

К ОБСУЖДЕНИЮ

УДК 621.311

К ВОПРОСУ О СОВРЕМЕННОЙ ТРАКТОВКЕ СМЫСЛА ПОНЯТИЯ «ЭНЕРГИЯ» И ЕЕ СВОЙСТВ

О.С. Сироткин, Р.О. Сироткин

Казанский государственный энергетический университет
rsir@mail.ru

Резюме: *ЦЕЛЬ.* В рамках четвертого интегрально-дифференциального этапа развития научного знания, современной трактовки материи как совокупности массовой и энергетической составляющих, парадигмы ее многоуровневой организации (поля, вещества, материальные тела и мегамириальные системы), особенностей «корпускулярно-волнового дуализма», поставлена задача конкретизировать материальную сущность понятия «энергия». *МЕТОДЫ.* Метод решения поставленной задачи заключается в установлении причинно-следственной связи между характеристическими свойствами «энергии» и их носителем в виде конкретной разновидности материи. Проведен литературный обзор эволюции понятия «энергия». *РЕЗУЛЬТАТЫ.* Определены отличительные характеристики «энергии» от дискретных форм материи: наличие у нее волновых свойств, разница в силе и протяженности энергетических континуумов гравитационной, электрической, химической, ядерной, тепловой и других видов энергии и способности осуществлять различные по силе («энергии») воздействия на дискретные материальные объекты и работу. Энергия обеспечивает способность к обменному взаимодействию и связыванию различными типами связи атомов, химических веществ, клеток, материальных тел и т.д. Энергия в совокупности с дискретными разновидностями материальных объектов определяет формы движения (физическая, химическая, биологическая, механическая и т.д.), взаимодействия и превращения материи, включая переход от одних ее разновидностей в другие. Уточнен смысл химической, электрической, тепловой и других видов энергии. *ЗАКЛЮЧЕНИЕ.* Показано, что энергия – это не просто свойство материи, а объективная реальность существования непрерывных пространственных форм её структурной организации (энергетический материальный континуум) в виде открытых и закрытых (внутри дискретных разновидностей материи) полей.

Ключевые слова: материя; энергия; масса; поле; вещество; материальное тело; энергетический континуум.

Для цитирования: Сироткин О.С., Сироткин Р.О. К вопросу о современной трактовке смысла понятия «энергия» и ее свойств // Известия высших учебных заведений. ПРОБЛЕМЫ ЭНЕРГЕТИКИ. ПРОБЛЕМЫ ЭНЕРГЕТИКИ. 2022. Т. 24. № 1. С. 186-202.

ON THE ISSUE OF THE MODERN INTERPRETATION OF THE MEANING OF THE CONCEPT OF «ENERGY» AND ITS PROPERTIES

OS. Sirotkin, RO. Sirotkin

Kazan State Power Engineering University
rsir@mail.ru

Abstract: *THE PURPOSE.* Within the framework of the fourth integral-differential stage of scientific knowledge development, the modern interpretation of matter as a set of mass and energy components, the paradigm of its multilevel organization (fields, substances, material bodies and megamaterial systems) and the features of «particle-wave dualism», an attempt was made to concretize the material essence of energy. *METHODS.* The method of solving the problem was to establish a causal relationship between the characteristic properties of «energy» and their carrier

in the form of a specific kind of matter. A review of literature data on the evolution of understanding the concept of «energy» was carried out. **RESULTS.** The distinctive characteristics of energy from discrete forms of matter were determined. These are wave properties, the difference in the strength and extent of the energy continuums of gravitational, electrical, electromagnetic, chemical, nuclear, thermal and other types of energy, and the ability to have various in strength («energy») effects on discrete material objects and work in general. This provides the ability to bind the latter (by various types of bonds) as elements of objects in the form of individual atoms, chemicals (including molecular ones), cells, material bodies, etc. It was also shown that energy in combination with discrete varieties of material objects determines the forms of motion (physical, chemical, biological, mechanical, etc.), interactions and transformations of matter, including the transition from one of its varieties to the others (for example, chemical to thermal). The meaning of chemical, electrical, thermal and other types of energy was clarified. **CONCLUSION.** Thus, it was shown that energy is not just a property of matter, but an objective reality of the existence of continuous spatial forms of matter structural organization (energy material continuum) in the form of open and closed (within discrete varieties of matter) fields.

Keywords: matter; energy; mass; field; substance; material body; energy continuum.

For citation: Sirotkin OS, Sirotkin RO. On the issue of the modern interpretation of the meaning of the concept of «energy» and its properties. *Power engineering: research, equipment, technology.* 2022; 24 (1): 186-202.

