

UDK: 53.001.2 (045)

THE ROLE OF MODERN PEDAGOGICAL TECHNOLOGIES IN TEACHING THE TOPICS "ATOM IN A MAGNETIC FIELD. ZEEMAN EFFECT. SELECTION RULE FOR SPECTRAL TRANSITIONS" FROM THE ATOMIC PHYSICS COURSE

Xo'jamberdiyeva Jamila Norqobilovna,
QarshiDU Umumiy fizika kafedrasida katta o'qituvchisi
E-mail: jeki93628@gmail.com

DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.18932262>

Annotation. The article discusses the role of modern pedagogical technologies in teaching the 3rd year physics students of higher educational institutions in the effective use of modern pedagogical technologies and increasing the level of mastering new knowledge in the course of atomic physics, which includes the separation of the atomic energy levels into components-multiplicity as a result of the interaction of the specific magnetic moment of the atom under the influence of an external magnetic field, the occurrence of normal and anomalous Zeeman effects as a result of spectral separations depending on the total mechanical moment of the atom, the Lande factor, and the Bohr magneton. Using the interaction of atoms with a magnetic field, it is possible to obtain information about the structural structure and spectral composition of substances.

Keywords: atom, magnetic field, Zeeman effect, spectrum, spectral lines, selection rule, Venn diagram, BBB table, quick quiz.

Аннотация. В статье рассматривается роль современных педагогических технологий в обучении студентов 3-го курса физики высших учебных заведений в эффективном использовании современных педагогических технологий и повышении уровня усвоения новых знаний в курсе атомной физики, включая разделение атомных энергетических уровней на компоненты-мультипликацию в результате взаимодействия удельного магнитного момента атома под воздействием внешнего магнитного поля, возникновение нормальных и аномальных эффектов Зеемана в результате спектральных разделений в зависимости от полного механического момента атома, фактор Ланде и магнетон Бора. Используя взаимодействие атомов с магнитным полем, можно получить информацию о структурной структуре и спектральном составе веществ.

Ключевые слова: атом, магнитное поле, эффект Зеемана, спектр, спектральные линии, правило отбора, диаграмма Венна, BBB-таблица, блиц-опрос.

Annotatsiya. Maqolada atom fizikasi kursidan atomning tashqi magnit maydon ta'sirida xususiy magnit momentining o'zaro ta'sirlashuvi natijasida atom energetik sathlarining komponentalarga ajralishi-multipletligining atom to'liq mexanik momenti, Lande faktori, Bor magnetoniga bog'liq holda spektral ajralishlari natijasida Zeemanning normal va anomal effektlari yuz berishini oliy ta'lim muassasalarining fizika yo'nalishi 3-kurs talabalariga o'qitishda zamonaviy pedagogik texnologiyalaridan samarali foydalanish hamda yangi bilimlarni o'zlashtirish darajasini oshirishda bajaradigan roli haqida fikr yuritilgan. Atomlarning magnit maydon bilan o'zaro ta'siri yordamida moddalarning tarkibiy tuzilishi va spektral tarkibi asosida moddalarning magnitik xususiyatlari haqida ma'lumot olish mumkin.

Kalit so'zlar: atom, magnit maydon, Zeyeman effekti, spektr, spektral chiziqlar, tanlash qoidasi, Venn diagrammasi, BBB-jadval, Blits so'rov.

