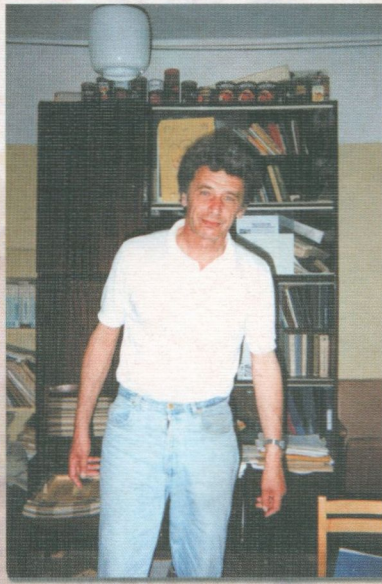
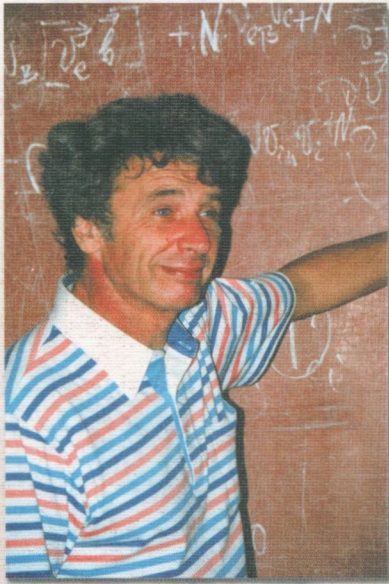




Я погарил вам
свою расебен...



Памяти
Льва
Михайловича
ЕРУХИМОВА
посвящается





Вместо предисловия

*...вот когда посожалею,
Что я не смерть и ноль в сравненьи с ней.
Я б разузнал, чем держится без клею
Живая повесть на обрывках дней.
Б. Пастернак*

Светлая память о Льве Михайловиче Ерухимове — друге, учителе, коллеге — двигала нами — теми, кто принял участие в составлении этого сборника. В нем мы старались, в первую очередь, использовать материалы, написанные еще при жизни Льва Михайловича, потому что более всего нам хотелось передать его дух, его видение мира, отношение к нему окружающих его людей, многие из которых попали под его обаяние, были покорены и восхищались им. Его талант был многогранен, и всей его жизни не хватило проявиться ему в полной мере. До последних своих дней он не переставал удивлять нас своим жизнелюбием, стремлением быть максимально полезным окружающим его людям. 31 декабря 2001 г. Льву Михайловичу Ерухимову исполнилось бы всего 65 лет, но уже 4 года как он покинул этот мир. Прошедшие годы не уменьшили нашу скорбь, не изгладили в памяти его образ. Он и сегодня продолжает оставаться рядом с нами.

В одном из своих стихотворений о себе самом он написал:

*Не суди обо мне слишком строго,
Я ведь просто простой человек,
И я тоже хожу по дорогам,
Где и слякоть бывает и снег.
И минутой недолгого счастья
Я, как каждый, привык дорожить,
Чтобы в месяцы злого ненастья
Что-то вспомнить и все пережить.
Чтобы друг не испытывал муки,
Заподозрив, что что-то не так,
И не тер от радости руки
Что-нибудь проведавший враг.
Чтобы ты, с душой своей чуткой,
Никогда не могла понять,
Улыбаясь простым моим шуткам,
Почему я шучу опять.*

(1972)

Автобиография Л. М. Ерухимова

(написана собственноручно, но не чернилами, на компьютере, но разборчиво и с соблюдением правил предъявленного образца)

1. Родился я 31 декабря 1936г. в г.Хабаровске, в семье военного хирурга и гражданского педиатра, обучавшихся в 1-м Ленинградском медицинском институте, но волею судеб заброшенных на Дальний Восток. Учился в школах Волжска, Солнечной Грузии (Гори, Тбилиси) и завершил свое среднее школьное образование в Горьком, куда отец был переведен незадолго до окончания службы.

2. В физике оказался случайно. После окончания школы в 1954г. по рекомендации мамы (очень боялась, что, будучи хирургом, я зашью полтенец в животе у пациента) я избрал более спокойную профессию и поступил на Радиофизический факультет Горьковского Государственного университета. Закончил ГГУ в 1959 г. по кафедре В.Л.Гинзбурга (тогда еще члена-корр. АН СССР), которого убеждал, что в дипломной работе, посвященной влиянию рассеяния на сдвиг в распределении теплового радиоизлучения к центру диска Солнца (эта работа, в отличие от некоторых моих других, не вызывает у меня и сейчас раздражения), я открыл хороший эффект. С Университетом не порывал с тех пор отношений, руководя дипломниками и аспирантами, а с 1977–1978 уч. г. (с перерывом 1989–1993 гг) читая в разные годы лекционные курсы: “Волны в хаотических средах”, “Физика ионосферы и методы ее исследования”, “Волновые явления в ионосфере и космической плазме — ионосфера как физическая лаборатория”, “Электромагнитное излучение астрофизических объектов”, “Актуальные вопросы физики космической плазмы” и “Проблемы современной космической электромагнитной связи”, — сначала в качестве и.о., а затем и профессора.

3. Случайно после окончания ГГУ попал на работу в НИРФИ, через пятнадцать лет организовал там семинар по случайным проблемам физики, существующий и поныне. Где-то в 1962г. поступил в заочную аспирантуру (к моему учителю и начальнику Г.Г.Гетманцеву), в осень 1965г. защитил кандидатскую диссертацию (“Исследование неоднородностей электронной плотности в ионосфере с помощью искусственных спутников Земли и радиоизлучения дискретных источников космического радиоизлучения”), через год получил звание старшего научного сотрудника, в январе 1978 в день защиты докторской диссертации был назначен зав. сектором (“Волны в хаотических средах”), в 1987г. мне присвоили звание профессора, в 1993 был аттестован на должность главного научного сотрудника, а с апреля 1995г. я являюсь руководителем отделения, в которое вошли в качестве лабораторий основанные когда-то Г.Г.Гетманцевым отделы, а также построенные под его руководством нагревный стенд “Зименки” и уникальный нагревный стенд “Сура”, включающий также различные диагностические комплексы (радиокомплекс “Сура”).

4. В 1967г. на первой Ассамблее COSPAR делал в Лондоне обзорный доклад, после этого в течение 23 лет руководил экспедициями в различные уголки Союза и был научным руководителем ряда исследований по распространению радиоволн с участием организаций из различных республик, был инициатором строительства низкоширотного нагревного стенда “Гиссар” (Душанбе), на котором мы показали возможность управления параметрами ионосферной турбулентности, что и положило начало работы над проблемой “Ионосфера как физическая лаборатория”. В восьмидесятых годах был руководителем (вместе с Б.Н.Гершманом) нескольких Всесоюзных конференций и семинаров по проблеме “Неоднородная структура ионосферы”. Был ученым секретарем научного совета Мин-Вуза СССР по проблеме “Распространение радиоволн” в период с конца семидесятых до середины восьмидесятых годов.

5. Вновь стал посещать конференции в дальнем зарубежье с 1990г. Возможно, случайно, но начал эти посещения с очередной Ассамблеи COSPAR. Весной 1992 и весной 1993гг. в качестве приглашенного профессора читал лекции по нелинейным проблемам физики плазмы и занимался научной работой в университете Уппсала (Швеция). Совместно с Бо Тиде (Швеция) в 1993г. организовал Международную Летнюю Волжскую Школу по физике космической плазмы (в июне 1997 должна быть проведена Третья Школа), за которую мне тоже не стыдно.

6. С 1980г. я являюсь заместителем главного редактора журнала “Известия ВУЗов. Радиофизика”. В период с 1991г. по январь 1997г. в течение трех сроков я был членом редколлегии журнала “Waves in Random Media” Английского института физики, с 1994г. я вхожу в редколлегию журнала “Electromagnetic Waves and Applications” (США).

7. Имею замечательную, на редкость терпеливую жену, дочь, сына, зятя (все ушли в физику), внука и внучку, пока предпочитающих физике слушание “страшных сказок” и сражения между собой на саблях.

8. Не состоял (хотя, по-моему, не очень и привлекался), не был (хотя мог и быть), беспартийный (но еврей), имею (но сестру и ее семью — в США), немолод, но по-юношески решителен. В частности, в развитие объявленной номинации с разделением по возрастам, считаю логичным выйти с предложением об установлении специальной квоты для женщин моложе шестнадцати лет, но обогативших науку открытиями.

1997, март, 7.

І. Область научных интересов Л. М. Ерухимова. Его педагогическая деятельность, публицистика.

“Лев Михайлович и в мировом, и в Российском масштабе — заметная фигура, ну а в нижегородском, или горьковском, как я привык говорить, — и подавно. Он был главой целого большого отдела в НИРФИ. Он себя не мыслил без работы и работал до самого последнего своего часа,” — так в своих воспоминаниях отозвался о Л.М.Ерухимове академик В.Л.Гинзбург, которого Лев Михайлович, наряду с Г.Г.Гетманцевым, по праву считал своим Учителем. Область научных интересов Л.М.Ерухимова была чрезвычайно широка и охватывала многие стороны современного естествознания. Он был одним из ведущих специалистов в области распространения радиоволн и физики космической плазмы. Он внес значительный вклад в развитие теории распространения электромагнитных сигналов в хаотически-неоднородных средах и в исследования механизмов возникновения неоднородной структуры ионосферной и космической плазмы, им выполнен большой цикл теоретических и экспериментальных исследований по проблеме управления загоризонтным распространением радиоволн, широкое признание получили его исследования по естественной и искусственной ионосферной турбулентности, он предложил и разработал концепцию использования ионосферы в качестве природной физической лаборатории, предназначенной для изучения процессов в космической плазме и механизмов радиоизлучения космических объектов.

Л.М.Ерухимовым написано более 300 научных работ, среди них более 150 статей в отечественных и зарубежных журналах, сделаны десятки сообщений на всероссийских и международных конференциях. Л.М.Ерухимов является автором 4 монографий, одна из которых (Б.Н.Гершман, Л.М.Ерухимов, Ю.Я.Яшин “Волновые явления в ионосфере и космической плазме”, М., Наука, 1984) рекомендована для использования в учебном процессе для студентов вузов физических специальностей.

Л.М.Ерухимов являлся заместителем главного редактора журнала “Известия вузов. Радиофизика”, переводимого в США (*Radiophysics and Quantum Electronics*), членом редколлегии международного журнала “Waves in Random Media” (Великобритания), “*Electromagnetic waves and Applications*” (США), членом Научного совета РАН по проблеме “Распространение радиоволн”, членом Головного совета “Физика” Минобразования РФ.

Ниже приводятся основные направления научной деятельности Льва Михайловича и выполненные под его руководством исследования с перечнем наиболее значимых публикаций.

А. Распространение радиоволн в случайно-неоднородных средах

I. Метод n -экранов для описания статистических характеристик радиоволн в средах с сильными флуктуациями плотности. Решение задачи о соотношении между характеристиками неоднородностей слоя и корреляционными функциями интенсивности принимаемых сигналов.

1. Денисов Н.Г., Ерухимов Л.М. Статистические свойства флуктуаций фазы при полном отражении волн от ионосферного слоя. // Геомагнетизм и Аэрономия, 1966. Т.6. С.695–702.
2. Ерухимов Л.М., Урядов В.П. О частотной корреляции флуктуаций радиоволн за n хаотическими экранами. // Изв. вузов Радиофизика, 1968. Т.11. N12. С.1852–1863.
3. Альбер Я.И., Ерухимов Л.М., Рыжов В.А., Урядов В.П. О статистических свойствах флуктуаций интенсивности волны за хаотическим фазовым экраном. // Изв. вузов Радиофизика, 1968. Т.11. N 9. С.1371–1376.
4. Ерухимов Л.М., Зарницына И.Г., Кирш (Шпиро) П.И. О селективных свойствах и форме импульсного сигнала за статистически неоднородным слоем произвольной толщины. // Изв. вузов Радиофизика, 1973. Т.16. С.573–580.
5. Ерухимов Л.М., Шпиро П.И. О флуктуационных характеристиках поля волны в среде с крупномасштабными неоднородностями при негауссовой статистике фазы. // Изв. вузов Радиофизика, 1974. Т.17. С.879–885.
6. Ерухимов Л.М. Неоднородности ионосферной и космической плазмы и их влияние на распространение волн. // Диссертация на соискание степени докт. физ.-мат. наук. Горький, 1975.
7. Ерухимов Л.М., Шпиро П.И. О влиянии формы трехмерного спектра флуктуаций ионосферной плазмы на спектральные характеристики сигналов при ее радиозондировании. // Геомагнетизм и Аэрономия, 1985. Т.25. С.917–923.

II. Исследование частотной корреляции радиоволн, формы и статистических характеристик импульсных сигналов при их распространении в ионосфере. Измерение спектра мелкомасштабных неоднородностей полярной ионосферы с помощью приема сигналов ИСЗ на интерферометры с разными базами.

1. Алимов В.А., Ерухимов Л.М. О форме и статистических характеристиках импульсного сигнала за слоем с хаотическими неоднородностями. // Изв. вузов. Радиофизика, 1968. Т.11. N 2. С.268–278.
2. Алимов В.А., Гетманцев Г.Г., Ерухимов Л.М., Митяков Н.А., Рапорт В.О., Урядов В.П., Череповицкий В.А. Некоторые результаты исследований неоднородной структуры полярной ионосферы с помощью приема сигналов ИСЗ на интерферометры с разными базами. // Геомагнетизм и аэрономия, 1970. Т.10. N1. С.28–33.

3. Алимов В.А., Ерухимов Л.М., Пыркова Т.С. К теории явления F-spread в ионосфере. // Геомagnetизм и астрономия, 1971. Т.11. N 5. С.790–797.
4. Ерухимов Л.М., Шпиро П.И. О статистических характеристиках радиоволн в слое с сильно вытянутыми хаотическими неоднородностями. // Изв. вузов. Радиофизика, 1981. Т.24. С.443–449.

III. Теория захвата радиоволн в ионосферные волновые каналы и управления их свойствами за счет рассеяния радиоволн на неоднородностях электронной концентрации. Каналирование радиоволн во флуктуационном волноводе.

1. Гуревич А.В., Ерухимов Л.М., Ким В.Ю., Урядов В.П., Цедилина Е.Е. Влияние рассеяния на захват радиоволн в ионосферные волновые каналы. // Изв. вузов Радиофизика, 1975. Т.18. N 9. С.1305–1316.
2. Ерухимов Л.М., Матюгин С.Н., Урядов В.П. К вопросу о распространении радиоволн в ионосферном волновом канале. // Изв. вузов Радиофизика, 1975. Т.18. N 9. С.1297–1304.
3. Ерухимов Л.М., Иванов В.А., Костромин В.Д., Максимов В.С., Митяков Н.А., Розанов С.В., Рябова Н.В., Урядов В.П., Шумаев В.В. Управление волноводным распространением коротких радиоволн за счет модификации ионосферы мощным радиоизлучением. // Изв. вузов Радиофизика, 1993. Т.36. N5. С.390–397.
4. Еременко В.А., Ерухимов Л.М., Иванов В.А., Рябова Н.В., Урядов В.П., Черкашин Ю.Н., Шумаев В.В. Новый механизм каналирования дециметровых радиоволн в ионосферной плазме. // ДАН, 1997. Т.357. N 1. С.35–37.
5. Erukhimov L.M., Uryadov V.P., Cherkashin Yu.N., Eremenko V.A., Ivanov V.A., Ryabova N.V., and Shumaev V.V. Pedersen mode ducting in randomly stratified ionosphere. // Waves in Random Media, 1997. V.7. N4. p.531–544.

IV. Экспериментальные исследования статистических характеристик КВ сигналов на среднеширотных трассах малой протяженности. Исследование неоднородной структуры ионосферной плазмы методом многочастотного КВ радиозондирования ионосферы на трассе Душанбе–Горький. Теоретические исследования распределения флуктуаций КВ сигналов, включая моделирование глубоких замираний коротких радиоволн в ионосфере с помощью обобщенного SER–HER распределения за статистической линзой произвольной формы.

1. Алимов В.А., Ерухимов Л.М., Рубцов Л.Н., Струк Е.В., Цыбко Я.Г. Исследование неоднородной структуры ионосферы по частотно-разнесенному приему КВ сигналов на трассе Душанбе–Горький. // Изв. вузов. Радиофизика, 1973. Т.16. N 10. С.1482–1489.

2. Алимов В.А., Вдовин Ю.Д., Гетманцев Г.Г., Ерухимов Л.М., Караванов В.С., Комраков Г.П., Коробков Ю.С., Матюгин С.Н., Митяков Н.А., Рапопорт В.О., Урядов В.П., Ушакова Т.С., Череповицкий В.А., Чернов В.А., Цыбко Я.Г. Некоторые результаты исследования флуктуационных явлений при распространении КВ сигналов. // Геомагнетизм и аэронавигация, 1974. Т.14. N 4. С.653–655.
3. Алимов В.А., Ерухимов Л.М. К вопросу о глубоких замираниях КВ сигналов. // Изв. вузов. Радиофизика, 1975. Т.18. N 7. С.948–957.

V. Теоретические и экспериментальные исследования явления среднеширотного F-spread. Моделирование спектра турбулентности верхней ионосферы по результатам исследования спектральных характеристик амплитудных и фазовых флуктуаций сигналов орбитальных ИСЗ.

1. Алимов В.А., Выборнов Ф.И., Ерухимов Л.М., Митяков Н.А., Рахлин А.В. К вопросу о природе среднеширотного F-spread. // Изв. вузов. Радиофизика, 1994. Т.37. N 11. С.1447–1451.
2. Алимов В.А., Ерухимов Л.М. Стохастическая модель F-spread в ионосфере. // Изв. вузов. Радиофизика, 1995. Т.38. N 12. С.1227–1240.
3. Алимов В.А., Ерухимов Л.М., Мясников Е.Н., Рахлин А.В. О спектре турбулентности верхней ионосферы. // Изв. вузов. Радиофизика, 1997. Т.40. N 4. С.446–456.

VI. Исследования неоднородной структуры высокоширотной ионосферы.

1. Erukhimov L.M., Kosolapenko V.I., Lerner A.M., Myasnikov E.N. The spectral form of small-scale plasma turbulence in the auroral ionosphere. // Planetary and Space Science, 1981, V29, N9, P.931–933.
2. Ерухимов Л.М., Косолапенко В.И., Муравьева Н.В., Мясников Е.Н., Черемный В.А. О форме спектра неоднородностей высокоширотной ионосферы. // Геомагнетизм и Аэронавигация. 1990. Т.30. N6. С.948
3. Боголюбов А.А., Ерухимов Л.М., Кряжев В.А., Мясников Е.Н. Об измерениях анизотропии неоднородностей авроральной ионосферы с помощью сигналов ИСЗ. // Изв. вузов Радиофизика, 1984. Т.27, N12. С.1497–1504.
4. Erukhimov L.M., Myasnikov E.N., Kosolapenko V.I., Cheremny V.A., Evstafyev O.V. Observation of total electron content, amplitude and phase scintillations in the auroral ionosphere. // Radio Science, 1994. V.29, N 1, P.311–315.
5. Erukhimov L.M., Muravjeva N.V., Myasnikov E.N., Evstafjev O.V., Kosolapenko V.I. The Spectral Structure of the auroral F-layer patches. // Radio Science, 1996. V.31, N3, P.629–633.
6. Боголюбов А.А., Ерухимов Л.М., Евстафьев О.В., Косолапенко В.И., Мясников Е.Н. Пространственная форма и динамика развития авроральных сцинтилляционных пэччей. // Изв. вузов Радиофизика, 1996. Т.39. N3. С.276–285.

VII. Исследования механизмов диффузии неоднородностей плотности плазмы в верхней ионосфере.

1. Ерухимов Л.М., Метелев С.А., Митякова Э.Е., Мясников Е.Н., Рахлин А.В., Урядов В.П., Фролов В.Л.. Экспериментальные исследования искусственной ионосферной турбулентности. // В сб. Тепловые нелинейные явления в плазме, ИПФ АН СССР, Горький, 1979. С.7–45.
2. Ерухимов Л.М., Коровин А.В., Насыров А.М., Митяков Н.А., Мясников Е.Н., Проскурин Е.В., Старикова Е.В., Фролов В.Л. О диффузии мелкомасштабных искусственных неоднородностей верхней ионосферы. // Изв. вузов Радиофизика, 1982. Т.25. С.1360–1362.
3. Блаунштейн Н.Ш., Ерухимов Л.М., Урядов В.П., Филипп Н.Д., Цыганаш И.П. О высотной зависимости времен релаксации мелкомасштабных возмущений в среднеширотной ионосфере. // Геомагнетизм и Аэронавигация, 1988. Т.28. С.693–695.
4. Erukhimov L.M. and Kagan L.M. Thermomagnetic effects in ionospheric plasma. // J. Atmos. Terr. Phys., 1994. V.56. P.133–140.
5. Ерухимов Л.М., Мясников Е.Н. О диффузии вращающихся неоднородностей в ионосферной плазме. // Изв. вузов Радиофизика, 1998. Т.41. С.194–211.

Б. Искусственная ионосферная турбулентность

I. Экспериментальные исследования тепловой и стрикционной параметрических неустойчивостей при взаимодействии мощной волны O-поляризации с плазмой F-области ионосферы.

1. Беликович В.В., Бенедиктов Е.А., Гетманцев Г.Г., Ерухимов Л.М., Зуйков Н.А., Комраков Г.П., Коробков Ю.С., Митяков Н.А., Рапорт В.О., Трахтенгерц В.Ю., Фролов В.Л., Новые результаты исследований нелинейных явлений в ионосфере. // Изв. вузов. Радиофизика, 1975. Т.18. N 4. С.516–526.
2. Ерухимов Л.М., Метелев С.А., Митяков Н.А., Фролов В.Л. Экспериментальные исследования стрикционной параметрической неустойчивости в ионосфере. // Изв. вузов. Радиофизика, 1982. Т.25. N 5. С.490–494.
3. Ерухимов Л.М., Метелев С.А., Митяков Н.А., Фролов В.Л. О начальной стадии взаимодействия мощного радиоизлучения с плазмой верхней ионосферы. // Геомагнетизм и Аэронавигация, 1983. Т.23. N 3. С.433–439.
4. Ерухимов Л.М., Метелев С.А., Мясников Е.Н., Митяков Н.А., Фролов В.Л. Искусственная ионосферная турбулентность (обзор). // Изв. вузов. Радиофизика, 1987. Т.30. N 2. С.208–225.

II. Экспериментальные исследования характеристик мелкомасштабных искусственных ионосферных неоднородностей плотности плазмы, генерируемых при взаимодействии мощной КВ радиоволны с F-областью ионосферы.

1. Беленов А.Ф., Бубнов В.А., Ерухимов Л.М., Киселев Ю.В., Комраков Г.П., Митякова Э.Е., Рубцов Л.М., Урядов В.П., Фролов В.Л., Чугунов Ю.В., Юхматов Б.В. О параметрах искусственных мелко-масштабных неоднородностей. // Изв. вузов. Радиофизика, 1977. Т.20. N 12. С.1805–1813.
2. Ерухимов Л.М., Метелев С.А., Митяков Н.А., Фролов В.Л. Явление гистерезиса при искусственном возбуждении неоднородностей в ионосферной плазме. // Изв. вузов. Радиофизика, 1978. Т.21. N 12. С.1738–1741.
3. Ерухимов Л.М., Иванов В.А., Митяков Н.А., Урядов В.П., Шумаев В.В. О частотных характеристиках эффектов воздействия мощным радиоизлучением на ионосферный F-слой. // Изв. вузов Радиофизика, 1987. Т.30. N 9. С.1055–1065.
4. Бойко Г.Н., Ерухимов Л.М., Фролов В.Л. Возбуждение мелко-масштабных неоднородностей вблизи уровня отражения волны накачки. // Геомагнетизм и Аэрoномия, 1990. Т.30. N 6. С.998–1002.
5. Frolov V.L., Erukhimov L.M., Metelev S.A., Sergeev E.N. Temporal behaviour of artificial small-scale ionospheric irregularities: Review of experimental results. // J. Atmos. Solar-Terr. Phys., 1997. V.59. N 18. p.2317–2333.

III. Экспериментальные исследования характеристик крупномасштабных искусственных ионосферных неоднородностей плотности плазмы, генерируемых при взаимодействии мощной КВ радиоволны с F-областью ионосферы.

1. Ерухимов Л.М., Митякова Э.Е., Мясников Е.Н., Поляков С.В., Рахлин А.В., Синельников В.М. О спектре искусственных неоднородностей на разных высотах. // Изв. вузов Радиофизика, 1976. Т.20. N12. С.1814–1820.
2. Ерухимов Л.М., Ковалев В.Я., Лернер А.М., Мясников Е.Н., Поддельский И.Н., Рахлин А.В. О спектре крупномасштабных искусственных неоднородностей в F-слое ионосферы. // Изв. вузов Радиофизика, 1978. Т.22. N10. С.1278–1281.
3. Выборнов Ф.И., Ерухимов Л.М., Комраков Г.П., Косолапенко В.И., Кряжев В.А., Мясников Е.Н. Измерение спектра флуктуаций амплитуды и фазы сигналов ИСЗ при воздействии мощного радиоизлучения на ионосферу. // Изв. вузов Радиофизика, 1986. Т.29. N4. С.491–494.
4. Ерухимов Л.М., Ковалев В.Я., Мясников Е.Н., Рахлин А.В., Рубцов Л.Н. О форме спектра искусственных неоднородностей крупных масштабов, возбуждаемых при помощи нагревного стенда “Гиссар”. // Геомагнетизм и Аэрoномия, 1988. Т.28. С.864–866.

IV. Исследование характеристик искусственного радиоизлучения ионосферной плазмы.

1. Бойко Г.Н., Ерухимов Л.М., Зюзин В.А., Комраков Г.П., Метелев С.А., Митяков Н.А., Никонов В.А., Рыжов В.А., Токарев Ю.В., Фролов В.Л. Динамические характеристики стимулированного радиоизлучения ионосферной плазмы. // Изв. вузов. Радиофизика, 1985. Т.28. N 4. С.395–405.
2. Ерухимов Л.М., Ковалев В.Я., Куракин Е.П., Марченко С.Л., Рубцов Л.Н., Сергеев Е.Н., Фролов В.Л. Исследование взаимодействия мощного радиоизлучения с ионосферной плазмой в низких широтах. // Геомагнетизм и Аэронавигация, 1987. Т.27. N 5. С.758–763.
3. Frolov V.L., Erukhimov L.M., Kagan L.M., Komrakov G.P., Sergeev E.N., and Stubbe P. Two-component nature of the broad upshifted maximum in stimulated electromagnetic emission (SEE) spectra. // Phys. Rev. Lett., 1998, V.81, N 8, p.1630–1633.

V. Волновые явления в ионосфере и космической плазме

I. Распространение, генерация и трансформация волн различных типов в плазме. Взаимодействие волн и частиц в турбулентной плазме. Плазменные неустойчивости и формирование и эволюция плазменных неоднородностей.

1. Генкин Л.Г., Ерухимов Л.М. О возможности измерения ионно-звуковой турбулентности межпланетной плазмы и скорости солнечного ветра методом обратного рассеяния радиоволн. // Геомагнетизм и аэронавигация, 1983. Т.23. N 3. С.397–999.
2. Genkin L.G. and Erukhimov L.M. Interplanetary Plasma Irregularities and Ion Acoustic Turbulence. // Physics Reports, 1990. V.186. N 3. P.97–148.
3. Генкин Л.Г., Ерухимов Л.М. Ионосфера как космическая плазменная лаборатория (обзор). // Изв. вузов Радиофизика, 1992, Т.35. N. 11–12. С. 863–888.
4. Генкин Л.Г., Ерухимов Л.М., Смирнов Д.Л. О трансформационно-тепловой неустойчивости альфвеновских волн в солнечной короне и образование протуберанцев. // Изв. вузов Радиофизика, 1985. Т.28. N 8. С.953–959.
5. Генкин Л.Г., Ерухимов Л.М., Мясников Е.Н., Шварц М.М. К вопросу об образовании и всплывании неизотермических ионосферных и хромосферных “пузырей”. // Изв. вузов Радиофизика, 1987. Т.30. N 5. С.567–577.
6. Генкин Л.Г., Гольдшмидт О.Ю., Ерухимов Л.М. О термомагнитной неустойчивости в межпланетной плазме и образовании “горячих диамагнитных полостей”. // Геомагнетизм и аэронавигация, 1991. Т.31. N 1. P.34–39.

7. Ерухимов Л.М., Каган Л.М. Тепловая и термомагнитная неустойчивости неэлектростатической плазмы в слабо неоднородном электрическом поле. // Изв. вузов. Радиофизика, 1991. Т.34. С.982–989.

II. Радиоизлучение Солнца и солнечно-земные связи.

1. Генкин Л.Г., Ерухимов Л.М. О слоях повышенной концентрации плазмы в солнечной хромосфере и о динамике протуберанцев в активной области. // Письма в *Астрономический Журнал*, 1985. Т. 11. N 10. С.769–773.
2. Генкин Л.Г., Ерухимов Л.М., Левин Б.Н. О конверсии плазменных волн в электромагнитные в условиях генерации всплесков IV типа. // Письма в *Астрономический Журнал*, 1989. Т. 15. N 1. P.75.
3. Генкин Л.Г., Ерухимов Л.М., Левин Б.Н. А Возможный механизм генерации солнечных шумовых бурь в метровом диапазоне длин волн. // Письма в *Астрономический Журнал*, 1989. Т. 15. N 2. P.167–175.
4. Genkin L.G., Erukhimov L.M., and Levin B.N. Thermodiffusional Small-Scale Irregularities in the Plasma Turbulence Region and Solar Radio Spikes. // *Solar Physics*, 1990. V.128. N 2. P.423–426.
5. Генкин Л.Г., Гольдшмидт О.Ю., Ерухимов Л.М. О генерации магнитогидродинамических волн высокочастотной турбулентности в активных областях на Солнце. // Письма в *Астрономический Журнал*, 1990. Т.16, N 11, P.449–452.

Список монографий

1. Гершман Б.Н., Ерухимов Л.М., Яшин Ю.Я. Волновые явления в ионосфере и космической плазме. // Москва, “Наука”, 1984.
2. Ерухимов Л.М., Иванов В.А., Митяков Н.А., Урядов В.П., Фролов В.Л., Шумаев В.В. ЛЧМ-метод диагностики ионосферного канала КВ связию // ВИНТИ, 1986, N 9027–В86.
3. Лихтер Я.И., Гульельми А.В., Ерухимов Л.М., Михайлова Г.А. Волновая диагностика приземной плазмы. // Москва, “Наука”, 1988.
4. Филипп Н.Д., Блаунштейн Н.Ш., Ерухимов Л.М., Иванов В.А., Урядов В.П. Современные методы исследования динамических процессов в ионосфере. // Кишинев, “Штиница”, 1991.

Л.М. Ерухимов воспитал замечательную плеяду учеников, многие из которых продолжают начатое им дело, работая в научных центрах как в России, так и за рубежом. Под его руководством 21 человек защитили кандидатские диссертации, четверо из них уже стали докторами наук.

Список учеников Л.М.Ерухимова,
защитивших диссертации под его руководством

1. Панаджан Восген, кфмн (1971)
2. Максименко Ольга Ивановна, кфмн (1974)
3. Алимов Владимир Александрович, кфмн (1975)
4. Урядов Валерий Павлович, дфмн (1979, 1994)
5. Фролов Владимир Леонтьевич, дфмн (1979, 1996)
6. Рахлин Александр Викторович, кфмн (1981)
7. Мясников Евгений Николаевич, кфмн (1982)
8. Савина Ольга Николаевна, дфмн (1982, 1996)
9. Метелев Сергей Александрович, кфмн (1984)
10. Коровин Александр Владимирович, кфмн (1984)
11. Алимов Абид, кфмн (1985)
12. Боголюбов Александр Анатольевич, кфмн (1986)
13. Шпиро Полина Ильинична, кфмн (1987)
14. Генкин Леонид Геннадьевич, кфмн (1987)
15. Бойко Григорий Николаевич, кфмн (1990)
16. Беленов Алексей Федорович, кфмн (1990)
17. Каган Людмила Марковна, дфмн (1991, 2000)
18. Косолапенко Валентин Иванович, кфмн (1995)
19. Шварц Марк Михайлович, кфмн (1995)
20. Выборнов Федор Иванович, кфмн (1996)
21. Шейнер Ольга Александровна, кфмн (1999)

Л.М. Ерухимов организовал вокруг себя научный коллектив, который был признан в 1996г. одной из Ведущих научных школ России. Эта Школа — “Волновые явления в ионосфере и космической плазме” — возникла и развивалась как часть Горьковской школы “Распространение радиоволн, физика ионосферы и астрофизика”, основанной еще в конце 40-х годов академиком В.Л. Гинзбургом при становлении радиофизики в г.Горьком.

Школа Л.М. Ерухимова получила международное признание. Примером этого является ее широкое сотрудничество с зарубежными школами близкого профиля — в США (школы P. Rodrigues и P. Bernhardt, NAVY; San. Basu, NRL, Washington; M. Kelly, Kornell University; B. Rickett, S.-Diego University), Германии и Норвегии (P. Stubbe), Швеции (Bo. Thidé), а также присуждение грантов NSF (США), INTAS, ISF, контракта SPC-96-4101 (European Office of Aerospace Research and Development).

Ниже приводятся ответы на вопросы Анкеты Школы, позволяющие судить о ее составе и об основных направлениях проводимых в ней исследований.

АНКЕТА ШКОЛЫ

1. №96-15-96452
2. Волновые явления в ионосфере и космической плазме.
3. Научно-исследовательский радиофизический институт (НИРФИ).
4. Ерухимов Лев Михайлович, дфмн, рук. научно-исследовательского отделения, 1936.
5. Урядов Валерий Павлович, дфмн, 1944, зав. лаб., НИРФИ.
Митяков Николай Анатольевич, кфмн, зав. лаб, 1931, НИРФИ.
Рахлин Александр Викторович, кфмн, зав. сект., 1945, НИРФИ.
Фролов Владимир Леонтьевич, дфмн, внс, 1947, НИРФИ.
Савина Ольга Наколаевна, дфмн, доцент, 1955, НГТУ.
Алимов Владимир Александрович, кфмн, внс, 1943, НИРФИ.
Грач Савелий Максимович, кфмн, внс, 1951, НИРФИ.
Шпиро Полина Ильинична, кфмн, снс, 1946, (проживает за рубежом)
Мясников Евгений Николаевич, кфмн, внс, 1953, НИРФИ.
Беликович Витольд Витальевич, кфмн, зав.сект., 1934, НИРФИ.
Терина Галина Ивановна, кфмн, снс, 1932, НИРФИ.
Комраков Георгий Петрович, кфмн, зав. лаб, 1934, НИРФИ.
Бойко Григорий Николаевич, кфмн, снс., 1958, НИРФИ.
Шварц Марк Михайлович, кфмн, снс., 1963, НИРФИ.
Сергеев Евгений Николаевич, кфмн, снс., 1963, НИРФИ.
Понятов Алексей Александрович, кфмн, снс., 1963, НИРФИ.
Метелев Сергей Александрович, кфмн, снс., 1955, НПП "Полет".
Беленов Алексей Федорович, кфмн, снс., 1952, НИРФИ.
Каган Людмила Марковна, кфмн, снс., 1957, НИРФИ.
Шейнер Ольга Александровна, нс., 1951, НИРФИ.
Чугурин Виктор Владимирович, нс., 1964, НИРФИ.
Выборнов Федор Иванович, кфмн, нс., 1956, НИРФИ.
Муравьева Наталья Владимировна, нс., 1965, НИРФИ.
Артемьева Татьяна Борисовна, студ., 1974, ННГУ.
Лалтева Татьяна Ивановна, студ., 1974, ННГУ.
6. Направления проводимых исследований
 - 6.1. Экспериментальные и теоретические исследования распространения и конверсии волн в случайных средах. Разработка новых дистанционных методов диагностики неоднородной структуры среды, в том числе, ионосферы, плазмы астрофизических объектов, неоднородностей гравитационного поля, методов, основанных на распространении электромагнитных волн. Инвазивные методы изучения искусственной ионосферной

турбулентности. Диагностика турбулентности с помощью искусственных периодических неоднородностей и коротких импульсных сигналов.

6.2. Изучение тонкой структуры плазмы и механизмов ее образования в условиях ионосферы и астрофизических объектов, изучение плазменной турбулентности, проблемы неоднородной структуры замагниченной плазмы в радиационных зонах звезд, расширяющейся Вселенной, исследование волновых явлений в космических средах, изучение взаимодействия волн с турбулентностью. Физика ионосферной плазмы.

6.3. Экспериментальные и теоретические исследования высокочастотной и низкочастотной искусственной турбулентности, возбуждаемой в ионосфере мощными пучками радиоволн от наземных радиопередатчиков. Искусственное радиоизлучение ионосферы. Теоретические и экспериментальные исследования (основанные на нелинейной динамике) методов создания турбулентности с заданными свойствами.

6.4. Разработка адаптивных методов управления дальним ионосферным распространением радиоволн. Проблемы адаптивной электромагнитной связи.

6.5. Использование ионосферы в качестве космической плазменной лаборатории для изучения волновых, нелинейных и динамических процессов, происходящих в астрофизических условиях и приводящих к появлению турбулентности в нерелятивистской астрофизической плазме, процессов конверсии плазменных волн в электромагнитные, механизмов генерации и структуры Альвеновской турбулентности.

Особого внимания заслуживает педагогическая деятельность Л.М. Ерухимова. Он никогда не прерывал тесной связи с радиофизическим факультетом Горьковского университета и кафедрой распространения радиоволн. С 1977 года Лев Михайлович прочитал студентам ряд курсов: “Волны в хаотических средах”, “Физика ионосферы и методы ее исследования”, “Волновые явления в ионосфере и космической плазме — ионосфера как физическая лаборатория”, “Электромагнитное излучение астрофизических объектов”, “Актуальные вопросы физики космической плазмы”, “Проблемы современной космической электромагнитной связи”. Он постоянно руководил дипломными работами студентов кафедры, заражая их своим энтузиазмом и интересом к науке. Лучшие из них становились его сотрудниками в НИРФИ. С 1987г. он был профессором кафедры радиоастрономии и распространения радиоволн, в 1995г. ему было присвоено звание “Соросовский профессор”.

Педагогическая деятельность Льва Михайловича не ограничивалась рамками радиофака. Он был организатором многочисленных конференций, совещаний, семинаров и школ молодых ученых по различным проблемам распространения радиоволн и физики ближнего и дальнего космоса.

