

Часть I

ИСТОКИ ТЕОРИИ ФИЗИЧЕСКИХ СТРУКТУР

SIC ITUR AD ASTRA ¹³

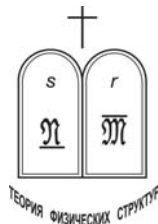
С самого начала проявилось стремление найти для унификации всех отраслей науки теоретическую основу, образованную минимальным числом понятий и фундаментальных соотношений, из которых логическим путём можно было бы вывести все понятия и соотношения отдельных дисциплин. Вот что мы понимаем под поиском фундамента для физики в целом. Глубокое убеждение в достижимости этой цели является главным источником страстной преданности, которая всегда воодушевляет исследователя.

— Альберт Эйнштейн

Глава 1. О языке, на котором написаны законы природы

Глава 2. Основные понятия Теории физических структур.

Глава 3. Что же такое Теория физических структур?



¹³Так идут к звёздам.



*Эта история началась сорок лет
тому назад ...*

В смятенье чувств и помыслов невольно
Смотрю на фотографию свою.
Как ни печально мне, как мне ни больно,
Я сам себя на ней не узнаю [1].

Расул Гамзатов

Глава 1

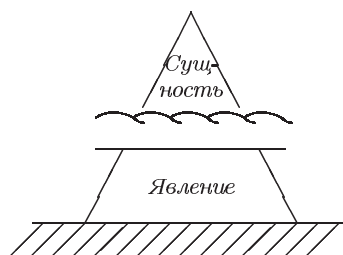
О ЯЗЫКЕ, НА КОТОРОМ НАПИСАНЫ ЗАКОНЫ ПРИРОДЫ.

NON FINGENDUM AUT, EXCOGITANDUM, SED INVENIENDUM, QUI
NATURA FACIT AUT FERAT¹⁴

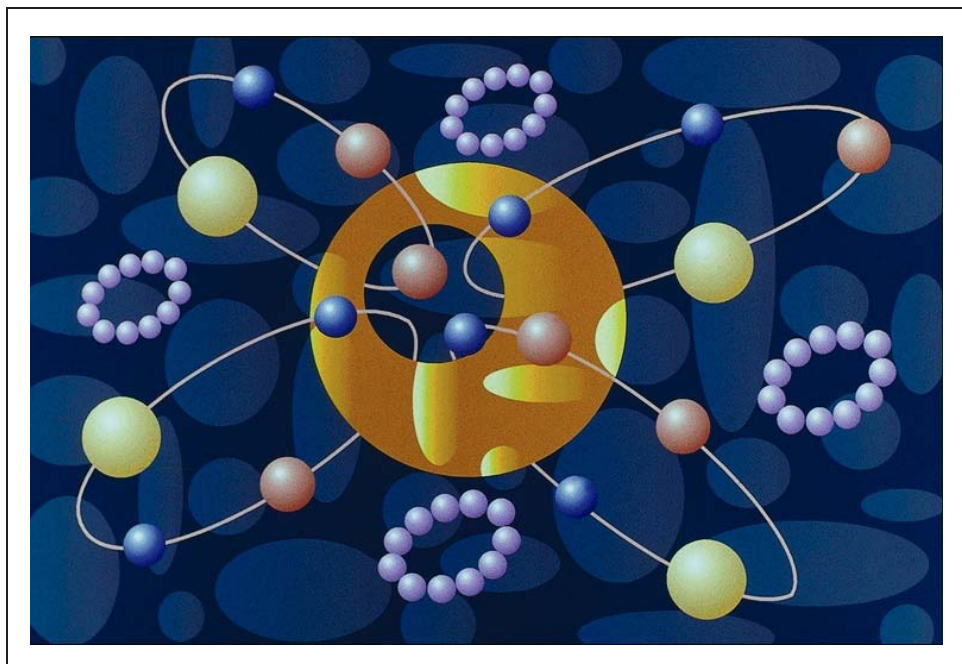
Занятие фундаментальной физикой можно сравнить со строительством монументального здания, скажем, Сартрского собора. Мы, физики и математики, строим такое здание собора — Единую физическую картину Мира. И хотя результаты наших усилий, как и Сартрский собор, находят практическое применение — цель нашей работы, как она была бы выражена в средние века, — прославление Господа. И только с помыслами, подобными этому, люди могут построить собор, а не фабрику. И точно так же, как неизвестны сегодня имена строителей средневекового собора (ибо значение имеет лишь дело их рук, но не они сами), так и вклад большинства учёных остаётся анонимным. Собор — это общее дело, а учёные — подмастерья мощной бригады строителей, или, рассматривая их деятельность во всемирном масштабе, они — братья всемирного ордена, в котором личные амбиции уходят на второй план перед великим общим делом [2].

