

ДОСЛІД ФРАНКА-ГЕРЦА З НЕОНОВОЮ ТРУБКОЮ

Віктор СЛЮСАРЕНКО, кандидат педагогічних наук, головний спеціаліст відділу освіти, молоді та спорту Знам'янської райдержадміністрації

Ірина ГОНЧАРОВА, вчитель математики та фізики комунального закладу «Навчально-виховне об'єднання І-ІІІ ступенів «Мрія» Кіровоградської міської ради Кіровоградської області»

Одночасно з розвитком змісту навчального матеріалу з квантової фізики розвивається і вдосконалюється методика його вивчення. Проте в методичному плані у вчителів фізики виникають значні труднощі. Чому так? Причинами цього є те, що до змісту даного розділу включена велика кількість нових понять і явищ, які не мають своїх аналогів у макросвіті; складні функціональні залежності, які мають місце між відповідними фізичними величинами, не дозволяють використовувати їх на уроках фізики у повному обсязі; відсутнє обладнання (моделі, макети, прилади) для здійснення в умовах середньої школи ефективних навчальних дослідів; навчальний експеримент з квантової фізики в середній школі недостатньо розкриває особливості і кількісні закономірності явищ мікросвіту; у програмі з фізики мало уваги приділяється розв'язуванню задач, які спонукали б учнів до творчого мислення.

Досліджуючи використання засобів інформаційно-комунікаційних технологій у вивченні квантової фізики розуміємо їх доцільність використання. Зокрема, ефективне використання комп'ютерів при вивченні квантової фізики в середній школі вимагає забезпечення таких умов: відповідний рівень підготовки вчителя до такої роботи в школі (глибоке знання змісту матеріалу, володіння методами програмування, знання методики викладання тощо); наявність необхідної матеріальної бази (комп'ютери, клас та ін.); наявність якісних навчальних комп'ютерних програм; попередня підготовка учнів до роботи з комп'ютером; обізнаність учнів з елементами методу моделювання; комплексний підхід до використання різних засобів вивчення квантової фізики; дотримання вимог техніки безпеки, санітарії та гігієни [1, с.15-16].

Враховуючи перераховані труднощі при вивченні квантової фізики в школі ми зробили висновок про доцільність використання широких можливостей комп'ютерної техніки в системі з іншими засобами навчання.

Проаналізувавши традиційне та новітнє обладнання на предмет визначення такої методики навчання, яка мала можливість максимально усунути вказані недоліки. Розроблено методичні рекомендації для виконання лабораторної роботи «Дослід Франка-Герца з неоновною трубкою» [3, с.18-21]. Дослідження закономірностей випромінювання та поглинання атомом є експериментальним підтвердженням постулатів Бора. Дана робота у цій інтерпретації виконується за допомогою обладнання

«PHUWE», яке найбільш повно відповідає сучасним методам дослідження фізичних явищ.

Тема роботи: «Дослід Франка-Герца з неоновією трубкою».

Мета роботи: Сформувати уміння та навички учнів при визначенні залежності сили зворотного струму в трубці Франка-Герца від напруги на аноді та визначенні енергії збудження з урахуванням різниці мінімумів і максимумів сили струму.

Обладнання: джерело струму для експерименту Франка-Герца з програмним забезпеченням, неоніова трубка Франка-Герца, з'єднувальні кабелі для неоновієї трубки Франка-Герца з BNC роз'єднувачем довжиною 750 мм та RS 232.

Історична довідка

Густав Людвіг Герц працював у фізичному інституті Університету Гумбольдта в Берліні. Спільно з доцентом того ж університету, фізиком Джеймсом Франком, Герц розробив у 1912-1913 роках досліди зіткнення електронів з атомами, які згодом виявилися істотним підтвердженням Борівської теорії атома і квантової механіки. Експеримент відомий тепер під ім'ям експерименту Франка-Герца. У 1925 році Герц і Франк отримали за це Нобелівську премію з фізики.

