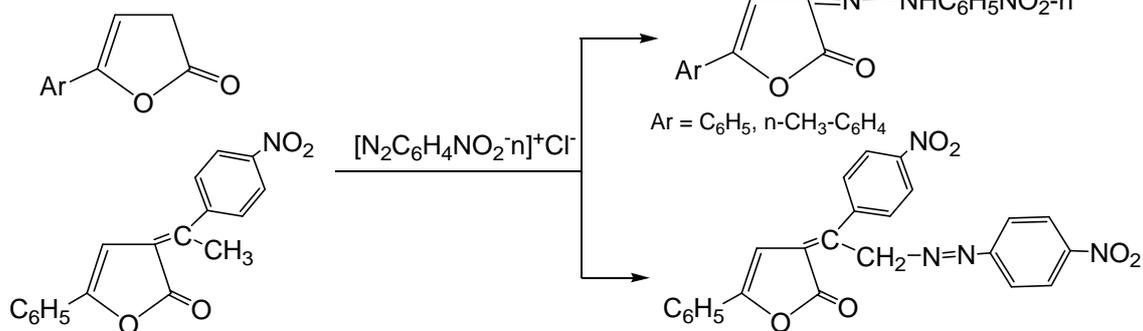


азосочетания за счет подвижных водородных атомов.

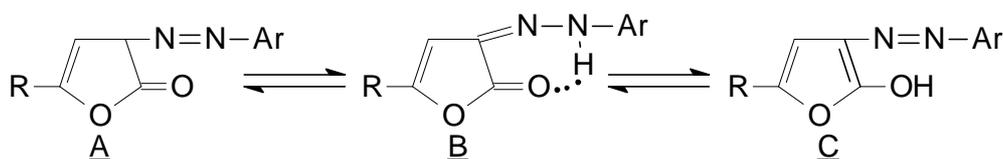
Реакция с *p*-нитрофенилдиазоний хлоридом проводилась при эквимольном соотноше-



Продукты реакции выделены с выходом до 96% и представляют собой кристаллы, имеющие глубокую красную окраску, присущую азокрасителям.

Азосочетание с соединениями, содержащими активную метиленовую группу,

приводит к возможному существованию нескольких таутомерных форм, вследствие прототропной таутомерии, обусловленной перемещением протона от атома углерода к более электроотрицательному атому азота или атому кислорода.



При изучении ИК спектров продуктов реакции полоса, характерная для свободной или участвующей в ВВС связи ОН-группы, не была обнаружена, но в области 3320-3200 см^{-1} наблюдается широкая полоса, которая отнесена к колебаниям NH-группы, связанной ВВС. Полоса поглощения карбонильной группы смещена в более низкочастотную область и отмечена при 1755 см^{-1} , в спектре отмечена также полоса поглощения C=N связи в области 1690-1675 см^{-1} .

В спектре ЯМР¹H отсутствует сигнал протона метиленовой группы в положении С-3 цикла. В области 6.90-6.93 м.д. отмечен синглет винильного протона, мультиплет протонов ароматических заместителей при 7.30-7.75 м.д., а также уширенный сигнал при 8.2-8.25 м.д., принадлежащий NH-группе.

Таким образом, нами были проведены реакции азосочетания в ряду фуран-2-онов и их этилиденных производных. Анализ спектральных характеристик показал, что полученные продукты реакции существуют в форме «гидразона» (форма В), стабилизированного внутримолекулярной водородной связью.

Многочисленные исследования аминометиленовых производных пятичленных гетероциклов показали, что эти соединения имеют узкополосные спектральные характеристики с максимумом светопоглощения в области 430-450 нм и с успехом могут использоваться для создания полосовых и отрезающих светофильтров в этом диапазоне.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского Фонда Фундаментальных Исследований (грант № 05-03-32196).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Rao V.S., *Chem. Rev.*, 1964, 64, 353.
2. Аветисян А.А., Дангян М.Т., *Успехи химии*, 1977, 56,1250 [*Russ.Chem.Rev.*, 1977 (Engl.Transl.)].
3. Аветисян А.А., Токмаджян Г.Г., *Химия гетероцикл. соединений*, 1987, 723 [*Chem.Heterocycl.Comp.*, 1987 (Engl.Transl.)].

СЕРИАЛЬНЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ В СПЕКТРАХ ВОЗБУЖДЕНИЯ He, Ne И Ar ПРИ НИЗКОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИММЕТРИЧНЫХ СТОЛКНОВЕНИЯХ

Курсков С.Ю., Кашуба А.С.

*Петрозаводский государственный университет
Петрозаводск, Россия*

В данной работе представлены результаты экспериментального исследования сечений возбуждения спектральных линий He I, Ne I и Ar I в зависимости от главного квантового числа при энергии соударения 450 эВ (с.д.м.).

