

## Альберт Эйнштейн ба гэрлийн квант онолын хөгжил

Т.Гун-Аажав<sup>1</sup>, Б.Жадамбаа<sup>2</sup>

<sup>1</sup>МУУИС, <sup>2</sup>МУБИС

Гэрлийн квант онолын эхлэлийг тавьсан эрдэмтэн бол Германы физикч Макс Планк юм. Физикийн түүхэнд тухайн үедээ цаашид үл хуваагдах хэмээн тооцогдож байсан масс (протон, нейтроны масс), цэнэг (электроны цэнэг) зэрэг хэмжигдэхүүнүүдийн хамгийн жижиг хэсгүүдийг эдгээрийн элементар квант (буюу товчоор квант) хэмээн нэрлэж байжээ. Тэгвэл энергийн квантын хувьд асуудал нилээд нарийн, урт түүхтэй юм. Энергийн квантыг Ньютоны корпускул хуулиар тайлбарлах боломжтой юу гэдэг асуудал тавигдлаа гэхэд тэр үед энергийн тухай ойлголт гарч ирээгүй байжээ. Ньютон гэрлийг өөрийн гэсэн массгүй жижиг хэсгүүд буюу корпускулууд гэж үзэж байв. Хожим нь энергийн тухай ойлголт гарч ирж хөгжин, гэрэл энергийг зөөдөг гэдэг нь тогтоогдсон хэдий ч гэрэл энергийн холбооны асуудлыг гэрлийн корпускул онолтой холбох тухай санаа бодол хэнд ч төрөлгүй XX зуун хүрч иржээ.

Энергийн квантын тухай санааг анх 1900 онд М. Планк хар биеийн цацаргалтын онолын судалгаандаа оруулж иржээ. Тэрээр хар биеийн цацаргалтын үед бие гэрлийн энергийг  $h\nu$  гэсэн квант буюу тун тунгаар цацруулна гэсэн санааг дэвшүүлэн цацрагийн энергийн спектр нягтын томъёог бичиж, *Verhandl der Deutscher Physik Gesselsch* сэтгүүлд өгүүлэл нийтлүүлжээ (/1/, по Макс Борн, 1956). Энэ томъёо нь спектрийн бүх мужид туршлагатай тохирдог бөгөөд энэ томъёоноос Степан-Больцманы хууль, их давтамжийн мужид Винийн шилжилтийн хууль, бага давтамжийн мужид Релее-Жинсийн хууль тус тус гардаг байна.

М.Планк гэрлийн энергийн квантын онолоо Авогадрогийн тоо, электроны цэнэг зэрэг атомын тогтмолуудыг тодорхойлохдоо ашиглаж байсан хэдий ч гэрлийн квантын тухай ойлголтондоо итгэл багатай байсан бөгөөд гэрлийн энэ квантлаг чанарыг гэрлийн цахилгаан соронзон долгионы онолын гольдрол руу оруулах оролдлоготой байсан гэдэг (/13/, х. 235-238).

Гэрлийн квант онолын эхлэл болох М.Планкийн санааг өргөтгөн гэрлийн квант онолыг шинжлэх ухааны онол болгон хөгжүүлсэн эрдэмтэн нь мөн Германы физикч А. Эйнштейн юм /9-12, 14-15/.

1888 онд нээгдсэн фото эффектний үзэгдлийн хувьд уул үзэгдэл тодорхой давтамжаас бага давтамжинд үүсдэггүй (фотоэффектийн улаан хил) болон фотоэффектийн үед металлаас гарах электроны хурд нь гэрлийн эрчмээс хамаардаггүй, зөвхөн давтамжаас хамаардаг зэрэг туршлагын хуулиуд нь цахилгаан соронзон долгионы онолоор тайлбарлагдахгүй байлаа.

А. Эйнштейн, гэрэл нь М.Планкийн онолоор биеэс  $h\nu$  квантаар цацрах төдийгүй биед  $h\nu$  квантаар шингээгдэнэ хэмээн томъёолж фотоэффектийн үзэгдлийн томъёог бичжээ. (/2/, по Макс Борн, 1956). Энэ томъёог эдүгээ хэрэглэгддэг хэлбэрээр нь бичвэл:

$$h\nu = \frac{1}{2} m\nu^2 + A$$

Энэ томъёо нь физикт фотоэффектийн үзэгдлийн Эйнштейний томъёо хэмээн нэрлэгддэг. Энд  $\frac{1}{2}m\nu^2$  - фотоэлектроны кинетик энерги,

$A$ -электроны металлаас сугаран гарах ажил болно. Гэрлийн долгион онолоор тайлбарлагдахгүй байсан фотоэффектийн үзэгдлийн улаан хилийн тухай болон фотоэффектийн үзэгдэл гэрлийн эрчмээс хамаардаггүй, зөвхөн давтамжаас хамаардаг тухай туршлагын хуулиуд фотоэффектийн Эйнштейний хуулиар бүрэн тайлбарлагддаг.

А.Эйнштейн гэрлийн квант онолын бүтээлүүдээрээ 1922 онд Олон улсын хэмжээний эрдмийн дээд шагнал - Нобелийн шагнал хүртжээ.

Гэрлийн квант онолыг хөгжүүлэхэд чухал хувь нэмэр болсон А.Эйнштейний бас нэгэн бүтээл нь түүний "Annalen der Physik" сэтгүүлд 1906 онд хэвлүүлсэн "Гэрэл үүсэх ба шингэхийн тухай онолд" хэмээх өгүүлэл юм. (/3/, по Макс Борн, 1956). А.Эйнштейн энэ ажилдаа цахилгаан соронзон резонаторын энерги нь бүхэл тооны  $h\nu$  утга авах ба гэрэл шингээх ба цацаргах үед резонаторын энерги бүхэл тооны  $h\nu$  утгаар өөрчлөгдөх бөгөөд иймээс цахилгаан соронзон орны энерги мөн квантлагдсан байна гэсэн дүгнэлт хийжээ.

