

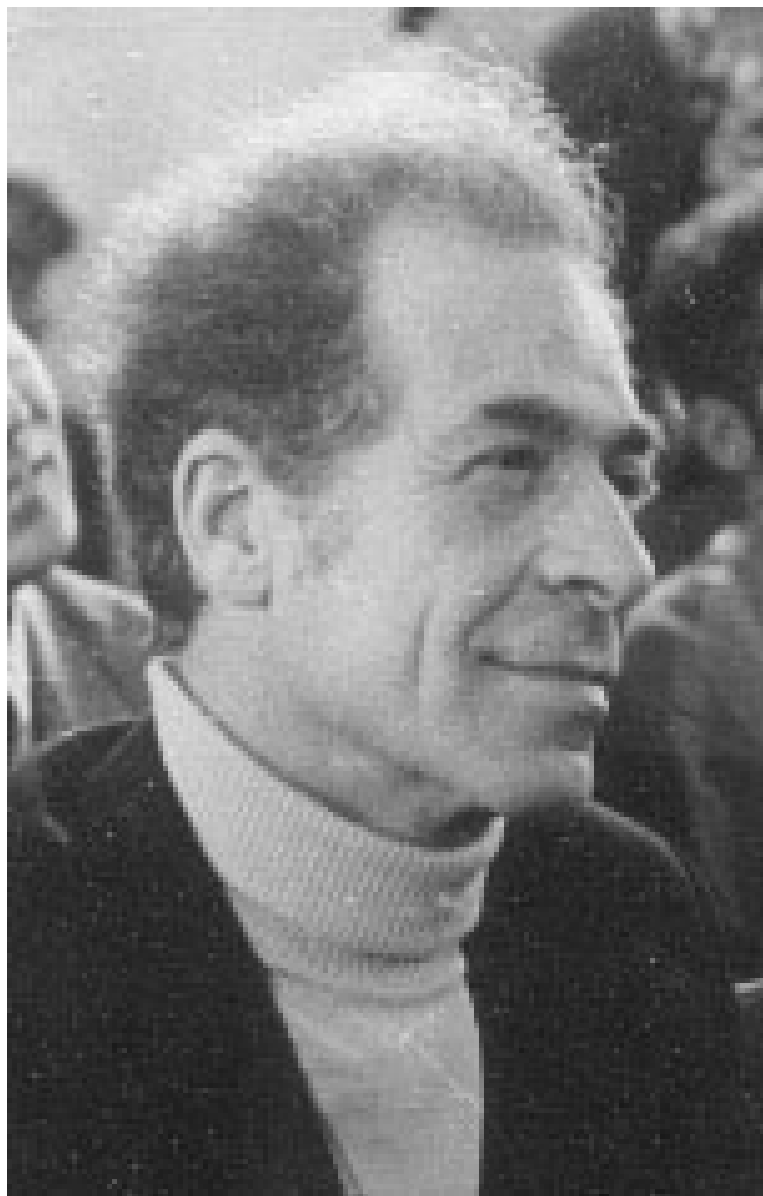
Спектроскопия молекулярных кристаллов SMC 2004



Институт физики твердого тела РАН

Черноголовка, 2-3 декабря 2004 года

Программа и тезисы докладов



ИФТТ РАН, Черноголовка, Россия, 2–3 декабря 2004г.

**Международный семинар
"Спектроскопия молекулярных кристаллов: диэлектрики,
металлы и сверхпроводники",
посвященный 80-летию со дня рождения
лауреата Ленинской премии, профессора
БРОУДЕ Владимира Львовича**

**Семинар проводится при поддержке
Российской Академии Наук
Российского Фонда Фундаментальных Исследований**

Программа семинара

"Спектроскопия молекулярных кристаллов: диэлектрики, металлы и сверхпроводники"

2 декабря 2004г, четверг

13⁰⁰ - 14²⁰ *Председатель В.В. Кведер*

13⁰⁰ - 13⁴⁰ Открытие семинара, Ю.А. Осипьян (ИФТТ РАН, Черноголовка)

13⁴⁰ - 14¹⁰ В.Б. Тимофеев (ИФТТ РАН, Черноголовка)

"Коллективные состояния межъямных экситонов в полупроводниковых гетероструктурах"

14¹⁰ - 14⁴⁰ кофе, чай

14⁴⁰ - 16⁰⁰ *Председатель В.Б. Тимофеев*

14⁴⁰ - 15⁰⁰ В.В. Кведер, Ю.А. Осипьян (ИФТТ РАН, Черноголовка)

"Электронные и оптические свойства кристаллов фуллерена и некоторых комплексов на их основе"

15⁰⁰ - 15²⁰ Б.С. Разбирин (ФТИ РАН, Санкт-Петербург)

"Оптическая спектроскопия матрично-изолированных молекул фуллеренов"

15²⁰ - 15⁴⁰ М.С. Соскин, М.В. Васнецов (ИФ НАНУ, Киев)

"Сингулярная оптика как новое направление современной фотоники"

15⁴⁰ - 16⁰⁰ В.Т. Долгополов (ИФТТ РАН, Черноголовка)

"Двумерные электронные системы с сильным взаимодействием"

16⁰⁰ - 16²⁰ кофе, чай

16²⁰ - 17⁴⁰ *Председатель М.С. Соскин*

16²⁰ - 16⁴⁰ В.Д. Кулаковский, Д.Н. Крижановский, М.Н. Махонин, А.И. Тартаковский, Н.А. Гиппиус, С.Г. Тиходеев (ИФТТ РАН, Черноголовка; ИОФ РАН, Москва)

"Четырёхволновое смешивание в полупроводниковых микрорезонаторах"

16⁴⁰ - 17⁰⁰ А.А. Максимов, И.И. Тартаковский (ИФТТ РАН, Черноголовка)

"Взаимодействие электронной, магнитной и фононной подсистем в полупроводниковых полумагнитных гетероструктурах"

17⁰⁰ - 17²⁰ С.А. Пермогоров, А.Р. Резницкий, А.А. Ключихин, (ФТИ РАН, Санкт-Петербург)

"Локализация экситонов в квантовых ямах полупроводниковых твердых растворов II-VI"

17²⁰ - 17⁴⁰ И.С. Осадько (ФИ РАН, Москва)

"Исследование квантовой динамики одиночных молекул и полупроводниковых нанокристаллов с помощью их мерцающей флуоресценции"

3 декабря 2004г, пятница

10³⁰ - 11⁵⁰ *Председатель Г.В. Климушева*

10³⁰ - 10⁵⁰ Е.Ф. Шека (РУДН, Москва)

"Фотосинтетические реакции и спектры донорно-акцепторных комплексов на основе C₆₀"

10⁵⁰ - 11¹⁰ А.А. Авдеенко, Л.М. Буравцева, О.А. Жикол, А.В. Лузанов, О.С. Пышкин, М.А. Стржемечный (ФТИНТ НАНУ, Харьков; ИСМ НАНУ, Харьков)

"Особенности спектров флуоресценции изомеров бромзамещенного бензофенона"

11¹⁰ - 11³⁰ Д.А. Гордон, С.И. Кузина, В.А. Пахомова, А.И. Михайлов (ИПХФ РАН, Черноголовка)

"Особенности электронной структуры и эффектов сопряжения в наноматериалах и полимерных наноструктурах"

11³⁰ - 11⁵⁰ Т. Орлова, И. Теренецкая (ИФ НАНУ, Киев)

"Особенности фотоизомеризации провитамина D в нематической ЖК матрице"

11⁵⁰ - 12¹⁰ кофе, чай

12¹⁰ - 13¹⁰ *Председатель С.А. Пермогоров*

12¹⁰ - 12³⁰ В.К. Долганов (ИФТТ РАН, Черноголовка)

"Тонкие молекулярные плёнки"

12³⁰ - 12⁵⁰ К.П. Мелетов (ИФТТ РАН, Черноголовка)

"Фазы высокого давления в планарных полимерах C₆₀"

12⁵⁰ - 13¹⁰ Е.И. Демихов (ИФТТ РАН, Черноголовка)

"Криостаты и сверхпроводящие магнитные системы для физических исследований"

13¹⁰ - 15⁰⁰ Выставка криогенного оборудования. Обед. Посещение лабораторий ИФТТ РАН

15⁰⁰ - 16⁴⁰ *Председатель И.С. Осадько*

15⁰⁰ - 15²⁰ В.В. Бендерский, Е.В. Ветошников, Е.И. Кац, Х.-П. Троммсдорф (ИПХФ РАН, Москва; ИТФ РАН, Черноголовка; УФ, Гренобль)

"Молекулярные модели элементов для квантового компьютеринга"

15²⁰ - 15⁴⁰ Г.В. Климушева (ИФ НАНУ, Киев)

"Нелинейные оптические свойства новых ионных жидких кристаллов"

15⁴⁰ - 16⁰⁰ В.Б. Ефимов, Л.П. Межов-Деглин (ИФТТ РАН, Черноголовка)

"Транспорт тепла в углеродных образцах различных аллотропических модификаций"

16⁰⁰ - 16²⁰ Е.С. Пикина, В.Э. Поднек (ИПНГ РАН, Москва)

"Смачивание, слоевание и переход шероховатости в жидких кристаллах"

16²⁰ - 16⁴⁰ С.А. Омельченко (ДНУ, Днепропетровск)

"Влияние возбуждения электронной подсистемы кристаллов ZnS на равновесный заряд статических дислокаций"

16⁴⁰ - 17²⁰ Подведение итогов. Закрытие Семинара

Коллективные состояния межъямных экситонов в полупроводниковых гетероструктурах

В.Б. Тимофеев

Институт физики твердого тела РАН, 142432 Черноголовка

В двойных квантовых ямах (ДКЯ) с приложенным электрическим смещением, наклоняющем зоны, можно возбуждать пространственно не прямые, или межъямные экситоны (МЭ), у которых электрон и дырка находятся в разных квантовых ямах, разделенных туннельно-прозрачным барьером. В отличие от внутриямных, прямых экситонов, МЭ являются долгоживущими, поэтому их нетрудно накапливать, а сам газ таких экситонов можно охладить до достаточно низких температур. Благодаря нарушенной инверсной симметрии МЭ имеют дипольный момент уже в основном состоянии. Из-за диполь-дипольного отталкивания такие экситоны не могут связываться в молекулы или другие более сложные многочастичные комплексы.

Межъямные экситоны являются композитными бозонами, поэтому их коллективные свойства должны подчиняться Бозе-Эйнштейновской статистике. Теория предсказывает, что конденсированная диэлектрическая экситонная фаза, - аналог бозе-конденсата, может возникать только при наличии латерального конфайнмента в плоскости КЯ (случайного или искусственно приготовленного). В условиях такого пространственного ограничения и, связанного с ним, внешнего сжатия экситонного газа, МЭ легче накопить до критических плотностей. Нами показано, что коллективное состояние межъямных экситонов возникает в ДКЯ при наличии крупно масштабных флуктуаций случайного потенциала, связанных с флуктуациями ширины AlAs барьеров в GaAs двойных квантовых ямах, а также в искусственно приготовленных латеральных ловушках с помощью неоднородного электрического поля. Бозе-конденсация межъямных экситонов наблюдалась нами в условиях, когда фотовозбужденные МЭ накапливались в макроскопически протяженных областях с латеральным конфайнментом вплоть до нескольких мкм, а сам газ экситонов был достаточно разреженным ($r_s \leq 5$). Построена фазовая диаграмма, очерчивающая область экситонного бозе-конденсата., в координатах температура - критическая экситонная плотность.

Исследована пространственно разделенная электрон-дырочная система большой плотности, $r_s \cong 1$, когда межъямные экситоны разрушаются (переход Мотта). В магнитном поле такая система демонстрирует сильный диамагнетизм, обусловленный магнитными свойствами почти свободных электронов и дырок. В ультра квантовом пределе (фактор заполнения $\nu < 1$) обнаружена новая коллективная диэлектрическая фаза - аналог экситонного диэлектрика.

Электронные и оптические свойства кристаллов фуллеренов и некоторых комплексов на их основе.

В.В. Кведер, Ю.А. Осипьян

Институт физики твердого тела РАН, Черноголовка, 142432

тел: (096)522-2344, эл. почта: kveder@issp.ac.ru

Кристаллы фуллеренов, таких как C₆₀, представляют собой новый класс полупроводников с запрещенной зоной порядка 2.1 эВ, энергией связи синглетных экситонов порядка 0.4 эВ и ширинами валентной зоны и зоны проводимости порядка 0.5 эВ. Интерес к этим кристаллам обусловлен рядом их специфических особенностей, в частности:

Высокой плотностью состояний в зоне проводимости и валентной зоне, связанной с их малой энергетической шириной.

Аномально высокими коэффициентами диффузии различных ионов и примесей в этих кристаллах, обусловленными большими межмолекулярными пространствами в этих кристаллах, что позволяет легко модифицировать свойства кристаллических фуллеренов путем их допирования не только ионами металлов, но и довольно большими органическими и неорганическими молекулами.

Одновременным наличием как очень мягких межмолекулярных фононных мод, так жестких колебательных мод самих молекул. При этом можно ожидать сильное электрон-фононное взаимодействие.

Возможностью обратимой полимеризации и димеризации молекул за счет образования между ними ковалентных связей, что может происходить как при фотовозбуждении кристаллов, так и при определенном их допировании или термобаррических обработках.

В виде краткого обзора будут представлены имеющиеся на сегодняшний момент данные об электронных, магнитных и оптических свойствах кристаллов фуллеренов и некоторых их комплексов с различными органическими и неорганическими донорами, а также потенциальные возможности их практических применений в электронике.

Оптическая спектроскопия матрично-изолированных молекул фуллеренов

Б.С. Разбирин

Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе РАН, Санкт-Петербург

Физические и химические свойства фуллеренов в значительной мере определяются электронной энергетической структурой их молекул. Одним из наиболее эффективных экспериментальных методов получения информации об электронной структуре является оптическая электронная спектроскопия высокого разрешения. Такие исследования становятся возможными, в частности, при использовании в качестве объекта матрично-изолированных систем, содержащих фуллереновые молекулы. В докладе представлены результаты спектроскопических исследований молекул C_{70} и C_{60} , а также ряда их производных, введенных в кристаллические матрицы различных органических растворителей. При определенных условиях, которые обсуждаются в докладе, оказывается возможным наблюдать эффект Шпольского в этих системах при $T = 2$ К, который проявляется в возникновении весьма узких линий (шириной до 3 см^{-1}) бесфононных чисто электронных переходов и их колебательных повторений в спектрах пропускания и люминесценции. Такие спектры дают возможность получить более полную и точную информацию о вибронных состояниях изучаемых молекул. Показано, что в случае монокристаллической матрицы в определенных случаях возможно получить "холодных газ" ориентированных несферических молекул C_{70} , что позволило наблюдать поляризационные свойства их спектров.

Представлены экспериментальные результаты магнитооптических исследований (эффект Зеемана) ориентированных молекул C_{70} в монокристаллической матрице толуола. Сравнение теории и эксперимента позволило интерпретировать экспериментальные данные по эффекту Зеемана и определить эффективный g-фактор триплетного состояния ($g = 1.85$). Исследованы спектры возбуждения люминесценции матрично-изолированного фуллерена C_{70} . Получены новые данные об электронной структуре C_{70} и колебательных состояниях молекулы в матрице. Рассмотрены спектры ряда производных C_{60} , некоторые из которых в случае матричной изоляции также обладают узколинейчатой структурой. Работа поддержана грантом РФФИ (№ 04-03-33182), а также Российской программой "Управляемый синтез фуллеренов и других атомных кластеров".

Сингулярная оптика как новое направление современной фотоники

М. С. Соскин, М. В. Васнецов

Институт физики НАН Украины, Киев

Сингулярная оптика (СО) возникла как новое направление современной фотоники в результате закономерного развития лазерной оптики и внесения в нее представлений о сингулярных состояниях физических систем с особыми свойствами. Сингулярности возникают в тех точках оптического поля, где вырожден один из его параметров. В линейно поляризованных (скалярных) полях они реализуются в точках, где амплитуда строго равна нулю, вследствие чего фаза не определена и формируется *оптический вихрь* (ОВ) с циркуляцией фазы, например мода Лагерра-Гаусса LG_0^m с геликоидальным волновым фронтом с шагом геликоида в пространстве $m\lambda$ ($m = \pm 1, \pm 2$ – *топологический заряд* ОВ). Вследствие наклона волнового фронта геликоида возникают тангенциальная компонента S_ϕ вектора Пойнтинга и *орбитальный угловой момент* пучка, равный $m\hbar$ в пересчете на фотон. В эллиптически поляризованных (векторных) полях сингулярными являются точки с циркулярной или линейной поляризацией, где вырожден азимут или знак поляризации.

Непосредственным толчком к возникновению представлений о сингулярностях электромагнитных полей стало обнаружение “зон молчания” в поле рассеянных радиоволн над Антарктическим ледяным щитом. Их трактовка привела в 1974 г. к внесению в волновую физику концепции о сингулярностях волновых полей и созданию теории таких полей [1].

В 1981 г. Б. Я. Зельдович и др. показали, что ОВ возникают естественно в поле рассеянного лазерного излучения (спекл-поле) в точках полной деструктивной интерференции [2]. В 1990 г. нами был предложен и реализован универсальный способ синтеза “сингулярных” лазерных пучков с помощью компьютерно синтезированных голограмм [3]. После этого во всем мире начались активные экспериментальные исследования удивительных свойств сингулярных полей (рождения и аннигиляции пар ОВ [4], реализации квантового связывания (entanglement) “вихревых фотонов” [5], вращательного эффекта Доплера на ОВ-пучках [6], “вихревых” (черных) солитонов в нелинейно-оптических кристаллах и др.).

В последнее время нами начаты исследования сингулярных векторных оптических полей с помощью развитой техники цифровой стокс-поляриметрии на ССД камере, которая позволяет преобразовать точки с циркулярной поляризацией в *вихри Стокса* и локализовать их с точностью до пиксела (5х7 мкм). Показано, что в таких полях формируются *топологические решетки (скелетоны)*, играющие роль кристаллической решетки [7].

На ОВ-пучках созданы “*оптические пинцеты*”, которые позволяют захватывать, перемещать и вращать микрочастицы [8], что активно используется в микробиологии.

- [1] J.F. Nye and M.V. Berry. *Proc. Roy. Soc. Lond. A* 336 (1974) 165.
- [2] N.R. Baranova, B.Ya. Zel'dovich et al. *JETP Lett.* 33 (1981) 195.
- [3] V.Yu. Bazhenov, M.V. Vasnetsov and M.S. Soskin *JETP Lett.* 52 (1990) 429.
- [4] M.S. Soskin and M.V. Vasnetsov *Progress in optics* 42 (2001) 219.
- [5] A. Mair, A. Vaziri et al. *Nature* 412 (2001) 313.
- [6] V.G. Denisenko, R.I. Egorov, and M.S. Soskin *JETP Lett.* 80 (2004) 17.
- [7] M. Soskin, V. Denisenko and R. Egorov *J. Opt. A: Pure Appl. Opt.* 6 (2004) S281.
- [8] J.E. Molloy, K. Dholakia and M.J. Padgett *J. Mod. Opt.* 50 (2003) 1501.

Двумерные электронные системы с сильным взаимодействием.

В.Т. Долгополов

Институт физики твердого тела РАН.

Обсуждаются равновесные и транспортные свойства двумерной сильно взаимодействующей электронной системы в кремниевых полевых структурах. Приведены результаты новых измерений, в частности, измерения магнитоемкости в параллельном поверхности магнитном поле. В этих измерениях впервые обнаружен скачок термодинамической плотности состояний, соответствующий полной спиновой поляризации подвижных электронов. Измерена также намагниченность двумерной электронной системы в металлической фазе при различных электронных концентрациях и в разных магнитных полях. Продемонстрировано, что при уменьшении электронной плотности и приближении к критическому значению, близкому в наших образцах к точке перехода металл-диэлектрик, спиновая восприимчивость имеет тенденцию к расходимости.

Обсуждаются также измерения температурной зависимости проводимости и амплитуды осцилляций Шубникова-де Гааза. Показано, что оба эффекта приводят к выводу о резком возрастании эффективной массы электронов при приближении к упомянутому выше критическому значению электронной плотности. Обнаружено, что эффективная масса практически не зависит от степени спиновой поляризации электронной системы.

Аномальное поведение двумерной электронной системы при малых плотностях не соответствует поведению, ожидаемому по экстраполяции результатов, известных для классической ферми-жидкости.

Четырёхволновое смешивание в полупроводниковых микрорезонаторах.

В.Д. Кулаковский, Д.Н. Крижановский, М.Н. Махонин, А.И. Тартаковский

Институт физики твердого тела РАН, Черноголовка

Н.А. Гиппиус и С.Г. Тиходеев

Институт общей физики РАН, Москва

В полупроводниковых микрорезонаторах (МР) с квантовыми ямами в активном слое экситон-фотонное взаимодействие приводит к образованию поляритонных состояний. Такие состояния реализуются, когда затухание как фотонной, так и экситонной мод не превышает энергию экситон-фотонного взаимодействия. В плоских МР поляритоны являются квазидвумерными частицами. В отличие от объемных поляритонов их аннигиляция происходит без сохранения импульса в направлении, перпендикулярном плоскости квантовой ямы, что приводит к коротким (порядка пс) временам жизни. С другой стороны, эффективная масса МР поляритонов оказывается на несколько порядков меньше эффективной массы экситонов, а их когерентный размер превышает несколько микрон, что качественно изменяет свойства экситонной системы [1].

