УДК 371.3:53

ТЕМИРБАЕВ М.М.
БатМУ СПИ
Кыргызстан, Баткен
Temirbaev M.M.
BatMU SPI
Kyrgyzstan, Batken
mtemirbaev1979@mail.ru

ФОТОНДУН КАСИЕТТЕРИН ЖАНА КОМПТОНДУН ЭФФЕКТИН ОКУТУУ МЕТОДИКАСЫ

МЕТОДИКА ИЗУЧЕНИЯ СВОЙСТВ ФОТОНА И ЭФФЕКТ КОМПТОНА
PHOTON AND IST ATTRIBUTES AND THE METHOD OF TEACHING COMPTON

Бул макалада фотон жана анын касиеттерин окутуу методикасынын айрым маселелери каралган.
Түйүндүү сөздөр: *фотон, жарык кванты, энергия, толкун, рентген нурлары*
В этой статье рассмотрены некоторые вопросы методики преподавания фотона и его свойств.
Ключевые слова: *фотон, световые кванты, энергия, толкун, рентгеновские излучение*
This article shows some problems of the teaching methods of photon and its attributes.
Key words: *photon, light quantum, energy, wave, X-ray radiation*

Нурдануунун кванттык касиеттерин окуучуларга белгилүү болгон бөлүкчөлөрдүн касиеттери менен салыштырып, чыгарууда жана жутулууда жарыкты жыштыктан көз каранды болгон $E = h\nu$ энергиялуу бөлүкчөлөрдүн агымы катарында кароого болот. Мындан бардык электромагниттик толкундар, анын ичинде, жарык толкундары да, толкундук касиети менен бирге бөлүкчө – кванттык (фотондук) түзүлүштө болоорун, кээ бир учурларда өзүн бөлүкчө сыяктуу алып жүрөөрүн көрсөткөн жыйынтыкка келебиз. Нурданууда жана жутулууда байкалган жарыктын касиети корпускулалык деп аталат. Жарык бөлүкчөсүнүн өзү *фотон* же *жарык кванты* деп аталат. Фотон жөнүндө түшүнүктү калыптандырганда анын төмөндөгү мүнөздөрүн жана айырмалоочу өзгөчөлүктөрүн карайбыз:

- Фотон –материалдык бөлүкчө, электрдик нейтралдуу; фотондун энергиясы $E = h\nu = \frac{hc}{\lambda}$ барабар, б.а., электромагнит толкунунун бөлүкчөсүнүн жыштыгы менен аныкталат;
- Фотондун ылдамдыгы дайыма жарыктын вакуумдагы *c* ылдамдыгына барабар; жарыктын ылдамдыгы тууралуу айтылгандардын баары (бардык инерциялык эсептептөө системаларына салыштырмалуу чектүүлүк, акыры, инварианттуулук) фотонго да тиешелүү, себеби фотондор бул жарыктын өзү;
- Фотон ультрарелятивдик бөлүкчө, заттын бөлүкчөлөрүнөн айырмаланып (нуклон, электрон, мезондордон ж.б. жөнөкөй бөлүкчөлөрдөн) ал кыймылсыздык массасына ээ эмес.

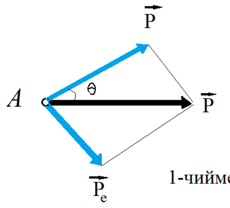
Фотондо кыймылсыздыктын массасы болбогондуктан, ал Ньютондун закондоруна баш ийбейт. Ошону менен бирге, аны тездетип да, басаңдатып да болбойт жана эч кандай күчтөр ага таасир кылбайт. Жарык нурларынын Күн жана жылдыздар тартылуу талаасындагы ийрейүүсү, фотондордун тартылуусу менен эмес мейкиндик-убакыт геометриясы менен түшүндүрүлөт, анын жардамы менен эки чекиттин ортосунда эң кыска аралык түз эмес, ийри сызык болуп калат.

Фотондун импульсу $\rho = \frac{h\nu}{c} = \frac{h}{\lambda}$ барабар, мында λ жана ν жарык толкунунун узундугу жанан жыштыгы. Бул жарыктын корпускулалык жана толкундук касиеттеринин байланышын көрсөтөт: себеби, ρ – бөлүкчөнүн импульсу, ал эми λ жана ν - толкундун мүнөздөмөсү.