У заповнену розрідженим газом трубку були впаяні три електроди: катод, сітка й анод. Напруга на аноді підтримувалася дещо нижчою, ніж на сітці, щоб його досягали тільки електрони з достатньою кінетичною енергією. Напруга на сітці поступово збільшувалася й вимірювалася сила струму. Трубка була заповнена парією ртуті. При малій напрузі на сітці, до 4,9 В сила струму зростала зі збільшенням напруги. При напрузі 4,9 В сила струму починала спадати й досягала майже нуля. Потім вона знову зростала, досягаючи нового піку при напрузі 9,8 В. Ще один пік спостерігався при напрузі 14,7 В. Такі періодичні осциляції можна розрізнити до напруги 100 В.

Вказівки до виконання роботи

Досліджувані фізичні поняття: кванти енергії, квантові переходи, енергія збудження, модель атома Бора.

Квант енергії – доза енергії, яку може поглинати або випромінювати мікросистема, переходячи з одного стану в інший. Квант енергії пропорційний частоті фотона, який поглинається або випромінюється системою $\varepsilon = h\nu$.

Квантові переходи – стрибкоподібні переходи квантової системи (атома, молекули, атомного ядра, твердого тіла) з одного стану в інший. Найбільш важливими є квантові переходи між стаціонарними станами, що відповідає переходу системи з одного рівня енергії на інший.

Збудження - це процес поглинання електронами енергії і перехід їх із нижчих енергетичних рівнів і підрівнів на вищі.

Нільс Бор запропонував у 1913 році свою модель атома, яка нині має назву «Атомна модель Бора». Він стверджував, що можливими є лише певно не дуже велика кількість станів, у яких можуть перебувати електрони.

Відповідно, енергія, що вивільнюється чи поглинається, є лише результатом переходу електрона з одного стану в інший [2, с. 305-308].

Зазначимо, що для отримання результатів виконання даної лабораторної роботи потрібне застосування інформаційно-комунікаційних технологій для отримання графік. Цю проблему успішно можна вирішити за допомогою системи «Кобра 3» (рис. 1).

Комп'ютерний інтерфейс «Кобра 3» використовується для отримання вимірювань та обчислень при проведенні експериментів з фізики, хімії і біології.

Розглянемо технічні дані системи «Кобра 3». На передній панелі приладу розміщені модуль порт ± 10 В; з'єднання виконується 25-контактним Sub-D; датчик порту на $\pm 30/10$ В; тип з'єднання виконується 4 міліметровим гніздом; з'єднання за допомогою 9-контактного Sub-D; вхід заземлення; вхідний опір на 500 кОм; датчик порт на $\pm 30/10/3/1/0,3/0,1$ В; з'єднання проводиться 4-а розетками; вхідний опір на 1 МОм. Для всіх аналогових входів максимальна частота дискретизації 500 кГц; Інтернет частота дискретизації 5 кГц; пакетний режим 5 Гц ... 500 кГц; роздільна здатність 12 біт; граничний захист напруги 230 В змінного струму; тригер з регулятором. Таймери/лічильника мають значення 32 біт, дозвіл 800 нс, тип з'єднання 4 розетки. Таймери/лічильника мають значення 40 біт, дозвіл 200 нс, тип з'єднання 4 розетки; аналоговий вихід управління ± 10 В, роздільна здатність 12 біт, тип з'єднання 9-контактний Sub-D.



Рис. 1. Система «Кобра 3».

Загальні дані: напруга живлення 12 В, потужність 6 Вт, інтерфейс USB, швидкість передачі даних 115200 біт/с, пам'ять 12000 значень, розміри (мм) 190 x 135 x 90. Надійний пластиковий корпус на ніжках, кілька варіантів фіксації і бічний варіант стикування для зручної роботи із обладнанням. Обладнання надійно працює, потребує належної теоретичної та практичної підготовки викладачів, лаборантів, студентів та учнів [3, с.18-21].

Принцип роботи: Електрони розганяється у розрядній трубці заповненій неоном при тиску 13^3 Па. У трубці розміщено 4 плоскопаралельні електроди: А – анод-, К – катодного накалу, C_1 та C_2 сітчасті електроди.

