

КОНФЕРЕНЦИИ И СИМПОЗИУМЫ

**Совместное заседание редакционной коллегии  
журнала "Известия вузов. Радиофизика"  
и Ученого совета Института прикладной физики  
Российской академии наук,  
посвященное 90-летию со дня рождения  
Виталия Лазаревича Гинзбурга**

(4 октября 2006 г.)

4 октября 2006 г. в конференц-зале Института прикладной физики РАН (Нижний Новгород) состоялось совместное заседание редакционной коллегии журнала *Известия вузов. Радиофизика* и Ученого совета Института прикладной физики РАН. На заседании были заслушаны следующие доклады:

1. **Железняков В.В.** (Институт прикладной физики РАН, Нижний Новгород). *О нижегородской школе Виталия Лазаревича Гинзбурга.*

2. **Андронов А.А.** (Институт физики микроструктур РАН, Нижний Новгород). *Хиральность: вращение поляризации, принцип детального баланса и жизнь.*

3. **Братман В.Л.** (Институт прикладной физики РАН, Нижний Новгород). *Быстро движущиеся излучатели и их использование в высокочастотной электронике.*

4. **Деришев Е.В., Кочаровский В.В., Кочаровский Вл.В.** (Институт прикладной физики РАН, Нижний Новгород). *Космические ускорители для частиц сверхвысоких энергий.*

5. **Фролов В.Л., Бахметьева Н.В., Беликович В.В.** (Федеральное государственное научное учреждение "Научно-исследовательский радиофизический институт" (НИФРИ), Нижний Новгород), **Вертоградов Г.Г., Вертоградов В.Г.** (Ростовский государственный университет, Ростов-на-Дону), **Котик Д.С., Митяков Н.А., Поляков С.В., Рапопорт В.О., Сергеев Е.Н.** (НИФРИ, Нижний Новгород), **Терещенко Е.Д.** (Полярный геофизический институт Кольского научного центра РАН (ПГИ КНЦ РАН), Мурманск), **Толмачева А.В., Урядов В.П.** (НИФРИ, Нижний Новгород), **Худукон Б.З.** (ПГИ КНЦ РАН, Мурманск). *Модификация ионосферы Земли мощным коротковолновым радиоизлучением.*

Краткое содержание докладов 2–5 публикуется ниже.

6\*

PACS numbers: 42.25.Ja, 87.10.+e

**Хиральность: вращение поляризации, принцип детального баланса и жизнь**

**А.А. Андронов**

Хиральная система — система, не обладающая зеркальной симметрией — центром или плоскостью инверсии. И тема первой части доклада — вращение поляризации — была выбрана не случайно: первая научная работа автора доклада (тогда еще студента 4–5 курса) "О естественном вращении плоскости поляризации звука" [1], выполненная по предложению Виталия Лазаревича, была посвящена хиральной проблеме.

Сам Виталий Лазаревич уделял довольно много внимания естественному вращению плоскости поляризации в электродинамике в своих работах по средам с пространственной дисперсией [2]. В частности, в докладе [3] он обсуждал проблему граничных условий в средах с естественной оптической активностью. Эту проблему можно сформулировать еще так: что будет при падении на естественно активную среду (нормально) линейно поляризованной волны? В докладе [3] рассматривалось два типа граничных условий (феноменологических). При одном типе граничных условий поляризация при отражении становится эллиптической, при другом остается неизменной. Что же происходит "на самом деле"? Ситуация не ясна.

Насколько мне известно, имеются только две работы, в которых сделана попытка измерить поворот поляризации при отражении (нормальном) от естественно активной среды [4, 5], с разными результатами. Эффект мал и, как отмечено в [3], всякое загрязнение (изменение) поверхности легко маскирует результат. И феноменология не должна работать. В качестве примера можно привести недавнее измерение значительной эллиптической поляризации при отражении линейно поляризованных

ного света от кремния, на поверхности которого созданы множественные ( $6 \times 10^6 \text{ см}^{-2}$ ) хиральные металлические микрообъекты [6]. Поскольку в отсутствие подобных объектов эффекты изменения поляризации на поверхности малы, их целесообразно изучать методами нелинейной оптики.

