

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ  
РУССКОГО ФИЗИЧЕСКОГО ОБЩЕСТВА

# ЖУРНАЛ РУССКОЙ ФИЗИЧЕСКОЙ МЫСЛИ

**ЖРФМ, 2015, № 1-12  
(ЖРФХО, Т. 87, вып. № 5)**

**Продолжение научного журнала ЖРФХО  
РУССКОГО ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКОГО ОБЩЕСТВА,  
возобновивших свою общественную, научную  
и издательскую деятельность в России  
16 апреля 1991 г.**

Публикует:

- наиболее актуальные, полезные, оригинальные работы соотечественников в области естествознания;
- письма читателей и научные статьи, программы и методики, рекламу и технические предложения, анализ, обзор, прогноз;
- энергетика, экология, охрана здоровья, сельское хозяйство, промышленность, техника, технология, экономика, наука.

*Не чины и звания, ни возраст и профессия авторов,  
а степень общественной пользы и оригинальность их мысли –  
единственный критерий отбора работ для публикации*

Приоритетная защита всех публикуемых материалов. Предназначен для всех, кому не безразличны современные земные проблемы, кто ищет конкретное поле деятельности для эффективного приложения своих интеллектуальных способностей.

*ДЕВИЗ ЖУРНАЛА:*

**« EXPERIMENTIA EST OPTIMA RERUM MAGISTRA »**

*« Практика – замечательной мысли наставница »*

*да Винчи*

Из архива Русского Физического Общества

**К Сорокалетней годовщине выхода в свет монографии Н.И. Кобозева «Исследования в области термодинамики процессов информации и мышления», М., изд. МГУ, 1971**

Фундаментальная работа незабвенного Николая Ивановича Кобозева "Исследования в области термодинамики..." – лебединая песня выдающегося русского учёного. Николай Иванович всю свою жизнь был предан физической химии, но последним его «аккордом» в яркой череде научных работ и исследований, стали «еретические» идеи раскрытия «Проблемы проблем всего естествознания», – проблемы физики мышления. Эта работа Николая Ивановича сразу по выходу в свет была отнесена в академических кругах к разряду "вольнодумных" и потому нежелательная для цитирования.

В коротких купюрах она была процитирована без грязи, искажений и домыслов – в журнале "Русская Мысль", 1992, № 1; 1993, № 1-2.

С тех пор много воды утекло. И – слава Богу – эту замечательную работу Николая Ивановича цитируют уже десятки авторов и исследователей самых загадочных процессов в природе, – процессов мышления.

Эта величественная работа русского учёного является пьедесталом всех серьёзных исследований физики мышления; и прежде всего это касается физиологии, нейрофизиологии, неврологии, психологии, – специальных наук о живом, о бессмертной человеческой душе, – этом мыслительном органе человеческого естества.

Николаю Ивановичу Кобозеву – вечная память!

Президент Русского Физического Общества Владимир Родионов

8 июля 2011 года

Русское Физическое Общество

**О ФИЗИКЕ МЫШЛЕНИЯ**  
**(заключительная часть монографии «Исследования в области термодинамики...»)**

*Кобозев Н. И. (г. Москва, Россия)*

Хотя после каждой главы приводилось краткое резюме, но полезно дать суммирующие выводы из всей работы.

Монография посвящена термодинамике процессов информации и мышления и возможности их осуществления с помощью молекулярных множеств, в первую очередь, – молекулярного вещества мозга.

Проблема рассматривается на основе двух фундаментальных законов природы: *закона энтропии* для молекулярных множеств любого уровня ( $s > 0$  при  $T^\circ > 0$ ) и *закона тождества* ( $A = A$ ), из которого следует безэнтропийность и неограниченно точная воспроизводимость любого логического вывода ( $s = 0$ ).

Эти законы несовместимы, отсюда возникает «парадокс мышления» – **способность энтропийной системы мозга производить безэнтропийное логическое мышление** (в форме категорических силлогизмов, математических выводов и т.п.) с возможностью совершенно точного и неограниченного повторения этих процессов. Такова основная проблема, которая решается в монографии наряду с другими, с нею связанными.

Разработка этих вопросов началась автором в 40-х годах и, естественно, сосредоточивалась вначале на параметре энтропии, которая выделяет термодинамику из всех других методов рассмотрения явлений. Здесь научная мысль работала параллельно: в 1948г. автор одновременно с К. Шенноном ввёл понятие обобщённой безразмерной энтропии (К. Шеннон – для энтропии информации, автор – для энтропии броуновского движения).

