**МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА И ПРОДОВОЛЬСТВИЯ САМАРСКОЙ ОБЛАСТИ**

***государственное бюджетное профессиональное образовательное учреждение***

***Самарской области***

***«Сергиевский губернский техникум»***

***(отделение ППКРС)***

Статья по физике: «Нерешённые проблемы современной физики»

Преподаватель: Кортукова М.Е.

Каким будет конец Вселенной?

Разгадка во многом зависит от тёмной энергии, которая остаётся неизвестным членом уравнения.

Тёмная энергия ответственна за ускоряющееся расширение Вселенной, но ее происхождение — тайна, покрытая мраком. Если тёмная энергия постоянна в течение долгого времени, нас, вероятно, ждёт «большое замораживание»: Вселенная продолжит расширяться всё быстрее, и в конечном счёте галактики настолько удалятся друг от друга, что нынешняя пустота космоса покажется детской забавой.

Если тёмная энергия возрастает, расширение станет настолько быстрым, что увеличится пространство не только между галактиками, но и между звёздами, то есть сами галактики будут разорваны; этот вариант называется «большим разрывом».

Ещё один сценарий состоит в том, что тёмная энергия уменьшится и уже не сможет противодействовать силе тяжести, что заставит Вселенную свернуться («большое сжатие»).

Ну а суть в том, что, как бы ни разворачивались события, мы обречены. До этого ещё, впрочем, миллиарды или даже триллионы лет — достаточно, чтобы разобраться в том, как же всё-таки погибнет Вселенная.

Темная материя и энергия

Как бы ученые не пытались объяснить нашу вселенную текущими законами физики, у них ничего не получается. Если учитывать только видимое вещество, то его гравитации не хватит, чтобы удерживать галактики от распада на части. И, дабы объяснить стабильность галактик во вселенной, была введена темная материя гипотетическое вещество, которое не испускает электромагнитного излучения и взаимодействует с привычной материей только с помощью гравитации. Увы, хотя термину «темная материя» уже 90 лет, ее до сих пор не обнаружили, хотя и нашли потенциального [претендента](https://www.iguides.ru/main/other/v_mlechnom_puti_est_dyra_chto_moglo_ee_sozdat/), возможно, полностью состоящего из нее.

Как это обычно бывает, темной материи не хватило, чтобы объяснить все несостыковки текущей физики и наблюдаемых явлений. Поэтому, чтобы объяснить расширение Вселенной с ускорением, была введена еще и темная энергия, являющейся космологической константой — иными словами, неизменной энергетической плотностью, равномерно распределенной по Вселенной. Причем, что самое любопытное, привычное нам вещество занимает по массе всего 4% Вселенной, когда темная материя — 22%, а темная энергия вообще 74%. Казалось бы, при таком распространении мы должны найти ее следы, но, увы, пока что этого не произошло.

Почему время идет только вперед?

Пожалуй, этот вопрос задавали себе многие — ведь так хотелось бы вернуться в прошлое и что-то исправить. Физики пытались объяснить эту «стрелу времени», направленную только вперед, энтропией: грубо говоря, мерой хаоса во вселенной. Все, что мы не делали, приводит к увеличению энтропии: это гласит второй закон термодинамики. Яйцо, будучи целым, имеет низкую энтропию. Разбив его на сковородку, вы ее увеличите. Но, казалось бы, в чем проблема собрать обратно желток и белок в скорлупу и склеить ее? Ведь тем самым можно будет уменьшить энтропию и как бы сделать для яйца «машину времени».

Увы, это не так — в итоге на «сборку» яйца снова вы потратите некоторое количество энергии, а, значит, снова увеличите общую энтропию Вселенной. Казалось бы, вот и ответ на вопрос: раз энтропия и время связаны, и энтропия может только увеличиваться, то время может идти только вперед. Но и тут хватает загвоздок: так, в будущем Вселенная достигнет равновесия и максимума энтропии — она будет полностью однородной и темной, без всяких звезд и галактик. Энтропия в ней навечно станет константой — значит, и время тоже? Ведь в таком мире без разницы, куда оно течет, в итоге все равно ничего не меняется!
С другой стороны, вспомним начало Вселенной из Большого Взрыва, когда энтропия была минимальной, и с тех пор постоянно растет. Возникает вопрос — почему это происходит именно так, а не наоборот? Увы — мы не знаем ответа на этот вопрос. Так что связь времени и энтропии, конечно, интересная, но все равно не отвечает нам на вопрос, почему время идет вперед и только вперед.