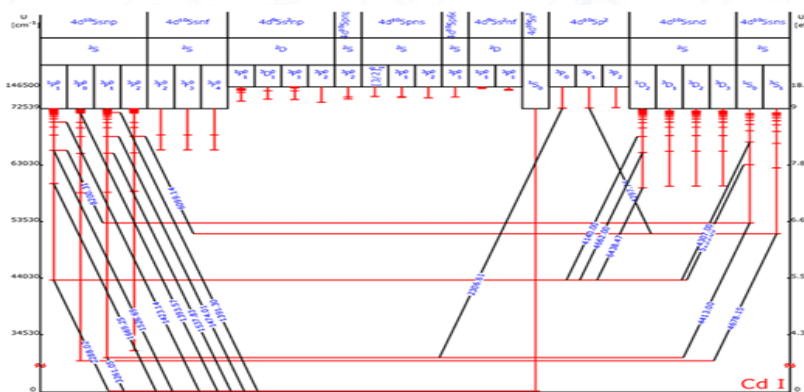
Kirish. XX asrga kelib olimlar tomonidan atom tarkibi murakkabligi aniqlanishi natijasida atom yadrosi va uning atrofida orbital harakatlanayotgan elektronlarning o'zaro

ta'sir mexanizmlari o'rganila boshlandi. 1925-yilda Gaudsmit va Ulenbeklar tomonidan elektron yadro atrofida orbital harakatidan tashqari o'z o'qi atrofida harakatlanishi mumkin degan gipotezani taklif etadi, gipotezasiga asosan o'z xususiy o'qi atrofida aylanma harakat qilayotgan elektron xususiy mexanik impuls momenti L_s ga va unga tegishli bo'lgan xususiy magnit momenti μ_s ga ega bo'lishi kerak[1]. Elektronning xususiy mexanik impuls momenti L_s spin momenti (yoki spin) deyiladi. Spin vektor kattalik bo'lib, dekart koordinatalar sistemasida koordinata o'qlariga proeksiyalariga ega bo'lishini ta'kidlaydi. So'ngra 1928-yilda Dirak elektronning relyativistik kvant nazariyasini yaratadi, bu nazariyada spin xususiyatlari tushuntiriladi. Dirak tomonidan energetik sathlararo o'tishlarda ajralgan foton energiyasi aynan elektronning to'liq mexanik momenti qiymatiga bog'liqligi keltiriladi, natijada Bor postulotlariga ko'ra nurlanish spektral chizig'i energiyasi faqat bosh kvant songa bog'liq bo'lmasdan, balki elektron uchun orbital kvant son va spin kvant sonlar qiymatidan kelib chiqishi hisobiga aynish energiyasi yo'qolishi kuzatildi. Nurlanish spektral chizig'i energiyasi Bor nazariyasiga ko'ra bitta elektroni bor Vodorod atomida asosiy sathdan farqli barcha o'yg'ongan sathlarda orbital kvant son qiymatiga ko'ra hosil bo'ladigan elektron holatlari qiymatini hisobga olmasligi tufayli energiya turlicha holatlarda bir xil qiymatda bo'lishi natijasida energiya qiymatlarida aynishi karraligi vujudga kelgan edi.

Dirak tomonidan taklif etilgan elektronning relyativistik nazariyasida bu aynish karraligi tuzatildi, elektronning to'liq mexanik momenti qiymati orbital va spin kvant sonlari yig'indisidan iborat bo'ladi. Elektronlarning xususiy magnit momentining mavjudligi tufayli atomlar ham xususiy magnit momentga ega bo'lishi aniqlandi. Bizga elektr va magnitizm kursidan ma'lumki xususiy magnit momentiga ega bo'lgan tizimlar tashqi magnit maydonga kiritilganda o'zaro ta'sir yuzaga keladi. Bu o'zaro ta'sir kuchi asosan tashqi magnit maydonning bir jinsli yoki bir jinslimasligi bilan farqlanadi. Maqolamizda aynan atomning tashqi magnit maydon ta'sirida energetik sathlarining komponentalarga ajralishi- Zeeman effektida komponentalar soni ya'ni multipletligi qiymatidan kelib chiqib, Zeemanning normal (oddiy) va anomal (murakkab) effektlarini o'qitishda zamonaviy pedagogik texnologiyalardan foydalanish hamda mavzularni o'zlashtirishda tarkiblashtirish hamda o'quv-tadqiqotlarning o'rni, tanlab olingan interfaol grafik organayzerlarning mavzuning samarador o'qitishdagi roli haqida batafsil ma'lumotlar keltiriladi[2].