В 1 главе монографии показывается, что эти выражения идентичны (и формально, и по своему смыслу), чем устанавливается связь между векторно-броуновскими процессами и процессами информационно-мыслительными. В той же главе приводятся наблюдения, сделанные в лаборатории автора относительно влияния энтропии информации на энтропию поведения (движения) живых объектов, обработанные методом теории векторно-броунов-

ских процессов и теории информации. Показывается, что вывод информационной энтропии дезорганизует объекты, полностью уничтожая векторизованность и увеличивая этим энтропию их поведения. Эта же глава подводит монографию к вопросам, важным для всего дальнейшего изложения: к понятиям обобщённой энтропии и обобщённой свободной энергии.

В главе 2 даётся термодинамическое истолкование этих обобщённых параметров и устанавливается тождественность степени векторизации процесса со степенью его термодинамической обратимости. Здесь же выводится выражение для равновесия между векторными и броуновскими элементами процесса.

Отсюда следует, что полностью векторизованный процесс – в то же время процесс полностью обратимый, и поэтому оба они являются нереализуемыми с помощью любых молекулярных множеств. Этот вывод особенно существен потому, что процесс логического мышления является процессом вполне упорядоченным и, следовательно, нарушает запрет, налагаемый вторым началом и статистикой на возможность полной векторизации или полной обратимости процесса. Так как энергия является скалярной величиной, то для процессов направленного характера – процессов информации и мышления – её использование представляет трудности.

Поэтому 2 глава в значительной мере посвящена векторной интерпретации термодинамических функций: свободной энергии, полной энергии и энтропии. При этом показано, что вектор, сопоставляемый со свободной энергией, является точно направленным по определённой оси, а аналогичный вектор для энтропии является полностью броуновизованным в плоскости, перпендикулярной к вектору свободной энергии.

Первые две главы монографии по существу являются теоретическим введением ко всей монографии.

В 3 главе разбирается уже собственно термодинамика процесса информации с точки зрения возможности осуществления с помощью молекулярных механизмов. Здесь методом классической термодинамики показывается, что молекулярное множество способно обеспечить процесс информации, и выводится уравнение для энтропии информации, которое Шеннон, как известно, принял по интуитивным соображениям и из-за удобства логарифмической функции.

Здесь же автором впервые анализируется особый вид не шенноновской стохастической информации, которая ставится в связь с парадоксом Гиббса. Если Шенноновская информация является устойчивой в пределах той ячейки, в которой она заключена, то информация не шенноновского типа не обладает такой устойчивостью, видоизменяясь в результате макрофлуктуаций и, следовательно, зависит от времени наблюдения.

Парадокс Гиббса для ёмкостей, различаемых как информационные ячейки, уже перестаёт быть парадоксом, и распределение газа по таким ячейкам уменьшает его энтропию на величину энтропии информации, дающей определённые сведения о системе.

В 4 главе автор приступает к термодинамике процесса мышления, которому посвящён ряд последующих глав монографии.

В них решается вопрос: возможно ли осуществление процесса мышления в его вполне однозначной силлогической форме с помощью молекулярных механизмов мозга, и даётся отрицательный ответ: поскольку логический процесс и его результат (умозаключение) вполне упорядочены, то есть **безэнтропийны**, то, следовательно, молекулярный механизм мозга, создающий эту логическую продукцию, также должен находиться в **безэнтропийном состоянии**. Согласно теории Нернста-Планка это невозможно для любого молекулярного множества при температуре выше абсолютного нуля, в том числе для молекулярных механизмов мозга. Дальнейший термодинамический анализ приводит к выводу, что **организованное мышление не может протекать без подвода отрицательной энтропии**, которая позволила бы компенсировать неупорядоченное состояние решающих систем мозга.

После рассмотрения термодинамики процесса мышления от уровня задачи до уровня решения автор в главе 7 разбирает полный термодинамический путь логической и информационной задачи, начиная от исходного материала, через постановку задачи и отбор нужного материала до решения задачи.

