


Неочевидні елементи керування:

- У режимі **Експеримент**, один атом водню приховано за чорним ящиком. У режимі **Моделі атома** атом видно. Учні повинні мати можливість виявити, що тільки передбачення моделі Шредінгера відповідають результатам експерименту.
- У меню **Help (Довідка)** виберіть **Transitions (Переходи)**, щоб показати довжини хвиль, необхідні для переходів у моделях Бора, де Бройля та Шредінгера. Якщо для **Параметри світла** встановлено значення **Монохроматичний**, то повзунок довжини хвилі блимає білим, якщо він перевищує довжину хвилі, що може збуджувати електрон від основного стану.
- Використовуйте піктограму камери  , щоб зробити знімок спектрометра, щоб можна було порівнювати спектри для різних моделей.
- Встановіть повзунок внизу на **швидше**, щоб швидко створити картину в спектрометрі.
- Ви можете призупинити роботу симуляції, а потім використовувати кнопку Step для покрокового аналізу.
- Якщо ви робите демонстрацію на лекції, встановіть роздільну здатність екрану на 1024x768, щоб моделювання заповнило екран і було легко побачити деталі.

Важливі примітки щодо спрощення моделювання:

- Ці атоми не масштабуються!
- У моделі Шредінгера переходи підкоряються правилам відбору $\Delta l = \pm 1$, $\Delta m = 0, \pm 1$.

Через цих правил відбору стан $2,0,0$ є метастабільним станом, з якого електрон не може спонтанно випромінювати фотон. Якщо **Параметри світла** встановлено на **білий**, коли електрон впадає в цей стан, “пістолет” незабаром випромінює фотон потрібної енергії, щоб збудити його. Якщо **Параметри світла** встановлено на **монохроматичний**, електрон залишатиметься застрягнутим у цьому стані, якщо ви не виберете довжину хвилі, яка може збудити її з цього стану.

- У моделях Бора і Де Бройля переходи між будь-якими двома рівнями однаково вірогідні. У моделі Шредінгера ймовірність переходу ґрунтується на перекритті хвильових функцій, а деякі переходи заборонені або дуже мало ймовірні. Таким чином, у моделі Шредінгера менше спектральних ліній, ніж у моделі Бора або де Бройля.
- У моделі "Булка з родзинками" ми припускаємо, що електрон може поглинати будь-яку частоту світла, але завжди випромінює світло з частотою, рівною частоті коливань¹.

Поради щодо використання для розвитку мислення учнів:

- Учні можуть не усвідомлювати, що УФ фотони можуть мати різні довжини хвиль, оскільки всі вони виглядають однаково.
- Якщо світло встановлене як монохроматичне, учні можуть не усвідомлювати, що їм необхідно перемістити повзунок в УФ-область, щоб збудити атоми.
- У учнів багато проблем з ідентифікацією червоної оболонки в моделі “булочки з родзинками” як позитивний заряд. В інтерв'ю зі студентами ми побачили, що деякі студенти описують модель “булочки з родзинками як хмару негативного заряду, заповнену маленькими плямами позитивного заряду, а не навпаки. Слово «хмара» свідчить про те, що вони змішують модель «булочка з родзинками» з моделлю Шредінгера, в якій електрони часто описуються як хмара негативного заряду. Ці студенти спочатку думали, що електрон в моделюванні є протоном, але зрештою змогли правильно ідентифікувати його за допомогою легенди або порівняти її з електронами в інших моделях.

¹ A.P. French and E. F. Taylor, An Introduction to Quantum Physics (1978), p. 11.

Пропозиції для використання симуляцій:

- Поради щодо використання SIM-моделей з учнями див .: [Керівництво з діяльності. PhET -підходи до досліджень з супроводом і Поради з використання PhET](#)
- Симуляції успішно використовувалися при виконанні домашніх завдань, на лекціях, на заняттях у класі або при виконанні лабораторних робіт. Використовуйте їх для ознайомлення з концепціями, вивчення нових концепцій, підкріплення понять, як візуальні засоби для інтерактивних демонстрацій або за допомогою “клікерних” запитань. Щоб дізнатися більше, див. [Викладання фізики з використанням Phet -симуляцій](#)
- Для ознайомлення з заходами та планами уроків, написаних командою PhET та іншими вчителями, див [Ресурси для вчителів](#)
- Попросіть учнів визначити, яка з моделей найбільш точно відповідає експериментальним спостереженням.
- Попросіть студентів пояснити причини, за яких люди вірили в кожен модель, а також причини, через які вони відкинули кожен модель на користь нової моделі. Ця симуляція може бути використаний у поєднанні з симуляцією *Резерфордівське розсіювання*, яка ілюструє причини переходу від моделі “булочки з родзинками” до планетарної моделі атому.