

Міністерство освіти і науки України
Державний вищий навчальний заклад
«Приазовський державний технічний університет»
Кафедра фізики

Жук В.І.

ВИЗНАЧЕННЯ ПЕРШОГО ПОТЕНЦІАЛУ ЗБУДЖЕННЯ АТОМІВ КСЕНОНУ

Методичні вказівки
по виконанню лабораторної роботи № 86
по курсу «Фізика»
для здобувачів вищої освіти
усіх спеціальностей
всіх форм навчання

Маріуполь
2020

УДК 535.321.4 (077)

Визначення першого потенціалу збудження атомів ксенону [Електронний ресурс]: методичні вказівки щодо виконання лабораторної роботи № 86 з курсу «Фізика» для здобувачів вищої освіти усіх спеціальностей всіх форм навчання / уклад. В. І. Жук - Маріуполь: ПДТУ, 2020. - 8 с. - Режим доступу:

Представлена класична лабораторна робота з фізики атомів і молекул. Містить основні теоретичні положення квантування енергії електрона в атомі і їх експериментальне підтвердження. При виконанні роботи студенти знайомляться з універсальним обладнанням, короткий опис якого викладено.

Укладач В.І. Жук, канд. техн. наук, доцент

Рецензент О.В. Цветкова, канд.фіз.-мат.наук, доцент

Затверджено
на засіданні кафедри фізики,
протокол №8 від 3 грудня 2020 р.

Затверджено
на засіданні методичної комісії
факультету інформаційних технологій,
протокол №4 від 7 грудня 2020 р.

© ДВНЗ «ПДТУ», 2020
© В. І. Жук, 2020

ВСТУП

У становленні і розвитку атомної фізики величезну роль зіграла теорія атома Нільса Бора, створена в 1913 році. Одним з постулатів цієї теорії було існування стаціонарних станів електрона в атомі. Факт дискретності енергетичного спектра атомів вимагав експериментального підтвердження. Головну роль тут зіграли досліди Франка і Герца, що і пропонується повторити студентам в цій лабораторній роботі.

1 ЦІЛЬ РОБОТИ

За допомогою вольтамперної характеристики (ВАХ) газонаповненого тиратрона визначити перший потенціал збудження атомів газу, довести дискретність енергетичних станів.

Вказівки з підготовки до роботи: вивчіть цей посібник, а також теоретичний матеріал по темі лабораторної роботи, використовуючи конспект лекцій та рекомендовану літературу; вивчіть пристрій лабораторної установки і методику вимірювань, що застосовуються в роботі; дайте відповідь на контрольні питання.

2 ОСНОВНІ ТЕОРЕТИЧНІ ПОЛОЖЕННЯ

Існування дискретних енергетичних рівнів атома підтверджується дослідом Франка і Герца. Німецькі вчені Джеймс Франк і Густав Герц за експериментальні дослідження дискретності енергетичних рівнів отримали Нобелівську премію в 1925 р.

У дослідах використовувалася трубка (рис. 2.1), заповнена парами ртуті при тиску $p \approx 1$ мм рт. ст. і три електроди: катод, сітка і анод.

Електрони прискорювалися різницею потенціалів U між катодом і сіткою. Цю різницю потенціалів можна було змінювати

за допомогою потенціометра Π . Між сіткою і анодом було гальмівне поле з різницею потенціалів $0,5\text{ В}$ (метод затримуючих потенціалів).

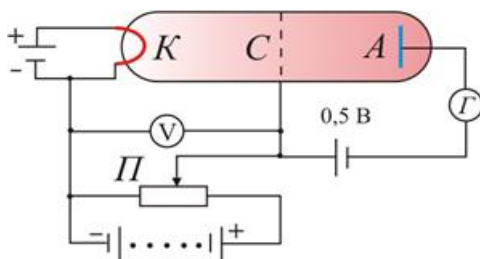


Рисунок 2.1 – Електрична схема в дослідях Франка і Герца

В експерименті визначалася залежність струму через гальванометр Γ від різниці потенціалів U між катодом і сіткою. В експерименті була отримана залежність, яка зображена на рис. 2.2. Тут $U = 4,86\text{ В}$ відповідає першому потенціалу збудження.

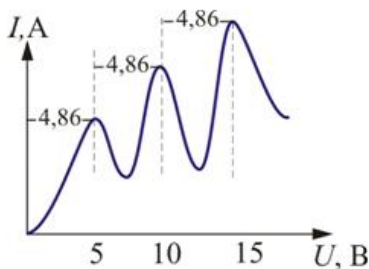


Рисунок 2.2 – Вольтамперна характеристика (ВАХ), отримана в дослідях Франка і Герца

Відповідно до теорії Нільса Бора, кожен з атомів ртуті може отримати лише цілком певну енергію, переходячи в одне із збуджених станів. Тому, якщо в атомах дійсно існують

стаціонарні стани, то електрони, стикаючись з атомами ртуті, повинні втрачати енергію **дискретно, певними порціями**, які дорівнюють різниці енергій відповідних стаціонарних станів атома.

З досліду випливає, що при збільшенні прискорюючого потенціалу аж до 4,86 В анодний струм зростає монотонно, його значення проходить через максимум, потім різко зменшується і зростає знову. Подальші максимуми спостерігаються при $2 \times 4,86 \text{ В}$ і $3 \times 4,86 \text{ В}$.