Измерения сечений возбуждения при взаимодействии пучка быстрых атомов с газовой мишенью выполнены методами оптической спектроскопии с помощью автоматизированного экспериментального комплекса на базе

персонального компьютера и программно-управляемой системы КАМАК [1, 2]. Схема установки приведена на рис. 1.

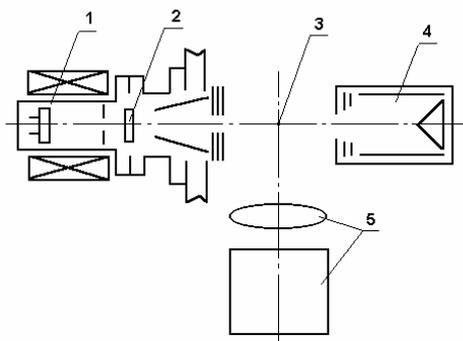
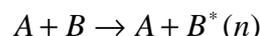


Рис. 1. Схема установки: 1 – газоразрядный ионный источник; 2 – многоканальная камера перезарядки; 3 – газовая мишень; 4 – детектор быстрых атомов; 5 – система регистрации оптического излучения

Нейтральные атомы гелия, неона и аргона получались путем симметричной резонансной перезарядки на собственном газе в каналах вытягивающего электрода газоразрядного источника ионов. Плотность потока быстрых частиц в камере столкновений достигала 10^{16} част/(м²с). Угловая расходимость пучка не превышала $3 \cdot 10^{-4}$ ср. Интенсивность атомного пучка определялась по вторичной электронной эмиссии с поверхности конического электрода детектора

быстрых частиц. Давление газа-мишени в камере столкновений контролировалось с помощью ионизационного манометрического преобразователя. Давление газовой мишени в камере столкновений было равно $4.5 \cdot 10^{-1}$ Па, давление остаточного газа не превышало $3 \cdot 10^{-4}$ Па. Рабочее давление газа в ионном источнике варьировалось в диапазоне от 10 до 20 Па. Излучение атомов регистрировалось монохроматором МДР-2 с ФЭУ-106 в режиме счета фотонов. Оптическая ось системы регистрации была перпендикулярна к атомному пучку, поэтому возбужденные частицы пучка и мишени не различались. Поляризация излучения не учитывалась. Измерение абсолютной чувствительности спектрометрической системы проводилось с помощью светоизмерительной лампы по стандартной методике.

Известно, (см., например, [3]) что при взаимодействии атомных частиц типа



и фиксированной энергии столкновения сечения одноэлектронного возбуждения атомной частицы для каждой серии

$$\sigma(n) \sim n^{-3}.$$

Однако, как показала обработка полученных данных методом наименьших квадратов, сечения возбуждения не описываются этой зависимостью. Оказалось, что при фиксированной энергии соударения сечения возбуждения линий в сериях инертных газов зависят от главного квантового числа следующим образом:

Таблица 1. Зависимость сечений возбуждения спектральных линий в сериях Ne I от главного квантового числа при энергии столкновения 450 эВ

Переходы	<i>a</i>	<i>n</i>	<i>a</i>	<i>n</i>
$3s[3/2]_2^0 - np[5/2]_3$	11.1 ± 1.6	3–5	3.5	6,7
$3s[3/2]_1^0 - np[5/2]_2$	12.1 ± 1.5	3–5	–	–
$3s[3/2]_1^0 - np[3/2]_1$	9.6 ± 1.2	3–5	3.2 ± 0.1	6–8
$3s[3/2]_2^0 - np[3/2]_2$	9.5 ± 1.3	3–5	3.7	6,7
$3s[3/2]_1^0 - np'[3/2]_2$	7.8 ± 1.2	3–5	–	–
$3s[3/2]_2^0 - np'[1/2]_1$	9.5 ± 1.5	3–5	–	–
$3s'[1/2]_1^0 - np'[1/2]_0$	7.7 ± 1.3	3–5	–	–

Таблица 2. Зависимость сечений возбуждения спектральных линий в сериях Ag I от главного квантового числа при энергии столкновения 450 эВ

Переходы	<i>a</i>
$4s'[1/2]_1^0 - np'[1/2]_0$	12 ± 1
$4s[3/2]_1^0 - np[1/2]_0, 4s[3/2]_2^0 - np[5/2]_3$	17 ± 3
$4s'[1/2]_0^0 - np'[3/2]_1, 4s[3/2]_2^0 - np[5/2]_2$	16 ± 3
$4s'[1/2]_0^0 - np'[1/2]_1, 4s[3/2]_2^0 - np[3/2]_1, 4s[3/2]_2^0 - np[3/2]_2$	14 ± 3

$$\sigma(n) \sim n^{-a},$$

где a характеризует сериальную зависимость и в зависимости от рода газа и значения n изменяется в интервале от 3 до 17.