Он неоднократно входил в состав программных комитетов Международных школ и конференций. Прежде всего, следует отметить ряд Международных школ по физике ионосферы в Сочи (70–80-е годы), Международные летние школы по физике космической плазмы (1993, 1995, 1997 гг.), конференция по синтиллиациям в Сиэтле (1992 г., США), Workshop URSI в Польше (1995). С 1974 г. в НИРФИ постоянно работал организованный Львом Михайловичем еженедельный “Статистический семинар”, которому он придавал особое значение. Он тщательно составлял программу каждого из почти 400 проведенных заседаний семинара, часто приглашал с докладами ведущих иногородних и иностранных ученых. В рамках семинара ежегодно организовывался специальный апрельский цикл, посвященный памяти Г.Г. Гетманцева, на котором традиционно подводились итоги выполненных за год работ. “Статистический семинар” Льва Михайловича имел большое воспитательное значение и был настоящей школой для молодых ученых. Его представления о подходах, методах и организации процесса обучения в школе и институте, приводятся ниже в виде ответов на вопросы Соросовской Образовательной программы.

Л.М. Ерухимов

Ответы на вопрос о кратком описании представлений о процессе обучения

1. Подготовка физиков, большинство из которых впоследствии могут и не стать физиками, должна начинаться с шести–семи лет. Делать это можно в виде сказок, в которых герои (как правило, животные, по праву любимые детьми не меньше людей) сталкиваются с простенькими физическими проблемами. Я утверждаю это не голословно, ибо на таких сказках я воспитал двух своих детей, ставших физиками, нескольких детей своих знакомых, а теперь в этом же духе воспитываю внука. Этот адаптированный для детей “Ландау и Лифшиц” (так его называли друзья) позволяет детям фантазировать, но уже в определенных рамках законов естествознания, даже в таких самых простейших случаях, когда зверьки строят мост на Луну, или пытаются изобрести “закон всемирного отталкивания”. Необходимо помнить, что эвристичность зарождается и убивается именно в детском возрасте.

2. Далее необходимы книги наподобие блестящих книг Перельмана и их аналогов, возможно, дополненные примерами и задачами на более современные темы. Я не знаю, как у других, но у меня (которому в свое время прочили карьеру медика) от этих книг осталось самое яркое впечатление. Я думаю, что можно организовать в рамках Соросовской программы (возможно, совместно с одним из Российских фондов) выпуск небольших популярных книг по проблемам физики, где основное внимание

будет обращаться не на объем, который всегда можно сократить в ущерб смыслу, а на качество раскрытия темы и увлекательность изложения.

Я уверен, что такие книги можно переводить и издавать за рубежом и Соросовский фонд, обладая правами на перевод, мог бы использовать эти не очень большие доходы в своей деятельности.

“Продвинутым” детям старших классов очень полезно чтение журналов “Квант”, “Природа” и занятие в заочных физико–математических школах (типа очень полезной школы МФТИ, которую закончили оба моих ребенка), где уже прививаются навыки решения задач по математике и физике, и формируется мастерство ученого.

Из изложенного видно, что с некоторыми добавлениями, касающимися детей младшего возраста (точнее, взрослых моложе шестнадцати лет), я остаюсь сторонником того образования, которое было у нас в стране и теперь так старательно уничтожается весьма неумными людьми.

3. Теперь о кажущихся мне недостатках.

Я не знаю, к сожалению, как преподают в школе физику, если исключить элитное преподавание в физическом лицее нашего города — там я когда-то, после С.А. Каплана, вел научно–школьные конференции по астрофизике, а сейчас, кроме того, что организовал астрофизическую школу для школьников на полигоне НИРФИ “Зименки”, каждый год читаю по лекции в летних школах ИПФ РАН, где лицеисты составляют большинство слушателей. Однако, сам подход к изложению материала с позиций историко–опытного аспекта в настоящее время представляется мне спорным. Достаточно хорошо установленное даже в рамках школьной физики должно излагаться в современном понимании, а не обязательно в историческом, “яблочном” подходе.

Школьники — достаточно взрослые люди, чтобы знать не только историю физики, которую можно читать им независимо, но и интересоваться принципами и методами современного естествознания, если, конечно, преподносить их в простой форме, что, возможно, сложно, но необходимо, чтобы не привить нелюбовь к предмету.

Постепенная компьютеризация школ ведет к этому и способствует этому, хотя увлекаться численными экспериментами можно лишь в рамках, не наносящих ущерба аналитическому мышлению, центр которого при компьютеризации все более перемещается в постановку проблем.

В старших классах уже можно было бы преподавать современные методы эксперимента. И здесь современные информационные технологии радикально способствуют такому подходу. И к властвованию этих технологий в образовании необходимо готовиться сейчас, не дожидаясь того момента, когда они будут внедрены и, естественно, встанет вопрос о внедрении готовых зарубежных разработок.

В этом смысле в старших классах уже доступно говорить и о филосо-

фии физического поиска.

Шире нужно использовать телевидение для физического образования. Можно вспомнить достаточно хорошие научные передачи С.П. Капицы на ЦТ. Могу поделиться и своим (возможно, более частным) опытом. Я уже указывал в отчете, что на одном из каналов Нижегородского телевидения в течение уже двух лет идут организованные мною детские передачи “Наедине со звездами”. Для участия в них мы привлекаем, прежде всего, молодых астрофизиков и физиков, разбавляя их рассказы о конкретной проблеме специально изготовленными клипами с веселыми песенками и т.п., чтобы облегчить восприятие детьми сложных проблем (при желании я могу выслать видеокопию какой-либо передачи).

Социологический опрос показывает, что передачи смотрятся детьми, понимаются ими и вроде нравятся.

4. Широкое школьное образование на первых курсах Университетов должно постепенно переходить в более специальное, но не преждевременно, а примерно к третьему году обучения. Однако и на последних двух курсах можно сохранить некоторые расширяющие кругозор предметы, позволяющие при необходимости начать исследования в смежных областях науки. Я думаю, что на физических факультетах сильных Университетов полезно преподавать современные основы и проблемы экономики. В обязательном порядке необходимо введение курса биофизики (и, возможно, химфизики).

Весьма полезными могут оказаться факультативные курсы современной культуры, искусства и психологии — наук о восприятии, воздействии и эвристичности, то есть преподавание всего того, что сейчас сосредоточено лишь в специальных исследовательских лабораториях.

Семинарские формы обучения, включая семинары с заочным участием, с использованием, где это возможно, Интернета, представляются очень полезными.

Работой с тьюторами — научными руководителями по конкретным проблемам, как это и распространено везде, должно заканчиваться университетское обучение, переходящее для особо одаренных в дальнейшее обучение в аспирантуре.

Известно, что Науке нужны как мастеровые (которые часто и продвигают вперед науку с помощью “случайных” открытий), так и широко образованные ученые, способные найти место открытому эффекту и его использованию в научных построениях. На мой взгляд, сегодняшняя наука в ряде университетов США страдает излишним вниманием к воспитанию мастеровых.

5. Сейчас много говорят о единстве гуманитарного образования и образования в области естественных наук. Я убежден, что наличие хороших учебников по естественным наукам должно способствовать развитию логики у гуманитариев, которым более трудно дается усвоение,

например, физики, чем физикам науки гуманитарные (перед мною сейчас лежит переводной учебник современной физики для гуманитариев, не очень хороший по исполнению, но достойный уважения по своему замыслу). Мне кажется, что естествоиспытатели в какой-то степени несут ответственность за существующий уровень в науках гуманитарных.

Я также сторонник организации медицинских факультетов при Университетах.

6. Вполне возможно, что стоит подумать о создании Соросовских колледжей, с преподаванием в них людей, обладающих званием (не обязательно грантом) Соросовских профессоров.

Года два назад несколько Соросовских профессоров (в том числе Ю.А. Кравцов, С.А. Рыбак и я) предлагали создать такие колледжи в ведущих научных центрах России (Москве, С.-Петербурге, Нижнем, Новосибирске).

Сейчас при НИРФИ мы пытаемся создать Колледж Информационных Технологий (КИТ), в котором эти технологии объединяли бы людей, желающих получить образование уровня бакалавра европейского уровня по нескольким специальностям, сочетающее углубленное знание одного-двух европейских языков и знаниями в области физики, нескольких связанных с ней специальностей, а также в области экономики и современной мировой культуры. Я надеюсь довести это дело до логического завершения и буду благодарен любой поддержке, сотрудничеству и вниманию.

При этом в колледже могли бы проводиться и более частые, чем это делалось, циклы лекций Соросовских профессоров (в том числе и иногородних) для Соросовских учителей.

7. Последняя проблема касается лекций совместителей. Не секрет, что часто для сильных Российских ученых основным местом работы является не университет, а научно-исследовательский институт, а работа преподавателя при этом совмещается.

Как правило, такие ученые читают спецкурсы (во всяком случае официально) для студентов одной из кафедр, то есть для весьма ограниченного числа студентов (10–20 человек).

Я убежден, что профессора хорошего соросовского уровня должны читать для большего числа студентов и более общие курсы. Но это может привести к сокращению нагрузки штатных преподавателей, что недопустимо. Поэтому определяя не совсем реальные рамки числа необходимых слушателей, не следует способствовать превращению претендентов на грант Соросовского профессора в не очень хороших людей.

Нужно предугадывать последствия решений и, конечно, искать какие-то нестандартные пути, возможно, те, которые предложены в п.6.

Октябрь 1996г.

В Приложение к сборнику включены написанные Л.М. Ерухимовым две статьи в “Соровский образовательный журнал”: “Ионосфера Земли как космическая плазменная лаборатория” и “Эффект Доплера или от паровозных гудков до цветомузыки Вселенной”. Мы сочли целесообразным поместить их в данный сборник, поскольку темы были выбраны самим Львом Михайловичем в ответ на предложение Соросовской Образовательной Программы опубликовать научно-популярную статью, и поэтому в значительной мере обе они отражают круг научных интересов Л.М.Ерухимова. Две другие статьи — “Космические спирали или проблемы неоднородной структуры Вселенной” и “Космические линзы и их роль в исследовании Вселенной” — только готовились им к печати и, к сожалению, не были доработаны. Во всех этих статьях в доступной даже школьникам старших классов форме, но не пренебрегая строгостью изложения, ведется обсуждение важных проблем современной физики.

В заключительной части данного раздела читатель найдет статью Льва Михайловича Ерухимова, в которой он размышляет о судьбах российского образования и науки, оказавшихся в 90-х годах в сложном положении.* Организация Науки, ее взаимоотношение с “сильными мира сего”, место ученых в прогрессе человечества, Наука и образование, роль и значение интеллигенции — эти и другие вопросы занимали мысли Льва Михайловича до последнего его дня, это то, чем он хотел поделиться с нами. Известно, что, будучи уже смертельно и безнадежно больным, он многократно перечитывал написанную им статью и продолжал вносить в нее правки и дополнения, считая работу над ней очень важной и нужной.

Еще раньше его боль за судьбы Российской Науки прорвалась в написанном им стихотворении:

Про науку

*России наука уже не нужна,
В России другие проблемы:
То средств у ней нет, а то — до фига...
То надо понять, где мы и с кем мы.
 Подался народ из науки в комки,
 А кто неудачлив — те в прачках.
 В науке остались одни старики,
 Что ползают в ней на карачках.
Они, старики, участь нищих влача,
Сидят в ожиданиях долги:*

*Материалы третьей городской юбилейной научно-практической конференции, посвященной 75-летию А.Д.Сахарова. Издательство ННГУ, Н.Новгород, 1996.

*Вдруг кто-то заметит, как зубы стучат,
Покоясь в стаканах, на полках.*

*На рынках уран — по цене тухлых слив,
И слышно порой на толкучке:
Отдам по дешевке нестарый градив
И роторов с тензором кучки.*

*Обрублены ветки — остались сучки,
Стволов стройно-голых армада,
В науке остались одни старики —
И так им, доверчивым, надо.*

*Россией вершили всегда дураки,
Теперь — дураки от науки,
В науке ж остались одни старики,
Что пишут статейки от скуки.*

*И вновь обманутые шепчут уста,
Ладонками тянутся руки...*

**ПОДАЙТЕ КОПЕЕЧКУ РАДИ ХРИСТА
ВО СЛАВУ РОССИЙСКОЙ НАУКИ.**

(Декабрь 1994г.)

О РОЛИ ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУК В ПЕРИОД НЕЕСТЕСТВЕННОГО РАЗВИТИЯ

Л. М. Ерухимов

Я не принадлежу к числу людей, которые часто выступают на общие темы — мне кажется, что это не более, чем четвертое мое выступление такого типа. И я взял на себя смелость сделать это, поскольку неожиданно обнаружил, что уже не так и молод, что прожил жизнь среди хороших людей, у меня были замечательные учителя в науке, к тому же я все-таки кое-что повидал и о чем-то невольно думал. Я могу попытаться поделиться взглядами, которые разделяют многие другие, и нестрашно, что не все, поскольку я никогда не уговариваю бездумно следовать моим советам.

Я не был никогда близко знаком с Андреем Дмитриевичем Сахаровым. Мы встречались на семинарах Виталия Лазаревича Гинзбурга в ФИАНе, в Горьковской филармонии на симфонических концертах. Когда же, наконец, общество оценило человеческие качества и заслуги А.Д. Сахарова перед нашей цивилизацией, и он стал достаточно знаменит не только среди физиков, я (и не только я один) не находил нужным навязывать свое общение. Тем не менее я без колебаний принял приглашение выступить на этом форуме в силу того, что, возможно, разделяя не все его взгляды, я не могу не восхищаться этим человеком, перед которым мы все теперь уже в неоплаченном долгу.

О чем же я хотел бы сказать? Я достаточно в курсе того обстоятельства, что ученые бывают разные и в нравственном, и в умственном отношении. И не всегда сделавший выдающееся открытие является сам по себе выдающимся человеком даже в рамках физики. Случается, что имя открывателя по праву входит в энциклопедии. Но и только. И вообще, наука учит не добру, а способу мышления. Конечно, люди типа А.Д. Сахарова — это большое исключение даже для таких вольнодумцев, как физики. Однако, говорить хотелось бы сегодня не об этом.

В жизни каждого государства, общества, науки, в процессе их эволюции бывают периоды как бурного развития, так и застоя и даже открытой деградации. Это хорошо известно. И это естественный путь развития. Длительная вялая подготовка, бурный рост при превышении порогового уровня, затем насыщение или даже “овершут” (красивое слово, не правда ли, не хуже столь затасканных слов как “фьючеризация” или “ваучеризация”), после которого нового взрыва может и не случиться. И грустных примеров такой деградации немало в человеческой истории.

Однако, система не всегда допускает над собой насилие. Она может перейти в сильно неустойчивое состояние, приводящее порой даже к катастрофе. В технике вождения автомобиля такое хорошо известно, а во многих других сферах деятельности подобного стремятся избежать, либо молясь на диссипацию в системе, либо совершая ее регулирование, но лишь в рамках дозволенного знаниями. Часто осуществляемое автоматически, регулирование приводит к стабилизации системы и является панацеей от многих бед. Иногда путем регулирования систему переводят в другое квазистационарное состояние, не дожидаясь, пока она это совершит самостоятельно, спонтанно, без заметного внешнего воздействия.

Однако, если превысить степень насилия над системой, то естественный ход развития может нарушиться (этот эффект известен даже обольстителям). Появляется сильная или полная непредсказуемость в поведении системы. Именно тогда нарушается ход естественной эволюции, и период такого развития общества, науки (и не только науки) лучше называть неестественным.

В системе с достаточной устойчивостью вмешательство ведет либо к прогрессу, либо к полной, но медленной деградации в зависимости от умственного потенциала и степени адаптивности нарушителей естественного поведения системы. При переходе от одного состояния системы к другому научный подход и умелое регулирование этим переходом просто необходимо. В противном случае трудно избежать того, что случается при неумелой посадке авиалайнера.

Точные науки тем и прекрасны, что они выработали, может быть, не совсем идеальную, но хорошо работающую методологию продвижения вперед, проверяя каждый следующий шаг, словно продвигаясь посреди минного поля или вдоль узкой тропинки над пропастью.

При этом подрываются и падают в пропасть отдельные смельчаки, революционеры науки, но не вся научная братия, не вся наука, ибо проверка покажет, ставить ли прижизненный бюст удачливому исследователю или сооружать оступившемуся памятник, либо чего-нибудь попроще. Это, возможно, безжалостно, но эффективно и надежно. И поэтому не всегда хорошо, когда подобные смельчаки руководят наукой, — они могут насильно утащить в пропасть целое сообщество. Это и так зачастую делается добровольно — ученому человеку, увы, так же, как и остальным, часто свойственно чувство стадности, желание не отставать от моды.

Чувство революционности свойственно молодым, и именно в молодости, когда ум еще гибок и не отягощен грузом академических знаний, предлагаются в большинстве случаев самые смелые гипотезы.

Я уже высказал три основных утверждения и мог бы закончить выступление, но только сейчас я и хочу его начать.

Я начну доклад с краткого перечня основных открытий двадцатого века в области естественных наук и их влияния на развитие цивилизации. Я не буду касаться открытия сначала деления, а затем и синтеза ядер — о последствиях этого выдающегося открытия хорошо известно, правда, больше об отрицательных.

Люди иногда забывают, что термоядерный синтез, без которого не было бы сияющих на небе звезд, в том числе и нашего Солнца, а следовательно, и нашей научно-практической конференции, дал миру не только орудие разрушения, но и реальные надежды на сохранение высокого уровня нашей цивилизации во второй половине грядущего века, когда мы с успехом поменяем природные ресурсы на виллы и дворцы в престижных уголках нашей веселой планеты.

Но кроме этого в начале века было еще открытие сверхпроводимости, роль которой трудно переоценить, даже если не говорить о сверхскоростных поездах на магнитной подушке и о перевороте в приборостроении, особенно в те далекие, а может, не совсем далекие времена, когда будет решена проблема высокотемпературной проводимости, и, выражаясь словами давней шутки, у любой хозяйки дома польет сверхпроводящий кипятилок.

Вспомним впечатляющие открытия химии, без которой невозможно представить нашу жизнь со всеми ее разумными и излишними удобствами, эту удивительную отрасль науки, у которой впереди еще невообразимо много того, что выходит далеко за пределы использования созданных с ее помощью новых материалов в парфюмерии, световолоконной связи и суперскоростных компьютеров.

Мало кто может представить нашу жизнь без лазеров и без спутников. Они подарили человечеству не только космические войны и стратегическую оборонную инициативу, но и сплошную телефонизацию, которая давно вошла в повседневный быт развитых стран и которой так хорошо

научились пользоваться наши доморощенные бизнесмены, и многое, многое другое. Они подарили надежды на тот же термоядерный синтез (лазерный), аккумуляцию солнечной энергии на космических платформах, наконец, дальние космические вояжи. И трудно вообще представить нашу жизнь без лазеров, идеи создания которых зарождались много лет назад, в том числе, в книгах фантастов, имеющих в друзьях хороших ученых.

Потрясают воображение открытия в биологии, которые дали ключ к созданию новых лекарственных препаратов, осуществили переворот в сельском хозяйстве, а буквально днями назад, по-видимому, привели к открытию гена, регулирующего старение человеческого организма, возбудив в человечестве очередные мечты о долголетьи.

Мало кому понятные достижения в современной математике — это далеко не только современные программы для компьютеров, без которых даже мировая экономика уже не может обойтись. Это основы для теории великого объединения сил, это суперструны и многомерные пространства и многое-многое другое, включая интригующую проблему путешествия во времени.

Успехи естественных наук можно было бы перечислять все сегодняшнее заседание, подчеркивая, в частности, факт взаимосвязанности естественных наук и факт достаточно большого интервала времени, который лежит между фундаментальными открытиями науки и их эффективным внедрением в технику, интервала, иногда длящегося больше века. Более того, недостаточно хорошее исполнение хорошей идеи может отодвинуть ее конечную реализацию на неопределенно долгое время. Назову всего лишь один, но столь волнующий многих, пример — подход к проблеме жизни вне Земли.

Я закончу это утомительное для одних и тривиальное для других перечисление подчеркиванием взаимосвязанности открытий в различных областях естествознания: без современного приборостроения не было бы открытий в биологии и химии — ныне науках в большей степени экспериментальных. В свою очередь, приборостроение невозможно без продвижений в области физики, а физика мертва без успехов математики.

При этом физики часто считают, что математики занимаются ерундой, технологи полагают, что они свободно обходятся без физиков, новым русским развитие современных технологий приносит одни убытки, а у пришедших в политику из науки новых взрослых (когда-то я ввел этот термин) одни только мысли о финансовой поддержке науки вызывают жуткую мигрень.

Так устроен этот мир, и Россия здесь не исключение, хотя, как и во всем остальном, вносит присущую ей одной специфику. Лауреат самой престижной Нобелевской премии, которой обделены, кстати, математики (возможно потому, что великий швед Нобель был все же больше изобретателем), получив эту награду, зарабатывает в несколько раз меньше, чем

получивший награду на чемпионате мира по шахматам. А это примерно на порядок величины меньше, чем зарабатывает за год в США удачливый ведущий телевизионного talk-show, телешоу, которому так неудачно пытаются иногда подражать некоторые наши деятели телекультуры. По-видимому, не всегда лучше заимствовать чужое, чем придумать свое. Всегда хорошо, если, что-то забирая, ты способен и чем-то делиться. И в каком состоянии ни были наши культура, искусство и наука, к ним всегда относились за рубежом с большим уважением.

Несмотря на сказанное выше, наука за рубежом, тем не менее, весьма почитаема. Профессор в университете принадлежит по достатку к верхней части среднего класса и никто, даже президент, не посмеет ему сказать столь крылатую и затасканную у нас фразу: “Если Вы такой умный, то почему Вы такой бедный!” Там хорошо понимают, что для творчества (и не только научного) необходим определенный уровень жизни. Но средства ограничены, и множество молодых ученых мигрирует по разным странам в поисках более интересных, престижных и хорошо обеспеченных лабораторий. При этом ни одно разумное правительство не допустит спада научного творчества в исследовательских центрах своей страны, хотя ему тоже приходится крутиться и искать финансы на различные, в том числе, социальные программы. Один из выходов состоит в объединении научной и преподавательской деятельности.

Кстати, ученый не должен быть очень богатым. Иначе он вскоре может превратиться в бизнесмена (и это неплохо) или в праздного бездельника, что могут позволить себе в науке только очень талантливые люди и люди с большим чувством юмора.

В науку идут разные люди. Идут талантливые и не очень. Идут люди преданные ей и не очень. Идут потому, что не так просто оценить свои силы, удачливость, которая играет огромную роль в достижении успеха. Идут потому, что приобщиться к лону науки иногда бывает престижно, а в некоторых случаях это дает спокойную жизнь и определенный достаток.

Мы много и часто говорим о рынке и конкуренции. Но каждый раз забываем об этом, когда едем в сад пропалывать культурные растения от сорняков (эту простую мысль я услышал на днях от своего давнего знакомого, случайно встретившегося мне на Волжской набережной, бывшего работника сферы науки, а ныне преуспевающего владельца двух фирм). Мы знаем, что без нашего вмешательства рыночную победу над культурными растениями без вариантов одержат сорняки. Что-то подобное имеет место и в обществе. Именно с этой целью для свободной рыночной конкуренции создаются законы, определяющие правила игры.

Наука — это тоже своеобразный рынок: огромный успех единиц проходит через уплывающие в макулатуру тонны статей, хотя престижные научные журналы ведут строгое предпубликационное рецензирование поступающих работ, и уж там вы не встретите гороскопов, которыми гре-

шат наши российские газеты. Но вряд ли найдется разумный человек, который возьмет на себя смелость утверждать, что тот или иной квалифицированный ученый не способен сделать открытие, которое позволит существенно продвинуть вперед естествознание. И это единственное открытие во много раз, как правило, окупает совокупный труд ученых и понесенные на оплату этого труда затраты. Не зря Соединенные Штаты собирают талантливых ученых со всего света и предоставляют им возможность творить. Там знают, чего стоит и чем оборачивается застой в науке.

Другой предельный случай — монопольное управление наукой, которое, как и в случае управления экономикой, более перспективно, но недостижимо на этапе, когда человечество, несмотря на его колоссальный потенциал, принадлежит к обществу весьма ограниченных людей.

Это тем более справедливо, что ни одно научное открытие не делается в одночасье. Оно основано на тысячах цитируемых и забытых исследований. Достаточно вспомнить, как формировались современные представления в теории электромагнетизма, как создавались квантовая физика и физика тяготения, наконец, фундаментальные представления о структуре и эволюции нашего дома — Вселенной (как в области малых, так и больших масштабов), представления, которые еще далеки от завершения.

Но общество руководимо политиками, которыми зачастую не могут быть люди, оторвавшиеся от общества по своим параметрам — их просто никуда не изберут. Вместе с тем, мало кто из высокообразованных людей — тех, кого принято называть интеллигентами, хотя вряд ли все деятели науки и культуры, называя себя интеллигентами, могут отнести себя к высокообразованным и высокоразвитым в ментальном смысле существам, — ринется в политику, а если и ринется, то с величайшей осторожностью, ибо сумеет оценить свои там возможности (можно вспомнить слухи об отказе А. Эйнштейна стать президентом Израиля).

И тем не менее люди из науки, особенно науки естественной, имея несомненно большие умственные способности, ввиду определенной системы отбора, существующей в науке, с большей вероятностью могут сделать что-то хорошее на политическом поприще, если ранее не будут сломлены системой и не превратятся в тех, чью деятельность трудно оценивать без чувства юмора. К сожалению, последнее происходит чаще, и, почувствовав себя на фоне окружения гигантами, умные люди начинают совершать ошибки, которые в силу своей осторожности не совершит даже человек менее умный и образованный. А для оправдания своих поступков ума обычно хватает (последнее можно сделать даже с определенным блеском).

В этом смысле малообразованный политик, как ни странно, иногда бывает менее опасным, чем властный деятель, необоснованно считающий себя достаточно образованным. Можно вспомнить, что при всем разгуле

реакции необразованное окружение Сталина наиболее осторожно относилось к репрессиям среди физиков, потому что (в том числе) слово БОМБА заставляло их понять, что идеологические выкрутасы не стоят отказа от разрушительного оружия, которое могли создать только физики, но никак не выдающиеся представители Марксизма–Ленинизма.

И нужно отдать должное физикам. Среди них оказалось меньше подонков и клеветников. И ярким примером этого является высокое гражданское мужество Андрея Дмитриевича Сахарова, которому мы обязаны не только выдающимися работами в области физики, созданием ядерного оружия, но и надеждами на скорое осуществление мирного термоядерного синтеза. Как правило, трижды Героя Труда зря не дают ни при какой системе. А среди физиков таковыми были и Ю. Б. Харитон, и выдающийся в дальнейшем астрофизик Я. Б. Зельдович, и А. П. Александров... А сколько их было, не получивших геройских наград. Не все из них были столь мужественны, как Андрей Дмитриевич. И ряд из них имели на это веские основания, избегая необоснованного риска, поскольку руководили научными коллективами и оберегали их. И в тоже время мало кто из физиков опустил до псевдообличительской мерзости. Я лично знаю людей, которые своеобразно проявляли свое гражданское мужество — тем, что не отвечали на телефонные звонки, уезжали в командировки и в отпуск, только чтобы не участвовать в подписывании коллективных писем с гневным осуждением, хотя и без требования изоляции или смертных казней.

Но вспомните и Лысенко, и некорых других. Ведь без них или им подобных вряд ли решились бы на разгром биологии. Я еще застал период, когда один упитанный доцент кафедры истории партии кричал с трибуны, что пролетариату не нужна кибернетика. И такие пытавшиеся выслужиться “ученые” встречались не только в среде историков Партии. А теперь мы безнадежно плетемся в хвосте в проблеме компьютеризации, хотя среди лучших программистов США немало российских эмигрантов. А разве в наше время не находятся “деятели”, с чьей подачи муссируется в определенных местах проблема шпионажа и сионизма в уникальном деянии Дж. Сороса, огромном вкладе этого человека в поддержание науки и образования в России, в техническом их обеспечении. А ведь это Дж. Сорос подтолкнул правительство вступить в доленое с ним участие в грантовое финансирование Российской науки. Это он издает в России Соросовский Образовательный журнал, жертвует очередные 100 млн. долларов на развитие в России системы “Интернет.” И если кто-то из его окружения, вдруг проникнувшись мыслью шпионажа, и найдет в опубликованных статьях русских ученых Тайну, то честь ему и хвала, ибо это значит, что МЫ САМИ не в состоянии понять, что публикуемое соотечественниками имеет большое значение, требует оперативного внедрения, соответствующей поддержки.

Семитизм представляет собой столь же неприглядное проявление национализма, как и шовинизм и антисемитизм. Но мерзость антисемитизма еще страшнее, ибо речь идет фактически о насилии многочисленной нации над нацией малочисленной, к тому же часто над людьми талантливыми, активными. А подобное никогда не обходится без чувства зависти и связано с отсутствием врожденной интеллигентности. Не нужно питать иллюзий, что антисемитизм не возродится на нашей земле, если благосостояние людей будет невысоким. А полувоспитанная “интеллигенция” для развязывания столь “благородного” деяния всегда найдется.

И вряд ли намного лучше упомянутых в периоды сталинизма коллективных призывов к репрессиям некоторые коллективные письма, которые подписывают некоторые известные деятели культуры и гуманитарных наук в наши дни, письма, в которых ради мелкой выгоды, ради того, чтобы отодвинуть неприятности на час, на месяц, на год, люди кривят душой, оправдывая мерзости другого масштаба (но все же мерзости!), равно как и пренебрежение законностью. Иногда мне кажется, что будь выгодно защищать какого-нибудь (полууправляемого в других отношениях) маньяка, и часть нашей интеллигенции доказала бы безальтернативность нахождения подонка на определенном властном уровне.

Не секрет, что Россия — страна, которая всегда идет по единственно правильному пути и, зайдя в очередной тупик, доказывает безальтернативность своего очередного выбора.

Можно задаться вопросом, как поступил бы в таком случае Андрей Дмитриевич Сахаров? Но я не хочу обсуждать здесь варианты его возможных и легко прогнозируемых ответов. Я хочу лишь отметить, что, по-видимому, никогда еще использование неблагоприятных средств не приводило к осуществлению достаточно хорошей идеи.

Искусство выбирать средства для достижения цели, умение пройти по лезвию бритвы между допустимым и недопустимым, является великим искусством продвижения вперед, причем практически во всех областях человеческой деятельности!

И естественные науки, где соблюдение законов при описании природы является обязательным, а появление любого нового закона связано с достаточно веским опровержением старого закона или понятия (причем практически всегда новое включает в себя в качестве частного предельного случая старое), дают прекрасный способ мышления как для соблюдения существующих правил, так и их эволюционного изменения. Революций в науке много, но после того, как она совершилась, оказывается, что она была хорошо подготовлена предыдущими исследователями, несмотря на несомненные неожиданности, которые приносят революционные мысли или экспериментальные результаты. Так часто новое оказывается развитием добротного забытого старого.

Таким образом, воспитательная роль естественных наук, воспитание

образа мышления, особо важную роль играющие в таких областях человеческой деятельности, как цивилизованный бизнес и цивилизованная политика, которую часто определяют не как средство обогащения, а как искусство достичь невозможного, достаточно велики.

Я не думаю, что при осуществлении хорошей идеи, новые взрослые достаточно хорошо думали. Если бы они это делали хорошо, они достигли бы большего в личном плане и не ввергли бы огромную страну в страх ожидания возвращения старой системы. А ведь было не так уж и сложно предугадать нужные шаги. Увы, недостаточно хорошее исполнение идеи не только в науке может привести к противоположному результату.

Умный человек должен просчитывать все варианты, в том числе и умение российским человеком найти путь к кратковременной и мелкой, но выгоде, противодействие консервативного парламента, ошибки и характер президента, которому собственноручно предоставили Конституцией непомерную власть, непосильную почти каждому. И только очень недалекие люди, руководствуясь сиюминутной выгодой, будут создавать Конституцию под определенную личность.

Можно вспомнить, что именно умением глубже видеть позицию на доске, умением считать многоходовые варианты, чтобы привести партию к позиции известной, и отличается выдающийся шахматист от шахматиста хорошего. Между ними такая же пропасть, как и между учеными разных рангов. И не зря большие ученые умеют в новой для себя области свести проблему (или ее элементы) к тому, что они уже хорошо знают.

Увы, вина новых взрослых состояла не том, что они были недостаточно образованы, и не столько в том, что, придя к власти на волне критики преступлений прошлого, некоторые из них не удержались от участия в обогащении в гораздо больших масштабах. Это по большому счету житейские мелочи. В том состояла не их вина, а беда. Экономическая и юридическая наука были у нас задавлены (хотя мало кто знает, что Нобелевскую премию по экономике получали представители талантливого народа России, и не только те, кто проводил свои научные изыскания за пределами нашей многострадальной, но в целом очень доброй и в чем-то неповторимой страны, но и здесь). Беда состояла и не в том, что в силу молодости новые взрослые были излишне решительны. Решительность не такое плохое качество. К сожалению, им не обладал М.С. Горбачев, благодаря которому мы сегодня имеем многое из самого главного, к чему мы стремились. Увы, прежде всего об этом забыла интеллигенция, которая больше всего от М.С. Горбачева и получила.

Однако, решительность не должна быть воинствующей, решительностью оголтелой, иногда граничащей с самодурством и преступностью. Решительность всегда должна соответствовать степени компетентности и умению рационально мыслить. А здесь точным наукам, по-видимому, мало конкурентов, разве что упомянутые выше шахматы.

Когда-то в начале перестройки многие иностранные ученые спрашивали меня с недоумением: что у вас происходит? Я приводил всегда пример со строительством дома на небольшом участке земли, на котором уже стоит старый, почти развалившийся дом. Умный человек и хороший хозяин начнет это строительство с обнесения старых стен новым материалом или на худой конец построит временку, а затем будет уничтожать дом старый. Человек иного склада сначала выбросит свои пожитки, разрушит до основания старый дом, а затем начнет строить дом новый или обсуждать с друзьями проект для его строительства. Недавно я прочитал такое же, по существу, простое объяснение наших поступков в статье одного из известных и почитаемых мною кинорежиссеров.

Нельзя найти никаких объяснений в задержке пенсий и зарплаты. Это уже уголовно наказуемо и ничем не отличается от воровства. Кстати, в свое время Сосо Джугашвили уже нашел эффективный способ борьбы с инфляцией. История не всегда повторяется в виде фарса. И хорошо бы иногда вспоминать, что живем мы уже не в двадцатых, а где-то в тридцать третьем.

Нужно уметь выкручиваться. Про Э. Шеварднадзе в бытность его секретарства в Грузии рассказывали мне такой анекдот, возможно, граничащий с былью, а может быть, и весьма далекий от нее.. Когда в связи с неурожаем в экспортируемое вино добавили сахара (дело житейское — такое у нас встречается и ныне), а Там это, конечно, заметили, и солнечная Грузия потерпела убытки, и не только моральные, Секретарь собрал виновных и приказал выложить солидные суммы на покрытие убытков. И деньги были найдены в тот же день. Хороший пример для наших политиков!

Уровень образованности населения неоднозначно, но зависит от уровня образованности и культуры его передовых слоев. Большинству из нас образованности не хватает. Странно было бы утверждать обратное. Возможно, это обстоятельство должно быть неким внутренним самоконтролем при различных публичных высказываниях (боюсь, что я сам отошел в своем сегодняшнем выступлении от этого золотого правила).

Недавно в московской прессе я прочитал в рассуждениях одного видного театрального режиссера слова о том, что наука доказала “возможность силой человеческой мысли прогибать поток элементарных частиц”. Я хоть и не был в восторге от предыдущих мыслей режиссера, которыми он часто прогибал поток читателей известных центральных газет, но все же не мог ожидать от него такой степени осведомленности. Разве после этого будешь удивляться каким-то вихляниям в письмах и тем более гороскопам, астрологическим прогнозам и прогнозам опасных для здоровья дней!? Это же шуточки и шалости в сравнении с подобными утверждениями.

Итак, образовательная сторона — это огромная нагрузка на науку.

Воспитание общества (впереди которого наука должна всегда быть, иначе она не наука) — одна из основных ее задач, которую она и осуществляет через воспитание различных слоев научной элиты, через преподавателей школ. А их, кстати, заставлять бедствовать — еще большая глупость, ибо результаты их труда сказываются ранее, чем результаты труда ученых.

При всем моем желании, людей, поставивших в одночасье науку и образование на самовыживаемость, причем без предварительной законотворческой проработки, мне трудно назвать достаточно разумными. Последствия такого шага мы уже переживали в нашу предыдущую Октябрьскую революцию. Результат нынешний должен быть столь же плачевным. Восстановление научных школ не происходит мгновенно, на все нужно время. И доводы в пользу того, зачем нам нужна такая наука, она же плохая, не красят новых взрослых. Достаточно сказать, что многих этих “плохих” ученых хорошо берут на работу во всех странах Европы и в США. Конечно, по рекомендациям, но берут. И, кстати, далеко не самых выдающихся и самых молодых. Лишение генофонда своей нации могут допустить только недалёковидные политики, но сохранять его, конечно, нужно не запрещениями к получению образования и работы за рубежом, а созданием условий для нормальной работы ученых. Унижать ученых не гоже, также как и остальных. Когда-то один из известных физиков при попытке взять у него в Академии часть заработанных им за рубежом денег в пользу предыдущего строя сказал примерно так: “...академик — не оброчный мужик, и оброку не подлежит”.

Нынешнее поколение уже состоялось, и изменить в нем что-то может только оно само. Но серьезно нужно заниматься воспитанием доброго в будущем поколении. Воспитанием культуры потребления и удовлетворения потребностей. Только религия и наука способны решить как-то эту задачу. Я в силу специфики своей деятельности отдаю все же предпочтение науке, помня о том, что фундаментальная наука — это тоже своеобразная религия. В связи с этим замечу, что лихие рассуждения о том, что такие отвлеченные науки как физика элементарных частиц и астрофизика нам не нужны, ибо не позволят решить житейские проблемы, можно назвать элементарным недомыслием.

Человечество отличается от всего остального животного мира повышенным стремлением к знаниям. И задача просвещения, повышения уровня населения — это задача людского авангарда — деятелей науки, искусства и культуры.

Наука — это творчество, требующее свободы. Нельзя делать настоящую фундаментальную науку, все время выполняя чей-то заказ (ведь заказы исходят тоже от людей). Пренебрегать, конечно, системой таких заказов тоже нельзя (ведь науку делают тоже люди), но в разумных пределах. Можно вспомнить, как в прошлом ряд ведомств давал заказы лишь с целью оправдания (подведения научной базы) уже пущенной в произ-

водство аппаратуры, чтобы обезопасить себя в случае неудачи.

