкчөлөр аз болсо да чоң бурчка чачырай тургандыгы белгилүү болуп калды.

Э.Резерфорд оң заряддалган ядро менен αα–бөлүкчөлөрдүн өз ара түртүшүү күчтөрүнүн негизинде ядронун сызыктуу өлчөмүн эсептеген. Мындан атомдун ичинде эң кичинекей көлөмгө ээ, өлчөмү 10^{-12} см болгон оң заряддалган **ядро** бар экендиги аныкталды.

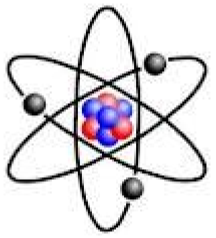
Демек, атомдун борборунда жайланышкан оң заряддалган ядро менен түртүлүшүнүн себебинен, тажрыйбадагы α α–бөлүкчөлөрдүн чачыроолоруна алып келген. Мына ушундай көз караштарга таянып, Э. Резерфорд α –бөлүкчөлөрдүн чачыроо теориясын түзгөн.
Анын негизинде, Резерфорд **атомдун планетардык моделин** сунуш кылган.

Бул модель боюнча, атом – массасы эң кичинекей көлөмгө топтоштурулган, оң зарядка ээ болгон ядродон жана анын тегерегинде айланып жүргөн электрондордон турат. α α – бөлүкчөлөрдүн чачыроо теориясында, $dn/dt \sim 1/\sin^4\theta$, б.а. экранга 1 с чачырап келип жеткен. α –

бөлүкчөлөрдүн саны чачыроо бурчунун төртүнчү даражасына тескери пропорциялаш. Тажрыйбада, ар түрдүү бурчка четтеген αα – бөлүкчөлөрдүн эсептелинген саны менен, жогорудагы формула менен аныкталган α – бөлүкчөлөрдүн саны дал келген.

Демек, Резерфорддун α – бөлүкчөлөрдүн теориясынын натыйжасы менен тажрыйбалык жол менен аныкталган натыйжаларына дал келиши, теориянын туура экендигин далилдейт.

Э. Резерфорддун шакирти Мозли тарабынан, Д.И. Менделеевдин мезгилдик системасындагы химиялык элементтердин катар номери, бул ядродогу оң заряддалган бөлүкчөлөрдүн (протондордун) санын аныктала тургандыгын далилдейт. Атом нейтралдуу болгондуктан, ядродогу протондордун саны, орбитадагы электрондордун санына барабар болот.



23-сүрөт

Бирок. атомдун ядросундагы дагы бир нейтралдуу бөлүкчөнүн(нейтрон) бар экендиги 1932-жылы далилденгендиктен(23-сүрөт), 1906-жылы аткарылган Резерфорддун тажрыйбасы толугу менен ядронун курамын аныктай алган деп айтууга болбойт.

Резерфорддун атомдун планетардык моделинин төмөнкүдөй кемчиликтери аныкталды:

1. Максвеллдин теориясы боюнча, ядронун тегерегинде ылдамдануу менен айланып жүргөн электрондор өздөрүнүн энергиясын нурдантып, улам энергиялары азайуу менен 10^{-8}с убакытта ядрого түшүп калат. Б.а. Маквеллдин теориясы боюнча, Э. Резерфорд сунуштаган атомдун модели туура эмес;

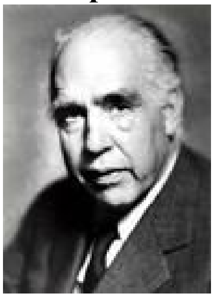
2. Энергияны атом нурдантат же жутат. Энергиянын жутулушу же нурдануусу сөзсүз атомдун ичиндеги өзгөрүүлөр менен коштолушу керек болот. Ал эми Резерфорддун атомдук модели, энергиянын жутулушу нурдантуу шарттарын түшүндүрө албайт.

§44. Бордун постулаттары.

Резерфорд сунуштаган атомдун моделинин кемчиликтерин жоюу үчүн Даниялык физик Н. Бор өзүнүн постулаттарын сунуштады.

Н. Бор биринчи постулатында, классикалык физиканын бир бөлүмү болгон Максвеллдин теориясынын негизинде атомдук кубулуштарды түшүндүрүүсүнөн баш тарткан. Б.а. классикалык физиканын закондорун атомдук кубулуштарды колдонууга болбойт деп эсептегендиктен, Резерфорддун модели туура деп табылды.

1-постулат: Атомдук система белгилүү бир энергияга(E_n) ээ болгон **өзгөчө стационардык абалда** болот. Өзгөчө стационардык абалда атомдук система нурдантпайт.



1885-1962

Демек, ар бир атом өзгөчө стационардык абалда, белгилүү бир энергияга ээ болушу үчүн (E_n), атомдогу электрон белгилүү бир стационардык орбитада айланат (r_n) деген корутунду чыгарууга болот.

Н.Бор ар бир электрон үчүн уруксат берилген стационардык орбитанын радиусун аныктоочу шартын сунуштаган.

Бул шарт- **Бордун тең салмактуулук шарты** деп аталат.

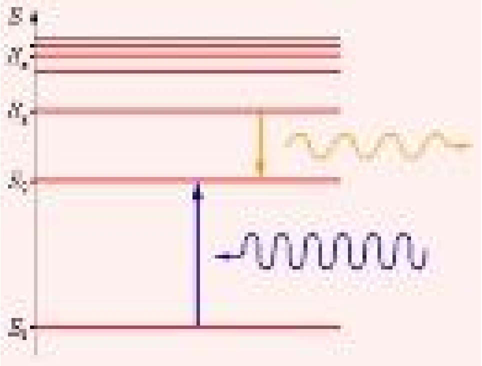
$m \upsilon r_n = n \hbar$(*)

Мындан атомдогу электрондордун радиусу n чоңдугунан көз каранды экендиги көрүнүп турат. Мисалы, эгерде n = 1, 2, 3, 4,… болсо, мына ушул уруксат берилген радиустагы стационардык орбитада электрондор айланып жүрүшө алат.

Бордун биринчи постулатынан, **атомдо ар бир электрон уруксат берилген гана стационардык орбитада айланып жүрүшөт жана нурдантпайт** деген жыйынтык чыгарууга болот, б.а. Н.Бор, Максвеллдин теориясын Резерфорддун атомдун планетардык моделине колдонуудан баш тарткан.

Бордун экинчи постулатында атомдун энегияны нурдантуу жана жутулуу шарты аныкталат.

2. Атом бир (E_m) стационардык абалдан, экинчи стационардык абалга(E_n) өткөндө энергия нурданат же жутулат.



$E_m - E_n = h\nu$

Мындан, эгерде атомго тыштан энергия берилсе, анда атом дүүлүккөн абалга келет да, E_m энергиясына ээ болуп калат. Бирок, атом 10^{-8}с убакыттан кийин, ашыкча энергияны ($h\nu$) нурдантуу менен, E_n абалына келет.

Демек, атом энергияны нурдантышы үчүн, адегенде тыштан энергия берилиши керек болот. Ашыкча энергияга ээ болгон атомдун дүүлүккөн абалында электрон жогорку орбитага өтөт. Атом тең салмактуу абалына келүүсү үчүн, 10^{-8}с убакыттан кийин электрон өз алдынча ашыкча энергияны hν катары нурдантып, өзүнүн алгачкы

24-сүрөт стационардык орбитасына кайтып келет.

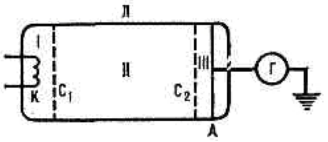
Бышыктоо үчүн суроолор

1. Атомдун ички түзүлүшүнүн татаал экендигин ырастоочу кубулуштарды айтып бергиле? 2. Эмне үчүн, кандайча Резерфорд α - бөлүкчөлөрдү, атомдун ички түзүлүшүн аныктоодо пайдаланган? 3. Резерфорддун планетардык моделинин кандай кемчиликтери бар эле? 4. Бордун биринчи постулатында кандай проблема чечилген? 5. Бордун экинчи постулатында кандай маселенин чечилген?

§45. Франк Герцтин тажрыйбасы.

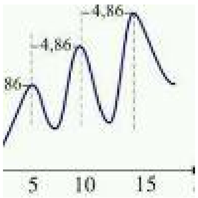
Франк тарабынан белгилегнгендей, адегенде Франк Франк Герцин тажрыйбасы дароо эле Бордун 1-постулатынын туура экендигин далилдөөчү тажрыйба экендиги теоретик-физиктер тарабынан кабыл алынган эмес.

Анткени, чындыгында Франк- Герцтин тажрыйбасынын максаты электрондук лампа – тетродду элестеткен төмөнкү басым астында, б.а. басымы Р = 13а сымаптын иондору менен толтурулган эки торчосу бар вакуумдук түтүкчөнүн вольт-ампердик мүнөздөмөсүн алуу болгон(-сүрөт).



Мында, ысытылган катоддон бөлүнүп чыккан электрондордун булутчасы пайда болуп, айрымдары анодко жетишип аноддук токту пайда кылышат. Биринчи торчодогу оң чыңалуу жогорулаган сайын электрондук булутчадан анодко жеткен электрондордун саны көбөйгөндүктөн, аноддук токтун мааниси улам жогорулай берет. Экинчи торчого аз маанидеги терс чыңалуу берилет. Эмне үчүн? Мындай абалда экинчи торчо ылдамдыгы аз болгон электрондорду анодко өткөрбөй коет. Чамасы, экинчи торчо, андан тышкары, ылдамдыгы чоң электрондор аноддун материалынын электрондорун бөлүп чыгарышып(динатрондук эффект), вакуумдук түтүкчөнүн ичинде паразиттик байланышты компенсациялоосу эске алынган.

Тажрыйбанын натыйжасында, вакуумдук түтүчөдөгү аноддук токтун биринчи торчодогу чыңалуудан көз карандылыгы(вольт – ампердик мүнөздөмөсү) график түрүндө аныкталган.(-сүрөт).



Графиктен биринчи торчодогу чыңалуунун көбөйүшү менен аноддук токтун мааниси жогорулап, чыңалуунун мааниси 4,86Вто максималдуу маанисине жетет. Чыңалуунун андан кийинки жогорулашы менен аноддук токтун мааниси азайып, чыңалуу 4,9Вко жеткенде, токтун күчүнүн мааниси минималдуу мааниге ээ болуп калат. Андан кийинки чыңалуунун маниси жогорулашы менен аноддук токтун мааниси дагы көбөйүп, 2х8,6Вто максималдуу мааниге ээ болуп, ал эми минималдуу мааниге 9,8Вто жетет. Мындан:

1. чыңалуунун мааниси жогорулаганда токтун маанисинин 4,86Вко чейин жогорулашын , анодко жеткен электрондордун санын көбөйгөндүгүн далилдейт;
2. чыңалуунун андан аркы жогорулашында токтун мааниси азайышынан, анодко келип жеткен электрондордун саны азайгандыгын далилдейт;
3. торчодогу чыңалуу 4,9Вто анодко электрондордун эң аз саны жетет.

Эмне үчүн мындай болот? 4,86В чыңалуудан кийин анодко жеткен электрондордун азайынын себеби, чоң ылдамдыкка ээ болгон электрондордун энергиясы урунуу аркылуу сымаптын иондоруна берилгендиктен, алардын ылдамдыгы кескин азайгандыктан экинчи торчодон анодко өтпөй калышат. Мындай электрондордун эң көп мааниси 4,9Вто болот. Ток күчүнүн андан кийинки азайышы биринчи торчодогу 9,8В чыңалууга туура келет.

Демек, сымаптын иондору белгилүү бир энергияга ээ болот. Сымаптын оң иондоруна мына ошондой энергияны электрондор 4,9В жана 9,8в чыңалууда камсыз кылышат. Мындан Франк-Герцтин тажрыйбасы Бордун биринчи постулатын далилдей тургандыгына ишенүүгө болот.

Андан тышкары, Бордын экинчи постулатынан Франк-Герцтин тажрыйбасынын натыйжасын төмөнкүдөй жазууга болот. E_1 - E_o=hν= $\frac{hc}{\lambda}$

$E_1 - E_0$=4,9В болгондуктан, λ = 253,7нм б.а. сымаптын иондорунун дүүлүккөн абалынан кадимки абалына кайтканда ультра фиолеттик нурларды нурдантышышы керек болот.

Тажрыйбада чындыгында вакуумдук түтүкчөнүн айланасында ультрафиолеттик нурлар пайда боло тургандыгы далилденди.

Демек, Франк-Герцтин тажрыйбасында Н.Бордун постулаттарынын туура экендигин далилдеген.

§46. Суутектин атомунун модели. Бордун теориясынын кыйынчылыктары.

Суутектин атомунун энергиясы электрондун кинетикалык энергиясы менен потенциалдык энергиясынын суммасына барабар.

$E_n = E_к + E_п$ же $E_n = m\upsilon^2/2 - q^2/r_n$(1)

Ядронун тегерегинде айланган электронго аракет эткен күч борборго умтулуучу күч электрон менен ядронун өз ара кулондук тартышуу күчүнө барабар болот. $m\upsilon^2/r = q^2/r^2_n$(2)

(1),(2)ден суутектин атомунун энергиясы аныкталат.

$E_n = - q^2/2r_n$(3)

Демек, атомдун толук энергиясы электрондун орбитасынын радиусунан көз каранды. Суутектин атомундагы электрондун радиусун Бордун тең салмактуулук шартынан(*) жана(2) формулаларынан аныктоого болот.

. $r_n = \frac{n^2 \cdot \hbar^2}{m \cdot q^2}$ (4) (4)нү (3)кө коюп $E_n = \frac{m \cdot q^4}{2n^2 \cdot \hbar^2}$

Бордун теориясында, атомдун сызыктуу өлчөмү электрондун орбитасынын диаметри менен аныкталгандыктан $R_n = 0{,}5 10^{-8}$ см.

Атомдун мындай сызыктуу өлчөмү, башка белгилүү болгон тажрыйбалардын негизиндеги натыйжалар менен дал келиши, Н. Бордун постулаттарына негизделген Резерфорддун планетардык моделинин суутектин атому үчүн туура экендиги далилденди.

Суутектин атомундагы электрондордун энергиясы негизги кванттык сандан (n) гана көз каранды болот. Негизги кванттык сан (n) суутектин атомундагы электрондун энергетикалык абалын мүнөздөйт. n=1 энергетикалык деңгээл – **негизги энергетикалык деңгээл** деп аталат. n>1 болсо, **дүүлүккөн энергетикалык деңгээл** деп аталат (дүүлүккөн атом). Эгерде атом E_m энергетикалык абалдан E_n энергетикалык абалга өтсө, нурданган фотондун энергиясы Бордун 2-постулатынан төмөндөгүдөй аныкталат: $E_m - E_n = h\nu$(1) $E_n = \frac{m \cdot e^4}{2\hbar^2 \cdot m^2}$ (2) $E_n = \frac{m \cdot e^4}{2\hbar^2 \cdot n^2}$ (3),

(2), (3) тү (1) ге коюп ν ну табабыз

.

$$h\nu = \frac{m \cdot e^4}{2\hbar^2 \cdot m^2} - \frac{m \cdot e^4}{2\hbar^2 \cdot n^2} = \frac{m \cdot e^4}{2\hbar^2}\left(\frac{1}{n^2} - \frac{1}{m^2}\right)$$

$$\nu = \frac{m \cdot e^4}{2\hbar^3}\left(\frac{1}{n^2} - \frac{1}{m^2}\right) \qquad \text{Мында } R = \frac{\hbar m^2 \cdot e^4}{\hbar^3}$$

Бордун экинчи постулатынан келип чыккан. Ридбергдин турактуулугунун мааниси ага чейин тажрыйбада аныкталган мааниси менен дал келет. Бул өз кезегинде Бордун теориясынын туура экендигин далилдейт.

Бирок, суутектен кийинки көп электрондуу химиялык элементтер үчүн электрондордун орбиталар боюнча бөлүштүрүлүшүн түшүндүрүүдө Бордун теориясы алсыз экендиги билинди. Эмне үчүн?

Анын себеби, Бордун теориясынын өзүндө ички карама каршылыкка ээ. Анткени, бир жагынан Н.Бор атомдук кубулуштарды түшүндүрүүдө классикалык физиканын законторунан баш тартса, экинчи жагынан, классикалык физиканын түшүнүктөрүнө негиздеген көз караштар басымдуулук кылып, анын теориясында тиешелүү масса, ылдамдык, күч чоңдуктарын колдонгон.

Ошондуктан, Бордун теориясы жарым кванттык физиканын теориясы деп аталып калды.

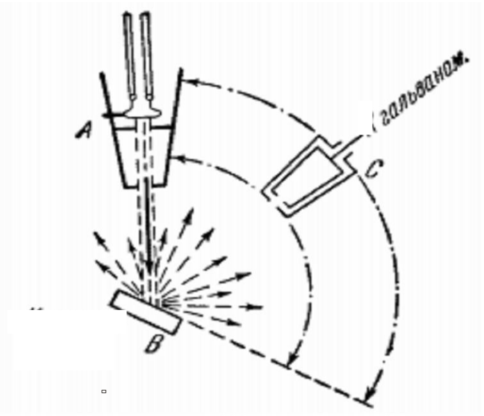
Чындыгында, XX кылымда бир топ жаңы кубулуштар менен бирге электрондун дифракциясы ачылгандан кийин, электрондун өзү бөлүкчөбү же толкунбу деген суроого жооп берүүчү **кванттык теория** жаралды. Бул теорияда электрондук орбита, терс заряддалган бөлүкчө

түшүнүктөрү пайдаланылбайт. Анын ордуна, атомдо электрондордун бөлүштүрүлүшүнүн ыктымалдуулугуна негизделген кванттык сандар менен аныкталат.

§47. Электрондордун дифракциясы. Гермер – Девиссондун тажрыйбасы.

1924-жылы француз физиги **Луи де Бройль** бир эле абалда толкундук жана корпускулярдык касиетке жарык гана эмес ар кандай материалдык обңекттер да ээ болуша алат деген гипотезаны сунуштаган. Мисалы, массасы m, υ ылдамдыкка ээ болгон телонун толкун узундугу фотон сыяктуу аныкталат: $\lambda = \dfrac{h}{m \cdot \upsilon}$ Бирок массалары чоң телолор үчүн, тиешелүү толкун узундуктарынын маанилери ушунчалык аз болгондуктан алардын маанилерин аныктоого мүмкүн эмес. Ошондуктан микробөлүкчөлөр толкундук касиетке ээ болуша алат.

де Бройлдун гипотезасы зат менен өз ара аракеттенишкенде микробөлүкчөлөрдүн(электрондор, нейтрондор, атомдор жана молекулалар) толкундук касиеттери бир нече тажрыйбаларда далилденген.



Девиссон менен Г**ермердин** тажрыйбаларында никелдин монокристаллында электрондордун чагылуу законунун ордуна, алардын чачыроосу аныкталган. Электрондук пушкадан чыккан электрондордун ичке агымы (**В**) никель монокристаллына багытталган. Тажрыйбада геометриялык оптиканын закону б.а. түшүү бурчу чагылуу бурчуна барабар экендиги күтүлгөн.

