

«КАКИЕ ДАТЫ КРУГЛЫМИ НАЗВАТЬ?»

Д.И. Трубецков

Начиная с 2004 года, я публикую статьи под названием « $200n$ -й год в датах нелинейной динамики», где $n = 4, 5, 6, 7$, и вот теперь $n = 8$. Конечно, не собираюсь утомлять вас перечнем всех дат, связанных с 2008 годом, а выделю несколько, на мой взгляд, наиболее важных. Физик и поэт Валерий Канер написал:

Какие даты круглыми назвать?
Явлением нуля поделят даты
Шеренгу лет, похожих как солдаты,
На отделенья, чтоб маршировать
И тратить километры, киловатты,
А вспыхнет ноль, –
тогда осознавать,
Что вроде набежало многовато...
Какие даты круглыми назвать?

И далее Канер отвечает:

Сдается мне, всего круглей квадраты!

Если исходить из цифры 70, то с квадратами не очень получается: 8^2 было, 9^2 далеко, а 10^2 – первый настоящий юбилей. Давайте оставим его нашему университету и остановимся на круглых датах. Впрочем, одна квадратная дата есть в 2008 году. В этом году исполнилось бы 100 лет (явное совпадение круглости и квадратности) Льву Давидовичу Ландау. Об этом юбилее много рассказано и много написано. Вот что пишет о Ландау академик А.А. Абрикосов: «Во всех его работах поражает ясность и непредубежденность мысли, выдающаяся способность всегда правильно выделить из нагромождения теорий и фактов существо рассматриваемого вопроса, умение четко поставить задачу исследования, а затем, наконец, изящно разрешить поставленную проблему». Сказано удивительно точно.

Есть и еще один столетний юбилей, но о нем позже. Обратимся к другим далеким датам, хотя не так уж они далеки.

1918 90 лет назад Мариан Смолуховский, исходя из кинетического закона распределения энергии, дал объяснение броуновскому движению, доказав справедливость

молекулярно-кинетической теории. Кстати, часто пишут «броуновское движение», поскольку открывателя этого явления, английского ботаника, называют в разных книгах то Броуном, то Брауном. Интересно, что Эйнштейн раньше Смолуховского разработал теорию броуновского движения, не зная о существовании броуновского движения. Разумеется, Смолуховский, в свою очередь, не знал о теории Эйнштейна. Приведем вывод основной формулы теории, основываясь на физических соображениях и анализе размерностей.

Броуновское движение вызывается толчками, испытываемыми взвешенными в жидкости частицами со стороны окружающих молекул, совершающих тепловое движение. Толчки никогда в точности не уравнивают друг друга. В каждый момент времени частица движется в определенном направлении. Через некоторое короткое время направление равнодействующей силы ударов со стороны окружающих молекул меняется, и частица начинает двигаться в другом направлении. Таким образом, под влиянием ударов молекул окружающей среды скорость броуновской частицы непрерывно и беспорядочно меняется по величине и направлению.

Любопытно, что Лукреций в поэме «О природе вещей» предвидел и описал это явление, но, конечно, не имел возможности его наблюдать.

Пусть броуновская частица имеет форму шарика радиусом a . Если шарик равномерно движется в жидкости со скоростью v , то на него действует сила сопротивления F , пропорциональная скорости v . Действительно,

$$F = f(\eta, a, v),$$

где η – сила внутреннего трения жидкости (коэффициент динамической вязкости). В системе LMT матрица размерности имеет вид

$$\begin{array}{cccc} & F & \eta & a & v \\ \text{L} & 1 & -1 & 1 & 1 \\ \text{M} & 1 & 1 & 0 & 0 \\ \text{T} & -2 & -1 & 0 & -1 \end{array} \quad \text{и} \quad F = C\eta^\alpha a^\beta v^\gamma.$$

Тогда

$$\text{LMT}^{-2} = (\text{L}^{-1}\text{MT}^{-1})^\alpha \text{L}^\beta (\text{LT}^{-1})^\gamma,$$

$$\left. \begin{array}{l} 1 = -\alpha + \beta + \gamma \\ 1 = \alpha \\ -2 = -\alpha - \gamma \end{array} \right\} \begin{array}{l} \alpha = 1 \\ \gamma = 1 \\ \beta = 1 \end{array} \quad F = C\eta a v.$$

Для шарообразной частицы величина C была вычислена Стоксом и равна 6π . Таким образом, $v = 1/(6\pi\eta a)F$, величина $B = 1/(6\pi\eta a)$ называется подвижностью частицы, то есть $v = BF$.

