# Реферат на тему:

# Теорія Бора

## Зміст

1. Постулати Бора

2. Спектр атома водню

3. Критика теорії Бора

4. Мої зауваги і враження

5. Література

## Постулати Бора

Закони класичної механіки описують лише неперервні процеси, тому, коли, досліджуючи енергетичні спектри атомів, отримали дискретні сукупності спектральних ліній, стало зрозумілим, що атом має більш складну структуру, ніж ту, що уявляли раніше, і її так просто не поясниш за допомогою законів Ньютона і рівнянь Максвелла. Дискретність спектрів означала, що заряди в атомі мають тільки певні значення енергії, що неможливо було пояснити.На початку ХХ ст. Макс Планк припустив, що світлова енергія випромінюється і поглинається квантами з енергією h, а пізніше Альберт Айнштайн увів поняття кванта світла – фотона, розглянувши поширення світлової хвилі як потік фотонів. Використовуючи ці дослідження, Нільс Бор спробував пояснити будову атома, сформулювавши два постулати:

1. *Атом або система атомів може знаходитись не в усіх станах, що дозволяє класична механіка, а тільки в деяких певних (надалі - квантових) станах, що мають дискретні значення енергії Е1, Е2, Е3 тощо. В цих станах* ***атом не випромінює.*** *Усі можливі такі стани назвемо* ***стаціонарними.***
2. *При переході зі стаціонарного стану з енергією Еn2 до стаціонарного стану з енергією En1, енергія атома змінюється на Еn2 - En1. Якщо такий перехід вввідбувається внаслідок випромінювання (поглинання)[[1]](#footnote-1), то при цьому випускається (поглинається) один фотон з енергією*

|  |  |
| --- | --- |
| h = En2 – En1 | (1) |

Проаналізуємо докладніше ці постулати. Фактично, теорія Бора є перехідним етапом між класичною і квантовою механікою, адже в ній поєднано ідеї і принципи обох цих теорій. За Бором, з одного боку, електрони в атомах[[2]](#footnote-2) рухаються по певних траекторіях, у кожний момент часу строго визначено їх положення та швидкість, і рух описується Ньютонівською механікою (класичні уявлення), а з іншого боку, вони можуть мати лише певні дискретні значення енергії (інакше кажучи, знаходитись на певних енергетичних рівнях), і, знаходячись у межах одного стаціонарного стану, не можуть випромінювати[[3]](#footnote-3) (квантові уявлення.) Останнє твердження призвело до того, що, пояснюючи рух електронів у стаціонарних станах, Бор застосовував клачисну механіку, але відмовився від класичної електродинаміки, бо застосувати її у системі, де енергія є сталою, неможливо.

Питання: що ж відбувається під час переходу електрона на інший енергетичний рівень? Яким чином відбувається цей перехід, що знаходиться між двома стаціонарними станами? На ці питання Бор відповіді не мав, і він навіть не став мучитись, щоб їх віднайти, бо прекрасно розумів, що для цього потрібна принципова нова теорія і принципово нова механіка.

Втім, постулати Бора чудово пояснюють дискретність атомних спектрів. Цілком зрозуміло, що спектральні терми відповідають енергетичним рівням атома.[[4]](#footnote-4) Проте практично за цією теорією вдалося пояснити лише спектр атома водню, що ми зараз і розглянемо.

## Спектр атома водню

Обчислення значень енергій стаціонарних станів атома називається *квантуванням.* На основі своєї теорії Нільс Бор запропонував правило квантування, за яким можна визначити всі енергії для атома водню. На сьогодні це правило становить лиш суто історичний інтерес, оскільки методами квантової механіки нині можна обчислити енергії стаціонарних станів для будь-якої атомної системи. Втім, розглянемо його для глибшого розуміння межі застосування теорії Бора.

Для атома водню емпірично було знайдено вираз для термів:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Tn = Z2R/n2, |  | |
| En = chTn = chZ2R/n2 | (2) |

де R – стала (Ридберґа), Z - заряд ядра, для водню 1; n називають *головним квантовим числом*, яке позначає енергетичний рівень. Зі збільшенням n енергетичні рівні зближуються, і при n → ∞ спектр атома можна вважати неперервним, а, отже, і застосовувати класичну механіку. Це твердження було названо Бором *принципом відповідності* (коли дискретній системі ставимо у відповідність неперервну).

Нехай електрон обертається навколо ядра з кутовою частотою  по коловій орбіті радіуса r. Тоді за 2 законом Ньютона m2r = Fk = Ze2/r2, звідки  Ze2/(Lr), де L = mr2 – момент імпульсу електрона.Оскільки повна енергія електрона дорівнює

E = Ekin + Epot = m2r2 - Ze2/r = - Ze2/2r,

то частота обертання матиме вигляд  = -2E/L (3).

З іншого боку, енергії атома водню мають вигляд (2), звідки випливає, що при переході на інший енергетичний рівень величина Enn2 = const, тобто є сталою. Диференціюючи це співвідношення, матимемо:

Enn2 + 2Ennn = 0 або

En/En + 2n/n = 0.