Бирок тажрыйбада түшүү бурчунун белгилүү маанисинде электрондор ар түрдүү бурчка чагылышкан. Мында бир багытта чагылган электрондордун максимуму байкалса,

25-сүрөт башкаларында-

минимумдары байкалган. Чиймеде электрондордун санынын багыттар боюнча бөлүштүрүлүшү берилген. Никелден багытталган радиустун узундугу чагылган электрондордун санына пропорциялаш. Рентген нурларынын монокристаллда чачыроолорунда пайдаланылган ыкма аркылуу **Девиссон** менен **Гермер** тажрыйбада электрондун толкун узундугу менен, **де Бройлдун** толкун узундугу дал келе тургандыгын аныкташкан.

Бышыктоо үчүн суроолор.

1. Франк-Герцтин тажрыйбасынын маңызын чечмелегиле? 2. Франк-Герцтин тажрыйбасында айнек түтүкчөнүн ичинде торчолор кандай кызматтарды аткарат? 3. Франк –Герцтин тажрыйбасынан кандай кортундуга келүүгө болот? 4. Девиссон менен Джермердин тажрыйбасынын маңызын чечмелегиле?

Сапаттык суроолор:

1.Стационардык абалдагы атом менен дүүлүккөн атомдун кандай айырмасы бар?

2.Эгерде электрон суутекти атомдун ичинде биринчи орбитадан үчүнчү орбитага өтүп, кайра биринчи орбитага кайтса, атомдун энергиясы кандайча өзгөрөт?

3. Көз көрүнгөн жарыкты нурдантуусу үчүн суутектин атомундагы электрондор кайсы стационардык абалга өтүш керек? Ультракызгылт-көк нурлардачы?

5 -көнүгүү

1. Суутектин спектринде жашыл сызыкты пайда кылган фотон 4-стационардык абалдан 2-ге өткөндө келип чыгат. Эгерде атом $4{,}05 \cdot 10^{-19}$Дж энергияны нурдантса, бул сызыктын толкун узундугун жана фотондун массасын аныктагыла.

2. Суутектин электрону 2-орбитадан 1-орбитага өткөндө нурдануу жыштыгы $2{,}5 \cdot 10^{15}$Гц. Атом жоготкон энергиясы жана фотондун импульсун аныктагыла.

3. Жарык квантын сымаптын атому жутканда анын энергиясы $7{,}84 \cdot 10^{-19}$Дж га өзгөрдү. Кандай толкун узундуктагы жарык жутулган жана фотондун массасын аныктагыла.

4. Суутектеги электрон бир орбитадан жакыныраак төмөнкү орбитага өткөндө атомдун энергиясы $3 \cdot 10^{-19}$Дж га азаят. Атомдун нурданган энергиясын, фотондун массасын жана импульсун аныктагыла.

5. Суутектин атому дүүлүккөн абалынан, тең салмактуу абалга келгенде $9{,}1\cdot10^{-8}$м толкун узундуктагы фотонду чыгарат. Фотондун энергиясы жана массасын аныктагыла.

VIII ГЛАВА АТОМДУН ЭНЕРГИЯНЫ НУРДАНУУСУ ЖАНА ЖУТУУСУ

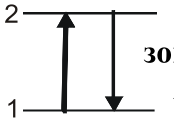
§48. Люменесценция.

Тээ алмустактан бери, Адам өзүнүн турмушунда отундун ар кандай түрлөрүн, алар күйгөндө бөлүнүп чыккан жылуулук энергиясы менен бирге жарыктын булагы катары пайдаланылып келген.

Жылуулук энергиясынан башка, энергиянын бардык түрлөрүнүн жарык энергиясына айлануусу **люминесценция** деп аталат. Люминесценция кубулушу атомдордун энергияны жутушу жана нурдануусу менен түшүндүрүлөт.

Атомдун энергияны нурдантуусу же жутулуусу, андагы электрондордун кайсы орбиталарга өтүүсүнө жараша болот. Адегенде атомдогу электорондор энергиясы минималдуу болгон орбитада айланышат. Алар жогорку орбиталарга өтүшү үчүн тышкы энергия сарптоо керек болот. Энергия жутулгандан кийин атом дүүлүккөн абалда болот. Анткени, бул абалда электрондор жогорку орбитага өтүшөт жана белгилүү бир убакыттан кийин(10^{-8}c) электрондор өз алдынча $h\nu$ энергиясын нурдантышып, төмөнкү орбитага өтүшөт. Адатта, төмөнкү орбита электрондор менен толтурулган болот. Жогорку орбиталар электрондор менен толук толбогон болот.

Люминесценциянын пайда болушу төмөнкүчө түшүндүрүлөт. Механикалык, химиялык, жарык энергияларынын таасиринде атом дүүлүккөн абалга келет. Атомдун мындай абалында

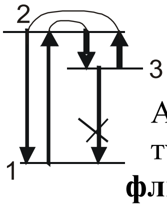


электрондордун орбиталар боюнча которулуу механизмин түшүндүрүү үчүн **зоналык модель** сунуш кылынат. Бул модель боюнча, атомдордун төмөнкү

26-сүрөт

орбиталарын **толтурулган зона** (E_1), жогорку орбиталарын **эркин зона** (E_2)деп белгиленет(26-сүрөт).

Ар кандай жолдор менен(механикалык, химиялык, фото, Рентген нурлары), атом тарабынан энергия жутулгандан кийин, электрон толтурулган зонадан эркин зонага өтөт, б.а. электрондор биринчи зонадан 1→2 экинчи зонага өтүшөт. Эркин зонадагы электрондор 10^{-8}c убакыттан өткөндөн кийин атом дүүлүккөн абалга келип, өз алдынча зоналардын энергиянын айырмасына барабар болгон энергиянын порциясын нурдантуу менен, E_1 зонасынан өтөт. Б.а. $E_2 - E_1 = h\nu$ Атом дүүлүккөн абалда секунданын үлүшүнөн бир нече сутка убакытта болушу мүмкүн. Анын себеби, айрым кристаллдык телолордо же түндө жарык чыгаруучу курт-кумурскаларда 3-зонаны пайда кылган башка химиялык элементтердин аралашмасы болот. Ошондуктан, экинчи зонадан электрондордун биринчи зонага өтүүсүнө караганда, үчүнчү зонага(Активатордук зона) өтүүсү энергетикалык жактан ыңгайлуу болот.



Мисалы жылдыз курттарда 3-активатордук зонаны (метастабилдик зона) пайда кылган кошулмалары болот, анда электрондор бир нече секунддан бир нече суткага чейин кармалып калышат(27-сүрөт).

Анын убактысына жараша люминесценция: флюросценция, фосфоренция 27-сүрөт түрлөрүнө бөлүнүшөт. Энергия жутулгандан кийин. эгерде кыска убакытта нурданса-**флюросценция**, узак убакытта нурданса-**фосфоренция** деп аталат. Бирок, 3-зонадан электрондор өз алдынча 1-зонага өтө алышпайт. Ошондуктан, биринчи зонадан үчүнчү зонага электрондордун өтүүсү-**тыюу салынган өтүү** деп аталат. Мына ошол себептен, активатордук зонага келишкен электрондор бир нече суткага чейин болушуп, 3→2 зонага кайрадан барышат. Атомдун дүүлүккөн абалы туруксуз болгондуктан, электрондордордун өз алдынча 2→1-зонага өтүшү (негизги абалына) $h\nu$ энергиясынын нурдануусу менен коштолот, б.а. $h\nu\to1\to2\to3\to2\to1\to h\nu$. Люминесценциянын пайда болушуна жараша төмөнкүдөй түрлөрү болот.

1. **Триболюминесценция** - механикалык энергиянын жарык энергиясына айланышы. Мисалы эгерде кристаллды балка менен урганда, кристалл өзүнөн жарык нурун чыгарат. Мында 1→2 жана . 2→1 процесстери жүрөт.

Катодолюминесценция – жогорку ылдамдыктагы электрондор же башка заряддалган бөлүкчөлөр(иондор) заттарды бомбалоодон, телолордун жарыктын нурдантышы. Мисалы

осциллографтын, лампалык телевизорлордун экрандары чоң ылдамдыктагы электрондордун атайын материал менен капталган вакуумдук экрандын ички бетине урунууларынан натыйжасында жарык пайда болот.

2. **Хемилюменесценция** заттагы химиялык реакциялардын эсебинен пайда болгон телонун жарыкты нурдантуусу. Көптөгөн тирүү организимдер: жылдыз курттар, бактериялар, деңиздеги балыктар денесинде жүрүүчү химиялык реакциянын эсебинен, алар караңгыда өздөрүнөн жарык нурун чыгарышат. Адамдын, жан-жаныбарлардын сөөктөрү да, андагы жүргөн химиялык реакциянын эсебинен жарыкты нурдантышат.

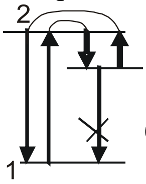
3. Ультрафиолеттик, рентген нурларынын ж.б.у.с. таасиринде телолордун жарыкты нурдантышы **фотолюменесценция** деп аталат. Бул абалда мындай нурлардын таасиринде заттын өзүнүн башка жыштыктагы нурдануусу пайда болот.

Мисалы, люминесценциялык лампалар – күндүзгү жарык лампалары разряддык түтүкчө катары төмөнкү басым астында сымаптын буулары менен толтурулган болот. Анын ичи атайын ак түстүү люминофорлор менен капталат. Сымаптын атомдору пайда кылган ультрафиолеттик же ар кандай толкун узундуктардагы нурларды жутуу менен, тышкы чөйрөгө спектрдик курамы боюнча табигый жарыкка жакын нурданууну пайда кылат.

§ 49. Аргасыз (индуцирленген) нурдануу. Лазер.

1916-жылы А.Эйнштейн, эгерде эркин зонада электрон болгон мезгилде $E_2 – E_1 = h\nu$ энергиялуу бир фотон өтсө, анда электронду E_1 зонасына мажбурлап өткөрөт деген корутундуга келген. Мындай абалда электрон мажбур түрдө E_1 зонасына өтүү менен $h\nu$ энергияга ээ болгон фотонду нурдантат. Нурдануунун мындай түрү – **мажбурланган (индуцирленген) нурдануу** деп аталат. Мындан, мажбурланган нурдануунун жардамы менен жарыкты күчөтүү мүмкүнчүлүгү пайда болот. Анткени, активатордук зонада(E_3) канча электрон болсо, алардын бардыгы мажбурланган түрдө биринчи зонага өтүшкөндүгүнөн, бирдей жыштыктагы фотондорду нурдантышат. $3\to1$ Бирок, ал үчүн 3-зонадагы электрондордун саны көп болуп жана 10^{-8} с караганда, көп убакытта болушун камсыз кылуу шарттарын аныктоо зарылдыгы келип чыгат.

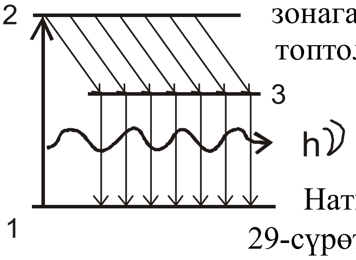
1961-жылы советтик-россиялык физиктер Н.Г. Басов, А.М. Прохоров, америкалык Ч.Таунс, үч зоналык моделди сунуш кылышкандыгы үчүн эл аралык Нобель



сыйлыгы ыйгарылган. Эгерде таза материалга (кристалл, жарым өткөргүч) атайын технологиялык жол менен башка кошулмалар аралаштырылса, активатордук зона (E_3) пайда болот. Бул абалда, E_1 жана E_2 зоналарынын ортосунда E_3 зонасы пайда болот. Кристаллга берилген энергиянын эсебинен электрондор E_1 зонасынан E_2 зонасына 28-сүрөт өтүп, 10^{-8} с убакыттан кийин, алдынча E_1 зонасына эмес, E_3 зонасына өтөт, б.а. $1\to2\to3$. E_3 зонасында электрондор 10^{-3} с убакытка чейин болушуп, б.а. E_3 зонасында электрондордун жашоо убактысы көбөйөт. бирок, электрондор E_1 зонасына өзалдынча өтө албайт. Бул **тыюу салынган өтүү** деп аталгандыгы белгилүү.

Ошондуктан, электрондор кайрадан E_2 зонасына өз алдынча өтүшүп, андан кийин E_1 зонасына өтүү менен ашыкча энергияны фотондун $h\nu$ энергиясы катары нурдантат, б.а. $3\to2\to1\to h\nu$

Сунушталган үч зоналык моделинде, кубаттуу жарык энергиясынын жардамы менен электрондор E_2 энергетикалык зонасына өтүшүп, андан E_3 энергетикалык үчүнчү зонага(Активатордук зона) нурдануусуз өтүшүп, анда көп сандагы электрондор топтолушат.



Мына эми, кристалл аркылуу $E_3 - E_1 = h\nu$ энергиялуу бир фотон өтсө, E_3 зонасындагы көп сандагы электрондор E_1 зонасына өтүүгө мажбур болушат.

Натыйжада, бир фотондун ордуна, ошондой эле жыштыктагы

29-сүрөт

көп сандагы фотондор пайда болот, б.а. $3\to1$. Мындай процесс – **индуцирленген (мажбурланган) нурдануунун жардамы менен жарыкты күчөтүү** дегендикти билдирет. Мындан англис тилинде баштапкы сөздөрүнөн **ЛАЗЕР** деген сөз келип чыгат. **ЛАЗЕР** – Н.Толстойдун повестиндеги инженер Гариндин гиперболоидининин дал өзү.

§50. Рубин лазерлеринин түзүлүшү.

Рубиндин кристаллдарында - Al_2O_3 алюминий оксиди менен хромдун атомдорунун (0,05% ке жакыны) кошулмасы активатордук зонаны түзөт. Рубин кристаллынан учтары жалпак

параллель стержень даярдалат. Спираль формасындагы газ разряддуу лампа көк жашыл жарык берет. Сыйымдуулугу бир нече миң микрофарада келген конденсатордун батареясынан токтун кыска мөөнөттүү импульсу лампанын ачык жарк этип күйүшүн пайда кылат. Натыйжада 1→2→3 зоналык өтүүнүн натыйжасында электрондордун максималдуу саны 3-зонада топтолот. 3-зонадан(хромдун дүүлүккөн иондорунан) электрондор мажбурланган 1-зонага өтүүсү кызыл түстөгү нурларды пайда кылуусу менен коштолот. Бирок кристаллдын огун бойлото кеткен кызыл түстүн толкуну, анын туурасынан кесилиштеринен 30-сүрөт бир нече ирет чагылат. Рубин стерженинин туурасынан кесилиштеринин бири күзгүдөй жалтырак. Ал эми экинчиси жарым-тунук түрүндө жасалат. Андан кызыл түстүн кыска убакытта болуучу кубаттуу импульсу чыгат. Толкун когеренттүү болот. Анткени бардык атомдор өз ара байланышта нурданышат жана эң кубаттуу болот, себеби аргасыздан нурдануудан энергия эң аз убакыт ичинде бөлүнүп чыгат.

Лазердин башка түрлөрү. Рубин лазери импульстук режимде иштейт. Ушундай түрдөгү газдык лазерлерде жумушчу зат болуп газ эсептелинет. Жумушчу заттын атомдору электрондук разряд менен дүүлүктүрүлөт. Үзгүлтүксүз аракет этүүчү жарым өткөргүчтүү лазерлер да колдонулат. Алар биринчи жолу Россияда түзүлгөн. Жүздөгөн кВтта үзгүлтүксүз аракеттенүүчү эң эле кубаттуу газодинамикалык лазерлер түзүлдү.

Лазерлердин колдонулушу. Лазердик нурду космонавтикада колдонууда. Лазер нурунун эбегейсиз кубаттуулугу материалдарды вакуумда буулантуу үчүн, ширетүү үчүн ж.б.да колдонулат. Лазер нуру менен хирургиялык операцияларды жүргүзүүгө, мисалы, көздүн кычыгында пайда болгон челди «бириктирүүгө» болот; лазер нурунун когерентүүлүгүн пайдаланып, буюмдардын көлөмдүк сүрөттөлүшүн алышат. Лазерлер жарык локаторун түзүүгө мүмкүндүк берди. Анын жардамы менен телолорго чейинки аралык бир нече миллиметрге чейинки тактыкта өлчөнөт. Радиолокаторлор менен мындай тактыкта өлчөөгө мүмкүн эмес. Лазердик нурдануу менен атомдорду жана молекулаларды дүүлүктүрүүдө алардын ортолорунда кадимки шарттарда жок химиялык реакцияларды пайда кылууга болот. Башкарылуучу термоядролук реакцияны иш жүзүнө ашыруу үчүн кубаттуу лазер нурлары колдонууда.

Бышыктоо үчүн сурооолор

1. Атомдук энергияны нурдантуусу жана жутуусуунда электрондун орбитасы кандай өзгөрөт? 2. Индуцирленген нурдануунун А.Эйнштейн кандайча түшүндүргөн? 3. Индуцирленген нурдануу аркылуу кандайча жарыкты күчөтүүгө болот? 4. Лазердин иштөө принцибин айтып бергиле? 5. Люминесценция деп эмнени айтабыз? 6. Люминесценциянын түрлөрүн айтып бергиле? 7. Люминесценция кандайча пайда болот?

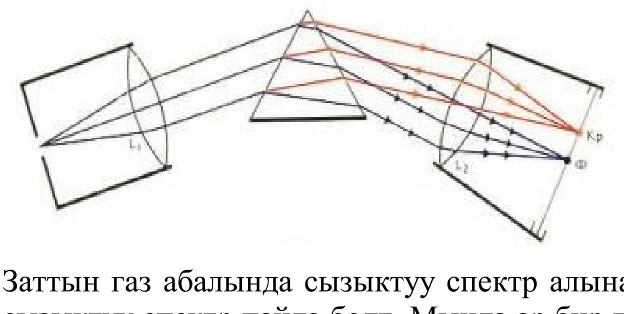
IX ГЛАВА НУРДАНУУ ЖАНА ЖУТУЛУУ СПЕКТРИ.

§51. Спектр. Спектрдин түрлөрү.

Атомдун дүүлүккөн абалдан негизги абалга өтүшү, ар түрдүү жыштыктагы энергияны нурдантуу менен коштолот. Атомдордун нурданткан энергияларынын ар түрдүү жыштыктарынын жыйындысы **спектр** деп аталат. Мында үч бурчтуу призмадан алынган түстөрдүн жыйындысы түшүндүрүлөт.

Нурдануу спектрин изилдөө үчүн спектрометр, спектрографтар пайдаланылат.

Спектрди визуалдык байкоо үчүн **спектроскоп** пайдаланылат. **Спектрографта** нурдануу спектрлеринин сүрөтү (фото сүрөттөрү) алынат. Бул эки спектрдик аппараттардын негизин үч бурчтуу призма түзөт. Ал эми табигый жарык үч бурчтуу призмадан өткөндө түстөргө, б.а. спектрге ажырашы **дисперсия** кубулушу менен түшүндүрүлөь.10-кл. I гл. §1).