Есть ли параллельные вселенные?

Астрофизики предполагают, что на больших масштабах пространство-время плоское, а не искривленное, то есть оно бесконечно. Однако та область, которую мы видим и называем Вселенной, вполне себе конечна и простирается «всего» на 41 млрд световых лет. А, значит, все частицы нашей Вселенной могут комбинироваться хоть и крайне большим (10^10^122 степени), но все же конечным числом. А раз пространство-время бесконечно, то на нем будет бесконечной множество различных вселенных, и раз наша Вселенная конечна, то она будет иметь... бесконечное число своих копий. И бесконечное число копий, где вы позавтракали не йогуртом, а бутербродом с сыром. Но, конечно, это чисто математические выкладки, которые мы никак не можем проверить, так что этот вопрос так и остается вопросом.

 Квантовая гравитация

Несмотря на активные исследования, теория [квантовой гравитации](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D1%82%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D1%8F_%D0%B3%D1%80%D0%B0%D0%B2%D0%B8%D1%82%D0%B0%D1%86%D0%B8%D1%8F) пока не построена. Основная трудность в её построении заключается в том, что две физические теории, которые она пытается связать воедино, — [квантовая механика](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D1%82%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D1%8F_%D0%BC%D0%B5%D1%85%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%B0) и [общая теория относительности](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9E%D0%B1%D1%89%D0%B0%D1%8F_%D1%82%D0%B5%D0%BE%D1%80%D0%B8%D1%8F_%D0%BE%D1%82%D0%BD%D0%BE%D1%81%D0%B8%D1%82%D0%B5%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D0%BE%D1%81%D1%82%D0%B8)(ОТО) — опираются на разные наборы принципов.

Так, квантовая механика формулируется как теория, описывающая временну́ю эволюцию физических систем (например атомов или элементарных частиц) на фоне внешнего [пространства-времени](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D1%80%D0%BE%D1%81%D1%82%D1%80%D0%B0%D0%BD%D1%81%D1%82%D0%B2%D0%BE-%D0%B2%D1%80%D0%B5%D0%BC%D1%8F).

В ОТО внешнего пространства-времени нет — оно само является динамической переменной теории, зависящей от характеристик находящихся в нём *классических*систем.

При переходе к квантовой гравитации, как минимум, нужно заменить системы на квантовые (то есть произвести [квантование](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D1%82%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D0%B5_%28%D1%84%D0%B8%D0%B7%D0%B8%D0%BA%D0%B0%29)). Возникающая связь требует какого-то квантования геометрии самого пространства-времени, причём физический смысл такого квантования абсолютно неясен и сколь-либо успешная непротиворечивая попытка его проведения отсутствует.

Даже попытка провести квантование линеаризованной классической теории гравитации (ОТО) наталкивается на многочисленные технические трудности — квантовая гравитация оказывается [неперенормируемой](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%BD%D0%BE%D1%80%D0%BC%D0%B8%D1%80%D1%83%D0%B5%D0%BC%D0%BE%D1%81%D1%82%D1%8C%22%20%5Ct%20%22_blank) теорией вследствие того, что [гравитационная постоянная](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D1%80%D0%B0%D0%B2%D0%B8%D1%82%D0%B0%D1%86%D0%B8%D0%BE%D0%BD%D0%BD%D0%B0%D1%8F_%D0%BF%D0%BE%D1%81%D1%82%D0%BE%D1%8F%D0%BD%D0%BD%D0%B0%D1%8F) является размерной величиной.