Введем средний квадрат смещения броуновской частицы $\langle r^2 \rangle$, где \vec{r} – полное смещение, а усреднение проведено по всем частицам. Разумно предположить, что r^2 зависит от тепловой энергии молекул окружающей среды, которая пропорциональна kT (k – постоянная Больцмана, T – абсолютная температура), от подвижности частиц B и от времени t . Тогда

$$\langle r^2 \rangle = f(kT, B, t).$$

В системе LMT матрица размерности имеет вид

$$\begin{array}{ccccc}
 \langle r^2 \rangle & kT & B & t & \\
 L & 2 & 2 & 0 & 0 \\
 M & 0 & 1 & -1 & 0 \\
 T & 1 & -2 & 1 & 1
 \end{array}
 \quad \text{и} \quad \langle r^2 \rangle = C_1 (L^2 M T^{-2})^\alpha (M^{-1} T)^\beta T^\gamma,$$

$$L^2 = L^{2\alpha} M^{(\alpha-\beta)} T^{(-2\alpha+\beta+\gamma)},$$

$$\alpha = 1, \quad \beta = 1, \quad \gamma = 1.$$

Окончательно

$$\langle r^2 \rangle = C_1 kT \cdot B \cdot t,$$

в формуле Эйнштейна $C_1 = 6$, а у Смолуховского $C_1 = 192/27$.

1928 Александр Александрович Андронов на съезде русских физиков выступил с докладом «Предельные циклы Пуанкаре и теория колебаний». Г.С. Горелик так оценивает сделанное в этой работе. «До Андронова математики не подозревали, что предельные циклы «живут» в прикладных задачах, а физики и инженеры, занимающиеся исследованием колебаний, не знали, что уже существует математический аппарат, необходимый для общей теории колебательных процессов». Вот слова А.А. Андронова: «Предельный цикл есть геометрический образ, изображающий в фазовом пространстве периодическое движение автоколебательной системы; он представляет собой замкнутую кривую, к которой асимптотически приближаются соседние фазовые траектории».

Пожалуй, это был один из важнейших шагов на пути к нелинейной науке (замечу, что публикация доклада А.А. Андронова занимает лишь полторы страницы).

В этом же году Ч.В. Раман и К.С. Кришнан открыли явление комбинационного рассеяния. На эту тему написано много работ и высказано много сожалений о том, что Нобелевскую премию получил Раман и не получили Л.И. Мандельштам и Г.С. Ландсберг, открывшие комбинационное рассеяние независимо и одновременно с Раманом.

Родился Б.В. Чириков – один из основоположников теории хаоса. Ему, в частности, принадлежит знаменитый критерий перекрытия резонансов.

1938 Вышла в свет замечательная книга – Ф.М. Шемякин и П.Ф. Михалев «Физико-химические периодические процессы» (Издательство АН СССР, Москва–Ленинград, 1938). В предисловии к книге, написанном академиком Н.С. Курнаковым и профессором В.И. Николаевым, есть такие строчки: «В предлагаемой работе собран богатый справочно-описательный материал, иллюстрирующий естественные периодические структуры и процессы, с которыми мы встречаемся в геологии, минералогии и биологии, и экспериментально воспроизведенные химические, физико-химические и физические периодические структуры и процессы...».

Периодичность некоторых явлений в природе отмечалась ещё в глубокой древности, но только в настоящее время начинает становиться ясной их широкая распространенность».

Даже беглый просмотр книги позволяет сделать вывод, что к концу тридцатых годов по периодическим физико-химическим процессам был накоплен большой фактический материал, в основном экспериментальный. Список цитируемой в книге литературы насчитывает 925 наименований.