Мы часто кидаемся из стороны в сторону, то создаем, то запрещаем, ядерные испытания или, например, многие исследования по генной инженерии, совершенно забывая, что запрещать исследования нельзя, а хороший хозяин всегда найдет применение достигнутому. Примеры просты. Разве не нужно думать о предотвращении космических катастроф, связанных с кометным попаданием. В одночасье такую проблему не решишь. А я помню, как мы ее обсуждали еще в семидесятых. Я не говорю уже о более близких угрозах и необходимости иметь на этот случай хорошую защиту. И бояться при этом нужно не цивилизованных стран — в человеческий разум можно все же верить, каким бы несовершенным он ни был.

Ученые создают, используют другие. Но ответственность за созданное несет и ученый. Не зря же почти вся аппаратура, предназначенная для широкого потребления имеет, так называемую, “защиту от дураков”. Но это уже другая проблема.

Страна талантливого люда, который век живет в нищете, и обитатели этого прекрасного уголка Земли задают извечный вопрос: “Кто виноват?” Ответ несложен. И само поведение интеллигенции, вышедшей из недр виноватых, зачастую является отражением того, что может содержаться в этом ответе. Но с этим грустно мириться. Роль интеллигенции более высока. Для этого в истории России есть множество хороших примеров. Один из них достаточно ярко нам продемонстрировал А. Д. Сахаров — настоящий представитель настоящей русской интеллигенции.

25 мая 1996г.

II. Поздравления к юбилеям

В этот раздел сборника включена часть поздравлений, написанных Льву Михайловичу Ерухимову к его 50- и 60- летним юбилеям.

К ДНЮ 50-летия ЛЬВА МИХАЙЛОВИЧА ЕРУХИМОВА

В.Л.Фролов

Стало доброй нашей традицией регулярно раз в 10 лет в ночь под Новый Год отмечать День Рождения Льва Михайловича Ерухимова. Последние 10 лет пролетели как одно мгновение, пролетели так быстро, что мы, если и успели постареть, то разве только на один год, и такому правилу годоисчисления от всей души желаем следовать впредь Юбиляру и всем здесь присутствующим.

Но обратим свои взоры непосредственно на Юбиляра. Чему, прежде всего, нас учит пример Льва Михайловича? Это тому, что можно быть одновременно в Москве, Ленинграде, Душанбе, Киеве, Сочи, Темрюке, Суздале, в дирекции, редакции, в Университете, в школе и бог еще знает где и при всем при этом сохранять эффект личного присутствия в своем кабинете, запирая там по несколько человек из числа жаждущих общения. Под влиянием непередаваемой словами ауры кабинета они очень быстро здесь знакомятся и рассказывают друг другу о своих проблемах. Однако, спустя некоторое время, их мысли начинают концентрироваться на решении двух главных задач: как отсюда выбраться и когда и как сюда снова попасть.

Круг интересов Льва Михайловича еще шире географии, охватывая всю Вселенную. Он одинаково свободно и легко чувствовал себя как в микро, так и в макро мирах. Недавно, например, мы испытали это все на себе: один бросок его мысли — и мы оказались в фокусе гравитационной линзы. А если фокус и не очень чувствовался, то это не беда, надо на это смотреть проще, а лучше — со стороны, хорошо бы из соседней галактики. Жаль только, что институт не оплатит командировочные.

В последнее время Лев Михайлович неожиданно проявил неординарные кулинарные способности. Кто бы мог такое еще придумать: заготавливать впрок консервы из электрического поля! А он придумал, и не только придумал, как это делать, но и испытал влияние консервированного поля на своем ученике Леньке Генкине. С Генкой Ленькиным ничего не случилось. Однако это еще ни о чем не говорит, т.к. сопротивляемость диссертанта к внешним воздействиям перед защитой может значительно повышаться. И вообще, сегодня все дело в таре. Поле — не апельсины, в бочки не закрутишь.

Говоря о задачах, над которыми бьется мысль Льва Михайловича, нельзя не упомянуть о его безобидном хобби — любви к “цветочкам”, так любовно выращенным им самим в Душанбинской ионосфере. Мы с облегчением можем теперь констатировать, что реализация в нашей средней полосе “цветочков” из южных областей впредь не будет считаться нетрудовыми доходами. Это, к слову, подарок нашего Правительства Юбиляру.

Как у каждого круга есть центр, так и у круга интересов должен быть свой фокус. Для Льва Михайловича эта проблема может быть определена одним словом, созвучным времени, в котором мы живем — ПЕРЕКАЧКА. Сколько раз казалось, что ее решение уже найдено. Но есть, не вывелись среди нас отдельные, так сказать, ученики, готовые в самый решающий момент сыпануть пару новых эфффективов в этот почти отлаженный механизм. Пока с ними разберешься — годы проходят, а механизм простаивает и если не ржавеет, то морально устаревает. А этого допускать никак нельзя. И если этот самый механизм не качает снизу вверх, то уж сверху вниз... Если же взяться за дело с умом (лучше с дипломницей), да применить какую-нибудь новую всеми забытую силу (лучше физическую), самую малость этот механизм погнуть, сделав его слегка нелинейным, то само пойдет, потом не остановишь (имеется в виду публикации). Тут главное не перегнуть, а то, не дай бог, теоретики очнутя и не будет от них потом покоя ни днем, ни ночью, изведут своими: “Что? да как?”

Мы могли бы порассуждать еще о “пузырьках”, о их внутренней сучности, но ни о чем больше говорить не будем. И вообще: пьянству бой. Вот только по одной — и в бой. Мы все до 33 лет — молодые специалисты, в 50, согласно бытующему мнению, только-только входим в курс дела. Так что, все еще впереди.

С Днем Рождения, Лев Михайлович!

О. Савина

И вот уже Вам пятьдесят,
Полвека Вас не одолели,
Но сразу все мы повзрослели —
Ученики породы львят.

Для нас Вы сделали немало
Порой хваля, порой браня,
Общенье с вами нам даря —
Так быстро время пробежало.

Мы научились понимать —
Ионосфера так прекрасна.

И вместе с Вами стало ясно,
Что можно ею управлять.

Пусть годы долгие пройдут,
Идей богатство приумножат,
Осуществить Вам их поможет
Наш кропотливый верный труд.

Хоть время мы не остановим,
Но молодость всегда смелей,
Встречать столетний юбилей
Давайте вместе постановим.

И вот уже Вам пятьдесят,
Полвека Вас не одолели,
Но сразу все мы повзрослели —
Ученики породы львят.

Кафедра РА и РРВ

*Лекции, студенты, аспиранты,
Масса дел, хлопот невпроворот.*

*Терпеливо обучать таланты,
Верить им и, кроме всех хлопот,
Отвечать студентам, петь со сцены
Раз в году (7 мая) уж который год.
Что Вам НИРС, УИРС или экзамен,
Если “львята” есть, а в них и Ваш задор!
Семинары для студентов вспомним с Вами,
Круглый стол, спонтанный разговор,
ИИТ как управляли, сидя за столами,
X-волну включая в трудный спор.*

*Удел Ваш всегда быть в гуще событий,
Свершить суждено То, что нужно стране.
Пусть жизнь озарится удачей открытий,
Есть много красивых идей в голове.
Хотим, чтобы ваши работы и планы
О многом еще рассказать нам смогли.
Всего Вам хорошего мы пожелаем
! Счастья, здоровья на долгие дни!*

Конквистадор, неутоленный странник,
Несбывшийся поэт.
Ты как актер, застывший на экране
На много лет.

Ты увлечен порой своим рассказом
И чуть смешон.
Но скрыт за самой непонятной фразой
Большой резон.

Лети по жизни, Благородный Рыцарь,
Под блеск копья.
И пусть с тобой летит удачи птица!
Твои друзья.

LM: ФИЗИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ

В.Ю.Траптенгерц

LM — чрезвычайно многообразное явление, требующее комплексного подхода с позиций физики, химии, биологии, искусства и т. д. Пожалуй, только чистая математика может здесь мало, чем помочь, и даже принести вред. Я затрону лишь одну грань исследуемого объекта и расскажу о наших попытках воссоздать физическую модель *LM*.

Длительные наблюдения и весьма тонкие эксперименты показали, что исследуемый объект подобен уединенному вихрю со значительной поступательной скоростью и большим вращательным моментом. Долгое время не удавалось количественно измерить эти параметры из-за отсутствия соответствующих приборов. Однако в последнее время удалось поставить ряд прецизионных экспериментов. Причем решение оказалось чрезвычайно простым. *LM* снабжался микрофоном и запускался на сцену якобы для чтения лекций. Зная диаметр *LM*, длину намотки шнура и время, удалось с большой точностью оценить угловую скорость объекта, а постановка счетчиков на доске и столе, между которыми двигался *LM*, решила проблему измерения поступательной скорости. Не обошлось без трудностей — длину шнура пришлось несколько раз наращивать. Угловой момент *LM* оказался чрезвычайно большим. Его хватило на то, чтобы держать аудиторию в 100 человек в непрерывном гипнотическом напряжении в течение 4 часов, и понадобилось еще несколько суток, чтобы постигнуть смысл сказанного.

Трепанация черепа, которая в данном случае свелась к трепанации шевелюры, убедила нас в очень прочном и густом волосяном покрове, который, впрочем, не исчерпывает внутреннее содержание объекта. Объект этот многофункционален. Некоторые функции его общеизвестны. Но стоит вспомнить и ряд забытых. Ранее \mathcal{LM} эффективно использовался для переноски тяжестей (портфель с кирпичами). Правда, до внедрения в практику это не дошло из-за большой скорости и непредсказуемости траектории движения.

\mathcal{LM} обладает большой интенсивностью спонтанного излучения: получаем все — ключи, записные книжки, книги, журналы, одежду и т. п. Однако наибольший дипольный момент — в отношении статей, речей и басен. Эксперимент показывает, что система страшно неравновесна, очень ярко выражены индуцированные переходы. Попадание басни на вход \mathcal{LM} приводит к резкому увеличению числа басен на выходе.

На протяжении периода жизни объекта в характере его движения и внутреннем состоянии наблюдались довольно значительные бифуркации. Первая наиболее интенсивная бифуркация произошла в 1962 году, после чего в его совершенно беспорядочном движении наметился определенный порядок. Впечатление такое, будто \mathcal{LM} попал в зону притяжения массивного тела с большим моментом взаимодействия. Две других бифуркации, которые произошли с интервалом в 3 и 11 лет, носили несколько иной характер. По-видимому, образовалась тесная двойная, а затем тройная система, а влияние массивного тела усилилось. Согласно наблюдениям, близость двух других тел значительно влияет на возбуждение внутренних степеней свободы \mathcal{LM} : появилось ровное свечение в инфракрасной области спектра и мягкие тона в звуковом диапазоне.

Продолжая тему о внутренних степенях свободы, можно заметить, что \mathcal{LM} обладает отличным от нуля спином. Именно поведение спина позволило нам сделать вывод о том, что \mathcal{LM} движется в стороннем поле. До недавнего времени его спин испытывал нутации положительного знака. В настоящее время спин перевернулся и испытывает отрицательные нутации.

Более подробно остановимся на вопросе взаимодействия с окружающими телами и вихрями. Учет окружающей среды приводит к сильным поляризационным потерям. Как правило, взаимодействие \mathcal{LM} с окружающей средой инициирует возбуждение довольно интенсивной турбулентности. Иногда образуются вихри, по интенсивности и характеру похожие на исходный. Отдельного анализа заслуживает процесс взаимодействия \mathcal{LM} , обладающего положительной полярностью, с отрицательными зарядами. При взаимодействии с \mathcal{LM} эти заряды приобретают вихревую компоненту скорости, теряя при этом голову, и вовлекаются в вечное планетарное движение вокруг основного вихря.

LM обладает спектром резонансных частот с высокой добротностью, благодаря которым к нему притягиваются довольно многочисленные вихри *D* (друзья).

Можно указать ряд актуальных проблем:

1. Представляется важным с практической точки зрения процесс взаимодействия вихрей с положительной и отрицательной нутацией. Здесь, по-видимому, можно ждать наибольший энергетический выход и максимальный практический эффект.
2. Было бы интересно проследить за взаимодействием исследуемого вихря с отрицательными зарядами на близком расстоянии. Наблюдения показывают, что дальнедействующие силы притяжения на малых расстояниях сменяются близкодействующими силами отталкивания, природа которых не вполне ясна. По-видимому, определяющую роль здесь играют тесная тройная система и массивное центральное ядро, о которых речь шла выше.
3. За пределами данного исследования остались вопросы о характере поля вихря в дальней волновой зоне, без чего представления об *LM* ограничены и неполны. Некоторые представления об этом роде активности следуют из доклада Ю.А.Кравцова.
4. Интересно, как себя оценивает *LM*?

Резюмируя это краткое и далеко не полное исследование, отметим главный вывод: в свои 50 *LM*, несмотря на долгое движение и многократные столкновения, не потерял импульс жизни и не остепенился (хотя приобрел достаточно различных степеней и званий) и по-прежнему будоражит окружающую среду. Остается пожелать *LM* — пусть вращается и движется дальше на радость учеников, друзей и близких.

О себе

Не знаю, чем я могу казаться миру,
Но сам себе я кажусь мальчиком,
Сидящим, свесив ноги, на краю ионосферы,
Развлекающимся тем, что от поры до времени
Отыскиваю неоднородность более увесистую, чем обычно,
И морочу ею голову научной общественности,
В то время как великий океан космической плазмы
Расстилается передо мною неисследованным.

Лев — демократ, известно всем.
Дела вершит в открытом споре.
Здесь все равны — как прорычит!
Здесь покрупнее — сразу стих,
А что помельче — просто помер.

Лев, походя, быка задрал
И на обед его отдал
Своим волкам. Те налетели
И от обжорства околели.
Мораль проста: Идея — гвоздь,
Не разжевавши — в горле кость.

Они его за муки полюбили

За что мы любим Льва?
За суету и шум?
Умение вовлечь весь свет в свои заботы?
Иль щедрость и добро?
И милые остроты?

За что мы любим Льва?
За едкий стих и легкость прозы?
За вечный поиск завтрашнего дня?
За грусть его и слезы
НАШИ слезы?

За что мы любим Льва?
За неожиданность героя?
А может быть за то,
Что не дает покоя
Его ночам вот эта голова?
За что мы любим Льва?

60 лет Льву Еруху

*Не забывай попадать ниц
Перед любимейшей из львиц!*

0. Кое-что о Львиной доле

Мне выпало странное поручение: попробовать заменить незаменимого Льва Михайловича по случаю его занятости собственным 60-летием. Ведь согласно негласной традиции он на всех торжествах выступает сам и зачитывает свои милые гадости юбилярам, считая, в силу генетической, бесшабашной наивности, что его тексты не могут вызывать раздражающих последствий, даже если они направлены в сторону вышестоящих опасностей. Я постараюсь испытать этот евовный закидон на нем самом и тоже буду уповать на благодушие виновника торжеств (какое странное обозначение для празднователя, особенно с учетом принципа презумпции невиновности, не правда ли?).

*Начну со стигословного эпиграфа, нуждающегося в пред-
пояснениях. Он сотворен на русско-английском брайтен-бичском
жаргоне, который недавно стали дразнить рунглишем. Возможно,
этот язык объединит, наконец, русскоязычную и англоязычную ин-
тернациональные идеи, порознь отсутствующие. Итак, с Богом!*

*I thought too long about Him
But no idea put in head.
At last I've gotten Eruhim
Is nasha hope plus bread and brad!
I like his unpredicted mind,
Chaotic step behaviorising,
His claim that all'll be never mind
Besides some intellectualive cleasing!*

*(Здесь: bread — хлеб, brad —
шляпка англ. гвоздя и русск. бред,
cleasing — клизминг — очищение с по-
мощью клизмы и т.д.)*

1. Жанр

Самое трудное в таком деле — выбрать жанр. Дать разгуляться хищнику, не доканывая жертвы. Плюс еще при этом стремиться к гармонии формы и содержания. Формы разглагольствования и содержания объекта спецназначения. И я, по-видимому, смог-таки более или менее удачно определиться на этой ухабистой местности. Это должен быть видео клип. За недостаточей времени и средств в аудио варианте. Пусть все в

нем мельтешит, и никто не успевает ни на чем останавливать свои прыгающие мгновения, чтобы уловить связующую нить смысла. И сказал я себе — Господи! Это же нагишовый реализм, это наша жизнь, наша природная муть, жуть и суть! А главное, это воистину Ерухимов во всех его великолепиях, не натягиваемых на унылую причинно-следственную логику. Это экстазно несуразное кверхтормашенье, которое приводит в бешенство блюстителей строевой подготовки, но которому побеждающе следует все неподконтрольное им человечество.

Итак, аудио-клип...

2. Клиповая перемешка

Голос зануды из-за кулис...

Последние годы думатели всего мира углубились в изучение природы человеческих структур. И робко к чему-то стали приближаться. Отдельные человеческие индивиды, равно как и скопища таковых, должны же, черт их побери, подчиняться законам природы и породы. Однако в отличие от природы — порода (по части законов) оказалась неуловимее. Видимо, у ловцов душ было что-то не так и со снастью, и с наживой. Поэтому, как в доброй и старой английской юр-практике, пришлось руководствоваться прецедентами. Это нечто вроде разложения по полной системе функций (поступков и проступков). Кстати говоря, и тут Россия снова гималайствует Родиной Слонов. Ибо в нашей всенародной уголовщине прецедентное право означает суд не по законам, а по понятиям! Так что в ознаменовании 60-летия Славного Еруха будем славить по понятиям!.....

Научный защитник выходит из-за кулис в неподходяще умном виде.

Ваша честь! (*Это — к ведущему*). Ваши чести! Господа Присяжные! (*Это — к собравшимся ротоzeям*).

Мой подсудимый неподсуден. Поскольку он прост, как интеллигентные пролетарии всех стран. Его мозг состоит преимущественно из правого полушария, управляющего прыжково-образным мышлением. В то время как левое полушарие, ответственное за связанность действий, пребывает в состоянии неостребованности. Почти как у нашего законного (но тоже живущего не по законам, а по понятиям) Президента Ельцина. Прошу в связи с этим вызвать свидетеля Борового — известного политчастушечника эпохи мадам Новодворской.

Явление Борового — гадко выбритого, беспощадного к властям, пьющего и поющего:

Ерухимов все ж не Ельцин —
Он скорей всего из наших!
Только косит под Пришельца,
Не трава притом парашу!

(Ведущий — он же Его Честь): Прошу удалить свидетеля защиты за
впады и выпады....

*Наплыв, смена декораций. Тот же самый научный защитник высту-
пает уже на семинаре, посвященном 60-летию правомозговой деятель-
ности профессора Льва Михайловича Ерухимова. (ЛМЕ).*

Господа! Товарищи! Друзья! Братья и сестры! Леди и Джентльмены!
Свои да Наши! Наши и свои! Изучая жизнь и деятельность ЛМЕ —
во французском просторечье называемого Лемьером — я пришел к убе-
ждению, что это — существо надчеловеческое, это само по себе — Поня-
тие. Поэтому разыгранный некогда судебный фарс с попыткой осуждения
его за нейрофизиологическую уникальность к моему удивлению случайно
правдоподобен. О таком Понятии можно судить только по понятиям! Я
позволю себе привести несколько отрывков из моей диссертации, посвя-
щенной критико-историческому анализу проблемы раскрытия понятий по
понятиям.

*Гаснет свет. На экране мелькают эпизодные кадры, поясняемые та-
перской музыкой Шнитке (с миру по нитке!) и певучим голосом извест-
ного доброжелателя.*

.... Здание НИРФИ. Напротив детская больница. На ее крыше распла-
стался не снайпер. На крыше профессор Ерухимов с полевым биноклем,
направленным на окна спецчасти НИРФИ. Он изучает совсекретные до-
кументы зловещего департамента, надеясь узнать, сдал ли он туда свою
спец-тетрабочку, где опасные тайны ионосферы получили явное истолко-
вание, грозящее 10-герцевым электромагнитным побоищем врагов Рейха.
Тетрадь не обнаружена. Значит, сдал. Угроза миру во всем мире и его
домочадцам предотвращена!

Вам, жалким левомозговикам, всего этого не понять! А народ, небось,
подумал — ученья идут!...

.... Старая Пустынь. Развесистая, как клюква, лесная чаща. Осквер-
няемая лишь прыгающими дикарями с перьями. С перьями не на телах,
а на воланах. Крупный план. Один из туземцев Лемьер. Ловко запустил
волан на дерево, и тот застрял в ветвях. Тогда он осенился его выру-

чать, пытаясь сшибить сподручными средствами, — предметами первой семейной необходимости. Все эти средства начали тоже навешиваться на ветки, украшая их собой, как новогоднюю елку. Последним посланцем выпала честь ключам от дома. Тут даже и народ подумал, что идут не ученья, а мученья. У этой истории нет конца, но он счастливый. Левомозговикам опять не понять, как может быть счастливым конец при отсутствии конца! То-то! Оно!...

...Из глубины наезжает, увеличиваясь размерами и благолепиями, фигура известной журналистки — специалистки по укреплению органов Государственной Безопасности путем их беспощадного разоблачения — Евгении Альбац (это не псевдоним — от *Alles Batz*, это ее релейфное обозначение).

Она рассказывает о своем первом познании непознаваемого Еруха. Он непринужденно шествовал вдоль кромки тротуара, одной ногой ступая по мостовой, а другой по пешеходнице. И было ему хоть бы хны. К сожалению, она не засекла право-левость расположение ног. А как бы это облегчило диагностику! Но все равно. Ей профессионально повезло. Ее настигла удача подметить главный признак ерухизма, как явления Природы. Люди этой редкостности живут, спят, едят, ходят, творят, мечтают, глаголят, ... в общем, делают все человеческому не чуждое... одновременно пребывая в нескольких состояниях. Это — классические квантовые объекты, они там, где их хотят измерить, они такие, какими их хотят узреть, они многосущны, многоличностны и, уж конечно, правополушарны...

....Неожиданно зажигается яркое освещение и академический хор поет торжественно и трехголосно.

Где его любят, а где нет,
Где темь кромешная, где свет!
Где к черту ласково пошлют,
Где к сердцу лязгово прижмут!
Он — гибрид из Паганеля,
Пьер Ришара и себя!
Жестко спать с ним, мягко стеля,
Но и не любить нельзя!
Он — лошадка и взрывчатка,
Он — творила и прыгун —
С него даже взятка гладка:
Грех прощается за ум!

Хор куда-то исчезает, а на огромном экране возникает лотматая голова юбиляра. Левитано-подобный баритон объясняет ее устройство.

Его взор заманно честен

И лучист из-под бровей!

Как сказал бы бард наш Цейтлин:

Ох! Умен! Ну, как еврей!

3. Столпотворение творений

Действие третье. Телеканал. На экране очаровательные создания Природы. На заднем плане контурные очертания Ерухимова — Воплощение Логоса, Бахуса, Эроса и Маркса в пронзительном единении. Создания Природы танцуют и поют, а Воплощение им подживывает, лаская набором неповторяющихся улыбок.

Голос диктора:

Талант его рянен и безудержен. Он — как шустрый сперматозоид, оплодотворяющий избранные яйцеклетки и передающий им все богатство своих достоинств. В нем столпотворение сотворений: поэтическое, прозаическое, драматическое, романическое, научно-фантастическое, фэнтезийное, музыкальное... — всех искусств поровну и как на подбор.

Очаровательные создания притворяются яйцеклетками, меж которыми мечется черно-белый Живчик, расточая прикосновения...

Голос диктора:

Вам не слышен гул Небес?

Это Он оттуда слез!!!

Слез и всех нас наповал

Под себя зарифмовал!!!...

Неожиданно Очаровательные создания оборачиваются мультяшными туунсами (toonsishkati) и, кривляясь, выпевают из себя только что зачатые в них гимны:

С чем рифмуется Ерух?

С тем, что валится из рук

Или возникает вдруг,

Как предвестие разрух?

Многосвойственный Ерух, —

С виду Он слегка лопух,

А внутри и в прах, и в пух

От заумных мыслей вспух!

Ах! Ерух — сердечный стук!
Ах! Ерух — набатный эвук!
Он и стадо, и пастух,
Он ах! ух! и не потух!
Он несметных истин друг,
Им разбросанных вокруг,
Победитель мук и сук, —
Сук Искусств и Мук Наук!!!

С чем рифмуется Ерух?
С песней спетой громко вслух, —
Смысл не важен — важен Дух.
С Ним рифмуется Ерух!!!

*Медленно гаснет свет, и экран постепенно растаивает в райские
гущи...*

4. Кутерьма прославлений

*Заключительная панорама: на сцене — участники всех ранешних
говорений, причитаний, пеней, плясок... в радостной перемешке... Ка-
ждый исторгает что-то свое... Из этого хаоса только любящее ухо
способно выделять связные фрагменты...*

Исторг ученого:

Профессия профессора
вошла когда-то в моду,
а ноне нос повесила
и стала в ей невесело
ученому народу!!!
.....О!о!о!... ученому народу!!!

Хевра почитателей:

Но Льву Михалычу накласть
на непонятну нашу власть!
Наука для него, как сласть,
наука для него, как страсть,
пьянящая девчонкою,
первачной самогонкою!...
Как способ безбалбесия...
и даже — как поэзия!

Научный защитник:

Поэт в России больше, чем поэт, —
Он что-то, кроме этого, умет!!!

Народный защитник:

Он бы вознесся, как салют,
Да к Земле милашки гнут!!

Затаенная милашка:

Не милашки, а подтяжки,
А еще его вчерашки!!

Заключительный всеголосый хор:

Наука Ерухимия, —
В отличие от Алхимии.
Умеет гнать любых валют
Не из напитка Абсолют!!!
Не из земных веществ и мер,
А сверху, из Ионосфер!!
В ней Е-поля и Н-поля
Вовсю работают, как бля!!!
Доход дают, наярывая
Под оба Полушария!!
Творить в режиме челноков
Пусть каждый будет —
Будь готов!!!

**All Nations of the Globe greet Him!!!
Long live the best of Eruhim!!!**

ММ NN 31.12.96

*Впервые написано в декабре 1996, выступлено тогда же, отредактировано
в феврале 2001.*

*Не утраченной со временем памяти Льва Михайловича Еружимова,
Человека удивительных чаяний и отчаяний, посвящается этот текст,
задуманный еще при его быстротечной жизни... М. М.*

СКАЗАНИЕ О ЛЬВЕ СО СТИХАМИ И КАРТИНКАМИ

Я не боюсь повториться, сказав сегодня еще с большей уверенностью, что “Стало доброй нашей традицией регулярно раз в 10 лет в ночь под Новый Год отмечать День Рождения Льва Михайловича Ерухимова”. И сегодня с новых горизонтов давайте посмотрим, что представляет собой наш Лев.

Картинка первая:

Лев, взгляд со стороны



Он по профессии вне всякого сомненья —
физик.
Но по призванию, послушавши других,
мы скажем — лирик.
Он — музыкант, поэт, прозаик,
Любитель всяческих автомобильных гаек.
К тому ж он беспросветный трудоголик
До невыносимых внутриотдельских
колик.
А, в общем, чтобы понять его натуру,
Не надо есть нам соли фуру.
Достаточно с ним написать научный
грант,
Чтобы раскрылся в полной мере весь
его талант.
Но если вместе с ним вы побывали в
Темрюке

И баночку винца неспешно осушили на песке...

О чем здесь говорить — другой здесь совершенно ракурс.

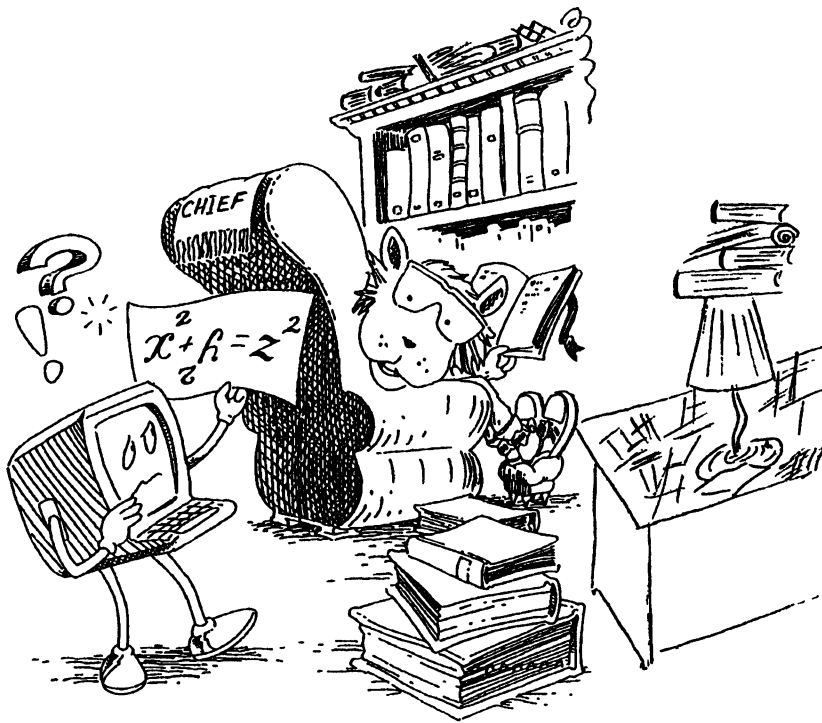
Вы поняли: там балом правит добрый малый Бахус.

Однако стоп, не будем дальше развивать мы этой темы,
Посмотрим лучше пристальней, о чем поведают его другие схемы.

Картинка вторая:

Лев в кабинете

Окинем взглядом мы Левин кабинет.
Здесь не ищите вы свободный табурет.
Бумаги, книги, лекции, рисунки, документы
Давно ровнехонько засыпали все мыслимые постаменты.
Надежду всяк оставь, сюда входящий,
Найти журнал давно уже пропавший.



Порядки здесь заведены особые:
 На лампе поищи к статье поправки новые.

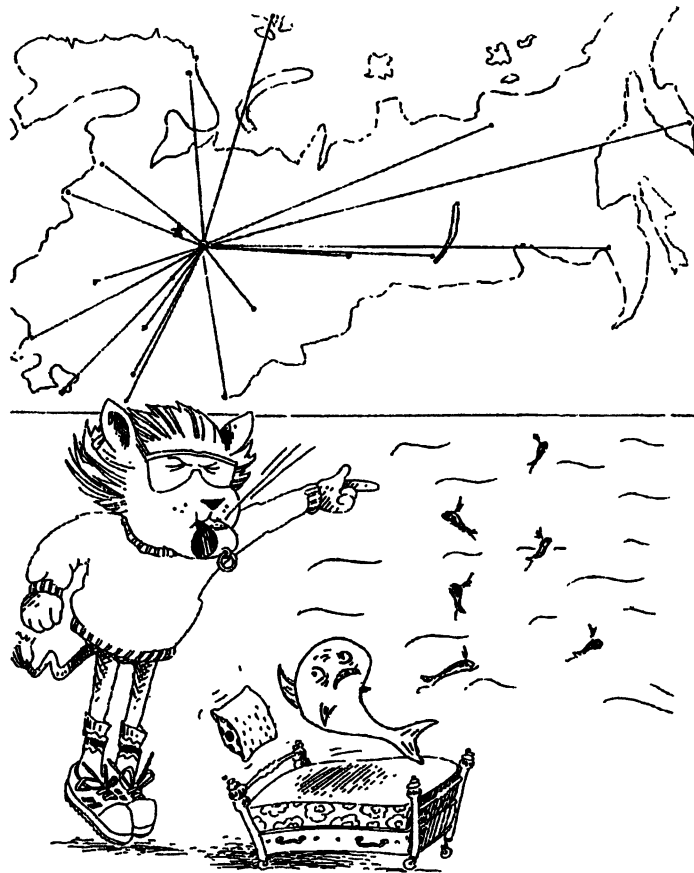
Здесь на разбросанных страницах
 Следы несчетные гостей.
 Легко найдете вы на стенах
 Листочки, полные затей.
 Вот кипяtilьник ненароком
 Не выключен в пылу страстей.
 Решаются порой наскоком
 Кроссворды сложные идей.

Разносы здесь бывают в пух,
 В компьютере здесь вирус чахнет,
 Здесь Левин дух,
 Здесь кофе пахнет.

Картина третья: *Еругимовы Киты*

К несомненным достижениям Льва следует отнести выведенный им за последние 20 лет новый вид наукообразных, получивший название *Еругимовы Киты*. Воспитывались они на старых проверенных классических принципах:

“Поди туда — не знай куда.
Принеси то — не знаю что.”



И шли они бедолаги по горам и долам, подгоняемые инструкциями типа: “Засинхронизируйте Рубцова его же импульсом и сфотографируйте тчк Лев” или “Слушайте ГА на частотах (колонка 5-значных цифр), ВВС на частотах (...), Нем. Волну на частотах (...), Св. Европу на частотах (...)” и строгая, лаконичная подпись *Лев Троицкий* (вообще-то подпись должна была передаваться как *Лев зпт Троицкий*, но уж как дошло — так дошло.

Это про них в те далекие уже теперь времена слагали песни:

Кит наш первый, В.Урядов,
Он почти уж кандидат.
Слушать ракурных китайцев
Он поедет в Волгоград.
А Киты Фролов и Женька
Будут ветры мерить нам.
Угол между их ветрами
Будет равен $\pi/2$.

Кит-стажер, Борис Юхматов,
Всем под Пензой даст он бой,
Свадьбу новую сыграет,
Разудалый и хмельной.

Вспоминая те далекие экспедиционные годы, хочется сказать известными Лермонтовскими строчками, слегка их перефразировав:

Да, китята были в наше время,
Не то, что нынешнее племя.
По силам им любой был трюк.
Не легкая им досталась доля,
Не все стоят сегодня в строю.
Не будь на то господня воля,
Не бросили бы никогда Темрюк.

Картинка четвертая:

Ерухиновы Девы



Разослав свою китовую дружину по городам и весям тогда еще более необъятной, чем сейчас, страны с супостатами силой померяться да счастья своего поискать, самое время было заняться Льву наведением порядка в своем домашнем и милом сердцу питомнике. В первые годы Лев еще питал некоторые надежды использовать молодых сотрудниц для решения прикладных задач, посылая их в различного рода экспедиции. Но со временем под гнетом все возрастающих от этого проблем и головной (его, Льва) боли он отказался от своих несбывшихся надежд и отдал им на откуп различного рода интегралы.

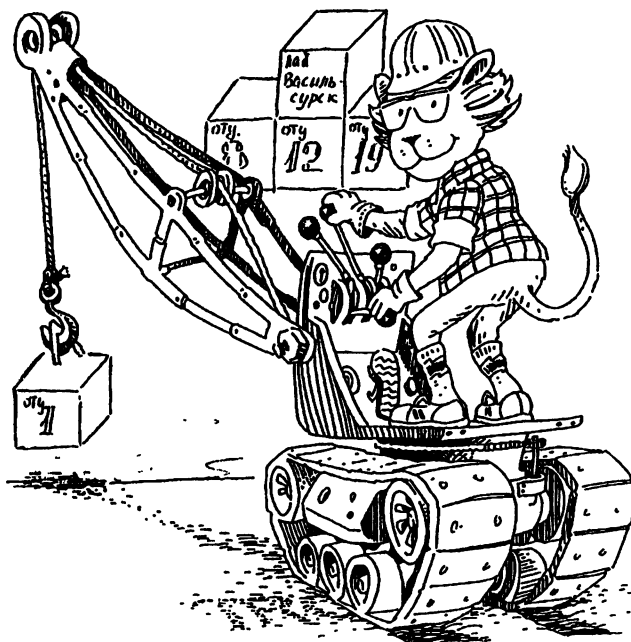
Уж так заведено порядком лет,
Что, позабыв про существование пары,
Такие здесь девы брали интегралы,
Каких не видел вовеки свет.

Служенье их не терпит суеты.
Здесь не должны случаться беспорядки.

И вот...

Кого счас очередь откусать маеты
И в диссертацию врубиться без оглядки?

