Струс електронів при розпаді ядер

О.Я.Дзюблик

Інститут ядерних досліджень НАНУ

Розглянуто струс електронів при ядерних перетвореннях (електронна конверсія, β-розпад, електронний захват, …), які супроводжуються миттєвою зміною кулонівського поля, в якому рухаються електрони. Таке миттєве збурення і приводить до вильоту повільних електронів з конденсованого середовища. До останнього часу цей процес розглядався тільки для зв'язаних електронів найнижчих атомних рівнів в рамках золотого правила Фермі.

Нами побудована теорія експоненціального розпаду зв'язаної системи ядро + оточуючі електрони, аналогічна теорії розпаду Гольдбергєра-Ватсона. Це дозволило пояснити результати експерименту американської групи, які спостерігали появу додаткового піка в спектрі конверсійних електронів з формою, яка є дзеркальним відображенням форми спектру електронів струсу. Ми вважаємо, що електрон струсу та конверсійний електрон знаходяться в переплутаних станах, що дає змогу зрозуміти, як вони ділять між собою енергію збудженого ядра.

Вперше нами проаналізовано роль кристалічного оточення в процесі струсу електронів при розпаді ядра. Враховано затухання в кристалі електронної хвилі, яка описує електрон струсу в кінцевому стані, та її заломлення на поверхні кристалу. Нами проведені розрахунки затухання електронної хвилі внаслідок її розсіяння на фононах кристалу.

Особливу увагу приділено струсу електронів провідності в металах, для яких здебільшого і проводилися експерименти. Ймовірність вильоту валентних електронів найбільша завдяки малій енергії їхнього зв'язку в кристалі, тому в основному вони і реєструються експериментаторами. Нами показано, що спектр електронів струсу має пік при енергії порядку 1 еВ. Наші розрахунки форми спектру чудово узгоджуються з експериментальними спостереженнями Коваліка та ін. Проаналізовано також кутову залежність вильоту електронів. Показано, що вона характеризується піком вздовж нормалі до поверхні кристалу.

Дано аналіз також залежності виходу електронів струсу від товщини плівки, яка містить радіоактивні ядра. Показано, що має місце насичення виходу електронів при зростання товщини цієї плівки завдяки затуханню електронної хвили в середовищі. Розрахунки узгоджуються з експериментальними результатами Купряшкіна, Феоктистова та ін.