1970 г. Апрель *Том 100, вып. 4*

УСПЕХИ ФИЗИЧЕСКИХ НАУК

СОВЕЩАНИЯ И КОНФЕРЕНЦИИ

НАУЧНАЯ СЕССИЯ ОТДЕЛЕНИЯ ОБЩЕЙ ФИЗИКИ И АСТРОНОМИИ АКАДЕМИИ НАУК СССР

(26—27 ноября 1969 г.)

26 и 27 ноября 1969 г. в конференц-зале Физического института им. П. Н. Лебедева АН СССР состоялась научная сессия Отделения общей физики и астрономии АН СССР. На сессии были заслушаны доклады:

1. В. И. Гольданский, Некоторые новые применения физических методов в химии.
2. Л. В. Альтшулер, Успехи физики высоких давлений.
3. В. Б. Брагинский, Детекторы гравитационного излучения.
4. А. Г. Масевич, А. М. Лозинский, В. Е. Чертопруд, Специальные астрономические наблюдения искусственных небесных тел для задач геофизики и геодезии и новой большой советский телескоп для этих целей.
5. А. И. Никишов, В. И. Ритус, Взаимодействие электронов и фотонов с очень сильным электромагнитным полем.
6. Б. В. Дерягин, Новые данные о сверхплотной воде.

Ниже публикуется краткое содержание прочитанных докладов.

В. И. Гольданский. Некоторые новые применения физических методов в химии

В последние годы обнаруживаются и детально исследуются все новые примеры влияния химического (атомно-молекулярного и кристаллического) окружения на превращения ядер и элементарных частиц, а также на различные переходы с участием электронов внутренних оболочек. Как правило, поначалу накапливаются примеры такого влияния, обусловленного специально задаваемыми и уже известными изменениями свойств химического окружения. В дальнейшем же на основе наблюдений тонких различий в характеристиках превращений ядер и элементарных частиц, в спектрах рентгеновских лучей и фотоэлектронов создаются новые методы современной химии [1], обеспечивающие получение разносторонней, подчас совершенно уникальной и ранее не доступной информации. Различные варианты влияния химического окружения на физические процессы иллюстрируются таблицей (стр. 720).

Наиболее подробно в докладе были рассмотрены результаты, полученные в лаборатории докладчика в Институте химической физики АН СССР при исследовании аннигиляции позитронов [5] и работы проф. К. Зигбана с сотрудниками (Уппсала, Швеция) по созданию и разнообразным применениям метода прецизионной фотоэлектронной спектроскопии [14].

Достаточно полные сведения о характере аннигиляции позитронов получаются при сочетании наблюдений временных позитронных спектров (т. е. распределения позитронов по длительности их жизни в веществе) и кривых угловой корреляции двух аннигиляционных γ-квантов (т. е. малых отклонений углов их разлета от 180°).

Существуют три основных пути аннигиляции позитронов, каждый из которых может быть экспериментально выделен и служит источником специфической физико-химической информации. Так, аннигиляция позитронов в квазисвободных соударениях позволяет исследовать методом угловой корреляции импульсное распределение электронов проводимости и валентных электронов. Аннигиляцию через образование связанных состояний типа e^+M или e^+A^- (M — молекула, A^- — анион) удается использовать для исследования новых видов химической связи (например He-e^+-He) и определения эффективных зарядов атомов в молекулах и кристаллах. Особенно разностороннюю информацию дают химикам наблюдения образования и гибели легчайшего водородоподобного атома — позитрония, состоящего из позитрона и электрона. Как

Физический процесс	Характер химического влияния
Захват орбитальных электронов ядрами [2]	Изменение скорости захвата
Изомерные ядерные переходы [2, 3]	Изменение скорости переходов, коэффициентов внутренней конверсии, энергии γ-квантов
Каскадные ядерные переходы [4]	Изменение угловой корреляции каскадных частиц и квантов
Аннигиляция позитронов [5]	Изменение времени жизни позитронов, числа и угловой корреляции аннигиляционных γ-квантов
Распад μ^+-мезонов [6, 7]	Изменение остаточной поляризации μ^+
Распад μ^--мезонов [8]	Изменение времени жизни μ^- и вида мезорентгеновских спектров
Распад π^--мезонов [8]	Изменение вероятности перезарядки $\pi^- + p \rightarrow \pi^0 + n$
Замедление нейтронов	Изменение сечений рассеяния и скорости замедления
Торможение и рассеяние заряженных частиц [9-11]	Каналирование частиц решеткой и появление «эффекта теней»
Испускание рентгеновских лучей [12, 13]	Изменение энергии излучаемых рентгеновских квантов
Поглощение рентгеновских лучей [13]	Возникновение тонкой структуры краев спектров поглощения
Испускание фотоэлектронов со внутренних оболочек и оже-электронов [14]	Изменение энергии электронов (за счет изменения потенциалов ионизации)

и всякий радиоактивный меченый атом, позитроний сигнализирует характерным излучением о своем пребывании в веществе. Но, в отличие от обычных меченых атомов, сигнал, посылаемый позитронием в момент его гибели, не всегда одинаков. Время жизни и механизм гибели позитрония сами зависят от свойств окружающей среды, служат ее характеристиками. В этом — одна из наиболее замечательных особенностей позитрониевого метода. Другое преимущество этого метода заключается в том, что, благодаря весьма малому собственному времени жизни атомов позитрония, это время может служить как бы стандартом сравнения для определения скорости даже самых быстрых реакций с участием позитрония, протекающих за миллиардные доли секунды.