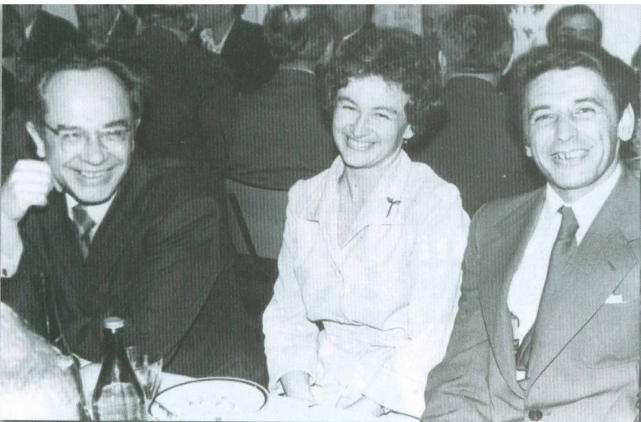
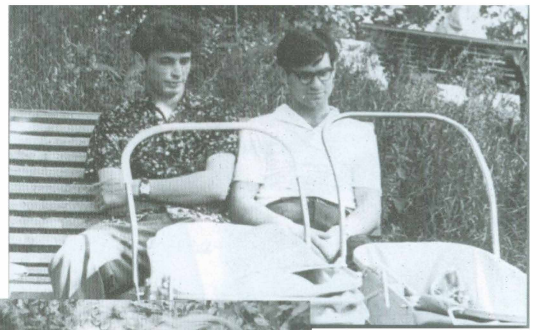
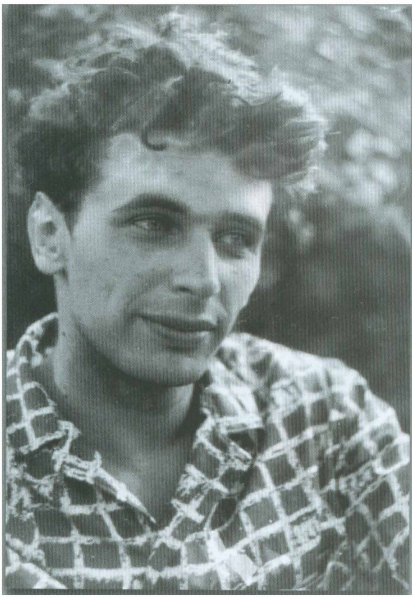
Картинка пятая: *Ерутимова мечта-идея*

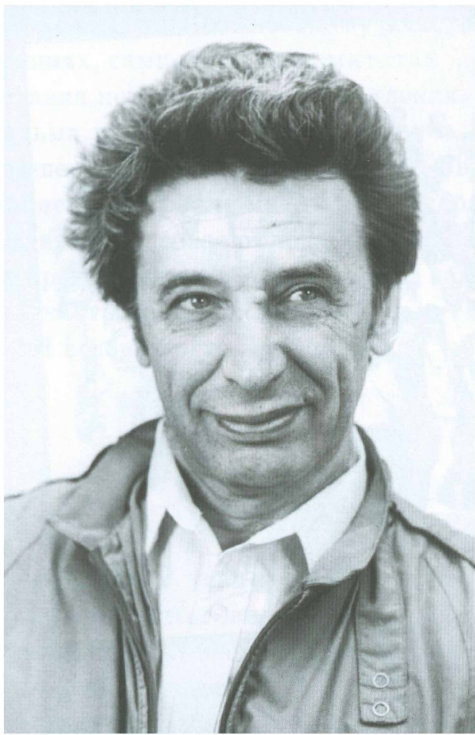


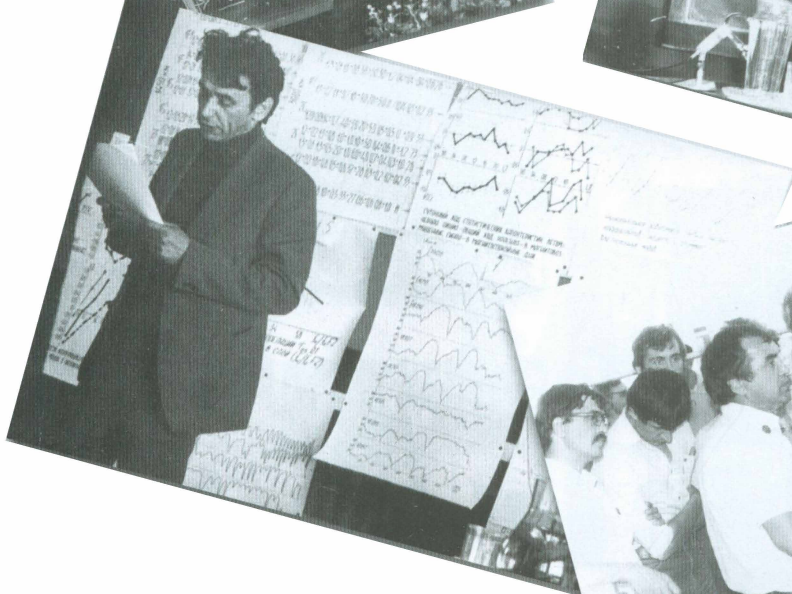
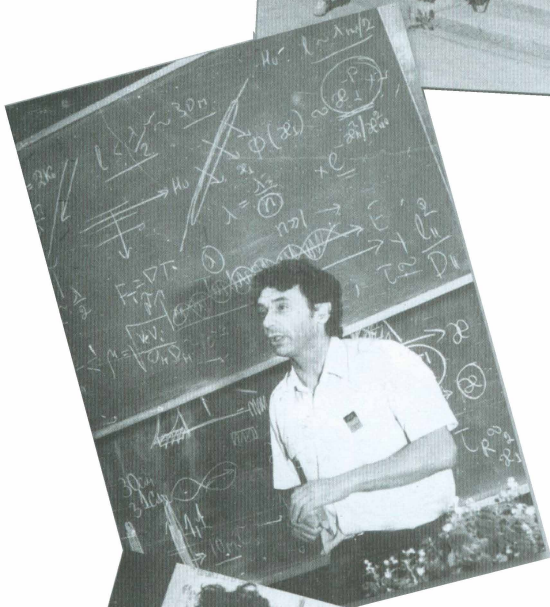
В последнее время все мы являемся свидетелями тех титанических усилий, которые прилагает наш Лев на строительстве новой структурной единицы института, именуемой Отделение №2. При отсутствии действенного связующего раствора, известного как *топеу-топеу*, эта конструкция не обладает должной устойчивостью и склонна к распаду. Здесь можно бы было на все махнуть рукой и заняться каким-нибудь приятным делом, например, писать стихи, путешествовать, в конце-концов, уйти на телевидение, но не таков наш Лев. Засучив рукава, он с трудолюбием муравья продолжает начатое дело, кирпич за кирпичем строя остов для нового института.

Вот таков он наш герой в свои еще далеко не полные 100 лет.









III. Воспоминания о Л.М.Ерухимове

В последней части сборника помещены воспоминания тех, кто долгое время работал со Львом Михайловичем Ерухимовым и хорошо его знал, кто знал его по совместному участию в различного рода школах, конференциях, симпозиумах, комитетах ..., воспоминания тех, в чьей памяти он оставил неизгладимые впечатления. Часть из них составили содержание фильма памяти Льва Михайловича Ерухимова, показанного в последней телепередаче цикла “Наедине со звездами” (т/к “Волга”, Н.Новгород). Написанные разными людьми, с разных точек зрения, они штрих за штрихом воссоздают хорошо узнаваемый портрет Льва Михайловича, и он предстает перед нами таким, каким мы все его знали. Заканчивается эта часть сборника статьей памяти Л.М.Ерухимова, опубликованной в УФН вскоре после его кончины.

Н.А. Митяков

Несколько слов о Леве

Впервые я увидел Л.М.Ерухимова осенью 1958 года. Мы с Виктором Рапопортом жили и работали в Зименках на ионосферной станции. Однажды наш шеф Л.В.Гришкевич привез молодого человека с пышной шевелюрой в элегантном плаще и с красной папкой. Шеф с большим почтением рассказывал молодому человеку об ионосферной станции и научных проблемах, которые мы пытаемся решить. “Начальство приехало” — подумали мы с Витей. Как мы хохотали потом, когда узнали, что “начальство” — это студент Лева Ерухимов. Потом мы вместе со Львом занимались исследованиями ионосферы с помощью спутников, воздействием на ионосферу мощными радиоволнами. Мы ездили вместе в экспедиции, на совещания и конференции, на ионосферные школы. Лопарская и Темрюк, Мурманск и Иссык-Куль, Ленинград и Харьков, Алма-Ата, Апатиты и Сочи и т.д., и т.п. Мы стали друзьями, вместе встречали Новый Год (и одновременно день его рождения), вместе радовались успехам и переживали неудачи.

Жизнь Льва была полной и счастливой — прекрасная семья, отличные учителя и преданные друзья, любимая работа, большие успехи в науке, способные ученики. И планы — что надо делать, когда и как надо делать. Все у него было логично и четко, хотя иногда и слишком эмоционально. Его идеалами в науке и жизни были два человека — Г.Г.Гетманцев и В.Л.Гинзбург. Он много взял от своих учителей и много дал своим ученикам. В.Фролов, В.Урядов, Е.Мясников, А.Рахлин, Л.Каган, С.Метелев, Е.Сергеев, А.Беленов, Н.Муравьева и многие другие — это гордость 8 отдела, им Лев дал путевку в науку.

На моих глазах началась и закипела жизнь Льва в науке. Здесь его первые увлечения ионосферными линзами (позднее гравитационными линзами в Галактике), статистика радиосигналов ИСЗ и ионосферные неоднородности (позднее — мерцания сигналов квазаров и пульсаров и межзвездные неоднородности), оперативное прогнозирование ионосферного распространения радиоволн (позднее — управление параметрами искусственной ионосферной турбулентности и распространением радиоволн), искусственное радиоизлучение ионосферы и концепция ионосферы как природной космической лаборатории. Именно в науке видна многогранность Льва: он сумел внести Львиный вклад в различные области радиофизики.

У Льва были свои хобби. Многим известны его блестящие экскурсии в поэзию, прозу и телевидение. Менее известно его увлечение нейтронными звездами, структурой Вселенной и тайнами микромира.

Еще в далекие 60-е годы его учитель Г.Г.Гетманцев, глядя на задумавшегося Льва, шепотом говорил: “Тихо, Лев ушел в субстанцию”. По шутливому признанию молодого Льва “субстанция” ему особенно удавалась, когда он сидел в ванне... На его книжных полках и на письменном столе каждый год прибавлялись книги типа “Кварки и лептоны”, “Физика черных дыр”, “Введение в суперсимметрию и супергравитацию” и др. Долгие годы наши кабинеты были рядом. Иногда я слышал его восторженный голос: “Коля, иди сюда, что я придумал!” И счастливый Лев проверял на мне свои блестящие задумки. Это могло быть аналогией между дисперсионным уравнением плазменных волн и уравнением возмущений в физическом вакууме или еще что-то. Он пришел в восторг, когда массу электрон-позитронной пары удалось выразить через комбинацию постоянной Хаббла, гравитационной постоянной, скорости света и заряда электрона. Он стоял на пороге новой концепции Макро- и Микромира и готовился опубликовать ее. “Медлить нельзя, — говорил он, — идеи рождаются одновременно в двух-трех местах”.

Очень небольшая часть его мыслей о “субстанции” вошла в его оригинальные Соровские лекции: “Космические спирали или проблемы неоднородной структуры Вселенной”, “Эффект Доплера или от паровозных гудков до цветомузыки Вселенной”, “Ионосфера Земли как космическая плазменная лаборатория”, “Космические линзы и их роль в исследовании Вселенной”.

За рамками краткой статьи остаются многие важные грани Льва: Лев и экспедиции во все уголки тогда еще СССР, Лев и статистический семинар (непрерывно с Сумасшедшими Идеями), Лев и учебный процесс (в том числе Соровский профессор), Лев и “Известия вузов. Радиофизика”, Лев — Администратор, Лев и международная наука (включая Международные Школы), Лев — литератор (Поэт, Писатель, Сценарист), Лев и его Семья (Муж, Отец и Дед), Игры и Игрища Льва (от шахмат до пле-

бейского “Козла”), Лев на отдыхе (санатории, Волго-Дон 24, отдельные застолья и т.д.)

Впечатление о гладкости жизни и творчества Льва не верно. Льва били, и били больно. Лев давал сдачи, и давал сильно. Два факта. Первый. Докторская диссертация Льва обростала в ВАКе отрицательными отзывами, пока Лев не доказал там свою правоту. В 1980 году он стал доктором физ.-мат. наук. Второй. В личном деле Льва сохранилось заключение аттестационной комиссии НИРФИ от 27.03.87: “Принимая во внимание решения партбюро и профкома, комиссия рекомендует провести через год повторную аттестацию Л.М.Ерухимова”.

Лев выстоял. Не приспособился, не стал на колени. Он всегда умел отстаивать свою, Львиную правоту. Именно это, на мой взгляд, было главным в характере Льва.

В.А.Алимов (1998 г.)

Жила бы страна родная

1. Льдина

Я пришел на работу в отдел ионосферных исследований НИРФИ в 1966 г. В то время заведующим отделом был профессор Г.Г.Гетманцев. После короткого собеседования с ним я был направлен в группу Л.М.Ерухимова. Собственно такой группы как отдельного научного коллектива у Л.М. тогда не было. Он недавно защитил кандидатскую диссертацию и работал в отделе старшим научным сотрудником. Но Г.Г., верный своим принципам, поручил молодому кандидату наук руководить научно-исследовательской работой, выполнявшейся по решению директивных органов страны.

Работа имела шифр “Льдина” и предусматривала проведение комплексных радиофизических исследований особенностей распространения радиоволн в полярной ионосфере при радиопросвечивании ее сигналами ИСЗ. Номинально это было развитием тех исследований, которые проводил Л.М. ранее на полигоне НИРФИ в Зименках при работе над своей кандидатской диссертацией. Но фактически исследования при работе над диссертацией и при выполнении, а тем более научном руководстве, правительственной НИР отличались, как Небо от Земли. В первом случае, фактически Л.М. работал сам с собой и над собой: над повышением своей научной квалификации. Когда же он стал руководителем крупной НИР, то ему было передано в непосредственное подчинение несколько групп исследователей в НИРФИ и в Полярном геофизическом институте КФ АН СССР в Мурманске, который был основным соисполнителем.

Следует заметить, что работа по теме “Льдина” предусматривала проведение натуральных экспериментов по приему сигналов пролетных ИСЗ в

полярной ионосфере, т.е. проведение выездных экспедиционных работ в полярных районах страны.

Надо было подготовить необходимую приемо-регистрающую аппаратуру для приема сигналов ИСЗ с учетом возможных особенностей распространения их в высокоширотной ионосфере. А это предполагало проведение предварительных сугубо технических и теоретических проработок этих вопросов.

Надо было организовать экспедиционные работы на полигоне ПГИ на Кольском полуострове (на станции Верхнетуломской). А это означало формирование, техническую подготовку, обеспечение нормальных, насколько это возможно в экспедициях, условий для работы и быта тех отрядов исследователей, которые должны были работать по вахтовому методу на Севере.

Наконец, надо было организовать первичную обработку полученных записей сигналов ИСЗ, их научный анализ. Надо было дать заключение о работе радиосистем специального назначения в условиях высокоширотной ионосферы. Причем на все про все было отпущено 2 года. К середине 1967 года работу следовало завершить.

И все это легло на плечи молодого кандидата наук Л.М.Ерухимова. Не надо забывать, что шли 60-е годы, когда ситуация в мире и положение в нем СССР были достаточно сложными. И хотя и директор НИРФИ (в те годы им руководила профессор М.Т.Грехова) и зав.отделом Г.Г.Гетманцев и создавали необходимые предпосылки для нормальной, творческой работы в институте и отделе, но персональную ответственность за выполнение НИР нес научный руководитель.

Можно было бы подробно рассказать, как молодой ученый Л.М.Ерухимов решал поставленную перед ним задачу. Но за недостатком времени я приведу лишь сценарий его действий.

Он работал, как одержимый, как будто его самого запустили на орбиту ИСЗ и он не может остановиться. Он давал заказы на разработку специальной аппаратуры в производственные мастерские института. Ехал в Зименки и лично руководил работами по доводке и проверке аппаратуры для приема сигналов ИСЗ. Формировал и направлял экспедиционные отряды на Север. Лично несколько раз, особенно во время первых экспедиций, летал в Верхнетуломскую на отработку программы измерений и проведение самих измерений. Возвращаясь в Горький, давал необходимые указания по развертыванию работ по обработке полученных на Севере экспериментальных данных.

Следует отметить, что в 60-е годы обеспеченность вычислительной техникой была довольно низкой, и обработка фотозаписей и лент самописцев велась практически вручную. Это был изнурительный, но необходимый труд, который выполняли несколько лаборантов. Все они работали в одной комнате №408 отдела, которую мы в шутку называли ЕВМ-408

(Ерухимовская вычислительная машина-408). Ерухимов сам разрабатывал методику обработки записей сигналов ИСЗ, сам проводил обработку первых полученных на Севере записей сигналов и сам контролировал ход обработки экспериментальных данных. После получения первых результатов садился в самолет и летел в Мурманск, чтобы, как он выражался, “поддержать моральный дух” сотрудников, работавших в тяжелых экспедиционных условиях. При этом он никогда не расставался с ручкой и тетрадкой, успевая на ходу проводить теоретические расчеты, предусмотренные Техническим Задаaniem на НИР.

В конце концов весной 1967 года мы вышли на завершающую стадию работ по теме. 30 июня Л.М. должен был представить на подпись директору института М.Т.Греховой переплетенный отчет по НИР. И вот тут Ерухимов перекрыл, по-видимому, все свои предыдущие рекорды. Вирсумом работы он заразил меня. И мы вдвоем оставались в институте допоздна, а в последние дни июня иногда работали над отчетом по теме ночью. Но отчет был готов в срок. Он был сдан и принят государственной комиссией с высокой оценкой.

Это был дебют Л.М. в роли научного руководителя крупной правительственной НИР. После НИР “Льдина” было много других научно-исследовательских работ, выполнявшихся по Постановлениям директивных органов страны, в которых он выступал как организатор и руководитель экспериментальных исследований по тематике выполнявшихся НИР. Достаточно перечислить некоторые районы страны и мира, где проводились эти экспедиционные работы (Ашхабад, Душанбе, Котлас, Мурманск, бассейн Волги и Камы, Атлантический и Индийский океаны), чтобы представить себе, насколько многообразной была география этих работ.

2. Инкубатор

В своей недавно вышедшей книге воспоминаний об истории становления радиофизики в 50–80-х годах в Горьком профессор М.А.Миллер весьма красноречиво отметил роль государства в развитии науки. Он именуется его “Государством” с Большой буквы. Это Государство преднамеренно осуществляло повышенное финансирование прикладных НИР с целью частичного использования этих средств на собственно научные нужды.

Именно этим обстоятельством в конце 60-х – начале 70-х годов блестяще воспользовался Л.М.Ерухимов. Он параллельно с работой по прикладной тематике начал целенаправленную работу по подготовке молодых научных кадров, используя для этой цели часть средств от НИР. Фактически он организовал научный инкубатор. Для этого он привлекал, в основном, студентов–радиофизиков госуниверситета им.Н.И.Лобачевского, где он преподавал спецкурс на радиофизическом факультете. Это были студенты старших курсов, и в НИРФИ они готовили курсовые и дипломные работы. Затем наиболее способных из них Л.М. брал на работу

в НИРФИ. Но при этом они фактически занимались 2–3–5 лет под его руководством чисто научной работой, повышая свою квалификацию и готовя кандидатские диссертации. Когда уровень их подготовки становился достаточно высоким, Ерухимов начинал привлекать их к выполнению отдельных задач по прикладной тематике, продолжая опекать в научном плане.

Через этот инкубатор прошли многие нынешние его ученики, кандидаты и доктора наук. Фактически этот инкубатор стал основой для формирования научной школы, которая официальное признание получила, к сожалению, лишь в последние годы.

Условия для научной работы в инкубаторе Ерухимова были таковы, что одна из его учениц, спустя много лет после окончания инкубатора, где-то в начале 90-х годов сказала, что “как хорошо было раньше заниматься научной работой — никаких проблем с финансированием не было”, т.е. она в то время даже не задумывалась, что эти деньги руководитель инкубатора зарабатывал, участвуя в работах по прикладной тематике.

Что касается уровня подготовки научных кадров в инкубаторе Ерухимова, то достаточно привести такой пример. В 90-х годах, когда в стране начался известный процесс “реформирования”^{*} науки, некоторые из учеников Ерухимова уехали за рубеж. Там они поступили на работу по своему профилю радиофизика-исследователя в престижные иностранные фирмы. В настоящее время — это ведущие специалисты этих фирм. При той острой конкуренции, которая существует в зарубежных фирмах развитых государств, это обстоятельство лучше всяких слов говорит об уровне их научной квалификации, полученной в инкубаторе Ерухимова. К сожалению, в своей стране эти высококвалифицированные специалисты оказались невостребованными.

3. “Жила бы страна родная...”

Многие люди, особенно старшего и среднего поколения, хорошо помнят фильм “Девять дней одного года” — фильм о физиках-атомщиках. В конце фильма есть такая сцена, когда умирающий от белокровия физик Гусев (его роль блестяще исполнил молодой Алексей Баталов) беседует с отцом. На вопрос отца о том, делал ли он атомную бомбу, Гусев отвечает: “Если бы мы ее не сделали, то не было бы у нас с тобой этого разговора.” Образ физика Гусева — это собирательный образ ученых физиков 60-х годов. Для людей тех лет — шестидесятников — девизом жизни были стихи песни из известного кинофильма “Тревожная молодость”:

^{*}“Реформирование” — слово иностранное. В настоящее время в России оно переводится как “сокращение”.

Забота наша простая,
Забота наша такая:
Жила бы страна родная
И нету других забот.

Именно таким человеком, для которого превыше всего были интересы дела, был и Л.М.Ерухимов. Он не делал атомную бомбу, поскольку это был не его научный профиль, но он сделал много других полезных вещей для страны (в частности, например, в ходе натуральных экспериментов в 60-е годы исследовал радиофизические последствия атомного взрыва, чтобы люди смогли защищаться от этой самой атомной бомбы, раз уж она была создана).*

Мне кажется диким, когда некоторые буйные головушки сейчас начинают говорить, что все то, что делалось физиками в 60-х–80-х годах в стране — все это было бессмысленно, все это не нужно. Этим людям надо, наконец, понять, что все то, чем они сейчас пользуются, было создано в той стране, которую они ругают, теми людьми, для которых дело было превыше всего. Сейчас чуть ли ни официальным девизом жизни в России провозглашаются стихи из известной песни Л.Долиной:

Главней всего погода в доме,
А все другое – суета.
Есть я и ты, а все, что кроме
Легко уладить с помощью зонта.

При таком понятии о предназначении человека в обществе нечего и думать о становлении России как самостоятельного государства.

Я считаю, что именно шестидесятники, такие люди, как Л.М.Ерухимов, как раз своей жизнью и показывают народу, что главней всего в нашем общем Доме — России. Без признания реальных заслуг этих людей-тружеников (не политиков!) в том потерянном государстве, именовавшемся СССР, надеяться на возрождение России не приходится. По крайней мере, с этого надо начинать.

В.Ю.Трахтенгерц

Вспоминая Л.М.

Когда Л.М. не стало, возникло ощущение, что стало меньше света, как-будто спустились сумерки. Это ощущение не покидает меня до сих пор.

*Что касается вклада Л.М. в науку, то это отдельная большая история.

Л.М. был необыкновенно яркий человек. Некоторых, возможно, это раздражало, но те, кто был как-то к нему близок, согревались в его лучах. Мне повезло. Я не был связан с ним административными и служебными делами, у нас просто были общие интересы в науке, песнях, стихах, вообще, в отношении к жизни. Л.М. был талантлив во многих ипостасях. С ним было легко и интересно, и секрет этого — в его щедрости, доброте и постоянных творческих исканиях. Мне его доводилось часто наблюдать на конференциях, школах, в экспедициях, на праздничных мероприятиях и при их подготовке. Всегда он что-то придумывал, будь то научная идея, стих или песня, что-то организовывал, за кого-то переживал, и это происходило непрерывно. Он обладал колоссальной притягательной силой. К нему тянулись молодежь, друзья, ученики, ученые из разных стран. Возможно, Л.М. был не столь удачлив во взаимоотношениях с чиновниками и администраторами, не мне об этом судить, но Лев, окруженный друзьями-коллегами и учениками, обладал огромной пробивной и организаторской силой. Достаточно вспомнить Сочинские школы по физике ионосферы, Международные конференции по физике космической плазмы на теплоходах, конференции по распространению радиоволн и активным экспериментам в России и в Среднеазиатских республиках, его многолетний постоянно действовавший семинар в НИРФИ. И мало кто так бережно сохранял память о своем учителе, как Л.М. о Г.Г.Гетманцеве. Л.М. принадлежит важнейший вклад в развитие основных направлений по физике ионосферы и распространению радиоволн, сделавших НИРФИ ведущей организацией в мире по этим направлениям. Здесь, конечно, следует говорить о великолепной пятерке, которую возглавлял Г.Г.Гетманцев, и в которую вместе с Л.М. входили Е.А.Бенедиктов, Н.А.Митяков и В.О.Рапопорт. Н.А.Митяков и В.О.Рапопорт до сих пор активно работают, во многом определяя высокий уровень атмосферных и ионосферных исследований в НИРФИ. Для Л.М. были характерны чрезвычайно широкие научные интересы, которые делились как бы на две группы. Одна группа включала разнообразный спектр экспериментальных и теоретических исследований прикладного характера, позволявших “заработать на хлеб” большому коллективу сотрудников Л.М. Это — неоднородная структура ионосферы, рассеяние и сверхдальнее распространение радиоволн, спутниковая интерферометрия, активные эксперименты в ионосфере и др. И вместе с тем его хобби — работы по эффектам за пределами Солнечной системы, где он мог дать волю своей неуемной творческой интуиции и фантазии. Это работы по флуктуациям излучения пульсаров, по рассеянию гравитационных волн и, наконец, новые идеи по устройству элементарных частиц. Особенно хотелось бы вспомнить последний цикл работ Л.М. по альвеновским вихрям во внешнем электрическом поле, выполненный совместно с его учениками, теперь д.ф.-м.н. Л.Каган и Е.Мясниковым.

К сожалению, творческий расцвет Л.М. пришелся на очень трудное для Российской науки и, особенно для НИРФИ, время перестройки. И, конечно, Л.М. не мог оставаться в стороне в сложившейся ситуации, а будучи очень неравнодушным и ранимым человеком, страдал, я думаю, больше всех.

Другим и, может быть, самым важным хобби для Л.М. была его семья, которую он любил с трогательной нежностью и преданностью и которой посвятил свои лучшие стихи и песни. Но это тема для отдельного разговора.

Л.М. останется навсегда в памяти его друзей, и наверно, пришло время возобновить его детище и вновь организовать в Н.Новгороде Международную конференцию по физике космической плазмы.

В.П.Урядов

Воспоминания об Учителе

С Л.М.Ерухимовым впервые я встретился осенью 1965г. Нашу группу с кафедры распространения радиоволн пригласили в НИРФИ на встречу с Г.Г.Гетманцевым, в отделе которого работал Лев Михайлович. Сначала выступал Герман Григорьевич, затем — Лев Михайлович. Он интересно, с увлечением рассказывал о направлении работ отдела, связанных с радиоастрономическими задачами, физикой ионосферы и распространением радиоволн. Его яркий рассказ, подача материала, манера держаться произвели тогда на меня большое впечатление. Считаю, что мне повезло в самом начале моей деятельности работать под руководством такого замечательного человека и большого ученого, каким был Л.М.Ерухимов.

Что мне больше всего запомнилось от многолетнего сотрудничества с Львом Михайловичем? Он был открыт для всех, очень доброжелательный и равный со всеми, независимо от возраста и научных регалий. Лев Михайлович не занимался мелочной опекой, поддерживал инициативу, самостоятельность, в то же время был требовательным и принципиальным в научных вопросах. Критика его не вызывала обиды, а, наоборот, пробуждала желание работать, что очень важно при формировании научного работника. Эта его черта проявлялась и на семинаре, руководителем которого он был на протяжении нескольких десятков лет. Лев Михайлович был терпим к различным точкам зрения, его комментарии к докладу не были болезненными для докладчика, напротив, докладчик ощущал поддержку и интерес к своей теме, даже если он был где-то неправ.

Лев Михайлович генерировал много идей, часть из которых подхватывалась и разрабатывалась его учениками. Так, в начале 70-х годов, когда были построены мощные нагревные стенды для проведения экспериментальных исследований взаимодействия мощного радиоизлучения с

ионосферной плазмой, Лев Михайлович выдвинул идею захвата (вывода) радиоволн из ионосферного волнового канала за счет рассеяния на искусственных мелкомасштабных неоднородностях. Это направление в дальнейшем вылилось в теорию и практику возбуждения ионосферных волновых каналов за счет рассеяния радиоволн на ионосферных неоднородностях естественного и искусственного происхождения.

Лев Михайлович с энтузиазмом, но в то же время придирчиво относился к новым результатам и требовал проведения контрольных экспериментов, нередко сам принимая в них участие. Вспоминаю такой эпизод. В августе 1975г. мы обнаружили эффект вывода радиоволн из ионосферного канала за счет ракурсного рассеяния на искусственных неоднородностях. Тогда мы торопили его с публикацией, но он не форсировал события, полагая, что надо исследовать этот эффект в различных условиях. Было организовано несколько экспедиций в Волгоградскую область, и во время одной из них зимой к нам приехал Лев Михайлович. Был сильный мороз, а мы работали в неотопляемом помещении. С приездом Льва Михайловича атмосфера сразу изменилась. Он все время менял программу эксперимента с нагревом и нам приходилось постоянно бегать на почту и звонить в Горький, мороз мы уже не замечали. И вот когда мы проверили различные режимы работы и Лев Михайлович убедился в наличии эффекта, он стал тут же писать статью. А писал он очень быстро и несомненно обладал не только научным, но и литературным талантом.

Большой запас знаний, высокая общая культура и легкий характер позволяли ему быстро переключаться на новые задачи. В начале 80-х годов Л.М.Ерухимовым было поддержано направление работ, связанное с разработкой, созданием и внедрением в практику ионосферных исследований нового поколения ионозондов, основанных на использовании сигналов с линейной частотной модуляцией (ЛЧМ ионозонд). Тогда был бум с модернизацией импульсных ионозондов, этим занимались известные коллективы в стране и отстаивать новое направление, встречавшее сильное сопротивление, было не простой задачей. Жизнь показала, что Л.М.Ерухимов был прав.

Мне приходилось бывать с Львом Михайловичем в различных ситуациях. Запомнились поездки с ним в Москву в начале 80-х годов к Заказчику на сдачу НИР. Заказчик очень скрупулезно следил за выполнением пунктов ТЗ и при приемке темы иногда происходили серьезные баталии. Но в процессе обсуждения наши коллеги подпадали под авторитет и обаяние Льва Михайловича, и он умел быстро улаживать возникавшие шероховатости при приемке НИР.

Его постоянный интерес к новому, энтузиазм, увлеченность заряжали оптимизмом всех, кто с ним общался. Благодаря широкому научному кругозору Л.М.Ерухимова, его высоким душевным качествам вокруг него создавалась атмосфера истинно научного поиска. Все это послужило зало-

гом того, что Львом Михайловичем была создана научная школа, ставшая известной не только у нас в стране, но и за рубежом. Роль Л.М.Ерухимова как лидера научного коллектива особенно была заметна в последние трудные для науки годы. Решение многих вопросов Лев Михайлович брал на себя, что позволяло его сотрудникам успевать адаптироваться к новым условиям.

В жизни Льва Михайловича было немало сложных периодов, но он прошел через все испытания, не растеряв жизнерадостности и доброжелательности к людям. Светлый образ Льва Михайловича — талантливого ученого и Учителя — останется со мной навсегда.

В. Фролов

Штрихи к портрету

Если вспоминать те долгие годы, которые прошли вместе со Львом Михайловичем Ерухиным в НИРФИ, то, пожалуй, первое, на чем хочется остановиться, это широта его восприятия окружающего мира. В науке он никогда не ограничивался какими-то рамками. Наметив цель, еще на подходе к ней он раздвигал дальше, шире пределы исследований. Получалось так, что он был всегда дальше этой цели. Ему всегда было тесно в рамках поставленной задачи. Она как-то уходила на задний план, он искал выходы дальше, вперед. Эта его моторность, есть такое выражение, она действительно заражала всех, кто был вокруг него. Нельзя было остановиться, потому что всегда рядом был человек, который говорил: “Всё! Хватит этим заниматься! Надо двигаться дальше, делать что-то ещё...”

Здесь я хотел бы привести один пример, хотя он и не совсем удачный с точки зрения реализации задуманного. Многие хорошо знают, что по инициативе Г.Г.Гетманцева в начале 80-х годов в НИРФИ был построен стенд “Сура”. Существенно меньше людей знают, что приблизительно в те же самые годы по инициативе уже Л.М.Ерухимова был построен еще один низкоширотный стенд “Гиссар” в районе г.Душанбе. Маленький такой (в смысле маломощный) стенд, но мы все с очень большим удовольствием ездили туда работать, потому что там нам оказывался необычайно тёплый прием — восточный. Нас там очень хорошо встречали, пока не развалился Советский Союз. К слову, именно на этом маленьком стенде, как это ни странно, были начаты некоторые очень значительные эксперименты, которые мы потом уже повторяли и развивали на стенде “Сура”. Но зачем нужно было потратить немало сил, чтобы построить еще один маленький стенд? Уже в те годы Лев Михайлович был заражен идеей, что широта стенда Гиссар находится в досягаемости орбитальных

космических станций (например, Салюта-7). И он предлагал, что как бы было здорово взять да выбросить с борта станции химические реагенты прямо в пучок мощных радиоволн. Этим самым существенно изменить условия и возможности эксперимента. Нам тогда казалось, что эта задача уже где-то на грани фантастики. Действительно пробить такой эксперимент, организовать одновременную согласованную работу различных космических служб, развернуть системы диагностики и т.д., и т.п. К сожалению, этот эксперимент нами не был проведен в силу известных причин: СССР развалился, мы потеряли стенд в Душанбе (он был полностью уничтожен, разграблен), и теперь нам эти эксперименты провести просто невозможно. Однако, как и во многих других случаях, идея Льва Михайловича в действительности оказалась вполне реальной: такие измерения были выполнены на стенде Аресибо в середине 90-х годов и были получены очень красивые результаты.

И еще что я хотел бы сказать... Лев Михайлович никогда не сковывал нашей инициативы в проведении экспериментов. Часто мы вольны были сами заказывать программы на стендах и планировать свои выезды. И все же его направляющая рука чувствовалась, но чувствовалась не через указания и приказы, а через постоянные обсуждения получаемых результатов, в которых выкристаллизовывалось что-то новое. При этом его вопросы, отнение важного, предложение измерений, которые он сам бы хотел провести, незримым образом выправляли направления нашего поиска. В этом было одно из его достоинств как Учителя.

Е.Н.Мясников, 2001г.

Воспоминания об Учителе

Я поступил на работу в НИРФИ в 1975 году после окончания радиофизического факультета ГГУ, будучи предварительно дипломником у Льва Михайловича Ерухимова. Начиная с дипломной работы, он поставил мне задачу по исследованию свойств возбуждаемой мощным радиоизлучением искусственной ионосферной турбулентности (ИИТ) с помощью радиопросвечивания ионосферы радиосигналами искусственных спутников Земли (ИСЗ). Первая моя командировка была в г.Котлас для участия в совместном с ИЗМИРАН эксперименте по радиопросвечиванию области ИИТ сигналом геостационарного ИСЗ. Экспедиция началась с неожиданного осложнения. В том году в начале лета были очень сильные дожди, и автомобильная трасса оказалась в ряде мест затопленной, так что отправленная нами перед отъездом грузовая автомашина ЗИЛ-131 с аппаратурой вернулась в Горький, в то время как мы ожидали ее в пункте назначения. В этой ситуации Г.Г.Гетманцев и Л.М.Ерухимов приняли неординарное

решение: доставить аппаратуру самолетом АН-24, на который она и была перегружена прямо с колес автомобиля. Мы встречали рейс в аэропорту г.Котлас и также, как и местные грузчики, были сильно удивлены, когда увидели, что ящики с аппаратурой были размещены на сиденьях в салоне, а антенные мачты, колья, бухты кабелей навалены в центральном проходе. Трудно представить, что такое могло бы быть допущено сейчас при отправке самолета в рейс. Лев Михайлович всегда гордился тем, что таким образом экспедиция была “спасена”, в ней были получены важные результаты о форме спектра ИИТ на разных высотах, не потерявшие и сегодня своей актуальности.

Одной из проблем, интересовавших Льва Михайловича при изучении неоднородной структуры верхней ионосферы, был вопрос о неустойчивостях, которые могут приводить к ее возникновению, при этом центральное место всегда занимал вопрос о механизмах генерации низкочастотных поляризационных электрических полей, вызывающих неустойчивость возмущений плазмы. Эти поля должны исчезать вследствие эффекта “короткого замыкания” при условии, что степень вытянутости неоднородностей в направлении магнитного поля становится ограниченной. В этой связи он считал важными исследования спектральных характеристик неоднородной структуры высокоширотной естественной ионосферы. Они проводились нами совместно с сотрудниками Полярного геофизического института (г.Мурманск) В.И.Косолапенко и А.А.Боголюбовым, впоследствии защитившими диссертации под руководством Льва Михайловича. Здесь были получены данные о форме спектра неоднородностей в направлении геомагнитного поля и выполнены исследования спектральных особенностей авроральных “пэтчей” (локальных структур, где мелкомасштабные неоднородности наиболее сильно развиты.

Другая проблема, которой Лев Михайлович уделял особое внимание, был вопрос о механизме диффузии неоднородностей в верхней ионосфере. При сопоставлении времен релаксации искусственных неоднородностей, наблюдавшихся при радиопросвечивании ИИТ сигналом ИСЗ и методом ракурсного рассеяния, мы пришли к выводу о возможности реализации в ионосфере так называемого дипольного режима диффузии, при котором диффузия поперек и вдоль магнитного поля протекает независимо и характеризуется минимальными диффузионными коэффициентами — амбиполярным поперечным и амбиполярным продольным. Теория релаксации флуктуаций электронной концентрации в магнитоактивной плазме предсказывала существенно более быстрый процесс — униполярную диффузию, при которой электронная и ионная компоненты возмущения могут диффундировать независимо друг от друга. Обсуждение этой проблемы привело нас к работе об ионосферных МГД-“волчках”, в которых генерируются непотенциальные электрические поля, приводящие к возможности установления дипольного режима диффузии для возмущений

плотности плазмы, а также к их вращению в плоскости, ортогональной магнитному полю.

В работе отделения, руководимого Львом Михайловичем, важное место играл так называемый “Статистический семинар”, который он сам организовал и работой которого он руководил на протяжении почти 20 лет. Каждый 10-й семинар, как было заявлено в программе семинара, должен был содержать какую-то безумную идею. Таких безумных идей очень много предлагал сам Лев Михайлович. Однажды была у него такая безумная идея, он ее высказал в 91-м году: организовать в Нижнем Новгороде международную школу по физике космоса. Вообще говоря, эту идею все восприняли как действительно безумную. Дело в том, что для того, чтобы провести школу на международном уровне, необходимо преодолеть очень большие сложности, которые неизмеримо возросли в не лучшие для науки годы в начале 90-х. Тем не менее, ничто уже не могло остановить Льва Михайловича. Было принято решение провести эту школу на Волге. И вот первая школа была проведена в 1993 году, вторая, более представительная — в 1995-м году и последняя — в 97-м году, когда ему оставалось жить всего полгода.

Широкая эрудиция и исключительная фантазия Льва Михайловича позволяли ему находить решаемым в ионосферных задачах проблемам аналогии в других областях знаний, в частности, он был убежден, что с использованием уравнений физики плазмы можно существенно продвинуться в таких науках, как макроэкономика или теория образования частиц. Дискуссии по этим проблемам обычно возникали спонтанно в процессе деловых споров и оставляли яркие впечатления. К сожалению, тому, о чем он мечтал заняться в будущем, теперь уже не суждено осуществиться.

Bo Thidé, Uppsala, October 2001

Lev Mikhailovich Erukhimov
dear friend, remarkable physicist,
and a truly great human being

The first time I met Lev Mikhailovich Erukhimov was at the International Symposium on the Modification of the Ionosphere by Powerful Radio Waves in Suzdal, Russia (then Soviet Union), in September, 1986. Already the first evening I was invited to Lev's hotel room, where friends and colleagues had gathered to relax and discuss, and for as long as I live I shall cherish the memory of the magic warmth that filled the room that night. Over the years that followed I, together with my Swedish colleagues and members of my family, was most fortunate to enjoy the same warmth during innumerable dinners together with Lev, his dear wife Elena, daughter Tatyana and son

Victor in their Nizhniy Novgorod home. I shall forever remember these dinners and the fascinating, and for me most elucidating, discussions on physics, politics, and poetry that we had and pursued ever after.

A few years after that magic evening in Suzdal, glasnost' and perestroika had transformed Lev Mikhailovich's native Russia, his home town Gor'kiy–Nizhniy Novgorod, and his home institute NIRFI. These reforms paved the way for a scientific collaboration within the excellent scientific environment of Nizhniy Novgorod, which had been closed for the rest of the world for so many years during the Soviet era. As a result, in 1990 my group from Uppsala, together with Dr. Paul Bernhardt from the US, were able for the first time to successfully carry out a joint experimental campaign at the NIRFI ionospheric research facility “Sura” near Vasil'sursk, to be followed by a second “Sura” campaign one year later and others after that. At this time, Lev's and my acquaintance had transformed into a deep mutual friendship and respect to be further cemented during Lev's visit at our institute in Uppsala, Sweden, for a couple of months in 1992 and even more so during his second visit in Uppsala the following year.