Заттын агрегаттык абалына жараша түрдүү спектрлери алынат.

31-сүрөт

1.Сызыктуу спектр.

Заттын газ абалында сызыктуу спектр алынат. Тигил же бул газдын разрядынан спектроскопто сызыктуу спектр пайда болт. Мында ар бир газ, өзүнө гана тиешелүү сызыктардын жыйындысын берет жана **сызыктуу спектр** деп аталат. Сызыктуу спектрдин келип чыгышы, энергия

жутулгандан кийин, атомдордун электрондорунун жогорку энергетикалык деңгээлдерден төмөнкүлөрүнө өтүүлөрү менен түшүндүрүлөт.

2. **Тилкелүү спектр**.

Зат суюк абалында молекулалардын нурданышы менен түшүндүрүлөт.

3.**Туташ спектр.**

Жогорку температурада катуу телолор, суюктуктар, жогорку басым жана температурадагы газдар туташ спектрди берет. Туташ спектрди пайда кылган атомдордун мүмкүн болгон бардык жыштыктагы энергиялардын нурдангандыгынан келип чыгат.

§52. Суутектин атомунун сызыктуу спектри.

Тажрыйбада алынган суутектин атомунун нурдануу спектрограммасы баш аламан сызыктардын жыйындысы катары көрүнөт.

Швейцариялык физик Бальмер спектрдин ар бир сызыгына фотондун энергиясынын тиешелүү жыштыгы туура келе тургандыгын жана аларды төмөнкүдөй формула менен аныктоого боло тургандыгын далилдеген.

$$\nu = R\left(\frac{1}{n^2} - \frac{1}{m^2}\right)$$

Мында n жана m кванттык сандар деп аталат жана m=n+1,n+2…

R - Ридбергдин турактуулугу $R=3{,}293\cdot 10^{15}\cdot c^{-1}$

n дин бирдей маанидеги спектралдык сызыктардын тобу **спектралдык сызыктардын сериялары** деп аталат.

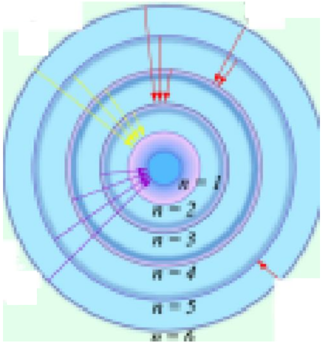
Мисалы, n=1 болсо, $\nu_{уф} = R\left(\frac{1}{1^2} - \frac{1}{m^2}\right)$ спектрдин ультрафиолеттик бөлүгүндө **Лаймандын** сызыктарынын **сериялары** пайда болот.

Мында m=2,3,4… n =2 болсо, спектрдин көзгө көрүнгөн бөлүгүндө **Бальмердин сериялары** байкалат. $\nu_{кф} = R\left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{m^2}\right)$

Мында m=3,4,5… Спектрдин инфра кызыл бөлүгүндө, спектралдык сызыгынын башкы сериялары жайланышат.

Суутектин атомунда спектралдык сызыктардын серияларынын пайда болушунун себептерин Бордун теориясы түшүндүрө алды:

Мисалы, **Бальмердин серияларынын** келип чыгышы, суутектин атомдору дүүлүккөн абалдарынан (E_6,E_5,E_4,E_3), энергиясы E_2 энергетикалык абалга өтүүлөрү менен түшүндүрүлөт. Ал үчүн, ар түрдүү энергияга ээ болгон дүүлүккон абалдагы атомдордун электрондору жогорку n=6, n=5, n=4, n=3 орбиталарынан, n=2 орбиталарына өз алдынча кайтып келишет. Натыйжада, көзгө көрүнгөн спектрдин бөлүгүндө Бальмердин сериялары пайда болот.

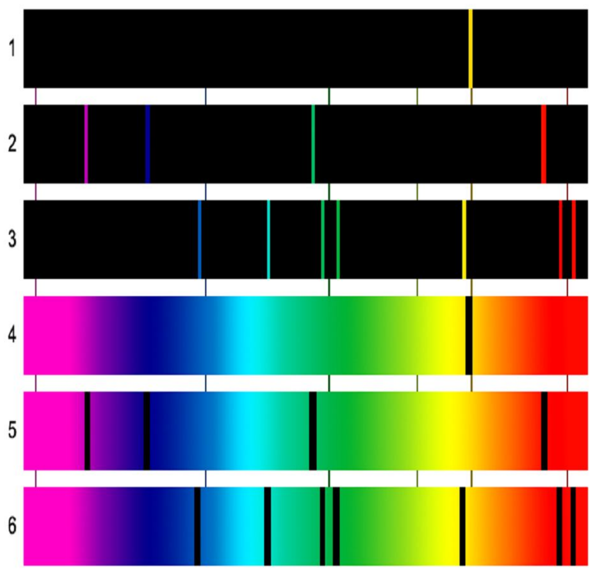


32-сүрөт

Ал эми суутектин атомдору жогорку энергиялык деңгээлдерден: n=1 энергиялык деңгээлге өз алдынча өтүшү ультрафиолеттик бөлүктөгү **Лаймандын серияларын** пайда кылган нурдануу сызыктары пайда болот. Эгерде n=3 энергиялык абалга өткөндө, инфра кызыл нурлары пайда кылган **Брекеттин сериялары** келип чыгат. Эгерде n=4 абалга өтсө, Рентген нурлары пайда кылган **Пашендин серияларын** пайда кылса, n=5 абалга өтсө **Пфунддун сериялары** келип чыгат(28-сүрөт).

§53. Нурдануу жана жутулуу спектрлери. Фраунгофер сызыктары. Гелийдин ачылышы.

Газдар боюнча жүргүзүлгөн тажрыйбаларды жалпылоонун натыйжасында, кандайча, кандай себептерден газдын атомдорунун дүүлүккөн абалына келип калганынан көз карандысыз, ар бир газ өзүнө гана тиешелүү сызыктарды нурданта тургандыгы белгилүү болду.



нурдануу спектри: натрий, суутек, гелий.
жутулуу спектри: натрий, суутек, гелий.

1868-жылы 18-августта, француз физиги Жансен Индияда Күндүн толук тутулуусунда Күндүн хромосферасын анализдеген, Күндүн протуберанецинин спектрограммасынан эч кайсы химиялык элементке тиешеси жок болгон түстүү сызыктардын бар экендигин аныктаган. Ошол убакта Күндүн толук тутулушун күтпөй туруп, Лондондун өзүндө эле астроном Кормен Локьер, тиешелүү изилдөөлөрдүн негизинде ачылган жаңы химиялык элементти **гелий** деп атаган. Грек тилинде «Күн»- Gelios деп аталат. 1895-жылы англиялык Уильям Рамзай Жердин бетинде да гелийдин бар экендигин далилдеген.

Кирхгоф атом кандай жыштыктагы энергияны нурдантса, мына ошол жыштыктын маанисиндеги энергияны

33-сүрөт

жутуу касиетине ээ боло тургандыгын аныктаган. Газдын атомунун энергияны жутуу процесси, газдын нурдануу спектринин ордуна кара сызыктар пайда болушу менен коштолот. Фраунгофер, спектрографтын жардамы менен Күндүн спектрине байкоо жүргүзүп, Күндүн туташ спектринде кара сызыктардын тобу бар экендигин аныктаган. Бул сызыктар **Фраунгофер сызыктары** деп аталат.

Чындыгында, бул кара сызыктардын келип чыгышынын ”муздак” газ дайыма жутуу спектрин бергендиги менен түшүндүрүлөт. Б.а. кара сызыктарды Күндү курчап турган, анын атмосферасындагы ”муздак” газдар пайда кылат.

Демек, Күндүн 6000°Стагы фотосферасынын айланасында, андан төмөнкү температурадагы газдардын тиешелүү жыштыктагы фотондун энергиясынын жутулуусунан пайда болгон сызыктарынын тобу болгон **жутуу спектри** келип чыгат.

Жердин бетиндеги белгилүү болгон газдардын аныкталган сызыктуу спектрин салыштыруу менен, асман телолорунун атмосферасынын курамындагы газдардын химиялык составын аныктоого болот. Андыктан, спектри боюнча газдын же химиялык элементтердин түрүн аныктоо **спектралдык анализ** деп аталат. Астрономияда жарык чыгаруучулардын атмосферасынын химиялык составын аныктоодо спектралдык анализ чоң мааниге ээ.

Бышыктоо үчүн суроолор.

1. Сызыктуу спектрлер кандайча пайда болушат? 2.Суутектин атомунда кандайча сериялар кандайча пайда болот? 3. Жутуу спектри кандайча пайда болот? 4. Фраунгофер сызыктарынын келип чыгуусун түшүндүргүлө? 5. Гелий кандайча ачылган?

6- көнүгүү

1. 1814-жылы И.Фраунгофер Күндүн көзгө көрүнгөн спектринде суутектин 4 кара сызыгын байкаган. Жутулуу спектринде эң чоң толкун узундугу 656 нм болсо, калган спектрлердеги жутулуу сызыгын аныктагыла.
2. Суутектин көзгө көрүнгөн спектриндеги эң төмөнкү жыштык $4{,}6\cdot10^{14}$Гц болсо, Бальмердин формуласындагы турактуу чондук R ди аныктагыла.
3. Биринчи орбитасындагы электрондун радиусу 53 пм болсо, анын импульсун аныктагыла.
4. Разряддык түтүкчөнүн ичиндеги электрондор менен сымаптын атомдорунун энергиясын нурдантканда 4,9эВ ко жогорулайт. Сымаптын атомдору дүүлүккөн абалда кандай толкун узундукта нурданат?
5. Бальмердин спектралдык сериясында жарык квантынын энергиясынын максималдуу жана минималдуу маанисин аныктагыла.

X ГЛАВА Менделеевдин мезгилдик системасындагы электрондордун жайланышы (Кошумча окуу үчүн)

§54. Менделеевдин мезгилдик системасындагы химиялык элементтердин

атомдорунда электрондордун жайланышы.

Мезгилдик системада химиялык элементтердин катар номерлери, андагы электрондордун жалпы санын көрсөтөт. Бирок, атомдун ичиндеги электрондор бир тегиздиктеги орбиталарда катар-катар болуп жайланыша алышпайт. Эмне үчүн? Анын себеби электрондор терс зарядка ээ болушкандыктан, ар бир орбиталда жайланышкан электрондор бири-бири менен түртүлүшөт. Ар бир электрондордун кыймылы атомдун ичинде магнит талаасын пайда кылат. Андан тышкары электрондор өздөрүнүн огунда айланышат. Атомдогу электрондордун абалынын өзгөчөлүктөрү, алардын атомдун айланасында кандайча жайланышуу ирээтин аныктайт. Андыктан атомдун ичиндеги электрондордун жайланышы кванттык сандар менен мүнөздөлөт. Натыйжада, химиялык элементтин электрондорунун ар бир орбитада канча электрон жайланыш тартиби, анын кванттык сандарынын саны менен аныкталат.

1. **Негизги кванттык сан - n**.

n саны Менделеевдин таблицасындагы мезгилдик санына барабар. Атомдогу негизги кванттык сандын маанилери 1,2,3,4,5,6… химиялык элементтин орбиталарынын санын аныктайт. K, L, M, N, P, Q тамгалары менен белгиленет.

2. Орбиталдык кванттык сан- L.

Ар бир орбитадагы электрондордун тобу бири-бири менен өз ара түртүлүшөөрү жана алардын ядрого тартылышынын натыйжасында, алардын ар кандай тегиздиктеги орбиталарда айланышына алып келет. Андыктан мындай орбиталардын тегиздиктеринин абалы **орбиталдык кванттык сан** менен мүнөздөлөт. L негизги кванттык сандан көз каранды болот, б.а. L=n-1, L анын маанилери 0 дөн баштап n-1 ге чейин өсөт. Мисалы:

n дин сан мааниси	орбиталдык кванттык сан
n=1	L=0
n=2	L=0, 1
n=3	L=0, 1, 2
n=4	L=0, 1, 2, 3

Орбиталдык кванттык сандын маанилери тамга менен белгиленет.

L=0	1	2	3	4	5
$s_{(1)}$	$p_{(0,1)}$	$d_{(0,1,2)}$	$f_{(0,1,2,3)}$	g	N

Мында **L=0** болсо, электрон **бир гана орбитада** айланат, **L=1** болсо, бул орбитанын ичинде **2 катмар, б.а. 2 орбитал пайда болот** да, анын абалы **s, p** орбиталдары менен мүнөздөлөт. **L=2** болсо, бул орбитанын ичинде **s, p, d** орбиталдары пайда болот. Бул орбиталдардагы электрондор **s-** электрон, **p-** электрон, **d-** электрондор деп аталышат. Таблица 3 (с.26).

2. **Магниттик кванттык сан - m** атомдун өздүк магниттик касиетин мүнөздөйт.

3. Анткени, электрондун орбита боюнча кыймылы, анын магнит талаасын пайда кылат. Ошондой эле магниттик кванттык сан электрондордун орбиталарынын мейкиндиктеги абалдарын чагылдырат. Анын сан маанилери орбиталдык кванттык сандан көз каранды болот. Мисалы: магниттик кванттык сандын маанилери -L L= ден 0 аркылуу · L ге чейин өзгөрөт. Өз кезегинде магниттик квантык сандын маанилери электрон жайланыша турган кванттык (ячейка) орундардын санын аныктайт да, төрт бурчтук менен белгиленет. Бул ячейкалардын саны N=2L+1 формуласы менен аныкталат.

Мисалы:

L	m	ячейкалардын саны
L=0	1	1
L=1	-1, 0, +1	3
L=2	-2, -1, 0, +2, +1	5
L=3	-3, -2, -1, 0, -3, -2, 1	7 ж.б.у.с.

Демек, магниттик кванттык сан электрондорду батыра алуучу канча ячейка бар экендигин, ошондой эле электрондордун орбиталары мейкиндикте кандай формага ээ экендигин билдирет.

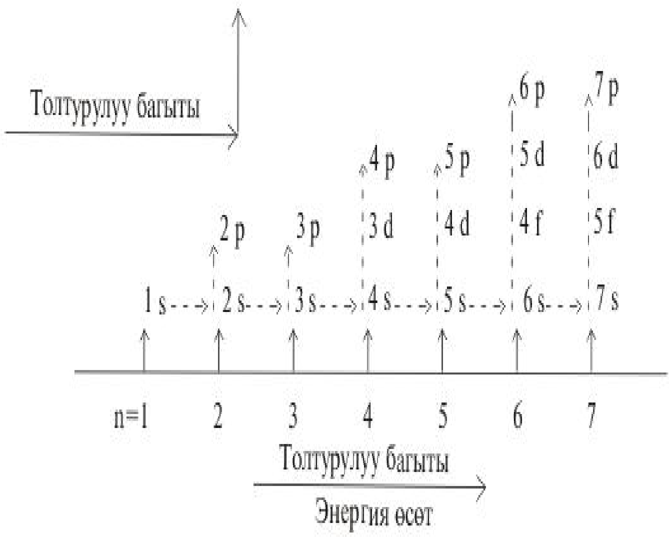
Ар бир кванттык ячейка канча электронду батыра алат? Бул суроого кийин кванттык сан- спин аркылуу жооп берет.

4. **Спиндик кванттык сан** – электрондун өз огунда айлануусун мүнөздөйт. Бирок электрон оң жакка же терс жакка т.а. саат жебесинин багыты боюнча же каршы жакка айлана алат. Андыктан оң жакка айланса +1/2 ячейкада же ↑, сол жакка айланса –1/2 ячейкада же ↓, ал эми

карама-каршы жупташ спинге ээ болгон 2 электрондуу ячейкалар ↑↓ деп белгиленет. Андыктан ар бир кванттык карама-каршы спиндүү жупташ эки электрон жайланыша алышат, б.а, ↑↓ .

§ 55. Атомдо электрондордун толтурулушу.

Негизги кванттык сандын маанисин жогорулатуу, өз кезегинде ага туура келүүчү энергетикалык деңгээлдердин жогорулашына алып келет. Төмөнкү схемадан атомдордун электрондор менен орбиталардын толтуруу ирээтин аныктоого болот. Толтуруу багыты:



Бул атомдук орбиталдарды толтуруу эрежесин атомдук электрондук конфигурациясынын реалдуу түзүлүшүн чагылдырат.

Атомдогу электрондук түзүлүштүн иреттүүлүгүн Паулинин принциби аркылуу аныктап алууга болот:

Атомдо бардык кванттык сандары бирдей болгон эки электрон болбойт, алар жок дегенде бир кванттык саны менен айырмаланышат.

Мисалы: атомдун курамында 2 электрон болсо, алар кайсы кванттык саны менен айырмаланышат. Мындай электрондор n=1 энергетикалык

85-сүрөт

деңгээлде болушат. Анын электрондук сыйымдуулугу $2n^2$ болсо, 2 электрон болот.

Демек алар үчүн **n** дин мааниси бирдей. Ал эми орбиталдык саны магниттик кванттык саны да бирдей болот. Ошондуктан, эки электрон бири-биринен спиндери боюнча гана айырмаланышат. Электрондор катар-катар болуп жайланыша алышпайт. Эмне үчүн? Анын себеби электрондор терс зарядка ээ болушкандыктан, ар бир орбиталда жайланышкан электрондор бири-бири менен түртүлүшөт. Ар бир электрондордун кыймылы атомдун ичинде магнит талаасын пайда кылат. Андан тышкары электрондор өздөрүнүн огунда айланышат. Атомдогу электрондордун ушундай өзгөчөлүктөрү алардын атомдун айланасында кандайча жайланышуу ирээтин аныктайт. Андыктан атомдун ичиндеги электрондордун жайланышы кванттык сандар менен мүнөздөлөт. Натыйжада, химиялык элементтин электрондорунун ар бир орбитада канча электрон жайланыш тартиби, анын кванттык сандарынын саны менен аныкталат.

1. **Негизги кванттык сан - n**.

n саны Менделеевдин таблицасындагы мезгилдик санына барабар. Атомдогу негизги кванттык сандын маанилери 1,2,3,4,5,6… химиялык элементтин орбиталарынын санын аныктайт. K, L, M, N, P, Q тамгалары менен белгиленет.

2. Орбиталдык кванттык сан- L.

Ар бир орбитадагы электрондордун тобу бири-бири менен өз ара түртүлүшөөрү жана алардын ядрого тартылышынын натыйжасында, алардын ар кандай тегиздиктеги орбиталарда айланышына алып келет. Андыктан мындай орбиталардын тегиздиктеринин абалы **орбиталдык кванттык сан** менен мүнөздөлөт. L негизги кванттык сандан көз каранды болот, б.а. L=n-1, L анын маанилери 0 дөн баштап n-1 ге чейин өсөт. Мисалы:

n дин сан мааниси	орбиталдык кванттык сан
n=1	L=0
n=2	L=0, 1
n=3	L=0, 1, 2
n=4	L=0, 1, 2, 3

Орбиталдык кванттык сандын маанилери тамга менен белгиленет.