«Прежде чем начать обсуждение,
нужно договориться о понятиях»

Аристотель

«Хорошо поставить вопрос,
значит наполовину решить его»

Д.И. Менделеев

«Есть мнение, что мы отстали от прошлого»

Академик РАН А.М. Матвиенко

Введение

Кризис в эволюции научного знания XXI века сегодня становится все более очевидным. Это связано с наличием сегодня двух основных глобальных проблем в развитии научного знания. *Первая:* особую остроту в науке, образовании и естествознании в целом приобрели проблемы раздробленности научного знания и выработки единого универсального взгляда на устройство Мироздания, а также выяснения фундаментальных причин многообразия явлений и объектов окружающего нас мира Земли и Мироздания в целом. При этом все больше в ущерб развитию фундаментальных основ научного знания преобладают тенденции перекося в сторону решения прикладных эмпирических задач. Следствием этого является *вторая проблема:* все более назревающее противоречие между накапливающейся отдельной эмпирической информацией («разбросанной» в около 17000 различных научных дисциплинах) и значительной частью традиционных, но устаревающих научных парадигм [1-4]. То есть знание сегодня раздроблено, как дерево на отдельные веточки, а вот корней и единого объединяющего их ствола не видно. Затормозился прогресс и в развитии современных научных подходов к изучению материи, ее разновидностей, строения Мироздания в целом, в том числе и ввиду бесполезных попыток уравнивать научно-материалистические подходы с мифологией и религией (например, в теологии) [3-5]. В результате, уровень естественнонаучного образования сегодня настолько деградировал, что наши студенты и преподаватели не могут грамотно с современных позиций дать определения даже основным базовым фундаментальным научным понятиям. Они уже не помнят и вряд ли смогут раскрыть современный смысл таких понятий как «материя», «вещество» (и его разновидностей), «поле», «атом», «молекула», «энергия» и т. д. Поэтому сегодня пора не только разобраться в сути давно устаревших догм и парадигм, но и в сути современного смысла этих базовых научных понятий. Это и должно стать основой современного воспитания наших школьников и студентов в противовес «современным идеалистам» и агностикам, по сути, обслуживающих определенную часть олигархов, в их попытках превратить нашу молодежь в грамотных производителей услуг и навыков или «квалифицированных потребителей». То есть, в роботоподобного «человека» -

ремесленника, владеющего лишь необходимыми для конкретной работы узкими профессиональными компетенциями, а не в «человека - творца», опирающегося на системное фундаментальное образование, к чему стремились в Советской школе [3, 4]. Поэтому наступила пора восстанавливать и далее совершенствовать основы естественнонаучных знаний, в том числе, базовых научных понятий.

Литературный обзор

«Энергия» является важнейшим естественным и фундаментальным понятием, раскрывающим, совместно с «массой», смысл и особенности характеристик главной объективной научной реальности – *материи*. Для вузов энергетического профиля понятие «энергия» имеет особое значение, так как определяет специфику объекта изучения, применения и управления электрической и тепловой энергетики в жизнеобеспечении человечества. Однако смысл ее традиционных определений тоже уже нуждается в уточнении и в эволюционном материалистическом развитии. Термин «энергия» происходит от греческого слова *ἐνέργεια*, которое впервые появилось в работах древних материалистов, включая Аристотеля, и обозначало *действие* или *действительность*. Термин «*действительность*» уже тогда подчеркивал объективность реального существования энергии. Исторически [2-9] вначале вместо термина «энергия» употреблялся термин «живая сила», введенный по разным источникам И. Ньютоном или Г. Лейбницем. В 1667 году И. Бехером был введен термин флогистон (горючий, воспламеняемый) как гипотетическая «сверхтонкая материя», якобы наполняющая все горючие вещества и высвобождающаяся при горении. В 1783 году А. Лавуазье ввел понятие «теплород», под которым понимали невесомый флюид, объективно присутствующий в каждом материальном объекте. Фактически эти два ученых впервые, вслед за Аристотелем, попытались «материализовать» энергию, как объективную реальность. Однако М.В. Ломоносов, Р. Бэкон и др. опровергли этот взгляд, а природу возникновения «теплоты» (без определения носителя энергии) связали с движением внутренних частей (элементов) тел, которые Михайло Васильевич назвал корпускулами (молекулами). При этом не был дан ответ на вопрос, а как связана величина этой «теплоты» с разницей в природе материальных тел и что же такое все-таки «теплота»? В 1798 году Б.Томсон обнаружил, что при сверлении каналов орудийных стволов выделяется большое количество теплоты, что после дополнительных опытов Г.Дэви подтвердило вывод о том, что *причина появления «теплоты»* (но не энергии в целом) заключается в движении. То есть был показан один из вариантов получения теплоты (трением), но не был дан ответ на вопрос какова ее материальная сущность или природа этого явления и формы проявления в различных материальных объектах. Сегодня этот эффект объяснен в рамках «механохимии», через выделение тепловой энергии при разрыве химических связей под действием механического воздействия. То есть, по сути, речь шла только о тепловой энергии и горении. Причем реально были вскрыты лишь причины выделения теплоты (при повышении движения элементов тел, например, вследствие трения), без признания наличия в них «внутренней энергии» Г. Гельмгольца (или энергии связи элементов в спокойном состоянии), который ввел этот термин вместо понятия «теплород», развивая идеи И. Бехера и А. Лавуазье. Сам же термин «энергия» вместо понятия «живая сила» был введен в 1807 году английским физиком Томасом Юнгом. В науку термин «энергия» в современном его смысле ввел Уильям Томсон в 1860 году. Особенности свойств этого явления, как «закона сохранения и превращения энергии», было введено в научное обращение Ф. Энгельсом, что позволило все виды энергии измерять в одних единицах. В качестве такой единицы принят джоуль ($1 \text{ Дж} = 1 \text{ Н} \cdot \text{м} = 1 \text{ кг} \cdot \text{м}^2 / \text{с}^2$). В своих лекциях по физике, прочитанных в 1961-1963 годах в Калифорнийском технологическом университете, известный американский физик Р. Фейнман отмечал [1], что в рамках закона сохранения энергии «существует определенная величина, называемая *энергией*, которая не меняется ни при каких превращениях, происходящих в природе». А точнее, по нашему мнению, «не теряется и не исчезает». И «само это утверждение весьма и весьма отвлеченно; это по существу математический принцип...» «Важно понимать, что *физике сегодняшнего дня неизвестно, что такое энергия*». В 2001 году И.В. Плачков и др. (Украина) отвечая на вопрос, что представляет собой понятие «энергия», отмечал, что «по большому счету понятие *энергии*, *идея энергии искусственны* и созданы специально для того, чтобы быть результатом наших размышлений об окружающем мире». Далее они утверждают, «что в отличие от *материи*, о которой мы можем сказать, что она существует, *энергия – это плод мысли человека*, его «изобретение», построенное так, чтобы была возможность описать различные изменения в окружающем мире ...». Вряд ли с этим можно согласиться, так как это противоречит не только материалистическим идеям Аристотеля, И.