During Lev's Uppsala sojourns, our plans for the first Volga Summer School began to crystallise. But we also found time to co-author articles and to prepare a video film on Uppsala. After extremely hard but stimulating preparatory work for the Volga Summer School, seasoned by such diverse matters as visa red tape, logistic problems associated with the transportation of participants from Moscow to Nizhniy Novgorod and back, and monetary nightmares due to the Rouble not being a convertible currency, we managed somehow to gather 130 students and lecturers, among them Nobel Laureate professor Antony Hewish and Academician professor Vitaliy L. Ginzburg who once had been so very instrumental in creating a world-class scientific milieu in Gor'kiy–Nizhniy Novgorod.

On the 31st of May 1993 all of us boarded the charming three-decker M/S “Turgenyev” at the Nizhniy Novgorod river station to sail into a twelve-day encounter with waves both on the majestic Volga river and in cosmos. It goes without saying that Lev Mikhailovich Erukhimov masterminded all the arrangements onboard and ashore while at the same time adding his own unique flavour to the scientific and social programmes. This was substantiated by Lev's ability, through excellent contacts with many of the very best physicists in the field both in Russia and abroad, to muster an impressive group of top lecturers at the highest scientific level. Another example of Lev Mikhailovich's vivid mind and unorthodox initiatives were the “crazy ideas” seminars where young and more experienced scientists alike were encouraged to present unusual and not necessarily fully worked out ideas on physics, in a friendly, creative, and non-competitive atmosphere. Lev's own “crazy ideas” lectures — in a Diracian vein — on Hubble's in the Universe were examples that made more than one of the audience think in new paths.

The success with the first school led to the second Volga International Summer School on Space Plasma Physics in 1995 with a record-breaking participation of 200 students and lecturers from all over the world requiring the huge four-decker ship "Mikhail Frunze." The third school followed in June 1997, aboard the M/S "Oktyabr'skaya Revolutsiy," again with the main burden carried by Lev Erukhimov and his NIRFI staff. However, we could all see that this time the malady had taken its toll of Lev's usual vigour and the Third Volga International Summer School on Space Plasma Physics was to become, irrevocably, Lev Mikhailovich's last physics school.

Among the many professional collaborations Lev and I had over the years, I particularly recall the campaigns at the "Sura" facility which have left an imprint not only in the physics literature but also in the hearts of those that embarked upon the enjoyable journey on the "Meteor" boat from Nizhniy Novgorod to the small village of Vasil'sursk and the ensuing, considerably more bumpy trip to the NIRFI facilities a few kilometres outside the village proper. The joint attempts to finish our book entitled "Space Plasma Laboratories" were futile — the time was too short. But it inspired me to continue the work and to write other books and for this I am very thankful.

The death of Lev Mikhailovich Erukhimov left us all in sorrow but also with fond memories of, and deep admiration for, a man with unique qualities both as a scientist and a human being, full of inspiration and optimism, always prepared to lend a helping hand, and determined to go ahead with the next summer school, even in the darkest moments when many of us were almost ready to give up. And if this was not enough, Lev Mikhailovich Erukhimov was also an accomplished poet, had a very good sense of humour, and engaged heavily in the teaching and promotion of physics among the very youngest students. If I had a brother, I wish it would have been Lev.

А.Литвак

Мы со Львом Михайловичем были знакомы на протяжении всей своей сознательной жизни, т.е. около 40 лет. И всё это время было довольно тесное общение. С самых студенческих лет мы оказались в одной компании, которая потом как-то продолжала существовать практически до сегодняшнего дня. Ну а общность была очень большая, потому что наши жёны, Льва Михайловича и моя, с первого класса учились вместе и до сих пор работают в одном отделе. Поэтому в нашей жизни было очень много всего: и студенческие вечера, и семейные праздники, отдельные мероприятия и даже отпуска совместные.

Он был очень светлый, обаятельный человек, большой учёный — и об этом тоже можно много говорить. Очень важно, что в последние

годы, очень тяжелые годы, он взвалил на себя большой груз обязанностей, став официальным директором одного из отделений НИРФИ, который оказался в очень трудном положении. Именно благодаря титаническим усилиям Ерухимова, который, уже будучи тяжело больным, все силы вкладывал в поддержание науки и много в чем приуспел, этот институт продолжает функционировать и сейчас и имеет множество хороших результатов. Так что его смерть — чрезвычайно большая потеря.

Ну может надо ещё сказать о том, что не всё у него было легко в его жизни. Много было у него трудностей, как и у всех. Жизнь его довольно жестоко била. Мы все знаем несколько серьёзных длительных ситуаций, в которых ему было очень трудно. Часть из них была связана с ситуацией в НИРФИ, в котором он работал. Но он слишком высоко ценил человеческую порядочность, научную добросовестность, верность тому делу, которому он служил. У него было много учеников и людей, с которыми он всю жизнь работал, и именно поэтому он взвалил на себя такой тяжелый груз, как руководство отделением. Он всегда достойно воспринимал удары судьбы и, если говорить по большому счёту, я думаю, что он был счастливым человеком, потому что у него была любимая работа, любимые увлечения, любимая семья, потому что у него действительно замечательные дети, внуки, которым он отдавал все свои силы. Всю жизнь он прожил с Еленой Яковлевной, которую очень любил и уважал. Нам от него много чего осталось, и в первую очередь — светлая память.

М. Петелин

Мне посчастливилось быть знакомым со Львом Михайловичем ещё в студенческие годы: мы с ним учились на одном курсе.

На университетских вечерах Лева был совершенно непревзойденным конферансье. На эти прекрасные вечера через все возможные щели проникали студенты со всех факультетов. И Лева был там самой яркой звездой.

Потом мы Лёвой работали в одном институте, но занимались разными задачами. Совместных работ с ним у меня не было, но он всегда был для меня светлым пятном. Наука (если так можно назвать род нашей деятельности) — дело нервное: как правило, Вы упираетесь много лет и не получаете ничего, о чем не стыдно было бы рассказать. Но, бывало повстречаешь в коридоре Лёвушку, перекинешься с ним парой слов — и, по крайней мере, на полчаса получишь облегчение.

А как-то в трамвае он поделился со мной опытом быстрого написания сносных статей: “Сначала я стараюсь писать как можно хуже, но предельно понятно для самого себя. Через месяц пытаюсь догадаться, что же я хотел сказать, и если это удастся, начинаю писать для других”. Этот рецепт я проверил — действительно получается. Могу рекомендовать другим.

Когда институт распался (по случайной, в общем-то, причине), на нашей дружбе это никак не отразилось. Мы нашим курсом собирались на 10-летие, 20-летие, 30-летие — Лёва был центром притяжения для всей нашей публики и, конечно же, членом оргкомитета.

Он очень много вкладывался в то, чтобы обеспечить значительную часть своего института хорошей тематикой и научными контактами. Думаю, что для НИРФИ преждевременный уход Льва Михайловича был существенным ударом.

А главное, человек он был светлый и чистый. Таким он и останется в памяти всех своих друзей.

М.Токман

Лев Михайлович действительно был очень ярким человеком, который оставил неизгладимый след в воспоминаниях тех, кто пересекался с ним, пусть даже очень немного. И если говорить о том, как он занимался физикой, то мне вот что на ум приходит. У каждого физика есть своё представление о том, что из себя представляет та область, в которой мы работаем. Самые расхожие сравнения: у кого-то — это храм, у кого-то — мастерская. Мне кажется, что Лев Михайлович воспринимал физику, как роскошный сад с чудесными цветами, роскошными плодами. Он ужасно любил по этому саду разгуливать со своими друзьями и знакомыми и дарить им вот эти чудесные цветы и плоды. При этом он конечно прекрасно знал все замаскированные дорожки, которые ведут от одного куста к другому, но как-то очень не выпячивал свою работу по прокладыванию этих маршрутов, а вот цветы и плоды он действительно раздаривал с удовольствием. Я в связи с этим вспоминаю такой случай. Как-то я с ним пересёкся при пересменке на турбазе и радостно поделился, что я подготовил для летней физ-мат школы лекцию, где удаётся очень легко объяснить такой тяжёлый для школьной да и вообще для “учебной” физики раздел о гироскопических эффектах, о полётах снарядов, и так далее. И он, выслушав сперва это, моментально профессионально “щёлкнул” в глубокую аналогию между полётом снарядов и эффектами в электродинамике плазмы. В общем-то, это довольно тонкая аналогия, но на этом он не задержался и тут же перешёл к тому, как же всё это рассказать в его любимой телепередаче для детей. И я сразу почувствовал, как он дорожку проложил от одного куста до другого, у него это заняло одну секунду. И он на этом не зафиксировался, а ушел дальше — он очень вкладывался в то, чтобы этот плод кому-то подарить. Ну и конечно жалко безумно, что он так рано от нас ушёл. Это грустно, но он сам-то человек был светлый, яркий и его, конечно, надобно вспоминать светло.

20 лет дружбы

Задолго до моего личного знакомства со Львом Михайловичем, 25 лет назад, я уже заочно знал его как маститого ученого и близкого друга моего, к сожалению, тоже покойного, учителя — Павла Викторовича Блюха. Первая встреча произошла в Сочи на одной из незабываемых Ионосферных школ. Лев был в числе организаторов, лектором и по праву вместе с А.Д.Даниловым — душой этих прекрасных научных сборов. Главной его чертой была юношеская увлеченность всем, чем бы он ни занимался. С “ватагой” молодых школьников он готов был до утра дискутировать о науке, поэзии, горланить песни, купаться в холодном море, карабкаться в горы, выпускать стенгазету, играть в блиц шахматы, сочинять частушки-пародии на лекторов и на себя... При всем этом он оставался мэтром и примером для подражания. Забегая на 20 лет вперед, замечу, что ему так и не удалось стать важным и “солидным”, к чему так стремятся многие, даже менее титулованные.

Очень быстро, как-то само собой, мы перешли на “ты”, и, несмотря на десятилетний разрыв в возрасте, к дружеским отношениям. Мне было легче, чем Левиным ученикам, которые должны были угнаться за темпераментом Учителя, я был представителем другой радиофизической школы и не должен был “отслеживать” все его указания и идеи. А их был МИЛЛИОН! Он так часто “генерировал”, что не хватало ни страниц знаменитых записных книжек, ни самих этих книжек, которые Лев попеременно, а зачастую и одновременно, доставал из карманов... Все друзья и коллеги привыкли к тому, что Лев что-то терял, забывал и перепутывал. Будучи как-то в Харькове, он ухитрился в разных местах забыть и потерять паспорт, обратный билет и пресловутую “справку”. Отзыв ведущей организации по моей кандидатской диссертации вместо защитного Совета в ЛГУ он послал в Харьков..., официальный отзыв на докторскую решил привезти для “надежности” сам (поскольку все равно ехал на распространенческую конференцию в наш город), но приехал на день позже защиты. Он знал за собой это качество и поэтому старался все записывать, вот, правда, надо было только еще запоминать, где это записано! Удивительно то, что на него никто за это не обижался, он так сильно огорчался своими “проделками”, что “жертвы” зачастую утешали его самого.

Лев, безусловно, был публичный ученый, сам увлекающийся человек, он обязательно должен был “зажечь” слушателей, всячески стараясь внести оригинальность и красоту в свои доклады, лекции и выступления. Он отлично знал поэзию, обожал Высоцкого и ухитрился снабдить стихотворными эпиграфами лекции по теории ионосферной турбулентности, по нагретым экспериментам или физике космической плазмы. На ходу

импровизировал, порой увлекаясь так, что вдруг переспрашивал слушателей: "... о чем это я?". На трибуне или у доски он был особенно красив и воодушевлен, независимо от настроения и самочувствия накануне, он жил этим, сам получал огромное наслаждение и щедро дарил удовольствие окружающим. Я многого не понимал в его теоретических выкладках, переспрашивал и неизменно получал ответ: "... ведь это же так просто!". Действительно, он настолько хорошо знал предмет, что многие промежуточные выкладки считал тривиальными и не мог допустить, что этого кто-то не знает. Надо мной он подтрунивал и говорил, что обязательно расскажет П.В.Блиоху какой у него "тупой" ученик. Лев Михайлович обладал незаурядным талантом педагога, всегда с ним было много учеников и особенно молоденьких учениц, что вызывало законную зависть у других мэтров, окруженных весьма почтенными последователями.

Лев был щедр на научные идеи и фантазии, хотя ему самому почти невозможно было рассказать что-то новое... Первой его реакцией было: "... я уже это придумал, знал, видел, опубликовал и т.д. в таком-то далеком году..." Спустя какое-то время, он вдруг спохватывался, видя огорчение "новатора", расхваливал и радовался чужому результату. Обожал наглядные и красивые физические результаты в картинках, которые показывал по городам и весям, делая рекламу автору.

В начале 80-х годов Лев Михайлович попросил меня и мою группу подключиться к нагретым экспериментам на "Суре", подарив нам радость делового и дружеского общения на долгие годы с ним самим и прекрасными, тогда ребятами, а теперь уже солидными — Лешей Беленовым, Женей Мясниковым, Володей Фроловым, Сашей Грачом, Милой Каган и Сережей Метелевым. Мы часто ездили в Нижний и Василь, они подолгу гостили в Харькове и Граково. Для нас это направление работ стало одним из самых продуктивных. Было совместно получено немало красивых результатов, пришло международное признание, опубликовано много статей, защищены всякие диссертации, а главное — выросла целая когорта горьковско-харьковских радиофизиков. Лев сам неоднократно приезжал к нам в Институт и на обсерваторию, и тут за ним надо было следить "в оба"... Ему страшно хотелось и нравилось самому пощелкать тумблерами, покрутить ручки настроек, пооткручивать кабели — а всего этого "добра" у нас было на установке в неограниченном количестве. Часто Леве, усыпив нашу бдительность и заговорив умными вещами, это удавалось! Он виновато выслушивал нашу экспериментаторскую ругань и картинно шлепал себя по рукам, обещая больше никогда не приближаться к приборам....

Прежняя жизнь подарила мне множество радостных встреч с профессором Л.Ерухимовым. Никогда не забыть юбилейное, двухсотое заседание его семинара — настоящий научный капустник или международные школы по Физике космической плазмы на теплоходе, плывущем по Волге,

семинары, организованные им вместе с ростовчанами в Абрау-Дюрсо... Лев был абсолютно контактным человеком, он легко и быстро приобретал друзей, несмотря на разность в возрасте и языковые барьеры. Он одинаково “свободно” владел английским, украинским, шведским, немецким и другими языками, поскольку разговорная речь сопровождалась изумительной мимикой, скоростной жестикуляцией, простыми рисунками и обрывками формул, то и дело переспрашивая собеседника по-русски: “...теперь понятно?”. Дружбой с ним дорожили не только мы — коллеги, но и наши жены, дети, которых он покорял мгновенно и надолго.

Лев был вспыльчивым человеком, но никогда не делал гадости в отместку. Бывали случаи наших горячих стычек, в основном, на почве научных разногласий, но он всегда “остывал” быстрее, предлагал мировую, оставаясь при своем мнении, и тут же снова начинал дискуссию...

Я отчетливо помню трагичность известия о кончине Льва (мне позволил Володя Фролов). За месяц до этого, перед его отъездом в санаторий мы по телефону несколько раз обсуждали план предстоящей измерительной кампании с участием наших американских коллег, в которой Лев, как всегда, предлагал новые эксперименты...

Я благодарен профессии за то, что она подарила мне 20 лет знакомства и дружбы с прекрасным человеком — Львом Михайловичем Ерухимовым, благодаря ему, моими близкими друзьями стали многие его ученики, в каждом из которых узнаваемы те или иные черточки Учителя.

Ю.Н. Черкашин, 7.11.01, Москва

Кем ты был, Лев Ерухимов?

Сказать, что Лев Ерухимов был яркой личностью, звездой значимой величины на небосклоне нижегородской школы радиофизиков второй половины 20 века, все равно, что сказать про льва, что он царь зверей.

Верно, но не емко. Говорить о Льве-ученом? Проще и правильнее услышать это от его учеников и сотрудников. Говорить же о сути такой личности сложно. Неясно, с чего начать и чем кончить. И все же решусь и попробую высказаться. И начну так, как часто начинал он: не видя еще логики изложения разворачивающихся в тебе и вокруг событий, но хорошо чувствуя суть явления и финиш рассуждений.

Прежде всего, хотелось бы обратить внимание на внутренне присущую ему артистичность. Играл он на сцене жизни самоотверженно, искренне и лично. Особенно удавалась ему роль лектора на школах и ведущего научными семинарами. Его интересно было слушать и видеть одновременно. Он мог при этом вызвать созидательное настроение. Аудитория созерцала рождение мыслей, казалось бы случайных, на первый

взгляд, но подготовленных, по сути, трудом изнуряющим и процессом творчества — творчества ежесекундно и в процессе изложения.

Так сложилась моя жизнь в Нижнем, что я испытал влияние многих ярких учителей радиофизической школы. Испытал влияние и личности — коллеги Льва, которое по силе могу сравнить с влиянием Михаила Адольфовича — талантливого учителя и надежного друга в критические моменты бытия.

Любил ли Лев молодых? Безусловно, да. И чувствовал себя с ними таким же молодым и одновременно умудренным опытом жизни. Последнее предлагалось в деликатной форме. Этот момент особенно важен в вопросах воспитания. Его энергия словесного излучения сильно флуктуировала в пространстве и во времени и неравномерно фокусировалась на излагаемый материал. Думаю, что не зря проблема случайностей заняла значительную часть его физического внимания. Но, безусловно, широта научных интересов Льва поражала воображение. Все это важно в воспитании молодежи.

Вызывал ли Лев зависть в окружающем его мире коллег? Наверное. Все понимают, что это плохое чувство. И все же меня оно тоже иногда захватывало. В оправдание могу сказать, что эта зависть была светлой.

Любил ли он поэзию? Да. Очень! Писал стихов много, разных. Я знаю одну обаятельную женщину и коллегу в НИРФИ, которая гордится стихотворной перепиской со Львом. Думаю, что поэзия занимала большую часть его жизни. Настоящая поэзия — чистое творчество. Творил он и в поэзии. И это отдельная, думаю яркая сторона его жизни, но я не готов ее обсуждать более детально.

Любил ли Лев слушать других? Ответ непростой. Существовал определенный порог, после которого он становился активным слушателем и даже соучастником происходящего, но уже на равных. Лев всегда реагировал на все новое и оригинальное, старался переосмыслить услышанное по-своему, по-ерухимовски. И думаю, получал удовольствие, слушая себя. Особенно ощущая поддержку аудитории.

Его отношение к личностям? Думаю, что очень контрастное — всегда либо положительное, либо отрицательное. Но для этого надо было быть личностью хотя бы в чем-то. Был ли при этом субъективен? Безусловно. Личность по сути активная всегда субъективна, и только в этом случае — она личность.

Легко ли было стать его другом? Думаю, что сложно. Одним из главных элементов дружеских уз он считал какое-то резонансное служение науке и делу, и признание его — Льва — Личностью!

Вот и все, что мне вдруг захотелось сказать, помня Льва живым. Закончу словами поэта Б.Пастернака, чуть перефразируя:

“Все время схватывая нить -
Судеб событий,
Жил, думал, чувствовал, любил,
Свершал открытия”.

И еще:

“Стремился жить без самозванства,
Так жил, что смог в конце концов
Привлечь к себе любовь пространства,
Услышал будущего зов”.

Э.С.Казимировский

Воспоминания.

Лев Михайлович Ерухимов, Лев, Лёва... Меня с ним связывают долгие годы дружеских добрых отношений. И не то чтобы мы уж очень часто встречались — где Иркутск, а где Нижний?, но конференции, семинары, Школы, рабочие совещания — это-то было... И уж там находилось место и время для горячих дискуссий, дружеского застолья, совместных прогулок, разговоров “за жизнь”, взаимных “пикировок” и эпиграмм... Все, кто знал Лёву, неизменно чувствовал обаяние его яркой личности, глубокий интеллект, искромётный талант физика “от Бога”, истинную порядочность, доброжелательность и великодушие. Для большинства из нас, его приятелей, он был “гигантом”, но к нашим скромным результатам в ионосферных исследованиях он всегда относился доброжелательно и с интересом, всегда был готов помочь...

В этом кусочке моих воспоминаний я хочу рассказать об эпизодах, связанных с участием Лёвы в работе так называемых “Сочинских Школ” по ионосфере, организатором и участником которых обязательно он был вместе со своими молодыми учениками. Таких Школ мы организовали, кажется, пять или шесть. Они проходили в молодёжном лагере “Спутник” между Хостой и Мацестой каждые два-три года, то весной, то осенью. Приглашались в качестве лекторов ведущие исследователи и из нашей страны, и из так называемых “стран народной демократии” — Болгарии, ГДР, Польши, Венгрии, Чехословакии. Но главное, конечно, — это слушатели, молодые научные сотрудники, ещё не “остепенившиеся”. Вот в их судьбе эти Школы, и не только лекции и дискуссии, но и свободное, абсолютно “неформальное” общение с “корифеями” сыграли огромную роль.

Атмосфера общения была деловой, полной увлеченности и наукой, и всеми радостями жизни, романтикой черноморского побережья, морем, молодым вином, окрестными красотами природы и ресторанчиками.

Юмор, дружеские шутки и “подначки”, эпиграммы, шаржи и традиционная капустническая “опера” или “оперетта” в конце Школы, исполняемая на финальном банкете, — всё это никогда не забудут “школьники”.

Лёва среди “школяров” был весьма колоритной фигурой. Во-первых, рано утром при любой погоде он купался в море, а затем (иногда дрожащий и посиневший) брёл обратно в свое жилище. Во-вторых, высокий, худой, кудрявый, с характерным “орлиным” профилем, он всегда был окружён группой желающих с ним что-то обсудить, спросить, поспорить. При этом было известно, что всё-таки большую часть суток Ерухимов проводит в одиночестве, в своей комнате, где “пишет формулы”. Это — дело святое и тут уж никто не решался ему мешать. Но главное, конечно, его лекции, которые старались не пропустить даже самые ленивые “слушатели”. Это были настоящие спектакли, которые мне лично доставляли чисто эстетическое удовольствие не столько по содержанию (я совсем не теоретик и многое для меня оставалось “за кадром”), сколько по форме. Темперамент, напор, эрудиция, яркие сравнения и метафоры, юмор, мгновенные ответы на самые “заковыристые” вопросы — в общем, огромное удовольствие, ей богу. Отдельные “перлы” я старался записать. Лёва использовал цветные фломастеры на “прозрачках”. И я пишу: “...можно найти зелененькое вон там наверху и подставить зелененькое вот здесь..., а теперь возьмем черненький член... Вот, ребята, это надо запомнить, а все остальное, что я говорил, забыть! ... Если пишется “же от д” без вектора, то это значит минус “же” с вектором — это ведь совершенно ясно!” И вдруг Лёва отходит к рампе, смотрит на экран, испещренный формулами, и восклицает: “Ой, какой кошмар!” В общем, не соскучишься...

Слабое представление обо всем этом может дать мой посвященный Лёве текст в “стеннухе”, выпускаемой в Школе.

Тебя, прости простые души,
Смотреть понятнее, чем слушать!

Он нашей Школы главный гвоздь
Он на эстраде частый гость,
Он микрофон грызет, как кость,
Закусывая мелом.
Он про диффузию опять
Нам все клянется рассказать,
Как интеграл Ландау взять
И шутит между делом.
Он смел и мудр не по годам,
Он восхищает наших дам
И в Черном море по утрам
Он плавает отважно.

На сцене он то там, то здесь,
Не успевает пыль осесть,
А что он нам несет — бог весть,
Но это и не важно!

Мои собственные лекции и реплики не раз становились мишенью Лёвина остроумия. Он подтрунивал над моими частыми (для того времени) зарубежными вояжами. Вот передо мной его записочка:

*Он в зал взглянул
как бы сквозь США,
Как бы с трибун
Академической коллегии.
Мы обомлели, мы сидели
не дыша,
Когда он милостиво
нас назвал коллегами.
Л.М.Ерухимов*

Если я подчеркивал в лекции региональные особенности динамики ионосферы, сравнивая результаты своих, сибирских, измерений с другими, аналогичными, но в других широтах и долготах, то через пару часов по рукам уже ходила Лёвина эпиграмма:

*В Сибири все совсем не так:
Там ветры во сто крат сильнее,
Там Гак не Гак, там рак не рак,
Там даже ноль нуля важнее.
Не тот, простите, ураган,
Совсем другие безобразия,
Там даже Галя Хачикян
Совсем не та, что в Средней Азии.
Другой раввин, не тот и Бог,
Иной закон, не эта мафия,
Там в наложении эпох
И то влияет география.
У Вас отлив, у нас прилив,
У нас тайга, у Вас лишь роци,
Там если лектор, то красив
И здешнего любого ... толще.*

4.11.1987 г.

*(на лекцию о долготном эффекте
в динамике нижней термосферы).*

Ну, а про мои “изыски” по влиянию метеорологических эффектов и элементы самолюбования во время лекции лучше, чем это сделал Лёва, и не скажешь. Тут надо пояснить, прежде чем привести этот его текст, что я писал и делал доклады на эту тему в присутствии Лёвы не один раз, в разных местах, и всегда в качестве эпиграфа с удовольствием приводил фразу Анри Пуанкаре: “Всякой истине суждено только одно мгновение торжества между бесконечностью, когда её считают неверной, и бесконечностью, когда её считают тривиальной”. И вот появляется песенка на мотив из фильма “17 мгновений весны”:

17 мгновений весны
(“Мгновения, мгновения, мгновения”)

*У истины есть два больших конца:
Один из них — всеобщее неверие,
Другой — когда она для всех проста,
А торжествует истина — мгновение.*

*Там где-то колебанья избар
От встряски или, может, от горения.
Вы видите, какой во мне есть шарм,
Хоть я в Париже был всего мгновение.*

*Представьте: где-то MST — радар.
На нем видно различных волн биение.
Взгляните — у меня такой загар,
Я в Штатах “загорал” всего мгновение.*

*Я помню, как-то егал в Эдинбург
И вдруг, представьте, страшное везение,
Смотрю — хвосты поджатые у кур,
А в слое D большое поглощение!*

*Я сразу ухватился за блокнот
(Такое вдруг напало вдохновение)
С тех пор я жду уже не первый год,
Когда же ты придешь, мое мгновение?*

*Когда же ты придешь большой волной
Как буря, шторм, а может, наводнение,
О боже, как хорош я сам собой
Мгновение, мгновение, мгновение...*

Л.М.Ерухимов

Венцом нашей “пикировки” можно считать эпизод, когда Лёва был назначен председателем одного “дискуссионного” заседания и клятвенно обещал дать всем равные возможности выступить, не только молодым представителям своей “школы”. “Ребята, я — демократ, не волнуйтесь!”

— говорил он нам. Свои впечатления от этого заседания я изложил в басне “Лев — демократ”.

Однажды, про науку споря,
Собрались звери в рощице у моря,
Там были зайцы и лисицы,
Бараны, волки, змеи, птицы,
Сидели все, немного оробев,
А заседание вел гривастый Лев.
Он обещал для всех свободу слова,
И убеждал, что он не Лев, а Лёва,
Но стоило кому-то пасть раскрыть,
Как Лев его стремился перебить,
И, грозно нависая над оратором,
Пугал его линейным оператором.

Кому ж дал слово Лёва-демократ?
Услышали все писк любимых львят,
Рассказ (невнятный), как Земля дрожит,
Когда слонов семейство пробежит,
И если что-то кто-то понимал,
То уж теперь сидел и сам дрожал.

У этой басни смысл и прост, и ясен:

— Да, Лев — велик, но Демократ — опасен!

Написал и побежал на морской берег, где с радостью зачитал текст Лёве и его окружавшей компании. Назавтра Лёва уезжал, но я получил достойную отповедь:

ОТВЕТ НА БАСНЮ “Лев — демократ”

*Однажды, раз шестой подряд
Собрались люди в Сочи
На Школу (или детский сад)
Учиться, петь и прочее.
Там был у них матриархат:
Всем правила Лариса,
А с ней Данилов (демократ),
Андрей Михайлов (кличка “бард”)
И кто-то с кличкой “Писарь”,
Болонка Лев (он Гав, не Гафт)
И Галкин (нет, не птица),
Серезжа (вроде Космонавт),
Ну, в общем, те же лица.
И был среди них один чудак,*

*Юнец, почти из ясель,
Бутуз такой (нет, не простак),
Любил друзей (за просто так)
И сочинитель басен.*

*В тех баснях Змеи и Слоны,
И Суслики, и Зайцы,
Одни крикливы и шумны,
Другие тихи и скромны
(Он их не трогал пальцем).*

*Он посягнуть решил на Льва,
Хоть был тот Лев — котёнок.
“Лев — людоед. — пошла молва.—
Он ест людей с пеленок,
Ест на обед вместо котлет,
На ужин вместо рыбы,
А если завтрака вдруг нет,
Грызет в Агуре глыбы”.*

*Лев день не спал, стонал, рычал,
Взывал к своим пенатам,
Народ по пляжу собирал
И каждому там объяснял,
Что он — из демократов.*

*Себя до плавок раздевал,
Стянув костюм свой новый,
Чтоб каждый верил, каждый знал,
Что он не Лев, а Лёва.*

*Но всё — доверья больше нет,
Конец печален горький:
Лев загрузил, достал билет
И в ночь уехал в Горький.*

*Мораль сей басни для зверей:
Друзья, не кушайте людей.
Бутуз еще прекрасней
О Вас напишет басни.*

Примечания:

Лариса — Лариса Абрамовна Юдович, к.ф.-м.н., ИЗМИРАН.

Данилов — Алексей Дмитриевич Данилов, д.ф.-м.н., профессор, ИПГ.

Андрей Валериевич Михайлов — д.ф.-м.н., ИЗМИРАН/ИПГ.

Галкин — Андрей Иванович, к.ф.-м.н., СИБИЗМИР СО РАН.

Серёжа — Авакян Сергей Возгенович, д.ф.-м.н., ГОИ.

Агура — река, протекающая среди огромных валунов по территории “Спутника”.

Прошли годы, “иных уж нет, а те — далече”, но всегда будет жить в моей душе и памяти дорогой мне человек, Лев Михайлович Ерухимов.

Екатерина Рындык

Наедине со звездами

*А там, за верстами, мигая кострами,
В туманах Вселенной такие миры,
Где все — по-иному, где все по-смешному,
А скука бессменно — у черной дыры...*

(припев песенки для передачи
“Наедине со звездами”)

...К Земле летит комета. Столкновение неизбежно. Человечеству отмерен срок, сравнимый со временем утробного развития жизни. Всего 9 месяцев, но как по-разному проживают их люди...

Этот сюжет волновал Льва Михайловича, и он написал повесть, по которой мы, много лет спустя, сняли одну из передач в цикле “Наедине со звездами”. Эта программа выходила в эфире телекомпании “Волга” три с половиной года, являясь, пожалуй, последним главным его хобби.

Когда основной мотивации поступков становится “проложение собственной лыжни” — плохо внимаешь советам (пусть даже самым разумным). Лев Михайлович, видимо, это хорошо чувствовал. Мой неожиданный и быстрый уход из НИРФИ и появление в пространстве прямого эфира молодой коммерческой телекомпании он воспринял очень спокойно. Тогда “Волге” был всего год, и вещание представляло собой сплошной и, порой, довольно авантюрный эксперимент (что, впрочем, меня тогда и подкупало). Я помню дословно его реакцию: “Если у тебя не получится, вернешься в науку, а получится — через год-два сделаем программу о Физике Космоса.”

Действительно, прошел год и единственная образовательно-развлекательная передача на Нижегородском телевидении стала регулярно появляться в эфире. Кто только из молодых (и, напротив, именитых) ученых НИРФИ, ИПФана и Университета не принимал участия в нашем деле. При этом в каждой передаче были оригинальные песенки и тексты самого Льва Михайловича:

*”Я надену красный свитер, шапку красную к пальто
И поеду на Юпитер, прямо в красное пятно! ”*

Подобные песенки, исполняемые героями мультфильмов, которых мы без их ведома привлекали к сотрудничеству, были понятны даже трехлетним детям. Но чаще в его строчках был подтекст, и “взрослым моложе 16 лет” (да и просто взрослым) приходилось несколько напрягаться, слыша

в детской передаче, что “летучие глюончики, бозончики — как пончики, и кварков разноцветных стройный ряд... и т.д. ... электорат”. Намек на политические события из зазеркалья реальности часто появлялся в его текстах — он переживал за Российскую науку и вкладывал свою боль в слова песенок и стихов:

*“... у взрослых проблемы —
и в этом их темы...”*

Иногда он вдруг начинал настаивать на необходимости определенного квази-научного уровня в подаче материала, и его сценарий пестрел формулами, правда, снабженными весьма потешными картинками. Он часто повторял: “Пусть им будет немного непонятно, надо оставить простор для мысли.” Я возражала, мне казалось, что усложнять программу ни в коем случае нельзя. Удивительно, но он часто соглашался с субъективными и спорными доводами. Мне трудно сейчас судить, но мне думается, что в науке он был более жёсток...

Мы играли в телевидение, не зная его законов. Это походило на поиски чего-то, что неизвестно и существует ли вообще, да еще поиск тот был с завязанными глазами. Но сейчас, просматривая эти передачи, я вижу не только технический наив — я вижу его интеллектуальную щедрость, его порыв, нашу веру в то, что мы делаем. На телевидении есть понятие “проходная передача” (это когда усилий души нет, а общий стиль поддерживается за счет существующих режиссерских и журналистских штампов, пусть даже своих же повторов). Так вот, среди “Наедине со звездами” таких “проходных” передач за все эти годы не было, и сейчас мне это кажется невероятным. Ради каждой очередной воскресной передачи Лев Михайлович откладывал важнейшие дела и очень характерным жестом освобождал на доске (сплошь усеянной формулами) участок, очерчивал этот участок чистого пространства мелом и начинал молча ходить из угла в угол. Затем садился за компьютер и почти без остановки стучал по клавишам, набирая текст. Иногда распечатывал сразу несколько листов, а иногда отдавал какую-нибудь фразу, или стишок со словами: “На, воткни куда-нибудь”.

Во время эфира он, как правило, уходил с работы домой (а по воскресеньям он тоже работал), чтобы посмотреть передачу в эфире, и сразу звонил. Обычно во время этих разговоров “по следам” кидал столько идей, что хотелось снова бежать и все заново переделывать.

Лев Михайлович был человеком потрясающей “степени креативности”, он очень быстро постигал телевизионную специфику, и это занятие доставляло ему очевидную радость. Не знаю до сих пор точно, кто был наш зритель, но иногда я слышала, что программу “Наедине со звездами” смотрят всей семьей.

Последняя передача этого цикла вышла в эфир через 40 дней после его кончины. Это был фильм, который мне помогали делать все, кто его знал,

А.Беленов

Погруженный в научный поиск, он был быстро вхож в мир школьных забот. Слушая выступление Льва Михайловича в учительской аудитории, я ловил себя на мысли, что он живет, не выходя из школы. Заместитель директора одной из известных нижегородских гимназий после выступления сказала: “Жаль, что я раньше не знала этого талантливого учителя!”

Во время обсуждения сценария научно-образовательной телевизионной передачи “Наедине со звездами” пространство комнаты превращалось в телестудию, руководимую выдавшим виды режиссером Львом Витиным — псевдоним Л.М. К сожалению, я не видел пока достойных аналогов этой замечательной передачи, с ее какой-то внутренней гармонией науки, игры, обучения и ... “экспрессии и ума” ее главного режиссера.

В.Семенова

Когда-то Леонид Мартынов написал такие строчки:

“Какой ты след оставишь?
След — чтобы вытерли паркет
И посмотрели косо вслед?
Или незримый прочный след
В чужой душе на много лет?”

След, который оставил в наших сердцах Лёва Ерухимов, — это не только светлые воспоминания о нём, это не только журнал “Радиофизика”, в который он вложил значительную часть своей души, это не только его научные результаты и это не только его ученики, которые, смеем надеяться, будут продолжать дело своего учителя. Может быть, самое замечательное, что осталось после Лёвы — это его семья. Это дети Лены и Лёвы — прекрасные дети, и это его внуки — те, которые уже есть, и те, которые ещё будут. Это внуки, которые обожали своего дедушку. Это внуки, которые, когда подрастут, узнают о нём ещё больше и будут гордиться своим дедом и будут счастливы оттого, что они родились, живут и воспитываются в такой семье. Они увидят видеозаписи, которые сохранили им деда. Они долго будут жить в мире песен и стихов, которые оставил им дед, которые написал для них специально и не только для них. Когда они подрастут, они узнают, как любили всю жизнь бабушка и дедушка друг друга. И это — одно из самых замечательных свойств семьи Ерухимовых. Они узнают о том, что Лёва писал Лене стихи на день

рождения, обязательно каждый раз на 26 октября. Их много, этих стихов, продиктованных настоящей любовью. Это могли быть стихи просто грустные, например, про осень. А однажды он написал ей телеграмму ко дню рождения, когда был на конференции в Сочи:

“Я пью за Вас, рву в клумбах розы,
В сей день вдали от Вас грустя,
В Сочах дожди (так лью я слезы,
Рублем последним шелестя.
Но знайте, в этот день я с Вами,
Хоть прилететь, увы, не смог.
Считайте — был, и был с цветами.
Целую Вас, храни Вас Бог!”

Я знаю, что, когда Лёва подал в окошечко на почте эту телеграмму, девушка пробежала по ней глазами, потом подняла глаза вверх, посмотрела на Лёву, ее глаза были полны слез, и она сказала: “Неужели еще есть на свете такие люди, которым шлют такие телеграммы?” А написал Лёва эту телеграмму, когда они с Леной прожили уже более 20-ти лет.

С. Жерносек

Я знакома с Лёвой Ерухимовым со студенческих лет. И поэтому хочу сказать несколько слов о той пьянительной молодости, которую мы прожили вместе.