Adabiyotlar sharhi. Atomning magnit maydonga kiritilganda yuz beradigan jarayonlar haqida M.V. Ivansivskiyning "Zeemanning oddiy effektini o'rganish" metodik qo'llanmasida "Zeeman spektral chiziqlarni uchta chizikli qutblangan komponentalarga ajralganini, markaziy chiziqqa nisbatan qolgan 2 ta chiziq qarama-qarshi tarafga teng masofalarga og'ishini (chastotalar shkalasiga ko'ra) kuzatadi[4]. Chiziqlar og'ishi mos holda tashqi magnit maydon kuchlanganligi qiymatiga bog'liq o'zgaradi. Markaziy chiziqning elektr kuchlanganlik vektori magnit maydonga parallel yo'nalagan (bu

komponenta $-\pi$) va qolgan 2 ta chiziq bu komponentaga perpendikulyar yoʻnalgan boʻlib, δ -komponenta deyiladi. π -komponenta intensivligi δ -komponenta intensivligidan 2 marta yuqori boʻladi” taʼkidlanadi. Shuningdek $\Delta m = 0, \pm 1$ tanlash qoidasiga asoslangan energetik sathlararo oʻtishlarni kadmiy qizil chizigʻining $\lambda = 6438\text{Å}$ uchun Zeeman effekti keltirilgan[3].



1-rasm. Kadmiya atomi uchun Grotrian diagrammasi

Shuningdek Volchkova Anna Mixaylovnaning “Эффект Зеемана и сверхтонкое расщепление в бороподобных многозарядных ионах с ненулевым спином ядра” fizika-matematika fanlari nomzodlik dissertatsiyasida “oʻta nozik struktura elektronning yadroning dipol yoki kvadrupol magnit momentlari bilan oʻzaro taʼsiri natijasida yuzga kelishi, taʼsir natijasida elektronning va yadroning toʻliq momenti saqlanmaydi, lekin ionning toʻliq momenti saqlanadi. Elektron toʻliq moment qiymatiga koʻra ajralishlarni hosil qiladi” degan fikrni keltirib oʻtgan[5].

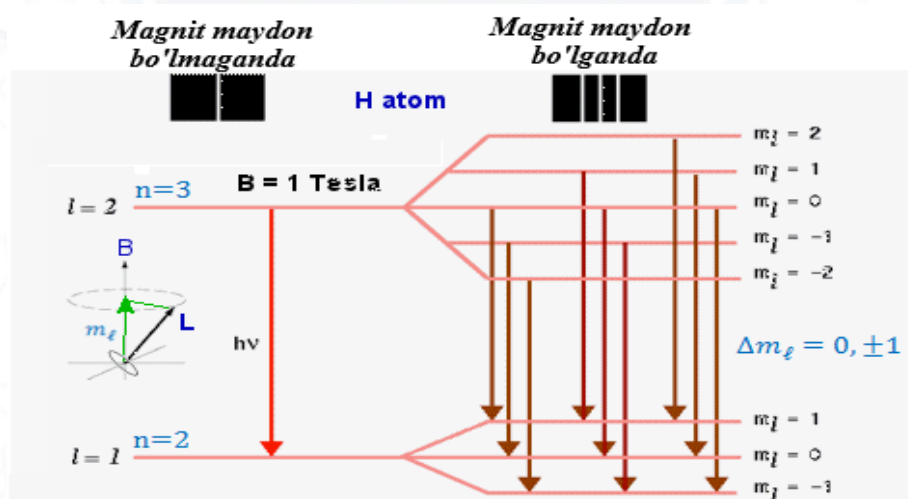
Metodologiya. Atom fizikasi kursi mikroolam tuzilishini va xossalarini oʻrganadigan fizikaning asosiy boʻlimlaridan biri hisoblanadi. Bu kursni oʻqitishda talabalarning prerekvizitlari - mexanika, molekulyar fizika, elektr va magnitizm hamda optika boʻlimlaridan olgan bilimlari asosida atom tuzilishini tushuntiradigan modellar hamda Bor nazariyasi, Shryodenger tenglamalari negizida atom tarkibidagi elektron harakati yuzga keltiradigan atomistik jarayonlar oʻrganiladi. Bizga maʼlumki mikroolamni qurollanmagan koʻz bilan bevosita kuzatish, tajriba oʻtkazish imkoniyati yoʻq, zamonaviy kuch mikroskoplari yordamida atom oʻlchamidagi jarayonlarni kuzatish imkoniyati hosil boʻldi. Dastlab optik nurlanishlar tabiatini oʻrganish davomida koʻpgina javobsiz savollar olimlarni yanada koʻproq tadqiqot ishlarini oʻtkazishga, yangi bilimlarni hosil qilishga chorladi. Eng oddiy atom vodorodning 1885 yilda Balmer tomonidan optik sohadagi nurlanish spektral chizigʻi tadqiq etilganda, bir qancha toʻliq uzunligi bir-biridan juda kichik qiymatlarga farqlanadigan spektral chiziqalar kuzatiladi. Dastlab Balmer bu jarayonni tushuntirishda ilmiy nazariya yoʻqligi uchun qiynaladi. Chunki bu davrda hali Plank tomonidan energiyani deskretlash gipotezasi taklif etilmagan edi. Spektroskopik olim Ridberg Balmer hisob kitoblarini koʻrib, vodorod atomi nurlanish spektri uchun umumlashgan formulani taklif etadi. Bu esa spektroskopiya sohasida revolyutsion qadam