— Х.О. Пайтген, П.Х. Рихтер

- § 1. В начале было слово.
- § 2. О Теории физических структур.
- § 3. Физика как целостная система знаний.



¹⁴Не выдумывать, не измышлять, а искать, что творит и приносит с собой природа.



Аннотация к Главе 1

О языке, на котором написаны законы природы

В этой главе я вспоминаю о том, как в конце 1960 года моим Учителем Игорем Евгеньевичем Таммом была поставлена передо мной совершенно необычная задача – найти единый универсальный язык, на котором написаны все фундаментальные физические законы, и опираясь на него, пересмотреть и переосмыслить основания всей физики.

Далее речь идёт о самых первых шагах создания Теории физических структур на кафедре теоретической физики в стенах Новосибирского государственного университета, о возникновении научного сообщества – Всесоюзной Школы по Теории физических структур.

Характерной особенностью Теории физических структур является взгляд на физику как на единое целостное знание.

Как известно, Н. Бурбаки предложили программу построения математики как целостной системы знаний. Ими было показано, что в основании математики лежат **три** (!) независимые порождающие структуры — алгебраическая, топологическая и структура порядка.

Аналогичная задача “бурбакизации” может быть поставлена и в физике (задача построения физики как целостного знания). Смысл её состоит в том, чтобы свести всё многообразие фундаментальных физических законов, понятий и величин к **одной** (!) универсальной физической структуре, имеющей смысл особой скрытой симметрии, существующей в мире физических законов.

§ 1. В начале было слово.

*Меня, Данила, сильно смущали размышления мои, ...
но слово я сохранил в сердце моём.*

— Дан. 7. 28.

Эта история поисков единства законов природы, поиска языка, на котором адекватным образом написаны фундаментальные физические законы, началась в Московском университете более сорока лет тому назад.

Тогда мне посчастливилось стать аспирантом выдающегося физика, нобелевского лауреата, замечательного человека Игоря Евгеньевича Тамма [3].

В то время теоретическая физика переживала состояние глубокой депрессии. После поразящих воображение успехов квантовой электродинамики дальнейшему движению вперёд препятствовало отсутствие принципиально новых физических идей. Многие физики-теоретики того времени были заняты созданием новых, и как выяснилось в дальнейшем, неэффективных моделей сильных взаимодействий, отличных от моделей, использующих методы теории возмущений.

Несмотря на широкое признание мировой научной общественностью модели Тамма – Данкова, Игорь Евгеньевич с присущей ему самокритичностью говорил мне: “Знаете, Юрий Иванович, мы с вами работаем для корзины. Через десять лет это никому не будет нужно. Об этом забудут. Но нужно что-то делать, нельзя стоять на месте!”

Я был озадачен. Но слова и тон, какими они были сказаны, запали в память и остались навсегда как образец предельной честности в оценке своей работы.

Игорь Евгеньевич неоднократно говорил мне о том, что, изобретая различные модели взаимодействий, мы навязываем природе наш собственный “человеческий” язык. Но природа не понимает нашего языка, и диалога не получается. “Поэтому, наша первейшая задача, – говорил Тамм, – научиться “слушать” природу, чтобы понять её язык”. Но где он этот язык? В чём? Он в законах. В законе Ньютона, в уравнениях Максвелла, в евклидовой геометрии, в законах квантовой механики.