Бехера, А. Лавуазье Г. Гельмгольца и др. Ведь *энергия*, по мнению авторов настоящей статьи, это объективная материальная реальность, так как она давно и широко используется человечеством для решения проблем своего жизнеобеспечения (тепло, электричество, производство материалов и т.д.). Поэтому пора, наконец, попытаться разобраться, что такое энергия, по сути, и в какой материальной форме она существует в Мироздании. Ведь отсутствие материалистического понимания энергии как объективной реальности, объективно затрудняет возможности создания и развития новых эффективных технологий ее получения и применения на практике в рамках решения проблем энергетики в целом [1-33].

Цель настоящей работы – рассмотрение и уточнение современного материалистического смысла понятия «энергия», ее характеристик и свойств в рамках современных эволюционных взглядов на организацию материи как важнейшего естественнонаучного понятия и объекта исследования в энергетике и естествознании в целом.

Материалы и методы

Решение поставленной задачи опирается на использование универсальной *методологической системы* следующих логически и строго связанных, вытекающих друг из друга базовых естественнонаучных понятий, определяющих возможность изучения фундаментальных особенностей любых дискретных разновидностей *материальных объектов* (веществ и материальных тел): *состав и разновидность энергии связи элементов* их составляющих – *структура (строение)* – *свойство*. Метод решения поставленной задачи заключается в установлении причинно-следственной связи между характеристическими свойствами «энергии» и их носителем в виде конкретной разновидности материи. При этом в рамках современной парадигмы многоуровневой организации материи [4] для более точного понимания различий в объектах, составляющих Мироздание, сегодня необходимо различать четыре основных структурных уровня организации материи, составляющих систему Мироздания [2-5]. К ним относят *поля, вещества* (атомные и элементарные физические, молекулярные и немоллекулярные химические, биологические и т.д.), *материальные тела* как совокупность различных веществ и полей (тела животных и геобразований, планет и т.д.) и *мегаматериальные системы* (звездные системы, галактики и т.д.). Это предполагает использование в решении поставленной задачи комплексного интегрально-дифференциального подхода, соответствующего современному – четвертому – этапу развития естествознания [2-4].

Результаты и обсуждение

Проведем анализ недостатков традиционного понимания смысла понятия «энергия». Помимо учета признаний в непонимании материального смысла понятия «энергии» американского физика Р. Фейнмана [1] или вообще отрицания ее объективного существования в принципе (смотри введение), рассмотрим недостатки традиционных ее определений. Понятие «энергия» трактуется сегодня по-разному, в том числе и с использованием традиционных, но уже недостаточно точных для XXI века определений [6]. Например, *энергия* (E) — это физическая величина, показывающая, какую работу может совершить тело (или несколько тел) или энергия тела. В другом варианте *энергия* (греч. ἐνέργεια – действие, деятельность, сила, мощь) — это скалярная физическая величина, являющаяся единой мерой различных форм движения и взаимодействия материи, мерой перехода движения материи из одних форм в другие.