L=0	1	2	3	4	5
$s_{(1)}$	$p_{(0,1)}$	$d_{(0,1,2)}$	$f_{(0,1,2,3)}$	g	N

Мында **L=0** болсо, электрон **бир гана орбитада** айланат, **L=1** болсо, бул орбитанын ичинде **2 катмар, б.а. 2 орбитал пайда болот** да, анын абалы **s, p** орбиталдары менен мүнөздөлөт. **L=2**

болсо, бул орбитанын ичинде **s, p, d** орбиталдары пайда болот. Бул орбиталдардагы электрондор **s-** электрон, **p-** электрон, **d-** электрондор деп аталышат. Таблица 3 (с.26).

3. Магниттик кванттык сан - m атомдун өздүк магниттик касиетин мүнөздөйт. Анткени, электрондун орбита боюнча кыймылы, анын магнит талаасын пайда кылат. Ошондой эле магниттик кванттык сан электрондордун орбиталарынын мейкиндиктеги абалдарын чагылдырат. Анын сан маанилери орбиталдык кванттык сандан көз каранды болот. Мисалы: магниттик кванттык сандын маанилери -L L= ден 0 аркылуу L ге чейин өзгөрөт. Өз кезегинде магниттик квантык сандын маанилери электрон жайланыша турган кванттык (ячейка) орундардын санын аныктайт да, төрт бурчтук менен белгиленет. Бул ячейкалардын саны N=2L+1 формуласы менен аныкталат.

Мисалы:

L	m	ячейкалардын саны
L=0	1	1
L=1	-1, 0, +1	3
L=2	-2, -1, 0, +2, +1	5
L=3	-3, -2, -1, 0, -3, -2, 1	7 ж.б.у.с.

Демек, магниттик кванттык сан электрондорду батыра алуучу канча ячейка бар экендигин, ошондой эле электрондордун орбиталары мейкиндикте кандай формага ээ экендигин билдирет.

Ар бир кванттык ячейка канча электронду батыра алат? Бул суроого кийин кванттык сан- спин аркылуу жооп берет.

5. **Спиндик кванттык сан** – электрондун өз огунда айлануусун мүнөздөйт. Бирок электрон оң жакка же терс жакка т.а. саат жебесинин багыты боюнча же каршы жакка айлана алат. Андыктан оң жакка айланса +1/2 ячейкада же ↑, сол жакка айланса –1/2 ячейкада же ↓, ал эми карама-каршы жупташ спинге ээ болгон 2 электрондуу ячейкалар ↑↓ деп белгиленет. Андыктан ар бир кванттык карама-каршы спиндүү жупташ эки электрон жайланыша алышат, б.а, ↑↓.

Бышыктоо үчүн суроолор.

1. Эмне себептен атомдун ичиндеги электрондор кванттык сандар менен мүнөздөлүшөт? 2. Негизги кванттык сан эмнени аныктайт? 3. Орбиталдык кванттык сан эмнени аныктайт? 4. Магниттик сан кандайча аныкталат? 5. Спин кандайча аныкталат?

XI ГЛАВА. АТОМДУК ЯДРО. ЯДРОЛУК ЭНЕРГЕТИКА(Кайталоо)

§ 56 Табигый радиоактивдүүлүктүн ачылышы.

1896-ом году Француз физиги Анри Беккерель, Рентген нурлары ачылгандан кийин, уран тузу менен тажрыйбаларды өткөргөн.

Ал уран тузун бир нече саат Күндүн нуруна коюп, андан кийин кара кагазга оролгон фотопластинканы үстүнө коюп коет. Эртеси фотопластинканы өңүнө чыгаргандан кийин, уран тузунан чыккан көзгө көрүнбөгөн, бирок фотопластинкага таасир эткен табияты белгисиз нурлардын издерин байкайт.

Тажрыйбаны бир нече жолу кайталагандан кийин, уран тузу Күндүн энергиясын жутуп, андан кийин өзүнөн, көзгө көрүнбөгөн Рентген нурларын чыгарат деп божомолдогон.

Бирок, 1896- жылы жыйынтыктоочу тажрыйбаларын кайталоодо, 2- март күнү, күн бүркөк болуп калат. Натыйжада, кара кагаздын ичиндеги фотопластинканын үстүндө уран тузу эки күн бою туруп калат.

А. Беккерель фотопластинканы өңүнө чыгарып көргөндө, уран тузу Күндүн нурунун эч кандай таасири жок эле, фотопластинкада өзүнүн изин калтырган эле!

Мындан, уран тузу тышкы таасири жок, өз алдынча көзгө көрүнбөгөн нурларды чыгаруу жөндөмдүлүгүнө ээ экендиги дайын болуп калды.

Бул нурлар Беккерель нурлары деп аталып калды.

А. Беккерелдин тажрыйбаларынын натыйжалары чагылдырылган илимий баяндамасы менен, жаш жубайлар Пьер Кьюри жана Мария Склодовская таанышкандан кийин, анын негизинде Мариянын изилдөөсү уран туздарына каратылат.

Чоң сарайдын ичинде 5-6 т уран рудасынан, уранды бөлүп алуу боюнча бир нече жыл бою тынымсыз изилдөөлөрдүн натыйжасында, Мария Склодовская (Кьюри) уран тузунун составынан жаңы химиялык элемент – **полонийдин** бар экендигин далилдеген. Бул химиялык элемент Мариянын родинасы Польшанын атынан алынган эле.

Мария жана Пьер Кюрилер андан кийинки изилдөөлөрүндө урандын составында дагы жаңы химиялык элемент – **радий** бар экендигин далилдеп, лабораториялык шартта таза радий бөлүнүп алынган.

Уран сыяктуу, башка химиялык элементтер: полоний, радий, торий, өз алдынча нур чыгаруу касиетке ээ экендиги белгилүү болуп калды. Ошондуктан, Мария Кьюринин сунушу боюнча: кээ бир оор химиялык элементтеринин өз алдынча нурдануусу **табигый радиоактивдүүлүк** деп аталып калды.

Бул нурлар - радиоактивдүү нурлар деп аталат.

Табигый радиоактивдүүлүк кубулушун ачуудагы эмгектери үчүн, 1906 – жылы, жубайлар Пьер Кьюри жана Мария Кьюрилер Нобель сыйлыгына татыктуу болушкан.

Бирок, 1934 – жылы Мария Кьюри медицинада белгисиз болгон оору менен ооруп көз жумган. Мария Кьюри радиоактивдүү нурлардын касиеттерин изилдөөчүлөрдүн биринчи курмандыктары эле.

Ал гана эмес, 1906 – жылы кырсыктан курман болгон Пьердин 1952- жылы табылган блокнотунан радиоактивдүү нурларынын эң күчтүү дозасынын бар экендигин көрсөткөн!

Атайын изилдөөлөр көрсөткөндөй, радиоактивдүү нурлары Адамдын канынын составына, жүлүнгө терс таасирин тийгизе тургандыгы маалым болду.

Кыргызстандын айрым райондорунда Улуу Ата Мекендик согуш мезгилинде уран кенин өздөштүрүү боюнча тиешелүү жумуштар алып барылгандыгы белгилүү.

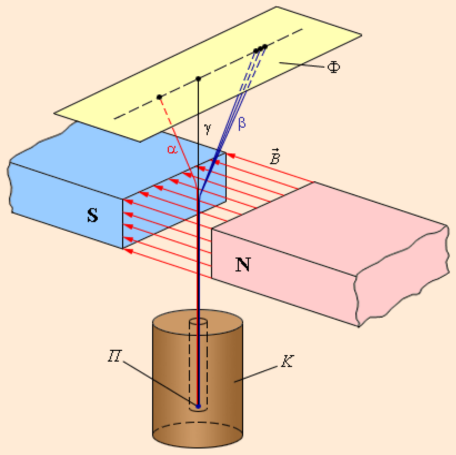
Уранды өндүрүүчү шахталар жабылгандыгына карабастан, анын калдыктарынын, айрыкча Нарын дарыясына жакын жайланышкан жерлерде, Адам үчүн зыянсыз деңгээлде сактоо маселеси мамлекетибиз тарабынан чечилүүдө.

Анткени, ар - кандай жаратылыш кырсыктарынан, бул радиоактивдүү калдыктар ордунан жылып, Нарын дарыясына төгүлсө, анын натыйжасы Борбордук Азия үчүн чоң апаатка айланат.

Көптөгөн жылдар бою радиоактивдүүлүгү бар жерлерде орношкон калктын басымдуу көпчүлүгүнүн ден - соолугунун абалдарынан, радиоактивдүү нурлардын терс таасири ачык даана байкалбаса да, аны изилдөө зарылчылыктары бар.

§ 57. Радиоактивдүү нурлардын составы: α - β - γ -нурлары.

Англиялык физик Эрнест Резерфорд радиоактивдүү нурлардын составын аныктоо боюнча төмөнкүдөй тажрыйба жүргүзгөн: коргошун кутучасын ичиндеги радиоактивдүү элемент чыгарган радиоактивдүү нурлар фотопластинкада бир чекитти пайда кылган.



77-сүрөт

Эгерде, коргошун кутучасы менен фотопластинканын ортосунда бир тектүү магнит талаасы болсо, фотопластинкада үч чекит пайда болгон. Магниттин түштүк уюлуна багытын өзгөрткөн нурлар оң зарядка ээ боло тургандыгы белгилүү.

Ошондуктан, радиоактивдүү нурлардан бөлүнгөн оң зарядка ээ болгон нурларды **α-нурлары**, карама каршы жакка багытталган нурларды **β - нурлары**, багытын өзгөртпөгөн нурлар γ - **нурлары** деген аттарга ээ болду.

Бул кандай нурлар! Нурлардын табиятын аныктоо үчүн, Э. Резерфорд жүргүзгөн тажрыйбалардын негизинде: - **α- нурлары** оң зарядка ээ болгондуктан **α-бөлүкчө** деп аталат, ал гелийдин ядросу экендиги, **β - нурлары** – ядронун ичинен учуп чыккан **электрондор**; кийинчерээк, γ **- нурларынын** дифракциясы байкалып, толкун узундугу 10^{-12}см – 10^{-14}см **электромагниттик толкундар** экендиги дайын болду.

α - жана β - бөлүкчөлөрү атомдун ядросунан пайда болот. Химиялык элементер бири-биринен ядродогу протондорунун саны боюнча айырмаланышат.

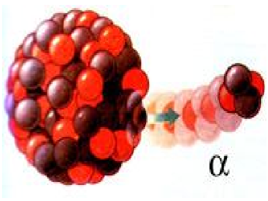
α- бөлүкчө гелийдин ядросу болгондуктан, $_2He^4$ түрүндө белгиленет. Мында 2 саны - гелийдин Менделеевдин мезгилдик системасынын катар номерин көрсөтсө, 4 саны- анын атомдук массасынын бүтүн санга чейин тегеректелген маанисин көрсөтөт.

§ 58. Жылышуу эрежеси. α- бөлүнүү. β- бөлүнүү. Изотоптор.

α- бөлүнүүдөгү ядролук реакция төмөндөгүдөй көрүнүшкө ээ болот.

$$_zX^м \rightarrow {}_{z-2}У^м + {}_2He^4$$

Демек, эгерде радиоактивдүү элементтин ядросунан α- бөлүкчө бөлүнүп чыкса, андан пайда болгон жаңы химиялык элементтин ядросу, Менделеевдин мезгилдик системасынын башталышын көздөй эки клеткага жылат.

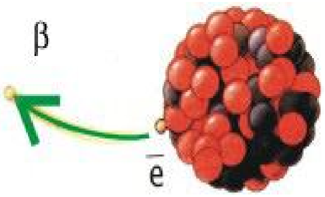


78-сүрөт

Мисалы, торийдин ядросунан ($90Th^{232}$) α-бөлүкчө бөлүнүп чыккандан кийин, анын ядросу радийдин ядросуна айланат. Б. а.

$$90Th^{232} \rightarrow 88Ra^{228} + 2He^4$$

Ар кандай түрдөгү ядролук реакцияда тигил же бул жаңы алынган кайсы химиялык элементке тиешелүү экендигин аныктоо үчүн, реакциядан кийнки алынган заряддалган бөлүкчөнүн түрү Вильсондун камерасы менен аныкталат. Заряддын жана массанын сакталуу закону боюнча, реакцияга чейинки жана реакциядан кийинки заряддардын жана атомдук массалардын жалпы саны бирдей болот. Анын негизинде, ядролук реакция толугу менен жазылып жаңы пайда болгон химиялык элементтин ядросу аныкталат.



79-сүрөт

β-бөлүкчөсү электрон болгондуктан, шарттуу түрдө $_{-1}e^0$ деп белгиленет.

β - бөлүнүүдө ядродон бөлүнүп чыккан электрондун эсебинен, жаңы ядро бир клеткага Менделеевдин мезгилдик системасынын аягына жылат.

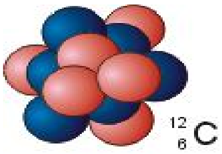
$$_Z x^M \rightarrow {}_{Z+1}Y^M + {}_{-1}e^0$$

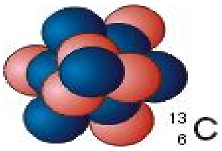
Мисалы,

$$_{90}Th^{232} \rightarrow {}_{91}Pa^{232} + {}_{-1}e^0$$

Радиоактивдүү бөлүнүүлөрдө бири - биринен атомдук массалары боюнча айырмаланган жаңы ядролор пайда болду.

Ошондуктан, мындай ядролор Менделеевдин мезгилдик системасынын бир эле клеткасынан орун алышат.





Протондордун саны бирдей, атомдук массалары бири- биринен айырмаланышкан химиялык элементтер **изотоптор** деп аталат. Мисалы, чиймеде көмүртектин ядросу менен анын изотобунун айрымасы көрсөтүлгөн. Мында, эгерде көмүртектин ядросунда 6 протон 6 нейтрон болсо, анын изотобу 6 протон 7 нейтрондон турат.

Суутек $_1H^1$ болсо, анын изотоптору $_1H^2$ *жана* $_1H^3$ болот. Кычкылтек $_8O^{16}$ болсо, анын изотобу $_8O^{17}$,ал эми табигый уран 80-сүрөт $_{92}U^{238}$ болсо, анын изотобу $_{92}U^{235}$ деп белгиленет.

Демек, изотоптордо протондордун саны бирдей болуп, алар бири биринен нейтрондордун саны менен айрымаланышат.

Бышыктоо үчүн суроолор.

1. А. Беккерелдин уран тузу менен жасаган тажрыйбасын айтып бергиле?
2. Мария. жана Пьер Кюрилер кандай тажрыйбаларды өткөргөн?

3. Табигый радиоактивдүүлүк деп эмнени айтабыз? 4. Радиоактивдүү нурлардын составын аныктоо боюнча Резерфорд кандай тажрыйба жүргүзгөн? 5. α - **β** - γ - нурларынын табияты кандай? 6. Жылышуу эрежесин айтып бергиле? 7. Изотоп деп эмнени айтабыз?

12 – көнүгүү

1. Торийдин изотобунун ${}_{90}Th^{234}$ ядросу үч жолу α - бөлүнүүдөн кийин кандай ядрого айланат?
2. ${}_{92}U^{238}$ α - бөлүнүүдөн, эки жолу β - бөлүнүүдөн кийин кандай ядрого айланат?
3. ${}_{84}Po^{216}$ эки жолу α - бөлүнүүдөн кийин пайда болгон. Полоний кандай ядродон пайда болгон?
4. Төмөнкү ядролук реакцияда бомбалоочу кандай бөлүкчө колдонулган:

$${}_{7}N^{14} + ? \rightarrow {}_{8}O^{17} + {}_{1}P^{1}$$

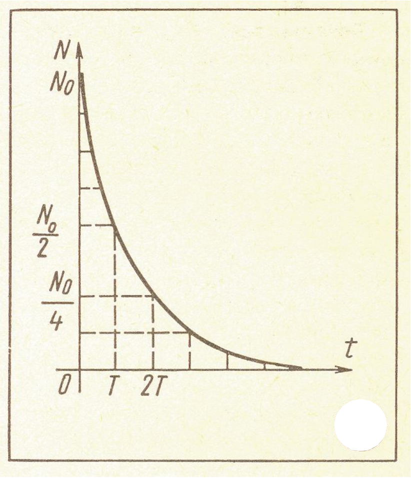
$${}_{7}N^{14} + ? \rightarrow {}_{8}O^{15} + \gamma$$

5. Төмөнкү ядролук реакцияны толуктагыла:

$${}_{3}Li^{6} + {}_{1}p^{1} \rightarrow ? + 2He^{4}$$

$$? + {}_{1}p^{1} \rightarrow {}_{11}N^{22} + {}_{2}He^{4}$$

§59. Радиоактивдүү бөлүнүү закону. Жарым ажыроо мезгили.



Ар бир ядролук реакция процесси, ядродон тигил же бул бөлүкчөнүн бөлүнүп чыгуусу менен коштолот. Мисалы, α - бөлүнүүдө берилген химиялык элементтин же анын изотобунун радиактивдүү ядросунан гелийдин ядросу бөлүнүп чыккандан кийин, жаңы (башка) химиялык элементке айланат.

Ал эми, β - бөлүнүүдө ядродон электрон бөлүнүп чыккандыктан, жаңы ядро Менделеевдин мезгилдик системасынын башталышына бир чакмакка жылат. Натыйжада, баштапкы химиялык элементтин ядролорунун жалпы саны азая баштайт.

Радиоактивдүү нурларды чыгаруу менен химиялык элементтердин ядролорунун азайышынын эсебинен, башка ядролорго айлануулары **радиоактивдүү бөлүнүү** деп аталат.

81-сүрөт

Ошондуктан, радиоактивдүү айлануулардагы бөлүнүүчү ядролордун санынын убакыттан көз карандылыгын чагылдыруучу законун карап көрөлү.

$$N = N_o \cdot 2^{-\frac{t}{T}}$$

Мында: No – байкоо башталган убакыттагы радиоактивдүү ядролордун баштапкы саны;

N – белгилүү бир t убактысы ичинде бөлүнбөгөн радиоактивдүү ядролордун саны;

T – жарым ажыроо мезгили.

Жарым ажыроо мезгили жалпы радиактивдүү ядролордун саны эки эсе азайышына сарталган убакытты көрсөтөт. Жарым ажыроо мезгили радиоактивдүү элементти мүнөздөөчү чоңдуктардын бири болуп саналат.

Көптөгөн тажрыйбалардын натыйжалары радиоактивдүү элементтердин жарым ажыроо мезгилинин маанилери туруктуу чоңдук болуп, эч кандай тышкы таасирлерден, (мисалы,

муздатканда, ысытылса, басымды өзгөртсөө, магнит талаасында) көз каранды болбойт. Анткени, радиоактивдүү бөлүнүү – бул атомдук ядролордун касиеттери болуп саналат.

Кыска убакытта жашоочу радиоактивдүү элементтердин жарым адыроо мезгилин аныктоо үчүн, нурдануу интенсивдүүлүгү эки эсе азайган убакытты аныктоо менен жетишүүгө болот. Узак убакытта жашоочу радиоактивдүү элементтер үчүн – үлгүдөгү жалпы атомдордун жалпы саны белгилүү болсо, убакыт бирдигинде бөлүнгөн атомдордун санын аныктоо аркылуу жарым ажыроо мезгилин аныктоого болот.