Тамм: “Нужно научиться “слушать” природу, чтобы понять её язык”.

Все эти законы написаны на некотором едином языке. Это как поэмы Гомера, Библия, романы Достоевского, “История” Карамзина, “Архипелаг ГУЛАГ” Солженицына. Вещи разные, но написаны на одном и том же языке.

Так впервые, в конце 1960 года была поставлена совершенно необычная задача — **найти единый универсальный язык, на котором написаны все фундаментальные физические законы, и, опираясь на него, пересмотреть и переосмыслить основания всей физики.**

Как-то, во время поездки в Дубну, Игорь Евгеньевич сказал мне: “Если Вы хотите стать настоящим физиком, а не высококвалифицированным ремесленником, Вы не должны исключать возможности существования иных форм реальности, отличных от формы существования материальной действительности. Вы должны читать и внимательно изучать авторов, не входящих в список обязательной литературы, предлагаемый официальной философией, и, прежде всего, русских философов — Бердяева, Лосского, Владимира Соловьёва, Франка. Они о многом догадывались, хотя не могли сформулировать свою идею всеединства на строгом математическом языке. Попробуйте, может быть, Вам удастся это сделать!”.

В те уже далёкие времена, во времена господства “диалектического и исторического материализма”, эти слова казались мне еретическими, вызвали сладостное ощущение запретного плода и открывали передо мной новые горизонты. Но только теперь, спустя много лет, я по-настоящему понял их глубоко провиденциальный смысл.

Дело в том, что исторически возникшие из опыта — “снизу”, различные разделы физики — механика, термодинамика, электродинамика, теория относительности, квантовая механика сохранили свой, характерный для каждого раздела, полуэмпирический язык. Но если подняться на достаточно высокий уровень абстракции и взглянуть на хорошо известные разделы физики “сверху”, то многочисленные детали, важные при решении тех или иных конкретных задач, постепенно исчезают, и вместо них обнаруживаются новые фундаментальные физические законы, написанные на новом универсальном языке.

Перед нами открывается новая физика, с новыми целями, новыми задачами и новым математическим аппаратом.

Нечто подобное происходит при восхождении на высокую горную вершину. Сначала альпинисты идут по ущелью. Перед их взором проходит множество разнообразных объектов — валуны и камни, потоки, водопады, кустарники и деревья. Поднимаясь всё выше и выше, они попадают в область альпийских лугов. А затем, преодолев слой облаков, они видят перед собой величественную картину — горный хребет с покрытыми вечными снегами вершинами, бездонное синее небо, ослепительно сияющее солнце, а внизу уже не видно деталей, но зато хорошо просматривается пройденный ими маршрут.

Как выяснилось позже, суть любых фундаментальных физических законов состоит в объективном существовании абстрактных физических структур — особого рода отношений, в которых находятся идеальные “двойники” — прообразы объектов материальной действительности. В отличие от хорошо известных причинно-следственных связей, эти отношения имеют совершенно иную природу,

описываются на том самом едином универсальном языке, о котором ранее говорил мне Тамм, и выражают наиболее адекватным образом идею целостности и всеединства особого **Мира высшей реальности**, тенью которого является видимый нами вещественный мир [4].

Разработанная мной и моими учениками **Теория физических структур** возникла из анализа самых различных фундаментальных физических законов и предназначена для описания глубинных слоёв физической реальности. Примечательно, что в некоторых соотношениях Теории физических структур, полученных из самых общих предположений о равноправии исходных физических объектов, отчётливо просматривается их связь с линейной алгеброй и евклидовой геометрией. Возникает естественное желание дать геометрическую интерпретацию для всех физических структур, даже если для этого пришлось бы пойти по пути пересмотра и обобщения существующих геометрий.