Экситон-поляритонная система демонстрирует сильные нелинейные свойства в интенсивности и поляризации излучения при больших плотностях резонансного возбуждения в нижнюю поляритонную ветвь (НПВ) вблизи точки перегиба дисперсионной кривой. Эффект связан с четырехволновым смешением или параметрическим рассеянием фотовозбужденных НП и идет с сохранением энергии и квазиимпульса. Для его описания была использована модель, развитая для системы с одной макрозаполненной модой. Согласно этой теории рассеяние света должно идти в разрешенные состояния НПВ, удовлетворяющие законам сохранения. Однако нами обнаружено, что при плотностях возбуждения, выше некоторой критической, рассеяние идет в состояния с фиксированными квазиимпульсами $k=0$ и $2k_{exc}$, а энергии сигнальной и холостой мод оказываются существенно выше поляритонной ветви независимо от величины квазиимпульса возбуждающей волны, k_{exc} .

В докладе обсуждается четырех-волновое смешение в МР структуре с $Al_{0.13}Ga_{0.87}As/AlAs$ брэгговскими зеркалами, в активном слое которой помещены 6 $In_{0.06}Ga_{0.94}As/GaAs$ квантовых ям. Исследованы зависимости энергии и квазиимпульса сигнальной и холостой мод от энергии, квазиимпульса и плотности мощности возбуждающего луча, а также влияние на процесс четырехволнового смешения дополнительной межзонной подсветки и влияние дополнительной резонансной подсветки.

Для выяснения природы неожиданного поведения параметрического рассеяния были выполнены расчеты для развития четырехволнового рассеяния поляритонов во времени, поскольку использование стационарной модели для расчета возможно только ниже порога для стимулированного процесса. Найдено, что изначально поляритон-поляритонное рассеяние идет в состояния НПВ с k_s и k_l удовлетворяющие законам сохранения энергии и импульса. Но с увеличением накачки развиваются сильные нелинейности, которые приводят к резкому изменению процесса рассеяния, затухание становится отрицательным для целой области значений квазиимпульсов и рассмотрение двухмодового режима рассеяния становится бессмысленным: Система переходит в многомодовый режим рассеяния.

Авторы благодарны М. Сколнику за предоставленные образцы и РФФИ и INTAS за финансовую поддержку.

Взаимодействие электронной, магнитной и фононной подсистем в полупроводниковых полумагнитных гетероструктурах

А.А. Максимов, И.И. Тартаковский

*Институт физики твердого тела Российской Академии Наук, 142432 Черноголовка,
Московская область, Россия*

Полумагнитные полупроводники (ПМПП) являются особым классом материалов с уникальным сочетанием полупроводниковых и магнитных свойств, что определяется сильным *sp-d* обменным взаимодействием между носителями заряда (электронами и дырками) и локализованными спинами магнитных ионов. На стадии изготовления гетероструктур на основе ПМПП имеются широкие возможности для манипулирования их электронными и магнитными свойствами. В связи с этим, они могут рассматриваться как перспективные базовые элементы для создания приборов новой, быстро развивающейся в последнее время исследовательской области, названной "спинтроникой". Любой прибор для спинтроники неизбежно предполагает создание спин-поляризованных электронов, управление их свойствами (манипулирование спинами), а также сохранение определенного спинового состояния в течение некоторого промежутка времени. Очевидно, необходимое условие для успешного применения таких гетероструктур в спинтронике – точные фундаментальные научные знания динамических свойств ПМПП, в частности, знания о спин-решеточной релаксации магнитных ионов в этих материалах.

Магнитные, оптические и транспортные свойства гетероструктур на основе ПМПП определяются взаимодействием связанных подсистем магнитных ионов, решетки (фононной подсистемы) и свободных носителей. Присутствие свободных носителей (их концентрация, температура, спиновая поляризация) чрезвычайно важно как для статических характеристик, так и для динамических свойств исследуемой гетероструктуры, поскольку сильно изменяет эффективность передачи энергии и спина между взаимодействующими подсистемами ПМПП.

Методами оптической спектроскопии с высоким временным разрешением были проведены детальные исследования динамики спин-решеточной релаксации магнитных ионов Mn в квантовых ямах на основе ZnMnSe. Мы использовали внутренний "термометр" спиновой температуры, основанный на высокой чувствительности гигантского зеемановского расщепления экситонных состояний к поляризации магнитных ионов. Было обнаружено, что время спин-решеточной релаксации изменяется на пять порядков величины от 10^{-3} s до 10^{-8} s при изменении концентрации Mn от 0.4% до ~10%. Установлена важная роль свободных носителей как при *нагревании*, так и при *охлаждении* Mn-подсистемы. Быстрый нагрев наблюдается в течение длительности возбуждающего лазерного импульса при взаимодействии спинов магнитных ионов с фотовозбужденными носителями. С другой стороны, наличие равновесных холодных носителей, введенных в образец за счет допирования, более чем на порядок ускоряет процесс релаксации (охлаждения) магнитной подсистемы в образцах с малой концентрацией Mn. Кроме того, в структурах ZnMnSe с высоким содержанием Mn, где время спин-решеточной релаксации существенно короче характерных времен жизни неравновесных фононов, открывается возможность для получения дополнительной информации о динамике неравновесных фононов.

Локализация экситонов в квантовых ямах полупроводниковых твердых растворов II-VI

С.А.Пермогоров, А.Р.Резницкий, А.А.Клочихин

*Физико-технический институт им. А.Ф.Иоффе РАН,
Политехническая ул. 26, 194021, С.-Петербург*

Обсуждается природа электронных возбуждений в гетероструктурах с ультратонкими квантовыми ямами, в которых материал ямы представляет собой твердый раствор полупроводников II-VI. Прямое исследование структуры таких систем методами просвечивающей электронной микроскопии высокого разрешения показало, что вследствие сильного различия постоянных решетки соединений, образующих твердый раствор, в квантовой яме происходят процессы частичного фазового распада. В результате квантовая яма превращается в систему планарных nanoостровов, отличающихся по размерам, форме и среднему составу. Конкретное распределение nanoостровов по основным параметрам сильно зависит от условий выращивания.

Проведено экспериментальное исследование спектров фотолюминесценции (ФЛ) и спектров возбуждения люминесценции (СВЛ) ультратонких квантовых ям ZnCdSe (толщина ≈ 5 монослоев) в матрицах ZnSe, полученных внедрением субмонослойных вставок CdSe в процессе выращивания. Используемый метод роста позволяет контролируемым образом менять среднее содержание Cd в квантовой яме. Проведено также теоретическое моделирование формы спектров поглощения и ФЛ квантовых ям с nanoостровами.

Анализ полученных результатов с использованием предложенной модели позволил определить среднее содержание Cd и характерную форму латерального распределения потенциала в nanoостровах. Разработан метод спектроскопического определения порога подвижности для латерального переноса возбуждения между островами.

Исследование температурной зависимости спектров ФЛ позволило установить немонотонный характер температурного смещения максимума ФЛ. Наблюдаемая аномалия отнесена к существованию метастабильных электронных состояний в системе nanoостровов. Ответственными за такие состояния являются суперкластеры, образованные близко расположенными островами.

Исследование квантовой динамики одиночных молекул и полупроводниковых нанокристаллов с помощью их мерцающей флуоресценции

И.С.Осадько

Физический институт им. П.Н.Лебедева РАН, Москва

Современные нанотехнологии позволяют получать, а сканирующие туннельные микроскопы (СТМ) и атомные силовые микроскопы (АСМ) “увидеть” и исследовать одиночные атомы, молекулы, нанокристаллы и другие нанобъекты.

Однако квантовые переходы в индивидуальных флуоресцирующих нанобъектах можно изучать и без использования наномикроскопов различного типа, если возбуждать их флуоресценцию светом непрерывного лазера, а флуоресценцию наблюдать с помощью конфокального микроскопа. Какую информацию можно получать с помощью флуоресценции одиночных нанобъектов – этот вопрос рассматривается в данном докладе.

Флуоресценция одиночного нанобъекта всегда флуктуирует. Особый физический интерес представляют флуктуации флуоресценции, наблюдающиеся в шкале миллисекунд и даже секунд. Такие флуктуации наблюдаются в интегральной интенсивности флуоресценции одиночной полимерной молекулы, находящейся при комнатной температуре, а также в интенсивности флуоресценции одиночного полупроводникового нанокристалла CdSe с оболочкой из ZnS.

Измерение статистики распределения интервалов со свечением и без свечения, т.е. on- и off интервалов, дает разные результаты для одиночных молекул [1,2] и одиночных полупроводниковых нанокристаллов [3,4]. Для молекул эти функции распределения описываются экспонентами, а для полупроводниковых нанокристаллов – степенной функцией $1/t^{1.6}$.

В докладе показывается, что с помощью мерцающей флуоресценции одиночных наночастиц можно получать очень богатую информацию об их динамике. Такую информацию принципиально нельзя получить, исследуя ансамбли наночастиц.

[1] D. Van der Bout D., Wai-TakYip et al //Science 277(1997)1074.

[2] И.С.Осадько И.С.//ЖЭТФ.123 (2003)696.

[3] M.Kuno , D.P.Fromm et al.// J.Chem.Phys.112(2000)3117.

[4] И.С.Осадько // Письма в ЖЭТФ 79(2004)522

Фотосинтетические реакции и спектры донорно-акцепторных комплексов на основе C_{60}

Е.Ф.Шека

Российский университет дружбы народов, Москва

В 1965г. по предложению В.Л.Броуде мною совместно с А.М.Еременко было проведено исследование люминесценции нафталина, адсорбированного в поре цеолита [1]. На основе анализа спектров свечения и их изменчивости во времени было впервые установлено, что в адсорбированной фазе протекает химическая реакция, завершающаяся образованием окисленного нафталина. Было показано, что необходимым условием этой реакции является образование комплекса с переносом заряда (КПЗ) от нафталина к цеолиту. С тех пор подобных реакций было наблюденно великое множество. При этом, однако, оставался неясным механизм, связывающий образование КПЗ с образованием нового продукта. В последнее время эти “странные” реакции привлекли особое внимание, поскольку они характерны для большинства химических реакций с участием молекул фуллеренов [2]. Сравнительно низкий потенциал ионизации и большая величина энергии сродства к электрону, характерные для этих молекул, естественным образом объясняют донорно-акцепторный характер межмолекулярного взаимодействия в этом случае. Хорошо известно, что растворы смесей первичных реагентов реакций с участием фуллеренов и, в частности, аминов в большинстве случаев окрашены, причем окраска во времени изменяется до приобретения нового устойчивого цвета. В докладе на примере квантово-химического расчета ряда бинарных соединений фуллерена C_{60} (А) с аминами (В) показано, что первичная окраска обусловлена широкой полосой поглощения в видимом диапазоне спектра, отвечающей образованию КПЗ между компонентами комплекса А и В. Поглощение света (в том числе и *неконтролируемое* поглощение солнечного света или искусственного освещения лабораторного помещения) приводит к образованию ионов A^+ и B^- , взаимодействие которых сопровождается образованием нового химического продукта АВ. Таким образом, образование конечного продукта проходит через стадию *фотосинтетической* реакции. Спектры поглощения конечных продуктов АВ определяются атомным составом высшей заполненной и низшей свободной молекулярных орбиталей (НОМО и LUMO). Как показывают расчеты, для аминов, присоединяющихся к фуллерену через образование 1,3- пирролидинового цикла, в НОМО и LUMO вносят вклад лишь атомы фуллерена, в связи с чем их спектр поглощения сохраняет основные черты, характерные для молекулы C_{60} . Если присоединение амина к фуллерену происходит через аминную группу, атомы фуллерена и атомы амина определяют структуру НОМО и LUMO перекрестным образом. В связи с чем низкочастотный спектр поглощения продукта АВ обуславливается в этом случае внутримолекулярным переносом заряда и характеризуется широкой бесструктурной полосой. Экспериментальные данные, приведенные в докладе Б.С.Разбирин, являются прекрасным подтверждением этих результатов.

Проведенные исследования поддержаны грантом РФФИ 04-03-33182.

[1] А.М.Еременко, Е.Ф.Шека. Теор. эксп. химия, т.3, в.3 (1967) 390.

[2] S.R.Wilson, Y.Wu. Org.Mass.Spectr. 29 (1994) 186.

Особенности спектров флуоресценции изомеров бромзамещенного бензофенона

А.А. Авдеенко(1), Л.М. Буравцева(1), О.А. Жикол(2), А.В. Лузанов(2), О.С. Пышкин(1),
М.А. Стржемечный(1)

(1) Физико-технический институт низких температур им. Б.И. Веркина Национальной
академии наук Украины, Харьков

(2) Институт сцинтилляционных материалов Национальной академии наук Украины,
Харьков

Выполнено сравнительное исследование спектров фотолуминесценции (ФЛ) жидких растворов и монокристаллов моновбромзамещенных изомеров бензофенона при различных температурах. Спектры флуоресценции кристаллов (рис. 1) и растворов парабромбензофенона (4-бромбензофенона, ПББФ)) близки к таковым для симметрично замещенных дигалогенбензофенонов [1,2].

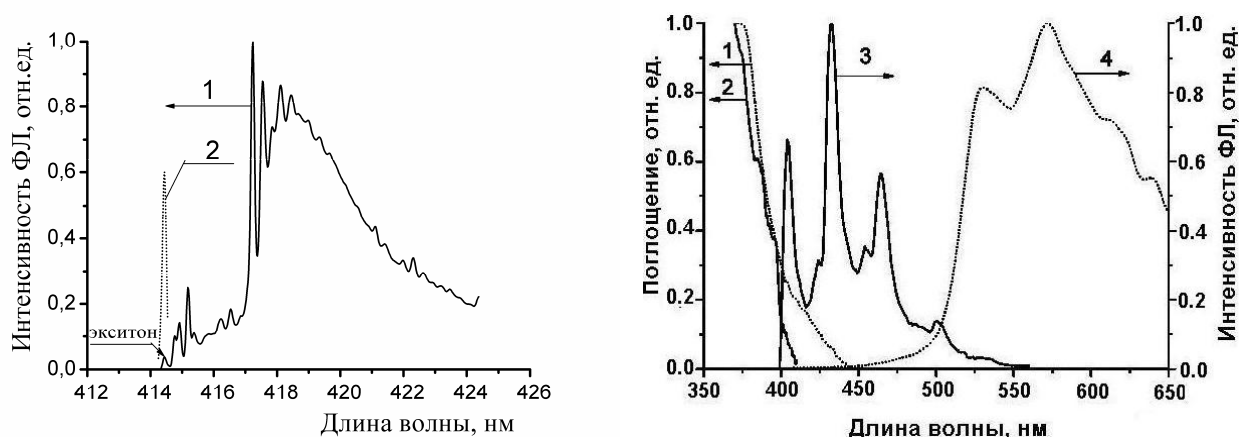


Рис. 1. Спектр флуоресценции при 1,6 (1) и 0-0 полоса синглет-триплетного поглощения при 1,6 K (не нормирована) (2) монокристаллов РВВР.

Рис. 2. Спектры поглощения при 293(1) и 1,6 K (2) и флуоресценции монокристаллов ОВВР при 1,6 (3) и 293 K (4).

Обнаружено, что спектры флуоресценции кристаллов (рис. 2) и растворов ОВВР резко отличаются от таковых для РВВР.

Методом функционала плотности рассчитаны двугранные углы между плоскостями фенильных колец и карбонильной плоскостью (торсионные углы), а также дипольные моменты в возбужденных состояниях исследуемых молекул. Особенности спектров флуоресценции изомеров бромзамещенного бензофенона в растворах и в кристаллах при различных температурах обсуждаются на основе рассмотрения характера возбужденных триплетных состояний ($\pi\pi^*$ и $n\pi^*$) и свечения триплетных эксимеров.

[1] S.Dym, R.M.Hochstrasser, J.Chem.Phys. 52 (1969) 2458

[2] A.A.Avdeenko, L.M.Buravtseva, V.S.Gorobchenko, V.V.Eremenko, S.V.Izvekov, A.E.Kravchenko, O.S.Pyshkin, V.I.Sugakov, ФНТ, 23 (1997) 334

Особенности электронной структуры и эффектов сопряжения в наноматериалах и полимерных наноструктурах

Д.А.Гордон, С.И. Кузина, ВА Пахомова, А.И. Михайлов

Институт проблем химической физики РАН, Черноголовка

В докладе проведен анализ эффектов электронной делокализации в классических сопряженных системах и в фуллеренах. Как известно, неспаренные электроны, локализованные лишь на атомах С (в свободно-радикальных и ион-радикальных центрах), а также делокализованные по классическим “углеродным” полисопряженным системам (полиацетилены, угли, лигнины и т.д.) характеризуются синглетным спектром с g -фактором 2.0023, близким к g -фактору свободного электрона и шириной $\Delta H=0.05-0.2$ мТ. Для ион-радикала C_{60}^- g -фактор значительно отличается от g_e и равен 1.997-1.999. Такое отличие свидетельствует, по-видимому, о своеобразной делокализации электронов по орбиталям C_{60} и о значительных “несферических” спин-орбитальных взаимодействиях. Заметим, что близкие значения g -фактора ($g=2.000$ и $\Delta H=0.2$ мТ) характеризуют неспаренный электрон, локализованный на Si, где очевидны более сильные, чем в С, спин-орбитальные взаимодействия. При этом, если часто наблюдаемый сигнал ЭПР в “чистых” фуллеритах с g -фактором 2.0025 связывают с “квазилокализованным” состоянием неспаренного электрона в катион-радикале C_{60}^+ , то регистрируемые в ряде работ сигналы с $g=2.0005-2.0015$, по-видимому, отвечают делокализации электрона по значительной области остова C_{60} с появлением спин-орбитальных взаимодействий. В этой связи для более точного измерения g -фактора следует отметить перспективность использования ЭПР-спектроскопии 2-мм диапазона (D-band). Для примера, в работе получены хорошо разрешенные спектры 2-мм ЭПР с анизотропным g -фактором для сильно делокализованных состояний в семихинонах лигнина ($g_x=2.0055$; $g_y=2.0052$; $g_z=2.0023$). Образование парамагнитных центров в классических полисопряженных системах полиацетиленов в настоящей работе было изучено при низкотемпературной полимеризации пара-диэтинилбензола. Было показано, что при температурах 77-150 К неспаренный электрон локализован на P_{xy} орбитали концевой фрагмента растущего макрорадикала $R_p^\cdot$, несмотря на формирование полисопряженной системы из ортогональных P_z орбиталей. Далее, при температурах 150-300 К при взаимодействии цепей $R_p^\cdot + P$ (P -полимерная цепь) происходит присоединение “локализованного” радикала $R_p^\cdot$ к сопряженным двойным связям орбиталей P_z и делокализация неспаренного электрона по P_z полисопряженной системе макромолекул полидиэтинилбензола.

Электронную структуру фуллерена отражают спектры его оптического поглощения. Показано, что C_{60} слабо взаимодействует с молекулой неполярного растворителя и, к примеру, оптические спектры раствора C_{60} в толуоле имеют хорошо разрешенную структуру, а при добавлении к раствору сильно полярных молекул (акриловая кислота, акриламид, N - винилпирролидон, используемых, в частности, для получения водорастворимых производных C_{60}), полосы сильно уширяются, что свидетельствует о влиянии этих соединений на структуру электронной орбитали C_{60} и образовании сильно взаимодействующих комплексов и ассоциатов.

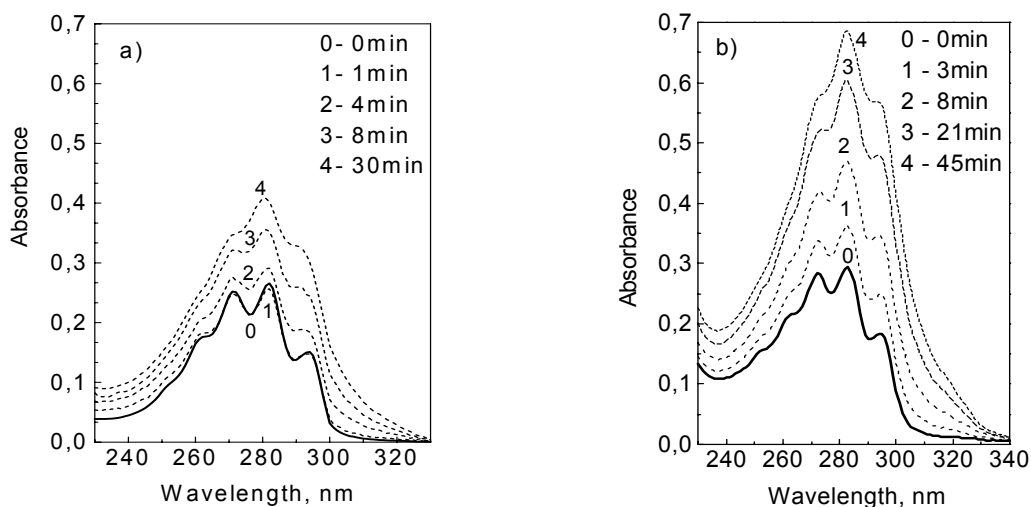
Особенности фотоизомеризации провитамина D в нематической ЖК матрице

Т.Орлова, И.Теренецкая

Институт физики НАН Украины

Методом абсорбционной УФ спектроскопии проведено сравнительное исследование фотоизомеризации 7-дегидрохолестерина (провитамина D₃) в этаноле и матрице нематического жидкого кристалла (НЖК) при УФ облучении на длине волны 254нм. Исследованы планарно ориентированные ЖК образцы различной толщины (5–130 мкм) с различной концентрацией хиральной добавки 7-ДГХ, обеспечивающей изменение шага индуцированной холестерической спирали в пределах 25 - 1100мкм.

Обнаружено, что внедрение молекулы 7-ДГХ в ЖК матрицу приводит к значительным изменениям спектральной кинетики фотоизомеризации по сравнению с этанольным раствором. Батохромный сдвиг исходного спектра поглощения на 1нм по мере УФ облучения возрастает до 4нм, а прирост оптической плотности, обусловленный накоплением *транс*-изомера тахистерина, в ЖК матрице значительно увеличивается при уменьшении толщины ЖК образца и уменьшении шага холестерической спирали.