Мындай өлчөөлөрдүн натыйжасында, радийдин жарым ажыроо мезгили 1660жыл экендиги аныкталган.геологиялык көз караш менен караганда радийдин мындай маанидеги жарым ажыроо мезгили, жаратылышта таптакыр жок болуусуна алып келиши керек болуучу. Чамасы, жаратылышта радийдин бөлүнүүсү менен кошо, дагы толукталып туруучу процесстер менен коштолуп турат.

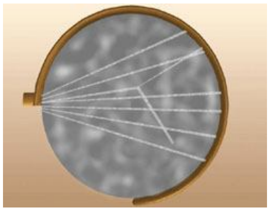
Радийдин дайыма уран кенинде болушунун өзү, радий урандын ядросунун бөлүнүү процессинин натыйжасы экендигин далилдеп турат.

Урандын жарым ажыроо мезгили 4,5млд жылга барабар. Урандын бөлүнүүсүнүн эң акыркы натыйжасы болуп коргошун саналат. Ошондуктан уран кендеринде сөзсүз коргошун кошо кездешет.

§ 60. Атомдук ядролордун жасалма жол менен радиоактивдүү айлануулары. Нейтрондун ачылышы.

Радиоактивдүү нурлардын ичинен, Э. Резерфорд α - бөлүкчөлөрүн пайдалануу менен радиоактивдүү кубулуштарын изилдеген. Себеби, α - бөлүкчөсү, 20000км/с ылдамдык менен кыймылдаган оң зарядка ээ болгон бөлүкчө (гелийдин ядросу) экендиги Э Резерфорддун тажрыйбаларында далилденген..

Э. Резерфорд 1919 – жылы α - бөлүкчөлөр менен азоттун ядролорун бомбалоо боюнча



тажрыйба жүгүзгөн. $_7N^{14} + _2He^4 \rightarrow ... + _1P^1$

Вильсондун камерасындагы пайда болгон илмектин ичке сызыгы протонго туура келгендиги дайын болгон. Ошондуктан, илмектин жоон сызыгы кычкылтектин изотобуна 82-сүрөт тийиштүү деп эсептелинди, б.а. берилген ядролук реакцияда, азоттун ядросу, кычкылтектин изотобунун ядросуна $_8O^7$ айланган.

Э. Резерфорддун бул тажрыйбасынан кийин, физиктердин карамагында α - бөлүкчөлөрдүн жардамы менен ар бир химиялык элементтин ядросун башка химиялык элементтин ядросуна айлантуу мүмкүнчүлүгү пайда болду.

Ядролук реакцияда пайда болгон заряддалган бөлүкчөлөрдү регистрациалоочу приборлордун ичинен, Вильсондун камерасы негизги ролду ойногон.

Вильсондун камерасы заряддалган бөлүкчөлөрдүн түрүн аныктоого мүмкүндүк берген, элементардык бөлүкчөлөлөрдү регистрациялоочу приборлордун бир түрүнө кирет. Ядролук реакциянын жүрүүсүн түздөн түз көз менен көрүүгө мүмкүндүк жок болсо да, анын натыйжасын Вильсондун камерасы менен аныктоого болот. Анткени, Вильсондун камерасы каныккан буунун иондордо же заряддалган бөлүкчөлөрдө суунун бууларынын конденсацияланууусуна негизделген. Себеби, суунун буусу каныгуу абалына жеткенден

кийин, эгерде чаң же заряддалган бөлүкчө болуп калса, анда алар конденсация борборуна айланышып, суунун тамчылары пайда болот. Пайда болгон суунун тамчылары заряддалган бөлүкчөлөрдүн издери (трек) болуп саналат. Эгерде Вильсондун камерасы магнит талаасына жайгаштырылган болсо, анда магнит талаасында заряддалган бөлүкчөлөрдүн багытын өзгөрткөндүктөн, алардын радиустары боюнча, кандай заряддалган блүкчө экендигин аныктоого болот. Ядролук реакциянын жүрүшүн, анын натыйжасын аныктоодо Вильсондун камерасынан башка дагы көбүктүк камера, калың катмардуу эмульсия методдору пайдаланылат.

Бирок, α - бөлүкчөлөрдүн жардамы менен радиоактивдүү айланууга жеңил химиялык элементтердин ядролору дуушар болгон.

Кезек бериллийге келип жеткен. Тажрыйба көрсөткөндөй, бериллийди α- бөлүкчөлөр менен бомбалагандан кийин Вильсондун камерасы, эч кандай заряддалган бөлүкчөлөрдү регистрациялаган эмес.

Бирок, бериллий менен Вильсондун камерасынын ортосуна парафин коюлганда, Вильсондун камерасы көп сандагы протондордун бар экендиги регистрацияланды.

Бул протондор кандай пайда болду?

Француз физиктери Фредерик Жолио жана Ирен Кьюри, бериллийде γ- нурлары пайда болот деп божомолдошкон. Алардын эсеби боюнча, парафиндеги протондорду бөлүп чыгарышы үчүн,
γ - нурлары 55 МэВ энергияга ээ болушкан.

Бирок, эсептөөлөр көрсөткөндөй γ - нурлары азот үчүн 90 МэВ, ал эми аргон үчүн 155 МэВ энергияга ээ болушу зарыл зкендиги келип чыккан.

Мындан, α - бөлүкчөлөрү менен бомбардировкаланган бериллийде γ - нурлары пайда болбой тургандыгы көрүнүп турат.

Анда парафинден протондор кандайча бөлүнүп чыгат?

Бул тажрыйбанын натыйжасын англиялык физик, Э.Резерфорддун окуучусу Чедвик, ядронун ичинде дагы бир нейтралдык бөлүкчө – **нейтрондун** бар экендиги менен түшүндүрдү.

$$_4Be^9 + _2He^4 \rightarrow ... + _0n^1$$

Демек, массасы жагынан протонго жакын, бирок заряды жок бөлүкчө - нейтрон бар. Бериллий менен жүргүзүлгөн тажрыйбада, нейтрондун таасири менен парафиндеги протондор бөлүнүп чыккан.

§ 61. Атомдун ядросунун протондук - нейтрондук модели.

Нейтрондун ачылышы менен, атомдун ядросунун протондук- нейтрондук моделин, немец физиги В. Гейгенберг жана орус физиги Д. Иваненко тарабынан сунуш кылынган.

Бул модель боюнча, ядро протондордон жана нейтрондордон турат. Протон менен нейтрон бирге **нуклон** деп аталат.

Химиялык элементтердин бүтүн санга чейин тегеректелген мааниси, ядродогу нуклондордун жалпы санын аныктайт, ал массалык сан менен белгиленет.

$$M=Z+N$$

Демек, химиялык элементтин катар номери, ядродогу протондордун санын көрсөтсө, атомдук массасы, ядродогу протон менен нейтрондун жалпы санын аныктайт. Ядродогу нейтрондун саны

$$N = M - Z$$

Э.Резерфрд бир химиялык элементтин ядросун башка химиялык элементтин ядросуна α- бөлүкчөлөрдүн жардамы менен айландыруу үчүн сунуш кылган жолу, оор химиялык элементтерде ядролук реакцияларды ишке ашырууга мүмкүн болбой калды.

Анткени, жеңил элементтердин ядролорунуну ичине кирип баруу үчүн, α - бөлүкчөлөрүнүн ылдамдыктары жетиштүү болгон.

Оор химиялык элементтердин ядролорундагы оң зарядка ээ болгон көп сандагы протондордун түзгөн күчтүү электр талаасына, оң заряддагы α- бөлүкчөлөр жакын келе албайт.

Ошондуктан, италиялык физик Энрико Ферми нейтрондордун жардамы менен ядролук реакцияны иш жүзүнө ашыра алган. Ядролук айланууну камсыз кылууда, нейтрондун заряды жок болгондуктан, ядрого жетип барышына эч тоскоолдук болбойт.

Э.Ферми өзүнүн тажрыйбаларында, ылдамдыгы акырындатылган нейтрондордун ядрого чейин жетип баруу эффективдүүлүгү жогорулай тургандыгын аныктаган.

Нейтрон менен ядролук реакция жүргүзүүдө, нейтрондун ылдамдыгын азайтууда, балыктары бар аквариумдун сууларын пайдаланып көргөн. Анткени, сууда нейтрондордун ылдамдыктары азайган.

Э. Ферминин тажрыйбасынан кийин, нейтрондун жардамы менен ядролук реакция жүргүзүүнүн экинчи этабы башталган.

Ядронун ичине жетип барган нейтрондун айынан, ядродогу нуклондордун өз ара аракеттенишүүлөрүнүн натыйжасында, ядродон заряддалган бөлүкчөнүн бир түрүн «бүркүп» чыгарышын пайда кылат.

Ядролук реакциялардын жүрүшүн үйрөнүү, изилдөө үчүн заряддалган бөлүкчөлөрдү жарыктын ылдамдыгына чейин тездетүүчү установкаларды конструкциялоо өз убагында чоң мааниге ээ болгон.

Мындай тездеткичтер 1932 – жылдан баштап жасала баштаган.(Циклотрон, фазотрон, синхрофазотрон)

Тездетилген заряддалган бөлүкчөлөр менен ядролук реакцияны жүргүзүү – ядролук реакцияны ишке ашыруунун үчүнчү этабы болуп калды.

Биринчи жолу немец окумуштуулары Кокрофт менен Уолтон тездетилген протон менен литийди бомбалап, эки гелийдин ядросун алышкан. ${}_3Li^7 + {}_1H^1 \rightarrow ... + {}_2He^4$

Бышыктоо үчүн суроолор.

1. Радиоактивдүү бөлүнүү законун чечмелеп бергиле? 2. Атомдук ядрону жасалма жол менен айландырууга Резерфорд кандайча жетишкен? 3. Бериллий менен кандай тажрыйба өткөрүлгөн? 4. Чедвик кандайча нейтрондун бар экендигин далилдеген? 5. Ядронун протон – нейтрондук моделин айтып бергиле?

6. Эмне үчүн нейтрон менен ядролук реакцияны жүргүзүү эффективдүү?

7. Ядролук реакцияны жүргүзүүдө заряддалган бөлүкчөлөрдү жарыктын ылдамдыгына чейин тездетүүнүн кандай зарылчылыгы бар?

Сапаттык маселелер

1. Протон кайсы химиялык элементтин ядросу болуп эсептелинет?

2. Ядродо: 7p + 7n; 51p +71n; 101p +155n; болсо, булар кайсы химиялык элементтердин ядролору?

3. Эмне үчүн табигый уран атомдук күйүүчү зат болуп саналбай, анын сакталышы жарылуу коркунучун пайда кылбайт?

13 – көнүгүү

1. Радиоактивдүү кобальттын ${}_{27}Co^{60}$ орточо жашоо убактысы 7,35жыл. Жарым ажыроо мезгилин аныктагыла?(5,24жыл)

2. Алюминийди ${}_{13}Al^{27}$ α - бөлүкчөлөр менен бомбалаганда, протон бөлүнүп чыккан ядролук реакцияны жазгыла?(${}_{14}Si^{30}$)

3. Бордун изотобун ${}_5B^{10}$ нейтрондор менен бомбалаганда, пайда болгон ядродон α- бөлүкчө бөлүнүп чыкса, ядролук реакцияны жазгыла?(${}_3Li^7$)

4. Менделеевий элементин алууда, Эйнштейнийди ${}_{99}Es^{253}$

α- бөлүкчөлөр менен нурдантканда нейтрон бөлүнүп чыкса, ядролук реакцияны жазгыла?(${}_{101}Md^{256}$)

5. Плутонийди ${}_{94}Pu^{234}$ неондун ${}_{10}Ne^{22}$ ядролору менен нурдантканда Курчатовий элементи жана төрт нейтрон пайд болгон ядролук реакцияны жазгыла?(${}_{104}Ku^{260}$)

6. Ядролук реакцияны толуктагыла:

$${}_{13}Al^{27} + {}_0n^1 \rightarrow ... + {}_2He^4$$

$$? + {}_1H^1 \rightarrow {}_{11}Na^{22} + {}_2He^4$$

$${}_{25}Mn^{55} + ? \rightarrow {}_{26}Fe^{56} + {}_0n^1$$

§62. Байланыш энергиясы. Массанын дефектиси. Энергия менен массанын байланышы.

Ар бир химиялык элементтин атомунун ядросунда канча нейтрон жана канча протон бар экендигин, Менделеевдин мезгилдик системасы аркылуу аныктоого болот. Бирок, оң заряддалган протондор кандайча бардыгы бирге бир ядродо жайланышып калышат? Эмне үчүн протондор бири бири менен түртүшсө да оң заряддалган ядрону түзүшөт?

Демек, протондорду жана нейтрондорду ядродо кармап туруучу энергия бар. Ядродо нуклондорду кармап туруучу энергия **- байланыш энергиясы** деп аталат. Ар бир химиялык элементтин байланыш энергиясы кандайча аныкталат?

Ядролук реакциянын жүрүшүндөү так изилдөөлөр, эркин абалындагы нуклондордун массасына караганда, мына ушул эле нуклондордон турган ядронун массасы аз экендиги аныкталган!

$m_н - m_я = \Delta m$ же $Z \cdot m_p + N \cdot m_n - m_я = \Delta m$

Мында, нейтрондун массасы атомдук массанын протондордун санын айрымасына барабар. $N = A - Z$

Δm – **массанын дефектиси** деп аталат.

Демек, массанын дефектиси – эркин аблындагы нуклондордун саны менен ядродогу ошол эле сандагы нуклондордон турган ядронун массасынын айрымасына барабар болот. Б. а. эркин абалындагы нуклондордон бир ядро пайда болсо, ядронун массасы аз болот. Массанын дефектиси ядронун массасы канчага азайгандыгын көрсөтөт.

Немец физиги А. Эйнштейн байланыш энергиясы менен массанын дефектисинин ортосундагы байланышын төмөнкүдөй аныктаган.

$$\Delta E = \Delta m \cdot c^2$$

Ядролук физикада эсептөөлөр Менделеевдин мезгилдик системасындагы химиялык элементтердин бирдигинде эсептелинет. Ошондуктан, массанын дефектиси менен энергиянын байланышы төмөнкүдөй түргө ээ болот.

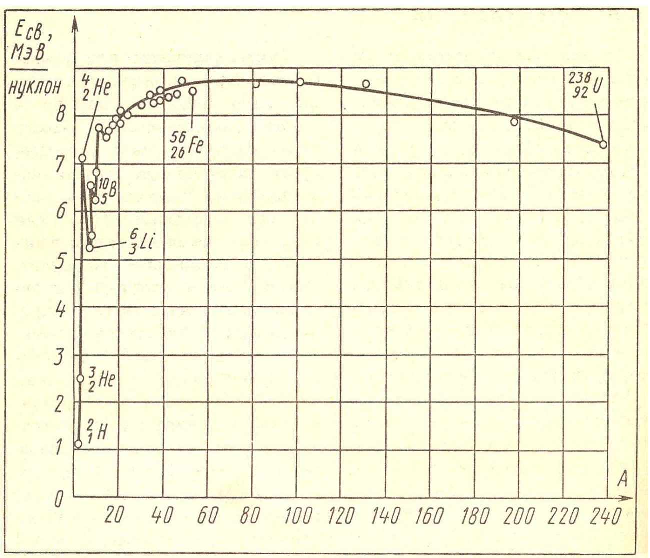
$$\Delta E = 931\,\frac{МэВ}{м.а.б.} \cdot \Delta m$$

§63. Салыштырма байланыш энергиясынын массалык сандан көз карандылыгы.

Менделеевдин мезгилдик системасындагы ар бир химиялык элементинин байланыш энергиясы белгилүү.

Байланыш энергиясынын маанилери боюнча химялык элементтерди мүнөздөө үчүн, бир нуклонго канча байланыш энергиясы туура келгендигин аныктоо зарыл болот.

Ошондуктан, **салыштырма байланыш энергиясы** бир нуклонго туура келүүчү берилген химиялык элементтин ядросунун байланыш энергиясынын маанисин аныктайт.



Салыштырма байланыш энергиясынын массалык сандан көз карандылык графигин карап көрөлү.

Графиктин анализинен: дейтерийдин ядросунда ${}_1H^2$ салыштырма байланыш энергиясынын мааниси 1,1МэВ/нуклон болуп, темирдин изотобунда ${}_{26}Fe^{56}$ 8,7МэВ/нуклон го чейин жогорулайт. Анын эң чоң мааниси, кремнийден ${}_{14}Si^{28}$ барийге ${}_{56}Ba^{138}$ чейинки ядролорго туура келет. Андан кийинки массалык сандын

жогорулашында урандын изотобунда $_{92}U^{238}$ 7,6МэВ/нуклон го чейин төмөндөгөндүгү чагылдырылган.

Масслык саны анчалык көп эмес химиялык элементтердин ядролунун 83-сүрөт салыштырма байланыш энергияларынын

максималдуу маанилери: $_2He^4$, $_6C^{12}$, $_8O^{16}$ химиялык элементтеринин ядролоруна туура келс, эң аз маанилери: $_1H^2$, $_3Li^7$, $_5B^{10}$ ядролоруна туура келет.

Эмне үчүн жеңил жана оор ядролордо салыштырма байланыш энергиясынын маанилери аз маанилерге ээ болушат?

Жеңил ядролордун нуклондору аз болгондуктан, алардын беттик тартылуусунун натыйжасы салыштырма байланыш энергиясын азайтып жиберет.

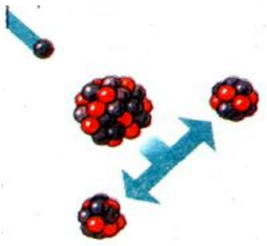
Ал эми, оор ядролордо, протондордун санынын көп болгондуктан, алардын Кулондук өз ара түртүлүшүүлөрү салыштырма байланыш энергиясын азайтып жиберет.

§ 64. Уран ядросунун бөлүнүшү.

Нейтрондун жардамы менен бир химиялык элементтин ядросун башка химиялык элементтин ядросуна айландыруу кезеги уранга келип жеткен.

1938-жылы, немец окумуштуулары О.Ган, Ф. Штрассман уран ядросун нейтрондор менен бомбалоодон алынган эксперименталдык натыйжасын, уран ядросу башка химиялык элементке айланган деп түшүндүрүшкөн.

Бирок, Л.Мейтнер, О.Фриш нейтрондордун реакцияда уран ядросу башка химиялык элементтин ядросуна айланбай эле, эки химиялык элементке: барийге жана криптонго ажырагандыгын далилдешкен.



Уран ядросунну бөлүнүшүнөн дагы бир нече нейтрондор пайда болгон. Алар кандайча пайда болуп калды?