После этого анализа в той же главе ставится вопрос: каким образом мозг может образовывать безэнтропийные конструкции в виде логических суждений без компенсации этого процесса увеличением энтропии этой же системы в каком-то другом её участке. В случае подобной компенсации, которая теоретически возможна, окажется, что мозг работает на постоянном среднем уровне всех своих термодинамических параметров: свободной

энергии, полной энергии и энтропии. В связи с этим разбирается важный вопрос: какие же функции способен выполнять такой термодинамически **стабилизированный мозг**? Анализ приводит к выводу, что при этом в механизме мозга могут создаваться автоколебательные системы, переводящие свободную энергию в связанную (в энтропию) и обратно с некоторой подпиткой на небольшое расстояние энергии в таких автоколебательных устройствах с достаточной добротностью, аналогично часовому маятнику, переводящему потенциальную энергию в кинетическую и обратно.

Такие автоколебательные устройства, естественно, будут обращаться в кругу повторяющихся состояний и, хотя их может образовываться в мозгу достаточно много, они всё же не способны вывести сознание за пределы этого круга.

Автор приходит к выводу, что **такая система совершенно не подходит для моделирования человеческого сознания**, но она близко приближается в несколько огрублённом виде к психике животных, которые действительно не выходят из круга повторяющихся инстинктивных филогенетических действий и не обладают ни индивидуальным, ни видовым интеллектуальным прогрессом.

Поскольку такая компенсация безэнтропийности мыслительных операций для сознания человека является неприемлемой, **единственный путь обеспечения возможности направленного, векторизованного движения человеческой мысли и психики следует искать в подводе отрицательной энтропии**. Эта отрицательная энтропия компенсирует положительно-энтропийные действия мозга и, таким образом, позволяет совершать сознанию вполне упорядоченные действия.

В следующей 8 главе автор ставит весьма существенный для всей работы вопрос о **термодинамике символа**. Задача эта особенно существенна тем, что только при помощи практически безэнтропийной, точно отождествляемой символики человеческое сознание может кодировать свои результаты в таком виде, в каком они могут быть сохранены и адекватно восприняты другим человеческим сознанием и человеческим обществом. Без этого каждое индивидуальное сознание было бы замкнуто в самом себе, без возможности развития, обмена и коллективного мышления – науки.

Автор считает, что вследствие **безэнтропийности символов** они не могут находиться в фазовом  $\mu$ -пространстве, так как в этом

пространстве отсутствует закон тождества; и даже изображения очень похожих символов не могут быть отождествлены друг с другом. Для этого требуется операция, которая, согласно **А.А.Маркову**, может быть названа «*абстракцией отождествления*». Она отвечает отображению символа, находящегося в  $\mu$ -пространстве (например, на листе бумаги), в  $\psi$ -пространстве человеческого сознания, где этот символ, несмотря на многие частные визуальные несходства (особенности почерка, шрифта и т.п.) может быть отождествлен с некоторым стандартом.

Общим принципом такого отождествления является расширение фазовой ячейки в  $\psi$ -пространстве, в результате чего изображающие точки различных похожих, но не тождественных символов оказываются в одной общей ячейке, что достаточно для уничтожения их энтропии, и они оказываются уже неразличимыми, то есть отождествлёнными (в пределах принципа неопределённости). Подобная операция тоже не может быть самопроизвольна, и для этого как в термодинамике мышления, так и в термодинамике символа, которые теснейшим образом связаны друг с другом, необходим **подвод отрицательной энтропии в  $\psi$ -пространство сознания**.

В монографии (гл.9) даётся только алгоритмическое истолкование отрицательной энтропии, но не раскрывается её физическое содержание и её источники, так как автор сейчас не может достаточно полно ответить на эти вопросы. **Однако есть основания для уверенности, что это разрешимый вопрос и что решение его много даст для познания нашего мышления, происхождения жизни, её поддержания, для борьбы со смертью нашей сомы и в первую очередь нашего мозга.**

Термодинамика как решение вопроса о том, что может и что не может произойти с некоторым корпускулярным множеством, это первый и необходимый этап при анализе поведения таких множеств. Эта монография не исчерпывает термодинамики процесса информации и мышления, но думается, она отчётливо ставит эту проблему и доводит её решение до определённых выводов.

Но завершение термодинамического анализа означает всегда лишь начало следующего этапа с многочисленными разветвлениями: кинетикой, катализом, элементарными процессами и т.д.

Это задача будущих исследований, но начало их уже заложено в заключительной главе 10. В ней ставится вопрос: если

атомно-молекулярная материя мозга не может обеспечить мышления, но выполняет для органов только нейрофизиологические функции в форме регуляторной и коммуникационной сети, то какая же форма материи способна к выполнению мыслительных операций, хотя бы упрощённой дологической формы, то есть с малой, но конечной энтропией?