Почти 50 лет спустя профессор, доктор химических наук Б. Вольтер опубликовал ряд статей по истории периодических химических реакций. Одна из них под названием «Легенда и быль о химических колебаниях» («Знание – сила», № 4, апрель 1988 года, кстати, тоже круглая дата – 20 лет со дня публикации) имеет эпиграфом строки А.С. Пушкина

И устарела старина,
И старым бредит новизна,

а также преамбулу: «Говорят, забвение фактов рождает легенду, а легенда искажает истину. Парадоксально, но факт: возрастающий поток статей по химическим колебаниям всё дальше уносит нас от правды о более чем столетней истории их открытия». В статье приводятся различные факты о периодических химических реакциях, начиная с 1938 года и назад в прошлое – даже в XIX век.

Позднее мы ещё вернёмся к теме периодических химических реакций.

В том же 1938 году была опубликована статья Я.Б. Зельдовича и Д.А. Франк-Каменецкого «Теория теплового распространения пламени» (ЖТФ, 1938, т. 12, вып. 1, с. 100), ставшая классической в теории автоволн.

Но всё же главная дата, связанная с 1938 годом – 70 лет со дня публикации статьи А.А. Власова «О вибрационных свойствах электронного газа» (ЖЭТФ, 1938, т. 8, вып. 3, с. 291–318) и 100 лет со дня его рождения. У автора и статьи судьбы сначала были одинаково печальными, а потом (особенно после смерти автора) статья обрела бессмертие.

Анатолий Александрович Власов родился 20 августа 1908 года в городе Балашове. Окончил в 1931 году Московский государственный университет, где и работал до своей кончины – 22 декабря 1975 года.

А.А. Власов – физик-теоретик, научные работы которого посвящены физике плазмы, оптике, теории кристаллического состояния, теории гравитации, теории множественного рождения частиц. Он ввел понятие коллективных колебаний, широко используемое при исследовании систем многих частиц, разработал теорию колебательных свойств электронного газа, предложил новое кинетическое уравнение плазмы, учитывающее коллективные взаимодействия между заряженными частицами (уравнение Власова).

В 1970 году за цикл работ по физике плазмы А.А. Власов был удостоен Ленинской премии.

Из приведенной краткой биографии может показаться, что все прекрасно, но это не так.

Начнем с того, что представляют собой уравнения Власова для плазмы. Напомним, что кинетическое уравнение для каждого сорта частиц в классической плазме (электронов и ионов) имеет вид

$$\frac{\partial f}{\partial t} + \vec{v} \frac{\partial f}{\partial \vec{r}} + \dot{\vec{p}} \frac{\partial f}{\partial \vec{p}} = S t f, \quad (1)$$

где f – функция распределения данных частиц по координатам \vec{r} и импульсам \vec{p} ; \vec{v} – скорость частиц, производная $\dot{\vec{p}} = (d\vec{p}/dt)$ определяется действующей на частицу силой, которая, в свою очередь, выражается через напряженности электрического и магнитного полей, создаваемых всеми остальными частицами в точке нахождения данной частицы. Будем далее рассматривать ситуации, в которых несущественны

столкновения между частицами плазмы, то есть ограничимся рассмотрением бесстолкновительной плазмы, когда интеграл столкновений Stf мал по сравнению со слагаемым $\vec{v} \nabla f$ в левой части уравнения (1). Для выполнения этого обычно необходимо, чтобы

$$v \ll \omega,$$

где v – эффективная частота столкновений (величина, обратная среднему времени свободного пробега частицы), ω – частота изменения макроскопических электрического E и магнитного B полей. Столкновениями можно пренебречь и в том случае, когда средняя длина пробега частиц $l \sim \bar{v}/\nu$ (\bar{v} – средняя скорость) велика по сравнению с длиной L , на которой меняется поле («длина волны» поля). Если обозначить $1/L \sim k$, то это условие запишется в виде

$$v \ll k\bar{v}.$$

Если пренебречь интегралом столкновений, кинетические уравнения для функций распределения электронов f_e и ионов f_i принимают вид

$$\begin{aligned} \frac{\partial f_e}{\partial t} + \vec{v} \frac{\partial f_e}{\partial \vec{r}} - e \left(\vec{E} + \frac{1}{c} [\vec{v} \vec{B}] \right) \vec{v} \frac{\partial f_e}{\partial \vec{p}} &= 0, \\ \frac{\partial f_i}{\partial t} + \vec{v} \frac{\partial f_i}{\partial \vec{r}} + ze \left(\vec{E} + \frac{1}{c} [\vec{v} \vec{B}] \right) \vec{v} \frac{\partial f_i}{\partial \vec{p}} &= 0, \end{aligned} \quad (2)$$

где ze – заряд иона. Уравнения (2) и носят название уравнений Власова.