Көрсө, катар номери жогорулаган сайын химиялык элементтердин составындагы нейтрондордун саны да

84-сүрөт

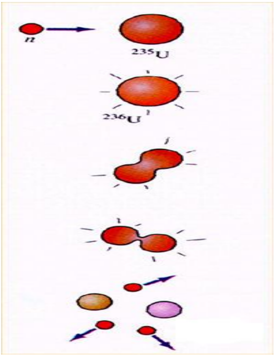
көбөйүшөт турбайбы! Ошондуктан, көп сандагы нейтрондору бар урандын ядросу Ва жана Кг бөлүнгөндө, алардын ядролору үчүн керектүү болгондон ашыкча нейтрондор пайда болушат.

Эми, бул нейтрондор өз кезегинде дагы башка урандын ядролорун бөлүүгө дуушарланта алат. Ар бир бөлүнүү актысынан кийин, нейтрондордун саны улам көбөйө бериши мүмкүн.

Бул реакция – **чынжыр реакциясы** деп аталат.

Себеби, ар бир урандын бөлүнүүсүнөн кийин, уланма реакция болуп, барган сайын нейтрондордун саны көбөйүп турат(85-сүрөт).

Уран ядросунун бөлүнүшүн изилдөөлөрдөн, ар бир уран ядросунун бөлүнүшүнөн 200 Мэв энергия бөлүнүп чыга тургандыгы аныкталды. Мындай бөлүү эң аз убакта болгондуктан аябай чоң чоң өлчөмдө энергияны бөлүп чыгаруу менен коштолот.



Мисалы, 1г радийдин ядролору толугу менен ажыраганда, андан бөлүнүп чыккан энергия, үч тонна таш көмүр толук күйгөндө бөлүнүп чыккан жылуулуктун санына барабар!

Ошондуктан, Ата Мекендик согуш башталаардан алдын, физиктер үчүн, кубаттуу атомдук бомбаны жасоо мүмкүнчүлүгүнө ээ болушкандыгы ачык айкын болуп калган болуучу.

Уран ядросунун бөлүнүүсүнөн температурасы миллион градуска .жеткен жылуулукту, жарык, радиоактивдүү нурларды согуштук максатта иш жүзүнө

85-сүрөт

ашырууда, табигый урандан, урандын изотобу $_{92}U^{235}$

бөлүп алуунун техникалык кыйынчылыктары бар эле. Анын себеби, $_{92}U^{238}$ ден $_{92}U^{235}$ изотобун бөлүп алуучу өндүрүштүк технологияны уюштуруу зарылдыгы менен байланышкан. Анткени, согуштук курал катары, ядролук бөлүнүүгө эң ыңгайлуу болгон $_{92}U^{235}$ гана керек болуучу. Бактыга жараша Улуу Ата Мекендик согуш бүткөнчө, урандын мындай изотобун өндүрүштүк деңгээлге чейин эч мамлекет жеткире албаган.

Бышыктоо үчүн суроолор.

1. Байланыш энергиясы деп эмнени айтабыз? 2. Массанын дефектиси кандайча аныкталат? 3. Масса менен энергиянын байланышы кандай аныкталат?

4. Салыштырма байланыш энергиясынын массалык сандан көз карандылыгынан кандай корутундуга келүүгө болот? 5. Уран ядросунун бөлүнүшү кандайча ачылган? 6. Ар бир урандын ядросунун бөлүнүшүндө 2 – 3 нейтрондор кайдан пайда болот? 7. Эмне үчүн ядролук чынжыр реакциясы үчүн табигый ураны пайдаланууга болбойт?

Сапаттык маселелер.

1. **Азыркы деңгээлде орто кылымдагы алхимиктердин сымаптан ($_{80}Hg^{198}$) алтынды ($_{79}Au^{198}$) кандайча өндүрүп алууга болот?**
2. **Эмне үчүн α - бөлүкчөлөр менен оор элементтердин ядролук реакцияны жүргүзүүгө болбойт?**
3. **Эмне үчүн суутектин атомун элементардык бөлүкчө деп эсептөөгө болбойт?**

14 - көнүгүү

1. Бордун ядросу үчүн $_5B^{10}$ массанын дефектисин жана байланыш энергиясын аныктагыла?
2. Дейтерийдин ядросунун $_1H^2$ байланыш энергиясын аныктагыла?(2,2МэВ)
3. Азоттун ядросун протонго жана нейтронго бөлүү үчүн кандай минималдуу энергия сарпталат?
4. Алюминийдин $_{13}Al^{27}$ядросунун байланыш энергиясын аныктагыла?(225МэВ)
5. $_3Li^7$ жана $_8O^{16}$ ядролорундагы бир нуклонго туура келген байланыш энергиясын аныктагыла?

§ 65. Ядролук реактор.

Ядролук уланма реакциясында, урандын изотобунун ядролорунун бөлүнүшүнүн ар бир актысында нейтрондордун саны улам көбөйө берет.

Ошондуктан, уланма реакция нейтрондордун көбөйүү коэффиценти менен мүнөздөлөт.

Нейтрондун көбөйүү коэффиценти - берилген бөлүнүү актысындагы нейтрондун санынын, мурдагы актыда нейтрондогу санына болгон катышы менен аныкталат

Нейтрондун көбөйүү коэффиценти K>1 бирден чоң болушу үчүн, мисалы, урандын изотобунун массасы ($_{92}U^{235}$) анын критикалык массасынан чоң болот.

Эгерде урандын массасы, анын критикалык массасынан чоң болсо, мындай массадагы урандын изотобунун ядролору өз алдынча бөлүнүүгө дуушар болуп, атомдук жарылууну пайда кылат. Ошондуктан, уран, анын критикалык массасынан аз болгон массада сакталат. Уран үчүн, анын критикалык массасы 60 кг барабар экендиги белгилүү .

Эң биринчи атомдун бомбасы 30кг болгон эки бөлүктөн турган. Аны жаруу үчүн, эки бөлүгүн кошулуучу шарттар аткарылат.

Хиросимадагы 1945 - жылы 6-августа, Америкалык учкучтар Японияга таштаган атом бомбасында («Малыш») урандын изотобу ($_{92}U^{235}$) пайдаланылган.

Ошол эле жылы, Нагасакиге ташталган 9-августагы атомдук бомбасында («Толстяк») торий ($_{90}Th^{232}$) пайдаланылган.

Бул убакыттан бери 60 жылдан ашык убакыт өтсө да, Японияда, атомдук жарылуулардын кесепеттери азыркыгы чейин балдардын ден-соолугуна терс таасирин тийгизип келүүдө.

Атомдук энергияны тынчтык максатында пайдалануу үчүн, оор элементтердин ядролорунун бөлүнүүсүнө себепчи болгон нейтрондордун санын башкаруу керек болот.

Ядролук чынжыр рекциясын башкаруучу установка – **атомдук реактор** деп аталат.

Ядролук бөлүнүүлөрдөн пайда болгон нейтрондордун санын башкаруу үчүн , ядролук реакторлордо барий же кадмий колдонулат. Анткени, бул химиялык элементер нейтрондорду активдүү жутууучу касиеттерге ээ болот.

Атомдук ректорлордо, уран стержендеринин арасында кадмий же бордун стержендери болот. Алардын активдүү зонадан чыгарылыш деңгээлине жараша, урандын көзөмөлдөнгөн

ядролук бөлүнүүсүн камсыз кылуу менен, андан бөлүнүп чыккан жылуулук энергиясын электр энергиясына айландырууга болот. Атомдук электростанцияларда (АЭС) электр энергиясы мына ушундайча
өндүрүлөт.

Урандын изотопторунан даярдалган стержендеринин ичинде, табыйгый урандын да ядролору болот, ал нейтронду жутуу менен β - бөлүнүүдөн кийин нептунийге, нептуний плутонийге айланат.

$$_{92}U^{238} + _0n^1 \rightarrow _{92}U^{239}$$

$$_{92}U^{239} \rightarrow _{93}Ne^{239} + _{-1}e^0$$

$$_{93}Ne^{239} \rightarrow _{94}Pu^{239} + _{-1}e^0$$

Плутоний, урандын изотобу $_{92}U^{235}$ сыяктуу, жай жана тез кыймылдоочу нейтрондор менен бөлүнүүгө дуушар болгондуктан, ал ядролук отун катары пайдаланылат

§ 66. Жеңил элементердин синтезделиши. Термоядролук реакция.

Менделеевдин мезгилдик системасынын анализинен, энергиянын бөлүнүп чыгышы үчүн, бир гана оор элементтердин ядролорунун бөлүнүүсү менен чектелбей тургандыгы келип чыгат. Жеңил элементтердин ядролорун синтезделиши аркылуу да энергиянын бөлүнүп чыгуусчун камсыз кылууга болот.

Бирок, жеңил элементтердин ядролору оң зарядка ээ болгондуктан, алар бири-бири менен түртүлүшөт. Ал эми, бул ядролор синтезделиши үчүн, аларды бири-бирине 10^{-8} см аралыкка чейин жакындатуу зарыл болот. Мындай аралыкка жогорку температурада гана жеңил элементтердин ядролорун жакындатууга жетишүүгө болот.

Жогорку температура жеңил ядролордун синтезделүү реакциясы
термоядролук реакция деп аталат.

Мисалы, суутектин изотобу дейтерий менен тритийдин ядролорунун синтезделишинен, гелийдин ядросу жана нейтрон пайда болот.

$$_1H^2 + _1H^3 \rightarrow _2He^4 + _0n^1$$

Азырынча, адамзаттын колунда башкарылбай турган согуштук термоядролук курал – водороддук бомбасы бар.

Эгерде башкаруучу термоядролук реакцияны иш жүзүнө ашырууга мүмкүнчүлүк болсо, адамзат энергетикалык проблемаларынын чечилишине өбөлгө түзүлмөк. Бул багыттагы негизги кыйынчылыктардын бири, заттын плазма абалынын температурасы миллион градуска жакын болгондугунда. Мындай температурадагы плазманы эч кандай идиште сактап болбойт!

Ошондуктан, азыркы мезгилде магнит талаасынын жардамы менен плазманы идиштин каптал бети менен жакындатпай кармап турууга жетишилди.

Жаратылышта Күндө, жылдыздарда суутектин изотопторунун синтезделишинен, гелийдин ядросу пайда болуп, анын эсебинен жогорку температурадагы энергия бөлүнүп чыгат.

Күндөгү суутектин запасы 4,5 млрд. жылдан кийин түгөнөт. Суутектин запасы түгөнгөндөн кийин, жылдыз гравитациялык кысылууга (коллапс) дуушар болуп, нейтрондук жылдызга, андан кийин кара обьектиге айланат.

Демек, жылдыздардын эволюциясынын акыры, алардын кара обьектилерге айланышы менен бүтөт.

А балким, азыр да кээ бир жылдыздар өз жашоосун түгөтүп кара обьектилерге айлангандары бар болуп жүрбөсүн?

Суутектин запасы түгөнгөн мындай кара обьектилердин касиеттери, аларды издеп табуу жолдорун – Астрофизика илими окуп үйрөтөт.

Бышыктоо үчүн суроолор.

1. Урандын бөлүнүшүн кантип башкарууга болот? 2. Нейтрондун көбөйүү коэффициенти деп эмнени айтабыз?

3. Атомдук реактордун иштөө принцибин айтып бергиле? 4. Табигый уран кандайча торийге айланат? 5 Жеңил элементтердин синтезделишинде эмне үчүн энергия бөлүнүп чыгат? 6. Термоядролук реакция деп эмнени айтабыз? 7. Күндүн ичинде, жылдыздарда кандай реакциялар жүрөт?

Сапаттык маселелер

1. Эмне үчүн нейтрондордун көбөйүү коэффициенти бир бөлүнүүчү ядродон чыккан нейтрондордун орточо санынан аз болот?
2. Планетабыздын энергетикалык келечегинин бир багыты болуп кеңири «күйүүчү майы» суу эсептелинет. Мунун себеби эмнеде?
3. Экологиялык жактан зыян келтирбей турган энергиянын дагы кандай булактарын пайдалануу зарылчылыгы келип чыгууда?

15 – көнүгүү

1. Урандын изотобунун ядросу ${}_{92}U^{235}$ бир нейтронду жутуп алгандан кийин, эки ядрого ажыроо менен кошо эки нейтрон бөлүнүп чыкты. Эгерда бул ядронун бири ${}_{54}Xe^{140}$ болсо, экинчи ядрону аныктагыла?
2. Урандын изотобунун ядросу ${}_{92}U^{235}$ бир нейтронду жутуп, эки ядрого жана төрт нейтронго бөлүндү. Эгерде ядронун бири ${}_{55}Cs^{137}$ болсо, экинчи ядрону аныктагыла?
3. Уран ядросу бөлүнгөндө, бөлүнгөн эки ядронунун жалпы массасына караганда, ядронун баштапкы массасынын айрымасы болжол менен протондун тынч абалынын массасынын 0,2 бөлүгүн түзөт. Урандын бир ядросу бөлүнгөндө канча энергия бөлүнүп чыгат?
4. Урандын изотобунун ${}_{92}U^{235}$ ядросунун бөлүнүүсүндө 200МэВ энергия бөлүнүп чыгат. Ядролук реактордо бул изотоптун 1гр бөлүнгөндө кандай энергия бөлүнүп чыгат? Мындай энергия бөлүнүп чыгышы үчүн канча таш көмүн жагууга туура келет?
5. Шар формасындагы 60кг урандын изотобу ${}_{92}U^{235}$ тин критикалык көлөмү канча? Уран шарынын жарылууга мүмкүн болгон өлчөмдөгү диаметри канча(r=18,7 г/см^3)?
6. Термоядролук реакцияда кандай энергия бөлүнүп чыгат?

$${}_1H^2 + {}_1H^3 \rightarrow {}_2He^4 + {}_0n^1$$

§67. Радиактивдүү нурдануулардын касиеттери жана анын биологиялык таасири.

Радиациялык нурдануу дозасы.

Атомдук реактордо отун катары урандын изотобу пайдалангандыктан, реактордо чынжыр реакциясынын натыйжасында жылуулук бөлүнүп чыгуу менен кошо пайда болгон плутоний, таштандылары радиоактивдүү нурдануунун күчтүү булактарына айланат.

Радиоактивдүү нурданууда ядролордон α - бөлүкчөлөр, β - бөлүкчөлөр жана

γ – нурлары пайда болот. Бул бөлүкчөлөрдүн Адамга тийгизген таасири да ар түрдүү болот.

Радиоактивдүү элементтин ядросунан ар кандай энергияга ээ болгон

β – бөлүкчөлөр заттын ичинде ар кандай аралыкты басып өтүшөт.

β – бөлүкчөлөрүнүн заттан өтүп кетүү жөндөмдүүлүгүн бөлүкчөлөрдү толук жутуп алуучу беттин минималдуу калыңдыгы менен мүнөздөлөт. Мисалы, 2Мэв энергияга ээ болгон β – бөлүкчөлөрдөн, калыңдыгы 3,5мм алюминий толугу менен сактай алат.

α – бөлүкчөлөр массасы боюнча, β – бөлүкчөлөрдөн чоң болгондуктан негизинен түз сызык боюнча кыймылга келишет. Заттын ичиндеги

α – бөлүкчөлөрдүн жолу чоң мааниге ээ болбойт. Мисалы, энергиясы 4МэВ болгон α – бөлүкчөлөр абада 2,5см аралыкты өтүшөт. Сууда же адамдын денесинде α – бөлүкчөлөрдүн өткөн аралыгы миллиметрдин жүздөн бир үлүшүн түзөт.

α – бөлүкчөлөр жана β – бөлүкчөлөрдүн заттардан өтүп кетүү деңгээли анчалык көп эмес мааниге ээ болгондуктан, Адамдын өмүрү үчүн коркунуч келтирбейт.

Калың кийим β – бөлүкчөлөрдүн көпчүлүгүн өткөрбөй жутуп алса,

α – бөлүкчөлөрдү таптакыр өткөрбөй жутуп алат. Бирок, Адамдын организимине тамак, суу жана аба аркылуу кирип кеткен бул бөлүкчөлөр же радиактивдүү нурданууга дуушар болгон телолордун беттери, Адамды айыкпас ооруга кириптер кылышы мүмкүн.

Гамма – нурлары жана нейтрондор электр зарядына ээ болушпагандыктан, алардын жолунда кездешүүчү көптөгөн атомдор аркылуу эркин өтүп кете беришет. Бирок, алар үчүн да заттар «тунук» болуп саналбайт.

Гамма - нурларынын абада басып өткөн аралыгы 100 метрге жакын болсо, ондогон см ден метрге чейин жетиши мүмкүн.

Демек, радиактивдүү нурдануулардын ар кандай түрдөгү заттарга тийгизген таасирлеринин натыйжасы чөйрөнүн атомдорунун дүүлүгүшүнө кээде ядролук реакцияны пайда кылып, анын негизиндежаңы элементтердин же изотоптордун пайда болушуна алып келиши мүмкүн. Дүүлүккөн атомдордун жана иондордун активдүүлүгү жогорулап кеткендиктен, Адамдын организмине чоочун жаңы химиялык кошулмаларды пайда кылат. Иондоштуруучу радиациянын таасири менен айрым татаал молекулалар жана клеткалык структуранын элементтери бузулуп кетет.

Гамма – нурлары жана нейтрондордун агымы радиоактивдүү нурлардын эң чоң даражада зат аркылуу өтүп кетүү мүмкүнчүлүгүнө ээ болушкандыктан, Адам үчүн коркунучту жаратат.

Анткени, радиоактивдүү нурлардын көп дозасы тирүү клеткаларга терс таасирин тийгизет. Бул таасир этүүнүн механизми, тез кыймылдоочу заряддалгн бөлүкчөлөрдүн клеткалар аркылуу өтүшүндө, клеткалардын атомдорун иондоштуруу жана молекулаларды бөлүп жиберүүчү касиетке ээ экендиги менен байланыштуу болот..Өзгөчө тез өсүп жана көбөйүп жаткан клеткалар нурлардын таасирлерине сезгич келишет. Терапиялык максатта пайдаланылган радиоактивдүү препараттардан чыккан γ – нурларынын анчалык көп эмес дозасында рактын клеткаларын жок болот. Бирок, рактын радиотерапиясы рентгенотерапия эле сыяктуу мындай ооруларды айыктыруучу универсалдуу каражаттар болуп эсептелинбейт.

Негизинен анчалык көп эмес дозадагы β – нурлары организмдин оңолушуна **жар**дам бере алат. Ошондуктан аз сандагы радий же радону бар радиоактивдүү минералдык суулар дарылык касеттерге ээ болушат.

Радиациялык нурдануу дозасы.

Радиациялык нурданууну биологиялык өзгөчө чоңдуктар менен мүнөздөлөт.

Ар кандай түрдөгү ядролук нурдануулардын таасиринин чени болуп **нурдануунун жутулган дозасы** саналат.

Нурдануунун жутулган дозасы заттын бирдик массасына берилген радиациялык нурдануусун көрсөтөт.

Жутулган дозанын бирдиги үчүн **1Грей** кабыл алынган. Андан тышкары, **рад.** бирдиги да колдонулат. 1рад = 0,001Гр.

Нурдануу дозасынын кубатуулугу (Жутулган нурдануунун дозасы) убакыт бирдиги ичинде дозаны көрсөтөт.