Наше студенческое время пришлось на конец 50-х, начало 60-х годов. Это как раз время хрущевской оттепели. В это время наш Горьковский университет был центром веселой, жизнерадостной студенческой жизни. Устраивались фестивали, концерты, вечера... Попасть на радиофаковский вечер было всё равно, что выиграть счастливый билет в лотерею. Все вечера происходили в актовом зале на Свердловке, 37. Атмосфера была — удивительная. Под потолок подвешивался зеркальный шарик, прообраз сегодняшних лазерных представлений, который крутился, создавая особую атмосферу. Играл джаз-оркестр, танцевали пары, особо смелые танцевали запрещенный ещё тогда рок-н-ролл, а на сцене непременно происходило некое действие. Мы даже тогда не понимали, что у нас был своего рода маленький студенческий театр миниатюр, где были студенты с разных курсов и с разных факультетов. И душой этого коллектива, организатором, вдохновителем был веселый, остроумный, худой, лохматый и бесконечно обаятельный студент радиофака Лёва Ерухимов. Он был един во многих лицах. И конференс, и автор сценария, и исполнитель шуточных песенок, пародий, куплетов. Причем удивительно, что

все эти сценки были с оригинальным весёлым текстом, в основном, на студенческие темы. Там не было старых анекдотов... Всё это было очень остроумно и весело. Вот я помню своё ощущение перед выходом на сцену: руки-ноги деревянные, не можешь поднять глаз в зал и только думаешь: “Господи, не забыть бы свои реплики!” А Лёва был природно артистичен. Сцена вдохновляла его. На сцене, в экспромте он мог творить всё, что угодно. Он мог придумывать какие-то песенки, какие-то куплеты, творил просто на ходу. Особенно я помню его в пору его влюблённости в одну из самых красивых и умных девушек радиофака, которая впоследствии стала его женой. Он просто рвался на сцену. Мне кажется, что даже в любви в первый раз он объяснился ей со сцены, спев песенку: “Ты всех милей и нежней, ты прекрасней всех”. Наверное она поняла, кому это было адресовано.

В нашей жизни была ещё целина, где мы работали вместе, и очень часто у нас были всякие выездные концерты с нашей концертной бригадой. И Лёва, как правило, тоже всегда был вдохновителем и организатором всех наших побед, если можно так сказать. Всегда он был таким весёлым, остроумным, жизнерадостным, фантазия его казалась беспредельной.

Жизнь наша сложилась так, что мы одновременно получили квартиры в одном доме. У нас одновременно родились дочери (Таня и Марина), и этот дом на улице Урицкого, который населяли ученые с маленькими детьми, сами ещё молодые, весёлые, задорные, стал каким-то удивительным центром жизни — такой же весёлой, но только адресованной, в основном, детям. Устраивались бесконечные кукольные спектакли, ёлки, представления, а уж сколько Лёва писал стихов, песенок... Дети до сих пор всё это помнят. Они не забудут этого всю свою жизнь. Интересно, что костюм Деда Мороза специально шили для Лёвы. Сначала он представлялся Дедом Морозом своим детям, а потом — и внукам.

Буквально 4 года назад мы отдыхали на турбазе и как-то вечером пошли на чаёк к Ерухимовым. Подходим к окну, окно занавешено, но открыто. И голос читает сказку на разные голоса, с разными интонациями за Воробыша, за Мишку, за какую-то птицу, ещё за кого-то. Моя подруга застыла в изумлении: “Это что, телевизор?” — “Да нет, это Лёва читает сказку Андрюше.” Причём, самое интересное, что ему было не важно, сколько людей его слушает и смотрит: один ли Андрей или целый зал. Он творил на ходу. Говорят, что актёрам очень важна сцена, она их вдохновляет, в том смысле, что если полный зал, если их слушают, затаив дыхание, то всё получается. А ему было не важно. Он творил сам. Он в этом жил.

И ещё я хочу сказать, что он прожил недолгую жизнь, 60 лет. Представить его старым вообще невозможно. Но мне кажется, что он прожил не одну жизнь — по плотности событий, по творческому накалу, по тем делам, которые успел сделать в науке, и по тому, как он отдавал себя лю-

ням в этом творчестве. Этих жизней, конечно, хватило бы на несколько человек. И умер он так же, как и жил.

О.Шейнер

Как всякий незаурядный человек, Лев Михайлович, по словам многих, был непрост в общении. Но, как я поняла из общения с ним, для Льва Михайовича было главным, чтобы человек видел дело и делал дело, а не себя в этом деле.

Телевизионная передача, которую он придумал, называется “Наедине со звездами”. И теперь все мы, каждый из нас — наедине с тем светом, который излучал Лев Михайлович. Этот свет будет со всеми нами всю нашу жизнь

Т.Ерушимова

Про моего отца очень часто говорили: “Со Львом не соскучишься.” Но на самом деле теми, кто с ним действительно никогда не скучал, всю жизнь были дети. Я помню, что в детстве лучше и любимее папиных сказок для меня просто ничего не было. А песни, написанные к этим сказкам, до сих пор чаще всего слушают мои дети. Самым ярким впечатлением детства для меня и моих друзей были новогодние праздники. К каждому Новому году папа писал новую сказку, и по его сценариям наши родители ставили удивительные кукольные спектакли. Помню, я с трудом дождалась, когда, наконец, моему сыну исполнился один год и устроила первый новогодний праздник для него и его 2–3 летних друзей. Дедом Морозом был, конечно, папа. Равных ему в этой роли не было. Секрет удивительного успеха новогодних ёлок нашего детства состоял отчасти в том, что папа никогда не заставлял себя писать для детей. Это не было для него обязанностью. Он искренне и очень заразительно всю жизнь сам играл в придуманные им сказки. Его детские песни со взрослыми шуточками были интересны и взрослым, и детям. Мы с братом, да и мой сын тоже, никогда не слышали от него вопроса: “Какие отметки в школе?” Это его не интересовало. Он был выше. Он воспринимал детей такими, какие они есть, и очень радовался общению, особенно с теми, кому до шести. Когда мы с братом выросли, я, помню, как-то в шутку его спросила, как он считает, сколько нам лет. Тридцать секунд он мучительно соображал, а потом сказал: “Не дури мне голову. Единственное, что я знаю наверняка, это то, что разница между вами 11 лет.” Чтобы вычислить возраст каждого, этого было недостаточно.

Школьницей я очень гордилась, что была первой слушательницей его стихов, бесконечных посвящений маме, его стихов — серьёзных и шуточных, его эпиграмм, написанных для друзей, для юбилеев, и отчаянных строк, написанных в годы его травли в НИРФИ. За три дня до больницы мы договорились выпустить книжечку его стихов в типографии ИПФАНа. Он включил в нее только часть своих стихов. Сюда вошли стихи, написанные в юности, в основном, под псевдонимом Лев Мурлыкин, и более, как он считал, зрелые стихи, которые поделили между собой псевдонимы Рада Борина, Илья Шнейдерман и Лев Витин. Он эту книжечку уже не увидел.

Его детские герои — придуманные для меня весёлый котёнок Тобик, Витины Рукимыть и Воробыш — пережили его, оставаясь жить в его внуках, в детях его друзей, для которых он писал эти блестящие новогодние сценарии. Моим детям уже всё равно в каком году написаны эти песни — в 69, в 78, или в 97. Для них — это любимые дедины песни, которые они непрерывно расппевают.

PERSONALIA

Памяти Льва Михайловича Ерухимова

19 декабря 1997 г. тяжелая болезнь оборвала жизнь Льва Михайловича Ерухимова, оборвала в расцвете его творческих сил, не дав осуществить очень многое из начатого и задуманного. Скончался известный ученый, профессор, доктор физико-математических наук, человек многогранного таланта и редких душевных качеств, неиссякаемой энергия и оптимизма.

Л.М. Ерухимов родился 31 декабря 1936 г. в Хабаровске в семье военного врача. После окончания в 1959 г. радиофизического факультета Горьковского государственного университета он всю свою жизнь проработал в Научно-исследовательском радиофизическом институте (НИРФИ, Н. Новгород), где в последние годы возглавлял отделение "Солнечно-земная физика и волновые процессы". Ученик Г.Г. Гетманцева, он был ярким представителем нижегородской радио-физической школы и, являясь всегда центром притяжения для своих коллег и учеников, создал научную школу, которая получила признание как в России, так и за рубежом. Девятнадцать его учеников защитили кандидатские диссертации, а трое стали докторами наук. В списке научных трудов Льва Михайловича около 300 работ — это три монографии, более 150 статей, научно-технические отчеты, авторские свидетельства на изобретения.

С появлением в НИРФИ Л.М. Ерухимов сразу обращает на себя внимание активной научной деятельностью. Уже в первый год работы, оценив возможности и перспективы использования искусственных спутников Земли (ИСЗ) для изучения ионосферы, Лев Михайлович разрабатывает и реализует метод определения высоты неоднородностей ионосферной плазмы с помощью разнесенного приема радиосигналов ИСЗ. Он являлся организатором и участником многочисленных экспедиций, обеспечивавших проведение наблюдений от Мурманска до Ашхабада, по результатам которых были получены первые данные о высотном распределении ионосферных неоднородностей на высоких, средних и низких широтах. В этих измерениях в периоды авроральных возмущений были обнаружены неожиданно большие скорости переноса плазмы, ставшие через много лет предметом детальных исследований и дискуссий. Л.М. Ерухимов разработал метод определения параметров неоднородностей плазмы верхней ионосферы по данным многочастотного приема сигналов космических радиостанций, который позволял установить наличие широкого степенного спектра их размеров. Накопленный опыт был использован им в исследованиях неоднородной структуры околосолнечной и межзвездной среды. Эти работы положили начало широкому



Лев Михайлович Ерухимов

натурным исследованиям ионосферных процессов, имеющих прямое отношение к проблемам астрофизики, физики солнечной короны и физики плазмы. Развитие этих исследований стало одним из основных направлений его научной деятельности в последующие годы.

Лев Михайлович Ерухимов внес значительный вклад в теорию распространения радиоволн в случайно-неоднородных средах. Им впервые была предложена математическая модель среды распространения радиоволн в виде набора хаотических фазовых экранов; Льву Михайловичу принадлежит вывод уравнения переноса частотной корреляции и обобщенных параметров Стокса при распространении радиоволн в хаотически неоднородной замагниченной плазме; он первым изучил роль статистической фокусировки в мерцаниях радиосигналов, пионерской была и совместная с Н.Г. Денисовым работа о флуктуационных характеристиках радиоволн в условиях полного внутреннего отражения от неоднородной плазмы, в которой дан детальный анализ двойного прохождения радиоволн через одни и те же неоднородности

Особое место занимает выполненный Л.М. Ерухимовым цикл прикладных исследований флуктуационных явлений при ионосферном распространении радиоволн различных диапазонов, результаты которых были использованы при разработке радиосистем различного назначения.

В начале 70-х годов в НИРФИ возникло новое направление - изучение эффектов воздействия на ионосферу мощным радиоизлучением, и Лев Михайлович вместе со своими сотрудниками проводит теоретические и экспериментальные исследования нелинейных явлений в модифицированной ионосфере, генерации в ней искусственной турбулентности.

Измерения спектральных и динамических характеристик искусственной турбулентности в широком диапазоне масштабов от метра до десятка километров, изучение свойств искусственного радиоизлучения возмущенной области ионосферы, развитие новых методов диагностики естественной и искусственной плазменной турбулентности, анализ и прогнозирование возможностей работы радиосистем различного назначения в условиях возмущенной ионосферы - вот далеко не полный перечень направлений, в которых лидерство возглавляемого Л.М. Ерухимовым коллектива получило заслуженное признание на родине и зарубежом. По его инициативе и при непосредственном участии около г. Душанбе (Таджикистан) был построен низкоширотный стенд для воздействия на ионосферу мощным радиоизлучением, на котором были получены первые результаты по управлению свойствами искусственной ионосферной турбулентности.

Придавая большое значение развитию международного сотрудничества, Л.М. Ерухимов многое сделал для того, чтобы одна из уникальных научных установок России - стенд НИРФИ "Сура" стал центром, где сегодня ученые России, Украины, США, Швеции и Германии в рамках совместных проектов проводят эксперименты по воздействию на ионосферу мощным радиоизлучением. Такое сотрудничество в значительной мере позволило сохранить научный коллектив возглавляемого Л.М. Ерухимовым отделения, развить материальную базу

проводимых исследований и продолжить активные эксперименты в ионосфере.

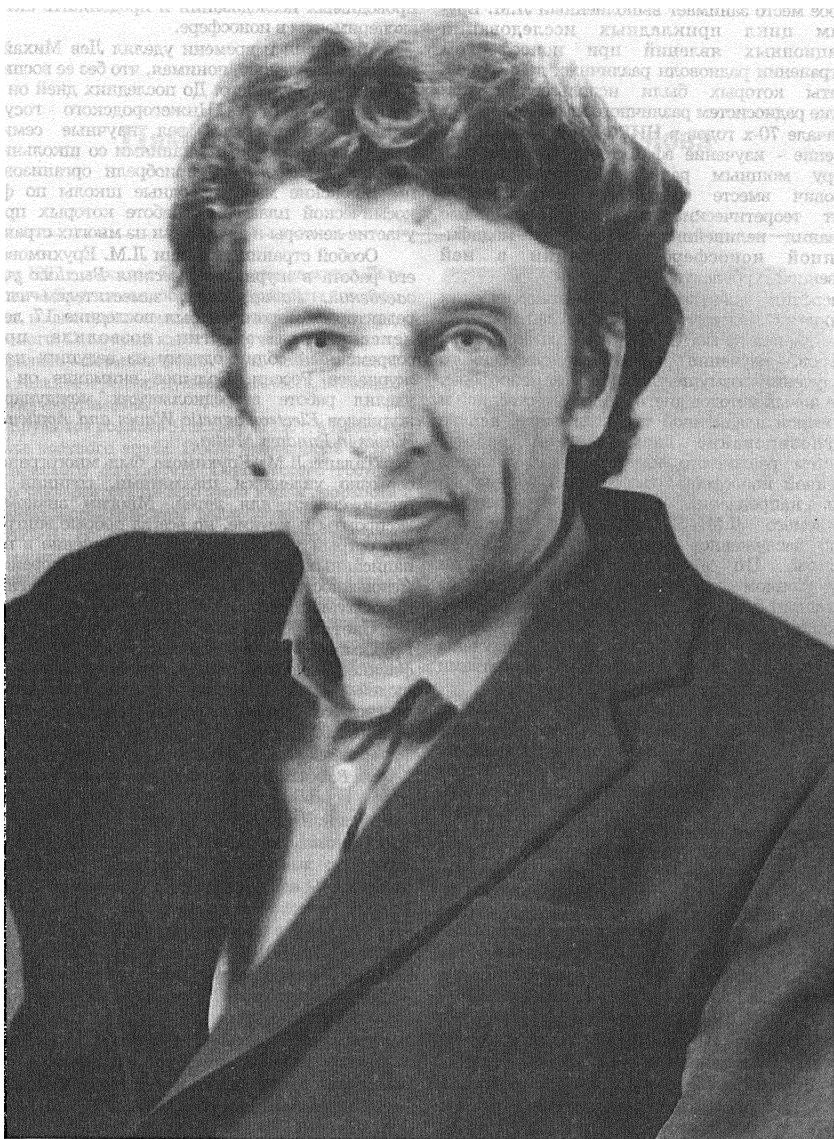
Много сил и времени уделял Лев Михайлович работе с молодежью, понимая, что без ее воспитания у науки нет будущего. До последних дней он читал лекции студентам Нижегородского государственного университета, вел научные семинары, щедро делился своими знаниями со школьниками. Широкую известность приобрели организованные им Волжские международные школы по физике космической плазмы, в работе которых приняли участие лекторы и слушатели из многих стран.

Особой страницей жизни Л.М. Ерухимова была его работа в журнале *Известия Высших учебных заведений: Радиофизика*, заместителем главного редактора которого он был последние 17 лет. Его неиссякаемая энергия позволила придать современный облик одному из ведущих научных журналов России. Большое внимание он также уделял работе в редколлегиях международных журналов *Electromagnetic Waves and Applications* и *Waves in Random Media*.

Талант Л.М. Ерухимова был многогранен. Он серьезно увлекался шахматами, сочинял стихи, писал сказки для детей. Многим знакомы его экспромты и меткие, но всегда добрые эпитамы. Его острый ум находил свое выражение в песнях, написанных часто на одном дыхании, поражавших мгновенностью реакции и точностью сатиры на происходившие события.

Светлая память о Льве Михайловиче Ерухимове, - замечательном человеке, блестящем физике и педагоге, привлекавшем к себе симпатии людей разных поколений и сфер деятельности, - навсегда сохранится в памяти всех, кто его знал.

*В.А. Алимов, А.В. Гапонов-Грехов, В.Л. Гинзбург,
В.В. Железняков, В.А. Зезере, Н.А. Митяков,
В.О. Рапопорт, А.В. Рахлин, В.И. Таланов,
В.П. Урядов, В.Л. Фролов, О.А. Шейнер*



A handwritten signature in black ink, appearing to be 'A. G. G. G.' or similar, written in a stylized, cursive script.

**Я подарил вам свой рассвет
К весенним радостям,
Каких теперь давно уж нет
По разным разностям.**

**Я подарил всего себя,
Такого юного,
Что можно было не любя
Жить жизнью бурную.**

**Я подарил вам свою боль
Души изгнанника,
Я был по щедрости король,
Но без подштанников.**

.....
**Чем жил, что пел, чему был рад,
Кем был потерянный,
И почему летел в закат,
Судьбой прострелянный.**

(1985)

ЭФФЕКТ ДОПЛЕРА, ИЛИ ОТ ПАРОВОЗНЫХ ГУДКОВ ДО ЦВЕТОМУЗЫКИ ВСЕЛЕННОЙ

Л. М. Ерухимов

В статье обсуждается эффект изменения частоты волн движущегося излучателя или отражателя волн и иллюстрируются различные применения этого эффекта, прежде всего в космической физике. Статья предназначена для учителей, но написана в форме обращения к ученикам школы

1. КРАТКОЕ ВВЕДЕНИЕ

Кто бы мог подумать в середине прошлого века, когда Доплер ставил свои опыты по изменению частоты звука излучателя при его движении, что этот эффект найдет в двадцатом веке такое множество применений в различных областях науки и техники. С одним из проявлений эффекта Доплера практически каждый из нас либо знаком, либо легко может познакомиться, прислушавшись к гудкам находящегося в движении теплового вагона: тон гудка повышается при его приближении и понижается, когда тепловоз, промчавшись мимо, начинает от Вас удаляться. Собственно говоря, подобным образом и ставил Доплер свои опыты для количественного описания изменения частоты звука. На движущуюся железнодорожную платформу он помещал, говорят, трубача, который с помощью трубы издавал звуки одной высоты, например, соответствующей ноте "ля". Один из двух наблюдателей, обладавших, несомненно, прекрасным слухом, определял высоту издаваемого трубачом звука, находясь непосредственно на платформе, другой делал тоже самое, находясь на земле, то есть будучи наблюдателем неподвижным. Изменение величины и направления скорости платформы приводило к изменению высоты тона (частоты звука), что позволило установить формулу, к объяснению которой мы сейчас перейдем.

2. БОЛЕЕ ДЛИННОЕ ОБЪЯСНЕНИЕ

Представьте себе, что во время школьных каникул Вы, уважаемый читатель, отправляетесь с родителями куда-нибудь далеко к морю на поезде или автомобиле. Полные как дорожных, так и иных впечатлений, периодически, то есть через равные промежутки времени, Вы посылаете своим другу или подруге письма. Свою активность в писании и отправлении писем Вы можете характеризовать интервалом (периодом) T_0 между

двумя следующими друг за другом письмами или величиной $2\pi/T_0$, которую можно назвать частотой посылки писем ω_0 . Предположим также для простоты, что упомянутая выше активность не зависит от того, находитесь ли вы в поезде или загораете на пляже. Тогда период T_0 и, следовательно, частота ω_0 не зависят от того, находитесь Вы в движении или в состоянии покоя. Предположим также, что письма Вы отправляете авиапочтой и несмотря на превратности судьбы они переносятся (распространяются) со скоростью самолета V_c и доставляются без дополнительной задержки во времени.

Интервал между письмами, которые получает ваш друг, будем характеризовать величиной T_1 , а частоту прихода писем — величиной $\omega_1 = 2\pi/T_1$. Очевидно, что пока письма пишутся на пляже, $\omega_1 = \omega_0$. Однако, если они пишутся в поезде, то каждое последующее письмо будет дополнительно запаздывать (если Вы удаляетесь от вашего письмополучателя) или приходить раньше (если Вы приближаетесь к нему). Интервал времени τ , необходимый для пролета самолетом отрезка пути ΔR , на который изменяется расстояние между друзьями (корреспондентами) за интервал T_0 между соседними письмами, равен $\tau = \Delta R/V_c$. Для скорости поезда, равной V_n , имеем $\Delta R = V_n \times T_0$ и $\tau = \frac{V_n \times T_0}{V_c}$. Таким образом, интервал времени между получением двух следующих друг за другом писем, или период T_1 , будет равен:

$$T_1 = T_0 \times \left(1 - \frac{V_n \times \cos \alpha}{V_c}\right). \quad (1)$$

Здесь дополнительно введен $\cos \alpha$, где α — угол между направлениями движения поезда и самолета (угол между векторами \vec{V}_n и \vec{V}_c), поскольку важно именно приращение пути в направлении движения самолета. В частности, в тех случаях, когда поезд и самолет двигаются строго в противоположных направлениях, $\cos \alpha = -1$, при попутном движении (когда Вы возвращаетесь назад) $\cos \alpha = 1$. Для частот ω_1 и ω_0 имеем:

$$\omega_1 = \frac{\omega_0}{1 - \frac{V_n \times \cos \alpha}{V_c}} \quad (2)$$

Отсюда легко получить формулу, которая описывает относительное изменение частоты $\delta\omega = \frac{\omega_1 - \omega_0}{\omega_1}$ приема писем:

$$\delta\omega = \frac{\omega_1 - \omega_0}{\omega_1} = \frac{V_n \times \cos \alpha}{V_c} \quad (3)$$

Если скорость самолета значительно превышает скорость поезда, то $\omega_1 = \omega_0$. Обращаясь вновь к формуле (2), заметим, что если Вы возвращаетесь домой скоростным поездом и V_n приближается к скорости самолета, то

частота приема писем становится сколь угодно большой. Говоря иными словами, при выполнении равенства $V_n \cos \alpha = V_c$ все письма будут получены вашим корреспондентом одновременно. И очень жаль, что Вы не можете получить писем больше, чем их было отправлено, ибо число посланных и полученных писем обязано быть равным (назовем это Законом Сохранения Числа Писем).

Каждый из вас может задаться также вопросом: "А что произойдет, если пишущий письма возвращается самолетом, а письма отсылает почтовым поездом?". В этом случае, поменяв местами в наших формулах V_n и V_c , мы обнаружим, что частота приема писем станет отрицательной. В нашем примере это будет означать, что сначала ваш друг будет получать письма, отправленные позже, и лишь затем письма, отправленные с более удаленных расстояний.

Если же Вы отправляете письма по радио, то в формулы (1)–(3) вместо скорости самолета V_c войдет скорость распространения радиосигналов, которая близка к скорости распространения света в вакууме $c = 2,99776 \times 10^8$ км/с. Сохранятся ли все перечисленные фокусы, если все происходит наоборот: Ваш друг пишет письма, а Вы их получаете, перемещаясь на поезде, автомобиле или самолете?

Прежде всего бросается в глаза тот факт, что Вы не можете (подобно Вашему другу) получить все письма одновременно и в одном и том же месте! Ведь Вы движетесь! Очевидно, что за период T_0 посылки каждого письма, отсылаемого авиапочтой, письмо проходит расстояние $\Delta R = V_c T_0$. Поэтому в каждый момент времени они распределены вдоль трассы самолета подобно тому, как это изображено на рис. 1.

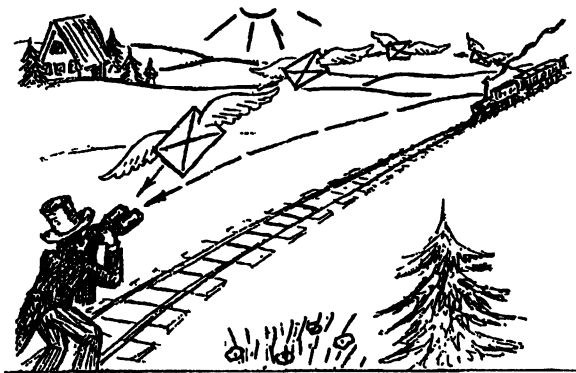


Рис. 1.

Двигутся они со скоростью V_c , а Вы от них либо убегаете со скоростью V_n (точнее, $V'_n = V_n \cos \alpha'$), либо едете им навстречу. Поэтому

период и частота получаемых Вами писем равны:

$$T = \frac{T_0}{1 - \frac{V_{\pi} \cos \alpha'}{V_c}}; \quad \omega = \omega_0 \left(1 - \frac{V_{\pi} \cos \alpha'}{V_c}\right). \quad (4)$$

Из (4) видно, что теперь Вы можете получать письма с бесконечно большой частотой, только если придумаете способ передвижения с бесконечно большой скоростью. Однако, очень малую частоту ω Вы вполне можете получить, уезжая со скоростью V'_{π} , примерно равной скорости перемещения писем.

А теперь представим, что получив очередное письмо, Вы без промедления отправляете либо ответ, либо пересылаете письмо ДРУГОМУ, но тоже неподвижному корреспонденту. Какова при этом будет частота приема писем друга, если они перемещаются с другой скоростью V_2 ? Для ответа на этот вопрос мы должны использовать и формулу (2), и формулу (4). В результате получаем:

$$\omega = \omega_0 \frac{1 - \frac{V_{\pi} \cos \alpha'}{V_c}}{1 - \frac{V_{\pi} \cos \alpha'}{V_2}}. \quad (5)$$

Заметим, что (5) описывает частоту отлета мяча, периодически посылаемого со скоростью V_c на стенку, которая движется со скоростью V_{π} (при упругом отражении $V_2 = V_c$).

Если стенка движется параллельно траектории мяча и в сторону теннисиста, то $\cos \alpha' = 1$, и (3) и (5) описывают продольный эффект Доплера. Смещение частоты при упругом отражении назад и малом изменении частоты равно:

$$\Delta\omega = \omega - \omega_0 \simeq \omega_0 V_{\pi} \left(\frac{1}{V_c} + \frac{1}{V_2}\right). \quad (6)$$

А теперь усложним немного наше рассмотрение. Предположим, что Вы — непоседа и Вас обуревают страсти к перемене мест. Вы непрерывно и периодически перемещаетесь на поезде между двумя приморскими городами, расстояние между которыми равно $R_{гор}$, и период вашего перемещения равен $T_{пер} = \frac{R_{гор}}{V_{\pi}}$. Теперь частота приема ваших писем будет периодически изменяться, то увеличиваясь (когда Вы перемещаетесь к городу, более близкому по отношению к получателю), то уменьшаясь (когда Вы двигаетесь в противоположном направлении). Так вот представьте себе, как бы Вы не пытались скрыть от вашего друга ваши перемещения, Вам это не удастся. Измеряя частоту по-прежнему периодически посылаемых вами писем, ваш друг определит не только скорости вашего перемещения, но вдобавок ко всему и период $T_{пер}$.

Конечно, наиболее сложным является случай, когда Вы решили отдохнуть где-нибудь за пределами солнечной системы и используете для этой цели изготовленную вами же фотонную ракету, которая перемещается в пространстве со скоростью, очень близкой к скорости света. Отсылая письма на Землю с помощью радио или световых сигналов, распространяющихся со скоростью c , Вы обнаружите, что формулы (1)–(3) уже непригодны для подсчета частоты писем. Они требуют определенного усовершенствования. Попробуем его осуществить, не зная, что такое этот вакуум, где скорость света равна c . И не просто равна, а равна таким образом, что любые наши измерения скорости света, проведенные в поезде или ракете, которые хотя и двигаются равномерно и прямолинейно и с любой скоростью, в том числе как угодно близкой к скорости света в вакууме, дадут одно и то же значение: c ! Понять такую ситуацию если кому и удастся, то лишь тем, кто умело скрывает это понимание от окружающих. Здесь нам достаточно увидеть одно из следствий, вытекающих из этого знаменитого предположения, выдвинутого А. Эйнштейном и подкрепленного множественными экспериментами.

Оно состоит в том, что интервал времени T_n в системе отсчета (поезде, ракете и т.п.), движущейся равномерно и прямолинейно со скоростью V_n относительно любой другой (в том числе неподвижной) инерциальной системы (системы, в которой тело находится в состоянии покоя или равномерного прямолинейного движения, если все действующие на него силы уравновешены, т.е. суммарная сила равна нулю) отличается от интервала T_0 в этой "любой другой инерциальной системе". При этом

$$T_n = T_0 \times \sqrt{1 - \frac{V_n^2}{c^2}}. \quad (7)$$

Величину $1/\sqrt{1 - \frac{V_n^2}{c^2}}$ часто обозначают буквой γ . Этот релятивистский фактор, который еще часто будет мелькать на страницах этой статьи, мы подставим в формулу (2). Тогда формула (2) для частоты получения писем примет следующий вид

$$\omega_1 = \frac{\omega_0}{\gamma(1 - \frac{V_n \cos \alpha}{V_c})}. \quad (8)$$

Переход к Вашему полету на фотонной ракете и к частоте получения Вами писем при их распространении со скоростью света c осуществляется умножением (4) на релятивистский фактор (скорости и углы соответствуют тем, которые может измерить Ваш неподвижный друг).

Выражение (8) дает также представление о поперечном эффекте Доплера — этот случай реализуется при $\cos \alpha = 0$. Заметим также, что

при углах α , близких к $\frac{\pi}{2}$, когда $\cos \alpha = \cos\left(\frac{\pi}{2} - \vartheta\right) \simeq \vartheta$, эта формула принимает вид:

$$\omega_1 = \omega_0 \gamma^{-1} \frac{V_{\pi}}{V_c} \vartheta. \quad (9)$$

Таким образом, даже малейшие отклонения от поперечности, связанные хотя бы с вариациями направления полета ракеты (поезда), вариациями в направлении распространения волн, на которых осуществляется связь, или в траектории самолета (из-за ветра) приведут к изменениям в частоте ω .

Отныне мы вооружены всем необходимым, чтобы не только разобратся с почтовыми неурядицами, но и количественно описать эффекты изменения частоты при равномерном движении излучателя, отражателя или приемника волн. И не так уж страшно, что в качестве такого излучателя мы использовали Вас и Вашего друга. Важно то, что все отмеченные выше случаи реализуются при использовании эффекта Доплера в физике и технике.

Но прежде, чем перейти к множеству приложений, поговорим немного...

3. О ВОЛНАХ И ВОЛНЕНИИ

Странно, что понятие волны требует порой специального пояснения, хотя слишком многое в нашей жизни и окружающем нас мире носит волнообразный характер. Одним из самых наглядных примеров являются волны на поверхности жидкости, например, моря или океана, вызванные брошенным в воду камнем или возбужденные ветром, волны, бегущие вдоль струны, стоячие волны, возникшие в результате отражения от закрепленных концов струны музыкального инструмента, возбуждающие звуковые волны в воздухе, которые, распространяясь, позволяют нам не только наслаждаться музыкой, но и слышать друг друга. К этому неполному справочнику волн можно добавить сейсмические волны в земной коре, волны скорости движения крови в наших кровеносных сосудах, волны электрического заряда, сопровождающие работу нашего сердца и передачу сигналов по нервным волокнам, волны, возникающие в плазме — полностью или частично ионизированном газе, где число положительно N_+ и отрицательно N_- заряженных частиц в единице объема (плотности частиц) примерно одинаково, волнообразные движения в звездных системах, наконец, электромагнитные волны, доносящие до нас всю цветовую гамму нашей Вселенной.

Волна может быть гармонической — тогда она длится достаточно (строго говоря, бесконечно) долго и имеет строго определенную частоту ω , длину волны λ (волновое число $k = \frac{2\pi}{\lambda}$) и волновой вектор $\vec{k} = k\vec{1}_k$, где

$\vec{1}_k$ указывает на направление, в котором перемещаются в такой волне возмущения (отклонения от среднего его значения) параметра p , которому дано право называть волну своим именем (волны давления, волны магнитного поля). Максимальная величина этого отклонения носит название амплитуды A . Если мы также договоримся характеризовать направление, в котором происходит возмущение (например, отклонение высоты поверхности морской волны происходит по вертикали), значком $\vec{1}_p$, который именуют вектором поляризации, то гармоническую волну можно описать формулой:

$$\vec{p} = \vec{1}_p A \cos(\omega t - k_x x). \quad (10)$$

Здесь t — время, волна считается распространяющейся вдоль оси x , а $k_x = k \cos \alpha$, где α — угол между $\vec{1}_k$ и осью x . Волны называются продольными, если $\vec{1}_p$ и $\vec{1}_k$ параллельны друг другу, и поперечными — если изменения p происходит в направлении, перпендикулярном направлению распространения возмущений \vec{k} . Примерами продольных волн могут служить звуковые волны, ленгмюровские волны (см. ниже) в плазме, волны возмущения плотности людей в переполненном метро. Волнения на поверхности воды, электромагнитные волны в вакууме являются поперечными.

Из (10) видно, что при постоянной величине $\omega t - k_x x = \psi$, вектор \vec{p} не изменяется вдоль x . Полагая $\psi = 0$, получаем выражение для скорости

$$V_\psi = \frac{x}{t} = \frac{\omega}{k_x}, \quad (11)$$

которая носит название фазовой скорости (для знатоков, $\vec{V}_\psi = \omega/\vec{k}$), поскольку различные значения $\psi = \omega t - k_x x$ определяют соответствующую фазу в изменении величины p (вспомните про фазу Луны). Эта скорость определяет быстроту перемещения вдоль x определенного значения (уровня) p . Соотношение (11), переписанное в виде:

$$\omega = V_\psi k_x \quad (12)$$

называют дисперсионным соотношением. Оно определяет связь между волновым числом k и частотой волны ω . Если в (12) V_ψ положить равной скорости распространения звука V_0 , то мы получим связь между k и ω в звуковой волне, а при $V_\psi = c$ формула (12) представляет дисперсионное соотношение для электромагнитной волны в вакууме.

При $k = 0$, как легко видеть, колебания в каждой точке пространства происходят синхронно и зависят от времени как $\cos(\omega t)$. Последнее реализуется для волн с достаточно большой фазовой скоростью.

Рассмотрим теперь сумму двух (для простоты неполяризованных) волн, у которых частоты отличаются на очень малую величину $\Delta\omega$. Используя формулу для суммы косинусов, получаем:

$$p = A \cos[\omega t - (k_{1x} + k_{2x})x] \cos[\Delta\omega t + (k_{1x} - k_{2x})x] \quad (13)$$

где индексы 1 и 2 при k соответствуют частотам ω и $\omega + \Delta\omega$. Легко видеть, что указанная сумма описывает комбинацию быстрых и достаточно медленных (во втором косинусе абсолютная величина $\Delta\omega$ много меньше ω) изменений p во времени — волна как бы заключена в медленно изменяющуюся оболочку, которой в принципе не обязательно быть периодической. Этот своеобразный “конверт” для волн мог бы иметь любую другую зависимость $A[\Delta\omega t + (k_{1x} - k_{2x})x]$. Важным является доминирующая зависимость оболочки от $\Delta\omega$. Теперь мы видим, что кроме фазовой скорости заполнения существует групповая скорость вдоль оси x :

$$V_g = \frac{\Delta\omega}{k_{1x} - k_{2x}}, \quad (14)$$

т.е. скорость “конверта”, который переносит содержимое, блуждающее внутри “само по себе” (вектор групповой скорости $\vec{V}_g = \Delta\omega/\Delta\vec{k}$). В упомянутых двух случаях скорости распространения звуковой и световой волн V_Φ и V_g не зависели от ω и k . Такие среды распространения называют средами без частотной (отсутствует зависимость от ω) и без пространственной (нет зависимости скоростей от k) дисперсии.

В рассмотренном в предыдущем разделе случае с письмами другу и от друга мы имели дело именно со средой без дисперсии. Более близкую аналогию с синусоидальной волной легко получить, если письма писать и отсылать непрерывно, но число букв в них в единицу времени изменять по закону $\cos(\omega_0 t)$. Тогда письма (и буквы в них) переносятся со скоростью V_c без искажений, а их периодичность вдоль трассы с волновым числом $k = \frac{\omega}{V_c}$, как нетрудно понять из рис. 1, есть результат их переноса. Однако, движение одного из корреспондентов приводит к изменению их частоты и волнового числа при переходе в движущуюся систему. С учетом этих изменений релятивистское преобразование частоты ω_1 можно было бы представить в виде:

$$\omega_1 = \omega_0 \gamma^{-1} + k_x V_{II}. \quad (15)$$

Оно переходит в (8) при $k_x = \frac{\omega_1}{V_c} \cos \alpha$.

В общем случае k связано с ω более сложным образом (V_Φ зависит от ω и k). Дело в том, что необходим некоторый интервал времени, чтобы среда среагировала на возмущение — этот интервал иногда может быть даже больше интервала, который необходим ученику, чтобы, услышав об отмене урока, известить об этом эпохальном событии соседа по парте.

Например, распространение звука в воздухе (разреженном газе) происходит по схеме: неоднородные в пространстве, но достаточно малые возмущения ΔP давления P приводят к тому, что молекулы перемещаются из области большего давления в соседние области с меньшим P . Но в местах, где возмущения скорости малы, больше скапливается частиц. В результате их плотность N увеличивается, что, в свою очередь,

приводит к изменениям ΔP в окрестности новой точки, куда переместились частицы, так как давление в газе увеличивается пропорционально его плотности. В результате происходит дальнейшее распространение возмущений.

Частицы перемещаются беспорядочно (хаотически) с тепловой скоростью V_T ($V_T^2 \simeq \kappa_B T_0^0 / M$, где T_0^0 и M — соответственно, температура и масса частиц среды, в которой распространяется звук, а $\kappa_B = 1,38 \times 10^{-16}$ эрг/град — постоянная Больцмана). За время τ они проходят расстояние $X = V_T \tau$ в любую сторону от источника возмущений (например, трубача). Приравнивая X длине волны $\lambda = 2\pi/k$ и $\tau = 1/\omega$ получаем, что $\omega = \pm V_0 k$ или $\omega^2 = V_0^2 k^2$ (см. (12)).

Здесь мы заменили тепловую скорость на скорость звука, которая в воздухе хотя и близка к V_T , но может отличаться от нее даже для малых возмущений давления, хотя бы из-за того, что происходят изменения температуры, связанные с колебаниями давления. В газе и жидкости эти изменения адиабатические, и скорость звука $V_0 = \sqrt{K_{ад}/\rho}$, где $K_{ад}$ — адиабатический модуль объемного сжатия, а $\rho = MN$ — средняя плотность массы среды. Для идеального газа:

$$V_0 = \sqrt{\frac{c_p P}{c_v \rho}}, \quad (16)$$

где $\frac{c_p}{c_v}$ — отношение теплоемкостей при постоянных давлении и температуре.