Эффекты на хиральной границе полупроводников, где выращены квантовые ямы, наблюдались и исследовались совместно группой из Физико-технического института им. А.Ф. Иоффе и университета в Регенсбурге (Германия). Было исследовано хиральное выпрямление терагерцевого излучения — возникновение вдоль поверхности полупроводника тока, направление которого зависит от знака циркулярной поляризации, — циркулярный фотогальванический и спин-гальванический эффекты [7, 8]. Авторы называют эти эффекты "велосипедными" (рис. 1): фотоны с круговой поляризацией передают угловую момент спинам (педалям), которые через спинорбиту создают ток в плоскости (велосипеды едут), при этом направление тока зависит от знака круговой поляризации. На самом деле в этих исследованиях много интересных деталей, поясняющих, как это все возникает: рассматривается зависимость от типа кристалла, типа квантовых ям, наличия магнитного поля, от угла падения волны и др. Эти работы продолжают исследования по фотогальваническому эффекту в хиральных средах (см. [9]).

Вторая часть этого сообщения посвящена "спекуляции" на тему: почему биологические макромолекулы — белки и ДНК — однородно хиральны (т.е. у всех живых существ одинаково или левые, или правые). Виталий Лазаревич в своем обзоре актуальных проблем [10] много внимания уделил науке о жизни, считая ее сейчас самой главной: "На этой планете последними фундаментальными вопросами являются: как возникла жизнь и как возникла мысль". В упомянутой статье затрагивается вопрос "редукционизма" — "возможность живое объяснить на основе физики, уже известной физики. Это общая проблема и биологов, и физиков". И далее В.Л. Гинзбург отмечает, что физики все больше будут заниматься биологией, что они должны "идти" в биологию. Это достаточно старая, конечно, мотивация. Выдающиеся физики — М. Дельбрюк, Э. Шрёдингер, Ф. Крик и другие уже "уходили" в биологию с такой

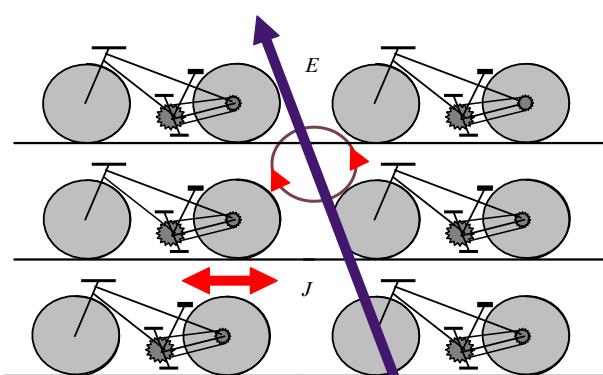


Рис. 1. "Велосипедный" постоянный ток  $J$  под действием круговой поляризации "крутящей педали": циркулярный фотогальванический эффект в хиральных 2D-структурах вблизи поверхности полупроводников.

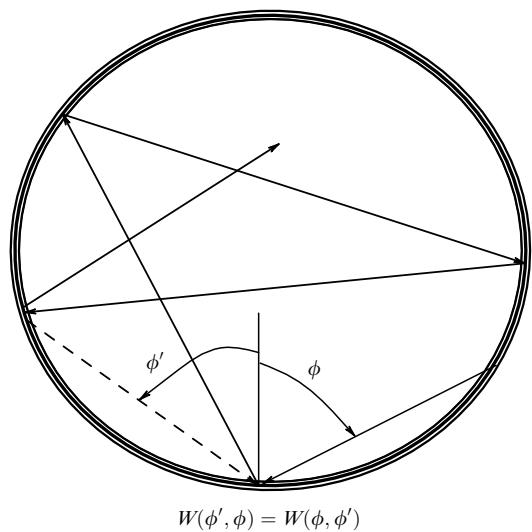


Рис. 2. Кнудсеновский газ в шероховатом цилиндре при выполнении условия детального баланса на поверхности — при равенстве вероятностей рассеяния  $W$  туда и обратно.

мотивацией (см. [11]). Но сейчас вопрос такого "ухода" стоит еще остро.