Ситуация усугубляется тем, что прямые [эксперименты](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AD%D0%BA%D1%81%D0%BF%D0%B5%D1%80%D0%B8%D0%BC%D0%B5%D0%BD%D1%82) в области квантовой гравитации, из-за слабости самих гравитационных взаимодействий, недоступны современным технологиям. В связи с этим в поиске правильной формулировки квантовой гравитации приходится пока опираться только на теоретические выкладки.

Бозон Хиггса не имеет абсолютно никакого смысла. Почему же он существует?

Бозон Хиггса объясняет, как все остальные частицы приобретают массу, но в то же время поднимает множество новых вопросов. Например, почему бозон Хиггса взаимодействует со всеми частицами по-разному? Так, t-кварк взаимодействует с ним сильнее, чем электрон, из-за чего масса первого намного выше, чем у второго.

Кроме того, бозон Хиггса — первая элементарная частица с нулевым спином.

«Перед нами совершенно новая область физики элементарных частиц, — говорит учёный [Ричард Руис](http://home.fnal.gov/~rruiz/) — Мы понятия не имеем, какова её природа».

Излучение Хокинга

Производят ли чёрные дыры тепловое излучение, как это предсказывает теория? Содержит ли это излучение информацию об их внутренней структуре или нет, как следует из оригинального расчета Хокинга?

[Излучением Хокинга](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%98%D0%B7%D0%BB%D1%83%D1%87%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5_%D0%A5%D0%BE%D0%BA%D0%B8%D0%BD%D0%B3%D0%B0) называют гипотетический процесс испускания разнообразных элементарных частиц, преимущественно фотонов, чёрной дырой. Температуры известных астрономам чёрных дыр слишком малы, чтобы излучение Хокинга от них можно было бы зафиксировать — массы дыр слишком велики. Поэтому до сих пор эффект не подтверждён наблюдениями.

Согласно [ОТО](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9E%D0%A2%D0%9E), при образовании Вселенной могли бы рождаться первичные чёрные дыры, некоторые из которых (с начальной массой 1012 кг) должны были бы заканчивать испаряться в наше время. Так как интенсивность испарения растёт с уменьшением размера чёрной дыры, то последние стадии должны быть по сути взрывом чёрной дыры. Пока таких взрывов зарегистрировано не было.

Почему Вселенная сбалансирована таким образом, что жизнь может существовать?

Если бы Вселенную сотворил не Бог, а слепой случай, нас просто не было бы. В этом высказывании есть доля истины. Действительно, галактики, звёзды, планеты, люди возможны только во Вселенной, которая первое время расширялась со строго определённой скоростью.

За расширение отвечает центробежное давление тёмной энергии, которое противостоит направленной внутрь силе тяготения, определяемой массой Вселенной, основную долю коей составляет нечто невидимое, названное тёмной материей.

Если бы соотношение этих сил было иным (если бы толчок тёмной энергии вскоре после рождения Вселенной оказался чуть более сильным) — пространство расширялось бы слишком быстро, и ни галактики, ни звёзды просто не смогли бы образоваться. Если бы тёмная энергия давила чуть слабее, Вселенная вновь свернулась бы.

Так почему же, спрашивает [Эрик Рамберг](http://detectors.fnal.gov/) из Национальной ускорительной лаборатории им. Энрико Ферми, они настолько хорошо уравновешены, что возникла та Вселенная, в которой мы живём?

«Нам неизвестна фундаментальная причина этого баланса, — подчёркивает специалист. — Нет сомнений, что количество тёмной энергии во Вселенной — наиболее точно настроенный показатель во всей физике».

Размерность пространства-времени

Существуют ли в природе дополнительные измерения пространства-времени, кроме известных нам четырёх? Если да, то каково их количество?

На сегодняшний день множество ученых физиков-теоретиков по всему миру исследуют вопрос многомерности пространства. В середине 1990-х [Эдвард Виттен](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D0%B8%D1%82%D1%82%D0%B5%D0%BD%2C_%D0%AD%D0%B4%D0%B2%D0%B0%D1%80%D0%B4) и другие физики-теоретики обнаружили веские доказательства того, что различные [суперструнные теории](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D0%B5%D0%BE%D1%80%D0%B8%D1%8F_%D1%81%D1%83%D0%BF%D0%B5%D1%80%D1%81%D1%82%D1%80%D1%83%D0%BD%22%20%5Ct%20%22_blank) представляют собой различные предельные случаи неразработанной пока 11-мерной М-теории.