Что такое теория физических структур? что является предметом ее изучения? к какой области физики она относится?

§ 2. О теории физических структур.

Та особая цель в области теоретической физики, которая кажется мне особенно важной, состоит в логической унификации теории

— Альберт Эйнштейн

Теория физических структур возникла на кафедре теоретической физики Новосибирского университета почти сорок лет тому назад и в течение всего этого времени, вопреки снисходительно-ироническому отношению к ней со стороны официальной науки, успешно развивалась, время от времени вступая в неизбежные контакты с академической наукой (публикация в центральных академических и математических отечественных и зарубежных журналах, защита пяти кандидатских и одной докторской диссертации по “еретической” тематике, чтение спецкурсов по Теории физических структур в Московском, Ленинградском, Киевском, Латвийском, Софийском (Болгария) и других университетах страны и ближнего зарубежья, выступления с докладами на Всесоюзных и Международных конференциях, симпозиумах и конгрессах). Однако, до самого последнего времени из-за необычной для подавляющего большинства физиков постановки задачи и принципиально новых математических методов её решения, Теория физических структур была известна лишь сравнительно небольшой группе физиков и математиков, привлечённых естественной простотой её исходных постулатов и глубинным содержанием самой теории.

Эта группа образовала некоторое научное сообщество — Школу по Теории физических структур, активно работающее над дальнейшим развитием Теории физических структур и над её физическими и математическими приложениями. В рамках этой Школы, начиная с лета 1984 года, регулярно проводятся Школы-семинары по Теории физических структур, на которых осуществляется критический разбор полученных новых результатов, ставятся новые задачи

и обсуждаются тесно связанные с физическими структурами общие проблемы Мироздания.

За 40 лет с момента создания Теории физических структур мной и моими учениками рассмотрено большое количество примеров из самых различных разделов физики, геометрии и чистой математики, иллюстрирующих основную идею ТФС, создан совершенный математический аппарат — **исчисление кортов**, лежащий в её основании, доказана основополагающая теорема Михайличенко о существовании и единственности всего **четырёх (!)** априорно допустимых форм фундаментальных законов физики и геометрии.

К числу последних значительных результатов, полученных на основе этой теоремы, можно отнести создание **сакральной геометрии**¹⁵, частными случаями которой являются с одной стороны линейная (векторная) алгебра, а с другой — евклидова геометрия.

Распространение Иониным и Симоновым основной идеи сакральной симметрии на множества произвольной природы позволило взглянуть на математику в целом с высоты “птичьего полёта” и понять, что скрывается за аксиоматикой теории групп, колец и ассоциативных тел, за “алмазным фондом высшей математики” — элементарными функциями и постоянными e , π , “золотым сечением” $\varepsilon = 1.618\dots$ и за такими, хорошо известными ещё из начальной школы, бинарными операциями, как сложение и умножение.

Характерное отличие Теории физических структур от ортодоксальной физики состоит в следующем:

ортодоксальная теоретическая физика (“антропная”, дольняя физика первого поколения) является **физикой явлений** и изучает физические законы, исходя из установленных эмпирическим путём фактов, с помощью удачно найденных наглядных (антропных) моделей;

Теория физических структур (физическая герменевтика¹⁶, метатеоретическая, сакральная физика второго поколения) является **физикой сущности** и изучает сущность (кантовскую “вещь-в-себе”) фундаментальных физических законов, основных физических величин и понятий; исходным понятием в этом случае является абстрактный **универсальный принцип сакральной симметрии**.

Таким образом, вскрывая сущность физических законов, Теория физических структур позволяет по-новому взглянуть на глубинное содержание таких уже привычных разделов теоретической физики, как аналитическая механика, теория относительности, равновесная термодинамика, классическая теория поля, статфизика, квантовая механика и теория элементарных частиц.