К этим уравнениям надо присоединить систему усредненных уравнений Максвелла

$$\begin{aligned} \text{rot} \vec{E} &= -\frac{1}{c} \frac{\partial \vec{B}}{\partial t}, & \text{div} \vec{B} &= 0, \\ \text{rot} \vec{B} &= \frac{1}{c} \frac{\partial \vec{E}}{\partial t} + \frac{4\pi}{c} \vec{j}, & \text{div} \vec{E} &= 4\pi\rho. \end{aligned} \quad (3)$$

Здесь ρ и \vec{j} – средняя плотность зарядов и плотность тока, которые выражаются через функции распределения соотношениями

$$\begin{aligned} \rho &= e \int (zf_i - f_e) d^3p, \\ \vec{j} &= e \int (zf_i - f_e) \vec{v} d^3p. \end{aligned} \quad (4)$$

Уравнения (2)–(4) составляют единую систему уравнений, определяющих одновременно как f_e и f_i , так и \vec{E} и \vec{B} . Поля, определяемые таким образом, называются самосогласованными. Систему уравнений (2)–(4) называют уравнениями Власова–Максвелла. Думаю, что многие увидели в системе уравнений (2)–(4) систему основных уравнений сверхвысокочастотной электроники.

В статье 1938 года А.А. Власов выделил два следующих момента (в статье это – курсив).

«Обстоятельства... заставляют выдвинуть утверждение, что метод кинетического уравнения, учитывающий только парное взаимодействие – взаимодействие посредством удара – для системы заряженных частиц является аппроксимацией, строго говоря, неудовлетворительной, что в теории таких совокупностей существенную роль должны играть силы взаимодействия и на далёких дистанциях и что, следовательно, система заряженных частиц есть по существу не газ, а своеобразная система, стянутая далекими силами»

(стр. 292). И далее, на стр. 297 он пишет: «Итак, вопрос о вибрационных свойствах допускает упрощение задачи – можно пренебречь всеми взаимодействиями посредством удара».

В статье на основе линеаризованных уравнений были рассмотрены дисперсия продольных волн (плазма), дисперсия продольных волн в электронном газе с функцией распределения Ферми (металл), дисперсия поперечных волн (ионосфера). На основе результатов работы 1938 года по статистической теории электронной плазмы, ставших впоследствии классическими, Власов в 1944 году успешно защитил докторскую диссертацию.

Для воссоздания дальнейших событий обратимся к очерку «Анатолий Александрович Власов», написанному Юрием Львовичем Климонтовичем (Ю.Л. Климонтович. Воспоминания коллег и его личные заметки о людях науки. Саратов: Изд-во ГосУНЦ «Колледж», 2005, 118 с.). Юрий Львович отмечает, что Власов был несомненно одним из самых талантливых ученых на физическом факультете МГУ. В то время он читал курс «Электронная теория», который выделялся среди других курсов оригинальностью по содержанию и ярким изложением. Далее Климонтович пишет следующее. «Его удивительное дарование привлекло к нему многих. Поражала быстрота его реакции на семинарах, посвященных разным вопросам физики, глубина и четкость его вопросов, стремление критически переосмыслить устоявшиеся физические теории. Однако общение с ним для многих затруднялось сложностью его характера». В 1946 году происходит событие, мотивы которого не были ясны ни для Юрия Львовича, ни для его однокурсников, среди которых были Григорий Гарибян, Иосиф Гольдман, Юрий Широков и др. В ЖЭТФ (1946, т. 16, с. 246) появилась статья четырех авторов – В.Л. Гинзбурга, Л.Д. Ландау, М.А. Леонтовича и В.А. Фока, начальные слова которой, по мнению Юрия Львовича, были чудовищно несправедливыми. Они звучали так. «В последнее время (в 1944–1945 гг.) в печати появился ряд работ А.А. Власова... Рассмотрение указанных работ А.А. Власова привело нас, однако, к убеждению об их полной обоснованности и об отсутствии в них каких-либо результатов, имеющих научную ценность». Как пишет Климонтович, «критическая статья» четырех авторов произвела на него и его товарищей (тогда четверокурсников) удручающее впечатление, которое... «не изгладилось у меня окончательно...».