А что, если и в самом деле мы воспринимаем всего 3 из 11 существующих измерений ([M-теория](http://ru.wikipedia.org/wiki/M-%D1%82%D0%B5%D0%BE%D1%80%D0%B8%D1%8F))? В таком случае мы просто обречены на поедание крошек со стола космологии. Однако, всегда есть возможность описать то, что мы не можем воспринять непосредственно, с помощью математики.

Например, [четвёртое измерение](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A7%D0%B5%D1%82%D0%B2%D1%91%D1%80%D1%82%D0%BE%D0%B5_%D0%B8%D0%B7%D0%BC%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5) можно попытаться представить исходя из логики, что три воспринимаемых нами измерения являются относительно четвёртого тем же, что и два измерения плоскости относительно объемного восприятия.

Откуда берутся астрофизические нейтрино?

Теория предсказывает, что чрезвычайно высокоэнергетические нейтрино порождаются столкновениями быстрых заряженных частиц (космических лучей) с частицами света (фотонами) в космическом микроволновом фоновом излучении, которым пронизана вся Вселенная.

Но что приводит этот процесс в движение и как космические лучи ускоряются — неизвестно. Ведущая гипотеза, у которой нет никаких доказательств, состоит в том, что начало космическим лучам даёт вещество, попадающее в голодные сверхмассивные чёрные дыры в центрах галактик.

Возможно, получившиеся в результате нейтрино летят настолько быстро, что у каждой крошки столько же энергии, сколько в бейсбольном мяче, хотя в последнем миллиарды миллиардов атомов. «

Мы ничего не знаем об их природе, — говорит [Абигейл Вирегг](https://www.cfa.harvard.edu/~avieregg/) из Института космологической физики им. Кавли Чикагского университета — Вот когда узнаем, тогда и наведём справки об источниках, которые разгоняют эти частицы до чрезвычайно высоких энергий».

Мультивселенная

Существуют ли физические причины существования других вселенных, которые принципиально ненаблюдаемы?

Различные гипотезы о существовании мультивселенной высказывались специалистами по космологии и астрономии, физиками, философами, фантастами.

Термин «мультивселенная» был создан в 1895 году философом и психологом [Уильямом Джеймсом](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%94%D0%B6%D0%B5%D0%BC%D1%81%2C_%D0%A3%D0%B8%D0%BB%D1%8C%D1%8F%D0%BC) и популяризирован писателем-фантастом [Майклом Муркоком](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D1%83%D1%80%D0%BA%D0%BE%D0%BA%2C_%D0%9C%D0%B0%D0%B9%D0%BA%D0%BB). Часто используются также такие термины, как «альтернативные вселенные», «альтернативные реальности», «параллельные вселенные» или «параллельные миры».

Возможность существования мультивселенной порождает различные научные, философские и теологические вопросы. Данная идея активно используется, например, в [теории струн](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D0%B5%D0%BE%D1%80%D0%B8%D1%8F_%D1%81%D1%82%D1%80%D1%83%D0%BD). Предположение о существовании мультивселенной используется также в многомировой интерпретации [квантовой механики](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D1%82%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D1%8F_%D0%BC%D0%B5%D1%85%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%B0).

Почему случилось так, что Вселенная состоит из материи, а не антиматерии?

Антиматерия — та же материя: она обладает точно такими же свойствами, как вещество, из которого состоят планеты, звёзды, галактики.

Отличие только одно — заряд. Согласно современным представлениям, в новорождённой Вселенной того и другого было поровну. Вскоре после Большого взрыва материя и антиматерия аннигилировали (прореагировали с взаимным уничтожением и возникновением других частиц друг друга).

Спрашивается, как так вышло, что некоторое количество материи всё-таки осталось? Почему именно материя добилась успеха, а антивещество проиграло «перетягивание каната»?