$N = D/t$ $[N] = Гр/с$

Адамдын организми тарабынан Рентген жана γ - нурларынын жутуусу, бул Адамдын радиациялык зонада канча убакытта болгондугу менен аныкталат. Ошондуктан, бул нурлардын энергетикалык мүнөздөмөсү катары,

Рентген жана γ – нурларынын экспозициялык дозасы – кургак атмосфералык абаны иондоштуруу таасири менен бааланат. $[D_э] = Кл/кг$

Ошондой эле, экспозициялык дозанын бирдиги үчүн **1Рентген** кабыл алынган.. 1Р = $2,58 \cdot 10^{-4}$Кл/кг.

Адамдын организми дайыма космостук нурларын жана Жердин ички катмарларынан келген радиациялык нурларын жутуп турат. Бул нурларды табигый радиациялык фон деп аташат. Адамдын организми үчүн, табигый фонго караганда 250 эсе ашык экспозициялык доза зыянсыз деп эсептелинет.Адам үчүн бир жолу кабыл алган экспозициялык дозасы 500Рентген коркунучтуу деп эсептелинет.

§68 Энергетиканын келечеги жана экологиялык проблемалар.

Азыркы кезде ар бир мамлекеттин экономикалык мүмкүнчүлүгү, дарамети пайдаланылган электр энергиясынын деңгээли менен аныкталат. Алдын ала эсептөөлөргө караганда 100жылда электр энергиясын пайдалануу 11 эсе көбөйөт.

Электр энергиясы: жылуулук, гидро, атомдук электростанцияларында өндүрүлөт.

Бирок, XX1 кылымдын башталышында, Жаратылышка зыян келтирбей электр энергиясын өндүрүп чыгуунун жаңы жолдорун табуу зарылдыгы келип чыгууда. Анткени, өндүрүлүп жаткан электр энергиясынын басымдуу бөлүгү туура келген жылуулук электр станцияларында Жердин ресурстарынын (көмүр, нефть,) эбөгйсиз көп өлчөмдө сарпталышына алып келүүдө.

Бул станцияларда нефть, кокс, көмүр жагылат. Мындай абалда 100 – 150 жылда алардын запасы түгөнүп калат.

Анын үстүнө, жыл сайын улам ургаалдуу жагыла берген отундардан бөлүнүп чыккан түтүндөрдүн (смокинг) бөлүкчөлөрү Жердин атмосферасында болушу, «парник» эффектисинен Жердин орточо температурасынын жогорулашына алып келет. Бул өз кезегинде, дүйнөлүк океандын жалпы деңгээлнлн жогорулашына алып келиши мүмкүн.

Гидроэлектростанциялар суунун запасы көп дарыялардын боюнда орнотулуп, андан керектөөчүлөргө өткөргүчтөр аркылуу жеткирилет. Ошондуктан, гидроэлектростанцияларын Кыргызстанда куруу Нарын дарыясында курулган. Бирок, суунун запасын топтоочу суу сактагычты куруууга туура келет. Мисалы, Токтогул ГЭСиндеги суу сактагычында 20млрд.м^3 көлөмгө жакын суу топтолот. Натыйжада, тоолуу Кыргызстан үчүн дыйканчылыкка керек болгон канча жер, канча флора жана фауна суунун түбүндө калып кетти.

Мындай жасалма көлдөрдүн пайда болушу суунун бууланышына алып келгендиктен, атмосферадагы табигый тең салмактуулуктун бузулушун пайда кылат. Атмосферадагы мындай өзгөрүүлөр өэ кезегинде кылымдар бою туруктуу болуп келген жылдык мезгилдин өзгөрүшүнө өз таасирин тийгизбей койбойт. Мындай гидростанциялардын саны негизинен биздин Мамлекет үчүн жетиштүү болсо да, келечекте кошуна өлкөлөрдөн энергетикалык көз карандысыздыкка жетишүүдө Россиялык компаниялар менен биргеликте эки гидростанцияны куруу жана Кыргызстан боюнча көз карандысыз энергетикалык шакекти түзүү милдеттери турат.

Азыркы электр энергиясы өндүрүлүп жаткан атомдук электр станцияларында пайдаланылып жаткан «күйүүчү» отун болгон урандын изотобу, иштетилип бүткөндөн кийинки калган радиоактивдүү калдыктарын чөйрөгө зыян келтирбей сактоо проблемалары келип чыгууда. Анткени, бул станцияларда урандын изотобу канчалык көп убакыт пайдаланылса, анын радиоактивдүү
калдыктары да көбөйүп кетет.

Келечекте термоядролук синтез аркылуу жылуулук алууда, өндүрүштүк деңгээлге чейин жеткирилген жолдору иш жүзүнө ашырылса, Адамзат үчүн энергетика проблемалары чечилмек.

Күндүн энергиясын пайдаланып автономдуу электр энергиясынын булактарын алуу Жаратылышка экологиялык терс таасирин тийгибей турган жолдор болуп саналат

Ошондуктан, Борбордук Азияда бир жылдын 200 күнү ачык болушунун өзү, электр энергиясын алууда Күндүн энергиясын пайдалануу жолдорун табууга, изилдөөгө келечек ээлерин үндөйт.

Бышыктоо үчүн суроолор.

1. Радиоактивдүү нурларды заттын жутуусу жөнүндө айтып бергиле?

2 Радиоактивдүү нурларынын Адамдын денесине кандай терс таасири бар?

3. Радиациялык нурдануу дозасы жөнүндө айтып бергиле? 46. Ядролук таштандыларды сактоо жана анын экологиялык проблемаларын айтып бергиле?

7. Энергетиканын келечеги жөнүндө айтып бергиле?

§69. Нейтрондун бөлүнүшү. Нейтрино. Позитрон.

β - бөлүнүү процессинде ${}_{Z}x^{M} \to {}_{Z+1}Y^{M} + {}_{-1}e^{0}$ жаңы ядродо бир протон пайда болот. Аны менен кошо бир электрон пайда болуп ядродон учуп чыгат. Бирок, массалык сан өзгөрбөйт. Мындан, ядро β - бөлүнүүдө бир нейтронго кемигендиги келип чыгат.

Демек, β - бөлүнүүдө: ядродо бир нейтрон азайып, бир протон жана электрон пайда болуп, протон ядродо, ал эми электрон ядродон бөлүнүп чыгат.

Нейтрондун протонго жана электронго бөлүнүшүн төмөнкүдөй белгилөөгө болот.

$$n \to p + {}_{-1}e$$

Швейцариялык физик Вольфанг Паулинин изилдөөлөрүнүн негизинде, нейтрондун бөлүнүүсүндө протон ядронун ичинде калат жана жаңы ядролордун энергиясы бирдей. Ал эми, ядродон учп чыккан электрондордун энергиялары ар түрдүү мааниге ээ болушат. Мындан, протон менен электрондон тышкары энергияны алып жүрүүчү дагы бир бөлүкчөнүн жетишпей жаткандыгы далилденет Бул бөлүкчө Э. Ферминин сунушу менен **нейтрино** деп аталып калды.

Натыйжада, нейтрондун бөлүнүүсүндө протон, электрон жана нейтрино пайда боло тургандыгы дайын болду.

$$n \to p + {}_{-1}e + \nu$$

Нейтринонун массасынын эң аз экендиги жана негизинен заряддалган бөлүкчөлөргө таасир этпей тургандыгы, аны регистрациялоо чоң техникалык кыйынчылыктарды алып келди.

Күндүн ичинде төрт протондун синтезделишинде ар бир пайда болгон гелийдин ядросуна эки нейтрино туура келет. Нейтрино Жер шарынан түздөн түз өтүп кете берет. Күндөн ичиндеги жүргөн процесстер жөнүндө ар кандай маалыматтарды алып жүрүшкөн нейтринолор, Жердин бетине жетип келген бөлүгү детектордо ядролук реакцияны пайда кылат.

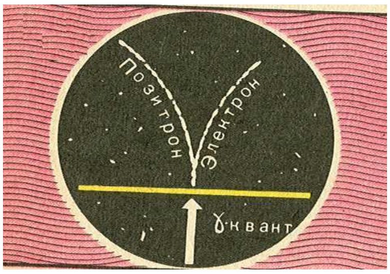
Мындай реакциянын жүрүү ыктымалдуулугу бир кыйла төмөн жана пайдаланылуучу аппаратуралардын өтө кымбат болот. Ошондуктан, бул багытта нейтринолук физиканын ачылыштары – келечектеги физиктердин аракети менен байланышкан.

Позитрондун ачылышы.

!928 – жылы англиялык физик Поль Дирак өзүнүн теориялык изилдөөлөрүндө, жаратылышта электрондун түгөйү болгон, электрондон заряды менен гана айрымаланган

позитрондун бар экендиги далилденген. Позитрон – оң заряддалган электрон. Анын бар экендиги 1932 - жылы тажрыйба жүзүндө далилденген. Позитрон - электрондун **антибөлүкчөсү** деп аталат.

1933 – жылы Фредерик жана Ирен Жолио – Кюрилер γ – нуру (фотон) ядролорду жандап өтүүсүндө электронго жана позитронго айланышы мүмкүн экендиги далилдешкен.



$\gamma \rightarrow {}_{+1}e^{o} + {}_{-1}e^{o}$

Ошол эле учурда, жай кыймылдаган электрон менен позитрондун өз ара кагылуусунда, алар жок болуп кетишип, б.а. аннигляцияланып, алардын ордуна эки фотон – жарыктын бөлүкчөсү пайда болот.

${}_{-1}e^{o} + {}_{+1}e^{o} \rightarrow 2\gamma$

86-сүрөт

Бул формулалардан, фотондун электрондук– позитрондук жубунун пайда кылышы жана электрон – позитрондук аннигляциясында эки фотондун пайда болушу, материянын жашоо формасынын эки түрү болгон затын талаага жана талаанын затка айланып жаткандыгынын далили экендиги келип чыгат.

Бирок, электрон менен позитрон өз ара урунуусунда дайыма эле эки фотон пайда боло бербейт. Эгерде булар чоң энергияга ээ болушкан болсо, анда өз ара урунушкандан кийин, 200дөн ашык жаңы бөлүкчөлөрдү пайда кылышы мүмкүн.

Бышыктоо үчүн суроолор.

1. Нейтрондун бөлүнүшүн түшүндүргүлө? 2. Позитрон кандайча ачылган?
2. Кандай элементардык бөлүкчөлөрдү билесиңер? 4. Фотондон кандайча электронго жана позитронго айланат? Электрон менен позитрондун аннигляциясы кандай натыйжага алып келет?

КАЙТАЛОО ҮЧҮН МАСЕЛЕЛЕР

5. Атайын салыштырмалуулук теориясынын негиздери

1. Жердеги байкоочуга караганда кыймылсыз сызгычтын узундугу 1м болсо, 0,6с ылдамдыкта, анын узундугу канча болуп калат?
2. Кыймылдагы телонун релятивисттик узундугунун азайышы кандай ылдамдыкта 20% болуп калат?
3. Космос кемесинде саат Жерге караганда эки эсе жай жүрүшү үчүн, кеме кандай ылдамдыкта жүрүшү керек болот?
4. Жерге караганда 0,99с ылдамдыкта кыймылдаган ракетада 10жыл өтсө, Жерде канча жыл өтөт?
5. Поезддердин бир Жерге салыштырмалуу кыймылсыз. Эгерде экинчиси 0, 87с ылдамдыкта өтсө, машинистке кандай узундукта көрүнөт?
6. Эгерде υ_1=0,5с, υ_2=0,8с болсо,, ылдамдыктарды кошкула?
7. Протон(m_p=1м.а.б) кандай ылдамдыкта альфа бөлүкчөнүн массасына(m_0=4м.а.б) барабар болуп калат?
8. Эгерде телого 9.10^{14}Дж энергия берилсе, анын массасы канчага өзгөрөт?
9. Электрондун тынч абалындагы энергиясын эсептегиле?

2. Атомдук физика

1. Атомдун электрону ядрого жакын орбитага өткөндө, фотонду нурдантуу менен, атомдун энергиясы $3{\cdot}10^{19}$Дж га азаят.Нурдануунун толкун узундугун аныктагыла?($1,6{\cdot}6{\cdot}10^{-7}$м)
2. Иондошкон атом тең салмактуу абалына келгенде, $9,1{\cdot}10^{-8}$м толкун узундуктагы фотонду нурдантат. Фотондун массасын, энергиясын аныктагыла?

3. Массасы $9,1 \cdot 10^{-31}$кг фотондун толкун узундугун аныктагыла? Фотондун энергиясы канча?

4. Суутектин атому E_4 энергетикалык деңгээлден E_2ге өтсө, нурданган фотондун энергиясын аныктагыла?($4,4 \cdot 10^{-19}$Дж)

5. Суутектин атому нурданткан 486нм толкун узундуктагы фотондун энергиясын аныктагыла?

6. Кандай жыштыкта суутектин атомун иондоштурууга 13,6эВ энергия сарпталат?($2,2 \cdot 10^{15}$Гц)

7. Суутектин атомунда 10^{-10} м орбитадагы электрондун ылдамдыгын аныктагыла?

8. ($1,6 \cdot 10^{6}$м)

9. Рубин лазеринин толкун узундугу 700нм бир импульсунда 3 $\cdot 10^{19}$ фотон бар. Эгерде импульстун жарк этүү убактысы 10^{-3}с болсо, лазердин орточо кубаттуулугун аныктагыла?

Рубин лазери толкун узундугу560нм жарык менен нурдантканда, 694нм жарыкты иштеп чыгат.Энергетикалык козголуу абалдары менен нурдануу абалдарынын айрымасын % менен аныктагыла?

1. Фотоэффект

1. Вольфрам үчүн электрондордун чыгуу жумушу 4,5 эВ. Вольфрамдагы токтотуучу потенциалдардын айрымасын аныктагыла?(4,5В)

2. Калийден электрондордун чыгуу жумушу 2эВко барабар. Толкун узундугу 200нм нурлардын таасиринде калийден бөлүнүп чыккан фотоэлектрондордун ылдамдыгын аныктагыла?($1,2 \cdot 10^{6}$м/с)

3. Кадмийден электрондордун чыгуу жумушу 4эВко барабар. Кадмийден бөлүнүп чыккан фотоэлектрондордун максималдуу ылдамдыгы $2 \cdot 10^{6}$м/с болушу үчүн, жарыктандырылган нурдун толкун узундугун аныктагыла?($3,8 \cdot 10^{-8}$м)

4. Вольфрам үчүн фотоэффектин кызыл чеги 375нм болсо, чыгуу жумушун аныктагыла?($5,3 \cdot 10^{-19}$Дж)

5. Фотондун энергиясы $6,4 \cdot 10^{-19}$Дж болсо, анын жыштыгын жана массасын тапкыла?($9,7 \cdot 10^{14}$Гц, $7,1 \cdot 10^{-30}$кг)

КӨНҮГҮҮЛӨРДҮН ЖООПТОРУ

1.2 7,6м. 1.2. $2 \cdot 10^{-2}$Кл 1.3. $5 \cdot 10^{-7}$Н 1.4. $9 \cdot 10^{7}$В/м 1.5. 100В/м 1.6. 11,4В 1.7. 7,5МДж

2.1. 0,5см^2 2.2. 300м 2.3. 0,3кг 2.4.. $2,4 \cdot 10^{-6}$м^2, 8,3м 2.5. 9МДж 2.6. 0,7 Ом 2.7. 11м

3.1. 2,2кг 3.2. 4,4м 3.3. 450кг 3.4. 105Дж 3.5. 36мин 3.6. 320Дж 3.7. 500А

4.1. 20 4.2. 2 А оромо сан, 120 А оромо сан 4.3. 2000,1000 4.4. 1,75 эсеге көбөйөт. 4.5. 8мВб 4.6. 885 А о 4.7. 1400 5.1. 8м 5.2. 0,7С 5.3. 0,3Мм/с 5.4. 1,7 м.а.б. 5.5. 2,25 $\cdot 10^{-27}$кг·м/с 5.6. 60кг 5.7. 0,13Мэв

1-көнүгүү:**1**. 0,84м **2**. 19^0 **3**. 0,19см **4**. 48^0 **5**.1см **6.** 0,1см **7**. 2см
2-көнүгүү:**1**. 0,53мкм **2**. 0,6мкм **3**. 579нм **4.** басаңдайт,күчөйт
3-көнүгүү:**1**. 0,4мкм **2**. 0,162мкм **3**. 1,63мкм **4**. 8^0 **5**. $1,5^0$ **6.** 20мкм **7.** 16,5см
4-көнүгүү:**1**.$V_{max}=6,5 \cdot 10^5$м/с **2.** $\lambda_{Na}=4900A^0$, $\lambda_w=2700A^0$, $\lambda_{pt}=1950A^0$ **3**.$1A^0=10^{-10}$ м,$V=9,2 \cdot 10^5$м/с **4**. $1,03 \cdot 10^6$м/с **5**. $\lambda=0,18$мкм **6**. $E=5,9 \cdot 10^{-19}$Дж,$V=1,14 \cdot 10^6$м/с **7**.. 0,326мкм
5-көнүгүү:**1**.$4,9 \cdot 10^{-7}$м,$4,5 \cdot 10^{-36}$кг**2**.$1,66 \cdot 10^{-18}$Дж,$5,5 \cdot 10^{-27}$кг·м/с. ,$5 \cdot 10^{-7}$м,$8,7 \cdot 10^{-36}$кг **4**. $6,6 \cdot 10^{-7}$м,$3,3 \cdot 10^{-36}$кг,$1 \cdot 10^{-27}$кг·м/с **5**. $2,2 \cdot 10^{-18}$Дж,$2,4 \cdot 10^{-35}$кг
6-көнүгүү:**1**. 486Нм,434Нм,410Нм **2**. $3,3 \cdot 10^{15}$ c^{-1} **3.** $2 \cdot 10^{-24}$кг·м/с **4**. 0,25мкм
5. $R=3,3 \cdot 10^{15}$ c^{-1},$E_{min}=19$ эВ,$E_{max}=3,4$эВ

Көнүгүүлөрдүн жооптору: 1-көнүгүү:**1**.150м **2**. -5м/с **3**. 48км/саат **4**. 10м/с^2 **5**. 50м **6**. 2м/с^2 **7**. 20км/саат
2-көнүгүү:**1**. 24Н **2.** 20Ом **3**. 1,25кг **4**. 20с **5**. 0,75м/с^2 **6**. 10^5Н **7**. 1м/с
3-көнүгүү:**1**. 54-жердин радиусу **2**. $2 \cdot 10^{30}$ кг**3.** 19,6м/с^2 **4**. 3Н **5**.$5,5 \cdot 10^{-55}$ Н **6**. 19200км **7**. 1,7м/с^2
4-көнүгүү:**1**. 663 **2**. 665 **3**. 666 **4**. 667 **5**. 0,5мН **6**. 4 **7**. 50кН
5-көнүгүү:**1**. 10м/с **2**. 2,5м/с **3**. 4м/с **4.** 3,3м/с **5**. 100м/с **6.** 2кг **7**. 0,5м/с