Письму предшествовал ряд событий на физическом факультете МГУ в 1944 году.

Уже упоминалось, что именно в 1944 году Власов защитил докторскую диссертацию. Вскоре после защиты был объявлен конкурс на замещение должности заведующего кафедрой теоретической физики. Претендентов было два: И.Е. Тамм и А.А. Власов. Избрали Власова. Снова слово Ю.Л. Климонтовичу. «Это решение обеспокоило группу ведущих физиков и математиков, поскольку в избрании А.А. Власова решающую роль сыграли, по их мнению, голоса членов Ученого Совета, тормозящих развитие образования и науки на физическом факультете. Результатом послужило письмо председателю Комитета по высшей школе С.В. Кафтанову. Приведем выдержки из этого письма.

"Многоуважаемый Сергей Васильевич, Московский университет должен быть ведущей и образцовой школой для наших молодых ученых. Состояние физического факультета этого университета вселяет в нас беспокойство...

Кафедру теоретической физики Московского университета надо рассматривать как ведущую в Советском Союзе и поэтому несомненно выбор её руководителя должен быть произведен с большой ответственностью. Московским университетом этот выбор сделан в пользу проф. Власова.

Просим Вас не отказать ознакомить нас с материалами и заключениями физико-математического факультета Московского университета, приведшими к выбору Власова на эту кафедру, а также обсудить этот вопрос с нами.

Академики: Алиханов, Крылов, Соболев, Папалекси, Капица, Христианович, Вавилов, Фрумкин, Бернштейн, Лебедев, Семенов, Курчатов, Фок, Мандельштам"

Результатом этого письма 14 академиков стало назначение заведующим кафедрой теоретической физики МГУ В.А. Фока».

Через два месяца после вступления в должность В.А. Фок в письме к П.Л. Капице дает следующую характеристику А.А. Власову и его методу, по существу отрицающая плодотворность идеи о коллективных взаимодействиях и самосогласованного приближения.

«Проф. А.А. Власов играет настолько активную роль на факультете, что о нем стоит сказать подробнее. Это молодой профессор, недавно сделавший хорошую работу по теории электронной плазмы и защитивший ее в качестве докторской диссертации. Он – способный человек, крайне самовлюбленный и неуравновешенный. Он ученик А.С. Предводителя и И.Е. Тамма. В настоящее время он фанатически увлечен неверной идеей о том, что метод, примененный им к решению задачи о плазме, имеет будто бы универсальный характер. Он вообразил, что ряд разнородных явлений, как-то: сверхтекучесть гелия, сверхпроводимость, флуктуации, упругость и пр. (явления, которые на самом деле между собой едва ли связаны) имеют общую причину – наличие "далеких взаимодействий". При этом он думает, что эта причина может быть учтена его формальным методом. Убедительных доводов в пользу своей идеи он привести не в состоянии, но часто выступает с декларациями о том, что нужно "искать новых путей в науке" и т.п., причем выставляет себя новатором, а всех прочих (внеуниверситетских физиков) консерваторами...

А.С. Предводителев всячески внушает А.А. Власову, что он гений и этим, по моему, губит его: из него мог бы выработаться настоящий ученый, а сейчас он стоит на прямом пути к тому, чтобы стать лжеученым».

Время показало, что Владимир Александрович Фок ошибался. Что же последовало за этими событиями? А.А. Власов подвергался критике не только со стороны маститых академиков, но и со стороны некоторых физиков-теоретиков МГУ. Но не все так относились к А.А. Власову и его идеям. И среди «не всех» был Андрей Дмитриевич Сахаров, о чем можно судить по следующему отрывку из его воспоминаний (журнал «Знамя», 1990, № 10, с. 35–36).