Чтобы объяснить это неравенство, учёные усердно ищут примеры нарушения CP-инвариантности, то есть процессов, при которых частицы предпочитают распадаться с образованием материи, но не антиматерии.

Почему материи больше, чем антиматерии?

След первого обнаруженного позитрона в пузырьковой камере.

В привычном нам мире электрон заряжен отрицательно, а протон положительно. А может ли быть наоборот? Вполне: последние 50 лет ученые создают антипротоны и позитроны (антиэлектроны), которые отличаются от своих «нормальных» братьев только зарядом и барионным числом (то есть позитрон заряжен положительно).При столкновении частицы с античастицей они аннигилируют, производят огромное количество энергии.

Но отсюда возникает вполне логичный вопрос: если материя и антиматерия максимально схожи, то после Большого Взрыва их должно было оказаться поровну. Разумеется, они бы аннигилировали полностью, и вселенная была бы пуста (ну, почти пуста — остались бы одни фотоны). А раз мы существуем, значит, материи в итоге было образовано больше, чем антиматерии. Почему? Никто не знает.

Мы живем в ложном вакууме?

Что мы подразумеваем под вакуумом? Отсутствие чего-либо в данной точке пространства. Ну хорошо, мы можем освободить от частиц небольшой объем (хотя сделать это в случае с нейтрино, которые практически не взаимодействуют с веществом, будет, мягко говоря, трудновато). Остаются еще различные излучения и поля — ладно, попробуем избавиться и от них. А вот это уже не получится — есть и темная энергия, и поле Хиггса, и различные квантовые флуктуации. То есть, получается, вакуум, который мы можем создать, все-таки имеет какую-то отличную от нуля энергию, поэтому он и называется ложным.

Отсюда возникает вполне логичный вопрос — раз наш вакуум ложный, то может где-то есть истинный, с нулевой энергией? Или хотя ты чуть менее ложный, где энергия вакуума чуть ниже? Вполне может быть, и отсюда приходит «белый пушной зверек».

Частицы имеют одно интересное свойство — возможность туннелировать сквозь вещество, не обращая на него внимание, в значение с другой энергией. Что произойдет, когда хотя бы одна частица переместится в значение с меньшей энергией вакуума, чем в окружающей нас вселенной? Правильно, она потянет за собой все другие, и, в конечном счете, всю вселенную. Чем это грозит нам? Да тем, что мы просто перестанем существовать: ведь все, что мы видим, и все, из чего мы состоим, подчиняется определенным законам физики с определенными константами. «Перескок» в область, где энергия ложного вакуума ниже, чем у нас, изменит и законы, и константы. Да, вселенная от этого существовать не перестанет, она просто изменится. Но вот не факт, что мы останемся жить.

Конечно, все написанное выше выглядит страшилкой на ночь — да, собственно, ей и является. По расчетам Хокинга, дабы хотя бы одна частица туннелировала в состояние с другим ложным вакуумом, требуется энергия порядка 100 миллионов ТэВ — это в 10 миллионов раз больше, чем может дать Большой Адронный Коллайдер. Такие значения энергий не встречаются даже в сверхмассивных звездах, так что можете быть спокойны — с крайне высокой вероятностью наша вселенная никуда не денется. Но все же может, если теория ложного вакуума верна.

Есть ли порядок в водовороте хаоса?

Школьный пример — зная состояние воды в левой трубке, его можно вычислить для правой.
Отличным примером того, что даже в школьном курсе физики есть задачи тысячелетия, за решения которых предлагают миллион долларов, являются уравнения Навье-Стокса. По сути это система дифференциальных уравнений, которая описывает движение вязкой ньютоновской жидкости. Проблема в том, что нахождение общего решения в случае пространственного потока усложняется тем, что оно нелинейно и сильно зависит от начальных и граничных условий. И хотя в частных случаях решения есть (думаю, все в школе решали задачки по нахождению скорости потока воды в трубах разного диаметра), мы даже не знаем, есть ли оно в общем случае — а ведь это важно даже для таких, казалось бы, банальных вещей, как правильный прогноз погоды.