Трансформация исходного спектра 7-ДГХ по мере УФ облучения в этаноле (а) и НЖК (в).

Сопоставление экспериментально наблюдаемой спектральной кинетики с проведенными модельными расчетами при варьировании квантовых выходов отдельных фотопревращений свидетельствуют о том, что в ЖК матрице существенно возрастает накопление тахистерина по сравнению с этанолом. Такое увеличение квантового выхода *цис-транс* изомеризации в более вязкой среде свидетельствует о значительном влиянии упорядоченного микроокружения ЖК матрицы на равновесное конформационное распределение провитамина D и, возможно, на сам механизм его *цис-транс* изомеризации.

Тонкие молекулярные плёнки

В.К. Долганов

*Институт физики твёрдого тела Российской Академии Наук, 142432 Черноголовка,
Московская область, Россия*

Влияние размеров и размерности систем на структуру, динамику и фазовые переходы является в последние годы предметом интенсивных экспериментальных и теоретических исследований. Поведение сверхтонких молекулярных плёнок во многом определяется различного рода поверхностными, флуктуационными явлениями и существенным образом зависит от размерности системы. Наиболее интересные результаты получены при исследовании двумерных и одномерно периодических молекулярных структур и фазовых превращений вблизи поверхности. В тонких плёнках возникают уникальные структуры, в которых реализуются механизмы возникновения электрической поляризации, кардинальным образом отличающиеся от механизма возникновения сегнетоэлектрической поляризации в объёмных образцах. Поляризация плёнок может существенно превосходить сегнетоэлектрическую поляризацию объёмных образцов и возникать в структурах, не обладающих спонтанной поляризацией в объёмных образцах. Недавние исследования свободно подвешенных плёнок смектических жидких кристаллов привели к обнаружению качественно новых, ранее не наблюдавшихся геликоидальных структур, несоразмерных со слоевым упорядочением, с периодом порядка нескольких молекулярных слоёв и соразмерных структур с нарушенной планарной ориентацией молекул.

В последние несколько лет в мезоскопике органических структур произошел кардинальный прорыв в понимании механизмов взаимодействия и упорядочения частиц в анизотропных средах, имеющий далеко идущие последствия в микро- и наноинженерии структур мезоскопических масштабов, технических приложениях. Было установлено, что частицы различной природы в органических средах могут эффективно взаимодействовать на больших расстояниях по схожим физическим механизмам, образовывать линейные и сложные многомерные структуры. Эти взаимодействия приводят к нетривиальному коллективному поведению частиц, их упорядочению, структурной самоорганизации и кристаллизации с образованием кристаллических структур из частиц. Наиболее подходящей средой является жидкокристаллическая, совмещающая в себе высокую анизотропию и подвижность, необходимые для эффективной реализации упорядочения.

Фазы высокого давления в планарных полимерах C₆₀

К. П. Мелетов

Институт физики твердого тела РАН, Черноголовка

Изучено поведение фононных мод и стабильность планарных ромбоэдрического и тетрагонального полимеров C₆₀ при давлении до ~30 ГПа и при комнатной температуре методом комбинационного рассеяния света (КРС) с помощью камеры высокого давления с алмазными наковальнями. Показано, что тетрагональная полимерная фаза C₆₀ необратимо переходит в новую фазу высокого давления при давлении $P > 20$ ГПа. В предпереходной области давлений $17 \leq P \leq 20$ ГПа наблюдается уширение пиков и спектр становится диффузным. Однако фаза высокого давления характеризуется узкими пиками в спектре КРС, обусловленными колебаниями каркаса молекулы фуллерена. Новая фаза устойчива при увеличении давления до ~28 ГПа и при его последующем сбросе до нормального. В нормальных условиях фаза высокого давления метастабильна и превращается в смесь мономера и димера C₆₀ в условиях слабого перегрева в лазерном пучке.

Измерены также спектры КРС ромбоэдрического полимера C₆₀ при давлении до 30 ГПа. Показано, что при $P > 15$ ГПа происходит необратимое превращение материала в фазу высокого давления, которая диффузным спектром КРС. Новая фаза стабильна при увеличении давления до 30 ГПа и при его последующем понижении до нормального. Фаза высокого давления в ромбоэдрическом полимере C₆₀ также метастабильна при нормальном давлении и превращается в смесь мономера и димера C₆₀ при ее нагреве до ~600 К.

Полученные данные по барической зависимости фононных мод, особенности спектров КРС и метастабильность фаз высокого давления свидетельствуют о том, что их происхождение связано с дальнейшей полимеризацией планарных полимеров C₆₀ при приложении высокого давления. Предполагается, что в случае тетрагонального полимера происходит его полимеризация с образованием регулярных ковалентных связей между молекулами из разных плоскостей в соответствии с теоретическими предсказаниями [1]. В случае ромбоэдрического полимера образование ковалентных связей между молекулами из разных плоскостей возможно только при наличии ориентационных дефектов (из-за несоответствия взаимных ориентаций молекул), что приводит к хаотической трехмерной полимеризации.

[1] S. Okada, S. Saito, and A. Oshiyama, **Phys. Rev. Lett.** **83** (1999) 1986

Криостаты и сверхпроводящие магнитные системы для физических исследований

Е.И. Демихов

Институт Физики Твердого Тела РАН/ ЗАО «РадиоТехнические Измерения»

тел./ факс (095) 962 80 48, эл. почта: ito@issp.ac.ru, Web: www.cryo.ru



Разработаны и производятся криогенные приборы для физических исследований: оптические, рентгеновские, нейтронные гелиевые и азотные криостаты, криостаты для микроскопии, сверхпроводящие магнитные системы, системы охлаждения детекторов, криостримеры, уровнемеры, измерители температуры, системы терморегуляции, источники питания для соленоидов, системы терморегуляции для криомагнитных систем, рефрижераторы для задач криогенной биологии.

Криостример представляет собой новый прибор, предназначенный для исследования образцов малого размера (до 3 мм). В этом случае образец обдувается охлажденными парами азота или гелия с контролируемой температурой. Криостример позволяет исследовать образцы на открытом воздухе без обмерзания.

Приборы позволяют производить измерения в широком диапазоне температур (0,3–300K) и магнитных полей (до 16 Т при 4 К). Основные типы криостатов: комби (оптические, рентгеновские, нейтронные и др.); проточные (микроскопия); погружные (сверхпроводящие соленоиды). Комби криостаты имеют внутренний резервуар для жидкого хладагента. Образец в комби криостатах охлаждается за счет протока испаренного гелия или азота из внутреннего резервуара через рабочую камеру. Образец в этом случае находится в парах гелия или азота. Температура теплообменного газа и величина потока регулируются системой термостатирования. В криостатах проточного типа образец прикрепляется непосредственно к теплообменнику, который охлаждается потоком хладагента из внешнего резервуара. В этом случае образец находится в вакууме. Система терморегуляции снабжена компьютерным интерфейсом и позволяет работать как автономно, так и с использованием программного пакета Windows. Программные пакеты разработаны для всех типов терморегуляторов (комби и проточного типов). Аналогичная система используется во вставках с температурной регуляцией для сверхпроводящих соленоидов. Разработан многофункциональный сканирующий зондовый микроскоп **CRYOSCAN 2200**, который предназначен для наблюдения морфологии поверхности и локальных свойств образцов с субнанометровым пространственным разрешением в широком интервале температур 4-300K.

Рефрижератор для криобиологии позволяет проводить программируемое замораживание и размораживание биологических систем с выживаемостью клеток 80% в случае стволовых клеток.

Молекулярные модели элементов для квантового компьютеринга.В.А.Бендерский¹, Е.В.Ветошкин¹, Е.И.Кац², Х-П.Троммсдорф³¹ *Институт Проблем Химической Физики РАН, Черноголовка,*² *Институт Теоретической Физики им.Л.Д.Ландау РАН, Черноголовка,*³ *Лаборатория Спектроскопии Университета Ж.Фурье, Гренобль.*

Развитие молекулярной спектроскопии с высоким временным и спектральным разрешением, одним из пионеров которого в 70-годы был В.Л.Броуде [1], обнаружило существование широкого класса молекул и молекулярных комплексов с колебательно-вращательными спектрами, состоящими из узких дублетов, обусловленных переходами между устойчивыми конфигурациями (переносом атомов водорода, внутренним вращением и инверсией) [2]. Помимо интереса к таким объектам, как моделям химических реакций, доступным для спектроскопических исследований, бистабильные молекулы привлекают внимание возможностью создания на их основе элементов для вычислительной и лазерной техники следующих поколений. Эта возможность обусловлена малой шириной линий и тонким изменением дублетных расщеплений в достаточно широких пределах ($10^{-2} - 10^2 \text{ см}^{-1}$) как химической модификацией молекул, так и с помощью доступных электрических полей $10^4 - 10^5 \text{ В/см}$. По сравнению со структурами на основе сверхпроводящих контактов, также рассматриваемыми в качестве возможной элементной базы квантового компьютеринга, использование переноса ядер в молекулах вместо переноса электроном в сверхпроводящем кольце позволяет уменьшить размеры элементов в соответствии с уменьшением длины волны.

В докладе представлены результаты теоретического анализа элементов сверхбыстрой оптической памяти и квантового гистерезиса. Для анализа применен квазиклассический метод, разработанный авторами ранее [3-5].

В качестве элементов оптической памяти используются молекулы с двухъямными асимметричными потенциалами в основном и возбужденном электронных состояниях, т.е. двойными пересечениями адиабатических потенциалов. Оптический переход в одной конфигурации (L) сопровождается переходами в другую конфигурацию (R) в возбужденном электронном состоянии и электронно-колебательной релаксацией, заканчивающейся образованием основного состояния R-конфигурации. Возможны два механизма LR-переходов: туннельный и двойной неадиабатический. Туннельный механизм доминирует при сильном адиабатическом взаимодействии и ограничивает быстродействие $\leq 10^{11} \text{ с}^{-1}$. Двойные неадиабатические переходы преобладают при адиабатическом взаимодействии порядка энергии колебаний и позволяют повысить быстродействие до фемтосекундного диапазона. Механизм двойных неадиабатических переходов устраняет потери когерентности, обусловленные взаимодействием с низкочастотным термостатом.

Квантовый гистерезис рассмотрен на примере двухъямного потенциала с зависящей от времени асимметрией, вызываемой переменным электрическим полем. Петля гистерезиса и специфические резонансные эффекты возникают, когда частота переменного поля сопоставима с частотой туннельных переходов.

1. В.Л.Броуде и др. Письма в ЖЭТФ 17(1973)472; 22(1975)332; 25(1977)285; 27(1978)427; ЖЭТФ 72(1977)106; 74(1978)314.

2. V.A.Benderskii, D.E.Makarov, C.A.Wight. Chemical Dynamics at Low Temperatures. Wiley Intersci. N.Y.1994.

3. В.А.Бендерский, Е.В.Ветошкин, Е.И.Кац. ЖЭТФ 95(2002)645; 97(2003)232.

4. V.A.Benderskii, E.V.Vetoshkin, E.I.Kats, H.P.Trommsdorff. Phys Rev E 67(2003)026117.

5. V.A.Benderskii, E.V.Vetoshkin, E.I.Kats. Phys Rev A 70(2004)015103.

Нелинейные оптические свойства новых ионных жидких кристаллов

Г.В.Климушева

Институт физики НАНУ, Проспект Науки 46, 03028 Киев

Развитие информационных технологий требует расширения элементной базы за счет новых функциональных материалов, в том числе нетрадиционных классов жидких кристаллов. К таким материалам относятся ионные лиотропные и термотропные жидкие кристаллы на основе солей алканоатов с одно- или двухвалентными металлами [1]. Одной из основных особенностей ионных кристаллов (ИЖК) является наличие собственной ионной проводимости, имеющей наибольшие значения в планарно ориентированных образцах при движении катионов металла вдоль электростатических слоев. Водные растворы металл алканоатных солей в пропорции 1:1 образуют лиотропные жидкие кристаллы (ЛЖК) типа смектик А. Термотропные смектики металл алканоатов имеют место при нагревании. При охлаждении их до комнатной температуры можно получить смектические стекла. Металл алканоаты окрашиваются при введении полиметиновых красителей или электрохромных примесей, а также при добавлении алканоатов с катионами Со(II).

Нами были исследованы нелинейно оптические свойства ЛЖК на основе каприлата калия с различными полиметиновыми красителями и электрохромной примесью – виологен, а также термотропные смектики на основе бинарной композиции Со, Р1 – деканоатов. Использована типичная голографическая методика двухволнового смешивания с использованием второй гармоники импульсного лазера - Nd:YAG. Все образцы демонстрируют быструю запись динамических решеток. Получены зависимости дифракционной эффективности образцов в первом порядке от периода решетки, измерена кинетика их релаксации.

Предложены и исследованы гетерогенные ячейки в виде сэндвича, состоящего из коллоидной пленки кристалликов красителя и ЛЖК. Сэндвич размещен между стеклянными подложками или между подложками, покрытыми прозрачными ИТО электродами. Пленки включали микрокристаллы красителя размером в несколько мкм или нанокристаллы размером десятки нм. В таких ячейках наблюдалась более эффективная запись динамических голографических решеток. Временные характеристики релаксации решеток удавалось снизить за счет высокой теплопроводности ЛЖК. Согласно полученным характеристикам ИЖК могут быть использованы в качестве оптических переключателей.

[1] Т.А. Мирная, В.Д. Присяжный, В.А. Щербаков. *Успехи химии*. 58. вып.9 (1989) 1429.

Транспорт тепла в углеродных образцах различных аллотропических модификаций

Л.П. Межов-Деглин и В.Б. Ефимов

ИФТТ РАН

Сравнение результатов наших измерений и известных литературных данных по теплопроводности углеродных образцов различных аллотропических модификаций: монокристаллов и компактированных из порошка образцов фуллерена C_{60} , алмазных пленок и кристаллического графита, в широком интервале температур от комнатных до гелиевых позволяет наглядно продемонстрировать влияние строения кристаллической решетки и степени совершенства исследуемых образцов на роль различных механизмов релаксации тепловых возмущений в углеродных образцах.

Основные результаты проведенных исследований таковы.

1. Теплопроводность массивных кристаллов фуллерита C_{60} повышается с понижением температуры от 300 до 30 К, проходит через максимум при температурах порядка 30-20 К и далее уменьшается по закону, близкому к степенному $\kappa(T) \sim T^N$, где $N=2.5 \pm 0.5$. Температурную зависимость $\kappa(T)$ можно описать в рамках общепринятой Дебаевской модели (перенос тепла в кристалле бегущими звуковыми волнами, т.е. фононами). В интервале температур 300-30 К эффективная длина свободного пробега фононов λ_p возрастает по закону, близкому к экспоненциальному $\lambda_p \sim \exp(-\Theta/\gamma T)$, где $\Theta \sim 80$ К характерная дебаевская температура фуллерита C_{60} , а численное значение параметра γ близко к 1/3. При температурах ниже точки максимума теплопроводности эффективные пробеги фононов ограничиваются рассеянием на дефектах в объеме образца. Максимальные значения λ_p на два-три порядка меньше характерных размеров образцов. По-видимому, при низких температурах основную роль играет рассеяние на ориентационных дефектах, т.е. дефектах связанных с взаимной разориентацией молекул C_{60} (в объеме образца возникает состояние «ориентационного стекла»).

Температурная зависимость теплопроводности компактированного из порошка образца близка к теплопроводности стекол или аморфных материалов, т.е. транспорт тепла в компактированных образцах C_{60} осуществляется за счет некогерентных колебаний локализованных молекул фуллерена (Эйнштейновская модель переноса тепла в неупорядоченных твердых телах).

2. Теплопроводность достаточно совершенных и прозрачных алмазных пленок, толщиной в несколько мкм при комнатных температурах близка к теплопроводности алмазных кристаллов, т.е. эффективные фононные пробеги ограничиваются взаимным фонон-фононным рассеянием. Фононные пробеги в алмазе быстро возрастают с понижением температуры $\lambda_p \sim \exp(-\Theta/\gamma T)$, где $\Theta \sim 2000$ К, поэтому при температурах ниже комнатных всего на десятки градусов рост теплопроводности ограничивается рассеянием фононов на поверхности образца и/или на примесях и дефектах в объеме недостаточно совершенной пленки.

3. Слоистые кристаллы графита сильно анизотропны. Вдоль плоскости скольжения теплопроводность графита при комнатных температурах близка к теплопроводности алмазной пленки, а в перпендикулярном направлении почти на два порядка ниже. Поэтому при описании температурной зависимости теплопроводности кристаллов графита вдоль и поперек слоев в рамках Дебаевской модели используют значения Θ , различающиеся между собой более чем на порядок.

Смачивание, слоевание и переход шероховатости в жидких кристаллах

Е.С. Пикина, В.Э. Поднек

*Лаборатория фазовых переходов и критических явлений,
Институт проблем нефти и газа РАН,
Москва 117917, ул. Губкина, 3*

Сделан обзор основных экспериментальных свидетельств смачивания, слоевания и перехода шероховатости в окрестности тройной INA-точки (изотропная жидкость-нематик-смектик А) классического жидкого кристалла [1-4]. Показано, что вся совокупность указанных явлений может быть качественно объяснена в рамках простой интерфейсной модели, исходящей, фактически, лишь из слабости объемных фазовых переходов в окрестности тройной INA-точки и слоистости смачивающей смектической А-фазы. Слабость указанных переходов обеспечивает короткодействующее отталкивание IN и IA-интерфейсов, ограничивающих, соответственно, нематическую и смектическую А пленки, покрывающие твердую смачиваемую поверхность (подложку), тогда как слоистость А-фазы - пиннинг IA-интерфейса на позициях смектических слоев смектической А пленки.

Выше температуры объемного IN-перехода короткодействующее отталкивание IN-интерфейса от смачиваемой поверхности обеспечивает логарифмический рост толщины смачивающей нематической пленки, соответствующий случаю регулярного критического смачивания [1].

В свою очередь, выше температуры объемного IA-перехода, далекого от тройной INA-точки, короткодействующее отталкивание IA-интерфейса от смачиваемой поверхности обеспечивает логарифмический рост *средней* толщины смачивающей смектической А пленки, тогда как пиннинг IA-интерфейса на позициях смектических слоев - квантованный (послойный) рост ее толщины в непосредственной окрестности IA-перехода [2,3]. При этом температурный гистерезис слоевых переходов (скачков толщины смачивающей смектической А пленки) обеспечивает наблюдаемую неполноту смектического смачивания в любом реальном эксперименте [1-4].

Наконец, исчезновение слоевых переходов по мере приближения к тройной INA-точке [4] связывается с переходом шероховатости (делокализации) IA-интерфейса, вследствие покрытия его дополнительным слоем смачивающей нематической фазы.

- [1] W. Chen, L.J. Martinez-Miranda *et al.*, Phys. Rev. Lett. **62**, 1860 (1989)
- [2] B.M. Ocko, A. Braslau *et al.*, Phys. Rev. Lett. **57**, 94 (1986)
- [3] R. Lucht, Ch. Bahr *et al.*, J. Phys. Chem. B **102**, 6861 (1998)
- [4] R. Lucht, Ch. Bahr *et al.*, J. Chem. Phys. **108**, 3716 (1998)

Влияние возбуждения электронной подсистемы кристаллов ZnS на равновесный заряд статических дислокаций

С.А. Омельченко

*Днепропетровский национальный университет,
Днепропетровск, Украина*

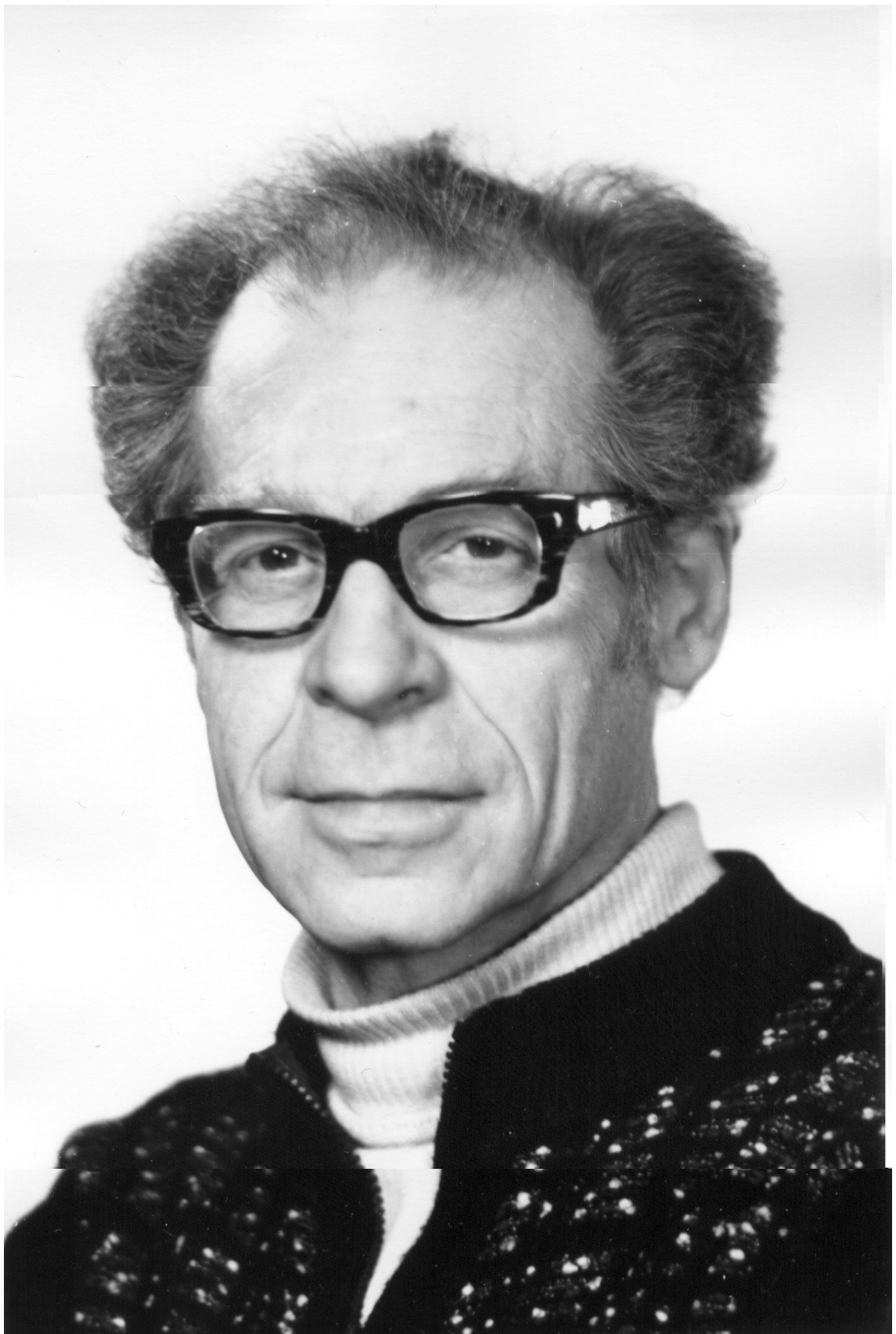
Особенностью соединений II-VI является взаимосвязь их электронной и дислокационной подсистем. Следствием такой связи является значительное возрастание напряжения пластического течения этих материалов в результате воздействия на них светом (фотопластический эффект), рентгеновскими лучами (рентгенопластический эффект) или при инъекции носителей заряда с электродов (инжекционно-пластический эффект) [1].