Вообще говоря, природа волн и колебаний может быть совершенно различной. Однако универсальным для всех колебаний является инертность реакции “чего-то” при действии на это “чего-то” какой-нибудь силы. Мы рассмотрели пример одной из них: силы давления $F_P \simeq P/X$, приводящей к дисперсионному соотношению типа (3). Теперь рассмотрим пример силы, радикальным образом изменяющей (3). Это будет сила, величина которой увеличивается с ростом X .

Представьте себе, что ваше внимание притягивает выставленный на витрине велосипед. Я привожу этот пример, поскольку уже несколько лет мне хочется купить велосипед с большим количеством передач (у одного моего шведского друга велосипед имеет двадцать одну передачу). Велосипед — уже не новый, и когда Вы находитесь вблизи витрины очень заметны все его, скажем, потертости. Но чем дальше Вы отходите от витрины, тем велосипед имеет более товарный вид, и сила вашего притяжения к велосипеду возрастает пропорционально вашему удалению x от витрины.

Ускорение a_x равно величине этой силы (на единицу вашей массы m) $F_m = \frac{\beta}{m} X$, где β характеризует степень вашего притяжения к витрине.

Изменения скорости $v_x = \frac{a_x}{\tau} = X\tau$. По пути к магазину Вы набираете скорость, и хотя непосредственно у витрины $F_m = 0$ ($x = 0$), скорость Вашего движения максимальна. Поэтому, проскочив витрину (по инерции), Вы начнете замедляться, так как a_x , направленное теперь в обратную сторону, увеличивается с ростом x . И если вашему движению ничего не мешает (например, трение), то Вы будете совершать периодические колебания относительно точки $x = 0$.

А теперь вновь допустим ужасную вольность: запишем ускорение как $\frac{x}{T_0^2}$, считая, что ваши удаления от витрины невелики. Вспоминая, что частота $\omega_0 = \frac{1}{T_0}$ из равенства $a_x = F_m$, или, что то же самое, $\omega_0^2 X = \frac{\beta}{m} X$ мы получаем формулу для квадрата собственной частоты колебаний:

$$\omega_0^2 = \frac{\beta}{m}, \quad (17)$$

или $\omega_0 = \pm \sqrt{\frac{\beta}{m}}$. Слегка усложняя нашу задачу, мы можем предположить, что все пространство равномерно (с плотностью N_G) заполнено неподвижными, т.е. обладающими большой массой M_G (чтобы не исчезнуть с витрин) товарами и очень подвижными (возможно потому, что находятся в карманах учеников) деньгами с малой эффективной массой m (много меньшей M). Силу притяжения денег к товару будем связывать с наличием зарядов \pm (отрицательных у денег и положительных у товара), а плотность денег N_b положим равной N_G ($N_b \simeq N_G = N$). Такая нейтральность (в среднем) нашей торговой среды, которую мы назовем денежно-товарной плазмой, необходима, чтобы из-за взаимного притяжения и последующей рекомбинации (аннигиляции) товары и деньги не исчезли.

Теперь предположим, что вдоль оси x возникли возмущения плотности денег ΔN , вызванные смещением денег вдоль x : $\Delta N = NL^2X$ (для простоты считаем возмущения плоскими — их длины L вдоль перпендикулярных к x осей y и z существенно больше, чем смещения X). Такие возмущения N приведут к появлению пространственной плотности заряда ρ_q в полосках, равной ΔNq . Возникнет поле E , подобное полю для плоского конденсатора: $E = 4\pi Q/L^2$, а Q — полный заряд пластин. Если каждая копейка смещается от положения равновесия на X , то полный заряд Q на одной “стенке” денежного конденсатора (сбежавший от другой “стенки”) равен: $Q = -qNL^2X$. Следовательно, однородное и направленное вдоль x поле $E = -4\pi qNX$, а сила, действующая на каждую “денежку”: $F = qE = 4\pi q^2NX$. Ускорение денежки по-прежнему равно силе на единицу массы F_m . Оно отрицательно и стремится вернуть деньги на свое место. Однако, из-за инерции денежки проскакивают положение

своего равновесия, если они не сталкиваются с товаром. В результате возникнут колебания, подобные вашим колебаниям около витрины. Совершим вновь ужасное: представим ускорение как $a = v/\tau = X/\tau^2 = \omega_0^2 X$. Приравнявая a и $F_m = 4\pi q^2 N X/m$, получим выражение для собственной частоты колебаний плотности денег:

$$\omega_0^2 = 4\pi q^2 N/m \quad (18)$$

Взрослым ученикам легко догадаться что речь шла о решении уравнения ($a = d^2 X/dt^2$)

$$d^2 X/dt^2 = -4\pi q^2 N X/m, \quad (19)$$

которое имеет вид:

$$X = X_0 \cos(\omega_0 t + \phi), \quad (20)$$

где ϕ — произвольная, независящая от частоты фаза колебаний. Формула (18) тождественна формуле (17), если мы положим $\beta = 4\pi q^2 N$. Заменяя деньги на электроны (заряд $-e$ и масса m) и товары на более тяжелые (и потому более инертные) ионы (заряд e , масса M), мы получим выражение для квадрата частоты собственных колебаний электронов плазмы ($\omega_{e0}^2 = 4\pi e^2 N/m$), состоящей из электронов и одного сорта ионов (ленгмюровская, или плазменная частота).

Очевидно, что такие же синусоидальные колебания будут совершать возмущения скорости электронов плазмы и их плотность N . Объединяя полученные выше решения при учете давления и собственных колебаний среды, получаем для электронных (ленгмюровских) волн в плазме следующее дисперсионное соотношение:

$$\omega^2 = \omega_{e0}^2 + 3k_B^2 V_{T_e}^2. \quad (21)$$

(здесь T_e^0 — температура электронов и учтено, что для ленгмюровских волн $c_p/c_V = 3$). Отсюда следует выражение для фазовой скорости:

$$V_\phi = \frac{\sqrt{3}k_B V_{T_e^0}}{\sqrt{\omega^2 - \omega_{e0}^2}}. \quad (22)$$

Из (14), (21) и (22) легко получить, что:

$$V_r V_\phi = V_{\alpha_e} \equiv 3v_{T_e^0}^2. \quad (23)$$

(для этого нужно заменить, учитывая малость величины $\Delta\omega$, разности квадратов частот $(\omega + \Delta\omega)^2 - \omega^2$ на $2\omega\Delta\omega$ (и, соответственно, разности квадратов волновых векторов на $2k\Delta k$). Таким образом, если фазовая скорость может (при ω близком к ω_{e0}) существенно превышать скорость электронного звука в плазменной волне, то групповой скорости это не

позволено. Действительно, с учетом (23) дисперсионное соотношение (21) принимает вид:

$$\omega = \frac{\omega_{e0}}{\sqrt{1 - V_r^2/v_{e0}^2}}. \quad (24)$$

Заметим, что кроме ω_{e0} в плазме могут существовать другие собственные частоты, например, частота циклотронного вращения электрона в магнитном поле напряженностью B_0 ($\omega_{Be} = eB_0/mc$). В случае электронных плазменных волн, квадрат этой частоты суммируется с квадратом ленгмюровской частоты в (12)-(15).

Для высокочастотных электромагнитных волн в плазме со слабым магнитным полем (ω_B много меньше ω_0) формулы (9)-(12) имеют тот же вид, если мы заменим в них V_{ge} на скорость света c . Такие же соотношения имеют вид и для волн де Бройля (опять же для энатоков), волн, вызывающих возмущения в физическом вакууме при движении частиц. Обычно их записывают в виде:

$$E^2 = m_0^2 c^4 + p^2 c^2, \quad (25)$$

где E — энергия, m_0 — масса покоя частицы, а p — ее импульс. В соответствии между (12) и (16) легко убедиться, если учесть знаменитые соотношения Эйнштейна между массой и энергией покоя ($E_0 = m_0 c^2$), а также между энергией и частотой, величинами импульса и волнового числа для любого волнообразного процесса:

$$E = \hbar \omega \quad (26)$$

$$p = \hbar k, \quad (27)$$

где $\hbar = 1.0610^{-27}$ эрг·с — постоянная Планка. Из сказанного видно, что пакет волны можно рассматривать как некоторое подобие частицы, роль массы покоя которой играет собственная частота $\omega_0 \hbar / c^2 = m_0$, групповой скорости — скорость частицы. В этом смысле можно сказать, что при распространении в плазме (в среде с собственной частотой) электромагнитная волна приобретает массу покоя. Отношение скорости света к фазовой скорости волны называют показателем преломления среды n для данной волны ($n = c\omega/k$). Например, для электромагнитной волны в плазме (в указанном выше приближении)

$$n^2 \equiv \frac{c^2}{V_{\phi}^2} = 1 - \frac{\omega_{e0}^2}{\omega^2} \quad (28)$$

4. НЕМНОГО ОБ ОТРАЖЕНИИ, ПОГЛОЩЕНИИ И ИЗЛУЧЕНИИ

Для того, чтобы волна, отразившись, распространялась в обратном направлении нужно заменить в (13) k_x на $-k_x$. Это означает что при полном отражении от границы двух сред на границе $k_x = 0$. Так как, согласно рассмотрению предыдущего раздела, $k = (\omega/c)n$, то полное или частичное отражение волны связано с изменениями показателя преломления среды. Например, электромагнитная волна может полностью отразиться назад от слоя плазмы, и при этом $n = 0$ ($\omega = \omega_{e0}$), или от металла, например, автомобиля, самолета, ракеты. Звуковая волна может отразиться от твердого дна океана. Очевидно, что при полном отражении назад (а здесь мы будем говорить только об отражении назад) групповая скорость волнового пакета на границе раздела сред равна нулю подобно скорости теннисного мяча при его отражении от стенки.

Примерами частичного отражения служат отражения ультразвуковой волны от органов человеческого тела, отражение света от стекла, когда частично волна проходит в другую среду в силу либо небольших по величине, либо резких (в сравнении с длиной той или иной волны) изменений n .

Рассмотрим для примера периодические в пространстве изменения $n = 1 + \Delta n \cos(\kappa x)$. Тогда

$$p = A \cos[\omega(t - x/c)] + \frac{\omega}{c} \Delta n x \cos(\kappa x) \simeq \cos[\omega(t - x/c)] + \frac{\omega}{c} \Delta n x \sin[\omega(t - x/c)] \cos \kappa x. \quad (29)$$

Здесь мы воспользовались формулой для косинуса суммы и учли, что $\Delta n \ll 1$, приравняв приблизительно $\cos \phi = \cos(\frac{\omega}{c} \Delta n x \cos \kappa x) \simeq 1$, а $\sin \phi \simeq \phi$ (в чем легко убедиться, заглянув в таблицы тригонометрических функций). Выражая последний член (29) через сумму и разность синусов и учитывая, что $k_0 = \omega/c$, получим:

$$p = A \cos[\omega t - \kappa x] + A k_0 \Delta n x [\sin(\omega t - (k_0 - \kappa)x) + \sin(\omega t - (k_0 + \kappa)x)] \quad (30)$$

Из (30) видно, в частности, что при

$$\kappa - k_0 = k_0 (\kappa = 2k_0) \quad (31)$$

наряду с прошедшей волной мы имеем отраженную (рассеянную) назад волну, амплитуда которой меньше A на величину $k_0 \Delta n x$, где x характеризует протяженность среды с вариациями Δn . В более общем случае связь между k , κ , и углом α_s между ними имеет вид:

$$\kappa = 2k \sin \alpha_s / 2. \quad (32)$$

и при малых α_s (рассеяние вперед под малыми углами) $\kappa = k\alpha_s/2$. Природа рассеяния волн связана с тем, что частицы среды переизлучают падающую волну. Неравномерная плотность частиц в пространстве приводит к тому, что в определенных направлениях вторичные волны могут складываться — в этих направлениях волны имеют одинаковую фазу, что определяются условиями типа (32) и отражает закон сохранения импульса (см. (30)) для трех волн (падающей, рассеянной и структуры Δn), подобно тому, как этот закон выполняется при упругом столкновении с частицами. Если Δn имеет свою частоту, то частота рассеянного излучения изменится согласно (26) и закону сохранения энергии.

Частицы могут поглощать волну. Например, электроны, начиная двигаться под действием электрического поля электромагнитной волны с частотой волны не успевают ее переизлучить ее, если сталкиваются с более массивными (более инертными) частицами — ионами. Тогда, совершая беспорядочные движения, они не только переизлучают, но и сами излучают волны, причем, не только по всем направлениям, но и по всем частотам. Это можно понять хотя бы из приведенных в разделе 1 формул для доплеровского смещения частоты! Такое излучение называется тепловым. Частота излучения, находящегося в равновесии со средой (температура среды T^0), имеет характерное распределение по частотам с максимумом вблизи частоты:

$$\omega \simeq 2,82 \frac{\kappa_B T^0}{\hbar}. \quad (33)$$

Ярким примером такого излучения является реликтовое радиоизлучение Вселенной на длине волны $\lambda = 2\pi c/\omega = 0.17$ см. Другим примером может служить радиоизлучение внутренних органов нашего тела, позволяющее осуществить радиотермографию в медицинских целях (неплохо бы осуществить дистанционное измерение теплового излучения учеников для диагностики их поведения на уроках).

Колебательные системы, имеющие характерные резонансные частоты, могут поглощать излучение избирательно (селективно) на этих частотах. Поглощая излучение, словно пищу, они переходят в более возбужденное состояние (в состояние с большей энергией). Примерами таких резонансных систем являются атомы и молекулы, электроны которых, “раскачиваясь” электромагнитными волнами частоты ω , перескакивают на другой разрешенный энергетический уровень, приобретая энергию $\Delta E = \hbar\omega$. Однако, при движении таких резонансных поглотителей, ширина линии поглощения смещается, согласно эффекту Доплера, в зависимости от направления движения поглотителя то в фиолетовую (ω увеличивается), то в красную (ω уменьшается) сторону. Таким образом, по смещению линии поглощения поглотителей, определяют скорости и направления их движения в космическом пространстве. При хаотическом движении поглотителей ширина линии поглощения уширяется и характеризует температуру

поглощающего волны газа.

Поглотив волну, электроны через некоторое время, равное времени τ их жизни на новом возбужденном, уровне, спонтанно перескакивают в состояние с более низкой энергией, излучая другую частоту ($\omega' = \Delta E_1/\hbar$). Ширина линии вторичного излучения определяется не только τ^{-1} и множеством сливающихся переходов (если таковые существуют), но и вновь — доплеровским смещением частоты излучения из-за хаотического движения резонансных излучателей.

Переход в состояние с меньшей энергией может происходить не только спонтанно, но и индуцированно — под действием падающего излучения, например, излучения других атомов или молекул, подобно тому, как прыжок с вышки в воду одного из прыгунов из-за раскачивания вышки может вызвать падения с нее остальных. Тогда это излучение значительно усиливается. Именно так излучают лазеры и мазеры (индуцированные излучатели радиоволн), в том числе — космические. К числу космических мазеров относятся молекулы гидроксила в облаках межзвездного газа.

В результате, излучение или поглощение волн в среде зависит от того, какие уровни энергии более заполнены электронами: в равновесной среде всегда больше частиц на уровнях с низкой энергией, подобно тому как в нашей жизни всегда больше пассивных людей, чем людей активных. Поэтому в равновесной среде поглощение превалирует над излучением. Для мазерного или лазерного излучения необходимо перевести электроны атомов (молекул) на более высокие уровни, то есть создать инверсную населенность энергетических уровней, привнося в среду энергию.

В случае электронных плазменных волн такую инверсность создают, например, пучки электронов. Будучи захваченными электрическим полем волны и двигаясь вместе с волной (скорость частиц пучка близка к фазовой скорости волны), они отдают энергию тем волнам, чуть быстрее которых они двигаются (чтобы остаться захваченными как можно дольше и как можно дольше взаимодействовать с волной), забирая энергию от волн с чуть большей V_{ϕ} . В этом и есть сущность излучения Вавилова–Черенкова, которое может наблюдаться для волн с фазовой скоростью, меньшей скорости света (показатель преломления $n > 1$), чтобы дать возможность частицам обгонять их. Именно такие пучки в плазменных оболочках Солнца и звезд возбуждают плазменные волны. Рассеиваясь затем на неоднородностях Δn среды, плазменные волны переходят в радиоволны, которые и принимаются с помощью радиотелескопов и изучаются с целью получения информации о космических объектах.

Если же плазма равновесная, то есть в ней медленных частиц больше, чем быстрых, частицы, находящиеся в резонансе с плазменной волной, поглощают ее, ускоряясь при этом. Такое поглощение волн носит название затухания Ландау. Поэтому, если Вы нашли иной способ создания мощных плазменных волн, Вы можете ускорять с помощью их электроны,

как, например, это делают в земной ионосфере, возбуждая ленгмюровские волны с помощью радиоволн от наземных радиопередатчиков, или как планируют это делать для создания уникальных ускорителей электронов.

Заканчивая этот раздел, вспомним резкое увеличение из-за эффекта Доплера частоты и числа получаемых писем при приближении письмописателя к письмополучателю со скоростью распространения писем. Подобный эффект приводит к увеличению амплитуды излучающей частицы, которая движется в сторону наблюдателя с $V \simeq c$. Не осталась без применения и формула (9). Неоднородности показателя преломления среды, размеры которых существенно больше длины волны преломляют эти волны, отклоняя направление их распространения на угол $\alpha_s = \sphericalangle$ (см. (32)) и фокусируя их подобно оптическим линзам. Поперечное к направлению распространения движение таких линз приводит к вариациям углов прихода и амплитуд (мерцаниям) волн и “блужданиям” их частоты, величина которой определяется (9), что позволяет определить скорость движения неоднородностей. Этот метод приносит много сведений о движении межзвездной среды и солнечного ветра, о собственном движении мерцающих источников. Добавим, что при изучении мерцаний, вызванных неоднородностями плазмы солнечного ветра, в конце 1967 г. были открыты нейтронные звезды — пульсары.

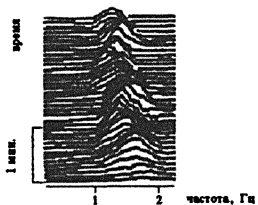
5. ПРИМЕНЕНИЕ

Наиболее распространенное применение эффекта Доплера состоит в определении скоростей движения отражающих, рассеивающих и излучающих волны объектов. Полицейские с помощью приборов, измеряющих изменения частоты при отраженных радио, а в последнее время и световых волн, ловят нарушителей дорожного движения, превышающих установленную правилами скорость движения автомобилей. У разведчиков есть возможность, измеряя малейшие колебания поверхности оконных стекол, вызванных звуковыми волнами, подслушивать секретные разговоры. Сейсмологи могут использовать подобный эффект для определения малейших колебаний земной коры. Врачи используют доплеровские изменения частоты сигналов в ультразвуковой эхокардиологии, получая информацию о вариациях сердечного ритма.

Радиофизики, зондируя среду радиоволнами (т.е. посылая радиоволны на среду) и используя изменения частоты сигналов, обратно (или под иным углом) рассеянных различными волнами и неоднородностями среды, измеряют фазовую скорость этих волн (точнее, ее составляющую в направлении зондирования) и скорости их переноса при движении среды (см. рис. 2). При этом из всего набора пространственных частот k неоднородностей рассеянная волна выбирает только ту, которая удовлетворяла бы

условию (31). Можно сказать, что рассеянная волна подобна приемнику, позволяющему выделять те или иные радиостанции, настраиваясь на частоту их излучения, но при ширине частотной полосы, меньшей ширины полосы исходного сигнала, принимающего только ту часть информации, которая заключена в этой полосе.

Доплерограмма радиосигнала, рассеянного искусственной ионосферной турбулентностью



Спектрограмма колебаний температуры человеческого тела

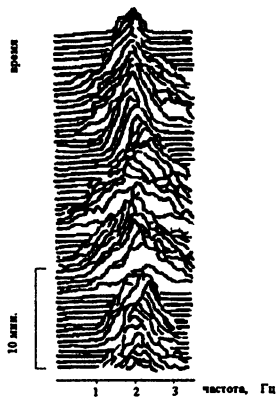


Рис. 2.

Таким образом работают многочисленные установки, начиная от станций “некогерентного” радиозондирования ионосферы Земли, которые способны уловить даже достаточно слабые сигналы, рассеянные тепловыми флуктуациями плотности плазмы, и кончая аналогичным оборудованием лазерного зондирования существенно более плотной лабораторной плазмы. И в том, и в другом случае они позволяют определить температуру электронов и ионов плазмы по доплеровским уширениям частоты рассеянного плазмой первично квазимонохроматического (то есть имеющего почти определенную частоту) излучения.

При получении сигналов от волн более удаленных объектов проводятся не только эксперименты по радиолокации околоземных областей солнечного ветра — потоков вещества из Солнечной атмосферы, но и локация радиоволнами самой атмосферы Солнца.

Иногда, для большей определенности, структуру, рассеивающую радиоволны, создают искусственно, например, посылая в атмосферу мощную звуковую волну, которая создает периодические в пространстве изменения показателя преломления (радиоакустическое зондирование Атмосферы). При этом о параметрах среды судят по тому, с какой скоростью распространяется эта звуковая волна и каким образом она искажается под действием неоднородных по высоте ветров и всевозможных вихревых движений газа.

Стоячую периодическую структуру можно создать при отражении волны — при сложении (интерференции) прямой и отраженной волн. Это следует из формулы (30), если в ней положить $\Delta\omega = 0$ и $k_{2x} = -k_{1x}$ и считать, что волна полностью отражается (коэффициент отражения равен 1). В ионосфере Земли отражение коротких радиоволн происходит примерно на высотах 200–400 км, где плотность электронов максимальна. Посланная с поверхности Земли вертикально вверх радиоволна частоты ω отразится, если на высоте, где ленгмюровская частота ω_0 станет равной

ω (см. (28)). Как правило, это имеет место для частот $f = \omega/2\pi \leq 10^7$ Гц. А далее происходит следующее. Электроны начинают колебаться в электрическом поле E стоячей волны. Самая большая колебательная скорость v_{\sim} электронов должна быть в пучностях волны, а самая маленькая — вблизи узлов. Квадрат этой скорости даст вклад в давление электронного газа, подобно тепловой скорости электронов. В результате у давления появится составляющая с $\omega = 0$, зависящая от $\cos^2 2kx$. Фактически, это давление есть не что иное, как давление электромагнитной волны на плазму. Из-за более высокого суммарного давления (это можно понять и из закона Бернулли) в областях максимумов (пучностей) стоячей волны плазма вытесняется в узлы стоячего поля (электроны потянут за собой ионы, так как разделение зарядов приведет к появлению электрического поля).

Образовавшаяся почти периодическая структура плотности плазмы N с $\kappa = 2k$ будет рассеивать радиоволны, посланные уже для радиозондирования ионосферы. Распад указанной структуры будет изменять не только амплитуду, но, вследствие эффекта Доплера, и частоту рассеянных радиосигналов. Такие искусственные периодические структуры с успехом используются в ионосферных исследованиях.

Излучение электромагнитных волн движущимся веществом (особенно в линиях — на определенных частотах) широко используется в астрофизике для определения скоростей. Дело в том, что очень часто звезды находятся в двойных системах, то есть, подобно людям, существуют парами, причем далеко не всегда видны оба звездных партнера. Значительно чаще один из них не проявляет себя, имея слабую светимость или будучи черной дырой. Вращение звезды вокруг своего невидимого партнера — точнее вокруг центра масс — приводит к тому, что на тех участках траектории звезды, где она движется в нашу сторону, мы видим “фиолетовое” смещение частоты линий, а при ее движении в противоположном направлении происходит смещение частоты излучения в “красную” сторону. Аналогичный, хотя и более слабый эффект, имеет место в случае, когда движение звезды возмущено наличием вращающихся вокруг нее планет. Поэтому, данный метод является одним из тех весьма немногих, которые позволяют обнаруживать планеты у далеких звезд. Не требует разъяснения важность осуществления последнего, прежде всего, с точки зрения поиска внеземных цивилизаций.

Кстати, оказалось, что планеты могут быть даже у пульсаров — вращающихся нейтронных звезд, излучающих чрезвычайно направленно электромагнитные волны, по-видимому, из областей своих магнитных полюсов (своеобразной пульсарной Гренландии). Если нам повезло и мы попали в диаграмму направленности излучения пульсара, то в течение времени τ_H прохождения вращающейся диаграммы мы будем принимать его излучение, повторяющееся через период, который определяется частотой

вращения пульсара. Таким образом, если пульсар неподвижен, его своеобразные письма мы будем получать строго периодически. Вместе с тем, подобно случаю с непоседой — письмоноском, при движении пульсара период получаемых от него “писем” будет изменяться. А при периодических изменениях периода прихода писем, мы можем сделать заключение о том, что пульсар вращается вокруг чего-то нами невидимого, например, вновь вокруг черной дыры. Вместе с тем малые изменения в периоде позволяют предположить наличие у нейтронной звезды планет. Именно за такие измерения вариаций периода пульсаров была вручена в прошлом году Нобелевская премия!

Но этим не ограничились открытия, полученные с помощью эффекта Доплера в астрофизике. Наблюдая вращательное движение звезд в галактиках, астрономы определили зависимость скорости вращения галактик с изменением расстояния от их центра. Такой пример приведен на рис. 3.

Вращающаяся спиральная галактика

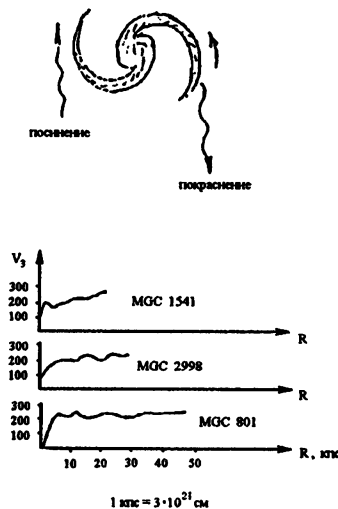


Рис. 3.

Что же удивительного можно найти в этих кривых? Дело в том, что скорость вращения звезд в галактиках определяется из равенства энергии их вращательного движения и энергии гравитационного притяжения. Первая равна $M_0 V_0(R)^2/2$, где M_0 - ее масса, а V_0 - скорость. Энергия гравитационного притяжения $E_g \approx GM(R)M_0/R$, где $G = 6.6810^{-8} \text{ см}^3/\text{г}\cdot\text{с}^2$ — гравитационная постоянная, а $M(R)$ — масса вещества в галактике, сосредоточенная в сфере радиуса R , определяющего орбиту вращения звезды. Эта масса, при равномерной плотности звезд внутри указанной сферы пропорциональна объему сферы $(4\pi/3)R^3$. В этом случае:

$$V_0 \approx \sqrt{\frac{4\pi GM_0 N_0 R}{3}}, \quad (34)$$

где N_0 — плотность числа звезд в единице объема (масса всех звезд для простоты считается одинаковой и равной M_0). И действительно, из рис. 3 видно увеличение скорости с ростом R для $R \leq R_0 = 10$ кпс (один килопарсек примерно равен $3 \cdot 10^{21}$ см). Однако, на расстояниях, где плотность звезд существенно убывает, и они ничего существенного не могут добавить к $M(R_0)$, скорость звезды должна определяться выражением, подобным тому, что описывает скорость вращения спутника вокруг Земли:

$$V_0 \approx \sqrt{\frac{GM(R_0)}{R}} \quad (35)$$

и убывать с ростом R . Но как видно из рис. 3, ничего подобного не происходит!

Скорость вращения достигает насыщения и не изменяется при удалении от галактических центров. Что же это: нарушение законов Ньютона или вклад в $M(R)$ невидимой материи? Если справедливо второе предположение, то это чрезвычайно важно для настоящего нашей Вселенной, о чем речь пойдет вкратце в следующем разделе. Согласно (35), плотность такой “невидимой материи” должна убывать от центра галактик как R^{-1} . Одним из кандидатов на невидимую материю являются черные дыры. Они притягивают все — даже свет, если он попадет на расстояние, меньшее, чем

$$R \leq \frac{8\pi G M_{\text{од}}}{3c^2}, \quad (36)$$

где $M_{\text{од}}$ — масса такой звезды.

Однако, существует и иное мнение о природе насыщения скорости вращения. Некоторые астрофизики связывают его с изменением закона Ньютоновского ускорения на $a = GM/R_0 R$ при $R \geq R_0$, или, другими словами, при уменьшении a до экспериментально найденной величины $a_0 \simeq 10^{-8}$ см·с⁻². Вот какие мысли может вызвать эффект Доплера.

6. НЕСТАЦИОНАРНАЯ ВСЕЛЕННАЯ, ЕЕ РАСШИРЕНИЕ И РЕЛИКТОВОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ

Как ни печально это сознавать, но, возможно, нам суждено существовать внутри черной дыры — нашей Вселенной. Звездообразование, их эволюция, взрывы, выбросы и грандиозные энерговыделения в центрах активных галактик указывают на значительную нестационарность и бурную ее жизнь. Но самой грандиозной нестационарностью является расширение Вселенной. И увидеть этот триллер, прочитать сценарий и попытаться вникнуть в замысел его создателя помогает все тот же эффект Доплера.

Согласно (3), смещение спектральных линий излучения и поглощения далеких галактик в красную сторону характеризует (при $\cos \alpha = -1$) скорость их радиального удаления. В 1929 г. астроном Э. Хаббл на основе наблюдений получил, что красное смещение $\delta\omega$ увеличивается (независимо от направления на источники) с расстоянием до соответствующего скопления галактик R и равно HR/c , где H получило название постоянной Хаббла. При доплеровской природе красного смещения этот закон с помощью (3) можно переписать в виде:

$$V = HR. \quad (37)$$

Величина H^{-1} имеет размерность времени и по современным оценкам равна (в нашу эпоху) 10–20 миллиардам лет (по-видимому, $H = 1.8 \cdot 10^{-18} \text{ с}^{-1}$). Конечно, в формуле для смещения частоты при $V \simeq c$ необходимо учитывать релятивистские поправки.

Более того, необходимо учитывать влияние вещества на движение света (см. раздел 5), которое особенно значительно при больших R . Поэтому, обычно выражение (37) представляют в виде:

$$z = \delta\omega = L(t_0)/L(t), \quad (38)$$

где z — параметр красного смещения, $L(t)$ и $L(t_0)$ — некие масштабные факторы, характеризующие кривизну определенного объема во Вселенной в момент излучения t_0 и приема t . Если представить Вселенную в виде расширяющейся во времени сферы, а все вещество перенести мысленно на ее поверхность, то L можно представить как радиус такой сферы.

Поэтому наиболее современные достижения астрономии связаны с оккупацией все больших z и все большего диапазона частот электромагнитных волн — от единиц и десятков миллионов герц до гамма диапазона (оцените одну из его частот сами, используя (26) и $E = 2mc^2$ — энергию массы покоя электронно-позитронной пары).

Наиболее современная проблема космологии и состоит в том, чтобы на основе наблюдательных данных о частотных и угловых характеристиках источников при больших z ($z \geq 1 \div 3$), а также сведениях о “населенности” источниками различных “уровней” z , проверить ту или иную теоретическую модель, описывающую структуру Вселенной и рождение в ней вещества. Неоценимую помощь в этом оказывают яркие (даже при таких удалениях) квазизвездные объекты (квазары) — компактные источники излучения, а также поглощающие в линиях (на определенных частотах) облака.

Наиболее привлекательной в настоящее время является стандартная модель — модель большого взрыва (может быть мальчишками, что шалили спичками, создан мир наш, книжками и звездами напичканный). Согласно этой модели, Вселенная расширяется и, возможно, из объема с масштабом $L \simeq \sqrt{\hbar G/c^3} \simeq 10^{-33}$ см. Вещество рождалось в период ее младенчества — в эру очень высоких температур ($T^0 \propto 1/L$). Но с возрастом температура Вселенной уменьшалась, и в эру юности (около двухсот тысяч лет со дня рождения), когда T^0 уменьшилась до четырех тысяч градусов (Кельвина) и произошла рекомбинация электронов с ионами, Вселенная стала прозрачна для излучения. Возможно, что именно это излучение, “сдвинутое” из-за эффекта Доплера (см. (38)) и наблюдается как реликтовое излучение — излучение, которое заполняет всю Вселенную и имеет спектр излучения “черного тела” с характерной температурой около 2.7 К^0 .

При расширении Вселенной постоянная Хаббла $H = \{L(t+\tau) - L(t)\}/\tau$ уменьшается во времени, в то время как $L(t)$ увеличивается с ростом t .

Отсутствие зависимости H от R и от направления (изотропия), отсутствие анизотропии в реликтовом излучении, а также ряд других факторов могут говорить об однородном и изотропном расширении Вселенной.

Но какова ее дальнейшая судьба в рамках стандартной модели? Это зависит от отношения η плотности Вселенной (ρ) к критической плотности

$$\rho_{кр} = H^2/G_1, \quad (39)$$

где $G_1 = 8\pi/3$. Вселенная развивается вплоть до $\eta = 1$, когда она становится стационарной (“бабье лето”) на миг, который длился бы достаточно долго, если бы Вселенная возникла не из-за взрыва. Используя (39) и приравнявая L к $R_u \simeq c/H$ (см. (37)), мы получим условие Черной дыры (36). Плотность ρ , полученная из наблюдений, пока в 10–20 раз меньше критической. Вот почему поиск невидимого вещества столь важен. Не менее важно и уточнение законов, которым по нашему мнению должна подчиняться Вселенная. Правда, в этом не всегда есть необходимость. Тем не менее укажем, что величиной, близкой к минимальному ускорению a_0 , о котором упоминалось в предыдущем разделе, является “ускорение” $cH \simeq 5 \cdot 10^{-8}$ см·с⁻². Случайно это или нет, покажет будущее, на которое возлагаются, конечно, существенно большие надежды.

7. ЗАКЛЮЧЕНИЕ, МНЕНИЕ И СОМНЕНИЕ.

В статье, которая является в какой-то степени введением к нескольким последующим, где будут более подробно обсуждаться некоторые конкретные достижения и проблемы физики космической плазмы, я изложил то, чем восхищаюсь сам, — простоте и эффективности одного из методов исследования в современной физике. Я прекрасно сознаю, что количество иллюстраций применения метода могло быть существенно большим. Но рамки статьи, которые я уже превзошел, не позволяют занимать Ваше внимание дольше. Тем более, что я сторонник того, что статья должна быть понята в целом без обращения к другой литературе, необходимой для более глубокого изучения предмета. Кроме того, при изложении последних достижений всегда возникает сомнение в том, что это достижение либо не является достижением с большой буквы, либо еще не достаточно устоялось для его изложения неподготовленному читателю. Возможно, что большую пользу для читателя приносит обсуждение современных проблем, которые возникают в конкретных областях физики, хотя я понимаю, что это сложнее и опаснее. Поэтому я закончу самым большим своим сомнением: я не уверен, что мне удалось пройти по лезвию бритвы

между тривиальным, не требующим разъяснения, и тем, что неоправданно казалось тривиальным мне самому. Для более глубокого ознакомления с затронутыми вопросами я могу порекомендовать книги, указанные в списке литературы. Из всех научных статей я выбрал одну из спорных, но весьма интригующих — статью, посвященную проблеме применения закона Ньютона к вращению Галактик.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гинзбург В.Л. О физике и астрофизике: Статьи и выступления. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1992. — 528 с. — (Наука. Мировоззрение. Жизнь). — ISBN 5-02-014777-X.
2. Шкловский И.С. Проблемы современной астрофизики. — М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1982. — 224 с.
3. Шкловский И.С. Звезды: их рождение, жизнь и смерть. — М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1975. — 368 с.
4. Девис П. Случайная Вселенная: Пер. с англ. В.Е.Чертопруда / Под редакцией и с предисловием А.Г.Дорошкевича. — М.: Мир, 1985. — 160 с.
5. Данилов А.Д. Популярная астрономия. — Л.: Гидрометеиздат, 1978. — 136 с.
6. Фейнман Р., Лейтон Р., Сэндс М. Фейнмановские лекции по физике. — М.: Мир, 1966.
7. Liboff R.L. Generalized newtonian force law and hidden mass. //Astrophysical Journal, 1992. V.397. P.L71–L73.
8. Гершман Б.Н., Ерухимов Л.М., Яшин Ю.Я. Волновые явления в ионосфере и космической плазме. — М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1984. — 392 с. (для студентов ВУЗов).

IONOSPHERE
AS A SPACE PLASMA
LABORATORY

L. M. ERUKHIMOV

One of new branches of physics of ionosphere is developing by the usage of the ionosphere as a nearest plasma laboratory.

Статья посвящена одному из новых направлений ионосферной физики — использованию ионосферы в качестве ближайшей к нам плазменной лаборатории.

**ИОНОСФЕРА ЗЕМЛИ
КАК КОСМИЧЕСКАЯ
ПЛАЗМЕННАЯ ЛАБОРАТОРИЯ**

Л. М. ЕРУХИМОВ

Нижегородский государственный университет

ВВЕДЕНИЕ

Мы привыкли к тому, что физическая лаборатория напоминает опутанное множеством проводов устройство, которое заполняет маленькую комнату, большое здание, глубокую подземную пещеру (когда речь идет о ловле космических нейтрино) или огромное кольцо ускорителя. В такой лаборатории мы ставим эксперименты, полностью контролируя условия их проведения. В то же время нас давно не удивляет и тот факт, что, изучая звезды, галактики и их скопления, мы имеем дело с астрофизическими лабораториями, в которых эксперименты ставит сама Природа.

Природе под силу делать то, что недоступно человеку. Она может нагреть вещество до десятков и сотен миллионов градусов, поместив его вблизи центра красного гиганта, а затем, сбросив его оболочку, показать, как вещество остывает, став белым карликом. Природа способна сжать вещество до огромных плотностей, предоставив нам возможность изучать не только нейтронные звезды, но и черные дыры. Но вместе с тем она создает и разряды газа, в которых на расстоянии во многие километры не встретить ни одного свободного протона.

Но, ставя эксперименты, Природа предоставляет нам лишь права стороннего наблюдателя, способного видеть и наслаждаться, разгадывая тайны того, что скрыто за невиданным.

Однако существуют и космические лаборатории, где нам позволено частично вмешиваться в сотворенное Природой. В статье речь пойдет об одной из них — о ближайшей к нам плазменной космической лаборатории — ионосфере.

ИОНОСФЕРА КАК ПЛАЗМЕННЫЙ ОБЪЕКТ

Плазменная оболочка Земли — ионосфера состоит из смеси газа нейтральных атомов (и молекул) и квазинейтральной плазмы, в которой число отрицательно заряженных частиц в единице объема — электронов и частично отрицательных ионов примерно равно числу положительно заряженных ионов. Ионы атомов и молекул азота и кислорода (доля молекул растет с уменьшением высоты) являются основной ионной составляющей ионосферы. Однако далеко не всегда они определяют характер

химических реакций, контролирующей плотность N заряженных частиц, особенно в нижних слоях ионосферы, где правят реакциями малочисленные, но химически активные спещии.