И это далеко не все проблемы, с которыми сталкивается современная физика, и чем больше мы в них углубляемся, тем больше понимаем, что все наши знания, накопленные за столетия и даже тысячелетия, или не верны, или крайне поверхностны. Но это не повод опускать руки — наоборот, это шанс узнать больше об окружающем нас мире и пустить эти знания нам же на благо.

Теория всего

Существует ли теория, которая объясняет значения всех фундаментальных физических констант? Существует ли теория, которая объясняет, почему законы физики таковы, как они есть?

Теория всего— гипотетическая объединённая физико-математическая теория, описывающая все известные фундаментальные взаимодействия.

Первоначально данный термин использовался в ироническом ключе для обозначения разнообразных обобщённых теорий. Со временем термин закрепился в популяризациях [квантовой физики](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D1%82%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D1%8F_%D1%84%D0%B8%D0%B7%D0%B8%D0%BA%D0%B0) для обозначения теории, которая бы объединила все четыре фундаментальные взаимодействия в природе.

В течение двадцатого века было предложено множество «теорий всего», но ни одна из них не смогла пройти экспериментальную проверку, или существуют значительные затруднения в организации экспериментальной проверки для некоторых из кандидатов.

Бонус: Шаровая молния

Какова природа этого явления? Является ли шаровая молния самостоятельным объектом или подпитывается энергией извне? Все ли шаровые молнии имеют одну и ту же природу или существуют разные их типы?

Шаровая молния — светящийся плавающий в воздухе огненный шар, уникально редкое природное явление.

Единой физической теории возникновения и протекания этого явления к настоящему времени не представлено, также существуют научные теории, которые сводят феномен к галлюцинациям.

Существуют около 400 теорий, объясняющих явление, но ни одна из них не получила абсолютного признания в академической среде. В лабораторных условиях похожие, но кратковременные явления удалось получить несколькими разными способами, так что вопрос о природе шаровой молнии остаётся открытым. По состоянию на конец XX века не было создано ни одного опытного стенда, на котором это природное явление искусственно воспроизводилось бы в соответствии с описаниями очевидцев шаровой молнии.

Широко распространено мнение, что шаровая молния — явление электрического происхождения, естественной природы, то есть представляет собой особого вида молнию, существующую продолжительное время и имеющую форму шара, способного перемещаться по непредсказуемой, иногда удивительной для очевидцев траектории.

Традиционно достоверность многих свидетельств очевидцев шаровой молнии остаётся под сомнением, в том числе:

сам факт наблюдения хоть какого-то явления;

факт наблюдения именно шаровой молнии, а не какого-то другого явления;

отдельные подробности явления, приводимые в свидетельстве очевидца.

Сомнения в достоверности многих свидетельств осложняют изучение явления, а также создают почву для появления разных спекулятивно-сенсационных материалов, якобы связанных с этим явлением.