Подобно тому как механика Ньютона потребовала создания дифференциального исчисления, электродинамика — дифференциальных уравнений в частных производных, теория элементарных частиц — представлений групп Ли, так и точная формулировка понятия физического закона потребовала создания **исчисления кортов**¹⁷ — нового математического аппарата, адекватно описываю-

¹⁵См. Глава 1, Раздел 4, II. Евклидова геометрия – очевидная и невероятная.

¹⁶герменевтика — искусство понимания

¹⁷Корт – сокращённая форма от слова “кортеж”. Корт длины r – упорядоченная последо-

щего свойства и строение рационального фундамента Мира Высшей реальности, “платоновской тенью” которого является наблюдаемый нами Мир материальной действительности.

В основании исчисления кортов лежит неизвестное ранее самодостаточное **сакральное уравнение** ранга (s, r) — общезначимое тождество относительно выбора двух групп нечисловых переменных, содержащее две неизвестные функции — **репрезентатор** и **верификатор**, определяющие конкретный вид фундаментальных законов физики и геометрии и их сущность, как устойчивое отношение между двумя субъэйдосами — нижним (левым) и верхним (правым), являющимися прообразами физических объектов мира эмпирической действительности.

Уникальная особенность этого самодостаточного уравнения состоит в том, что все неизвестные — репрезентатор и верификатор вместе с областью их определения, ранг и даже алгебраическая структура множеств \mathfrak{N} и \mathfrak{M} , из которых берутся две группы нечисловых переменных, находятся по ходу решения этой необычной математической задачи.

В общей сложности по Теории физических структур с 1968 года опубликовано более 150 работ (см. Полную библиографию по Теории физических структур.)

В Новосибирском университете уже в течение 35 лет работает под моим руководством рабочий семинар по Теории физических структур.

Аналогичный семинар работает с 1995 года под руководством профессора Г.Г. Михайличенко в Горно-Алтайском университете.

§ 3. Физика как целостная система знаний.

Многообразие отдельных законов пронизано некими общими принципами, которые так или иначе содержатся в каждом законе.

— Ричард Фейнман

Среди многочисленных попыток обнаружить единую математическую структуру различных физических законов лишь одна, в какой-то степени, увенчалась успехом и может претендовать на название универсального принципа. Это — хорошо известный принцип Гамильтона, взятый в качестве объединяющего начала в фундаментальном курсе теоретической физики Ландау и Лифшица.

Что же касается более частных областей физики, то здесь найдено достаточно большое число математических структур, объединяющих между собой различные разделы физики. Так, например, ещё давно обнаружена единая математическая структура электрического и магнитного поля (тензор электромагнитного поля), света и электромагнитных явлений (уравнение Максвелла), геометрии и гравитационного поля (общая теория относительности), квантовой и релятивистской механики (квантовая электродинамика) и уже совсем недавно обнаруже-

вательность, состоящая из r произвольных нечисловых элементов.

на единая структура слабых, электрослабых и сильных взаимодействий (теория Вайнберга–Салама–Глешоу).

В 1968 году мною был сформулирован новый взгляд на природу и математическую структуру фундаментальных физических законов и основных физических величин и понятий [5], [6].

Суть его в самых общих чертах состоит в следующем:

Начиная с Галилея и по настоящее время, физика, как правило, строится и излагается **индуктивно**, т. е. из огромного множества наблюдений и опытных фактов выбирается небольшое число свойств и вырабатываются основные понятия, в терминах которых формулируется физическая теория. Я предлагаю **дедуктивный** путь построения физики.

Для его реализации мной найдена некоторая чрезвычайно простая математическая структура. Эта структура оказалась весьма эффективной при установлении природы фундаментальных физических законов и введении в теорию основных физических величин и понятий, и потому я назвал её “**теорией физических структур**”.

Как известно, Н. Бурбаки предложили программу построения математики как целостной системы знаний. Ими было показано, что в основании математики лежат **три** (!) независимые порождающие структуры — алгебраическая, топологическая и структура порядка [7].