Фотон бөлүкчөлөргө бөлүнбөйт. Ал бүтүн гана чыгат, чагылат, сынат жана жутулат. Фотондун энергиясынын “алмашуусу” эки этапта кайрадан нурдануу (переизлучение) жолу менен гана болушу мүмкүн: бир фотон жутулат, ал эми башкасы чыгарылат. Нурданып жаткан телодон фотондордун чыгышы стастикалык башаламан болот. Ошондуктан жарык агымында фотондордун концентрациясын флуктациялоого болот.

Жарыктын фотондук теориясын кабыл алуу корпускулалык теорияга кайтууну билдирбегенин белгилеп коюу керек. Ньютон жана анын жолун жолдоочулардын көз караштары боюнча, жарык корпускулалары ньютон механикасынын закондоруна баш ийген кадимки бөлүкчөлөр катарында каралуусу керек эле. Бирок, фотон классикалык корпускуладан электромагниттик толкундан ажырагыс байланыш касиеттери айрымаланат, б.а., анын энергиясы менен импульсу анын жыштыгы менен (же толкундун узундугу менен) аныкталат.

Ошентип, фотон экилик касиетке ээ – корпускулалык да, толкундук да. Бул суроого кайталоо-жыйынтыктоо сабагында кайрылуу зарыл болот.



1-чийме

Фотон энергиясынын толук жыштыгынан (толкун узундугунан) көз карандылыгын рентген жана гамма-нурлардын мутагендик аракетин түшүндүрүүгө мүмкүндүк берет, бул жөнүндө окуучуларга биология курсунан белгилүү. Энергиясы болжол менен 1,8-3,1 ЭВ га барабар көзгө көрүнгөн нурлануу фотондору организмдин ичине өтө албайт экен, алар сыртки катмарда жутулат. Энергиясы көзгө көрүнгөнгө караганда 1,5-2 эсе көбүрөөк ультрафиолет нурлануу фотондору териге тереңирээк кирет, бирок пигмент катмарда кармалып, теринин күйүүсүнө алып келет.

Фотондо импульстун бардыгынын негизги эксперименталдык далили 1923-жылы заттарда рентген нурунун чачыроосун изилдеген учурда ачылган Комптондун натыйжасы (эффекти) болуп саналат. 1923-ж. А. Комптон жана андан көз карандысыз П. Дебай бул көрүнүштү квант теориясынын көз карашы боюнча түшүндүрүшкөн. Анын маңызын кыскача карап көрөбүз:

Электромагниттик нурдануунун кванттык касиети рентгендик жана гамма-нурларынын бош электрондордон чачыроо учурунан өзгөчө ачык көрүнөт. Бул учурда түшүүчү нурдануунун толкун узундугуна караганда чачыраган нурдануу кезиндеги толкун узундугу чоңойгондугу байкалат. Бул кубулуш 1923-жылы америкалык окумуштуу А.Комптон тарабынан ачылган. Классикалык электромагниттик теорияга ылайык чачыраган нурлануу затка түшкөн нурлануунун ошол эле жыштыгына (же ошол эле толкун узундугуна) ээ болуусу керек, б.а., нурлануунун бош электрондордо чачыроосу толкун узундугунун өзгөрүүсү менен жүрбөшү керек. ν жыштыгындагы түшүүчү толкун ошондой эле жыштыктагы электрондорду аргасыз термелүүгө алып келет. Электрондор термелгенде ν жыштыктагы экинчи электромагниттик толкундарды нурдантат. Бул чачыраган нурдануу болуп эсептелет. Анын толкун узундугу $\lambda = \frac{c}{\nu}$ түшүүчү нурдануунун толкун узундугуна барабар болушу керек.

Чачыроо кезиндеги толкун узундугунун өзгөрүүсүн түшүндүрүү $E = h\nu$ энергиясына жана $\rho = \frac{h\nu}{c} = \frac{h}{\lambda}$ импульсуна ээ болуп, жарыктын бөлүкчөсү болуп эсептелген фотондор жөнүндөгү түшүнүктөрдүн негизинде гана мүмкүн болду. Фотон электрон менен кагылышканда ага өзүнүн энергиясынын бөлүгүн берет. Натыйжада электрондун энергиясы көбөйүп, ал эми фотондуку азаят. Энергиянын азайышы фотондун жыштыгынын азайышын, демек, нурдануунун толкун узундугунун чоңоюшун билдирет. Энергиянын сакталуу закону боюнча:

$h\nu + E_0 = h\nu' + E$ мында $E_0 = m_0 c$ жана E электрондун баштапкы жана акыркы энергиялары, m_0 - электрондун кыймылсыз абалдагы массасы, ν' - чачыраган фотондун жыштыгы. Фотон электрон менен кагылышканда энергиясы гана эмес, фотондун импульсу да модулу жана багыты боюнча өзгөрөт. Фотондун импульсунун бөлүгү электронго берилет. 1-чиймеде фотондун импульсунун кагылышканга чейинки жана кагылышкандан кийинки вектору берилген. Кагылышкандан кийин ал $\mathrm{P_e}$ импульсуна ээ болот. Энергиянын жана импульстун сакталуу закондорунан чачыроо нурдануусунун толкун узундуктарынын θ чачыроо бурчунан көз карндылыгын аныктоого болот:

$$\Delta\lambda = \lambda' - \lambda = 2\lambda_к \sin^2\frac{\theta}{2} \quad (1)$$

Мында: $\lambda_к = \frac{h}{m_0 c} = 2{,}14 \cdot 10^{-10}\text{м}$ - *электрондун комптондук толкун узундугу* деп аталуучу турактуу чоңдук.

Комптондун тажрыйбалары 1-формуланын тууралыгын далилдегендигин окуучуларга түшүндүрүүдө көңүл бөлүү керек. Ага Комптон рентген нурларынын парафинде, графитте чачыроосун байкагандыгын айтуу керек. Рентген нурларынын фотондорунун энергиясы, бул заттардын атомдорунун иондошуу энергиясына салыштырганда өтө эле чоң. Фотондор электрондорду атомдордон ажыратып, аларга чоң энергия берет. Ошондуктан электрондорду бош жана кагылышканга чейин тынч абалда деп эсептөөгө болот. Электрондор тарабынан ээ болгон энергия өтө эле чоң болгондуктан Комптондун формуласын чыгарууда электрондун энергиясы жана импульсу үчүн релятивдик маанилерди пайдалануу керек.

Эгерде фотоэффект кубулушу фотон $E = h\nu$ энергияга ээ экендигин далилдесе, Комптон эффекти фотондун $\rho = \frac{h\nu}{c}$ импульсуна ээ экендигинин эксперимент жүзүндөгү далилдөөсү болот. Бул жагынан алганда фотон бардык башка элементардык бөлүкчөлөргө окшош келет. Ошентип, Комптондун эффекти фотондордун жашоосу жана аларда энергия жана импульстун бар экендигинин ишеничтүү далили болуп саналат.

Комптон эффектинин сандык эсептөөсү (1-формуланын жыйынтыгы) көптөгөн эсептөөлөр менен байланышкандыктан, аны окуучуларга сунуш кылуу максатка ылайыктуу эмес, андыктан ал программада каралган эмес.

Өтүлгөн теманы бышыктоо үчүн окуучулардын көңүлүн төмөнкү суроолорго буруну сунуштайбыз:

1. Корпускула түшүнүгү – бардык бөлүкчөлөрдү камтуучу кеңири түшүнүк.
2. Квант энергиясы - оцилятор тарабынан жутулуучу жана нурдануучу энергия үлүшү.
3. Фотон –энергиянын белгилүү үлүшүнө ээ болгон жарык бөлүкчөсү.
4. Фотон $p = \frac{h\nu}{c}$ импульска жана $E = h\nu$ энергияга ээ.
5. Салыштырмалуулук теориясына ылайык энергия менен массанын байланышы $E = mc^2$, анда фотондун массасы $h\nu = mc^2$ барабардыгынан $m = \frac{h\nu}{c^2}$ болот.
6. Фотондун импульсу $\rho = mc = \frac{h\nu}{c} = \frac{h}{\lambda}$ Бул теңдеме жарыктын толкундук жана корпускулалык касиеттерин байланыштырат. $E = h\nu$ жана $\rho = \frac{h\nu}{c}$ формулаларынан көрүнгөндөй, канчалык жыштык чоң болсо фотондун импульсу жана энергиясы чоң болот.

Адабияттар*:*

1. Глазунов А.Т., Нурминский И.И., Пинский А.А. Методика преподавания физики в средней школе – М.,1989.
2. Мякишев Г.Я., Буховцев Б.Б. Физика -11. –Ф.,1989.
3. Ванеев А.А., Дубицкая Э.Г., Ярунина Е.Ф. Преподавание физики в 10 классе. –М, 1978.
4. Мамбетакунов Э., Карашев Т., Токтогулов М. Физика-9. –Б, 2008.
5. Арапов Б., Арапов Т.Б. Кванттык механиканын негиздери. -Ош, 2006.