Во-первых, в рамках четвертого (интегрально-дифференциального) этапа развития научного знания и парадигмы многоуровневой организации вещества и материи [2-4] вызывает сомнение правильность называть любую энергию «физической величиной» (ведь есть химическая и другие виды энергий). Правильней использовать более точное и универсальное научное понятие «*материальная величина*». Во-вторых, энергия (так как мы ею пользуемся на практике) все-таки—это не просто абстрактная величина, характеризующая способность материи (правда пока непонятно какой?) к работе или меру различных форм движения и взаимодействия материи, а объективная реальность, существующая независимо от сознания людей. *Ведь если есть свойство, то обязательно есть и его материальный носитель. Трудно опровергнуть это абсолютно логически точное утверждение!* Особо следует отметить путаницу в классификации различных видов энергий и, по сути, непонимание разницы между разновидностями энергий и их свойством определять различные формы движения материи. Например, традиционно говорят, что «механическая энергия» проявляется в непосредственно наблюдаемом движении материальных тел. Но при этом не раскрывается материальная суть «механической» разновидности энергии, заставляющей двигаться различные тела (гравитационная,

химическая в двигателе внутреннего сгорания и т.д.). То есть, ее опять ассоциируют со свойством или силой, неизвестно какой разновидности материи, определяющим механическую форму движения тел или даже с самим понятием энергии. Например, насколько правильно говорить *«механическая энергия»* или все-таки следует говорить *«механическая форма движения материи в виде материальных тел, под действием гравитационной, химической или ядерной разновидностей энергий»*? Ведь движение материального тела в виде камня, человека, автомобиля и т.д. под гору является следствием, прежде всего, гравитации (гравитационной энергии), движение автомобиля по ровной площадке или в гору – следствием химической энергии, выделяемой в процессе химического превращения топлива в двигателе, с преодолением гравитационной энергии. В свою очередь, при механическом движении автомобиля с горы, его скорость будет определяться суммарной величиной гравитационной и химической энергий. Поэтому, движущиеся силы для различных материальных объектов могут быть разными или даже суммарными, а *форма движения материи* определяется разновидностью движущихся материальных объектов и их превращениями. Например: движение материальных тел – *механическая*, атомы и элементарные частицы – *физическая*, молекулярные и немолекулярные химические соединения элементов и их превращения – *химическая*, клетки – *биологическая* и т.д. При этом, величину различных видов энергий, определяющих взаимодействие элементов, составляющих различные дискретные материальные объекты (материальные тела и виды веществ) или формы их движения, можно связать с типами полей их связывающих. Например, разница в свойствах полей (волновых, протяженности, силах ее воздействия или глубине их проникновения в вещества и материалы), позволяет различать *гравитационную, электрическую, магнитную, химическую, ядерную и другие виды энергий*. Однако, далее необходимо ответить на главный вопрос настоящего исследования: в чем же заключается единство природы различных видов энергий и в какой материальной форме они существуют? Ведь сегодня традиционный подход к энергии и массе, просто как к характеристикам материи, а не к объективной реальности, приводит к формально правильным, но фактически ошибочным попыткам новой трактовки ряда традиционных фундаментальных материалистических положений [7, 8]. Например, таких формулировок, как «энергия не возникает из ничего, и не исчезает бесследно, а только переходит из одной формы в другую» или «масса превращается в энергию». Ведь, по мнению авторов статьи [7], так как «эти размерные физические величины являются лишь количественными мерами определенных свойств материи, то, безусловно, никаких превращений массы в энергию при этом не происходит!» «Превращение массы в энергию, то есть, условно говоря, «килограмма» в «джоули»! Это, очевидно, абсурд» [8]. То есть для них энергия – это просто количественная мера, а не специфическая реальная субстанция [8, с.181]. Но, как же тогда явление «дефекта массы», проявление корпускулярно-волнового дуализма или тепло в наших домах? Это, что не материальная реальность, а просто условные виртуальные явления? Мало того, на этой основе делается вывод об устаревшей трактовке специальной теории относительности (СТО) и уравнения Эйнштейна, связывающего массу и энергию [8]. Хотя понятно, что эти выводы основаны, прежде всего, на формальном понимании энергии, просто как условной характеристики материи и на отрицании ее существования как объективной материальной реальности. И здесь, по нашему мнению, очевидно нарушение логики в этих рассуждениях: энергия вроде как есть, так как она характеризуется конкретными свойствами, а реально не существует материальной субстанции ее несущей? Ведь свойство всегда является следствием чего-то или какой-то субстанции, то есть у любого свойства есть свой материальный носитель. И, следовательно, отрицание объективного материалистического существования энергии, противоречит выше сформулированному методу решения поставленной в настоящей работе крайне непростой задачи, греша нарушением логики в рамках идеологии агностиков.

Поэтому вышерассмотренные традиционные определения энергии, по мнению авторов настоящей статьи, уже устарели, по сути, ввиду того, что *«энергия» представляется просто как «свойство» материи* (в вышеприведенной методологической цепочке понятий) совершать работу или характеристика меры различных форм движения и взаимодействия материи *без раскрытия ее материальной сущности или принадлежности к конкретной разновидности материи*. Ведь именно *свойством энергии* как раз и является *возможность взаимодействовать и связывать* (связи физические, химические и т.д.) *дискретные разновидности материи* в качестве «элементов» в различные вещества (атомы, молекулы, клетки) и материальные тела, *производить работу* и т.д. Непонятно, однако, какая же, все-таки, форма существования материи реально обладает этими свойствами или характеристиками? Поищем ответ на этот вопрос, начиная с истории развития взглядов на строение материи древних материалистов.