Теперь о принципе детального баланса. У него есть два аспекта: 1) одинаковое число переходов туда и обратно в равновесии и 2) симметрии вероятностей рассеяния туда и обратно (что может быть существенно в неравновесных условиях) [12]. Первое выполняется всегда. Здесь речь идет о втором аспекте. В ту пору, когда Виталий Лазаревич был главным редактором журнала *Известия ВУЗов. Радиофизика*, издававшегося в Нижнем Новгороде (тогда г. Горький), в этот журнал поступила статья (которая потом широко обсуждалась) о моделировании кнудсеновского газа (длина свободного пробега много больше размеров сосуда, и молекулы сталкиваются только с шероховатыми стенками — случайное упругое рассеяние) в цилиндрической трубе (рис. 2). Авторы взяли разумную, казалось, модель, когда степень зеркальности рассеяния возрастает с увеличением угла падения. И у них газ стал закручиваться! Редакция отвергла статью на том основании, что выбранная модель рассеяния не удовлетворяет физическим моделям, которые приводят к принципу детального баланса. Потом появился препринт из Дубны, в котором описывалось моделирование переноса ультрахолодных нейтронов в цилиндрической трубе. Детальный баланс при рассеянии на стенках был учтен, нейтроны не закручивались. И все успокоились.

Но в хиральных системах нарушается принцип детального баланса [9, 13–14]! Однако известно это не очень широко (хотя в [12, гл. 1, § 2] этот вопрос затрагивается (ср. [13])): в первом борновском приближении принцип детального баланса всегда справедлив. В физике твердого тела эффекты, связанные с нарушением принципа детального баланса при рассеянии и приводящие к "косому" (skew) рассеянию известны [14]. Пример — аномальный эффект Холла, возникающий вследствие намагниченности, на которой происходит skew-рассеяние (а не из-за магнитного поля).

Что будет, если для кнудсеновского газа мы возьмем цилиндр с хиральной шероховатостью (рис. 3)? Газ будет закручиваться? Вряд ли. В работе [13] доказывается, что и

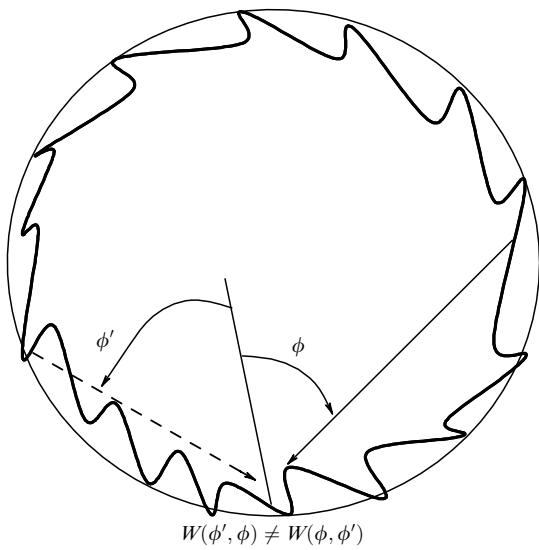


Рис. 3. Нарушение детального баланса в кнудсеновском газе в хиральном цилиндре.

при хиральном упругом рассеянии энтропия возрастает и газ, по-видимому, не должен закручиваться. Вероятно, приход к размещенному состоянию замедлен. Однако автору не известны работы (примеры) такого рода.

Но если переход к размещенному состоянию подавлен, то это должно (может) замедлить приход систем, состоящих из хиральных элементов, к равновесию. Не может ли в этом заключаться причина хиральности живых систем? Мы здесь не обсуждаем, какая, левая или правая, спираль возникает и чем это обусловлено: случайностью (нарушенная симметрия) или действием фактора преимущества (циркулярно поляризованный свет, магнитное поле и др.) [15].

В то же время Ф. Крик, открывший (вместе с Д. Уотсоном) хиральную структуру ДНК, в своем рассказе о том, как он занимался биологией в течение 50 лет [11], ни разу не упоминает (не подчеркивает) хиральность биологических молекул. Более того, он насмехается над теоретиками-биологами, которые используют априорные схемы, носятся с ними. Он считает, что эволюция, или "слепой часовщик", как ее называют с подачи английского биолога-популяризатора Р. Давкинса [16], очень далека от разных схем — важнее случай. Точку зрения Ф. Крика можно проиллюстрировать так. "Слепой часовщик" сидит на стуле в поле, по которому ветерносит части часов. Он собирает Механизм. Ни о чем не думает, просто "шарит" под столом, что-то находит, вставляет в Механизм и ждет: подойдет — не подойдет, пойдет — не пойдет? Скорее всего, ему случайно попалась левая спираль, и Механизм пошел, и все остальные детали, которые подходили к Механизму, оказывались тоже левыми спиралями. Но могла попасться и правая или вообще не спираль!