«Основной для меня курс квантовой механики читал профессор А.А. Власов – несомненно очень квалифицированный и талантливый физик-теоретик, бывший ученик И.Е. Тамма. Читал Анатолий Александрович обычно хорошо, иногда даже отлично, с блеском делая по ходу лекции нетривиальные замечания, открывающие какие-то скрытые стороны предмета, создавая для нас возможности более глубокого понимания. При этом очень странная была и внешняя манера чтения – закрывал лицо руками и так, ни на кого не глядя, монотонно произносил фразу за фразой. Конечно, все это были признаки болезни, о чем я тогда не догадывался. Уже после войны я слышал, как Леонтович говорил: "Раньше, когда я был рядом, как только я видел, что Власов начинает сходиться с катушек, я его как следует бил, и он приходил в норму. А без меня он окончательно свихнется". Конечно, дело было не только в битье. Я думаю, что дружба с такими людьми, как Леонтович, была важна для Власова...

Первые, очень интересные работы Власова были написаны совместно с Фурсовым, потом их плодотворное содружество распалось. Наиболее интересны работы Власова по бесстолкновительной плазме; введенное им уравнение по праву носит его имя. Уже после войны Власов опубликовал (или пытался опубликовать) работу, в которой термодинамические понятия вводились для системы с малым числом степеней свободы. Многие тогда с огорчением говорили об этой работе как о доказательстве его упадка как ученого. Но, может быть, Власов был не так уж и неправ. При выполнении определенных

условий "расхождения траекторий" система с малым числом степеней свободы может быть эргодической (не поясняя термина, скажу лишь, что отсюда следует возможность термодинамического рассмотрения). Пример, который я знаю из лекций проф. Синая: движение шарика по бильярдному полю, если стенки сделаны вогнутыми внутрь поля.

Власов был первым человеком (после папы), который предположил, что из меня может получиться физик-теоретик».

Из слов А.Д. Сахарова следует, что Власов подошел, в какой-то мере, и к идее динамического хаоса.

Незадолго до своей смерти Анатолий Александрович подготовил для издательства «Наука» рукопись своей последней книги, которая увидела свет лишь в 1978 году под названием «Нелокальная статистическая механика». Ряд крупных ученых уклонились от ее рецензирования, а рецензенты из Института теоретической физики имени Ландау дали «разгромный отзыв». По счастью, вмешался Николай Николаевич Боголюбов, заявивший: «Все, что написано А.А. Власовым, должно быть опубликовано». Более того, он предварил книгу своим предисловием, в котором отдал дань таланту Анатолия Александровича Власова. Как указывает Ю.Л. Климонтович: «С момента публикации последней книги Анатолия Александровича Власова прошло уже четверть века и лишь недавно появились первые работы, в которых демонстрируется эффективность развитого в ней нового метода статистической теории».

Справедливости ради следует отметить, что в десятом томе курса теоретической физики Л.Д. Ландау и Е.М. Лифшица «Физическая кинетика» (М.: «Наука», 1979), который написан Е.М. Лифшицем и Л.П. Питаевским, есть параграф 27 «Самосогласованное поле», где указывается, что понятие «самосогласованное поле» введено в кинетические уравнения А.А. Власовым, и приводится система уравнений, называемая уравнениями Власова.

Каково же сегодня место уравнений Власова в физике? Ответ на этот вопрос дает книга В.В. Веденяпина «Кинетические уравнения Больцмана и Власова» (М.: Физматлит, 2001, 112 с.). В аннотации к книге, в частности, написано: «... уравнение Власова описывает плазму, электронный газ, галактики, крупномасштабную Вселенную».

В упомянутой книге уравнения Власова (или уравнения самосогласованного поля) записываются в следующем виде:

$$\frac{\partial f}{\partial t} + \left(v, \frac{\partial f}{\partial x} \right) + \left(F(f), \frac{\partial f}{\partial V} \right) = 0. \quad (5)$$

В уравнении (5) сила сама есть функционал от функции распределения f , а уравнение (5) имеет вид уравнения сдвига вдоль характеристик. Простейший вид зависимости силы F от функции распределения соответствует парному потенциалу взаимодействия $K(x, y)$