Древние материалисты Греции заложили два различных взгляда, или гипотезы, на строение материи [9, с. 108]. В первой (Аристотель 384-322 до н.э.) вещество делится на мелкие частицы и нет предела его делимости, то есть вещество непрерывно в своем делении на составляющие элементы. Эта гипотеза заложила *начала концепции непрерывности, или континуальности, структурной организации материи*. Другая гипотеза (Левкипп 5 в. до н.э., его ученик Демокрит и далее философ-материалист Эпикур) предполагала, что вещество состоит из мельчайших *частиц*, называемых «атомами». Она вылилась в *концепцию атомизма, или дискретного строения материи*: «атомы» плюс «пустота» [9]. Фактически, это два противоположных взгляда на строение, или структурной организации материи, соответственно, *интегральный и дифференциальный*. То есть, материя существует в виде двух основных структурных форм, или разновидностей: *прерывной* (дискретной, или массовой, реальности) и *непрерывной* (континуальной реальности). Выбирая из этих двух базовых структурных разновидностей существования материи (дискретной – частица и непрерывной – поле) для последовательного материалиста, очевидно, что вышеотмеченными свойствами материи (совершать работу, связывать дискретные формы материи и т.д.) обладает, прежде всего, непрерывная–полевая форма материи. Это связано с ее *большой* (по сравнению с дискретной материей) *способностью быстрого перемещения в пространстве, лабильностью и свойством к трансформации, реакционной способностью и возможностью более разнообразного воздействия на дискретные разновидности материи*, включая универсальное обменное взаимодействие. При этом прерывные – дискретные формы материи более низких уровней структурной организации выступают в качестве элементов других более крупных материальных систем (элементарные частицы для атомов, атомы для молекул, планеты для звездных систем и т.д.).

В результате, можно предложить следующую дефиницию понятия энергии. *Энергия – это объективная реальность существования материи в виде непрерывных пространственных форм - полей или – это энергетический материальный континуум*. Поле представляет собой объективную реальность в виде пространственного (континуум) распределения материи, характеризуемого свойством обменного или связующего взаимодействия между дискретными формами материи, с различными по величине энергетическими (сила связи) и другими характеристиками. К характеристикам полей традиционно относят их волновые свойства (λ), протяженность в пространстве (дально- или ближкодействие), величину сил (энергию в традиционном понимании), удерживающих или оказывающих воздействие на элементы, составляющие различные материальные объекты, способность к связыванию различных дискретных разновидностей материи, трансформации различных полей друг в друга (например, химической в тепловую и т.д.) или проникновению в другие объекты и т.д. Поэтому следует различать *открытые* (делокализованные) и *замкнутые* (локализованные или замкнутые внутри дискретных разновидностей материи) *поля*. В качестве *открытых полей*, формирующих бесконечное пространство на макро- и мегауровнях организации материи и Мироздания в целом [4], можно привести, например, *гравитационный энергетический континуум*, осуществляющий обменное взаимодействие и связь, прежде всего, между *материальными телами*, а также определяющий особенности механической формы движения материи. В качестве *замкнутых полей*, формирующих конечное (локализовано замкнутое) пространство *внутри дискретных вещественных форм материи*, можно привести *ядерный или химический энергетические континуумы*, осуществляющие различные по силе взаимодействия и обеспечивающие связи элементов (элементарных частиц и атомных остовов – химических элементов), составляющих, соответственно, атомы и химические соединения на их основе.

Например, в качестве демонстрации объективного существования химической энергии, существующей в виде *замкнутого (замкнутого) энергетического континуума* – электрического поля (как результат обменно-электростатического взаимодействия) между химическими элементами вещества (в виде атомных остовов) можно привести рисунки распределения электронной плотности обобществленных (валентных) электронов (ОЭ) между ними в ряде веществ. Современные воззрения на структуру химического вещества представляют её как «непрерывное зарядовое распределение (пространственное распределение электронной плотности (ρ)) ОЭ, в которое вкраплены атомные ядра» [11, 12]. При этом совокупность современных расчетно-теоретических и экспериментальных методов (квантово-механические расчеты и совокупность рентгеноструктурных методов) позволяет получать данные о характере межъядерного континуального распределения электронной плотности (ρ) в ряде химических соединений.

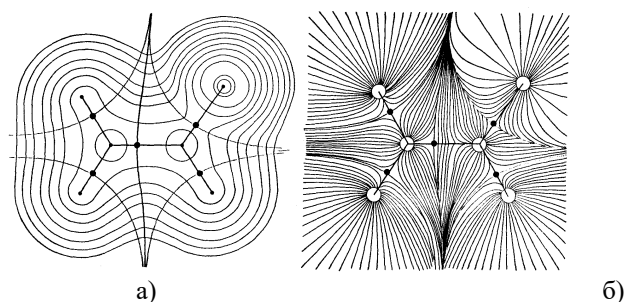


Рис. 1. Распределение электронной плотности энергетического континуума в молекуле $\text{CH}_2=\text{CHF}$