Електрон розганяється різницею потенціалів U_1 , яка прикладена між сітками. На анод відносно сітки C_2 подається затримуюча напруга U_2 . Відстань між катодом та C_2 набагато більша за довжину вільного пробігу електрона в неоні. Тоді ймовірність, що зіткнення електрону з атомом є максимально висока, а відстань між сіткою C_2 і анодом значно менша.

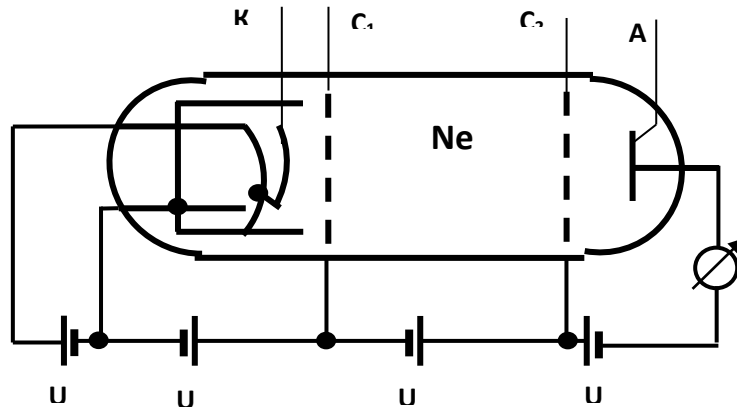


Рис. 2. Схема напруг між електродами трубки

Енергію збудження неону розраховуємо по відстанях між рівновіддаленими мінімумами струму в змінному електричному полі. Дана схема відрізняється від схеми Франка-Герца у наявності додаткового електрода біля катода. Сітка C_1 зменшує вплив просторового заряду на вид вольтамперної характеристики. Різниця потенціалів U_3 порядку декількох вольт створює електричне поле, яке віддаляє електрони від прикатодної частини. Тоді кількість електронів, які прискорюються і знаходяться між сітками не залежить від напруги U_1 . У автоматизованому режимі напруги U_n , U_2 , U_3 є незмінними, а процес зняття вольтамперної характеристики залежить від прискорюючої напруги U_1 .

Хід роботи

1. Збираємо експериментальну установку як показано на рис. 3.



Рис. 3. Експеримент Франка-Герца з неоновою трубкою: 1 – неонова трубка з кожухом, 2 – джерело струму

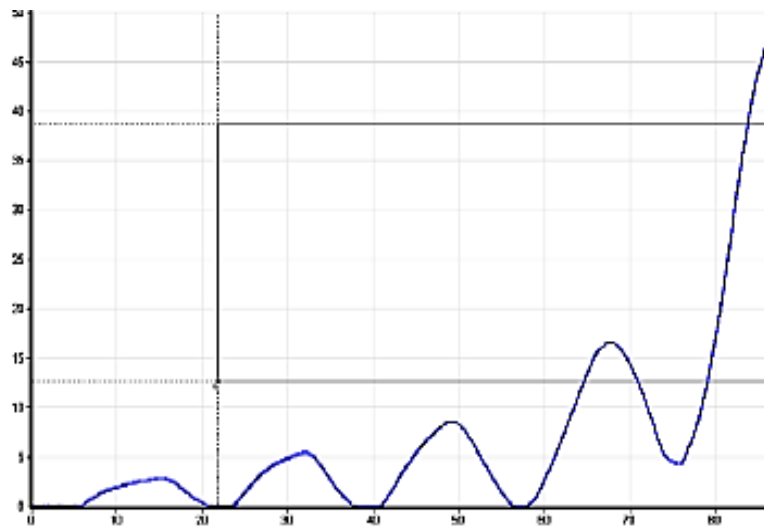


Рис. 4. Графік залежності сили від напруги

2. Під'єднуємо універсальну установку «Кобра 3» до порту комп'ютера. Запускаємо програму для проведення вимірювань й вибираємо установку «Кобра 3» для проведення експерименту Франка-Герца. Встановлюємо параметри як показано на рис. 5. Потім натискаємо кнопку «Continue» й виконуємо дослід.