Но если спирали живут дольше, то из-за нарушения принципа детального баланса — им и быть в "начальном бульоне", из которого часовщику поступают детали. Может быть, в этом, хотя бы частично, и состоит причина появления хиральности биомолекул?

Но все это, конечно, спекуляции.

Автор выражает благодарность В.В. Иванову, М.А. Новикову и С.В. Шарову за полезные обсуждения.

## Список литературы

1. Андронов А А *Изв. вузов. Радиофизика* **3** 645 (1960)
2. Агранович В М, Гинзбург В Л *Кристаллооптика с учетом пространственной дисперсии и теория экситонов* (М.: Наука, 1965)
3. Гинзбург В Л *УФН* **108** 749 (1972)
4. Лукьянов А Ю, Новиков М А *Письма ЖЭТФ* **51** 591 (1990)
5. Bungay A R, Svirko Yu P, Zheludev N I *Phys. Rev. Lett.* **70** 3039 (1993)
6. Papakostas A et al. *Phys. Rev. Lett.* **90** 107404 (2003)
7. Ganichev S D et al. *Phys. Rev. Lett.* **86** 4358 (2001)
8. Ganichev S D et al. *Nature* **417** 153 (2002)
9. Белиничев В И, Струман Б И *УФН* **130** 415 (1980)
10. Гинзбург В Л *О науке, о себе и о других* 3-е изд. (М.: Физматлит, 2003)
11. Крик Ф *Безумный поиск. Личный взгляд на научное открытие* (М. — Ижевск: ИКИ, 2004)
12. Лишинц Е М, Питаевский Л П *Физическая кинетика* (М.: Наука, 1979)
13. Струман Б И *УФН* **144** 497 (1984)
14. Gantmakher V F, Levinson Y B *Carrier Scattering in Metals and Semiconductors* (Modern Problems in Condensed Matter Physics, Vol. 19, Eds V M Agranovich, A A Maradudin) (Amsterdam: North-Holland, 1987)
15. Гольданский В И, Кузьмин В В *УФН* **157** 3 (989)
16. Dawkins R *The Blind Watchmaker* (London: Penguin Books, 2006)

PACS numbers: 41.60.Cr, 52.59.-f, 84.40.Ik

## Быстро движущиеся излучатели и их использование в высокочастотной электронике

В.Л. Братман

В 1946 г., обсуждая возможности проникновения в труднодоступный тогда диапазон миллиметровых-субмиллиметровых волн, В.Л. Гинзбург рассмотрел ряд методов генерации, оказавшихся эффективными для значительно более широкого спектра электромагнитного излучения. В качестве "наиболее интересного и многообещающего способа" в [1] было предложено использовать доплеровское преобразование частоты быстро движущихся электронов-осцилляторов.

Пусть электрон движется с поступательной скоростью  $v_{||} = \beta_{||} c$  и колеблется в поперечном направлении с частотой  $\Omega$  в гармонически изменяющемся во времени электрическом поле (рис. 1). Тогда под углом  $\theta$  к направлению поступательного движения электрон излучает на частоте

$$\omega = \frac{\Omega}{1 - \beta_{||} \cos \theta}. \quad (1)$$

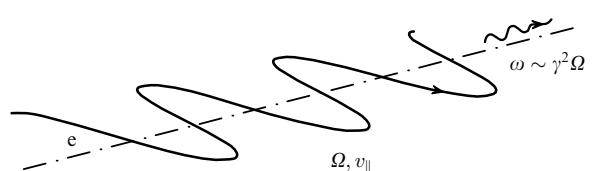


Рис. 1. Идея "доплертрана": колеблющийся и быстро перемещающийся заряд излучает вперед на частотах, во много раз превышающих частоту его колебаний.