Термодинамика сильно вырожденного газа Ферми даёт ответ: с помощью сверхлёгких фермионных частиц с массой  $\sim 10^{-7} \cdot m_e \div 10^{-4} m_e$ , то есть примерно  $10^{-34} z \div 10^{-31} z$ .

Может быть – *нейтрино*? По массе и по полуцелому спину оно может подойти; но нейтрино практически не взаимодействует с веществом. Однако систематика элементарных частиц [6] допускает существование целого спектра сверхлёгких частиц, общие свойства которых описаны в последней главе. Они обладают сверхмалой плотностью и способны удовлетворять многим нужным условиям, чтобы стать основой **физики мышления**. Их, конечно, не найдёт биохимик или цитолог в нервных клетках, но рано или поздно они должны быть обнаружены, как теперь обнаруживается нейтрино, долгое время бывшее совершенно неуловимым.

Мы живём в нейтринной Вселенной, но было бы неправдоподобно, если бы нейтрино была единственная сверхлёгкая, практически неуловимая частица. Мыслящий человеческий мозг и его сознание – это системы не меньшего ранга (разумеется, не в смысле размеров) по значимости и загадочности, чем галактики. Вполне правомерно, если в этой «субгалактике» встретятся новые частицы, а вместе с ними – тесное соприкосновение механизма мышления с процессами в «вакууме».

Было бы невероятно, если бы там не было ничего, кроме набора элементов средней массы, занимающих в основном верхнюю часть таблицы Д.И. Менделеева, с добавкой некоторых металлов в виде микроэлементов.

Презумпцией для всех идей создания искусственно мыслящего мозга является достаточность для этого существующих материалов; основная задача заключается только в создании нужной схемы.

Вывод их монографии иной: коммуникационная схема сама по себе не может создать механизм, подобный мыслящему мозгу, так как для этого необходимо внести в любую схему особые сверхлёгкие частицы. Возможно ли это? Существует ли для этого



полная алгоритмируемая процедура или же сознание – это явление искусственно неповторимое, и здесь необходим процесс эволюции с заключительным «мутационным взрывом»?

Теперь взглянем на информацию и мышление с другой стороны (со стороны их роли для человека в современном мире) в порядке общего обсуждения проблемы.

На протяжении всей монографии проводилась и аргументировалась мысль, что *информация* – это значительно более низкий уровень мыслительной деятельности, чем *дискурсивная логическая деятельность сознания*. Не думаю, чтобы кто-нибудь стал это оспаривать. Однако сейчас есть тенденция устранить само понятие *мышление*, заменив его *переработкой информации*. Это нарушает естественное разграничение между информацией и разными формами мышления. Например, сортировка аннотированных карточек по алфавиту есть переработка информации, но не мышление, это – работа для машины. Сортировка же их по содержанию (по областям науки, по смыслу выводов и т.п.) – это уже операция сознания, мышление. Нельзя одно заменить другим: информация даёт посылки для суждений, а сознание преобразует их в логические выводы, в вероятные суждения, в гипотезы, нередко – в недоуменные вопросы. Но информация бывает привлекательна сама по себе – здесь уже начинается область личных склонностей и оценок.

В монографии анализ информации и мышления был проведён с чисто научных позиций.

Следующий небольшой заключительный раздел является не анализом информации, а её общим комментарием. Читатель может его опустить – это не повредит книге в целом. Но думается, что такой комментарий может быть полезен для лучшего понимания места информации и мышления в нашей жизни.

Информация и мышление всегда составляли необходимый комплекс человеческой психики, но отношение их весов непрерывно изменялось: в группе предгоминид информация главным образом в виде соматических сигналов, чрезвычайно сильно перевешивала мышление. При появлении *Homo Sapiens* мышление начало теснить информацию, и сама информация стала кардинально меняться, всё более приобретая символический – языковый и графический характер.

Эллинская культура дала невиданный подъём мышления, информация же мало изменилась по своим средствам: непосредственное личное общение, слабый обмен корреспонденцией на небольшие расстояния, и это почти всё. На протяжении около 2,5 – 5 тысячелетий средства обмена информацией остаются почти на постоянном уровне, и только книгопечатание существенно упростило и расширило информационно-мыслительный обмен. Появление прессы дало уже мощный толчок увеличению массы и доступности информации. Последнее столетие (с половины 19 века до нашего времени) принесло изобретение телеграфа, телефона, радио, телевидения, развитие парового, железнодорожного и воздушного транспорта и выдвинуло информацию в число определяющих факторов общественной жизни. Пресса, радио, телевидение стали особой *«державой мира»*. Информация сейчас явно теснит мышление. Наш век, устами Н.Винера, уже прямо получил название *«века связи и информации»*.