Аналогичная задача “бурбакизации” может быть поставлена и в физике (задача построения физики как целостного знания). Смысл её состоит в том, чтобы свести всё многообразие фундаментальных физических законов, понятий и величин к одной универсальной физической структуре, имеющей смысл особой скрытой симметрии мира физических объектов.

Физика представляет собой сложную иерархическую систему фундаментальных физических законов и понятий, основных уравнений и общезначимых принципов, наблюдаемых и ненаблюдаемых физических величин, равновесных и неравновесных процессов. В самом её основании лежат фундаментальные физические законы, порождающие достаточно богатый набор исходных физических величин и понятий, таких как, например, пространство и время, масса и сила, температура, энтропия, электрический заряд, сопротивление и т. п. Используя эти понятия и физические величины как исходный строительный материал, оказалось возможным сделать следующий шаг — сформулировать исходные динамические уравнения. Эти уравнения играют в физике настолько важную роль, что возникает соблазн сказать, что вся механика заключена в уравнении Ньютона, электродинамика — в уравнениях Максвелла, теория тяготения — в уравнении Эйнштейна, нерелятивистская квантовая механика — в уравнении Шрёдингера, релятивистская квантовая механика — в уравнения Дирака и т. д.

Однако, сводя содержание различных разделов физики к соответствующим уравнениям, мы, сами того не замечая, рискуем лишить физику её подлинного смысла, ибо главное содержание физики, как теперь выясняется, нужно искать не на уровне уравнений, а не более глубоком уровне — на уровне фундаментальных физических законов, понятий и специфических физических величин, порождаемых особым видом симметрии системы физических объектов.

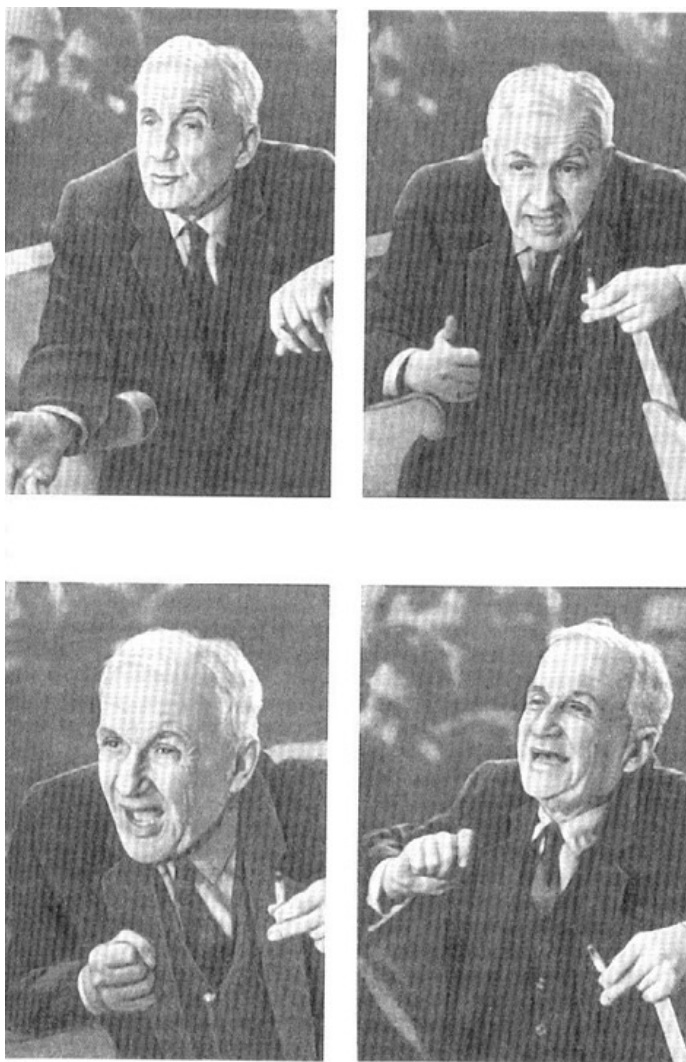
Заметим, что динамические уравнения получают неожиданную свежесть, появляясь заново совсем в другом аспекте. Дело в том, что современная теория элементарных частиц, основанная на квантовой механике, во главу угла поставила ту часть квантовой теории, которая раньше занимала лишь подчинённое место. Речь идёт о теории групп. В обычной квантовой теории группы симметрии играли лишь вспомогательную роль: в основе теории лежало “динамическое уравнение” (уравнение Шрёдингера или уравнение Дирака), которое в определённых условиях оказалось инвариантным относительно некоторой группы преобразований. Считалось, что уравнения в принципе могли бы быть решены и без групп, а группы рассматривались лишь как математический метод, позволяющий извлекать частичную информацию о квантовой системе без интегрирования уравнений.