$$F = -\nabla \int K(x, y) f(y, v, t) dv dy. \quad (6)$$

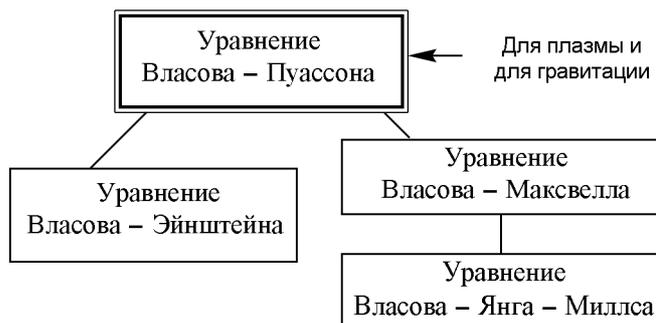
Именно этот вид взаимодействия дает систему уравнения Власова. Обычно, чтобы различать виды взаимодействий, говорят о системах уравнений «Власова плюс ещё кого-то». Существуют уравнения Власова–Пуассона, Власова–Максвелла, Власова–Эйнштейна, Власова–Янга–Миллса. Уравнение Власова–Пуассона бывает двух видов – для плазмы и для гравитации. В обоих случаях (6) заменяется на уравнение Пуассона действием оператора Лапласа при условии, что $K(x, y)$ – фундаментальное решение оператора Лапласа. Следовательно, K есть потенциал единичного заряда в трёхмерном случае, нити в одномерном и плоскости в двумерном случае.

Уравнение Власова–Эйнштейна получается, если в гравитационном случае заменить взаимодействие по Ньютону на взаимодействие по Эйнштейну.

Для плазмы заменой электростатики на электродинамику получаем уравнение Власова – Максвелла.

Наконец, если у нас сохраняется не заряд, а векторная величина (изотопический заряд или цвет), то вместо электромагнитных потенциалов нужно взять матрицы, и получатся уравнения Янга–Миллса, которые дают принятую в настоящее время теорию объединенного электро- (слабого и сильного) взаимодействия.

На диаграмме приведена иерархия уравнений Власова.



Для полноты представления о том, какое место занимает уравнение Власова в современной физике, приведем длинную цитату из книги В.В. Веденяпина (Веденяпин В.В. Кинетические уравнения Больцмана и Власова. М.: Физматлит, 2001, 112 с.).

«Данная иерархия дает нам примеры захватывающих романов между математикой и различными частями естествознания. Отдельные главы этого романа будут описаны в дальнейшем... Уравнение динамики N тел как следствие уравнения Власова: подстановка в виде суммы дельта-функций. Подстановка в виде интегралов от дельта-функций и лагранжевы координаты. Примеры: осцилляторы и антиосцилляторы, экспоненциальное разбегание, две гамильтоновы структуры. Эйлеро-лагранжевы координаты и гидродинамическая подстановка, N -слойная и континуум-слойная гидродинамика. Примеры: расширяющаяся Вселенная, перехлёсты и границы гидродинамического описания. Энергетическая подстановка, когда функция распределения зависит только от энергии. В этом случае уравнение (5) переходит в нелинейное уравнение для потенциала. Это уравнение аналогично уравнениям Бернулли для уравнения Эйлера. И уравнения типа Власова по своей судьбе аналогичны уравнениям Эйлера: их частные случаи стали появляться раньше, чем были написаны уравнения Власова. При этом в той же самой энергетической постановке, выражающей закон сохранения энергии. В приложениях это были плазменный диод (диод Лэнгмюра), уравнение Дебая для электролитов и уравнение Лэна–Эмдена в гравитации. В математике такое уравнение еще раньше было изучено в геометрии и называется уравнением Лиувилля».

1948 Возвращаемся к периодическим химическим реакциям.

И.Е. Сальников успешно защитил в Горьковском университете кандидатскую диссертацию на тему «Теория периодического протекания гомогенных химических реакций». Руководителем Сальникова был Д.А. Франк-Каменецкий, книга которого «Диффузия и теплопередача в химической кинетике» вышла в 1947 году и уже содержала главу о химических колебаниях. Книга впоследствии выдержала три издания, переведена в США и Швеции, став научной классикой. Почему следует выделить

факт защиты Сальниковым диссертации? Дело в том, что в диссертации собрана обширная информация о более чем вековой истории изучения химических колебаний и получены первые теоретические результаты с позиций нелинейной теории колебаний. Заметим, что сначала в 1947 году диссертация была представлена к защите в институте химической физики, но защита не состоялась. Диссертацию отвергли, и причиной было то, что она опередила свое время.

Интересно, что ещё раньше появились работы А.А. Витта и Ф.М. Шемякина под названием «Математическая теория периодических реакций», в которых было дано математическое доказательство волновых явлений на плоской поверхности химически активной среды.