В случае He I значение a (как параметра аппроксимирующей зависимости $\ln S(n)$ прямых) для серий $3^{1,3}\text{P}-n^{1,3}\text{S}$, $3^{1,3}\text{S}-n^{1,3}\text{P}$ и $3^{1,3}\text{P}-n^{1,3}\text{D}$ достигает 6 при n в интервале 3–6, а при больших n стремится к 3 [4].

Аналогичное поведение демонстрируют сечения возбуждения Ne и Ar, однако в этом случае параметр a при малых n значительно больше. В табл. 1 представлены значения a для серий Ne I в интервалах главных квантовых чисел 3–5 и 6–8. В табл. 2 приведены данные для Ar I (все значения a получены для интервала главных квантовых чисел 4–6). Очевидно, что при переходе от гелия к аргону значение a для нижних уровней увеличивается.

В заключение отметим, что при малых n полученные результаты противоречат известным теоретическим данным. Последнее указывает на необходимость развития теории взаимодействия многоэлектронных атомов, так как существующие представления не описывают наблюдаемых закономерностей. Можно также утверждать, что с увеличением атомной массы и числа электронов сталкивающихся атомов величина a для нижних уровней возрастает.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Кашуба А.С., Курсков С.Ю., Хахаев А.Д. Экспериментальный комплекс для изучения процессов возбуждения при атом-атомных и ион-атомных столкновениях // *Фундаментальные исследования*. 2005. № 3. С. 29–30.
2. Кашуба А.С., Курсков С.Ю. Распределенная система управления физическим экспериментом // *Информационные технологии моделирования и управления*. 2006. № 9 (34). С. 1166–1171.
3. Бородин В.М. Связь между сечениями ионизации и возбуждения атомов при медленных столкновениях // *Вопросы теории атомных столкновений*. Ленинград: Изд-во ЛГУ, 1986. С. 72–82.
4. Курсков С.Ю., Хахаев А.Д. Спектроскопическое исследование процессов возбуждения в пучке атомов гелия // *Известия АН СССР. Сер. физическая*. 1989. Т. 53. Вып. 9. С. 1689–1696.

К ВОПРОСУ О МОДЕЛИРОВАНИИ ОТКАЗООУСТОЙЧИВЫХ СИСТЕМ С ПОМОЩЬЮ СЕТЕЙ ПЕТРИ-МАРКОВА

Ларкин Е.В., Котов В.В., Котова Н.А.,
Соколов В.А.

Одной из основных при математическом моделировании отказов/восстановлений, как последовательности случайных событий, является задача установления математического подобия между временными и вероятностными характеристиками реального процесса и его аналитической модели, причем при построении моделей процессов в сложных системах должны отражаться также структурные и логические аспекты отказов [1]. Естественной моделью для описания случайной последовательности смены состояний некоторого объекта во времени является марковский, а в более общем случае – полумарковский процесс [2, 3]. Однако наличие взаимосвязей в достаточно сложной системе приводит к необходимости учета взаимодействия элементарных полумарковских процессов и формирования единого случайного процесса, учитывающего не только смену состояний отдельных элементов моделируемой системы, но и весь комплекс взаимодействий между элементами.

Идеальным инструментарием для анализа взаимодействия процессов являются сети Петри [4, 5], однако, являясь асинхронными по определению, модели указанного типа позволяют лишь ответить на вопросы о принципиальной достижимости состояний системы, соответствующих заданным требованиям. Спрогнозировать моменты переключения в указанные состояния с помощью сетей Петри, в их классической интерпретации, затруднительно. Кроме того, ограничения в моделировании параллельных процессов с помощью сетей Петри заключаются в ограниченности логических условий продолжения процессов элементарной конъюнкцией, что не учитывает всего многообразия взаимодействий элементов в реальных сложных системах.

Объединение двух подходов к моделированию отказов в сложных системах порождает сеть Петри-Маркова (СПМ), которая представляет собой структурно-параметрическую модель, заданную множеством:

$$Y = \{P, M\}, \quad (1)$$

где P – описание структуры двудольного графа, представляющего собой сеть Петри; M – описание параметров, накладываемые на структуру P , и определяющих временные, вероятностные и логические характеристики СПМ.

Структура СПМ характеризуется множеством:

$$P = \{A, Z, I_A(Z), O_A(Z)\}, \quad (2)$$

где $A = \{a_{1(a)}, \dots, a_{j(a)}, \dots, a_{l(a)}\}$ – конечное множество позиций (в [4] вместо термина «позиция» употребляется термин «место»); $Z = \{z_{1(z)}, \dots,$