

где теоретический и экспериментальный сигналы одинаковым образом нормированы, а значения напряженности магнитного поля взяты в отдельных точках. Если произведем разложение $\Phi(x)$ в окрестности точного решения x^0

$$\Phi(x) = \Phi(x^0) + \frac{\partial \Phi}{\partial x_i} \Big|_{x=x^0} (x_i - x_i^0) + \frac{1}{2} \frac{\partial^2 \Phi}{\partial x_i \partial x_j} \Big|_{x=x^0} (x_i - x_i^0)(x_j - x_j^0) + \dots \quad (5)$$

и учесть, что $\Phi(x^0) = \text{const}$, а при $x = x^0$ $\partial \Phi / \partial x_i = 0$, то остается исследовать член, содержащий вторую производную невязки. Над переменными $(x - x^0)$ следует далее проделать невырожденное линейное преобразование к новому вектору y , приводящее матрицу $C_{ij} = (1/2) \partial^2 \Phi / \partial x_i \partial x_j$ к диагональному виду, а третье слагаемое в правой части (5) — к сумме $\sum \lambda_i y_i^2$, где λ_i — собственные числа матрицы C_{ij} . Обращение в нуль хотя бы одного λ_i означает принципиальную невозможность однозначного определения всего набора параметров.

Рассмотрим теперь результаты вычислений. В тех случаях, когда вектор x был пяти- или четырехкомпонентным, т. е. делалась попытка сразу находить из сигнала пересечения A, B, Γ, β_j и γ либо любые четыре параметра из этого набора, отношение $\lambda_{\min} / \lambda_{\max}$ было несколько различным, но всегда имело порядок 10^{-2} . Это означает, что задача не является хорошо обусловленной (коэффициент усиления экспериментальной погрешности ~ 10), но тем не менее корректна по Адамару. Переход к трем искомым параметрам резко улучшает обусловленность задачи, причем особенно существенно для комбинации (γ, Γ, A) . Другие трехпараметрические наборы, например $(\gamma, \Gamma, \beta_j)$ или (γ, B, β_j) , определяются с несколько большей погрешностью (соответствующий коэффициент усиления $\sim 3 \div 4$), однако во всех этих случаях задачу все же есть основания расценивать как хорошо обусловленную. Этим выводом, в частности, подтверждается обоснованность двух- и трехпараметрических схем подбора, широко применявшихся в цикле работ [5].

В заключение, однако, следует заметить, что решение вопроса о корректности задачи не устраняет практических трудностей, связанных с процедурой прямого машинного поиска оптимальных значений параметров по сигналу пересечения уровней. В расчетах нами использовался безградиентный метод минимизации Пауэлла [7], поскольку прямое аналитическое вычисление производных по параметрам от функционала $\Phi(x)$ в данном случае вряд ли возможно. При этом затраты машинного времени (ЭВМ БЭСМ-6) даже на поиск тройки параметров, например $(\Gamma, \gamma, \beta_j)$, были значительными (десять минут) особенно если в качестве нулевого приближения выбирались величины, далекие от истинных. Поэтому следует всячески приветствовать разработку и внедрение комплексных экспериментальных методик определения атомных и ядерных параметров (например, сочетающих способы пересечения и «квантовых биений» [1]), а также использование в качестве источника возбуждения перестраиваемого лазера [8, 9].

Литература

- [1] Е. Б. Александров. Усп. физ. наук, 107, 595, 1972.
- [2] В. Г. Показаньев, Г. В. Скорочкий. Усп. физ. наук, 107, 623, 1972.
- [3] N. I. Kalitejewski, M. Tshaiika. 4th Intern. Conf. on Atomic Physics, Heidelberg, 1974, p. 19.
- [4] М. П. Чайка. Интерференция вырожденных атомных состояний. Изд. ЛГУ, Л., 1975.
- [5] В. Н. Григорьева, Э. И. Иванов, Н. И. Калитеевский. Усп. физ. наук., 119, 149, 1976.
- [6] Д. К. Фадеев, В. Н. Фадеева. Ж. вычисл. матем. и мат. физики, 1, 412, 1961.
- [7] Д. Химмельбляу. Прикладное нелинейное программирование. «Мир», М., 1975.
- [8] H. Brand, W. Lange, T. Luther, B. Nottbeck, H. W. Schröder. Opt. Commun., 13, 286, 1975.
- [9] N. G. Preobrazhensky. 5th Intern. Conf. on Atomic Physics, Berkeley, 1976.

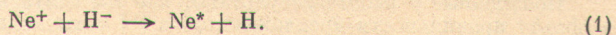
Поступило в Редакцию 16 марта 1977 г.

УДК 535.33 : 546.292 + 537.52

СВЕЧЕНИЕ СПЕКТРАЛЬНЫХ ЛИНИЙ НЕОНА В СМЕСИ Ne—H₂O В РАЗРЯДЕ С ПОЛЫМ КАТОДОМ

П. А. Погорелый и А. М. Шухтин

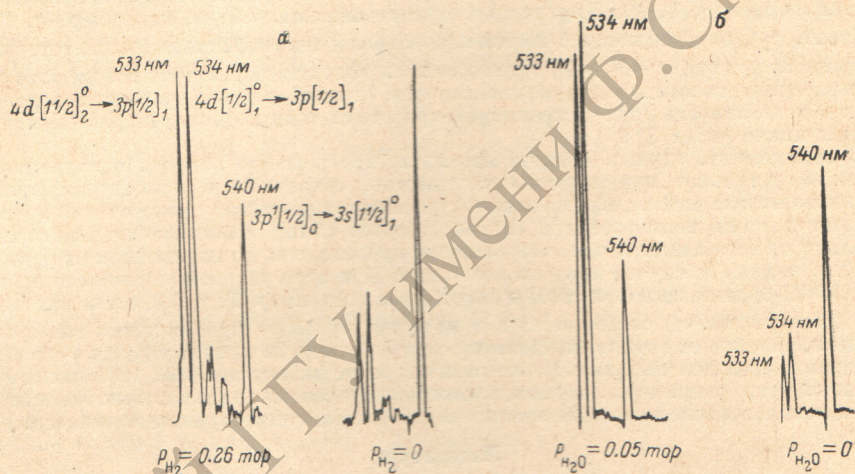
В работе [1] было обнаружено усиление некоторых спектральных линий неона в разрядке с полым катодом при добавлении к неону малых порций водорода. В качестве механизма полученного эффекта была предложена реакция ион-ионной рекомбинации