а – замкнутые изолинии соответствуют уровням функции $\rho(r)$; б – градиентные траектории. На обоих рисунках дополнительно показаны линии связи, седловые точки (крупные черные точки) и поверхности нулевого потока [11]

Fig. 1. The distribution of electron density of the energy continuum in the molecule $\text{CH}_2=\text{CHF}$;

a - closed contour lines correspond to the levels of the function $\rho(r)$; b - gradient trajectories. Both figures additionally show bond lines, saddle points (large black dots) and zero flow surfaces [11]

Сечение этой функции (рис. 1-3) напоминает карту гористой местности. Каждая из замкнутых изолиний соответствует определенному уровню электронной плотности ОЭ. Максимумы функции $\rho(r)$ приблизительно совпадают с положением ядерных структурных центров. Важно и положение так называемых седловых точек.

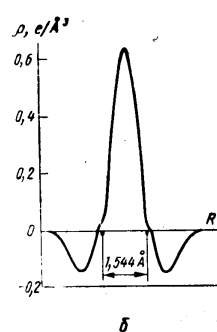
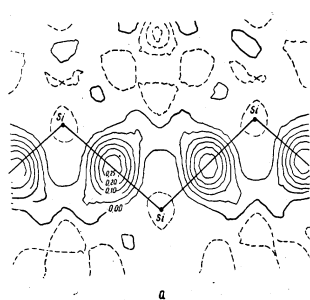


Рис.2 Сечение деформационной электронной плотности (ДЭП) энергетического континуума в кристалле кремния (а); избыточная плотность валентных электронов вдоль направления связи С-С в кристалле алмаза (б) [12]

Fig. 2. Cross-section of the deformation electron density (DED) of the energy continuum in a silicon crystal (a); excess density of valence electrons along the C-C bond direction in a diamond crystal (b) [12]

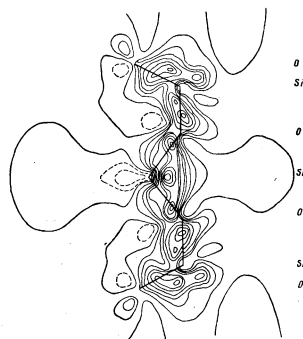


Рис. 3. Распределение электронной плотности энергетического континуума вдоль макромолекулярной цепочки связи Si-O-Si для кварца ($\square$ - SiO_2) [12, с.112]

Fig. 3. Distribution of the electron density of the energy continuum along macromolecular Si-O-Si bond chain for quartz ($\square$ - SiO_2) [12, p.112]

Для получения из этих сечений данных по характеристике взаимодействия атомов чаще всего используют так называемую *деформационную электронную плотность* $\Delta\rho(r)$ и градиентный анализ по Бейдеру. Функция $\Delta\rho(r)$ определяется как разность ($\rho - \rho_0$) наблюдаемого распределения электронной плотности и плотности сферически симметричных не взаимодействующих атомов. То есть $\Delta\rho(r)$ представляет собой перераспределение электронной плотности электрического замкнутого поля, или энергетического континуума, в результате химического связывания элементов. Из рис. 1-3 отчетливо прослеживается разница в пространственном распределении энергетического континуума закрытых полей электронного энергетического континуума между дискретной (массовой) разновидностью материи, в виде ядер или атомных остовов в различных веществах. Это и обеспечивает разницу в длине и энергии связи элементов их составляющих и далее отличия в структуре и свойствах веществ и материалов.

Эти разновидности энергий определяют также и особенности физических, химических (внутриуровневых) и физико-химических (межуровневых) форм движения и превращения этих вещественных разновидностей материи. Таким образом, мы ответили на главный вопрос настоящего исследования (*что такое энергия?*) и показали, что следует различать две разновидности *энергетического континуума* в виде *открытых и закрытых полей*.

Ответ на вопрос об отличиях в свойствах различных видов энергии следует искать на базе фундаментальных различий материальных объектов (смотри выше) в рамках парадигмы многоуровневой организации материи (поля, вещества, материальные тела и мегамириальные системы), особенностей корпускулярно-волнового дуализма и формулы (1) А. Эйнштейна, определяющей взаимосвязь энергии с массой.

В 1905 году физик А. Эйнштейн показал, что между массой (m) тела (вещества) и его энергией (E) существует следующая связь:

$$E = mc^2, \quad (1)$$

где c – скорость света в вакууме.