Найближчим до основного, незбудженого стану атома ртуті є збуджений стан, віддалений за шкалою енергій на 4,86 еВ. Поки різниця потенціалів між катодом і сіткою менше 4,86 В, електрони, зустрічаючи на своєму шляху атоми ртуті, відчують з ними тільки пружні зіткнення. При різниці потенціалів між катодом і сіткою, що дорівнює 4,86 В, енергія електрона стає достатньою, щоб викликати непружний удар, при якому **електрон віддає атому ртуті всю кінетичну енергію**, збуджуючи перехід одного з електронів атома з нормального стану в збуджений. Електрони, що втратили свою кінетичну енергію, вже не зможуть подолати гальмуючий потенціал і досягти анода. Цим і пояснюється різке падіння анодного струму при енергії електрона, яка дорівнює 4,86 еВ. При значеннях енергії, кратних 4,86 еВ, електрони можуть відчувати з атомами ртуті 2, 3, ... непружних зіткнення. При цьому вони повністю втрачають свою енергію і не досягають анода, тобто спостерігається різке падіння анодного струму.

Таким чином, дослід показав, що **електрони передають свою енергію атомам ртуті порціями**, причому 4,86 еВ – найменша можлива порція, яка може бути поглинена атомом ртуті в основному енергетичному стані. Отже, ідея Бора про існування в атомах стаціонарних станів блискуче витримала перевірку експериментом.

Атоми ртуті, які отримали при зіткненні з електронами енергію ΔE , переходять в збуджений стан і повинні повернутися в основний, випромінюючи при цьому, згідно з другим постулатом

Бора, квант світла з частотою $\nu = \Delta E / h$. За відомим значенням можна обчислити довжину хвилі світлового кванта: $\lambda = hc / \Delta E \approx 255$ нм. Таким чином, якщо теорія вірна, то атоми ртуті, які бомбардовані електронами з енергією $\Delta E = 4,86$ еВ, повинні бути джерелом ультрафіолетового випромінювання з $\lambda = 255$ нм, що дійсно виявилось в дослідах.

Таким чином, досліди Франка і Герца експериментально підтвердили не тільки перший, але і другий постулат Бора і зробили великий внесок в розвиток атомної фізики.

3 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА УСТАНОВКА

Для виконання роботи використовується електрична схема (рис.3.1), зібрана на лабораторному стенді.

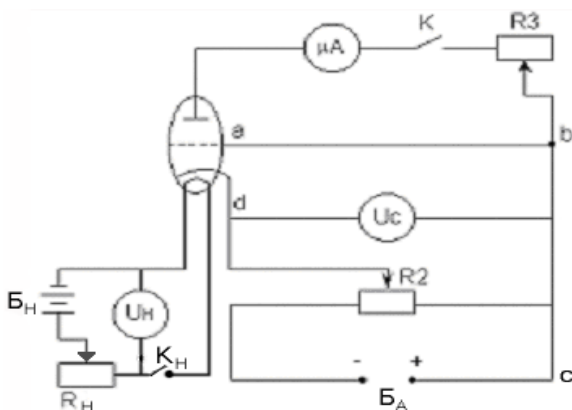


Рисунок 3.1 – Електрична схема лабораторної роботи

У схемі використовуються такі прилади:

- випрямляч;
- тиратрон газонаповнений;
- реостати R_H , R_2 , R_3 ;
- міліамперметр;
- вольтметри U_H , U_C ;

- ключі K_H , K .

4 ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ РОБОТИ ТА ОБРОБКИ РЕЗУЛЬТАТІВ

1. Замкнути ключ K_H і за допомогою реостата R_H установити напругу накали U_H , яка вказана на установці. В процесі роботи підтримувати напругу накали постійною.
2. Замкнути ключ K . Змінюючи напругу на сітці U_c реостатом R_2 кожен раз на 1 В, зняти залежність анодного струму від напруги на сітці і занести дані в таблицю 4.1, вказавши напругу накали U_H .

Таблиця 4.1

Напруга накали $U_H =$

	Напруга на сітці U_c , В	Анодний струм I , μA
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12.. .		

3. Побудувати графік залежності $I(U_c)$. За графіком по максимуму анодного струму визначити чисельне значення

першого потенціалу збудження атомів газу, що заповнює тиратрон. Оформити результат.

4. Використовуючи довідкові матеріали визначити, яким газом наповнений тиратрон. Зробити висновки по роботі.

5 КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

1. Основний і збуджений стани атома.
2. Сформулювати постулати Бора.
3. Чому в атомах енергія змінюється не безперервно, а дискретно?
4. Чотири квантових числа і принцип Паулі.
5. Дослід Франка і Герца.
6. Чому в досліді Франка і Герца вершини струму відповідають кратним значенням першого потенціалу, а не дають 2й, 3й потенціали збудження? Чому нарастають пікові струми?
7. Хід роботи і методи безпеки. Пристрій і застосування тиратрона.
8. Чи зміняться результати, якщо поміняти полюси батареї накалу? Анодної батареї? Чому?

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Савельев И. В. Курс общей физики. – М.: Наука, 1979, – Т.3. 304 с.
2. Гольдин Л. Л., Новикова Г. И. Введение в атомную физику. – М.: Наука, 1969. – 303 с.
3. Трофимова Т. И. Курс физики. / Т. И. Трофимова. – М. : Высш. шк., 1985. – 432 с.
4. Фізика: навч. посіб. для студ. дистанц. форми навчання вищ. техн. навч. закладів / І. Р. Зачек, Б. М. Романишин; за ред. : Ю.К. Рудавський; – Львів: Нац.Ун. «Львів. Політехніка». – 2002. – 232 с.