Литература

1. Фрауэнфельдер Г., Хенли Э. Субатомная физика. — М.: Мир, 1979. — 736 с.
2. Фейнман Р. Ф. Квантовая механика и интегралы по траекториям. — М.: Мир, 1968. — 380 с.
3. Жарков В. Н. Внутреннее строение Земли и планет. — М.: Наука, 1978. — 192 с.
4. Мендельсон К. Физика низких температур. — М.: ИЛ, 1963. — 230 с.
5. [Блюменфельд Л.А.](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%91%D0%BB%D1%8E%D0%BC%D0%B5%D0%BD%D1%84%D0%B5%D0%BB%D1%8C%D0%B4%2C_%D0%9B%D0%B5%D0%B2_%D0%90%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%81%D0%B0%D0%BD%D0%B4%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%B8%D1%87) Проблемы биологической физики. — М.: Наука, 1974. — 335 с.
6. Кресин В.З. Сверхпроводимость и сверхтекучесть. — М.: Наука, 1978. — 192 с.
7. Зигель Ф.Ю. Путешествие по недрам планет. — М.: Недра, 1988. — 220 с.
8. [Пенроуз Р.](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%B5%D0%BD%D1%80%D0%BE%D1%83%D0%B7%2C_%D0%A0%D0%BE%D0%B4%D0%B6%D0%B5%D1%80) [Новый ум короля: о компьютерах, мышлении и законах физики](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9D%D0%BE%D0%B2%D1%8B%D0%B9_%D1%83%D0%BC_%D0%BA%D0%BE%D1%80%D0%BE%D0%BB%D1%8F). — М.: Едиториал УРСС, 2003. — 384 с. — [ISBN 5-354-00005-X](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%BB%D1%83%D0%B6%D0%B5%D0%B1%D0%BD%D0%B0%D1%8F%3A%D0%98%D1%81%D1%82%D0%BE%D1%87%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%B8_%D0%BA%D0%BD%D0%B8%D0%B3/535400005X).
9. [Смородинский Я.А.](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%BC%D0%BE%D1%80%D0%BE%D0%B4%D0%B8%D0%BD%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B9%2C_%D0%AF%D0%BA%D0%BE%D0%B2_%D0%90%D0%B1%D1%80%D0%B0%D0%BC%D0%BE%D0%B2%D0%B8%D1%87) [Температура](http://www.math.ru/lib/book/djvu/bib-kvant/temperature.djvu). — М.: Наука, 1981. — 160 с.
10. Чернин А.Д. [Звезды и физика](http://www.math.ru/lib/files/djvu/bib-kvant/kvant_38.djvu). — М.: Наука, 1984. — 160 с.
11. [Тябликов С.В.](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D1%8F%D0%B1%D0%BB%D0%B8%D0%BA%D0%BE%D0%B2%2C_%D0%A1%D0%B5%D1%80%D0%B3%D0%B5%D0%B9_%D0%92%D0%BB%D0%B0%D0%B4%D0%B8%D0%BC%D0%B8%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%B8%D1%87) Методы квантовой теории магнетизма. — М.: Наука, 1965. — 334 с.
12. [Боголюбов Н.Н.](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%91%D0%BE%D0%B3%D0%BE%D0%BB%D1%8E%D0%B1%D0%BE%D0%B2%2C_%D0%9D%D0%B8%D0%BA%D0%BE%D0%BB%D0%B0%D0%B9_%D0%9D%D0%B8%D0%BA%D0%BE%D0%BB%D0%B0%D0%B5%D0%B2%D0%B8%D1%87), [Логунов А.А.](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9B%D0%BE%D0%B3%D1%83%D0%BD%D0%BE%D0%B2%2C_%D0%90%D0%BD%D0%B0%D1%82%D0%BE%D0%BB%D0%B8%D0%B9_%D0%90%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%81%D0%B5%D0%B5%D0%B2%D0%B8%D1%87), [Тодоров И. Т.](https://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=%D0%A2%D0%BE%D0%B4%D0%BE%D1%80%D0%BE%D0%B2,_%D0%98%D0%B2%D0%B0%D0%BD_%D0%A2%D0%BE%D0%B4%D0%BE%D1%80%D0%BE%D0%B2&action=edit&redlink=1) Основы аксиоматического подхода в квантовой теории поля. — М.: Наука, 1969. — 424 с.
13. Кейн Г. Современная физика элементарных частиц. — М.: Мир, 1990. — 360 с. — [ISBN 5-03-001591-4](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%BB%D1%83%D0%B6%D0%B5%D0%B1%D0%BD%D0%B0%D1%8F%3A%D0%98%D1%81%D1%82%D0%BE%D1%87%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%B8_%D0%BA%D0%BD%D0%B8%D0%B3/5030015914).