Энергетические уровни атома неона, линии с которых усиливались при добавлении водорода, были расположены вблизи точного энергетического резонанса по отношению к реакции (1). Этот экспериментальный факт совпадает с результатами работы [2].

В настоящем сообщении излагаются результаты экспериментов, аналогичных [1], выполненных для смеси Ne—H₂O. Если реакция (1) действительно является ответственной за обнаруженный эффект, то при добавлении в разряд к неону другого электроотрицательного газа, способного также образовывать ионы Н⁻, должно наблюдаться усиление тех же самых линий неона, что и в смеси Ne—H₂.

В качестве такого «другого» электроотрицательного газа были выбраны пары воды. Как следует из [3, 4], в парах воды в результате диссоциативного прилипания могут образовываться отрицательные ионы трех типов — Н⁻, О⁻, ОН⁻. Кроме того, в работе [4] показано, что при малых давлениях паров H₂O ($P_{H_2O} \leq 0.5$ тор) основным отрицательным ионом является Н⁻. При больших давлениях начинают наблюдаться ионы О⁻, а затем и ОН⁻, образующиеся в результате перезарядки Н⁻ и О⁻ на молекулах H₂O. Благоприятным фактором является также то обстоятельство, что сечение диссоциативного прилипания электрона к молекуле H₂O с образованием Н⁻ превосходит по величине соответствующее сечение для водорода. Так, первое сечение составляет в максимуме $4.8 \cdot 10^{-18}$ см², а второе $3.5 \cdot 10^{-20}$ см². Энергии, соответствующие этим максимумам, — 6.5 и 13.5 эВ. В условиях низкотемпературной плазмы полого катода такое понижение энергии электронов, при которой происходит образование ионов Н⁻,



Регистрограммы участка спектра неона для случаев чистого неона и смесей.

а — Ne—H₂O, б — Ne—H₂.

должно дополнительно приводить к увеличению их концентрации вследствие того, что функция распределения электронов по энергиям имеет максимум в районе 2 эВ [5] и довольно круто спадает в сторону больших энергий.

Измерения проводились на установке, описанной в [1]. Схема эксперимента также была аналогичной — записывались спектры разряда в чистом неоне и сравнивались со спектрами, полученными для смеси Ne—H₂O при различных давлениях водяного пара. Давление паров H₂O менялось в пределах 0.05—0.15 тор. Давление неона составляло 1 тор.

В результате экспериментов было обнаружено, что при добавлении паров воды к неону наблюдалось усиление на тех же линиях неона, что и в случае смеси Ne—H₂, т. е. на линиях, идущих с уровней, лежащих в области точного энергетического резонанса для реакции (1). В качестве примера на рисунке, а приведены записи одного и того же участка спектра Ne I для случая чистого неона и для смеси Ne—H₂O. Для сравнения на рисунке, б показаны аналогичные спектры, полученные в [1] для смеси Ne—H₂. Видно, что в первом случае эффект проявляется сильнее. В таблице приведены величины K ($K = -I'/I_0$, где I_0 — яркость линии в чистом неоне, I' — яркость той же линии в смеси Ne—H₂O) для некоторых спектральных линий NeI.

Уменьшение яркостей, как и в работе [1], наблюдалось для линий, у которых верхние уровни были расположены ниже или выше области точного энергетического резонанса (1). При увеличении давления паров воды до значения большего 0.2 тор появлялось (как и в случае смеси неона с водородом) интенсивное свечение с наружной стороны катода и интегральное свечение катодной полости падало. Поэтому измерения при $P_{H_2O} > 0.2$ тор не проводились.

Полученные в работе результаты, как мы считаем, убедительно свидетельствуют в пользу правильности предложенного в [1] механизма явления.

Изменение яркостей линий неона в смеси с парами воды

Длина волны, нм	Переход	Давление паров воды, тор			
		0.05	0.10	0.15	0.20
640.2	3p—3s	0.83	0.82	0.77	0.66
638.2	3p—3s	0.72	0.47	0.40	0.33
621.7	3p—3s	0.20	0.13	0.10	0.07
540.0	3p—3s	0.65	0.45	0.35	—
966.5	4s—3p	0.35	0.30	0.19	0.14
948.6	4s—3p	0.63	0.51	0.34	0.26
534.1	4d—3p	4.8	6.1	6.9	—
533.0	4d—3p	6.8	8.7	9.7	—

Литература

- [1] П. А. Погорелый, А. М. Шухтин. Опт. и спектр., 38, 244, 1975.
- [2] J. Weiner, W. Peatman, R. S. Berry. Phys. Rev., 44, 1825, 1971.
- [3] C. E. Melton, G. A. Neese. J. Chem. Phys., 55, 9, 1971.
- [4] E. E. Muschlitz, T. L. Baily. J. Chem. Phys., 60, 681, 1956.
- [5] П. А. Погорелый. ЖТФ, 47, вып. 11, 1977.

Поступило в Редакцию 5 апреля 1977 г.