Во всех этих случаях увеличивается динамический электрический заряд дислокаций и, как следствие, повышается уровень барьеров Пайерлса. Информация о наблюдении подобных эффектов в статическом режиме отсутствует, поэтому в данной работе было исследовано влияние УФ- возбуждения электронной подсистемы кристаллов ZnS на равновесный заряд статических дислокаций. Величина заряда оценивалась с помощью метода ЭПР по изменению зарядовых состояний примесных ионов железа в результате их взаимодействия с электрическими полями дислокаций [2]. Мы обнаружили, что равновесная концентрация фоточувствительных парамагнитных центров Fe^{3+} , локализованных в объемах Ридовских цилиндров, во время действия УФ возбуждения больше чем после его выключения. Продолжительность процесса релаксации к начальной концентрации после выключения возбуждения составляет 20-30 минут. Мы объясняем этот эффект зависимостью заряда неподвижных дислокаций от состояния электронной подсистемы кристаллов. Это вполне возможно, так как известно, что заряд дислокаций зависит не только от ионной составляющей, но и также и от степени заполнения электронного дислокационного уровня [1]. Если наше предположение имеет место, то подобно фотопластическому эффекту в области пластических деформаций должно обнаруживаться влияния освещения на упругие свойства сульфида цинка. Нам удалось обнаружить такое влияние в экспериментах по изучению влияния одноосной упругой деформации на спектры ЭПР ионов Mn^{2+} . Как было показано ранее, изменения спектров ЭПР позволяют регистрировать в этих кристаллах обратимое движение дислокаций в упругой области [3]. Представленные в докладе результаты позволяют считать, что при УФ-облучении линейная плотность заряда неподвижных дислокаций в кристаллах ZnS увеличивается.

[1] Ю.А. Осипьян и др. *Электронные свойства дислокаций в полупроводниках*, Москва 4549 (1978) 3276.

[2] С.И. Бредихин, С.А. Омельченко, С.З Шмурак. *ЖЭТФ* **90**, 209 (1986)

[3] С.А. Омельченко, М.Ф. Буланый. *ФТТ* **39**, 3, 1230-1233 (1997)



Владимир Львович Броуде

Прежде всего, как Владимир Львович стал Львовичем? Это произошло задолго до того, как я был принят на работу в Институт Физики. Два молодых инженера, оба по имени Володя, были присланы по распределению из Москвы в Киев для налаживания и обслуживания криогенной станции Отдела Спектроскопии этого института. Чтобы различать их, одного стали величать Львовичем, а другого Сергеем. Сначала в шутку, а потом всерьез. Так Львович объяснил мне когда-то происхождение этого имени. Оно прилипло навек.

Далее обычное переплелось с необычным. Обычное состояло в том, что инженеры были присланы, а станция не приходила, и было неизвестно, когда она придет и вообще придет ли она когда-нибудь. Необычное состояло в том, что один из инженеров, чтобы не сидеть без дела и чтобы понимать, для чего нужна станция и что будет делать Отдел, начал изучать спектроскопию и квантовую механику, которых он никогда в своем инженерном институте не учил.

Время для вхождения в тематику Отдела было очень подходящим. Антонина Федоровна Прихотько, при эвакуации из Харькова, вывезла свои фотопластинки с низкотемпературными спектрами органических кристаллов, снятыми в поляризованном свете. Обработывая эти данные, она сделала свое главное открытие. В этих спектрах были "сильно поляризованные" полосы, т.е. полосы, поляризованные по осям кристалла. Она назвала их кристаллическими, или К-полосами. Прихотько опубликовала эти результаты в 1944 году, но происхождение этих полос оставалось непонятным.

Прихотько начала свою работу под руководством Ивана Васильевича Обреимова, который остался ее советчиком на всю жизнь. До войны он был Директором Физико-Технического Института в Харькове, затем отсидел, выжил, и после войны работал в Москве в одном из химических институтов. Обреимов рассказал мне, что во время одного из его приездов в Киев он и Прихотько встретились с теоретиками для обсуждения этих полос. Учитывая, что кристаллы нафталина и антрацена состоят из двух эквивалентных подрешеток, Соломон Исаакович Пекар предложил использовать модель двух скрещенных осцилляторов; такая модель известна в спектроскопии как модель Куна. Александр Сергеевич Давыдов, незадолго до этого переехавший из Москвы в Киев и участвовавший в этой встрече, начал активно работать над квантовой теорией, основанной на этой модели, и пришел к своему главному результату, опубликованному в 1948 году: экситонным мультиплетам и Давыдовскому расщеплению.

Однако, физическая теория достоверна и конструктивна только если она эвристична, т.е. позволяет предсказывать ранее неизвестные факты. Давыдов предсказал, что экситонный мультиплет в бензоле должен состоять не из двух полос, известных к тому времени, а из трех. Чтобы увидеть третью полосу, надо было снять спектр плохо-растущей грани. Это был серьезный вызов экспериментаторам. Чтобы снять такой спектр, Владимир Львович Броуде и Владимир Сергеевич Медведев изобрели специальное устройство, названное микропроектором (на него был получен патент), и в 1951 году Броуде, Медведев и Прихотько сообщили об открытии третьей компоненты мультиплета в бензоле. Это был решающий эксперимент. Он превратил спектроскопию молекулярных кристаллов, бывшую частью молекулярной спектроскопии, в спектроскопию экситонов и важную ветвь физики твердого тела.

В это время Давыдов вернулся в Москву, а я перебивался в Киеве временной работой в разных местах. Во время одного из своих приездов в Киев, Давыдов посоветовал мне встретиться с Броуде, которого он охарактеризовал как единственного человека в этой экспериментальной группе, подготовленного к разговорам с теоретиками и заинтересованного в сотрудничестве с ними. Тогда Институт Физики еще не стал "объектом": он располагался в центре города, и в него можно было входить без пропуска. Поэтому мы встретились с Львовичем пару раз в его лаборатории, однако, тогда мы не смогли найти никакой задачи, представлявшей интерес для нас обоих. Я понял впоследствии, что это было вполне естественным. После сделанного открытия, экспериментаторы должны были накопить новые данные и интерпретировать их в рамках

основных концепций теории экситонов. Львович развернул широкую программу таких исследований; ее результаты были опубликованы в двух атласах спектров в 1965 и 1972 годах.

В 1954 году я был принят на работу в Институт Физики, и на протяжении первого года Кирилл Борисович Толпыго и я напряженно работали над теорией полупроводниковых приборов в рамках Правительственного Задания. Летом 1955 года мы сдали наш том отчета, и я получил возможность осенью и зимой 1955/56 годов написать мою кандидатскую диссертацию по автолокализации экситонов в молекулярных кристаллах. Эта работа вернула меня к спектроскопии кристаллов. К этому времени Марат Терентьевич Шпак и Прихотько сообщили, что в растворах стильбена в толане они нашли полосы, которые явно не являются экситонными, но которые сильно поляризованы по осям кристалла. Из кристаллохимических соображений, они исключили тривиальное объяснение, что молекулы стильбена садятся в толане парами. Этот результат звучал как вызов всей экситонной концепции, и Пекар объявил конкурс на объяснение эксперимента. Я выиграл этот конкурс, построив теорию поглощения света связанными экситонами вблизи края экситонного континуума (1957). К сожалению, экспериментальная работа по стильбену в толане не была продолжена, и я не знаю, имеет ли моя работа хоть какое-то отношение к наблюдениям Прихотько и Шпака. Однако Львович очень четко связал мой результат с аномалиями в положении полос и в распределении их интенсивностей в спектрах изотопно-смешанных дейтеробензолов, над разгадкой которых он бился. С этого момента началось наше научное сотрудничество, перешедшее со временем в многолетнюю личную дружбу. Основные усилия были сконцентрированы на решении двух тесно связанных задач.

Первая задача состояла в том, чтобы научиться отличать экситонные полосы в спектрах поглощения и люминесценции (собственные полосы) от полос, связанных с различными примесями и дефектами. Хотя эта задача представляется сейчас относительно простой, в конце 50-х годов интерпретация спектров была крайне противоречивой. Это относится в равной мере к экситонным спектрам и молекулярных кристаллов и полупроводников. Количество "экситонных" полос, найденных разными авторами, значительно превосходило их количество, совместимое с какой бы то ни было разумной теорией, и разные авторы видели разные "экситонные" полосы. Мы начали с разработки феноменологического подхода, основанного на температурной зависимости спектров, и этим способом доказали примесную природу некоторых "кандидатов в экситоны". Мы описали эти феноменологические критерии в статье, опубликованной в Успехах Физических Наук (1959). Львович вернулся с Конференции по Спектроскопии, состоявшейся вскоре после публикации этой статьи, очень довольный, и его распилал смех. Статья широко обсуждалась, и ее называли статьей "Владимира Львовича, Антонины Федоровны и товарища Рашба". Их широко знали в круге твердотельных спектроскопистов, а я для этой аудитории ещё был новичком. Львовича очень забавляло, что я, не побывав в комсомольцах, стал "комиссаром" команды.

Но феноменология не могла дать полного решения задачи. Нужны были квантово-механические критерии для различения собственных (экситонных) и несобственных полос. Ключевым оказался подход, основанный на поведении примесных полос вблизи экситонных резонансов. Львович и его сотрудники научились двигать примесные полосы путем изменения изотопического состава примесных молекул. Критерий оказался очень простым: полоса является экситонной, если приближающаяся к ней примесная полоса критически меняет свою интенсивность и поляризацию. Изотопическая методика исследования молекулярных экситонов выдержала испытание временем и постепенно продвигается в биологию. Я недавно говорил с профессором Робином Хохштрассером (R.M. Hochstrasser, University of Pennsylvania), который рассказал мне с радостным возбуждением о том, с каким успехом они применили изотопическую технику к инфракрасным экситонам в биологических мембранах и к определению структуры этих мембран.

Вторая задача состояла в разработке методов определения структуры экситонных зон. Методы, применяемые в физике металлов и полупроводников, абсолютно неприменимы к молекулярным экситонам. Поэтому пришлось разрабатывать совершенно новые методы, основанные и на изотопической технике, и на взаимодействии экситонов с внутримолекулярными фононами. Несмотря на международную изоляцию, в которой мы все жили, и которая крайне вредила успеху исследований, эти работы были сразу же замечены. Когда в 1973 году в Таллинне состоялся Конгресс по Молекулярной Спектроскопии, мы встретились с американцами как с добрыми

знакомыми, хотя мы их (и они нас) видели в первый раз. Мы были поражены, что они помнили все наши статьи наперечет. Когда Львович, уже безнадежно больной, посетил Соединенные Штаты, эти люди не просто принимали его, они трогательно заботились о нем. Вероятно, многие в Институте Физики Твердого Тела помнят, с каким воодушевлением Львович дал свой семинар после этой поездки! И хотя с тех пор прошло уже почти тридцать лет, я ясно вижу его живым, за кафедрой, в конференц-зале Института.

Работы Владимира Львовича Броуде не просто преобразили спектроскопию молекулярных экситонов. Фактически, они создали ее. В частности, они были громадным вкладом в Ленинскую Премию, присужденную в 1966 году группе Киевских и Ленинградских ученых за открытие и исследование экситонов.

Э.И. Рашба

Массачусетский Технологический Институт, Кембридж, США

Воспоминания В.В. Еременко

Чем запомнился Львович? Его радушием. Я сразу почувствовал, что Львович приглашает к сотрудничеству, в свой отдел, в свою лабораторию, в свою компанию, в свою дружбу. Это так контрастировало с отношением ко мне администрации института, (дирекции) киевского ИФАН'а, которая, по-видимому, при отборе выпускников харьковского университета, была так очарована звучанием моей фамилии, что проглядела массу недостатков "Е" в моей анкете (мать - еврейка, а я к тому же "оставанец" на оккупированной немцами территории). Запомнился Львович радушием, которое я до сих пор вспоминаю каждый раз, пересекая границу. Если "к ним", то слышишь: "Wellcome to America"! А вернувшись, встречаешь мрачные рожи "совдеповских" пограничников, поведение которых так напоминает чиновников киевского ИФАН'а тех лет (середина 50-х).

Как развивались отношения? Не думаю, что наши отношения развивались. С первых дней Львович стал для меня не только учителем, но и другом. Хотя он и заметно старше меня (на 8 лет), я чувствовал себя равноправным участником "команды", с мнением которого не только считались, но, как мне казалось, интересовались Львович и Эмик (Э.И.Рашба). Безусловно в "команде" я был "ведомым", и ситуация была не простой. Львович и Эмик, а при них и я, ввязались в дискуссию и соревнование с ленинградцами (группа Е.Ф.Гросса). Львович старался предоставить мне "столько суверенитета, сколько я смогу взять", если пользоваться нынешней фразеологией. Уже в 1956 году он выпустил меня с докладом на конференцию по фотоэлектрическим явлениям в полупроводниках. Ещё одну работу на этой конференции Львович доложил сам, чтобы показать мне, как это нужно делать умеючи. Львович требовал только одного: "Доложи так, чтобы поняли даже академики". Кстати, воспитанное им пренебрежение к чинам подтолкнуло меня рано включиться в активное соревнование за эти академические чины. После защиты кандидатской диссертации Львович отпустил меня в "свободное плавание". Барахтаясь и плывя по течению, я продолжил занятия с полупроводниками и даже попытался вернуться к молекулярным кристаллам. Что-то публиковалось, но деятельность эта уже ни у Львовича, ни у меня энтузиазма не вызывала.

Влияние Львовича на меня было огромно. Помню, как он стал подталкивать меня к поиску "чего-нибудь новенького". Львович обратил внимание на "загадку" спектров твёрдого кислорода, он "подкинул" ссылки на статьи, в которых исследовались спектры кристаллов редкоземельных соединений. Думаю, что с кислорода он и пробудил мой интерес к спектрам антиферромагнитных кристаллов, ведь они обусловлены присутствием ионов переходных металлов с незаполненными электронными оболочками, как и у редкоземельных элементов. Во ФТИНТ'е мне, в силу разных причин, пришлось заниматься многими проблемами, не относящихся к кругу его интересов (электронные свойства металлов, магнитные фазовые переходы, магнитооптика и

антиферромагнитный резонанс). Но, что касается оптической спектроскопии, то эти “ФТИНТ”овские работы были выполнены, безусловно, под влиянием Львовича. На антиферромагнетики были перенесены экситонные представления, идентифицированы экситон-магнетонные переходы и восстановлена плотность состояний в магнетонной зоне; показано, что интенсивность переходов в локальные состояния резко усиливается при энергетическом сближении с коллективными спин-волновыми состояниями в случае антиферромагнетиков. Специалисту очевидно влияние работ Львовича на мои результаты. Мне повезло и с объектами исследования и удалось привлечь сильное магнитное поле.

Самые яркие воспоминания - это две защиты. В 1959 году в Киеве существовал объединённый Совет институтов физики, математики и металлофизики. Прежде чем попасть на этот совет, нужно было пройти предварительную защиту на Совете ИФАН’а, на котором правил бал его директор - Пасечник Митрофан Васильевич. Независимость Львовича раздражала институтское начальство. Поэтому свою неприязнь к Львовичу М.В. перенёс и на меня. Предзащита проходила в директорском кабинете в присутствии членов институтского Совета, Львовича и А.Ф. Прихотько (она была моим официальным руководителем). М.В. не раз прерывал меня, бурча: "Не понятно". Приходилось упрощать и упрощать изложение (всё-таки М.В. - не специалист). Наконец, Львович не выдержал и заявил: "Ну, это уже Ваша особенность, М.В.!" И лишь тогда М.В. изрёк: "Ну, ладно". История имела продолжение: при основной защите я получил три голоса “против”. Пасечник почему-то стал меня уверять, что это голоса математиков. И тут снова откликнулся Львович: "Знаю я этих “математиков”"! Докторскую диссертацию - "Оптическая спектроскопия антиферромагнетиков" - я защищал в 1966 году уже в Харькове. Львович официальным оппонентом не мог быть, т.к. справедливо воспринимался всеми как мой учитель. Кандидатуры И.В.Обреимова, А.Ф.Прихотько и Э.И.Рашбы возражений не вызывали. Эмик пригласил меня в Черногоровку для доклада на микросеминаре (Эмик, Львович и, если не ошибаюсь, Лена Шека). Так было радостно снова окунуться в атмосферу нашего киевского микросеминара! Резюмируя обсуждение, Львович сказал: “Вот видишь, работа в Киеве не прошла для тебя зря” - это ещё одно яркое воспоминание о Львовиче.

Львович был не только моим учителем, но и другом. Киев для меня в ту пору был чужим. Правда, в Киеве проживал мой отец, но его семья была мне чужой. Львович и Эмик Рашба стали моими друзьями, с которыми можно было поделиться своими проблемами. При наших заработках мы с женой не могли снять приличного жилья, вынуждены были ютиться в "хибарах" без каких-либо удобств. Стало совсем невмоготу с появлением на свет Андрея Викторовича в сентябре 1957 года. Львович яростно боролся за меня с администрацией института: ведь представитель ИФАН’а, беседуя со мной в Харькове, обещал мне жильё. Но М.В. стоял на своём, выдумывая отговорки: то какие-то "сигналы" о моём антисоветизме, то откровенное заявление, что в Харькове у меня большая квартира. Львович нашёл поддержку в Президиуме Украинской Академии (наверное, там уже поняли, что собой представляет М.В.). Наконец, в 1959 году моей семье выделили, пусть крохотную, но отдельную квартирку. В ней, правда, не было ванны, приходилось купаться то в аспирантском общежитии, то в гостях у Львовича. Киевские годы были трудными, но и счастливыми, счастливыми благодаря общению с Львовичем.

Львович - это учёный с мировым именем. Известность ему принесли ставшие классическими исследования низкотемпературных спектров молекулярных кристаллов. Но круг его интересов был гораздо шире. Уже отмечалось его увлечение физикой полупроводников. Приведу ещё один, может быть незначительный пример. При поступлении в аспирантуру, помимо экзаменов, полагается представить реферат, на какую-нибудь тему. Я выбрал “Холл-эффект и магнитосопротивление металлов при низких температурах”, поскольку последние полтора года занимался этим в Харькове. Антонина Фёдоровна решила послушать меня на семинаре, но тема была далека и от её интересов, и от интересов сотрудников её отдела. Один лишь Львович проявил неподдельный интерес. Оказалось, что Львович некоторое время в криогенной лаборатории харьковского физико-технического института исследовал электропроводность металл-аммиачных растворов и давно обдумывал возможность изучения влияния магнитного поля на их электропроводность. Эти исследования проводились в связи с публикацией шведского физика Огга, который якобы открыл сверхпроводимость этих растворов. Возможно, Львович, подумывал, не "макнуть ли" меня в эту деятельность. Но, слава Богу, к этому времени утвердилось скептическое отношение к "огговщине". Многие годы Львович посвятил физике экситонов, но время от времени увлекался другими задачами, временно отклоняясь от "столбовой" дороги.

Всегда работал с большим энтузиазмом, стремясь к чёткой постановке задачи и ясности изложения результатов.

Годы моего тесного общения с Львовичем (1955 - 1961) совпали с так называемой, "оттепелью". Безусловно, он был рад разоблачению "сталинизма" (особенно его возмущало "дело врачей"), но я не могу сказать, что он был активным диссидентом в нынешнем понимании этого слова. Писем тогда ещё не подписывали ни в защиту узников совести, ни в их осуждение. Да и увлеченность наукой, как мне кажется, не оставляла ему времени для политических раздумий. Однако Львович, безусловно, был совестью института: он прямо высказывал своё мнение тогдашнему директору киевского ИФАН'а, а директор-то был большим мракобесом (см. воспоминания Э.И.Рашбы - "Looking back" в журнале Superconductivity - август 2003 года).

