

# 1 Експериментальні перевірки закону Кулона

Формула (1.1.1) перевірялася Кулоном у дослідах, де прямо визначалася сила взаємодії зарядів за допомогою крутильних терезів.

Якщо припустити, що закон взаємодії точкових зарядів відрізняється від (1.1.1), наприклад:

$$F = k \frac{q_1 q_2}{R^{2+\varepsilon}},$$

де  $\varepsilon$  — мала величина, а  $|\varepsilon| \ll 1$ . При збереженні принципу суперпозиції це призводить до якісних змін у поведінці зарядів у провідниках. У випадку кулонівської взаємодії (1.1.1) у стаціонарних умовах заряди зосереджуються на поверхні провідника, а всередині зарядів немає. Однак, якщо виконується формула (7), можна показати, що у провіднику виникає ненульова густина заряду у стаціонарних умовах.

Цю обставину було використано для отримання обмеження на  $\varepsilon$ . На попередньо заряджену провідну кулю накладали дві провідні напівсфери, які щільно прилягали одна до одної, утворюючи майже суцільну поверхню. У цій системі, у разі кулонівської взаємодії ( $\varepsilon = 0$ ), весь заряд переходить на зовнішні напівсфери. Якщо ж  $\varepsilon \neq 0$ , всередині кулі залишається заряд (тим менший, чим менше  $\varepsilon$ ), який можна виміряти за допомогою чутливого електрометра після зняття напівсфер. Цей експеримент неодноразово повторювався із поступовим підвищенням точності. У 1983 році було отримано обмеження:

$$|\varepsilon| < 10^{-16} - 10^{-17}.$$

Формула (7) відповідає потенціалу статичного точкового заряду:

$$\varphi(r) = \frac{q}{r^{1+\varepsilon}},$$

де  $r$  — відстань до заряду. Можна також розглянути іншу залежність потенціалу:

$$\varphi(r) = k \frac{q}{r} e^{-\mu r},$$

яка виникає у теорії поля з ненульовою масою покою фотона. Тут  $\mu = m_\gamma c / \hbar$ , де  $\hbar$  — стала Планка, а  $m_\gamma$  — маса фотона. Величина  $\mu$  обмежена на підставі досліджень електромагнітних хвиль великої довжини та магнітних полів у Сонячній системі:

$$\mu < 1/10^{10} \text{ см}^{-1}.$$

Це дає обмеження для маси фотона:

$$m_\gamma < 3 \cdot 10^{-26} m_e,$$

де  $m_e$  — маса електрона.

## 2 Перевірка закону квантування заряду

Як вже зазначалося, заряд протона за абсолютною величиною дорівнює заряду електрона, що узгоджується з фактом електронейтральності атомів. Завдяки цьому ми зазвичай маємо справу з нейтральною речовиною. Однак нейтральність речовини не доводить нейтральності кожного окремого атома. Наприклад, якщо атоми мають невеликий заряд, середній заряд макроскопічних тіл може компенсуватися іонами протилежного знаку, що завжди є на поверхні тіл у повітрі тощо.

Щоб перевірити рівність зарядів електрона та протона, вимірювався повний заряд при витіканні аргону зі спеціальної камери у вакуумі. Вільні іони усувалися за допомогою пастки з поперечним електричним полем: заряд іонів значно більший за гіпотетичний заряд «майже нейтральних» атомів аргону, тому саме іони реагували на електричне поле пастки. Результати 1959 року дали таку оцінку різниці зарядів протона та електрона:

$$\left| \frac{\Delta e}{e} \right| < 2 \cdot 10^{-21}.$$

В інших експериментах досліджувалося можливе відхилення пучка нейтральних атомів в електричному полі (див. И.Н. Мешков, Б.В. Чириков, ч. 1, §13).