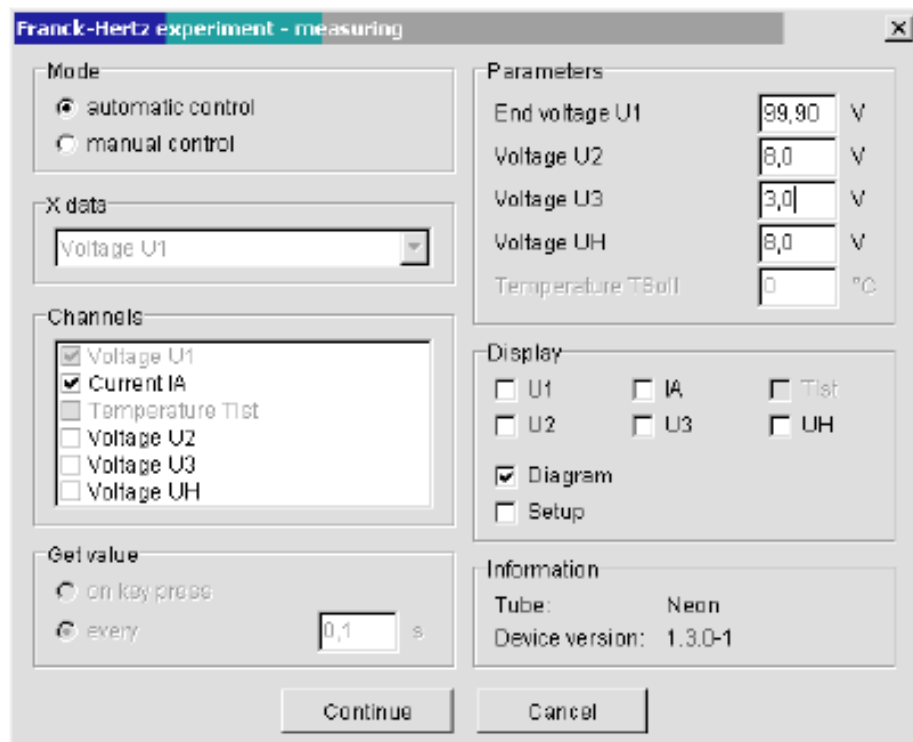


Рис. 5. Вікно налаштування параметрів вимірювання

3. На екрані комп'ютера отримаємо залежність сили зворотного струму в трубці Франка-Герца від напруги на аноді. На графіку будуть представлені рівновіддалені мінімуми та максимуми.

4. На основі отриманого графіка обраховуємо середнє значення енергії збудження атома неону.

Висновок. Експеримент Франка і Герца є прямим підтвердженням постулатів Бора:

1) Атом може перебувати лише в певних дискретних станах і мати внутрішню енергію, відповідну станом, в якому він знаходиться.

2) Зміна внутрішньої енергії атома може відбуватися лише при переході між станами і дорівнює різниці енергії цих станів (енергії переходу).

Контрольні питання

1. Що собою являє квант? Які переходи називають квантовими?
2. Що таке фотон? Назвіть основні властивості фотона.
3. Наведіть формулу енергії фотона, знаючи частоту.
4. Сформулюйте постулати Бора. Поясніть мету досліду Франка та Герца.
5. Зобразіть та поясніть енергетичні рівні валентного електрона атома неону.
6. Пояснити принцип роботи схеми.
7. Яку роль відіграє температурний режим лампи?
8. Пояснити отриману вольт-амперну характеристику.

ЛІТЕРАТУРА

1. Муляр В.П. Використання нових інформаційних технологій при вивченні питань квантової фізики в середній школі / В.П. Муляр // Фізика і астрономія в школі. – 1997 – № 3 – С. 15-16.

2. Савельєв И.В. Курс общей физики. Том 3. Оптика, атомная физика, физика атомного ядра и элементарных частиц. – М.: Наука, 1970. – 573 с.

3. Слюсаренко В.В. Методичні рекомендації до виконання вибраних лабораторних робіт із новітнім обладнанням «РНУWE»: [посібн. для вчит. фізики, учнів шкіл, наук.-пед. прац. та студ. фіз.-мат. фак. вищ. пед. навч. закл.] / В.В. Слюсаренко, М.І. Садовий; за ред. М.І. Садового – Кіровоград: Сабоніт, 2013.– 28 с.