edi. Atom 20 asrga kelib tarkibi murakablgi Rezerford tajribasidan keyin aniq bo'ldi, fizik olimlar endi atom qanday tuzilgan va tarkibiy elementlari qay tartibda atom ichida harakatlanadi degan savollar girdobida ilmiy tadqiqotlarni olib borishdi[6].

Atomlarni tashqi maydonga javob reaksiyasi o'rganila boshlandi. 1896 yilda Zeyeman atomlarning tashqi magnit maydondagi harakatini o'rganish natijasida energetik sathlarning elektronlarning to'liq mexanik momentlari qiymatiga mos holda komponentlarga ajralishlarini kuzatadi. Jarayon juda murakkab bo'lib, bu jarayonni ma'ruza mashg'ulotida yoki laboratoriya mashg'ulotlarida talabalarga tushuntirishda interfaol metodlarni shunday tanlash kerakki, talaba jarayon haqida batafsil tushunchalarga ega bo'lishi lozim. Interfaol metodlar deganda-ta'lim oluvchilarni faollashtiruvchi va mustaqil fikrlashga undovchi, ta'lim jarayonining markazida ta'lim oluvchi bo'lgan metodlar tushuniladi. Bu metodlar qo'llanilganda ta'lim beruvchi ta'lim oluvchini faol ishtirok etishga chorlaydi. Ta'lim oluvchi butun jarayon davomida ishtirok etadi. Dastlab biz mavzuni tushuntirishda aqliy hujum metodidan foydalanib, ijodiy faollikning va mahsuldorlikning stimulyatori hisoblangan aqliy hujum metodi asosan yangi original fikrlarning tug'ilishiga qarshilik ko'rsatuvchi tanqidiy muhit yo'q holatda mavzuga oid dastlabki bilimlarni shakllantirib olamiz, ya'ni magnit maydon va uning fizik xarakteristikalarini haqida faol suhbatdan bashlaymiz.