Позитроний оказался чувствительнейшим детектором присутствия свободных атомов и радикалов в газах, а также строения координационной сферы вокруг парамагнитных комплексообразователей (например, Co^{2+}) в растворах («размазанности» непарных электронов по этой сфере). Сопоставление скоростей реакций водорода и позитрония (например, их взаимодействия с Fe^{3+} и Fe^{2+}) позволяет вскрыть роль диффузионных и квантовых (туннельный эффект) факторов в химической кинетике. Наблюдая изменения характера аннигиляции позитронов с составом и давлением газа, удается измерять времена жизни промежуточных активных комплексов газовых реакций порядка 10^{-12} *сек* и менее. Наконец, измерения вероятности образования позитрония позволяют охарактеризовать важные элементарные процессы возбуждения позитронным (и электронным) ударом колебаний атомов в кристаллических решетках и энергетических уровней молекул.

Чрезвычайно перспективным для химии является разработанный шведскими учеными метод ESCA (Electron Spectroscopy for Chemical Analysis). Высочайший уровень точности определения энергии фотоэлектронов с помощью магнитных или электростатических спектрометров позволяет выделить при облучении сложных соединений или смесей рентгеновскими квантами группы электронов, отвечающих каждому сорту атомов и обеспечить на этой основе очень чувствительный (до 10^{-8} *г*) элементный анализ. Более того, удается установить, в скольких химически различных положениях находятся в исследуемой системе те или иные атомы и в каком соотношении эти атомы распределены по разным положениям. К примеру, потенциалы ионизации *K*-электро-

нов атомов углерода в бензольном кольце и в карбоксильной группе различаются почти на 5 *эв*, точность же определения кинетической энергии фотоэлектронов, вырываемых при облучении углерода K_α-линиями Mg или Al, достигает сотых долей процента, т. е. десятых долей электрон-вольта.

Более кратко описаны в докладе результаты мезохимических экспериментов, выполненных на синхроциклотроне Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ в Дубне [6, 8], и перспективы их химических применений. Столь же кратко характеризуется основное содержание и химическая значимость прецизионных наблюдений рентгеновских спектров поглощения и эмиссионных спектров.

Наконец, предлагаются и описываются пути будущих исследований пространственной и временно́й делокализации электронов в молекулярных системах [15] — с помощью эффекта Мёссбауэра и измерений гигантских магнитных полей, создаваемых на ядрах дыркой в K-оболочке [16] — на основе сопоставления угловых корреляций каскадных γ-квантов с предшествующими им γ-квантами или K-конверсионными электронами.

ЛИТЕРАТУРА

1. В. И. Гольданский, Вестн. АН СССР 9, 73 (1969).
2. S. De Benedetti, F. de S. Barros, G. R. Hoy, Ann. Rev. Nucl. Sci. 16, 31 (1966).
3. В. И. Гольданский, УФН 89, 333 (1966).
4. H. Frauenfelder, R. M. Steffen, Chapter XIX в «Alpha, Beta, and Gamma Ray Spectroscopy» (ed by K. Siegbahn), vol. 2, North-Holland Publ. Company, Amsterdam, 1965, стр. 997-1198.
5. В. И. Гольданский, Физическая химия позитрона и позитрония, М., «Наука», 1968, стр. 176.
6. В. Г. Фирсов, Исследования химии мюония, Докторская диссертация (М., 1969).
   Г. Г. Мясищева, Ю. В. Обухов, В. С. Роганов, В. Г. Фирсов, Химия высоких энергий 3, 510 (1969) (в списке литературы даны ссылки на предыдущие работы группы В. Г. Фирсова 1964—1969 гг.).
7. В. Хьюз, УФН 95, 527 (1968).
8. С. С. Герштейн, В. И. Петрухин, Л. И. Пономарев, Ю. Д. Прокошкин, УФН 97, 3 (1969).
9. А. Ф. Тулинов, УФН 87, 585 (1965).
10. Й. Линдхард, УФН 99, 249 (1969).
11. М. Томпсон, УФН 99, 297 (1969).
12. Р. Л. Баринский, В. И. Нефедов, Рентгеноспектральное определение заряда атомов в молекулах, М., «Наука», 1966, стр. 248.
13. О. И. Сумбаев, Ю. П. Смирнов, Е. В. Петрович и др., ЖЭТФ 56, 536 (1969) (в списке литературы даны ссылки на предыдущие работы группы О. И. Сумбаева 1965—1968 гг.).
14. K. Siegbahn, C. Nordling, A. Fahlman et al., ESCA-Atomic, Molecular and Solid State Structure Studies by Means of Electron Spectroscopy, Almqvist & Wiksells Boktrycker, AB, Uppsala, 1967.
15. Л. А. Блюменфельд, В. И. Гольданский, М. И. Подгорецкий, Д. С. Чернавский, Ж. структ. химии 8, 854 (1967).
16. В. И. Гольданский, Письма ЖЭТФ 7, 357 (1968).