Львович любил пошутить, больше всех доставалось мне. Дождавшись моей защиты, Львович придумал такую штуку. Он утверждал, что по институтской традиции в обязанности защитившегося до утверждения "ВАКом" входит помощь учёному секретарю в подготовке ответов на "письма трудящихся", которые чаще всего замахивались на опровержение физических законов, не пренебрегая изобретением вечного двигателя. Но некоторые просили объяснить наблюдавшиеся ими природные явления, и отмахиваться от таких писем не хотелось. Пока речь шла о цвете неба или радуге, я с ответами справлялся. Но появились письма с более замысловатыми наблюдениями. Вскоре мне стало невмоготу, да тут ещё досаждали усмешки Сергеича и Марата Шпака, который как раз, если мне не изменяет память, стал учёным секретарём. Только через пару месяцев Львович сжалился, подарив книгу, из которой и черпались наблюдения, описанные в "письмах трудящихся". А книга оказалась очень интересной. Недавно Марат Соскин, который стал сотрудником Львовича уже после моего отъезда в Харьков, прислал копию портрета, сотворённого Львовичем методом Остапа Бендера - он обвёл твёрдым карандашом тень от моей физиономии в профиль на дверце большого шкафа. Пришлось признать сходство: торчащие вперёд волосы и длиннющий (надеюсь, утрированный) нос. Храню, поскольку автор – Львович.

В моём книжном шкафу две полки заполнены книгами с дарственными надписями авторов - в большинстве киевских и харьковских, есть книги и московских, петербургских, екатеринбургских и западных физиков. Но всего дороже монография В.Л.Броуде, Э.И.Рашба, Е.Ф.Шека "Спектроскопия молекулярных экситонов", подаренная соавторами Львовича "на добрую память" о нём. Светлая память о Львовиче всегда со мной.

В.Еременко

В.Л.Броуде – яркий ученый, выдающаяся личность и обаятельный человек

Мне посчастливилось впервые познакомиться с Владимиром Львовичем Броуде весной 1959 г., когда я, будучи студентом Киевского университета, завершал часть своей дипломной работы в Институте физики АН Украины. В те годы уже приобрели мировую известность и всеобщее признание работы киевской школы в области физики молекулярных экситонов, в которой признанным лидером-экспериментатором был В.Л. Поэтому для меня Владимир Львович уже тогда был несомненным мэтром и значительным научным авторитетом. В самом начале знакомства меня очень сильно впечатлили не только высочайший профессионализм, но и его удивительная доброжелательность, демократичность, обаяние и интеллигентность. Хотя мы были в различных "весовых категориях", со стороны В.Л. не ощущалось и тени чопорности, равно как не было и намека на собственную значимость. Он обладал даром расположить собеседника к непринужденной беседе и дискуссии, хотя свою точку зрения отстаивал всегда с большим темпераментом и жаром. Этим В.Л. разительно отличался от чопорной университетской профессуры тех пор. С течением времени эти первые впечатления только усиливались, и приоткрывались другие яркие, неординарные черты многогранной личности, которую в знак

особого расположения, доверия и нескрываемого уважения и любви в близком окружении называли сокращенно и просто - Львович.

В начале 60-х я работал в Черновицком университете, но тесные отношения с В.Л. не прекращались, и в 1965 г. я пригласил Львовича прочитать студентам курс лекций в области нелинейной оптики и лазерной спектроскопии. В это время эти направления только начинали свою точку отсчета, и изложить такой предмет в сжатые сроки, да еще в доступной для начинающих форме, было задачей далеко не из легких. Но Владимир Львович принял это предложение без каких-либо колебаний и настойчивости с моей стороны. В течение примерно трех недель был прочитан студентам и сотрудникам университета блестящий курс, связанный с этой новой, увлекательной и развивающейся областью физики. Вот тогда-то я познакомился с В.Л. в роли блестящего лектора и рассказчика, умеющего заворочить и очаровать аудиторию. Самым поразительным было умение создать должную атмосферу в аудитории, благодаря которой каждый заинтересованный слушатель чувствовал себя, наряду с лектором, соучастником творчества и в центре обсуждаемых событий. Это был, несомненно, врожденный дар, которому просто так невозможно научить. После каждой лекции студенты стайкой окружали Львовича, задавали разнообразные, подчас нелепые, вопросы, а он терпеливо, с улыбкой отвечал. По всему ощущалось, что В.Л. очень любил молодежь и с превеликим удовольствием с ней взаимодействовал.

В 1966 г. Владимир Львович переехал в Черногоровку и приступил к работе в Институте физики твердого тела, где возглавил организованную им лабораторию оптики и спектроскопии. Он пригласил меня в свою лабораторию, и это предложение я принял с большим удовольствием. После этого последовали мое знакомство и собеседования с Ю.А. Осипьяном и Г.В. Курдюмовым, выступления на семинарах и мой доклад на Ученом Совете ИФТТ. Зимой 1967 г. я прошел конкурс, но появился в Черногоровке только летом, так как нужно было завершить лекционные курсы в университете. Переехал я в Черногоровку без трудовой книжки, т.к. ректор университета противился меня увольнять, так что почти до начала зимы меня не могли по чисто формальным причинам зачислить в штат ИФТТ, и я был как бы “безработным”. Все это беспокойное для меня время со стороны Львовича и Юрия Андреевича я ощущал самую теплую заботу, опеку и поддержку. В конечном итоге все благополучно утряслось. Я приступил к первым экспериментам уже в ноябре 1967 г. Тогда все происходило в корпусе кинетики Института химической физики, который предоставил ИФТТ для работы свои площади.

Одним из центральных научных интересов В.Л. в ту пору были ожидаемые интригующие явления в системе экситонов большой плотности. Владимир Львович интуитивно правильно полагал, что экситоны очень удобный объект, позволяющий моделировать поведение вещества в условиях разнообразных, включая экстремальные, воздействий. В частности, в фокусе внимания был вопрос о возможности Бозе-Энштейновской конденсации экситонов, которые по природе своей являются композитными бозонами. Волновала Львовича и экзотика возможного сверхтекучего течения экситонного газа достаточно большой плотности. Хотя первые представления и подходы к решению этой проблемы выглядели очень упрощенными и, может быть, наивными, с течением времени это новое направление, в конечном итоге, превратилось в одну из интереснейших областей физики и спектроскопии конденсированного состояния вещества. Львович сконцентрировал свой интерес в этой области на молекулярных объектах, однако с не меньшим интересом и присущим ему темпераментом глубоко вникал в события, которые происходили с водородоподобными экситонами в полупроводниках. Помню, как будучи уже тяжело больным, Владимир Львович с большим, неподдельным вниманием и воодушевлением обсуждал первые экспериментальные наблюдения экситонных молекул и многоэкситонных комплексов в кремнии и германии, а также фазовые диаграммы перехода экситонный многокомпонентный газ - электронно-дырочная жидкость в этих объектах.

Владимир Львович был человеком с тонким чувством юмора, умевшим оценить шутку, сам любивший остроумно пошутить, был мастером розыгрышей. В этой связи хочу вспомнить смешной и любопытный, на мой взгляд, случай, связанный с одним из розыгрышей, инициатором которого был В.Л. Происходило это в Киевском Институте физики в конце 50-х. В то время часто приходилось сталкиваться с письмами трудящихся о наблюдении разных загадочных явлений,

которые с точки зрения писателей этих писем, требовали немедленных научных разъяснений. Такие письма, как правило, направлялись в те или иные административные учреждения, а уже оттуда переадресовывались, как правило, в Академию наук с четким предписанием дать исчерпывающий и ясный ответ-разъяснение, причем в весьма сжатые сроки. Все, прямо-таки, в духе управляемой демократии того времени. Так вот, розыгрыш Львовича, который был приурочен к 1-му апреля, состоял в следующем. Якобы пришло письмо работника цирка, в котором автор письма излагал свои удивительные наблюдения. “Феномен“, по утверждению воздушного акробата состоял в том, что если смотреть на окружающий мир вниз головой, то все представляется в более ярком, выпуклом и впечатляющем виде. Письмо, по виду официальное, переправили одному из очень успешных аспирантов отдела, с четким предписанием дать срочные физические (или, наконец, психофизические) разъяснения этим наблюдениям. Аспирант, естественно, многожды чертыхался про себя, да и вслух, по поводу такого “подарка“, но должен был сочинить ответ, деваться было некуда. Как пытливый естествоиспытатель, он даже сам взглянул несколько раз на окружающий мир, склонив голову меж собственных ног. В.Л. сам наблюдал эти “экспериментальные упражнения“, и когда розыгрыш достиг кульминационного предела, Львович разрядил обстановку. Все, в конечном итоге, завершилось дружным добрым смехом.

Конечно, нельзя без тени грусти писать и читать воспоминания о ярком и выдающемся человеке. Перед нами всплывают картины, подчас весьма впечатляющие, с интереснейшими событиями и фактами, теплыми, душевными, а иногда и сложными человеческими взаимоотношениями и переживаниями. Со многими яркими событиями, добрыми начинаниями и делами нас продолжает связывать и объединять Владимир Львович. То, что запечатлела о нем наша память, не подвластно времени. И пока все мы помним – Владимир Львович остается среди нас.

В.Тимофеев

ВЛАДИМИР ЛЬВОВИЧ БРОУДЕ (1924 – 1978)

К восьмидесятилетию со дня рождения

Воспоминания киевских коллег

Владимир Львович Броуде, родился в Москве в декабре 1924 года, с детских лет проявлял недюжинные способности к физике, математике и технике, что и стало естественным продолжением его образования в Московском институте химического машиностроения, который он успешно закончил в 1946 году, по специальности инженер-механик по низким температурам. В 1947 году по распределению был направлен и зачислен на работу в Институт физики АН УССР на должность младшего научного сотрудника. Здесь сразу проявились его исключительные способности и творческий подход при решении научных и организационных задач. Владимир Сергеевич Медведев и Владимир Львович Броуде совместно проделали большую работу по созданию в институте физики АН УССР современной, по тем временам, криогенной лаборатории и разработке для нее оборудования - оригинальной криоаппаратуры (металлических криостатов) для спектральных и оптических исследований различных микрокристаллов при азотных и водородных температурах. При его непосредственном участии в 1947/1948 гг. была разработана, смонтирована и пущена в работу установка по получению 18 литров жидкого азота в час. Он участвовал в расширении криогенной лаборатории, оснащая ее, им же разработанными, аппаратами и машинами (газификаторами азота, водородными компрессорами, газгольдерами). По проекту и расчету Броуде был построен оживитель водорода. Параллельно он занимался изучением спектральных свойств молекулярных кристаллов при низких температурах. Экспериментальный материал был им обобщен в кандидатской диссертации, защищенной в 1954 году. С мая 1958 г Владимир Львович работает в должности старшего научного сотрудника и руководит группой сотрудников отдела. В 1965 году, после защиты диссертации и получения

диплома доктора физико-математических наук, его утверждают в должности заведующего отделом оптической квантовой электроники института. В последствии под его руководством выполнено множество актуальных научно-исследовательских работ и защищены шесть кандидатских диссертаций. Вместе с группой сотрудников Института физики Владимир Львович в 1966 году был удостоен Ленинской премии за работы в области низкотемпературной спектроскопии кристаллов в АН Украины.

В августе 1966 года он переходит на работу в Подмоскowie, по приглашению академика Г.В. Курдюмова, во вновь создаваемый им Институт физики твердого тела АН СССР (г. Черноголовка).

За годы работы Владимира Львовича в Киеве его творческая личность раскрылась в полную силу и оставила незабываемую память в сердцах его учеников. Они рады поделиться своими воспоминаниями, которые расположены в хронологическом порядке его творческой деятельности в Институте:

Иван Павлович Жарков, кандидат физ.-мат.наук, заведующий Лабораторией криогенных технологий Института физики НАНУ, созданной друзьями и коллегами Владимиром Львовичем Броуде и Владимиром Сергеевичем Медведевым.

В начале 50-х годов прошлого столетия по инициативе А.Ф. Прихотько в Институте физики АН УССР была создана вторая на Украине и третья в Советском Союзе криогенная лаборатория. Эта лаборатория, реконструированная и расширенная, долгое время служила базой для низкотемпературных работ ряда научных учреждений Киева. Первые криостаты, с которыми работали физики, были стеклянными и с рядом недостатков: они были хрупкими и ненадежными в эксплуатации, предназначались для работы только с жидким азотом. Было необходимо создать тип криостатов, свободных от перечисленных недостатков и способных работать надежно с разными криоагентами.

В.Л. Броуде, талантливый учёный, физик, экспериментатор и инженер, активно включился в процесс их разработки и создания. Общепринятые в то время стеклянные и кварцевые сосуды Дьюара, которые повсеместно использовались для спектральных работ при низких температурах, были заменены разработанными и изготовленными в отделе физики кристаллов металлическими криостатами (А.Ф. Прихотько, В.Л.Броуде, В.С.Медведев, В.П.Бабенко, Р.И. Василенко). Криостаты были различных типов – азотные водородные и гелиевые. Большинство из них были неразборными, хотя встречались иногда с разборными фланцами в верхней или нижней части. Как правило, криостаты имели цилиндрическую форму. Лишь немногие были сферическими или полусферическими. Хвостовики криостатов также были различными, в зависимости от назначений. Для внешних электромагнитов хвостовики имели плоскую форму. Некоторые криостаты имели внизу металлический корпус, переходящий в стеклянный хвостовик.

Первая заявка на авторское свидетельство на «Устройство для низкотемпературных оптических исследований» была подана 19.05.1950 г. В.Л. Броуде, и В.С. Медведевым, (выдано а.с. № 102322 от 25.04.1956 г.), которое было описано в статье В.Л.Броуде и В.С.Медведева «Аппаратура для спектральных работ при низких температурах» (Заводская лаборатория, №4, 1951).

Здесь уже было применено небольшое проекционное устройство, имеющее короткофокусную кварцевую линзу, помещенную перед кюветой. При ее помощи на щель спектрографа проектировались в увеличенном виде кристаллы, содержащиеся в кювете. Температура охлажденного образца отличалась от температуры охлаждающей жидкости не больше чем на 5 градусов, расход жидкого воздуха составлял 0,7 л/час.

В 1956 г. (дата подачи статьи 24.05.1956 г.) описан криостат для оптических измерений кристаллов при температуре жидкого водорода при 20 К. (В.Л. Броуде, В.С.Медведев, В.П.Бабенко) при расходе жидкого водорода 0,5 л/час. В статье дан ряд решений, которые нашли свое применение в дальнейших разработках: оконные вводы, азотный экран, охлаждаемый угольный патрон. В 1957 г. разработан водородный криостат с кюветодержателем на штоке и механизмом поворота образца. Затем появились криостаты для: изучения фазовых переходов с устройством перекристаллизации, в том числе при всестороннем сжатии газа до 200 атм. В их конструкции уже использовались: шлюзовая камера, уровнемер поплавкового типа. Расход в

водородном криостате составлял 1 л за 18-20 часов, а в гелиево-водородном - 1 л водорода за 30 час (1 л гелия за 5 час).

Следует отметить, что основные идеи и мысли В.Л. Броуде по конструированию криостатов работают и по сей день.

Развитые его последователями решения были воплощены в криостатных системах, изготавливаемых как в Институте физики НАН Украины, так и в Институте физики твердого тела РАН (Черноголовка). Киевские криостаты с аббревиатурой УТРЕКС (Унифицированные Термо Регулируемые Криостатные Системы) были награждены Золотой и Серебряной медалями ВДНХ СССР, Золотой медалью международной Лейпцигской выставки-ярмарки. Они с успехом эксплуатируются в научных учреждениях США, Франции, Германии, Израиля, Чехии, Польши и др., поэтому можно смело утверждать, что дело, начатое В.Л. Броуде, живёт и процветает в настоящее время.

Климушева Гертруда Васильевна, заведующая Лабораторией спектроскопии кристаллов при Отделе физики кристаллов Института физики НАН Украины, доктор физ.-мат. наук, профессор.

Владимир Львович Броуде был неординарным, талантливым ученым и воспитателем научных кадров. В начале своей работы в Институте физики параллельно с инженерной деятельностью он за короткий срок освоил основы физики твердого тела и стал одним из основателей нового направления – физики молекулярных экситонов. Уже в первых научных статьях [1,2], соавтором которых был Владимир Львович, подчеркивалось, что замена неудобных в работе, стеклянных и кварцевых сосудов Дюара, металлическими криостатами, снабженными стеклянными или кварцевыми окнами, в комплекте с проекционным устройством, помещающимся в кюветодержателе криостата, значительно ускоряет темпы низкотемпературных экспериментальных работ. Мне стало это очевидно в 1958 году, когда сразу после окончания физического факультета МГУ я по распределению начала работать в Институте физики АН УССР. Всеми экспериментаторами в отделе физики кристаллов, который возглавляла Антонина Федоровна Прихотько, непосредственно руководил Владимир Львович. Он был молодой и темпераментный, всем представлялся, как просто Володя. Но все с уважением звали его Львовичем. При заливке водорода в криостат Владимир Львович обязательно ассистировал экспериментаторам. Было очень заметно, что женская половина сотрудников относилась к Львовичу с большой симпатией и любовью. Работа спорилась. В кратчайшие сроки были получены спектры поглощения кристаллов при низких температурах десятков различных органических соединений. Впервые на большом числе примеров вслед за А.Ф.Прихотько было показано, что узкополосные спектры молекулярных кристаллов с одной стороны можно привести в ясное соответствие со спектрами паров, а с другой - были выделены полосы, характерные только для кристаллов и полностью отсутствующие в спектре паров.

Когда экспериментальный материал накапливался, Львович давал команду оформлять результаты и писать статью. Если его вклад в написанную статью был невелик, то он отказывался от соавторства. В 1963 году Владимир Львович посоветовал мне обобщить полученные экспериментальные результаты и написать кандидатскую диссертацию. "Пишите только дома," - посоветовал он, "чтобы не останавливалась экспериментальная работа." Через год я успешно защитила кандидатскую диссертацию под руководством Владимира Львовича Броуде.

Детально Владимир Львович исследовал спектры поглощения кристаллов бензола в поляризованном свете для колебаний светового вектора, параллельных трем осям симметрии кристаллов, и обнаружил резко поляризованный мультиплет экситонных полос [3]. Было показано, что при низкотемпературных спектральных исследованиях имеется возможность находить связь между строением и поляризацией спектра поглощения и кристаллической структурой изучаемого образца.

Весомым достижением Владимира Львовича и его учениц (Муси Оноприенко и Лены Шеки) было однозначное доказательство возможности сопоставления двух поляризованных компонент экситонного дублета полос в спектрах кристаллов одному возбужденному состоянию молекулы [4, 5]. В этих работах были исследованы спектры поглощения твердых растворов бензола в дейтеробензоле и нафталина в дейтеронафталине при изменении концентрации. Было

обнаружено, что при малых концентрациях бензола или нафталина электронному переходу соответствует одна полоса поглощения, когда резонансное взаимодействие между молекулами отсутствует. При увеличении концентрации бензола или нафталина начинает проявляться резонансное взаимодействие, и полоса поглощения, соответствующая чисто электронному переходу, расщепляется на две, расстояние между которыми увеличивается по мере роста концентрации бензола или нафталина. А в чистых кристаллах соответствующие полосы образуют экситонный дублет с разными частотами, проявляющимися в разных компонентах спектра в поляризованном свете. Меняя изотопный состав, нам удалось проследить за образованием и развитием экситонных зон. Было экспериментально открыто гигантское изменение примесного поглощения вблизи экситонных зон.

Результаты сравнительного анализа строения низкотемпературных спектров поглощения монокристаллов большого числа близких по строению веществ, имеющих общую группу атомов (бензольное кольцо) и алкильные заместители переменного состава от моно- до гексазамещенных, были обобщены в двух монографиях, изданных под редакцией В.Л.Броуде и А.Ф.Прихотько [6,7]. Эти книги демонстрируют не только обширные систематические исследования электронных спектров кристаллов, подкрепленные теорией, но и уважительное отношение к труду каждого соавтора.

Экспериментальные и теоретические исследования в Институте физики АН УССР, в которых большое деятельное участие принял Владимир Львович, положили начало развитию нового важного направления физики твердого тела – *физики экситонных состояний*. Как отмечалось, цикл фундаментальных экспериментальных и теоретических исследований молекулярных кристаллов – “Экситоны в кристаллах” в 1966 году был удостоен Ленинской премии. В числе лауреатов был и Владимир Львович Броуде.

Владимир Львович большое внимание и много времени уделял своим ученикам. Обычно день начинался с обсуждения подходов к выполнению экспериментальных исследований или интерпретации полученных результатов. Иногда споры разгорались немалые. Высоко взлетевших “оптимистов” Владимиру Львовичу удавалось вернуть на твердую почву фактов. Рабочий день часто заканчивался поздним вечером. Вокруг Броуде царил энтузиазм и захватывающий дух экспериментального открытия нового.

На объединенных научных семинарах Владимир Львович внимательно слушал каждую работу. Находил в ней недоработки, давал советы, предлагал свои способы решения. На глазах у всех статья в печать отшлифовывалась, приобретала новое интересное осмысливание. Владимир Львович был так же активен и на Всесоюзных экситонных семинарах, которые объединяли специалистов не только по молекулярным экситонам, но и по экситонам Ванье-Мотта. Круг ученых охватывал все крупные города от Прибалтики и до Одессы, от Молдавии и до Новосибирска. Я считаю, что Институт физики АН УССР очень много потерял с отъездом Владимира Львовича в Москву. Его активное участие в повседневной научной жизни ИФАН Украины легко подтверждается перечнем его принципиальных публикаций:

1. В.Л.Броуде, В.С.Медведев, Н.У.Нечаева, А.Ф.Прихотько, О.П.Харитоновна, Изв. АН СССР, сер.физ., 14, 488-492, 1950;
2. В.Л.Броуде, В.С.Медведев, Н.С.Нечаева, А.Ф.Прихотько, О.П.Харитоновна, Вісник АН УРСР, 10, 17-21, 1951.
3. В.Л.Броуде, А.Ф.Прихотько, ЖЭТФ, 22, 605-609, 1952.
4. В.Л.Броуде, М.И.Онопrienко, Опт. и спектр., 10, 634-639, 1961.
5. Е.Ф.Шека, Опт. и спектр., 10, 684-686, 1961.
6. В.Л.Броуде, Г.В.Климушева, А.Л.Либсман, М.И.Онопrienко, А.Ф.Прихотько, А.И.Шатенштейн, Спектры поглощения молекулярных кристаллов, Наукова думка, К., 1965.
7. В.Л.Броуде, Г.В.Климушева, А.Ф.Прихотько, Е.Ф.Шека, Л.П.Яценко, Спектры поглощения молекулярных кристаллов, Наукова думка, К., 1972.