В 1948 году увидело свет первое английское издание «Кибернетики» Норберта Винера (Wiener N. *Cybernetics or Control and Communication in the Animal and the Machine*. The Technology Press and John Wiley & Sons, Inc., New York – Hermann et Cie, Paris, 1948). Скромная книга в красном переплёте, в которой была масса описок и опечаток, скоро стала одной из «книг века» – научным бестселлером.

В книге «Я – математик» (Издательство «Наука», М., 1964) Винер так комментирует реакцию на выход «Кибернетики». «Появление книги в мгновение ока превратило меня из ученого-труженика, пользующегося определенным авторитетом в своей специальной области, в нечто вроде фигуры общественного значения. Это было приятно, но имело и свои отрицательные стороны, так как отныне я был вынужден поддерживать деловые отношения с самыми разнообразными научными группами и принимать участие в движении, которое приняло такой размах, что я уже не мог с ним справиться» (с. 318).

Главная мысль «Кибернетики» – подобие процессов управления и связи в машинах, живых организмах и обществах, будь то общества животных или людей. Логическое обоснование кибернетики – общая теория динамических систем (а может быть, просто общая теория систем), которая не создана.

Н. Винер был убежден в единстве науки и в необходимости тесного взаимодействия её различных дисциплин. Он был врагом узкой специализации, дробления науки на бесчисленные изолированные ветви. Полон сарказма в его «Кибернетике» портрет узкого специалиста: «Он набит жаргоном своей специальной дисциплины и знает всю литературу по ней и все ее подразделы. Но всякий вопрос, сколько-нибудь выходящий за эти узкие пределы, такой ученый чаще всего будет рассматривать как нечто, относящееся к коллеге, который работает через три комнаты дальше по коридору. Более того, всякий интерес со своей стороны к подобному вопросу он будет считать непозволительным нарушением чужой тайны» («Кибернетика». М.: Сов. Радио, 1968, с. 44).

О широте интересов самого Винера свидетельствует его выступление перед публикой в роли романиста. Герой его романа – талантливый ученый – становится жертвой корыстных дельцов. Роман называется «Искуситель» (Wiener N. *The Tempter*, Random House. New York, 1956) и представляет собой современный вариант истории Фауста и Мефистофеля.

В том же 1948 году вышла в свет книга Клода Шеннона «Математическая теория информации» (Shannon C.-E. *A Mathematical Theory of Communication* // *Bell System Techn. J.* 1948. Vol. 27, № 3).

Деннис Габор, работая в Лондонском университете, сформулировал принципы голографии.

1958 Борис Павлович Белоусов сдал в печать заметку «Периодически действующая реакция и ее механизм». Выйдет она в сборнике рефератов по радиационной меди-

цине в 1959 году (поэтому оставим ее 2009 году). Заметка в три страницы. Описание эксперимента, который И.Р. Пригожин назвал самым важным экспериментальным событием ушедшего XX века.

Нобелевская премия в области физики присуждена П.А. Черенкову, И.Е. Тамму, И.М. Франку за открытие и объяснение эффекта Вавилова–Черенкова.

И еще одну дату я не могу не отметить, хотя она не круглая.

1963 Сорок пять лет назад появилась модель Эдварда Лоренца – одна из первых, а затем и основных моделей динамического хаоса. К сожалению, в апреле этого года Эдварда Лоренца не стало.

Конечно, вы уже поняли, что я немного схитрил с выбором дат, собрав близкие по моей жизни даты. Броуновское движение с любимым анализом размерностей. Уравнение Власова и излучение Вавилова–Черенкова – это почти вся сверхвысокочастотная электроника. Предельные циклы, периодические химические реакции, автоволны пламени, критерий Чирикова перекрытия резонансов, модель Лоренца – это современная теория колебаний и волн – нелинейная динамика. Кибернетика – один из вариантов общей теории динамических систем. Наконец, весь рассказ облечён в форму повествования о некоторых событиях в нелинейной науке и судьбах её создателей.

Я начинал строчками Валерия Канера и закончу строками этого физика-поэта:

«Прислушайтесь!
Это проходят года».

*Саратовский государственный
университет*

Поступила в редакцию 14.05.2008