Информацию можно оценивать не только в битах, но и более наглядно – в числе средств информации.

Вот статистика на 1964 ÷ 65 гг. [1]: во всём мире на 3,2 млрд. людей приходилось 450 млн. установленных радиоприёмников, не считая портативных транзисторных, 144 млн. телевизоров, 143 млн. телефонов и 180 тыс. киноустановок. Разовый тираж газет составил 245 млн., годовое количество почтовых отправлений 130 млрд., количество телеграмм около 500 млн. На фоне этих огромных цифр годовая книжная продукция в 196 тыс. названий выглядит довольно скромно.

Таким образом, сейчас существует более миллиарда постоянно действующих источников информации. При этом из них только около 15% падает на двустороннюю телефонную связь, остальные источники информации: радио, телевидение, печать – односторонние виды связи. Мы воспринимаем через них информацию, но не в состоянии на неё ответить, мы вынуждены переживать её сами, в лучшем случае поделившись с кем-нибудь, но у нас нет возможности провести диалог (или хотя бы поплодировать артисту на экране телевизора). Эта односторонность информации не может не действовать на психику современного человека, видоизменяя эмоциональные реакции, отучая от диалога, от сосредоточенности и размышления.

Колоссально возросло также производство научной информации. В своей книге [2] М.А.Блох насчитал за 2500 лет (до 1900 года) всего несколько тысяч научных работ, открытий и изобретений в химии и смежных областях. Сейчас по химии выходит в год более 30 тыс. статей, то есть примерно в 10 раз больше, чем за все предшествующие тысячелетия.

Нужно помнить, что информация – это статистическое понятие и по самому своему смыслу не обладает заведомой достоверностью. Поэтому огромный поток информации, который обрушивается на людей, неизбежно противоречив. Часто это не информация, а *дезинформация*.

Так как информация в противоположность суждению может не иметь достаточного основания, то оценить её достоверность путём чисто мыслительного анализа представляется часто практически невозможным. Люди вынуждены доверять или не доверять ей, довольствоваться дилетантскими обсуждениями, мнениями комментаторов, слухами и т.д.

Избыточность вместе с непроверяемостью информации способны превратить её в один из сильных факторов дезорганизации мышления. Это усугубляется лёгкостью производства, распространения и дешёвизной информации, её доступностью и возможностью чисто пассивного восприятия. Отсюда – много людей, которые в свободное время смотрят телевизоры и слушают радио. Сейчас наибольший интерес и распространённость представляет обмен не мыслями, не суждениями, а информацией. Это широкое явление. Но никакие сожаления на эту тему не изменят того, что развитие информации есть неизбежный ход вещей, такое же – как развитие промышленности, автотранспорта, роста городов. Каждый шаг цивилизации несёт свои вредные последствия. Выхлопные газы, радиоактивные осадки, загрязнение водоёмов. Однако это более решаемые задачи, чем те отрицательные эффекты, которые несёт с собой колоссальное нарастание информации. Если можно очистить воду рек, перейти на автотранспорт без выхлопных газов, то пока нет никакого разумного рецепта как-то регулировать информацию, кроме выработки у людей способности к такой саморегуляции. По-видимому, нет опасности того, что информация может просто заполнить клетки головного мозга. Информационная ёмкость 10 млрд точек клеток коры мозга для этого достаточно велика. Здесь вопрос не вместимости, а

переработки информации и затраты на это рабочего времени мозга. Дело также в том, что восприятие и выдача информации значительно легче мышления, она проще, доступнее и часто увлекательнее.

Мышление, творчество, наука, искусство и т.д. – не только потребители отрицательной энтропии, но и в то же время её источники. Информация – один из важнейших факторов, способных избирательно действовать в сторону повышения общей энтропии организма, в том числе мозга и сознания, а это требует расхода отрицательной энтропии для восстановления их нормального состояния.

Информация, конечно, никогда не составит конкуренцию мышлению, идеям при открытии новых путей человечеству в науке, технике, в организации общества.

В этом отношении мышление ничем незаменимо. Но было бы тяжёлым ущербом для человечества, если бы мышление стало привилегией узкой профессиональной группы – некоторой элиты, а масса людей отказалась бы от мыслительной работы и мыслительного обмена ради насыщения (и даже наслаждения) информацией.