Марат Самуилович Соскин, заведующий Отделом оптической квантовой электроники Института физики НАН Украины, член – корреспондент НАНУ, доктор физ.-мат. наук, профессор, Лауреат Государственных премий СССР и Украины, Лауреат премий НАНУ имени академиков К.Д. Синельникова и А.Ф. Прихотько.

Ярким примером неумной и всегда активной жажды новых знаний и свершений, всегда присущим В. Л. Броуде стала его мгновенная реакция на возникновение в 1960 г. лазеров, одного из главных научных событий XX века. В Институте физики об этом стало известно в 1961 году. И Владимир Львович сразу же оценил революционное значение лазеров для оптики, спектроскопии и для физики в целом. Он немедленно с присущей ему энергией собрал группу молодых энтузиастов, в которую вошел и я, к тому времени защитив кандидатскую диссертацию по экситонным свойствам молекулярных кристаллов. Был создан отдельный лазерный семинар во главе с нашим общим учителем акад. А. Ф. Прихотько.

В.Л. сразу же высказал смелую идею о принципиальной возможности осуществления лазерной генерации на многих полосах люминесценции молекулярных кристаллов. И уже в 1962 г. в журнале ФТТ была опубликована наша пионерская работа «О возможности получения индуцированного излучения в системах с электронно-колебательными уровнями», где была построена теория такой генерации по четырехуровневой схеме с минимально возможной пороговой накачкой для молекулярных кристаллов. Одновременно началось создание необходимой экспериментальной базы, кардинально отличавшейся от традиционной техники для спектроскопических исследований, с высоковольтными блоками для импульсных ламп накачки, высококачественными зеркалами для резонаторов, прецизионными оптико-механическими узлами для их крепления и тонкой юстировки. Для приобретения необходимых экспериментальных навыков В.Л. достал в Физическом институте АН СССР у друзей, которых у него было великое множество, обработанный кристалл рубина и поставил задачу для начала получить на нем генерацию. Вскоре это удалось сделать при его активном участии и к нашей всеобщей радости впервые на Украине. Мы все хорошо помним, как сотрудники института и физики со всего Киева бегали смотреть ослепительно яркое лазерное пятно на высоком четырехметровом потолке криогенной лаборатории, где работали В. Л. и первые «лазерщики». Тогда же были начаты исследования особенностей люминесценции кристалла антрацена при мощной накачке, результаты которых были опубликованы вскоре в журнале «Оптика и спектроскопия».

В.Л. ясно понимал, что для достижения успеха в области квантовой электроники в условиях настоящего мирового бума необходимо сосредоточиться на решении актуальной и по-настоящему оригинальной физической идеи. И он ее вскоре сформулировал: *создание перестраиваемых лазеров*. Идея базировалась на богатстве спектров люминесценции молекулярных кристаллов, которое В.Л. столь успешно впервые установил и исследовал, а также известном факте, что все без исключения активные среды лазеров обладают несколькими уровнями энергии, при переходе на которые возможна генерация. Хорошо помню, как однажды В.Л. пришел с тетрадным листочком, на котором была нарисована схема такого перестраиваемого лазера, в резонаторе которого вместо традиционных двух параллельных зеркал выходное зеркало было заменено стеклянной дисперсионной призмой. За ней располагалось зеркало, повернутое так, чтобы излучение с рабочей длиной волны было нормально к нему. Ясно, что только для этой длины волны будут созданы условия генерации. Поворачивая зеркало, можно плавно перестраивать излучение генерации в пределах полосы усиления среды, а поворачивая его на необходимый дискретный уровень получать генерацию на других линиях люминесценции. Так была принципиально решена проблема создания перестраиваемых лазеров. Была подана заявка на изобретение на такой лазер с дисперсионным резонатором с участием Н. Ф. Прокопюка и М. С. Соскина. Было получено авторское свидетельство № 164325 с приоритетом от 1 марта 1963 г. Не заставила себя ждать и его реализация. Вскоре были осуществлены генерация на R₂-линии кристалла рубина и широкодиапазонная плавная перестройка генерации стекла с неодимом. Это были первые перестраиваемые лазеры на твердом теле. Тогда же была развита и полная теория такой генерации, опубликованная в 1967 г. в ЖЭТФ, которая полностью согласовалась с результатами эксперимента. Следствием этих успехов стала официальная организация в 1965 г. отдела оптической квантовой электроники, который естественно возглавил его создатель В. Л. Броуде. Ему же принадлежит и название отдела. И после переезда на работу в Черногоровку в ИФТТ АН СССР В.Л. продолжал активно следить за работами отдела и помогать его работе полезными критическими замечаниями и советами.

У всех, кому посчастливилось быть рядом с В.Л. в эти незабываемые годы, навсегда останется и его светлый образ, и это прекрасное время, настоящего счастья работы под его руководством.

Екатерина Николаевна Салькова, ведущий научный сотрудник Отдела оптической квантовой электроники Института физики НАНУ, доктор физ.-мат. наук, профессор.

В начале 1963 года я перешла в числе сотрудников «первого призыва» из отдела А.Ф. Прихотью в группу оптической квантовой электроники. В. Л. поставил передо мной задачу получения и исследования вынужденного комбинационного рассеяния (ВКР) в бензоле, помещенном в дисперсионный резонатор рубинового ОКГ. В результате проведенных исследований ВКР было получено и изучены его характеристики. Попутно был наблюден новый режим генерации самого рубинового лазера с внесенными в его резонатор бензол и другими веществами, которые в процессе генерации увеличивают его потери. В результате этого генерация срывается. Новый режим генерации был назван «автосрыв генерации». Впоследствии было осуществлено и теоретическое описание этого эффекта.

Следует отметить, что В.Л., «озадачивая» своих сотрудников новыми идеями, сам активно участвовал в дальнейшем их осуществлении, постоянно обсуждал с непосредственными исполнителями полученные результаты, обдумывал их и нередко предлагал интерпретацию. Весь этот творческий процесс В.Л. любил оформлять в виде «меморандумов» в своей рабочей тетради, справедливо считая, что мысли, высказанные вслух, часто забываются, а вот то, «что написано пером...». До сих пор в моей старой рабочей тетради тех лет сохранились выписки из «меморандумов» В.Л., сделанные его рукой. Храню их с пиететом.

В.Л. был твердо убежден, что одним из основных показателей здорового и успешно работающего научного коллектива является бесперебойная и активная работа научного семинара. Семинар нашего отдела официально начал работать 7 января 1965 года (руководитель – В.Л.Броуде, секретарь – Е.Н.Салькова). С первых же заседаний семинар стал фактически общеполитинститутским, а затем и общегородским и даже всесоюзным, благодаря неумной энергии В.Л., его энциклопедическим знаниям и научному авторитету, умению заинтересовать слушателей – ученых разных специальностей. А какие горячие споры сопровождали эти семинары! Дрожали стекла в окнах и падала штукатурка с потолков! Зато рождались прекрасные истины и вырастали настоящие ученые из скромных аспирантов и соискателей.

Семинар отдела ОКЭ, основанный В.Л.Броуде, продолжает функционировать (руководитель – М.С.Соскин, секретарь – Е.Н.Салькова). Недавно я записала его 1000-ый протокол. Стараемся сохранять традиции...

Работать и жить рядом с В.Л.Броуде было счастьем не только научного, но и дружеского общения с Учителем, благородным и обаятельным Человеком, настоящим Ученым.

Ирина Паладиевна Теренецкая, старший научный сотрудник Отдела оптической квантовой электроники Института физики НАНУ, кандидат физ.-мат. наук.

Мне посчастливилось работать с Владимиром Львовичем очень недолго - всего три года. Но общение с ним определило всю мою дальнейшую жизнь в науке. Я пришла в Институт физики Украинской Академии наук в сентябре 1964 года для прохождения преддипломной практики и выполнения дипломной работы. Первая же встреча с Владимиром Львовичем произвела очень сильное незабываемое впечатление. С каким воодушевлением он рассказывал о лазерах, о возможности управления длиной волны лазерного излучения! Его рассказ был настолько живым и увлекательным, что студент-дипломник сразу чувствовал – он попал в живой коллектив ученых-энтузиастов, и работать в таком коллективе будет чрезвычайно интересно.

Владимир Львович обладал свойством, исключительно важным для молодых физиков, пришедших к нему с университетской скамьи. Он умел заражать молодежь своим азартом и любовью к науке и творчеству. В этом немаловажную роль играла его уникальная способность просто и наглядно объяснять сложные физические процессы. Такое обучение, полученное у В.Л. Броуде в дополнение к университетским курсам, давало студентам и аспирантам творческий импульс и помогало в их дальнейшей научной работе.

Дар популяризатора науки Владимира Львовича ярко проявился в написанной им краткой монографии «Экситоны», в которой явление коллективных возбуждений в молекулярных кристаллах описывалось так наглядно и просто, что наверняка было доступно пониманию широкого круга читателей, которому эта брошюра и адресовалась.

Вообще у В.Л. Броуде был особый талант в деле, как тогда выражались, «воспитания научных кадров». Свою любовь докапываться до истины в любом явлении искать первопричину, уметь задавать себе вопросы и стараться найти ответ на них он умел передать молодым исследователям, В. Л. никогда не читал нотаций, если дипломник не сумел выполнить поставленную задачу, а умел одним словом заставить человека задуматься и осознать свою ошибку. Зато как он радовался успехам своих учеников! И как каждое слово его похвалы окрыляло молодых исследователей!

Власть человеческого обаяния Владимира Львовича была поистине безгранична.

Его любили и уважали все, ценили его советы и критику. Ощущая впоследствии, с каким уважением и любовью к нему относились ученые-коллеги во всем мире, меня наполняло чувство гордости и ответственности за то, что у меня в жизни был такой Учитель.

Напоследок хочу привести пример того, как благодаря живому уму и высокой общей культуре Владимир Львович мог кратко и точно дать ответ на любой поставленный вопрос. Я спросила его однажды: «В чем секрет обаяния?» Он, не задумываясь, дал такой ответ: «В доброжелательном отношении к людям!». Именно эта черта, по моему мнению, и составляла основу личности Владимира Львовича Броуде.

В.А.Бендерский. Страница памяти: Владимир Львович Броуде.

С Владимиром Львовичем Броуде (все его в глаза и за глаза называли Львовичем) мы познакомились в 1969 году в Черногоровке, хотя шапочное знакомство произошло раньше во время моих приездов в Киев к Антонине Федоровне Прихотько. Знакомство определялось нашим общим интересом к изучению молекулярных кристаллов при интенсивной лазерной накачке. Как-то само собой получилось, что я и мои сотрудники, оказавшись в сфере притяжения В.Л., быстро объединились с ним в общую команду, которая дружно проработала вместе почти десять лет. В.Л. был лидером этой команды. Говоря словами Котляревского, он, подобно Энею, «был парубок моторный» и другой роли для него в любой команде просто не могло быть. Благодаря его энтузиазму и темпераменту, наши регулярные обсуждения результатов и планов всегда проходили весело и интересно. Свои научные аргументы В.Л. сопровождал взрывом эмоций, остановить его напор обычно бывало трудно. В запале он переставал слушать других, до тех пор, пока не заканчивался «период генерации». Затем он выслушивал возражения, спорил и достаточно часто соглашался. На критику своих начальных предположений не обижался, даже если она сопровождалась обычными для научных высказываний оценками умственных способностей оппонента. В своих высказываниях В.Л. к оппонентам относился уважительно, ругался редко. После его критики обид не возникало. Своим авторитетом в дискуссии В.Л. не пользовался, спеси и снобизма научного босса в нем вообще не было, его демократизм был внутренним, присущим его характеру. Как-то однажды, когда мы не смогли убедить друг друга, я сказал, что он, как генерал, может просто приказать сделать эксперимент, как считает нужным. В.Л. ответил, что заставить научного сотрудника невозможно, его можно только убедить. И действительно, на этом принципе он строил свои отношения с сотрудниками. К лентяям Львович относился снисходительно. Нельзя сказать, что он им потакал. Но, будучи сам типичным трудоголиком, он с состраданием относился к тем, кто этим качеством не обладал. Однажды я сказал ему *tete-a-tete*, что сотрудника подчас нужно заставлять работать для его же пользы, приведя цитату из Брюсова: «Я сам тружусь, и ты работай». Такая сторона взаимоотношений Львовича удивила. Он согласился лишь с тем, что принуждение к научному труду целесообразно только по отношению к сотрудницам, а для сотрудников оно противоестественно.

Поскольку команда наша была чисто мужской, Львович любил украсить свою речь вставками ненормативной лексики, но когда ей начинали пользоваться другие, вздрагивал от неожиданности и замолкал. Это особенно смешно получилось однажды во время лесной прогулки, когда мы встретили грибника, который, услышав последнюю сентенцию Львовича, почувствовал в нем родственную душу и познакомил нас с богатствами матерного языка. Хотя мы бродили несколько часов и заметно устали, бедный Львович припустился рысью, стараясь побыстрее отделаться от неожиданного словоохотливого попутчика.

Там, где я предпочитал выполнить расчет и сделать оценки, Львович полагался на свою интуицию, которая его обычно не подводила. То, в чем Львовичу, пожалуй, не было равных, это

виртуозность постановки оптических экспериментов. Думаю, что имею право на такую оценку, поскольку за свою научную жизнь мне посчастливилось работать с такими великими экспериментаторами как Шальников и Прохоров. Думаю, что по мастерству постановки эксперимента, Львовича можно смело поставить в один ряд с ними. С огромным удовольствием вспоминаю предложенный им метод наблюдения генерации пластинок антрацена. С Шальниковым его сближало стремление поставить эксперимент так, чтобы результаты максимально отвечали на поставленный вопрос.

Естественно, что такие требования к эксперименту требовали огромного труда и изобретательности. Часто требовалось достать что-нибудь уникальное. Помню, как, случайно узнав о существовании в Институте оптико-физических измерений подходящего для наших целей электронно-оптического преобразователя, мы с Львовичем отправились к директору этого института. Прибор был предназначен для военных, был секретным и стоил баснословных денег, так что получить его мы никак не могли. Мы обсудили эти трудности перед входом в Институт, грустно рассматривая изъеденные ржавчиной до состояния решета крылья автомашины В.Л. Но В.Л. при встрече с директором так увлекательно рассказал о нашей работе и настолько заразил его своим энтузиазмом, что нашелся способ бесплатно получить лабораторный образец, который не устраивал военных, но подходил нам. Радость нашу по поводу получения прибора не испортила даже поломка жигуленка на обратном пути в Черноголовку.

Поскольку в той же области одновременно с нами работало еще несколько групп, существовала здоровая конкуренция, добавлявшая в работу дополнительный соревновательный элемент, который возбуждающе действовал на нас всех, а на В.Л. в особенности. Мы ежегодно публиковали несколько статей. Процедура подготовки статей выработалась быстро. После общего обсуждения плана статьи, каждый писал раздел, относящийся к его работе. Львович скрупулезно редактировал общий текст, добиваясь ясного и лаконичного изложения. Он искренне радовался, когда находил удачную фразу, убедительный аргумент. До сих пор я с удовольствием перечитываю некоторые из наших статей того времени и вижу за ними живого Львовича и отголоски наших споров и общих радостей.

К религии и коммунистической идее В.Л. относился вполне равнодушно. Как всякие догматические построения и призывы к абстрактному аскетизму, они были чужды его характеру и светлому восприятию окружающего. Конечно, В.Л. жил в рамках приписываемой морали и принятых в научной среде норм поведения, но они не заставляли его поступаться ни своим демократизмом, ни порядочностью. Карьерные соображения не имели значения.

Если в научных вопросах разница в возрасте мало ощущалась, она проявлялась в литературных вкусах. Для меня, как и для большинства моих сверстников, писатели-фронтовики значили мало, а В.Л. хорошо знал и любил читать многих из них. Например, В. Тендрякова и Ю.Нагибина. В их описаниях быта послевоенной сталинщины он находил много верного, особенно в послевоенной студенческой среде, в которой прошла его юность и которую он любил вспоминать.

Цель нашей работы, наша мечта состояла в том, чтобы получить такие высокие концентрации молекулярных экситонов, при которых будет происходить их конденсация. Подобный эффект для экситонов большого радиуса был к тому времени уже хорошо известен, благодаря работам Л.В. Келдыша. Но, по мере нашей работы, выяснялись все новые и новые эффекты, препятствовавшие росту плотности газа молекулярных экситонов. Требовалось усложнять условия эксперимента и проявлять упорство. Периоды энтузиазма сменялись периодами пессимизма. К тому времени В.Л. уже был неизлечимо болен и знал об этом. Но болезнь не поколебала его упорство и веру в наши силы. Помню, как я приехал к Львовичу в академическую больницу после операции. Ходить он еще не мог, но мы больше двух часов обсуждали результаты, а черновик привезенной статьи В.Л. оставил для доработки и вернул мне через несколько дней испещренным множеством вставок и замечаний.

За годы совместной работы защитили кандидатские диссертации Ваня Аванесян, Паша Филиппов и Илья Тартаковский. Володя Брикенштейн собрался объединить результаты и представить докторскую диссертацию. За год до своей кончины В.Л. одобрил этот план. Болезнь не заставила его замкнуться в себе. Наоборот, она сделала его еще более расположенным к людям. Понимая, что он может не дожить до защиты диссертации (я настаивал на том, чтобы были выполнены дополнительные эксперименты и расчеты), В.Л. написал ряд писем, рекомендуя Брикенштейна будущим оппонентам. Я не знаю других примеров такого мужества.

Воспоминания И.Я. Фуголь

Вводные слова.

Вспоминаю В.Л. Броуде с глубоким чувством уважения и восхищения. Встаёт образ необыкновенно талантливого учёного и искрящегося радостью жизни человека, и так печалит, что его жизнь оборвалась в расцвете творчества, достигнув лишь тех 54 лет, которые кажутся роковыми для многих столь щедро одарённых людей. Мой муж, Э.А. Канер, ушёл из жизни тоже на 54-ом году жизни, и я особенно остро ощущаю какое множество мыслимо и немыслимо прекрасных идей, рождённых в головах таких светлых учёных, могли бы не быть унесенными в виртуальность. Но и то, что успелось осуществить в неоконченной жизни, имеет масштаб Великого. Сейчас, когда я заинтересованно изучаю историю культуры и науки Abendland Europa, меня очень часто занимает вопрос о сравнительной значимости нашей научной деятельности времён могучего Советского Союза. Отрицать, что в Союзе тогда существовала Великая Физика невозможно. В.Л. Броуде был одним из тех, кто поднимал высокую планку этой Физики. Охватившие меня чувства в связи с воспоминаниями о Владимире Львовиче очень созвучны строкам из «Посвящения» к «Фаусту»-у Иоганна Вольфганга фон Гёте, которые я хочу здесь привести (перевод мой- Ирины Фуголь):

К Вам, образы неясные, давно влекущие,
К Вам обращаю я свой взор с пристрастием.
Удастся ли сейчас Вас рассмотреть получше?
Иль вновь душа моя иллюзией охвачена?
Но приближаетесь ко мне Вы, покорить желаете,
Как из тумана Вы и дыма возникает;
И я взволнован, словно в пору юности,
От волн волшебных Вашей скрытой сущности.

Вы воскрешаете виденья прошлых дней
И силуэты тех, кто был мне мил и близок;
Как из забытой некогда мелодии одной,
Я вновь любви и дружбы первой слышу звуки.
Вновь прошлых лет печали полон я счастья,
Когда блуждали мы по жизни лабиринтам,
И вспоминаю той поры друзей прекрасных,
Которых время унесло неотвратимо.

Чем запомнилась первая встреча с Львовичем?

Услышала и увидела я В.Л. Броуде ровно 50 лет назад, в декабре 1954 г., когда я, начинающая аспирантка Антонины Фёдоровны Прихотько, впервые попала на научный семинар отдела № 6 Института Физики АН УССР в Киеве. Сначала именно услышала его чёткую речь и красивую аргументацию и попала под обаяние его яркой личности. Это было время рассвета в физике экситонов, а семинар отдела № 6 был одной из самых творческих сцен, где развивалась эта наука, формулировались идеи, полировалась терминология и научный язык. Чаше других слышался на семинаре слегка хрипловатый, но выразительный голос рыжеволосого, азартного, знающего себе цену, старшего ученика Прихотько, которого мало кто называл просто Володя, и кто заслужил уже тогда, как один из «молодых львов» экситонной физики, обращение «Львович». Он был уже соавтором одной из основополагающих работ, вместе с А.Ф.Прихотько, по экспериментальному обнаружению расщепления возбуждённых состояний в кристаллах с двумя молекулами в элементарной ячейке, теоретическое объяснение которому дал А.С. Давыдов. На семинарах он всегда дотошно добивался смысла в результатах не только у своих коллег-экспериментаторов, но и отважно доискивался сути у аристократов- теоретиков, а докладывали нередко С.И.Пекар, А.С.Давыдов, Э.И.Рашба, В.М.Агранович и др. Всех заражала его активность. Несомненно, заряд увлечённости и страстного интереса к физике экситонов получила от Львовича и я.

Каким учёным был Львович?