Структура. Равновесная плотность нейтральных частиц N_0 , которая определяется в основном балансом гравитационной силы и силы кинетического давления газа, примерно экспоненциально убывает с высотой, но вплоть до высоты около тысячи километров превышает плотность заряженных частиц N . Последняя, однако, изменяется с ростом высоты немонотонно, будучи зависимой прежде всего от баланса между скоростями ионизации газа и гибели заряженных частиц из-за многочисленных процессов рекомбинации электронов и ионов (рис. 1).

Ионизация на низких и средних широтах осуществляется солнечным волновым излучением и зависит от проникновения на соответствующие высоты различных частотных компонент (от ультрафиолетовых до рентгеновских) ионизирующего излучения. На высоких широтах значительный вклад в ионизацию вносят энергичные электроны и протоны, выбрасываемые из активных областей Солнца и приносимые солнечным ветром, и еще более энергичные частицы, ускоренные в солнечных вспышках и преодолевающие путь до Земли всего за несколько часов.

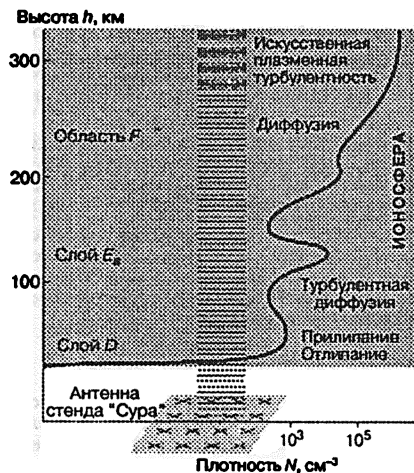


Рис. 1. Высотное изменение плотности заряженных частиц в ионосферной плазме. Здесь же изображена стоячая структура, образованная при интерференции мощной падающей и отраженной волн, и указано, какие процессы можно изучать по распаду этой структуры (см. раздел "Возбуждение ионосферы мощными пучками радиоволн")

Рекомбинацией на небольших высотах над поверхностью Земли ($h \leq 80-100$ км) правят сложные молекулярные комплексы, переносимые в том числе из нижних слоев атмосферы, загрязненной человеком. С увеличением высоты процесс объединения отрицательных и положительно заряженных частиц упрощается, уступая постепенно (для $h \geq 300-400$ км) главенствующую роль в контроле за плотностью N процессам переноса плазмы вдоль силовых линий геомагнитного поля из-за ее диффузии, в том числе с дневной (освещенной Солнцем) стороны на ночную (ниже для краткости плазмой мы будем называть только ее электронно-ионную компоненту).

Особенности упомянутых процессов приводят к появлению в ионосфере нескольких высотных областей, где N имеют экстремумы: область D ($h = 60-80$ км, $N_{\max} = 10^2-10^3$ см $^{-3}$), область E ($h = 100-150$ км, $N_{\max} = 10^5$ см $^{-3}$) и часто раздваивающаяся область F , где на высотах 200–400 км расположен главный максимум ионосферной плазмы с $N = 10^5-10^6$ см $^{-3}$. Кроме того, на высоте $h \approx 100$ км эпизодически возникает спорадический слой E_s , очень плотный и тонкий ($\Delta h \leq 0,5-1$ км), порой неоднородный. Основными источниками этого загадочного слоя являются высотное перераспределение ионов, неоднородное по высоте (см. ниже), вызванное силой трения о нейтральный газ, движущийся горизонтально, а также долгоживущие металлические ионы метеорного происхождения. Этот слой иногда полностью экранирует от радиоволн расположенные выше области ионосферы. Такое случается, если частота радиоволны меньше критической частоты распространения

$$f_{cp} = \frac{f_{\epsilon 0, \max}}{\cos \theta(h)}, \quad (1)$$

где $\theta(h)$ — зенитный угол падения волны на слой плазмы на высоте h , а $f_{\epsilon 0, \max}$ — максимальное значение плазменной частоты,

$$f_{\epsilon 0} = \frac{\omega_{\epsilon 0}}{2\pi} = \sqrt{\frac{e^2 N}{\pi m_e}} \quad (2)$$

(e и m_e — соответственно заряд и масса электрона).

Данная статья написана в момент проведения экспериментов по изучению искусственного радиозлучения ионосферы (ИРИ) в области F (см. рис. 3) в период, когда слой E_s , экранируя верхнюю ионосферу, не позволял возбуждать ИРИ.

Отражение радиоволн от области F обеспечивает загоризонтное распространение сигналов от дальних коротковолновых станций, не пропускает низкочастотные космические радиощумы и предохраняет космическое пространство от низкочастотных радиощумов, создаваемых на поверхности Земли. Эта же область ответственна за замирания (сцинтилляции)

радиосигналов от передатчиков, расположенных на борту ИСЗ, и сигналов от коротковолновых станций – за замирания ответственны неоднородности плазмы, которые приводят к многолучевому распространению радиосигналов.

Область D , где велико N_p , а следовательно, и частота столкновений электронов с нейтралами ($\nu_m \ll \omega \ll N_p$) вызывают основное поглощение радиоволн. Оно связано с тем, что электрон, колеблющийся в поле волны, забирает энергию у волны, но не успевает отдать волне долги путем переизлучения, так как теряет приобретенный от волны импульс при соударениях. Поэтому увеличение плотности электронов в области D за счет всплесков жесткого рентгеновского излучения Солнца или при ионизации (в высоких широтах) энергичными солнечными протонами с энергией до 40 МэВ полностью нарушает коротковолновую радиосвязь. В период ионосферных возмущений в ионосфере (и магнитосфере, которая, являясь полностью ионизированной оболочкой ионосферы, граничит с межпланетной плазмой) возбуждаются токи, вызывающие значительные вариации геомагнитного поля, и настолько сильные возмущения электрического поля, что порой они приводят к нарушению работы наземных линий электропередач. Вот несколько причин, по которым ионосфере уделялось (в долабораторную ее эпоху) и уделяется повышенное внимание.

Динамика. Динамика ионосферной плазмы также изменяется с высотой. В области D , где частоты вращения электронов ($\omega_{pe} = eB/(mc)$, c – скорость света) и ионов ($\omega_{pi} = eB/(m_i c)$, m_i – масса иона) в геомагнитном поле Земли (индукция \vec{B}) много меньше соответствующих частот столкновений электронов ν_e и ионов ν_i , плазма является пассивной примесью нейтрального газа – она почти полностью повторяет движения нейтралов как турбулентные, так и волновые. Источники последних часто расположены в нижних слоях атмосферы. Поэтому атмосферные циклоны, землетрясения и наземные взрывы могут быть зарегистрированы на ионосферных высотах.

Ионосферная плазма чувствительна к электрическим полям, достигающим высоты ее расположения. Настоящий бум в последние два года вызвало обнаружение значительного влияния на ионосферу молниевых разрядов в атмосфере. Давнюю проблему изучения ионосферных предвестников землетрясений горячо, словно получив второе дыхание, активно обсуждают на крупных международных форумах.

С ростом высоты, в связи с более быстрым уменьшением ν_e , начинает нарушаться условие $\omega_{pe} \ll \nu_e$ и электроны становятся замагниченными. На высоте 100 км, где при замагниченных электронах ω_{pe} становится сравнимой с частотой столкновений ионов с нейтралами ν_m , увлеченные нейтралами ионы могут двигаться относительно электронов. Здесь распо-

ложено царство холловской проводимости и холловских ионных токов, протекающих в направлении, перпендикулярном как скорости нейтралов, так и магнитному полю \vec{B} . Однако неоднородность среды ликвидирует это волюнтарство электронов, приклеивая их к ионам, за счет возникающего из-за разделения зарядов поляризаационного электрического поля. Так, вблизи этой высоты возникает слой E_s при стратифицированном по высоте движении атмосферного газа.

На высотах слоя F ионосферы плазма замагничена ($\nu_e \ll \omega_{pe}$). Здесь, особенно в области небольших масштабов, она ведет себя относительно независимо от нейтрального газа, проявляя во всей красе обилие неустойчивостей и нелинейностей, которыми богата магнитоактивная плазма.

Сказанное легко проиллюстрировать с помощью простых и полезных для понимания динамики плазмы формул для скоростей \vec{V}_α электронов ($\alpha = e$) и ионов ($\alpha = i$) под действием произвольной силы \vec{F}_α в направлении, параллельном \vec{B} :

$$V_{\parallel} = \frac{F_{\parallel\alpha}}{m_\alpha \nu_\alpha}, \quad (3)$$

ортогональном \vec{B} :

$$V_{\perp} = \frac{F_{\perp\alpha} \nu_\alpha}{m_\alpha (\omega_{B\alpha}^2 + \nu_\alpha^2)} \quad (4)$$

и ортогональном как \vec{F}_α , так и \vec{B} :

$$V_{\tau} = \pm \frac{e \nu_\alpha [\vec{F}_\alpha \times \vec{B}]}{m_\alpha c (\omega_{B\alpha}^2 + \nu_\alpha^2)} \quad (5)$$

(знак минус в (5) относится к электронам).

Выражения (3)–(5) справедливы при условии, что характерное время изменения V_α много меньше ν_α^{-1} . Вместе с тем они содержат в себе и более общий случай. Например, при гармоническом изменении во времени параметров (когда $V_\alpha \propto \exp[i(\omega t - \nu_\alpha t)]$, где $i = \sqrt{-1}$) в (3)–(5) для правильного описания динамики плазмы достаточно заменить ν_α на $i\omega + \nu_\alpha$.

Подставляя в (3)–(5) различные F_α можно оценить V_α при различных процессах. Например, в случае увлечения ионов движущимися со скоростью $V_{\perp i}$ нейтралами ($F_i = m_i \nu_{iN} V_{\perp i}$) с помощью (5) можно описать возникновение слоя E_s . Подстановка в (3)–(5) электрической силы ($F_\alpha = \pm eE$, знак минус относится к электронам) позволяет оценить плотность электрических токов $\vec{j} = eN(\vec{V}_i - \vec{V}_e)$. В частности, из (4) следует, что в сильно замагниченной плазме ($\omega_{pe} \gg \nu_e$) скорости ($V_{\perp i} \ll V_{\perp e}$) малы, а в поперечных электрическом и магнитном полях плазма дрейфует как целое со скоростью дрейфа $V_d = c[\vec{E} \times \vec{b}]/B$, где $\vec{b} = \vec{B}/B$.

С помощью (3)–(5) можно описать также скорость *диффузии* плазмы под действием сил давления $F_a = -\text{grad} P_a$, где $P_a = \kappa_e N T_a$ ($\kappa_e = 1,38 \times 10^{-16}$ эрг/град – постоянная Больцмана, $\text{grad} P = (P(\dot{r}_1) - P(\dot{r}_2))/(\dot{r}_1 - \dot{r}_2)$ означает пространственную скорость изменения давления в некотором направлении \dot{r}).

Давления электронной и ионной компонент плазмы, как правило, различны. Однако независимо двигаться они не могут из-за возникающих при образовании неоднородностей плотности заряда электрических полей. При этом более подвижные вдоль силовых линий магнитного поля электроны (до тех пор пока $m_e v_e \ll m_i v_i$) тянут за собой тяжелую поклажу – ионы. В плоскости, ортогональной \vec{B} , при указанном условии более подвижны ионы. И именно им часто приходится тащить вмороженные в магнитное поле электроны, словно зазывая в кино девушку, за спиной которой находятся родители. В результате возникают сложные процессы перераспределения плазмы, в которых известные рак (\vec{B}), лебедь и щука могут меняться местами. Однако конечное состояние всегда является простым – плазма и поле ведут себя таким образом, чтобы суммарное давление оставалось постоянным:

$$P = P_e + P_i + \dots = \kappa_e N(T_e + T_i) + \frac{B^2}{4\pi} + \dots = \text{const.} \quad (6)$$

Степень влияния вариаций плазмы на магнитное поле и влияние вариаций поля на плазму определяются отношением кинетического давления плазмы и магнитного поля – параметром $\beta = 4\pi \kappa_e N(T_e + T_i)/B^2$. В случае большого β (в верхней ионосфере $\beta \sim 10^{-2}$) малейшие изменения B могут привести к значительным вариациям плотности и температуры плазмы. Наоборот, при малых β турбулентность плазмы способна влиять на структуру поля. При $B^2 = \text{const}$ неоднородный нагрев плазмы приводит, согласно (6), к возникновению в ней неоднородностей плотности за счет *термодиффузии*.

Волны. Верхняя ионосфера словно специально создавалась для демонстрации различных типов волн, блуждающих по замагниченной плазме (рис. 2). Волны регистрируются с помощью зондов, установленных на ИСЗ, изучаются с помощью радиорадаров. Мы лишь кратко перечислим волны в плазме, указав силы, их порождающие, а также связь между частотой ω волны и ее волновым числом $k = 2\pi/\lambda$, где λ – длина волны, которая определяет также показатель преломления волн $n = ck/\omega$.

Всего две силы – электрическая и сила давления (в том числе магнитного) – приводят к набору волн, причем первая порождает собственные колебания на резонансных частотах, за счет второй появляется бегущая в пространстве структура. Как и в любой

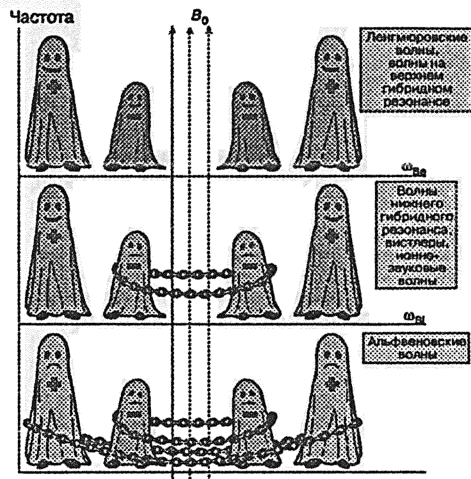


Рис. 2. Волны в плазме разной степени замагниченности

среде, волны с частотой, много меньшей любой резонансной частоты среды, связаны с k линейным образом ($\omega = \pm V k$). Примером таких волн в плазме с вмороженными в магнитное поле как ионами, так и электронами (частоты меньше гирочастоты ионов) могут служить *волны Альфвена*, отражающие распространение возмущений магнитного поля и скорости плазмы как целого. Для этих волн $\omega = V_A k \cos \phi$, где ϕ – угол между \vec{B} и \vec{k} , а скорость Альфвена $V_A = B/\sqrt{4\pi N m_i} = \omega_{Bi}/\omega_{iB}$ есть отношение гирочастоты ионов к ионной плазменной частоте.

При $\omega_e \ll \omega \ll \omega_i$ магнитное поле, приклеивая по-прежнему к себе электроны, позволяет свободно перемещаться ионам. В этом случае ионы при смещении относительно замороженных электронов создают электрическое поле \vec{E} , $\vec{E} \parallel \vec{k}$, $\vec{E} \perp \vec{B}$ и колеблются в этом поле в плоскости, ортогональной \vec{B} . Вместе с тем электроны в этом поле двигаются в направлении $[\vec{E} \times \vec{B}]$. Волны такого типа носят название *волн нижнего гибридного резонанса* (НГР) и при $\omega_e \gg \omega_i$ имеют резонансную частоту $\omega_R \approx \sqrt{\omega_{Bi} \omega_{eR}}$. В указанном интервале частот имеются также волны, волновой вектор которых составляет малый угол с \vec{B} . Эти волны получили название *вистлеров* (их аналог в металлах называют *геликонами*). В атмосфере Земли они генерируются грозовыми разрядами. Вистлеры – это волны электронного типа. Они поперечны ($\vec{k} \perp \vec{E}$), а вектор \vec{E} в них вращается

в сторону, противоположную вращению электрона в магнитном поле.

Частоты, сравнимые и большие ω_{ce} , оккупированы продольными $\hat{k} \parallel \hat{E}$ ионно-звуковыми волнами.

При их распространении вдоль \hat{B} электроны являются пассивной примесью, ибо магнитное поле мешает такому их движению (см. (3)). Платой за эту относительную пассивность является влияние на их распространение суммарного кинетического давления P_z (см. (6)). Последнее легко понять. При сложении изменений импульсов электронов и ионов электрические силы $\pm eE$, имея разные знаки, исчезают:

$$Nm_e \hat{a}_e + Nm_i \hat{a}_i \approx Nm_i \hat{a}_i = N(T_e + T_i) = P_z.$$

В результате для ионно-звуковых волн имеем

$$\omega = \pm V_s k, \quad \text{где} \quad V_s = \sqrt{\frac{\kappa_B(T_e + T_i)}{m_i}}. \quad (7)$$

Наконец, на частотах $\omega \gg \omega_{ce}$ тяжелые ионы не успевают реагировать на смещение электронов. Они играют роль неподвижных центров, около которых колеблются электроны, привязанные к ним пружиной, сделанной из поляризационного поля [1, 2]. Она заставляет электроны (даже в плоскости, ортогональной \hat{B}) колебаться около них. Для таких волн, которые в основном продольны ($\hat{E} \parallel \hat{k}$), связь между ω и k имеет вид

$$\omega^2 = \omega_{ce}^2 + \omega_{pe}^2 \sin^2 \phi + 3V_s^2 k^2. \quad (8)$$

Фазовую скорость $V_\phi = \omega/k$ плазменных волн легко определить из (8), групповую скорость — используя дополнительное соотношение $V_\phi V_g = V_s^2$, где $V_s = \sqrt{\kappa_B T_e / m_e}$ — тепловая скорость электронов.

В нижней ионосфере плазма несет в себе прежде всего отпечаток акустико-гравитационных волн, волн Россби и других распространяющихся в нейтральной атмосфере и являющихся результатом ее неоднородности, гравитационной силы, силы Кориолиса и приливных сил.

Итак, в ионосфере, подобно хорошему зоопарку, содержится многое из того, что встречается в более удаленных уголках космического пространства. Нужно только перейти, словно от вольера к вольеру, на другую высоту, широту, выбрать соответствующее время суток или дожидаться прогнозируемого (но не астрологами) спокойного дня или бурного солнечного извержения.

ВОЗБУЖДЕНИЕ ИОНОСФЕРЫ МОЩНЫМИ ПУЧКАМИ РАДИОВОЛН

Существуют различные способы воздействия на ионосферу — от достаточно радикальных, в которые входят и выбросы химически активных реагентов с борта ракет и спутников, до весьма деликатных, к которым относится возбуждение ионосферы мощными пучками радиоволн от наземных радиопередатчиков. Физика возбуждения плазмы состоит в следующем.

Легкие электроны за период колебаний ($\tau \sim \omega^{-1}$) в высокочастотных электрических полях приобретают скорость $V_e \approx a_e \tau \approx eE_\omega / (m\omega)$. Эта осцилляторная скорость, во-первых, может сама изменять давление, внося в него поправку $P_w = Nm_e |V_e|^2 / 2$, а во-вторых, хаотизируясь при столкновениях электронов, вызывает изменение давления через увеличение электронной температуры. Локальное изменение давления плазмы P_z вызывает перераспределение ее плотности N , чтобы сохранить постоянным $P_z + P_w$ в пространстве за счет изменения плотности плазмы N .

В столкновительном случае характерные времена процесса $\tau_e \sim L_\parallel / V_e$ и $\tau_i \sim L_\perp / V_i$ и определяются как продольными L_\parallel так и поперечными L_\perp масштабами неоднородностей (в данном случае T_e) и соответствующими скоростями, которые можно найти из (3), (4), но с учетом поляризационных полей. В пренебрежении столкновениями величина τ определяется скоростью ионного звука V_s (7).

Изменение ΔT_e легко оценить приравняв скорость притока тепла Q_e за счет силы трения электронов о другие частицы ($Q_e \sim F_s V_e - m_e v_e V_e^2$) к суммарным потерям энергии электронами: при столкновениях ($\delta v \Delta T_e$, где δ — доля энергии, передаваемой при ударе, а ΔT_e — прирост T_e в поле волны), а также за счет перераспределения температуры в пространстве.

Скорость потерь можно представить в виде $v_e (l_e^2 / L_\parallel^2 + \rho_e^2 / L_\perp^2) \Delta T_e$, где l_e — длина свободного (без соударений) пробега электрона, а $\rho_e = V_s / v_e$ — гирорадиус электрона, то есть длина той цепи, которой привязаны заряженные частицы к силовым линиям. В результате

$$\Delta T_e = \frac{e^2 |E_\omega|^2}{\delta_1 m \omega^2}, \quad (9)$$

где $\delta_1 = v_e (l_e^2 / L_\parallel^2 + \rho_e^2 / L_\perp^2)$.

Прибавляя к кинетическому давлению $P_w \propto |V_e|^2$, получаем в пренебрежении изменением P_z условие постоянства давления в виде

$$P_z + P_w = N \left[T_e + T_e + \frac{e^2 |E_\omega|^2}{m \omega^2} (1 + \delta_1^{-1}) \right] = \text{const}. \quad (10)$$

После выключения мощной волны накачки (ВН) давление вновь должно сохраниться. Поэтому неоднородности рассасываются (диффундируют, разлетаются), пока все не станет таким, каким было до нашего вмешательства.

Заметим, что повышение T_e в нижней ионосфере приводит к увеличению частоты столкновений электронов с нейтралами, так как при независимости сечения соударений от скорости $v_{en} \propto V_T$. Это вызывает и увеличение поглощения радиоволны, что затрудняет порой возбуждение верхних слоев ионосферы. У подложки ионосферы изменяются и условия существования свободных электронов из-за их прилипания к молекулам, что позволяет изучать скорость химических реакций и, следовательно, изменение состава молекул. Делается это следующим образом.

На ионосферу посылается радиоволна, которая после отражения от области F в результате интерференции с прямой волной образует вертикальную квазипериодическую структуру, изображенную на рис. 1 горизонтальными линиями. Посылая на ионосферу пробную волну соответствующей частоты можно изучать по брэгговскому рассеянию не только образование этой своеобразной решетки, но и ее гибель после выключения мощного передатчика.

На высотах $h < 100$ км, где длина волны структуры меньше λ_e , при образовании решетки царствуют нагревные эффекты, а при ее гибели — диффузия ($h = 80-100$ км), перемешивание плазмы турбулентностью нейтрального газа ($h = 60-80$ км) и, наконец, химические процессы ($h < 60$ км).

ИСКУССТВЕННОЕ РАДИОИЗЛУЧЕНИЕ И ПРИГОТОВЛЕНИЕ ИОНОСФЕРНЫХ ДЕЛИКАТЕСОВ

Наиболее интересные эффекты появляются при возбуждении сильно замагниченной слабостолкновительной плазмы слоя F в области отражения вертикальных пучков ВН. Вертикальных пучков прежде всего потому, что в этом случае уровень отражения радиоволн расположен вблизи уровней существования плазменных волн (см. (1), (2)). Групповая скорость плазменных волн меньше тепловой скорости электронов, что значительно меньше скорости радиоволны такой же частоты. Поэтому они более эффективно, чем радиоволны, изменяют плазму за счет нелинейных сил. Однако для этого радиоволна должна превратиться (конвертироваться) в плазменную волну.

Конверсия является частным случаем рассеяния, когда происходит возбуждение волн с другим волновым числом k . Физика его проста. Поле \vec{E}_n первичной поперечной волны в плазме с неоднородностями плотности N , перемещая электроны, поляризует неоднородности плазмы, возбуждая вторичное (поляризационное) продольное поле \vec{E}_l ,

и удовлетворяя при этом законам сохранения энергии ($\sum_i \omega_i = \text{const}$) и импульса ($\sum_i \vec{k}_i = \text{const}$) трех взаимодействующих волновых структур (N, E_n, E_l), а также условию существования рожденной волны (см. (8)).

В нашем случае волновое число плазменных волн много больше волнового числа поперечной радиоволны ($k_l \gg k_n$). Поэтому конверсия происходит на структуре N с $k_n \approx k_l$. Если структура близка к стационарной ($\omega_n \approx 0$), то частоты радио- и плазменной волн примерно равны. Конверсия становится нелинейной, если родившаяся волна вместе с материнской образует структуру поля $|\vec{E}_l + \vec{E}_n|^2$, которая изменяет давление (10) и усиливает неоднородности N . При этом, став достаточно сильной, плазменная волна как сама рождает структуру N , так и дает жизнь другим плазменным волнам, например, более низкой частоты за счет распада (на дочерние плазменные и низкочастотные — ионно-звуковые или НГР-волны). Рожденные в ионосферной стихии волны за счет той же конверсии покидают ее и приносят к нам как искусственное радиоизлучение ионосферы (рис. 3).

Это излучение было открыто 12 лет назад, сейчас оно переживает период своего становления и активно изучается, ибо ИРИ позволяет разобраться в тех процессах, которые ответственны за образование нелинейного частотного спектра и конверсию плазменных волн в электромагнитные в условиях астрофизической плазмы. Ведь радиоволны несут большую нагрузку в диагностике параметров дальнего космоса.

Очень многое в ИРИ еще непонятно. Оно своеобразно ведет себя вблизи гармоник гирочастоты и

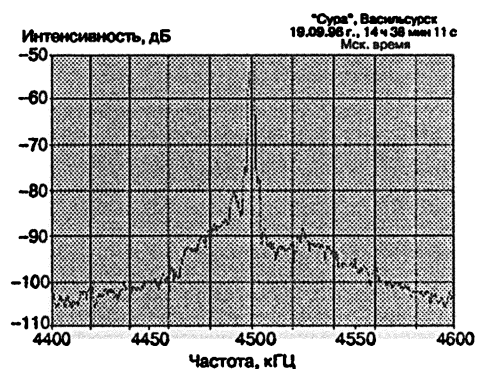


Рис. 3. Пример частотного спектра искусственного радиоизлучения ионосферы, индуцированного мощной радиоволной с частотой 4500 кГц

наблюдается не только на более низких, но и на более высоких, чем порождающая его волна накачки. Оно имеет весьма своеобразную динамику. И в этой сложности нет ничего удивительного. Ведь множество процессов играет роль в формировании ИРИ, о которых мы не упоминали здесь. Среди них и ускорение плазменными волнами частиц, и возбуждающиеся токи в ионосфере, и др., элементы которых как хорошо изучены, так и требуют еще своего понимания. Но физики расчлениют это сложное. Используя нестандартные временные и частотные режимы возбуждения ионосферы, они, словно кулинары, создают плазменную турбулентность нужных свойств и следят за ее эволюцией. И к моменту завершения этой статьи, в период эксперимента с участием одного из авторов ИРИ, первого руководителя стенда в Норвегии П. Штуббе (Германия), ионосфера преподнесла новый сюрприз в виде новой компоненты ИРИ в области положительных сдвигов частоты от частоты мощной волны.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Всего четыре мощных стенда для возбуждения радиоволнами существуют в мире: стенд в Пуэрто-Рико (Аресибо), в России (Нижний Новгород), в Норвегии (Тромсе) и на Аляске. Все они с учетом большой направленности передающих антенн и результирующей мощности передатчиков (порядка мегаватта) способны сосредоточивать на высотах ионосферы мощность, достигающую сотен мегаватт. Будучи расположенными на различных геомагнитных широтах, они дополняют друг друга. Ученые разных стран проводят исследования на всех указанных стендах, приезжая с новой диагностической аппаратурой, новыми программами и создавая новые теоретические построения для ин-

терпретации результатов экспериментов. Перечисленные уникальные стенды существенно расширили рамки ионосферных исследований и сделали возможным эффективное использование ионосферы как ближайшей к Земле космической плазменной лаборатории.

Статья посвящается светлой памяти моего учителя, основателя стенда "Сура" Г.Г. Гетманцева, которому в этом году исполнилось бы 70 лет.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ерухимов Л.М. Эффект Доплера, или От паровозных гудков до цветомузыки Вселенной: Расширенный вариант Соросовской лекции. Препринт НИРФИ. Нижний Новгород, 1996.
2. Сухоруков А.П. Дифракция световых пучков в нелинейных средах // Соросовский Образовательный Журнал. 1996. № 5. С. 85–92.
3. Кингсен А.С. Плазма как объект физических исследований // Там же. № 2. С. 98–104.
4. Ерухимов Л.М., Генкин Л.Г. Ионосфера как плазменная лаборатория // Изв. вузов. Радиофизика. 1992. Т. 35, № 11/12. С. 363–387.

Лев Михайлович Ерухимов, доктор физико-математических наук, профессор Нижегородского государственного университета, руководитель отделения солнечно-земной физики Научно-исследовательского радиофизического института. Область научных интересов: физика космической плазмы и гравитации, распространение радиоволн и взаимодействие ионосферы с мощным радиоизлучением. Автор около 300 научных работ, в том числе трех монографий. Умер 19 декабря 1997 года.

Я ПОДАРИЛ ВАМ СВОЙ РАССВЕТ...

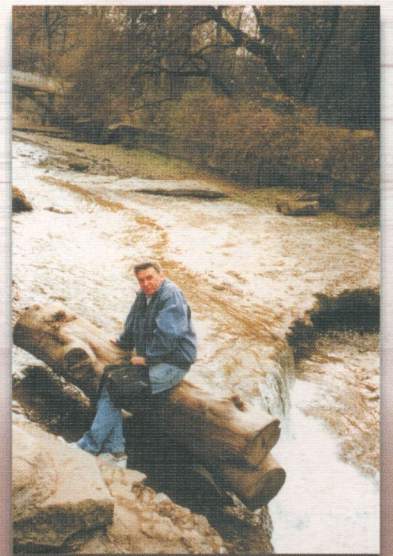
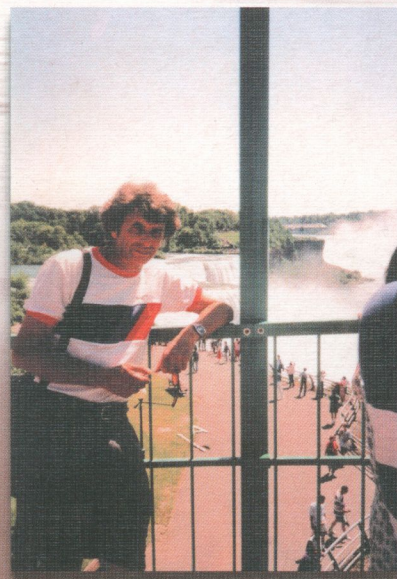
Памяти Л.М.Ерухимова посвящается.

Составители: Фролов В.Л., Митякова Э.Е., Шейнер О.А.

//Препринт №472. – Н.Новгород: НИРФИ, 2002. — 122 с.

УДК 501: 523.4 – 853

Подписано в печать 31.12.2001.	Формат 70× 108/16	Бумага офсетная.
Гарнитура Computer Modern.	Усл. печ.л. 7.3	Уч.-изд. л. 7.3
Тираж 150 экз.	Заказ 5518	



СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

ДИНАМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В ИОНОСФЕРЕ

Решением
Высшей аттестационной комиссии
при Совете Министров СССР
Льву Михайловичу
природно научное звание
ПРОФЕССОРА
по кафедре
физики и радиотехники
в Московском государственном
университете имени М.В. Ломоносова
в качестве
заведующего кафедрой
и оттождествив фамилию

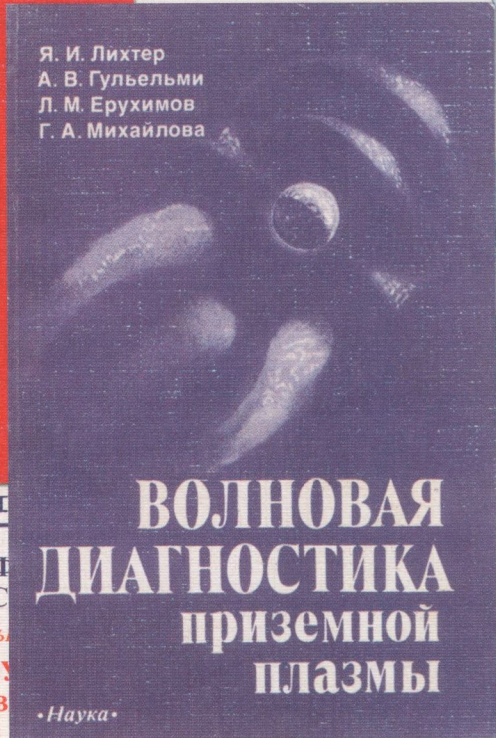
International Soros Science Education Program

in and appreciation of outstanding contributions to science education
at the university level.

ERUKHIMOV
Likhailovich
and named as a
PROFESSOR

George Soros
George Soros
Chairman, Soros Foundations

**ВОЛНОВЫЕ
ЯВЛЕНИЯ
В ИОНОСФЕРЕ
И КОСМИЧЕСКОЙ ПЛАЗМЕ**
Б.Н. ГЕРШМАН, Л.М. ЕРУХИМОВ,
Ю.Я. ЯШИН



Я. И. Лихтер
А. В. Гульельми
Л. М. Ерухимов
Г. А. Михайлова

ВОЛНОВАЯ ДИАГНОСТИКА ПРИЗЕМНОЙ ПЛАЗМЫ

• Наука •

Решением Высшей аттестационной комиссии при Совете Министров СССР
от 11 апреля 1980 г. протокол № 11
Ерухимову Льву Михайловичу
природно научное звание
ПРОФЕССОРА

Президент
Высшей аттестационной комиссии

Генеральный Ученый Секретарь
Высшей аттестационной комиссии

Решение
Высшей аттестационной комиссии при Совете Министров СССР
от 11 апреля 1980 г. протокол № 11
Ерухимову Льву Михайловичу
природно научное звание
ПРОФЕССОРА

Зарегистрировано в реестре за № 10824

РФИ
РОССИЙСКИЙ
ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ
ВЫРАЖАЕТ ПРИЗНАТЕЛЬ
ЕРУХИМОВУ
ЛВУ МИХАЙЛОВУ

СОЮЗ СОВЕТСКИХ СОЦИАЛИСТИЧЕСКИХ РЕСПУБЛИК
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ ПО ИЗОБРЕТЕНИЯМ И ОТКРЫТИЯМ
ПРИ ГОСУДАРСТВЕННОМ КОМИТЕТЕ СССР ПО ВАУЗУ И ТЕХНИКЕ
(ГОСКОМПОЗНАТЕНТИВ)

АВТОРСКОЕ СВИДЕТЕЛЬСТВО
№ 1681892

На основании положений, представленных Правительством СССР, Госкомпатентный выдан настоящее авторское свидетельство на изобретение:
"Способ определения неоднородности географической полярной области в солнечном ветре"

Автор (авторы): Ерухимов Лев Михайлович и Гершензон Леонид Федорович

ПЕРИОДИЧЕСКИЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ
"РАДИОТЕХНИКА И ЭЛЕКТРОНИКА"

Заявка № 4642464 Приоритет изобретения 2 февраля 1986г.
Зарегистрировано в Государственном реестре изобретений СССР
8 марта 1987г.
Действие авторского свидетельства распространяется на всю территорию СССР.

Продолжительная Экспертная Комиссия
Михайлова Наталья
Юрченко Юрий

СОЮЗ СОВЕТСКИХ СОЦИАЛИСТИЧЕСКИХ РЕСПУБЛИК
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ ПО ИЗОБРЕТЕНИЯМ И ОТКРЫТИЯМ
ПРИ ГОСУДАРСТВЕННОМ КОМИТЕТЕ СССР ПО ВАУЗУ И ТЕХНИКЕ
(ГОСКОМПОЗНАТЕНТИВ)

АВТОРСКОЕ СВИДЕТЕЛЬСТВО
№ 2579006

На основании положений, представленных Правительством СССР, Госкомпатентный выдан настоящее авторское свидетельство на изобретение:
"Способ измерения неоднородности неоднородности географической полярной области в солнечном ветре"

Автор (авторы): Анисин Владимир Борисович, Ерухимов Лев Михайлович, Сурков Александр Иванович, Яшин Юрий Викторович и Яшин Александр Петрович

ПЕРИОДИЧЕСКИЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ
"РАДИОТЕХНИКА И ЭЛЕКТРОНИКА"

Заявка № 4629777 Приоритет изобретения 26 декабря 1986г.
Зарегистрировано в Государственном реестре изобретений СССР
1 марта 1990г.
Действие авторского свидетельства распространяется на всю территорию СССР.

Продолжительная Экспертная Комиссия
Михайлова Наталья
Юрченко Юрий

СОЮЗ СОВЕТСКИХ СОЦИАЛИСТИЧЕСКИХ РЕСПУБЛИК
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СССР
ПО ИЗОБРЕТЕНИЯМ И ОТКРЫТИЯМ
ПРИ ГОСУДАРСТВЕННОМ КОМИТЕТЕ СССР ПО ВАУЗУ И ТЕХНИКЕ
(ГОСКОМПОЗНАТЕНТИВ)

АВТОРСКОЕ СВИДЕТЕЛЬСТВО
№ 229312

На основании положений, представленных Правительством СССР, Госкомпатентный выдан настоящее авторское свидетельство на изобретение:
"Способ измерения неоднородности неоднородности географической полярной области в солнечном ветре"

Автор (авторы): Ерухимов Лев Михайлович, Рихтер Яковлевич, Гульельми Александрович и Михайлова Галина Николаевна

ПЕРИОДИЧЕСКИЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ
"РАДИОТЕХНИКА И ЭЛЕКТРОНИКА"

Заявка № 3537474 Приоритет изобретения 18 марта 1982г.
Зарегистрировано в Государственном реестре изобретений СССР
2 декабря 1985г.
Действие авторского свидетельства распространяется на всю территорию СССР.

Продолжительная Экспертная Комиссия
Михайлова Наталья
Юрченко Юрий

СОЮЗ СОВЕТСКИХ СОЦИАЛИСТИЧЕСКИХ РЕСПУБЛИК
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СССР
ПО ИЗОБРЕТЕНИЯМ И ОТКРЫТИЯМ
ПРИ ГОСУДАРСТВЕННОМ КОМИТЕТЕ СССР ПО ВАУЗУ И ТЕХНИКЕ
(ГОСКОМПОЗНАТЕНТИВ)

АВТОРСКОЕ СВИДЕТЕЛЬСТВО
№ 205554

На основании положений, представленных Правительством СССР, Госкомпатентный выдан настоящее авторское свидетельство на изобретение:
"Способ измерения неоднородности неоднородности географической полярной области в солнечном ветре"

Автор (авторы): Ерухимов Лев Михайлович, Рихтер Яковлевич, Гульельми Александрович и Михайлова Галина Николаевна

ПЕРИОДИЧЕСКИЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ
"РАДИОТЕХНИКА И ЭЛЕКТРОНИКА"

Заявка № 2345 Приоритет изобретения 7 мая 1981г.
Зарегистрировано в Государственном реестре изобретений СССР
26 мая 1984г.
Действие авторского свидетельства распространяется на всю территорию СССР.

Продолжительная Экспертная Комиссия
Михайлова Наталья
Юрченко Юрий