6-көнүгүү:**1**. 1,8Дж **2**. 500Дж **3**. 22мВт **4**. 0,22м/с **5**. 10м **6**. 0,05Дж **7**. 31Дж,49Дж
7-көнүгүү:**1**.12$м^2$ **2**. 0,056моль **3**. $1,88 \cdot 10^{23}$ **4**. $8,5 \cdot 10^{28}$ **5**. $5,7 10^{-8} м^3$
6. 60гр **7**. 0,8гр
8-көнүгүү:**1**. 810м/с **2**. $0,3^0$К **3**. 210м **4**. 99^0К **5**. 1,6кг **6**. 12мин **7**. 89% **8.** 23% **9.** 19кг
9-көнүгүү:**1**. 28мг **2.** 74мН/м **3**. 820кг/$м^3$ **4.** 22мН/м **5.** 11,7мг **6**. 7,3см **7.** 3см
10-көнүгүү:**1**. 4г **2**. 6,6гр **3.** 280кг **4**. 36,5m **5**. 3гр **6.** 8,1кг, 9кВт·саат
11-көнүгүү:**1**. 24л **2**. 2мг **3**. 200^0К **4**. 50л **5**. 5л **6**. 450^0К
12-көнүгүү:**1**. 5,65МДж **2**. 4кг **3**. 45^0К **4.** 6мДж **5.** 0,3гр **6**. 264кг **7**. 1,73кг
11-КЛАСС

Кайталоо үчүн маселелердин жооптору:

1. Кинематика.Эркин түшүү.Телонун айлана боюнча кыймылы

1. 400м **2**. 160м **3**. 5м/$с^2$,750м **4**. 1300с **5.** 6м/с **6**. 106 **7**. 6400км **8**. 9,1м/$с^2$ **9**. 20с

2. Динамика

1.0,2Н **2.** 13000Н **3**. 5,4кДж **4**. 1,5кН **5**. 10мин **6**. 840Н **7**. 50кН **8**. 1,5МН **9**. 60с

3. Бүткүл дүйнөлүк тартылуу күчү.Серпилгич күчү.Сүрүлүү күчү

1. 6Н **2**. 0,4 **3**. 20Н,0,04 **4**. $2R_ж$ **5**. 20 Н **6**. 11см **7.** 1250Н 8. 2см **9**. 39Дж

4. Импульстун сакталуу закону

1. 2,5м/с **2.** 2м/с **3.**10м/с **4.** 20кНс **5**. 1,2м/с **6**. 0,9кгм/с **7**. 1,5м/с **8**. 40т **9.** 50Нс

5. Механикалык жумуш.Кубаттуулук.Энергия

1.7Дж **2**. 2,65,6кВт **3**. 1,6МДж **4**. 10,3МВт **5**.300Кн **6**. 3,7КвТ **7**. 31Н **8**. 9,5м/с **9**. 250м/с

6.**Катуу телолордун механикалык касиеттери**

1. 50 **2**. 320 **3**. 2 **4.** 2 **5**. $1,1 \cdot 10^4$ Н **6**. 2550 **7**. 1мм **8**. 3,1см **9**. 1700Н

7. Жылуулук алмашуу

1.56^0С **2**. 30кг **3**. 4,2кг **4**. 10^0С **5**. 75кг **6**. 30% **7**. 25% **8**. 21Вт **9**. 200гр

8. Заттын агрегаттык абалдары

1. 505кг **2**. 10^0С **3**. 800м/с **4**. 3,3гр **5**. 2,84кг **6**. 10кг **7**. 44,1кг **8.** $2,6 \cdot 10^8$Дж **9.** $0,2^0$К **10.** 7,1кг **11.** 34км **12.** 1м

9. МКТ

1.500м/с **2**. 266^0К **3**. $2,1 \cdot 10^{-20}$ Дж **4.** $4,0 \cdot 10^5$ Па **5**. 643м/с **6**. 13,3Па **7.** $2,5 \cdot 10^{-26} м^{-3}$ **8.** 30$м^3$ **9.** $1,37 \cdot 10^{25}$

10. Менделеев-Клайперондун тендемеси

1.1,2$м^3$ **2**. 20кг **3**. 50мПа **4**. 100^0К **5**. 20моль **6**.1,43кг/$м^3$ **7**. 4кг **8**. 40 МПа **9**.0,25кг

11. Абанын нымдуулугу

1. 840 **2.** 24^0С **3**. 6 **4**. 1,08 **5**. $1,65 \cdot 10^3$Па **6**. 86% **7**. $2,27 \cdot 10^3$Па **8**. 18^0С,$2 \cdot 10^3$Па **9**. $1,44 \cdot 10^3$Па

12. Беттик тартылуу

1.$3,1 \cdot 10^{-2}$ Н/м **2.** 0,25Н **3**. 0,04Дж/$м^2$ **4**. 0,073Н/м **5.** 6см **6.** **7**. 0,072Н/м **8.** 0,05Дж/$м^2$ **9**. 0,1м

13. Элекролиттеги электр тогу

1.6А/$дм^2$,152кВ саат **2**. 311гр,500$м^2$,200Вт,4800кВт саат **3**. 20м **4**. 80кг **5**. 54грн **6**. 4В **7**. 0,13МДж **8**. 16,7мин **9**. 19Мкм

КАЙТАЛОО ҮЧҮН МАСЕЛЕЛЕРДИН ЖООПТОРУ

1.1. 112кВ/м 1.2. 50,4кВ/м 1.3. $18\cdot 10^{-18}$ Дж 1.4. 1,8Н, $-3\cdot 10^{-6}$ Кл 1.5. $5\cdot 10^{-14}$Кл 1.6. 10Дж 1.7. 1,2мкДж 1.8. $1{,}87\cdot 10^{-7}$м/с 1.9. 22кВ

2.1. 1,8мОм 2.2. 50м,1мм 2.3. 40 Ом 2.4. 0,01 Ом 2.5. 0,004град$^{-1}$ 2.6. 390В/м 2.7. 12,0 Ом, 6 Ом 2.8. 0,5А же 1ө,5А 2.9. 25%

3.1. 1,2кВт 3.2. 1,55кДж/с $\cdot$ м^3 3.3. 80% 3.4. 0,77Вт 3.5. 12Вт 3.6. Эки эсе 3.7. 19м 3.8. 400Вт 3.9. 3,3мин 4.1. $20\cdot 10^{-5}$Г/м 4.2. IN = 500А·о 4.3. 1,8Тл, 200 4.4. 620А 4.5. 500, 9600, 8000, 5000, 2200, 1200, 800

5.1. 0,8м 5.2. 0,6Мм/с 5.3. $2{,}6\cdot 10^{8}$м/с 5.4. 71 жыл 5.5. Эки эсе кичине 5.6. 0,9С 5.7. 0,97С 5.8. 0,01 5.9. 0,51Мэв

Кайталоо үчүн маселелердин жооптору

1. Фотоэффект

1. 4,5В **2**. $1{,}2\cdot 10^{6}$ м/с **3**. $8\cdot 10^{-8}$ м **4**. $5{,}3\cdot 10^{-19}$ Дж **5**. $6{,}5\cdot 10^{5}$ м/с **6**. $1{,}66\cdot 10^{-27}$ Кг м/с **7**. $9{,}7\cdot 10^{14}$Гц,$7{,}1\cdot 10^{-30}$кг **8**.$0{,}6\cdot 10^{6}$ м/с **9**. 3,5В

1. Атомдук физика

1. $6{,}6\cdot 10^{-7}$ м,$3{,}3\cdot 10^{-36}$ кг,$1{,}0\cdot 10^{-27}$ кгм/с^2 **2**. $2{,}2\cdot 10^{-18}$ Дж,$2{,}4\cdot 10^{-35}$ кг **3**. $2{,}4\cdot 10^{-12}$ м,$8{,}2\cdot 10^{=14}$ Дж **4**.$4{,}4\cdot 10^{-19}$Дж **5**. $4\cdot 10^{-19}$ Дж **6**. $2{,}2\cdot 10^{15}$ Гц **7.** $1{,}6\cdot 10^{6}$ м/с **8.** $8{,}5\cdot 10^{3}$ Вт **9.** 19,3%

КӨНҮГҮҮЛӨРДҮН ЖООПТОРУ

1-көнүгүү:**1**. 0,84м **2**. 19^0 **3**. 0,19см **4**. 48^0 **5**.1см **6.** 0,1см **7**. 2см

2-көнүгүү:**1**. 0,53мкм **2**. 0,6мкм **3**. 579нм **4.** басаңдайт,күчөйт

3-көнүгүү:**1**. 0,4мкм **2**. 0,162мкм **3**. 1,63мкм **4**. 8^0 **5**. $1{,}5^0$ **6.** 20мкм **7.** 16,5см

4-көнүгүү:**1**.$V_{max}=6{,}5\cdot 10^{5}$м/с **2.**$\lambda_{Na}=4900A^0$, $\lambda_{w}=2700A^0$, $\lambda_{pt}=1950A^0$ **3**.$1A^0=10^{-10}$ м,$V=9{,}2\cdot 10^{5}$м/с **4**. $1{,}03\cdot 10^{6}$м/с **5**. $\lambda=0{,}18$мкм **6**. $E=5{,}9\cdot 10^{-19}$Дж,$V=1{,}14\cdot 10^{6}$м/с **7.**. 0,326мкм

5-көнүгүү:**1**.$4{,}9\cdot 10^{-7}$ м,$4{,}5\cdot 10^{-36}$ кг**2**.$1{,}66\cdot 10^{-18}$ Дж,$5{,}5\cdot 10^{-27}$ кг·м/с. ,$5\cdot 10^{-7}$ м,$8{,}7\cdot 10^{-36}$ кг **4**. $6{,}6\cdot 10^{-7}$ м,$3{,}3\cdot 10^{-36}$ кг,$1\cdot 10^{-27}$ кг·м/с **5**. $2{,}2\cdot 10^{-18}$ Дж,$2{,}4\cdot 10^{-35}$ кг

6-көнүгүү:**1**. 486Нм,434Нм,410Нм **2**. $3{,}3\cdot 10^{15}$ с$^{-1}$ **3.** $2\cdot 10^{-24}$ кг·м/с **4**. 0,25мкм

5. $R=3{,}3\cdot 10^{15}$ с$^{-1}$,$E_{min}=19$ эВ,$E_{max}=3{,}4$эВ

МАЗМУНУ

ЭЛЕКТРОМАГНИТИЗМ

VI ГЛАВА Электромагниттик талаа

§36. Магнит талаасы. Био-Савар-Лапласстын закону жана Максвеллдин теңдемеси..36

§37. Электромагниттик индукция кубулушу боюнча Максвеллдин теңдемеси……………………………………………………….36

§38. Фуконун тогу..37

ЗАТТАРДЫН МАГНИТТЕЛИШИ

VII ГЛАВА Заттардын магниттик касиеттери

§39. Магнетиктердин классификациясы..............................39

§40. Парамагнетизм жана Диамагнетизм……………….....39

§41. Ферромагнитизм. Магниттик гистерезис…………....40

ҮЧ ФАЗАЛЫК ЭЛЕКТР ЧЫНЖЫРЛАРЫ

VIII ГЛАВА Үч фазалык ток

§42. Үч фазалык системалар жөнүндө жалпы маалыматтар..........43

§43. Өзгөрүлмө электр тогунун генератору..........................43

§44. Үч фазалык өзгөрүлмө тогун аралыкка берүү....................44

§45. Үч фазалык трансформатор......................................45

§46. Үч фазалык токтун асинхрондук кыймылдаткычтарынын физикалык негиздери...46

ЭЛЕКТРДИК ӨЛЧӨӨЛӨР ЖАНА ПРИБОРЛОР

IX ГЛАВА Электрдик өлөчөөчөү приборлор

§47. Электрдик өлчөөлөрдүн маңызы жана мааниси. Электрдик өлчөөлөрдүн негизи………..48

§48. Өлчөөчү приборлордун каталары. Электр өлчөөчү приборлордун түрлөрү……………….48

§49. Шкалалардагы шарттуу белгилер. Магнитоэлектрдик приборлору………………………..49

§50. Электромагниттик приборлор. Электромагниттик приборлор……………………………...50

§51.Санариптик приборлор. Каршылыкты өлчөө………………………………………………51

МЕЙКИНДИК. УБАКЫТ. ААЛАМ.

X ГЛАВА Салыштырмалуулук теориясынын негиздери

§52. Мейкиндик жана убакыт. Координаталык система. Эсептөө системасы……………………53

§53. Галилейдин салыштырмалуулук принциби……………………………………………...53

§54. Галилейдин салыштырмалуулук принцибинин натыйжалары……………………………..54

§55. «Эфирдик» теориянын келип чыгышы. Майкельсондун тажрыйбасы..……………………55

§56. Атайын салыштырмалуулук теориясынын негиздери…………………….....................55

§57. Окуялардын бирдей убактуулугунун салыштырмалуулугу……………………………….56

§58. Лоренцтин өзгөртүүлөрү……………………………………………………………………………56
§59. Узундуктун салыштырмалуулугу……………………………………………………………….57
§60. Убакыт аралыгынын салыштырмалуулугу…………………………………………………..57
§61. Ылдамдыктарды кошуу закону………………………………………………………………..58
§62. Массанын ылдамдыктан көз карандылыгы. Релятивиситтик динамика…………………….58
§63. Масса менен энергиянын байланышы…………………………………………………………59
§64. Аалам. Ааламдын эволюциясы…………………………………………………………………61
§65. Кара көңдөй……………………..…………………………………………………….....................61
Көнүгүүнүн жооптору……………………………………………………………................ 64
Лабораториялык иштер……………………………………………………………......................65
Кайталоо үчүн маселелер…………………………………………………………......................73
Кайталоо үчүн маселелердин жооптору……………………………………….....................76
Мазмуну………………………………………………………………………………………........................77

11-класстын программасы

(Бардыгы 102с., лаб. иш 8с., кайталоо 8с., Экскурсия 4с. резерв 8с.)

I ГЛАВА Электр талаасы

Электростатикалык талаа. Электр талаасынын чыңалышы. §2. Электростатикалык талаасынын мейкиндикте жана өткөргүч боюнча бөлүштүрүлүшү. Заряддарды которуштуруу боюнча электростатикалык талаанын аткарган жумушу. Электр талаасынын мүнөздөмөсү. Потенциалдардын айрымасы(Кайталоо үчүн). Бир тектүү электростатикалык талаасындагы диэлектриктер. Диэлектриктердин полярдык жана полярдык эмес молекулалары. Диэлектриктердин поляризациясы. Пьезоэффект. Электр сыйымдуулугу. Конденсаторлор(Кайталоо үчүн). Жалпак конденсатордун электр сыйымдуулугу. Заряддалган конденсатордун энергиясы(Кайталоо үчүн).

II ГЛАВА Өткөргүчтөр

Турактуу электр тогу(8с.)

Металлдардын түзүлүшү. Металлдардагы электр тогу. Стюарт-Толмендин тажрыйбасы. Электр тогу. Ток булагы. Булактын э.к.к.сы. Токтун күчү. Токтун тыгыздыгы. Чыңалуу. Өткөргүчтүн каршылыгы. Салыштырмалуу каршылык. Омдун закондору. Омдун дифференциалдык закону. Электр талаасынын жумушу. Джоуль-Ленц закону. Электр кубаттуулугу. Кирхгофтун закону. Тармакталган электрдик чынжырды эсептөө. Электр тармактарындагы техникалык жоготуулар. Жогорку өткөрүмдүүлүк. Жогорку температурадагы өтө жогорку өткөрүмдүүлүк.

III ГЛАВА Жарым өткөргүчтөр(6с.).

Жарым өткөргүчтөр. Жарым өткөргүчтүк приборлор. Жарым өткөргүчтүк диод. Өзгөрүлмө электр тогун жарым өткөргүчтүк диоддор менен турактуу токко айландыруу. RC жана LC фильтрлери. Транзистор. Блокинг генератор жана мультивибратор.

IV ГЛАВА Жарым өткөргүчтөрдү өндүрүүнүн өнөр жайлык негиздери(3с)

Таш–Көмүр заводунда поликремнийди өндүрүүнүн физикалык негиздери. Трихлорсиланды өндүрүү. Трихлорсиланды синтездөө. Поликремнийди өндүрүп чыгаруунун технологиялык схемасы.

V ГЛАВА Санариптик техниканын негиздери(8с.).

Триггер. ЭВМдин элементи катарында. Триггерлердин түрлөрү. Логикалык элементтер. Интегралдык микросхемалар. Аналогдук жана цифралык микросхемалар. Логикалык алгебанын негиздери. Логикалык операциялар. Логикалык элементтердин түрлөрү жана иштөө принциптери.

VI ГЛАВА Электромагниттик талаа. Максвеллдин теңдемелери.(6с.)

Мейкиндикте электр талаасынын бөлүштүрүлүшү. Куюн сыяктуу электр талаасы. Био-Савар-Лапласстын закону. Максвеллдин 1-теңдемеси. Максвелдин 2-теңдемеси. Электромагниттик талаанын мейкиндикте бөлүштүрүлүшү. Максвеллдин дифференциалдык теңдемелеринин физикалык маанилери. Электрдик өлчөөчү приборлордун иштөө принциптери.

VII ГЛАВА Заттардын магниттик касиеттери(8с.)

Заттардын магнитик касиеттери. Магнетиктердин классификациясы. Диамагнетизм. Парамагнетизм. Ферромагнетизм. Магнитик гистерезис кубулушу. Өзгөрүлмө электр тогун арҒлыкка берүүдө техникалык жоготуулар.

VIII ГЛАВА Үч фазалык ток.(10с.)

Электр энергиясын өндүрүү. Өзгөрүлмө электр тогунун генератору. Үч фазалык ток. Электр жүктөмдөрүн үч фазалык токко үч бурчтук жана жылдызча жолу менен туташтыруу. Сызыктуу чыңалуу. Фазалык чыңалуу. Электр энергиясынун чыңалуусун өзгөртүү. Трансформатор. Үч фазалык ток. Электр энергиясын аралыкка берүү жана өндүрүштө, транспортто пайдалануу. Үч фазалык токтун асинхрондук жана синхрондук кыймылдаткычтары. Сызыктуу жана сызыктуу эмес электр чынжырлары.

IX ГЛАВА Электрдик өлчөөчү приборлор(4с.)

Электрдик өлчөөлөрдүн маңызы жана мааниси. Электрдик өлчөөлөрдүн негизи. Өлчөөчү приборлордун каталары. Электр өлчөөчү приборлордун түрлөрү. Шкалалардагы шарттуу белгилер. Магнитоэлектрдик приборлор. Санариптик приборлор. Каршылыкты өлчөө

X ГЛАВА
Салыштырмалуулук теориясынын негиздери(8с.).

Галиллейдин салыштырмалуулук принциби. «Эфир» теориясы. Майкельсондун тажрыйбалары. Атайын салыштырмалуулук принциптери. Эйнштейдин постулаттары. Узундуктун салыштырмалуулугу. Убакыт аралыгынын салыштырмалуулугу. Релятвисттик механика. Масса менен энергиянын байланышы.

Лабораториялык иштер 8с.

Кайталоо 12с. Жергиликтүү электр тармактар ишканасына экскурсия 4с. Резерв 8с.