При этом уравнение (1) связывают [13] не просто с энергией E любого материального тела, а с энергией связи элементов ($E_{св}$) ядра атома, то есть с *физической ядерной энергией*, в виде *закрытого энергетического континуума*, замкнутого внутри ядра атома. Причем обычно рассматривают *удельную энергию связи* (среднюю энергию связи, приходящуюся на один нуклон), зависящую от массового числа A , и чем она больше, тем устойчивей ядро. Для легких ядер (A менее 12) с увеличением A их $E_{св}$ резко возрастает до 6-7 МэВ. Например, для изотопа тяжелого элемента урана-238 она достигает 7,6 МэВ. Для сравнения отметим, что $E_{св}$ валентных электронов, обеспечивающих возникновение *химической энергии*, составляет 10 эВ, то есть в 10^6 раз меньше ядерной энергии. Отметим также, что масса ядра всегда меньше суммы масс составляющих его нуклонов (протонов и нейтронов) и эта разность называется *дефектом массы* Δm . Это связывают с тем, что при образовании ядра часть массы тратится на образование $E_{св}$ элементарных частиц в ядре. Данный эффект демонстрирует взаимосвязь межуровневых превращений вещества, описываемых *законом сохранения массы-энергии* при переходе одной разновидности вещества в другую (в данном случае, части вещества элементарных частиц в энергию), а также наоборот. Видимо тот же эффект, но в меньших масштабах должен наблюдаться и при химических превращениях веществ экзо- и эндотермического характера, а также биологических и т.д. Однако его уловить уже значительно труднее ввиду меньших по величине энергетических эффектов, протекающих при образовании химических связей из индивидуальных атомов или протекании химических реакций.

В начале 20-х гг. XX века физиками же было обнаружено, что волновые свойства присущи, в принципе, любым движущимся частицам вещества. Математически это выражается [10, 13] соотношением де Бройля:

$$\lambda = h / (mV), \quad (2)$$

где h – постоянная Планка; V – скорость движения частицы (тела); mV – импульс частицы (p).

Соотношение (2) показывает, что для макрообъектов с большой массой и малыми скоростями движения длина их волны (λ) будет пренебрежимо малой ($\lambda \approx 10^{-28}$ - 10^{-30} см). При этом для микрочастиц, движущихся с высокими скоростями, λ может оказаться

существенной. То есть волновые свойства вещественных форм материи зависят от их массы и скорости движения. Отсюда следует, что со значительным ростом скорости движения вещества и материальные тела могут приобретать (дополнительно к внутренней или потенциальной энергии закрытых полей) волновые характеристики, то есть увеличивать их суммарную энергию, традиционно определяемую как кинетическую или «энергию движения».

В свою очередь, в рамках корпускулярно-волнового дуализма и выше рассмотренного в целом, целесообразно уточнить и понятие «масса». Под *массой* тела традиционно понимают меру инерции, определяемой как отношение силы к ускорению, которое она сообщает данному телу. Однако инерция — это тоже свойство или характеристика, но чего или какой материальной реальности? Что является ее носителем? Непрерывная или дискретная разновидность материи? Исходя из методологии, развиваемой в настоящей работе, под массой следует понимать количество или вес данного дискретного материального объекта (частицы, тела и т.д.) как совокупности масс элементов его составляющих, за минусом ее части, трансформированной в энергию связи этих элементов. При этом, учитывая, что «масса» — это не просто количество материи, характеризующее разницу в величине дискретности материальных систем, а объективная реальность, то подобно энергии, также конкретизируем это понятие. В отличие от энергии, *масса — это тоже объективная реальность, но уже в виде прерывных (локализованных) в пространстве форм (массовая материальная дискретность) существования материи* (в виде частиц вещества и материальных тел), часто называемая *массой покоя*. Причем составляющие ее элементы связаны энергетическим континуумом в виде закрытых энергетических полей (физических, химических и т.д.), которые следует называть *энергией покоя*. Последняя замкнута в закрытой равновесной материальной системе (атом, молекула, клетка и т.д.) в виде *потенциальной энергии*, которую можно извлечь в процессе внутриуровневого или межуровневого превращения веществ, например, для получения тепловой или электрической энергии.

В общем виде, закон сохранения массы и энергии при межуровневом превращении различных веществ демонстрируется [4] следующим (рис.4).

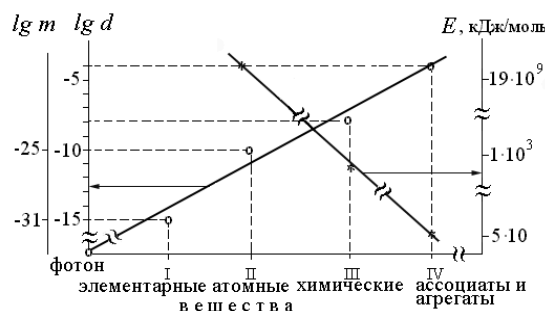


Рис. 4.Размерно-массовые и энергетические характеристики внутривещного взаимодействия элементов различных уровней организации вещества (единицы измерения массы m – кг, диаметра частиц d – м)

Fig. 4. Mass-dimensional and energy characteristics of the intrastructural interaction of elements of various levels of matter organization (units of mass, m , - kg, particle diameter, d , - m)

На основании рис. 4, в общем виде, энергия внутривещного взаимодействия элементов, составляющих различные вещества (то есть взаимодействия или связи элементов или частиц, их составляющих), отнесенная к единице их массы (удельная энергия), уменьшается по мере роста последней. Это можно представить как:

$$E / m = K, \quad (3)$$

где K – коэффициент пропорциональности, учитывающий закономерный характер обратной зависимости энергии внутривещного взаимодействия элементов соответствующего материального уровня от массы объекта, его образующего.