Развитие теории элементарных частиц в последние годы обратило, в известном смысле, соотношение между уравнениями движения и группами симметрии. Теперь симметрия выступает на передний план, так как оказалось, что представления соответствующих групп несут в себе самую фундаментальную информацию о системе. Таким образом, симметрия оказывается первичным, наиболее глубоким инструментом для физического описания природы [8].

Но предложенная мною Теория физических структур в определённом смысле идёт дальше, так как в её основании лежит новый тип симметрии, имеющий место в мире самых различных физических объектов. Эта симметрия, названная мною **сакральной**, позволяет совершенно по-новому взглянуть на само понятие физического закона и на сам факт существования групп преобразований, играющих такую важную роль в современной теоретической физике.

Что же представляет собой физика в целом? По отношению к физике можно задать тот же вопрос, который задают Н. Бурбаки по отношению к математике: “Является ли это обширное разрастание развитием крепко сложенного организма, который с каждым днём приобретает всё больше и больше согласованности и единства между своими вновь возникающими частями, или, напротив, оно является только внешним признаком тенденции к идущему всё дальше и дальше распаду, обусловленному самой природой математики... Одним словом, существует в настоящее время одна математика или несколько математик?” [9].

Поиск ответа на этот вопрос, составляющий предмет уже не физики, а специфической области знания, которую по аналогии с математикой можно было бы назвать “метафизикой” или, более традиционно, – “основаниями физики”, привёл меня в 1968 году к созданию Теории физических структур [10], [11].



Игорь Евгеньевич Тамм на семинаре

Литература к главе 1

- [1] *Расул Гамзатов. Стихотворения и поэмы.* – М.: “Молодая гвардия”, 1992, С. 127.
- [2] *Герт Айленбергер. Свобода, наука и эстетика.* //Х.О.Пайтген, П.Х.Рихтер. Красота фракталов. Образы комплексных динамических систем. – М.: “Мир”, 1993. С. 155.
- [3] Воспоминания о И.Е.Тамме. -М.: Наука, 1981. 296 с.
- [4] *Кулаков Ю.И.* Еретические горизонты физика // Вопросы истории естествознания и техники. № 4, 1996, С. 165 – 167.
- [5] Кулаков Ю. И. К теории физических структур. Новосибирск. НГУ. 1968. 29с.
- [6] Кулаков Ю. И. Элементы теории физических структур. Дополнение Г. Г. Михайличенко. Новосибирск, 1968. 227 с.
- [7] Бурбаки Н. Очерки по истории математики. М. 1963. с. 252.
- [8] Румер Ю. Б., Фет А. И. Теория унитарной симметрии. М. 1970. с. 7–8.
- [9] Бурбаки Н. Очерки по истории математики. М. 1963. с. 246.
- [10] *Кулаков Ю.И.* О новом виде симметрии, лежащем в основании физических теорий феноменологического типа //Доклады АН СССР, т. 201, 1971, No.3, С. 570-572. (Представлена акад. Беляевым 12 мая 1969)
- [11] Kulakov Ju.I., Protosiewich T.I. Phenomenological Symmetry and the Foundation of Physics // International Logic Review (Italy). 1973, n. 7. pp. 98–101.