В.Л. Броуде был многогранно одарённым. В действительности, он образовывал себя сам, хотя и умел использовать всё лучшее из атмосферы окружения. В отдел № 6 к А.Ф. Прихотько (Институт Физики Академии Наук УССР) он пришёл как инженер – криогеник, специалист по

холодильным машинам. На него и его друга и сокурсника В.Ф. Медведева возлагались надежды по созданию первого криогенного центра в Киеве, разработке криостатов и аппаратуры для физических и спектральных измерений при низких и сверхнизких температурах. Надежды эти оправдались с блеском. Криогенный центр начал работать, а оптические криостаты и аппаратура Института Физики долгое время расценивались как лучшие разработки для низкотемпературных оптических экспериментов. Но при этом В.Л. Броуде «вошёл во вкус» научных проблем криогенной спектроскопии молекулярных кристаллов и его «приход в науку» привёл к появлению многих новых экспериментальных методик и развитию количественных измерений, которые открыли возможности для физической интерпретации спектральных характеристик. Наряду с этим Львович активно использовал возможности общения с блестящими теоретиками Института Физики. Со многими из них, и особенно с Э.И. Рашбой, возникли тесные научные контакты. Это способствовало созданию плодотворной научной ситуации, когда экспериментальные данные по спектроскопии экситонов могли быть сразу же проанализированы совместно с теоретиками.

Работал всегда он с видимым удовольствием и радостно. В большой лабораторной комнате Львовича (тех киевских лет) часто бывало шумно и весело от обсуждений. С ним любили советоваться и просто поговорить. Он всегда был в курсе новейшей мировой литературы по спектроскопии молекул и кристаллов. Помимо имён учёных-классиков этой области, таких как Обреимов, Принсхейм, Френкель, Герцберг, Гросс и др., услышала я тогда и имена зарубежных учёных, активных и известных в этой области в то время - Крэг, Мак Клюр, Шнепп, Вольф, Йортнер и др., результаты которых часто цитировались. Хочется отметить, что работы Броуде и его группы скоро не только вошли в этот ряд первоклассных работ, но и опередили многие из них по уровню эксперимента и теоретического обсуждения.

Разговаривал Львович громко, любил возражать и спорить, но не ради собственной правоты, а стараясь более полно понять предмет разговора. Любил лёгкие розыгрыши, любил найти «слабое звено» в доказательствах собеседника. Было и насмешничество иногда, но не злое. Я не помню в нём ни жёсткости, ни снобизма. Иногда в конце жаркого спора, если он замечал, что его доводами нарушены существенные экспериментальные планы собеседника, на его лице появлялась добрая располагающая улыбка и спор переходил в терпеливое обсуждение деталей возможного нового метода измерений. Львович был очень демократичен и отзывчив на просьбы, многие пользовались его добротой, отнимая у него время. Все эти черты его личности создавали сферу притяжения вокруг него, так что в учениках у него никогда не было недостатка. Его мнением и оценками всегда дорожили. Несмотря на то, что у меня с В. Л. Броуде, к сожалению, не было совместных работ, общение с ним меня очень обогатило. Уже существенно позже, в харьковский период моей деятельности, я иногда ловила себя на мысли - « что сказал бы Львович » о том или ином научном результате.

Несмотря и вопреки многим сложным моментам в его судьбе и раннему уходу из жизни, В.Л. Броуде сумел быть счастливым как в научной деятельности по физике экситонов, где с его именем всегда будут связываться выдающиеся и красивые результаты, так и личной жизни, в которой на протяжении многих лет он был окружён любовью и пониманием своей жены и своей коллеги по работе, яркой и талантливой женщины - учёной Елены Федоровны Шека.

Приложение



Я надеюсь, что эта моя краткая зарисовка поможет, как одно из цветовых пятен, воссозданию красочного портрета В. Броуде. Многоколерный пуантелизм мне представляется вообще подходящим стилем для иллюстрации ранней деятельности Львовича. В отдельном приложении я привожу одну из картин Жоржа Сёра, знаменитого французского художника, основателя пуантелизма. Эта картина смотрится как живописный спектр молекулярных экситонов в поляризованном свете. Здесь можно найти и лёгкие, и локализованные экситоны, виброны и примесные центры, и внутримолекулярные, и локальные колебательные состояния и ещё многое чего, что должно быть доступно именно вдохновенному видению Львовича.

Восьмидесятилетию В.Л.Броуде посвящается

1 декабря 1924 г. – 22 июня 1978 г.

Уже 26 лет Владимира Львовича нет с нами. Но в каждом из нас жива память о нем. Первая встреча, первое общение, первое рукопожатие. Его всегда лучащиеся глаза, радость общения, постоянная готовность вникать, обсуждать, принимать близко к сердцу и горячо отстаивать в споре. У каждого из нас был свой Львович, своя грань его многостороннего и красочного портрета. Давайте попробуем воссоздать этот портрет, ответив на, возможно, неполный перечень вопросов, которые являются лишь пунктиром того рисунка, который хочется создать. Ваши ответы, как отдельные мазки, наполнят портрет красками. По Вашему выбору Вы можете заменить предлагаемые вопросы другими, более соответствующими Вашему видению этого дорогого для каждого из нас человека.



Вопрос первый. Чем запомнилась Ваша первая встреча с Львовичем?

Вопрос второй. Как развивались Ваши отношения?

Вопрос третий. Какое влияние Львович оказал на Вас и течение Вашей жизни?

Вопрос четвертый. Какое воспоминание для Вас является самым ярким?

Вопрос пятый. Каким другом был Львович?

Вопрос шестой. Каким ученым был Львович?

Вопрос седьмой. Каким гражданином был Львович?

Владимир Львович был человеком талантливого сердца, благородного и щедрого. Он умел любить людей. И поэтому обладал редкой чертой - был просто не способен к зависти и всегда радовался каждому способному и талантливому человеку, встретившемуся на его пути. Он никогда не уставал помогать людям, часто активно расчищая дорогу их дарованиям. И поэтому так в унисон звучат сегодня слова любви, глубокой признательности и благодарности его учеников, друзей, коллег – всех, кто когда-либо имел счастье получить в дар частицу его сердца.

Е. Шека

Воспоминания А.И. Рыскина

Вопрос первый. Виноват, забыл.

Вопрос второй. Мы познакомились в Киеве в конце 50-ых годов, затем наши пути долго не пересекались. Мы снова встретились и сблизились в 70-ых, когда Володя уже обосновался в Черногловке, а я часто в те годы наезжал в ИФТТ. Нам было интересно разговаривать о физике, вероятно, потому, что нас интересовали очень близкие, но не совпадающие объекты – молекулярные(его) и неорганические (меня) кристаллы, о жизни, потому что наш жизненный опыт сильно рознился, о стране и мире, поскольку, одинаково относясь к тому, что окружало нас в первых и отдаленных координационных сферах, мы отличались по прогностическим оценкам: он был мужественным пессимистом, а я, скорее, наивным оптимистом.

Вопрос третий. Огромное. Он был гармоничным человеком, лишенным комплексов, открытым жизни во всех ее проявлениях, ценящим истину (не только научную, но прежде всего ее) превыше всего. Само общение с ним облагораживало.

Вопрос четвертый. Все его поведение в течение своей болезни. Так и должен мужчина воспринимать неизбежное.

Вопрос пятый. Каким и должен быть друг - преданным, тактичным, терпимым, но бескомпромиссным.

Вопрос шестой. У настоящих ученых нет рангов. Он был ученым, и этим сказано все, эпитеты ничего не добавят.

Вопрос седьмой. Он был гражданином мира. Хорошим гражданином.

29 октября 2004 г.

Александр Иосифович Рыскин

Воспоминания Б.С. Разбирин

Мне очень жаль, что я мало знал Владимира Львовича. Мы встречались очень редко на экситонных и спектроскопических конференциях. Наша первая встреча была в 1957 году в Киеве, на конференции, посвященной фотоэлектрическим и оптическим явлениям в полупроводниках. Там я выступал со своим первым в жизни докладом о линейчатом (экситонном) спектре кристалла CdS. Помнится, была горячая дискуссия о природе некоторых из наблюдаемых линий. В.Л. проявил себя как строгий экзаменатор, и его замечания очень помогли мне в дальнейшей работе. В те годы он с аспирантом В.Еременко тоже занимался спектроскопическими исследованиями CdS, и мы оказались как бы конкурентами. Однако вскоре наши научные разногласия сгладились, и у нас установились дружеские отношения на долгие годы.

Мне кажется, что несмотря на внешнюю строгость, Владимир Львович был добрым человеком, очень интересным собеседником. Меня всегда поражала его эрудиция, чрезвычайно высокая активность на семинарах, умение быстро вникать в суть вопроса. Конечно, он был выдающимся ученым.

Занимаясь фуллеренами, я уже много лет пользуюсь замечательным научным изданием "Спектры поглощения молекулярных кристаллов" под редакцией В.Л.Броуде.

У меня сохранились самые светлые воспоминания о Владимире Львовиче как человеке и ученом, смешанные с чувством боли, что его нет с нами.

Борис Разбирин

Воспоминания И.С. Осадько

Чем запомнилась Ваша первая встреча с Львовичем?

Эта встреча произошла случайно. После окончания физфака МГУ в феврале 1962 г. я был направлен на работу в п/я, где мне была поручена работа по созданию рубинового лазера с импульсной добротностью. В это время был лазерный бум и многие экспериментальные группы взялись за создание лазерных установок. Через некоторое время меня вызывают к зав. отделом. Прихожу. В его кабинете сидят два незнакомых мне человека. Зав. отделом говорит мне: «Знакомьтесь. Это два физика из Киева. Владимир Львович Броуде и Иван Степанович Горбань. Они сейчас расскажут нам о своих идеях в области лазерной физики». Рассказывал В.Броуде. Из его рассказа я понял, что у него была идея создания лазера на монокристалле антрацена. Броуде и Горбань искали средства на создание этого лазера и п/я Комитета по Оборонной Технике были наиболее подходящими источниками финансирования таких работ. Пытаясь заинтересовать «оборонщиков» своей идеей, они и приехали в Москву и пришли в наш п/я. Поскольку А.С.Давыдов был моим руководителем диплома, и я знал, что он собирался перебраться в Киев на постоянное место жительства, то после обсуждения технических проблем, связанных со строительством лазера на антрацене, я стал их расспрашивать о А.С.Давыдове. Именно от них я узнал, что А.С.Давыдов уже переехал в Киев и работает в Институте Физики АН УССР.

Какое влияние Львович оказал на Вас и течение Вашей жизни?

Переведясь из аспирантуры физфака МГУ в аспирантуру Института Физики АН УССР к А.С.Давыдову в 1965 году, я встречался с Львовичем преимущественно на семинарах института. Встречи эти были редки и особого влияния на меня не оказали. Однако после переезда В.Л.Броуде, Э.И.Рашбы и Е.Ф.Шеки в Черногоровку мои встречи с Львовичем участились и оказали на меня значительное влияние. Достаточно сказать, что А.С.Давыдов послал меня в 1968 году рассказывать о готовой кандидатской диссертации именно на семинар к Львовичу. На этом памятном для меня семинаре я в отсутствие моего руководителя должен был рассказать Броуде и его сотрудникам, а также приглашенным Рашбе и Файну о своей диссертации. Это было большое испытание для меня.

В последующие годы я, уже работая в лаборатории Э.В.Шпольского, довольно часто каждый год приезжал в Черногоровку, чтобы выступить на семинаре, руководимом Львовичем. Эти выступления давали мне очень много, т.к. Львович хотя и был доброжелателен, терпеть не мог пустопорожней болтовни и наукообразия. Он задавал четкие и ясные вопросы, и поэтому после его семинара многое прояснялось и для докладчика.

Львович планировал выступить оппонентом по моей докторской диссертации, написанной в 1977 году, что я рассматривал как признание моей работы и гордился этим. Но увя, тяжелая болезнь и преждевременная смерть разрушили все его планы.

Игорь Осадько.

Воспоминания Л.О. Атовмяна

1. Трудно вспомнить о первой встрече с Львовичем, это было так давно, но и трудно забыть. Помню, что встречи с ним несли радость. Особенно хочется отметить, что это был очень умный, приятный и доброжелательный человек.

2. В последние годы его жизни мы подружились семьями. Его преждевременный уход из жизни был для меня и для нашей семьи большим горем.

3,4. Львович был очень азартным и темпераментным человеком. Мы очень часто встречались с ним во время игры маджонг. Наблюдать, в это время, за ним было большим удовольствием.

5. Львович был другом надежным и бескорыстным, я бы хотел иметь, по больше таких друзей.

6. Да это был очень крупный ученый талантливый, творческий, инициативный и работоспособный, вместе с тем он оставался, чрезвычайно, скромным человеком и в быту, и в науке. В этом, многим следовало бы брать с него пример.

7. Был ли он гражданином? Да конечно был! -----

01.09.2004г.

Лев Оганович Атовмян.

Воспоминания Д.А. Гордон

1. В 1965 году после окончания МИТХТ я поступила на работу в лабораторию И.М. Баркалова, которая входила в сектор В.И. Гольданского. Мне предложили заниматься низкотемпературной радиационной полимеризацией. Всех тогда волновал вопрос, может ли идти безактивационная цепная реакция полимеризации при низких температурах. При полимеризации выбранное нами вещество должно было окрашиваться, но ... у нас не было оптического криостата. Осенью 1966 года позвонил Виталий Иосифович и предложил: "Диляра, в Черноголовку из Киева переехал мой друг, Владимир Львович Броуде. У него есть оптический криостат, пойдете к нему поработать?" Я согласилась, созвонилась с Владимиром Львовичем и в назначенный час пришла в корпус химкинетики Института Химической Физики, где Львович тогда занимал одну из комнат. Их Институт Твердого Тела был еще не достроен. Трудно теперь, после 10 лет общения с Львовичем и зная, какую роль сыграл в моей жизни этот человек, объективно оценить первую встречу. Запомнилось, что он произвел впечатление очень живого, сильно рыжего и довольно пожилого человека. Ему тогда было всего 42 года, сейчас я таких воспринимаю почти как юношей, но тогда мне было всего 25. В конце беседы он спросил, как по анекдоту, какая фамилия была у меня раньше, а затем осведомился, не знакома ли я с киевлянином - Борисом Ефимовичем Гордоном. Я ответила, что это мой свекор. Позже выяснилось, что Львович свою первую научную работу сделал с Борисом Ефимовичем, который тогда работал в киевском Институте Физики, куда Львович распределился после окончания Московского института химического машиностроения. Борис Ефимович был нелегким человеком, но замечательным ученым и в этом смысле Львовичу повезло, как и мне с Львовичем.
2. А дальше была очень напряженная и интересная работа. Львович сам учил меня растить кристаллы, исследовать их под микроскопом, снимать спектры. У меня тогда еще не было детей, и я задерживалась на работе допоздна. Львович всегда звонил вечером из дома и любопытствовал, что получилось. К концу года мы сделали интересную работу, рецензентом был В.А.Бендерский, который, когда я пришла за рецензией, посадил меня в кабинете и сказал: "Садись, пиши, я буду диктовать". Ему было тогда 29, но он был уже известным и важным. В довершение нас пригласил к себе Николай Николаевич Семенов, от которого и исходила идея безактивационной низкотемпературной цепной полимеризации, следующая из его концепции энергетического разветвления цепей. В то время – время диалектического материализма идея об энергетическом, а не материальном, как обычно, разветвлении отдавала идеализмом и приятно щекотала нервы. НН был благодушен, улыбался, поправлял слуховой аппарат и говорил мне: "Говорите громче, милочка" и с акцентом на последнем слове. Я, конечно, была рада, что мне, совсем юной и мало что знающей и умеющей, посчастливилось общаться с такими крупными учеными, попасть в замечательную научную среду. Когда я докладывала нашу работу на семинаре института физики твердого тела, в зале были Г.М. Элиашберг и Л.П. Горьков (я уж не помню почему, вряд ли наша скромная работа могла их заинтересовать), а их имена уже тогда были легендой. Помню, Горьков спросил меня о чем-то. Не помню, что уж я пролепетала, замирая от страха.
3. Сектор Гольданского тогда входил в отдел В.Л.Тальрозе и мы каждую неделю были на семинарах отдела, который состоял, в основном, из физтехов и, я думаю, лучших физтехов, т.к. В.Л. Тальрозе был деканом на физтехе и знал, кого брать. Пройти их семинар было все равно, что пройти чистилище. Мы одновременно и хотели, и боялись. В 1968 году я родила сына, Сережу, и он стал основным смыслом моей жизни. Я уже не могла работать, как в первый год после встречи со Львовичем. А вскоре я вернулась в Химфизику продолжать наши исследования методом ЭПР, которым владел у Гольданского А.И.Михайлов.
4. У меня в альбоме лежит характеристика, которую Львович дал мне для представления в аттестационную комиссию института Химической Физики. Она написана от руки и я храню ее как автограф, хотя время от времени меня подмывает подать ее по адресу с целью повышения зарплаты столь ценному сотруднику.

5. Львович был замечательным человеком, эмоциональным, равнодушным к людям и событиям. Человеком, всегда очень близко воспринимавшим чужие судьбы, всегда готовым помочь, очень внимательным. Никогда не забуду, как он сказал как-то (наверное, я выглядела уставшей): “Не вижу блеска в глазах. Что вы ели на завтрак? На завтрак нужно кушать яичко, масло”. Многие ли из нас могут вспомнить такую заботу о себе даже близких людей. Львович был очень теплым человеком. А еще он был великодушным, умел понять и простить, никогда не судил людей с позиции непогрешимого чистоплюя и праведника. Когда народ дружно начинал кого-то хаять, Львович всегда говорил: “Ну, подождите”. А какое горячее участие он принимал в вопросах организации своего молодого института физики твердого тела. Видно было, что Юрий Андреевич Осипьян, тогда еще молодой директор института, искренне любил Львовича и очень уважал его мнение. Я думаю нам всем, кому довелось общаться с Львовичем, очень повезло в жизни. Такие люди не часто встречаются в нашей жизни.
6. Львович приехал в Черноголовку уже известным ученым, лауреатом Ленинской премии. Но он никогда не кичился, был очень демократичным. Когда мы договаривались обсудить результаты, он всегда говорил: “Пригласите Женю, мне нравится, как он мыслит”. Женя- это мой муж, который кончил физтех и которому было тогда 26 лет.

К 80-ти летию В.Л. Броуде

1. Первая встреча с В.Л.Броуде была для меня неожиданной, потому что сразу после окончания Университета у меня осталось отношение к профессорам, как к людям высшей касты, которые вряд ли снизойдут до простого общения со вчерашним студентом. Вместо этого я увидел совершенно простого человека с хорошим чувством юмора и готового на равных обсуждать любые проблемы. Он был всегда активен. И сейчас, вспоминая его, я вижу картины активного обсуждения той или иной проблемы. Другими словами, он для меня сегодня живой человек.
2. Так уж случилось, что несмотря на то, что я работал в другой лаборатории и занимался проблемами дислокаций, которые были далеки от Львовича, мы все время пересекались, так как оборудование для измерения оптических свойств материала было только в лаборатории Львовича.
3. Нередко я участвовал в измерениях, которые проводил Владимир Львович, чтобы освоить новое для меня дело. Ведь это была единственная оптическая лаборатория в нашем тогда еще совсем молодом Институте. Некоторые рутинные измерения мы могли бы сделать и без него, но Львович не хотел ждать «завтра». Он должен был узнать результат как можно скорее. Вот это «горение» на работе я перенял у него на всю дальнейшую жизнь.
4. Самое яркое воспоминание о Львовиче относится к наверно самому трудному периоду его жизни: когда он уже лежал в больнице и, наверно, догадывался о своей страшной болезни. Я приехал к нему, чтобы обсудить дела, связанные с изготовлением гелиевых оптических криостатов. Львович был куратором этого производства, а я был у него в помощниках. Меня поразило насколько детально он обсуждал все нюансы, хотя, наверно, ему было не до этого.
5. Мне трудно ответить на этот вопрос. Все-таки мы принадлежали к разным поколениям. Но я уверен, что Львович был надежным другом тех, кого он удостоил дружбы.
6. Выдающийся ученый!
7. Мы все были свидетелями, что Львович не только имел свою гражданскую позицию, но, что не менее важно, всегда готов был ее отстаивать.

Э.А. Штейнман

Ученый, учитель, гражданин.

Моя первая встреча с Владимиром Львовичем Броуде состоялась в Киеве в институте физики Украинской Академии наук осенью 1963года.

