

# НОВАТОРСЬКІ ІДЕЇ І.П. ЗАПІСОЧНОГО

**І. І. Шафраньош**

Ужгородський національний університет

У роботі представлено особливості наукової і організаційної діяльності професора І.П. Записочного. Коротко описано завдання та проблеми, які вирішувалися у школі під його керівництвом. Описуються результати наукових досліджень з вивчення особливостей у перерізах розсіювання електронів на атомах. Акцентується увага на широті наукових інтересів вченого.

Моя наукова робота під керівництвом проф. І.П. Записочного розпочалася в 1969 році. Тоді мені, випускникові Ужгородського державного університету, було запропоновано навчатись в аспірантурі при кафедрі квантової електроніки під керівництвом проф. І.П. Записочного. Місцем проходження аспірантури для мене було визначено наукову групу тоді ще доц. І.С. Алексахіна, від якого я отримав позитивні рекомендації. Кадрова лінія І.П. Записочного мала свої особливості. Безпосередньо ним було підібрано та „вирощено” перше покоління науковців: С.М. Кишко, В.С. Шевера, Л.Л. Шимон, О.Б. Шпеник, І.С. Алексахін, С.С. Поп, В.В. Скубенич, які, в свою чергу, ставали наставниками аспірантів другої (до якої входив і я), третьої та послідуєчих хвиль. Суттєвим при цьому було те, що І.П. Записочний щоденно безпосередньо контролював роботу своїх аспірантів, що позитивно діяло як на аспірантів, так і їх наставників. І ми вже знали, що на його традиційне запитання: „Как дела?” („Як справи?”) обов’язково треба відповідати по-діловому і по суті.

Науковою проблемою, яку мені запропонували до розв’язання, було дослідження процесів збудження та іонізації попередньо збуджених атомів електронним ударом. Актуальність такої теми була викликана початком широкого використання плазми в новітніх технологіях (пряме перетворення теплової енергії в електричну, МГД-генератори, лазери на парі і газових сумішах, термоядерний синтез та ін.). В умовах плазми значна частина атомів знаходиться у збуджених і особливо у довгоживучих – метастабільних –

станах. Розподіл електронів у плазмі за енергіями, як правило, має максимум при енергіях у декілька одиниць eV і менше, з повільним експоненціальним спадом. Таким чином, більша частина електронів має енергії, недостатні для збудження та іонізації атомів із основних станів. Тому частина процесів збудження та іонізації йде ступінчастим шляхом, через проміжні, часто найбільш низькі, збуджені стани. Якщо при цьому врахувати, що ймовірність збудження та іонізації атомів із збуджених станів, як правило, на порядок більша від імовірності прямих переходів, то стає зрозумілим: енергетичний баланс плазмового об’єкту не може не враховувати внеску ступінчастих процесів. При підвищенні концентрації атомів і електронів у плазмі роль ступінчастих процесів стає домінуючою. Актуальність згаданої проблеми посилювалася і численними запитаннями організацій, які вели відповідні конструкторські розробки.

У той же час практична реалізація експериментальних досліджень наштовхувалася на величезні труднощі, пов’язані з недостатньою концентрацією вихідних метастабільних атомів, відсутністю методик її вимірювань та ресстрацією сигналів на великому фоні. І тільки після трьох років інтенсивних пошуків, які часом мали драматичний характер, вдалося створити дієздатну експериментальну установку та відповідну методику досліджень. Хочу зазначити, що такі дослідження на той час ще ніде у світі не проводилися. Ми були першими.

Ідея досліджень була така. Було створено модуляційну газорозрядну камеру,

через яку пропускали атомний пучок. Розряд у камері призводить до появи в атомному пучку, в області перетину його з електронним пучком, двох компонент: постійної – атоми в основному стані – і змінної – метастабільні атоми в  $5^3P_{0,2}$ -станах. Детектування випромінюваних спектральних ліній велося в режимі селективного підсилення на частоті модуляції розряду.

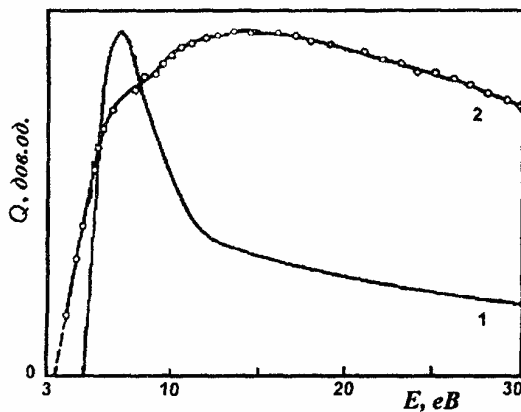


Рис.1. Енергетичні залежності збудження спектрального переходу  $\lambda=403,2$  нм ( $5^3P_2 - 6^3D_2$ ) із основного (крива 1) та метастабільних (крива 2) станів.

Вже перші результати виявилися несподіваними [1]. Прикладом цього є наведені на рис.1 енергетичні залежності перерізів збудження одного й того ж спектрального переходу атома стронцію ( $5^3P_2 - 6^3D_2$ ,  $\lambda - 403.2$  нм) для випадків, коли він збуджується з основного стану атома (крива 1) та з метастабільних  $5^3P_{0,2}$  станів (крива 2). У наведених залежностях ілюструється їх різоча відмінність. Було знайдено пояснення цього феномену. Збудження  $6^3D_3$  рівня електронним ударом із основного стану проходить за умови зміни спінового моменту атома, що можливо при обмінній взаємодії. Для останньої характерне досягнення максимуму перерізу збудження (див. криву 1, рис.1) біля порогу з подальшим швидким спадом з ростом енергії електронів. У випадку збудження  $6^3D_3$ -рівня з метастабільного стану  $5^3P_{0,2}$  спіновий стан атома не змінюється, а внесок обмінної взаємодії є несуттєвим. Для процесів збудження без обміну характерні пологі енергетичні за-

лежності перерізів збудження з максимумом при декількох порогових одиницях енергії, що і спостерігається на кривій 2.