Tahlil va natijalar. Aqliy hujum metodini o'tkazuvchi o'qituvchi tashqi magnit maydon atom tarkibidagi elektron bilan qanday o'zaro ta'sirga kirishadi?, spin kvant soni elektron va boshqa zarralarda qanday qiymatlarni qabul qiladi? Elektronning yadro atrofida harakatlanishi qanday fizik kattaliklar bilan o'zaro bog'liq? kabi muammoni talabalarlardan hal qilish bo'yicha qanday mulohazalari borligini so'raydi hamda ularni eng kutilmagan fikrlarni ham ilgari surishga undaydi. Metodni o'tkazuvchi o'qituvchi barcha fikrlarni yozib boradi. Shu o'rinda aytilayotgan fikrlarga nisbatan tanqidiy munosabat bildirilmaydi va fikrlar oxirigacha, so'nggisi aytilganigacha yechib borilaveradi. Aqliy hujum metodini o'tkazishdan ko'zlangan maqsadlar quyidagilar: - muammomi hal qilish uchun g'oyalarni chiqarish; -g'oyalarni ularning ahamiyatligiga qarab tartiblash; -faol fikrlash malakasini shakllantirish; -kutilmagan g'oyalarning paydo bo'lish jarayonini namoyish qilish; -topilgan g'oyalardan foydalanish ko'nikmasini shakllantirish. Ma'lumki har bir shaxs o'z shaxsiy fikrlari hamda ularni e'tirof etish huquqiga ega. Ko'pincha bizning millat talabalarida tortinchoqlik kuzatiladi, natijada hamma ham o'z g'oyalarini boshqalar bilan bo'lishavermaydi. Shuning uchun o'qituvchi dars mashg'uloti davomida barcha talabalarni faol qatnashishlariga erishishi kerak. Demak aqliy hujum metodida aynan har bir talaba o'z g'oyalarini aytadi, o'qituvchi uning g'oyalarini hamma g'oyalarni eshitib bo'lgach tahlil qiladi. Ya'ni talabalar aytgan g'oyasi qanchalik mavzuga va uning yechimiga mos ekanligini faqat dars mashg'uloti oxirida biladi. O'qituvchi barcha g'oyalarni tahlil qiladi, g'oyalari aynan magnit maydonni fizik xarakteristikalariga mos kelganlarini ajratib oladi, oxirida umumlashtirib, Zeeman

effektini magnit maydon kuchlanganligi hamda induksiya vektoriga bog'liq qismini tushuntiradi. Buning uchun o'qituvchi Zeeman effekti - magnit maydon ta'sirida atomlar spektrlarining ajralishi hodisasi бўлиб, effekt paydo bo'lishini quyidagicha tushuntirish mumkin: μ - magnit momentiga ega bo'lgan elektron, B magnit maydoni ta'sirida qo'shimcha $\Delta E = \mu \cdot B$ ortiqcha energiyaga ega bo'ladi, bu energiya hisobiga atomlar asosiy holatdan magnit momentining $\mu = -gM_B m_j$ formulasiga asosan magnit kvant soni m_j ning qiymatiga ko'ra uyg'ongan holatga o'tadi. Natijada spektral chiziqlarning ajralishi ro'y beradi. Piter Zeeman kadmiyning ingichka yashil-havorang spektral chiziqlarida kuzatgan. O'z tajribasida u 10000—15000 Gauss (100Gauss=0,01Tesla) kuchlanishli magnit maydondan foydalangan. Ushbu kuchli magnit maydon ta'sirida spektral chiziqlarning tripletga ajralishini rasmlar orqali tushuntiradi. Magnit maydon bo'lmaganda orbital momenti $l=1, n=2$ holatdan elektron $l=2, n=3$ bo'lgan holatga o'tganda singlet spektral chiziq hosil qiladi. Lekin aynan shu o'tishlarni magnit maydonda amalga oshirganimizda magnit maydonning kuchli yoki kuchsiz ekanligiga bog'liq holda spektral chiziqlar ajralgan komponentalar soni o'zgarishiga spektral o'tishlar uchun $\Delta m_l = 0, \pm 1$ tanlash qoidasi o'rinli bo'ladi. Elektronning orbital magnit momenti m_l orbital kvant son bo'yicha $0, \pm l$ karra kvantlanadi. Natijada elektron $l=1, n=2$ holatda $m_l = 0, \pm 1$ qiymatlarni oladi, magnit maydon bo'lmagandagi singlet chiziqlarimiz triplet chiziqlarga o'zgarishi 1-rasmda keltirilgan. Mos holda Zeyemanning normal effektidan magnit maydon kuchlanganligi qiymatini o'zgartirish orqali Zeyemanning anomal effektiga o'tish mumkin. Anomal effektida kuchsiz magnit maydon ta'sirida spektral chiziqlar 3tadan ko'p komponentalarga ajralishi kuzatiladi.