Поводом для этой встречи явилось нетривиальное событие. Весной этого года, в Симферополе была учреждена юношеская организация Малая академия наук Крыма «Искатель». Эта организация, созданная по инициативе ведущих педагогов и ученых Крыма, при активной поддержке органов народного образования, Украинской академии наук и лично ее президента академика Бориса Евгеньевича Патона, комсомола и широкой общественности имела целью объединить усилия для вовлечения учащихся школ области в научно- исследовательскую творческую деятельность. МАН это творческое объединение, для более четкой и ориентированной работы, детей и подростков, увлеченных наукой, занимающихся творческой и научной деятельностью в школах, внешкольных учреждениях и при высших учебных заведениях области. Одной из задач организации ставилось ознакомление школьников старших классов с методами проведения научных исследований, разработкой технических решений и проектов, воспитание у них навыков работы с книгой, другими источниками информации и использования их для самостоятельного получения новых знаний, развитие у школьников умения и навыков практического применения полученной ими информации. Большое внимание уделялось поддержке талантливых молодых людей, увлеченных наукой. Организация для детей и подростков, способных к интеллектуальной деятельности, системы периодического общения (конференции, олимпиады, конкурсы, семинары, экспедиции) и разработка, для них, оздоровительных программ. Проведение творческих специализированных летних лагерей, создание дистанционного информационного поля, оказания материальной помощи - выделение грантов и стипендий. Мой вояж в Киев имел целью получить необходимую поддержку этой программы со стороны институтов и ученых Украинской академии наук. Встреча с Владимиром Львовичем, в этом плане, оказалась наиболее эффективной. Он внимательно выслушал, (это было его отличительной чертой) наши предложения. Во встрече, кроме меня, (участвовал один из авторов проекта МАН киевский писатель-фантаст Игорь Россоховатский), дал положительную оценку нашим начинаниям и вычленил возникающие проблемы. Львович надавал нам кучу советов и пообещал принять активное участие в работе « Искателя ». Уже на зимнюю сессию МАН 1964 года он направил в Симферополь сотрудницу, возглавляемого им отдела Оптической квантовой электроники ФИАН Украины Елену Федоровну Шека, для участия и знакомства с работой МАН. Очевидно, наша деятельность получила положительную оценку, и Владимир Львович решил лето провести в Крыму в лагере юных любителей науки. Для секции «юных физиков» лагеря «искателей» это превратилось в праздник. Он так интересно, увлекательно, содержательно и живо вел занятия с детьми, предлагая им для решения удивительные задачи, организовывал дискуссии о физическом смысле природных явлений. Все это проходило под открытым небом на берегу теплого Черного моря и пляж, таким образом, превращался на время и в класс, и в лабораторию. За период лагерной смены гости и «мановцы» очень подружились и они на итоговой сессии лагеря присвоили Львовичу очередное научное звание Почетный член Малой академии наук Крыма «Искатель». Это звание он носил с гордостью и продолжал сотрудничать с МАН и ее воспитанниками многие годы. Летний лагерь «Искателя» был местом встречи выдающихся людей страны, с юношеством Крыма. На лагерном заседании педсовета могли одновременно присутствовать и обсуждать проблемы страны в области среднего и высшего образования: Академик А.Н. Колмагоров, дфмн В.И. Арнольд - физмат школа МГУ, академик С.Т. Беляев ИАЭ, дфмн профессор В.К. Прокофьев КРАО - АН СССР, дфмн В.Л. Броуде ИФ, кфмн Е.Ф. Шека, дхн Л.И. Бударин ИНХ, дфмн А.А. Стогний институт кибернетики - АН Украины, доктор психологии И.С. Кон ЛГУ, космонавт А.А. Леонов, ученые Украины, России, Крыма - руководители секций. Встречи с такими людьми оставляли в душах ребят и педагогов Крыма неизгладимые впечатления. Сотрудничество Владимира Львовича с Малой Академией Наук Крыма, активно продолжалось до 1967 года, прямые контакты прекратились в связи с его переездом в Черногловку ИФТТ РАН. Однако наше личное общение продолжалось. В 1966 году по рекомендации Львовича я был приглашен на работу в качестве директора-организатора строящейся в ННЦ АН СССР новой школы. Не скрою, меня привлекла перспектива использовать полученный в Крыму опыт выявления и развития способностей детей и подростков. В условиях высокоинтеллектуальной среды, в месте сосредоточения научных институтов АН СССР и

известных ученых эта задача мне показалась весьма привлекательной. Я согласился и весной 1967 года стал жителем Черноголовки. Предстояла огромная работа: курировать строительство, добывать оборудование, согласовывать программы обучения, штаты персонала и множество других вопросов. К числу препятствий внедрения новых методик и организации обучения нужно отнести преодоление амбициозного консерватизма педагогов и зачастую безразличия ученых. Здесь я вновь почувствовал поддержку со стороны Владимира Львовича, он как никто другой понимал суть моих намерений и своим участием старался помочь делу создания новой школы – школы XXI века. Его советы и активное участие в обсуждении этих проблем были актуальны, содержательны и полезны. Он прекрасно понимал, что современная школа, для реализации своих задач, должна обладать возможностями, соответствующими уровню развития науки, техники, цивилизации и обеспечивать учебный процесс современными средствами обучения. Неоднократно с ним и председателем школьной комиссии центра Э. К. Дьячковским обсуждались вопросы оборудования классов, кабинетов, обсерватории и, в этой связи, согласовывались со строителями возможности корректировки проекта. Пока строилась школа, мне пришлось по поручению администрации выполнить ряд поручений. Одно из таких поручений был ввод строй в 1968 году Дома Ученых ННЦ в качестве директора-организатора. Это было первое культурное учреждение в нашем научном поселке, его регистрация, оборудование, утверждение штатного расписания и подбор кадров потребовали энергии и времени. Но, и этому делу, Львович уделил много внимания. Он согласился стать первым председателем Совета Дома ученых и своими творческими идеями, решениями и действиями заложил фундамент долголетнего, успешного и разнообразного его существования. В марте 1975 года, по инициативе Центральной станции юных техников, (на которую по просьбе Министерства просвещения РФ я был временно откомандирован, в качестве директора) в Москве проводился 1й Всероссийский слет ученических научных обществ. Во время слета успешно работали юношеские секции по разным предметам: физики, химии, математики, астрономии, истории и обществоведения космонавтики, радиоэлектроники, исследователей живой природы, геологии, искусствоведения и другие. Научные организации Москвы и Подмосковья предоставили необходимую научную базу и руководителей секций. Участники слета, юные любители науки имели прекрасную возможность познакомиться с достижениями науки, новейшим научным оборудованием, обменяться опытом работы и выступить с докладами о результатах своего участия в научно исследовательской работе. Так например, секция юных физиков одно из своих заседаний провела в Институте физики твердого тела АН СССР в Черноголовке. Здесь была проведена защита проектов, были заслушаны доклады и проведено их обсуждение. Руководили секцией Лауреат Ленинской премии дфмн профессор В.Л. Броуде и молодой, в то время аспирант, а ныне дфмн профессор В.Е. Антонов. Подводя итоги работы, руководители секции отметили большую увлеченность и подготовленность ее участников, что в их докладах прозвучала актуальная тематика и глубокие знания предмета увлечений. Гостей познакомили с лабораториями, тематикой и научными достижениями института, они встретились с ведущими научными сотрудниками и директором института, главным редактором журнала «КВАНТ» академиком АН СССР Юрием Андреевичем Осипьяном. Этим пространством вступлением мне хотелось отдать дань Львовичу, как человеку, который любил детей, талантливую молодежь и по возможности уделял большое внимание проблемам ее воспитания обучения и образования, памятуя девиз российских педагогов: «Ученик не сосуд, который нужно наполнить, а факел, который нужно зажечь»! Наши дальнейшие контакты продолжились, весной 1975 году, после того как я по приглашению дирекции ИФТТ, возглавил патентный отдел института, подразделение по защите авторских прав на промышленную и интеллектуальную собственность. Как известно, Владимир Львович, имея прекрасное инженерное образование, очень много творческих сил и внимания уделял техническому оснащению физического эксперимента. Опыт создания лабораторного оборудования им был накоплен еще в Физическом институте Академии наук Украины. Особое значение он придавал аппаратуре для проведения исследований в условиях низких температур. Его прежние разработки, совместно с его киевскими коллегами, гелиевых металлических криостатов, после перехода в ИФТТ получили новое развитие и усовершенствование. Появились руководимая им группа криогенной техники и новые технические решения, требующие защиты авторских прав. Так возникли у нас новые контакты, связанные с его непосредственной работой в лаборатории оптики и спектроскопии. Началась трудоемкая и успешная работа по защите заявок для получения авторских свидетельств, на усовершенствование и создание новых гелиевых криостатов разного назначения. Патентным отделом велась активная работа по защите авторских

прав разработчиков и широкие патентные исследования по этой тематике. Владимир Львович, всегда приходил на помощь при решении спорных вопросов, возникающих у экспертов патентного ведомства, своими инженерным чутьем и глубоким знанием сути дела, всегда находил правильные решения и формулировки. Эти приборы получили высокую оценку научных сотрудников института и широкое использование в научных учреждениях АН СССР. Таким образом, Львович является прародителем и автором развития современного криогенного научного оборудования и организатором мелкосерийного производства криостатов в ИФТТ. Эту деятельность на базе творческого задела Владимира Львовича, после его кончины продолжила, сначала возглавляемая Н.В. Классенным группа Н. Донченко, но настоящий успех в производстве этого оборудования пришелся на долю, созданной на базе ИФТТ РАН объединенной научной компании «Криогенные системы» возглавляемой дфмн Е.И. Демиховым. Хорошая организация дела, отличное качество продукции компании и великолепный дизайн обеспечивают высокий рейтинг фирмы и спрос на эту продукцию у научных организаций внутри страны и за рубежом.

В 1976 году мне предстояла защита дипломной работы в Центральном институте повышения квалификации Госкомизобретений. По рекомендации Владимира Львовича, тема для диплома мною была выбрана весьма актуальная - «Взаимосвязь научных открытий и изобретений». Наша страна с конца 50х годов прошлого века, был одной из немногих стран, в которых признание результатов научных исследований научным открытием, законодательно превращалось в сложную бюрократическую процедуру. Эта процедура состояла в том, что созданный при Госкомизобретений отдел научных открытий принимал и рассматривал, на специальных экспертных комиссиях по направлениям, заявки от научных организаций и физических лиц на признание результатов научных исследований научным открытием. Заявки рецензировались, подвергалась всестороннему изучению специалистами (как минимум трех) и в зависимости от полученной экспертной оценки признавалась (или нет) научным открытием. Признание результата научного исследования открытием, подтверждалось выдачей специального диплома, защищающего права авторов от недобросовестного использования их третьими лицами. Процедура сложная, неоднозначно воспринимаемая научным сообществом, так как нарушала вековые традиции оценки результатов научных исследований. Авторство на научные открытия вместо цитирования трудов, широкого обсуждения в научной печати, на конференциях и семинарах, предлагалась решать путем оформления юридического акта – решения отдела Государственного комитета по делам открытий, изобретений и товарным знакам СМ СССР Владимиру Львовичу, несмотря на ухудшение здоровья, эта тема показалась очень интересной. Он говорил, что, несмотря на спорный характер этой процедуры, обсуждать – «быть ей или не быть» уже поздно, так как она узаконена. Необходимо максимально упростить процедуру рассмотрения заявок с одновременным улучшением качества экспертизы. Ему, например, принадлежала мысль о том, что коль скоро признание авторства на научное открытие, есть по сути дела юридический акт, то авторы открытий должны включаться в число авторов созданных на базе открытия изобретений, не зависимо от их масштабности и количества, и иметь право получать авторское вознаграждение наряду с изобретателями. Он оказал мне очень большую помощь в подготовке диплома. Это были продолжительные беседы и дискуссии на проведение, которых Львович не жалел времени, несмотря на заметно ухудшающееся здоровье. Работа была признана одной из лучших дипломных работ ЦИПК ГКИ СССР 1976 года, издана отдельной брошюрой, а ряд выводов и формулировок дипломной работы (37 страниц) были без изменений включены в методическое руководство по научным открытиям Президиума АН СССР 1981 года, к сожалению после его кончины.

Я счастлив, что судьба подарила мне эти короткие встречи с таким замечательным ученым и человеком. Владимир Львович в период расцвета своих творческих сил и в трудные минуты жизни, сраженный тяжелым недугом, оставался лидером и творцом мужественно отстаивающим свои блестящие идеи, принципы и убеждения. Он до последних дней своей короткой, но удивительно насыщенной жизни, заботился о деле, науке, стране, сотрудниках и близких оставаясь всегда - ученым, учителем и гражданином.

И.И. Брагинский



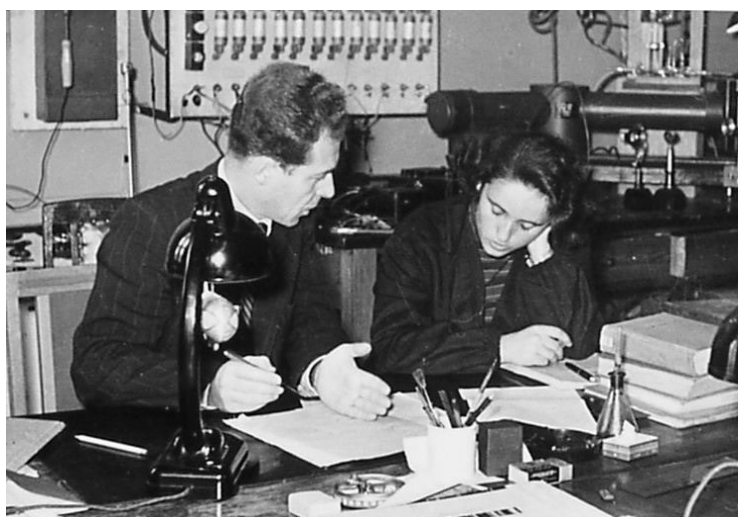
Львович, Сергеич (В.С.Медведев) и А.Ф.Прихотько.



*Во время Всесоюзной конференции по физике низких температур, г.Киев, 1961г.
Слева направо: Э.Раиба, Э.И.Раиба, Г.Е.Пикус, Сережа Броуде и В.Л.Броуде*



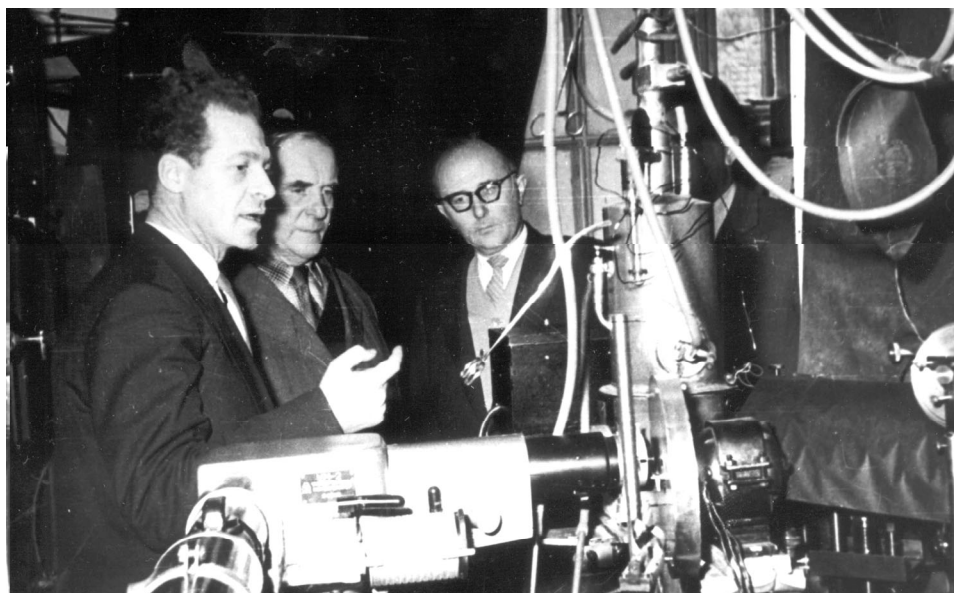
*Институт физики АН УССР, г.Киев, 1964г.
Ф. Липсет (Канада), А.С.Давыдов, Е.Ф.Шека, В.Л.Броуде и А.Ф.Прихотько.*



*В.Л.Броуде и Е.Ф.Шека в
лаборатории Института
физики АН УССР, г.Киев.*

В.Л.Броуде и М.В.Келдыш.





*В.Л.Броуде рассказывает П.Л.Катице о своих экспериментах, г.Киев, 1961 г.
Справа директор Института физики АН УССР М.В.Пасечник.*



*На юбилее
А.Ф.Прихотько.*



*Институт физики АН УССР, г.Киев, 1961 г.
И.В.Обреимов, В.Л.Броуде, Н.Ф.Прокотюк и Э.И.Раиша.*



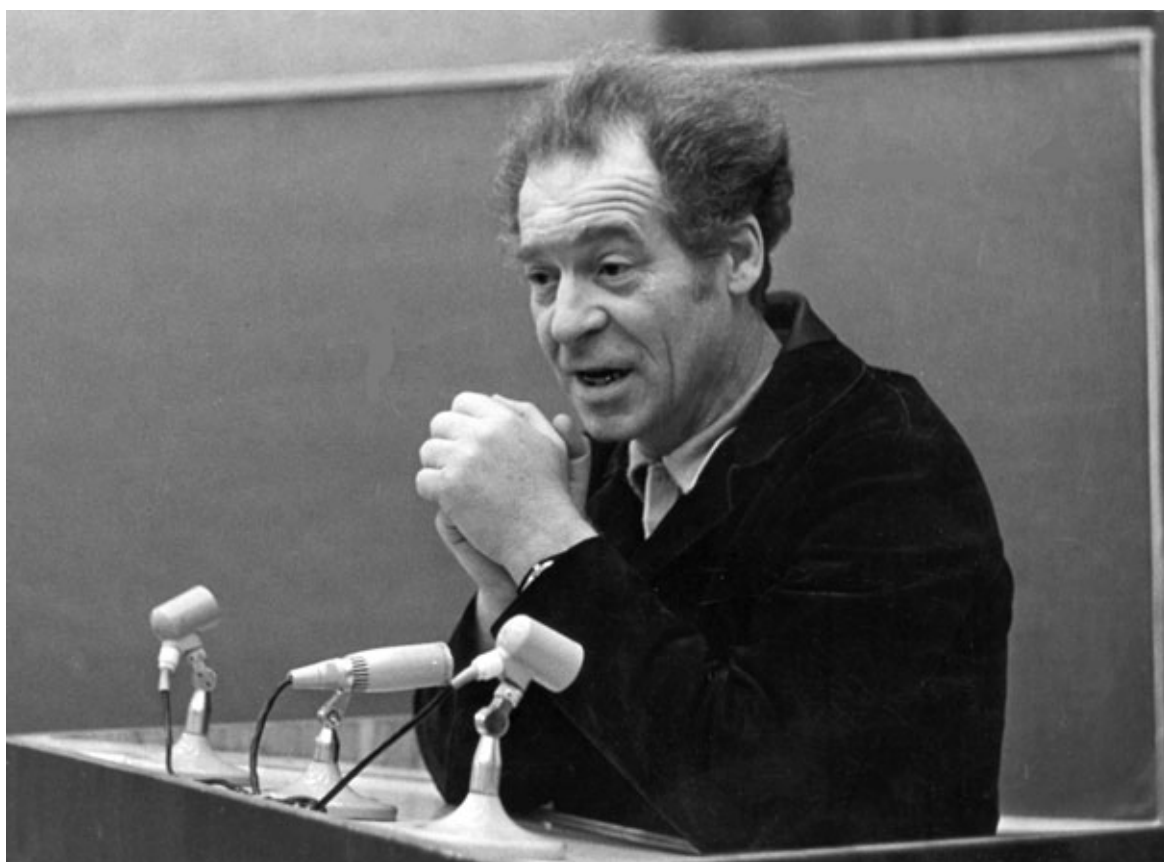
Э.В.Шпольский, М.Т.Шпак и В.Л.Броуде, г.Киев, 1961г.



В.Л.Броуде, В.Б.Тимофеев и Н.Н.Семенов, Черногловка, 1970г.



Экситоны возбуждают.



В.Л.Броуде во время дискуссии на Ученом совете ИФТТ, Черноголовка.



*10 лет Институту физики твердого тела Ан СССР, Черногловка, 1973г.
В.Л.Броуде, В.И.Никитенко, В.В.Шмидт, С.С.Гражулене.*



В.В.Еременко и В.Л.Броуде.



*Ю.А.Осипьян и В.Л.Броуде
на защите диссертации.*



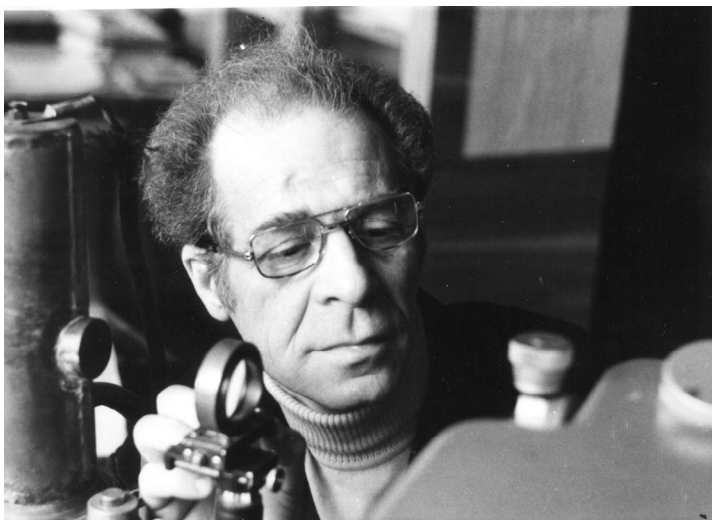
Ю.А.Осипьян и В.Л.Броуде, обмен приветствиями.



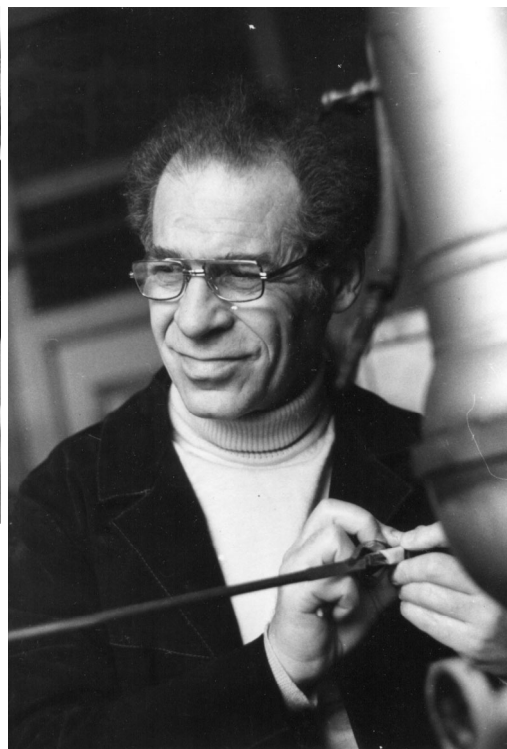
10-летие Лаборатории оптики и спектроскопии ИФТТ, Черногловка, 1976 г



Встреча со школьниками, 1976г.



*В лаборатории.
Подготовка к эксперименту.*



*И.И.Тартаковский, В.Л.Броуде, В.В.Моторин и
В.В.Кориунов во время эксперимента.*



Июнь 1978 г.



Всматриваясь в будущее... Как там у вас, что новенького?