За другим постулатом Бора En = h/2,[[5]](#footnote-5) звідси

 = -(4E/hn)n

Вважаючи для зручності n>0, отримуємо мінімальну частоту при n =1. Це так звана основна частота, яка має дорівнювати частоті (3), отриманої з класичної механіки. Після прирівнювання отримуємо таке:

|  |  |
| --- | --- |
| L = nh/2 |  |

Тобто бачимо, що в теорії Бора момент імпульсу, як і енергія, є дискретний і квантується. Оскільки m2r = Lr/ = Ze2/r2, то з (4) матимемо:

(mr2)2 = Ze2rm = (nh/2звідки

|  |  |
| --- | --- |
| r = n2(h/2)2/(Ze2m) | (5) |
| En = -Ze2/2r = -22(Ze2)2m/h2n2 | (6) |

Дана теорія у загальному випадку справедлива лише для достатньо великих значень n, коли діє принцип відповідності, проте, оскільки у нашому розгляді електрон у стаціонарному стані рухається по строго визначеній коловій орбіті, як матеріальна точка в класичній механіці, то можна вважати форсули (5)-(6) чинними і за малих значень n. Уведення Z означає, що дана теорія діє для усіх воднеподібних атомів (які мають один електрон навколо ядра), проте тільки для водню пораховано терми, і застосувати це правило квантування для інших атомів ми не можемо. Зокрема при Z=n=1 матимемо

|  |  |
| --- | --- |
| rB = (h/2)2/(me2) = 0,52810-8 cm | (7) |
| E = e/ rB2 = 51,5108 В/см | (8) |

де rB – борівський радіус – радіус орбіти електрона в нормальному стані атома водню, Е – напруженість поля ядра на першій борівській орбіті атома водню, її порядок є характерним для напруженостей внутрішьонатомних електричних полей.

## Критика теорії Бора

Теорія Бора не знайшла свого практичного застосування, оскільки виявилась неспроможною визначити частоти спектральних ліній навіть для атома гелію[[6]](#footnote-6), не кажучи вже про складніші експерименти. Втім, значення її не слід недооцінювати, адже вона стала поштовхом до подальших експериментів і теоретичних досліджень і кінець кінцем призвела до створення Гайзенберґом і Шредінґером квантової механіки. Незважаючи на те, що теорія Бора як цілісна система була нездалою, постулати Бора окремо було підтверджено у чисельних експериментах, і якщо “забити” на обертання електронів по орбітах (тобто вважати, що траекторій немає), то можна сказати, що постулати Бора є чинними дотепер. Усі інші вади і вигоди даної теорії було зазначено вище, тож можна вже завершувати цю роботу.

## Мої зауваги і враження

Оскільки теорія Бора є інваріантною щодо книги, в якій вона описана, то я не обтяжував себе прочитанням численних книжок, у яких написано про одне і теж, тільки різними буквами, іноді навіть словами. Саме тому у списку літератури можна віднайти лише одну-єдину книжку старенького доктора Сивухіна, і (о так!) ця робота є рефератом з однієї книжки. Чи це збіднило реферат? Певно, що ні, адже дана робота відображає також і мій погляд на теорію Бор, і моє її розуміння. Математичні ж викладки я взяв із Сивухіна, трошки їх розширивши, бо я не такий розумний, як пан Сивухін, і не можу дозволити собі пропускати проміжні обчислення. Саме через те, що думки Сивухіна іноді буває важко відрізнити від думок Натанзона, я не ставив посилань на літературу в самому тексті реферату, бо вважаю це безглуздям.

Я дуже щасливий, що тепера знаю, що таке теорія Бора, але шкодую, що ще не знаю квантової механіки, яка б мені зараз не завадила.

## Література

1. Д. В. Сивухин. Общий курс физики. Т5. Атомная и ядерная физика. Ч1. Атомная физика. М.:Наука, 1986.

1. Енергетичні переходи можуть відбуватися як наслідок випромінювання (поглинання) атомом кванта енергії, так і внаслідок зіткнення його з іншими частинками, внаслідок чого випромінюватиметься/поглинатиметься енергія теплова. Також можливі багатофотонні процеси, що супроводжуються випроміненням/поглинанням одночасно декількох фотонів. [↑](#footnote-ref-1)
2. Тоді, здається, ще не було створено моделі атома Резерфоржа, але ми будемо нею надалі користуватися, щоб наші міркування не суперечили сучасним уявленням. [↑](#footnote-ref-2)
3. Тобто, насправді можуть, але даний акт автоматично “викидає” електрон на інший енергетичний рівень. Це значить, що два електрона, що знаходяться в однакових стаціонарних станах, мають однакову енергію. [↑](#footnote-ref-3)
4. За комбінаційним принципом Рітца, уся сукупність спектральних ліній атома отримується внаслідок попарної комбінації базових ліній - термів. Тобто будь-яка довжина хвилі є функцією від величин, що характеризуують терми: 1/ = Tn2 - Tn1. Із формули (1) 1/En2/ch - En1/ch, з чого випливає,що

   Tn = -En/ch,

   тобто терми визначаються енергетичними рівнями атома. [↑](#footnote-ref-4)
5. Оскільки в класичній теорії частота випромінювання дорівнює частоті обертання електрона по коловій орбіті. [↑](#footnote-ref-5)
6. 6 Бо атом гелію є системою трьох частинок - ядра і двох електронів, а в класичній механіці не знайдено точного аналітичного розвязку для задачі трьох тіл. [↑](#footnote-ref-6)