Для многих информация – это особый вид «гедонизма», за который человек расплачивается высшими этажами своей психики. Но здесь имеется и другая сторона: на современного человека обрушивается, помимо информации, мощный поток ***положительной биологической энтропии***. Различные болезни, и прежде всего болезни дегенеративного характера, связанные с видоизменением и старением клеток или с потерей ими своей естественной организации и превращение в необузданно размножающиеся биологические образования – всё это различные формы энтропии.

Одним из главных факторов увеличения ***биологической энтропии организма*** являются вирусы, которые разрушают РНК и ДНК клеток, подменяя их. Вирус действует только при проникновении в клетку, причём эти пути многообразны, включая нервную сеть (глазной, тройничный нерв и др.). Патология клеток, в которые проник вирус, варьирует от их временного усиленного, но ограниченного размножения – пролиферации, которая заканчивается выздоровлением или простой гибелью ограниченного числа клеток, до столь сильной дезорганизации клеток, что они уже не поддаются регуляции и начинают неудержимо и неорганизованно размножаться – *аноплазия*, раковое перерождение организма.

В одной из наших работ по кинетике и термодинамике размножения показано, что именно те клетки, в которых возникает повышенная энтропия информации, проявляют склонность к повышенному неорганизованному, практически неудержимому размножению [3].

Поэтому информацию мы должны представлять не только как фактор научный, психологический, общественный, социальный, но и как фактор биологический. Ни в коем случае нельзя сказать, чтобы информация вообще отрицательно действовала на психику и соматическое состояние человека. Человеку неестественно и, вероятно, невозможно, жить без информации. Но должна существовать (с естественными индивидуальными отклонениями) некоторая нормальная «терапевтическая» доза информации, которую каждому небезопасно переступать в отношении психики, а вероятно, и сомы.

Из сказанного во всяком случае не следует делать вывод, что информация является отягощающим бременем для человека. Это – необходимая компонента его жизни. Но поскольку мы научились создавать её искусственно в колоссальных количествах, то нам же следует подумать о рациональной автодозировке этого мощного средства.

### Литература

1. Страны социализма в цифрах, изд.2. – М., Политиздат, 1966.
2. Блох М.А. Хронология важнейших событий в области химии. – М., Госхимиздат, 1940.
3. Кобозев Н.И. «Журнал физической химии», 1962, т.36, с.21, 32.

**Кобозев Николай Иванович.** Исследования в области термодинамики процессов информации и мышления. – Москва, Изд. МГУ, 1971.

*МЫСЛЯЩИЙ ЧЕЛОВЕЧЕСКИЙ МОЗГ И ЕГО СОЗНАНИЕ – ЭТО СИСТЕМЫ НЕ МЕНЬШЕГО РАНГА (РАЗУМЕЕТСЯ, НЕ В СМЫСЛЕ РАЗМЕРОВ) ПО ЗНАЧИМОСТИ И ЗАГАДОЧНОСТИ, ЧЕМ ГАЛАКТИКИ. ВПОЛНЕ ПРАВОМЕРНО, ЕСЛИ В ЭТОЙ «СУБГАЛАКТИКЕ» ВСТРЕТЯТСЯ*

Опубликовано: журнал «Русская Мысль», 1992, № 1



**КОБОЗЕВ, Николай Иванович** (12.05.1903 – 24.02.1974) – советский физико-химик. Родился в Москве. Окончил химическое отделение физико-математического факультета Московского университета (1924). Работал там же, с 1935 г. профессор.

Основные исследования относятся к учению о катализе, электрохимии и термодинамике. Выдвинул (1939) теорию активных ансамблей, согласно кото-

рой ответственной за акт катализа является докристаллическая фаза катализатора – атомные группы, удерживающиеся на поверхности твёрдого тела. Установил случаи катализа посредством пареообразных металлов, высокодисперсных коллоидных металлов и моноатомарных слоёв металла на кварце. Выдвинул (1946) теорию аггравации, или теорию рекуперации энергии, объясняющую активное участие каталитического носителя в качестве энергетической ловушки, которая осуществляет нетепловую (экситонную) подпитку элементарных актов катализа. Предложил катализаторы различных реакций и способы их промотирования. Разработал электротермические и каталитические методы конверсии метана в присутствии воды, позволяющие получать: водород и оксид углерода; ацетилен; ацетальдегид и этиловый спирт. Предложил способ получения азотной кислоты в процессе очистки промышленных газов от оксидов азота.