1-rasm. Zeemanning normal effekti

O'qituvchi talabalarga yangi mavzuni zamonaviy axborot va ta'lim texnologiyalaridan foydalanib tushuntirib bo'lgach, talabalardan mavzu bo'yicha Blits so'rov metodi yordamida tezkor so'rovni amalga oshiradi.

Xulosa va takliflar. Atom nurlanish spektral chiziqlarining tashqi magnit maydon ta'sirida ajralishlarini atomning magnit momenti magnit kvant soni m_J bo'yicha tanlash qoidalari asosida komponentalar soniga ko'ra Zeemanning normal va anomal effektlari hosil bo'lishi jarayonlari aqliy hujum metodi asosida tushuntirildi. Atom to'liq mexanik momenti J ning $2J+1$ karra kvantlanishi hisobidan $J = L \pm S$ formula yordamida m_J magnit kvant soni m_l va m_s kvant sonlariga bog'liq qiymatlar qabul qilishini o'rganamiz. 1-rasmda Zeemanning normal effekti m_l kvant soniga ko'ra spektral chiziqlarning $l = 3$ bo'lgan singlet chiziqlar kvintet chiziqlarga, $l = 2$ bo'lgan singlet chiziqlar esa triplet chiziqlarga (komponentalarga) ajralishi, $m_l = 0, \pm 1$ tanlash qoidasiga ko'ra $l = 3$ dan $l = 2$ ga o'tishlarda tashqi magnit maydon ta'sirida bitta spektral chiziq o'rniga 9 ta spektral chiziqlar hosil bo'lishini elektron monitorda talabalar bilan hamkorlikda chizilsa, talabalar o'tishlarni chizish orqali tanlash qoidalari hamda komponentlar soni o'zgarishi haqida batafsil ma'lumotlar olishadi, olingan ma'lumotlarni rasm chizish orqali qo'llashni o'rganishadi.

Atom fizikasi kabi murakkab jarayonlarni o'rganadigan fizika bo'limlarida talabalarga yangi mavzuni o'qitishda zamonaviy axborot va pedagogik texnologiyalarni to'g'ri tanlash o'zlashtirish samarasini oshiradi, talabalarni mustaqil ishlash malakasini hosil qiladi. Mavzuga mos pedagogik texnologiyani tanlay olish mavzuni o'zlashtirish darajasini oshirib qolmasdan, yangi bilimlarni talabalar yetarlicha qo'llay olishlarini ham ta'minlaydi.

Foydalanilgan adabiyotlar ro'yxati:

1. Землянов А.П. Атом в магнитном поле. Эффект Зеемана. Ростов – на – Дону. 2003
2. Джесси Рассел. Эффект Зеемана. Издательство: "VSD". 2013
3. Мосиенко, С. А. Эффект Зеемана. Москва : Самополиграфист, 2019
4. M.V.Ivansivskiy. Zeemanning oddiy effektini o'rganish. metodik qo'llanma. 2022
5. Волчкова Анна Михайловна. Эффект Зеемана и сверхтонкое расщепление в бороподобных многозарядных ионах с ненулевым спином ядра. //Диссертация на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук. Санкт-Петербург 2022
6. По материалам Специализированного образовательного портала Инновации в образовании [Электронный ресурс]// <http://sinncom.ru>