14. [Смородинский Я. А.](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%BC%D0%BE%D1%80%D0%BE%D0%B4%D0%B8%D0%BD%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B9%2C_%D0%AF%D0%BA%D0%BE%D0%B2_%D0%90%D0%B1%D1%80%D0%B0%D0%BC%D0%BE%D0%B2%D0%B8%D1%87) Температура. — М.: ТЕРРА-Книжный клуб, 2008. — 224 с. — [ISBN 978-5-275-01737-3](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%BB%D1%83%D0%B6%D0%B5%D0%B1%D0%BD%D0%B0%D1%8F%3A%D0%98%D1%81%D1%82%D0%BE%D1%87%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%B8_%D0%BA%D0%BD%D0%B8%D0%B3/9785275017373).
15. [Широков Ю. М.](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A8%D0%B8%D1%80%D0%BE%D0%BA%D0%BE%D0%B2%2C_%D0%AE%D1%80%D0%B8%D0%B9_%D0%9C%D0%B8%D1%85%D0%B0%D0%B9%D0%BB%D0%BE%D0%B2%D0%B8%D1%87), [Юдин Н. П.](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AE%D0%B4%D0%B8%D0%BD%2C_%D0%9D%D0%B8%D0%BA%D0%BE%D0%BB%D0%B0%D0%B9_%D0%9F%D1%80%D0%BE%D0%BA%D0%BE%D1%84%D1%8C%D0%B5%D0%B2%D0%B8%D1%87) Ядерная физика. — М.: Наука, 1972. — 670 с.
16. [Садовский М. В.](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%B0%D0%B4%D0%BE%D0%B2%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B9%2C_%D0%9C%D0%B8%D1%85%D0%B0%D0%B8%D0%BB_%D0%92%D0%B8%D1%81%D1%81%D0%B0%D1%80%D0%B8%D0%BE%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%B8%D1%87) Лекции по квантовой теории поля. — М.: ИКИ, 2003. — 480 с.
17. [Румер Ю. Б.](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A0%D1%83%D0%BC%D0%B5%D1%80%2C_%D0%AE%D1%80%D0%B8%D0%B9_%D0%91%D0%BE%D1%80%D0%B8%D1%81%D0%BE%D0%B2%D0%B8%D1%87), [Фет А. И.](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A4%D0%B5%D1%82%2C_%D0%90%D0%B1%D1%80%D0%B0%D0%BC_%D0%98%D0%BB%D1%8C%D0%B8%D1%87) Теория групп и квантованные поля. — М.: Либроком, 2010. — 248 с. — [ISBN 978-5-397-01392-5](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%BB%D1%83%D0%B6%D0%B5%D0%B1%D0%BD%D0%B0%D1%8F%3A%D0%98%D1%81%D1%82%D0%BE%D1%87%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%B8_%D0%BA%D0%BD%D0%B8%D0%B3/9785397013925).
18. [Новиков И.Д.](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9D%D0%BE%D0%B2%D0%B8%D0%BA%D0%BE%D0%B2%2C_%D0%98%D0%B3%D0%BE%D1%80%D1%8C_%D0%94%D0%BC%D0%B8%D1%82%D1%80%D0%B8%D0%B5%D0%B2%D0%B8%D1%87), [Фролов В.П.](https://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=%D0%A4%D1%80%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B2,_%D0%92%D0%B0%D0%BB%D0%B5%D1%80%D0%B8%D0%B9_%D0%9F%D0%B0%D0%B2%D0%BB%D0%BE%D0%B2%D0%B8%D1%87&action=edit&redlink=1) Физика черных дыр. — М.: Наука, 1986. — 328 с.
19. Рез И. С., Поплавко Ю. М. Диэлектрики. Основные свойства и применения в электронике. — М.: Радио и связь, 1989. — 288 с. — [ISBN 5-256-00235-X](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%BB%D1%83%D0%B6%D0%B5%D0%B1%D0%BD%D0%B0%D1%8F%3A%D0%98%D1%81%D1%82%D0%BE%D1%87%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%B8_%D0%BA%D0%BD%D0%B8%D0%B3/525600235X).
20. Паттерман С. Гидродинамика сверхтекучей жидкости. — М.: Мир, 1978. — 520 с.
21. [Вальтер Е. Тирринг](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D0%B8%D1%80%D1%80%D0%B8%D0%BD%D0%B3%2C_%D0%92%D0%B0%D0%BB%D1%8C%D1%82%D0%B5%D1%80). Принципы квантовой электродинамики. — М.: Высшая школа, 1964. — 225 с.