Згодом було встановлено, що абсолютна величина перерізу збудження спектрального переходу  $5^3P_2 - 6^3D_3$  із метастабільного стану приблизно в 300 разів перевищує переріз збудження цього переходу з основних станів.

І.П.Запісочний всіляко сприяв авторів цієї статті розширювати та поглиблювати дослідження непружних взаємодій електронів з метастабільними атомами, на основі яких було сформовано науковий напрямок у фізиці електронних зіткнень. Було виконано пріоритетні систематичні дослідження для атомів Mg, Ca, Sr, Ba, Tl, Na, Cu, у результаті чого вдалося встановити нові закономірності перебігу процесів збудження, іонізації метастабільних атомів [2], а також надпружного розсіювання електронів [3]. На отриманих результатах були захищені одна докторська (І.І. Шафраньош) та чотири кандидатські дисертації (І.І. Шафраньош, Т.А. Снігурська, М.О. Маргітич, В.І. Марушка). Методичні аспекти проведених експериментів захищено трьома патентами.

Авторитет професора І.П. Запісочного сприяв налагодженню дієвих наукових зв'язків між кафедрою квантової електроніки і багатьма провідними науковими закладами Радянського Союзу. Зокрема, у співпраці з ученими Ризького державного університету було вперше досліджено процес збудження лазерно збуджених атомів Na та виявлено процес асоціативної іонізації в атомному пучку.

Горизонт наукових інтересів професора І.П. Запісочного був дуже широким. Наведу один приклад. У 1975 році І.П.Запісочний висловив ідею, що наявні на кафедрі фізичні методики можна застосувати і для вивчення первинних механізмів фундаментальних біологічних явищ – фотосинтезу, біоенергетики. У тому ж році канд. наук М.І. Суховія при підтримці І.П. Запісочного розпочала вивчення фізичних механізмів біопроцесів (міграції енергії в біологічних структурах, збудження та іонізації біомолекул). У

рамках цих досліджень було виконано цикл робіт, у яких вивчалися зміни первинної та просторової структур ДНК, викликані дією лазерних променів різних довжин хвиль [4]. Поглиблене вивчення фізичних механізмів, які лежать в основі біологічних ефектів, стало можливим при розробці нових методичних підходів, пов'язаних із отриманням азотистих основ нуклеїнових кислот у газоподібному стані. У таких експериментальних умовах вперше було отримано оригінальні ре-

зультати про перебіг фізичних процесів збудження, дисоціативного збудження, повної та дисоціативної іонізації біомолекул низькоенергетичними електронами [5, 6]. Такі дослідження мають і практичне значення для радіаційної екології та біомедицини.

Таким чином, благотворний науковий і педагогічний вплив непересічної постаті І.П.Запесочного відчувається і сьогодні, і ми, його вдячні учні, пишаємося своїм учителем та його школою.

### Література

1. Шафраньош И.И., Алексахин И.С., Запесочный И.П. Исследование возбуждения атомов стронция электронным ударом из метастабильных состояний // Письма в ЖЭТФ. – 1974. – Т. 10, вып. 5. – С. 271–274.
2. Shafranyosh I.I., Snegurskaya T.A., Margitich M.O., Bogacheva S.P., Lengyel V.I., Zatsarinny O.I. Excitation of the Ca atom from the metastable states by electron impact // J. Phys. B. – 1997. – V.30. – P. 2261–2285.
3. Шафраньош И.И., Марушка В.И. Спектроскопические исследования распада отрицательных ионов, образовавшихся при взаимодействии электронов с метастабильными атомами магния // Опт. и спектр. – 2001. – Т. 91, №4. – С. 591–593.
4. Запесочный И.П., Лездинь А.Э., Суховия М.И., Шафраньош И.И., Шевера В.С., Янсон М.Л. О переносе энергии лазерного излучения в органических комплексах // Тез. докл. II Всес. конф. по лазерам на основе орг. соед. и их примен., Ужгород, 1980. – С. 57–58.
5. Суховия М.И., Славик В.Н., Шафраньош И.И., Шимон Л.Л. Особенности взаимодействия молекул оснований нуклеиновых кислот с электронами малых энергий // Биополимеры и клетка. – 1991. – Т. 7, вып. 6. – С. 77–82.
6. Суховия М.И. Фізичні процеси в біомолекулах, викликані електронним ударом, та їх біофізична роль // Біофізичний вісник. – 2001. – Т. 1, №8. – С. 34–36.

## INNOVATIVE IDEAS OF I.P.ZAPESOCHNY

### I. I. Shafranyosh

Uzhhorod National University

The specific features of scientific and managing activity of Prof. I.P.Zapesochny are uncovered. A brief account of tasks and problems being solved in the school under his supervision, is given. The results on the studies of the features in the cross-sections of electron scattering by atoms are described. The breadth of the scientific interests of Prof. I.P.Zapesochny is emphasized.