А.Эйнштейн энергийн квантлалын тухай таамаглалаа физикийн хэд хэдэн салбарт хэрэглэн тэдгээрийн квант онолыг босгожээ. 1907 онд уг онолоо атом

молекулын дулааны хөдөлгөөний энергид хэрэглэн дулаан багтаамжийн температурын хамаарлыг тайлбарлаж, хатуу биеийн дулаан багтаамжийн квант онолыг босгожээ. (/4/, по Макс Борн, 1956).

Улмаар А.Эйнштейн, Нильс Борын дэвшүүлсэн атомын гариган загварт статистик арга хэрэглэн атомд гэрэл шингэх ба түүнээс гэрэл цацрах процессын статистик квант онолыг боловсруулж (/5/, по Макс Борн, 1956), шилжилтийн магадлалын коэффициентуудыг ашиглан абсолют хар биеийн цацаргалтын Планкийн томъёог гаргажээ. А.Эйнштейн 1922 онд энерги импульс хадгалагдах хууль ба гэрлийн квант онолоо ашиглан Комптоны эффектийг тайлбарлажээ.

А. Эйнштейн гэрэл нь долгиолог бөгөөд квантлаг шинж чанартай гэсэн гэрлийн хоёрдмол онол дээр үндэслэн цахилгаан соронзон долгион тодорхой импульстэй тул гэрлийн квант буюу фотон мөн импульстэй байх ёстой гэж үзээд харьцангуйн онолыг ашиглан  $\epsilon = h\nu$  энергитэй гэрлийн фотоны импульс:

$$p = \epsilon / c = h\nu / c$$

томъёогоор илэрхийлэгддэг болохыг тогтоожээ (/6/, по Макс Борн, 1956). Харьцангуйн онолоор ийм импульстэй бөөм (квант) тайвны массгүй байх бөгөөд аль ч системд гэрлийн хурд (c)-тай тэнцүү хурдтай тарна.

А. Эйнштейн, Энэтхэгийн физикч Шатьендранат Бозе нар /1924 онд/ бүхэл спинтэй бөөм – фотонд статистик физикийн аргыг хэрэглэн Бозе-Эйнштейний квант статистик хэмээн нэрлэгдэх квант физикийн онолын салбарыг үүсгэн хөгжүүлсэн юм (/7/, по Макс Борн, 1956).

А.Эйнштейний хөгжүүлсэн квант онол нь орчин үеийн квант электроник “лазер”, “мазер”-ын техникийн онолын үндэс нь болж байна.

Эцэст нь тэмдэглэхэд А.Эйнштейний бүтээлийн бүрэн эхийг Принсетоны Их Сургуулийн хэвлэлийн газраас 1987 оноос эхлэн цуврал болгон хэвлэн гаргаж байгаа бөгөөд түүнийг интернэтээс үзэж болно.

#### АШИГЛАСАН НОМ ЗОХИОЛ:

- [1] Planck M. Verh. der Deutsch. Phys., 2, 202,(1900)
- [2] 2. Einstein A., Ann.Phys. 17, 132 (1905)
- [3] 3. Einstein A., Ann.Phys. 20, 199 (1906)
- [4] 4. Einstein A., Ann.Phys. 22, 180 (1907)

- [5] 5. Einstein A., Ber.deutsch. Phys.Ges. 18, 318 (1916)
- [6] 6. Einstein A., Phis.Zeits. 18, 121 (1917)
- [7] 7. Einstein A., Sitzungsber. preuB. Akad.,Berlin, 3, 18 (1925)
- [8] 8. Макс Борн. Алберт Эйнштейн и световые кванты. /Эйнштейн и советская физика. Гос. Изд-во „Технико-теоретической литературы“. М.,1956. с.163-182.
- [9] 9. Выдающиеся физики мира. Серия библиографических указателей. М., 1958 с.390-397.
- [10] 10. Л.Инфельд. Эйнштейн и современная физика. / Эйнштейн и развитие физико-математической мысли. Изд-во АН СССР.М.,1962. с.69-71.
- [11] 11. А.Эйнштейн. Собрание научных трудов. Том3 (Работы по кинетической теории, теории излучения и основам квантовой механики 1901-1955гг.) Изд-во “Наука”, М.,1966.
- [12] 12. У.И. Франкфурт, А.М. Френк. Истоки теории излучения Эйнштейна. / Эйнштейновский сборник 1969-1970. Изд-во Наука. М.,1970. с.270-300
- [13] 13. П.С Кудрявцев. Развитие квантовой теории Эйнштейном. /Курс истории физики. Изд-во Просвещение. 1974. с.235-238
- [14] 14. М.Лувсандорж, Т.Гун-Аажав, Д.Батсуурь. Фотоцахилгаан үзэгдлийг квант онолоор тайлбарласан нь / А.Эйнштейний онолын өв, физикт гарсан хувьсгал. УХГ., УБ., 1985, х.18-23
- [15] 15. О.Лхагва, Х.Цоохүү, Б.Жадамбаа. Эйнштейн цацаргалтын квант онолыг үндэслэсэн нь. / А.Эйнштейний онолын өв, физикт гарсан хувьсгал. УХГ., УБ., 1985, х.23-30