При этом характер изменения уровня величин энергии покоя, замкнутых в различных веществах в виде потенциальной энергии при переходе (см. рис.4) в ряду I – II – III – IV имеет вид, представленный на следующей гистограмме (рис.5).

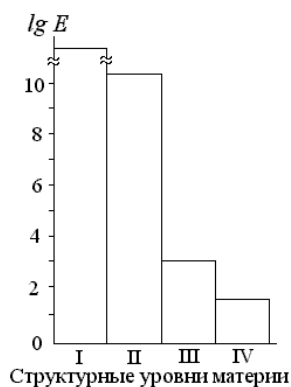


Рис. 5. Энергия замкнутых полей внутриструктурного взаимодействия частиц и уровни организации вещественной материи (единицы измерения E – кДж/моль): I – ультрамикрорфизический, II – микрорфизический, III – химический, IV – «макрорфизический» (надмолекулярный)

Fig. 5. Energy of closed fields of intrastructural interaction of particles and levels of material matter organization (units of measurement E - kJ/mol): I - ultramicrophysical, II - microphysical, III - chemical, IV - "macrophysical" (supramolecular)

То есть с ростом массы различных веществ при переходе (рис.4 и 5) от низшего к высшим уровням организации вещества (I – II – III – IV), удельная энергия связи элементов, его составляющих, уменьшается. И, наоборот, с ростом удельной энергии внутриструктурного взаимодействия веществ их масса уменьшается.

В результате, «материя» сегодня представляет собой уже не просто философское, а важнейшее естественнонаучное понятие, характеризующееся массой и энергией [4]. Материя (M) — это объективная реальность, существующая в виде различных материальных объектов (полей, веществ, материальных тел и мегамириальных систем), характеризующихся массой и энергией. Эти материальные объекты представляют собой совокупность масс (m) дискретных элементов их составляющих, связанных между собой различными энергетическими континуумами (E), которые отличаются друг от друга соотношением этих двух составляющих любой разновидности материи.

При этом, из уравнения 3 следует, что в случае, если в материальном объекте преобладает масса (m), то материя существует в виде дискретных ее форм или частичек (веществ и материальных тел), то есть характеризуется массовой структурной дискретностью (прерывностью в пространстве, наличием массы покоя, поверхности и комплексом свойств, отличных от свойств полей). В случае же, если в материальном объекте преобладает энергия (E), то материя существует в виде непрерывных ее форм (открытых и закрытых полей), то есть характеризуется непрерывностью в пространстве и представляет собой энергетический материальный континуум, с комплексом свойств, не имеющих у дискретных ее форм. Материальные тела представляют собой совокупность («смесь», или композицию) различных индивидуальных веществ (часто с границей раздела между ними) и полей в виде достаточно больших по массе материальных объектов (валун, ствол дерева, тело человека, планета Земля и т.д.).

При этом следует понимать, что даже поле (например, гравитационное), по воззрениям физической теории, подтверждающей взгляды Аристотеля, также состоит из еще более мелких частиц (кварков или гравитонов), определение массы которых пока экспериментально невозможно. Поэтому энергетический материальный континуум (поля) можно упрощенно представить, как интегральную компоненту материи (интеграл, то есть целый) в виде аналога суммы для бесконечного числа бесконечно малых слагаемых, типа кварков или гравитонов. В свою очередь, массовую материальную дискретность (вещества и материальные тела) можно представить через дифференциал (то есть через их различие в составе и типе связи, структуре и свойствах). Это и является фундаментальной основой перспективности развития современного интегрально-дифференциального материалистического подхода познания в рамках четвертого интегрально-дифференциального этапа развития научного знания в целом [2-4].

Предлагаемая система базовых понятий материи, форм существования материальных объектов и положение в ней энергии представлена на рис. 6.

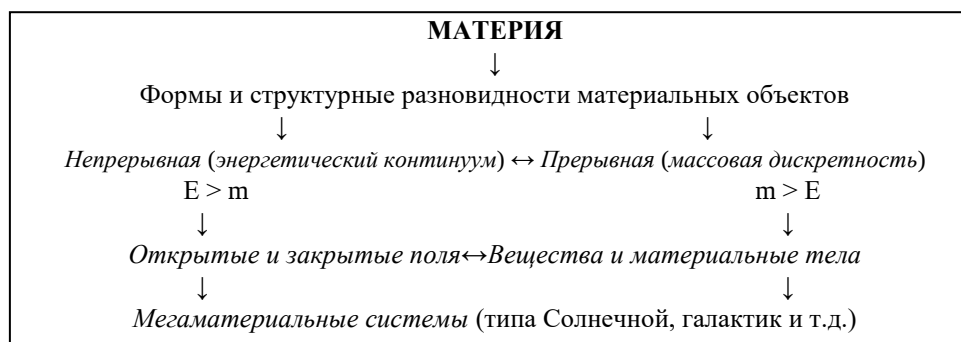


Рис. 6. Базовые разновидности материальных систем Fig. 6. Basic varieties of material system

В зависимости от особенностей *материального энергетического континуума*, обеспечивающего взаимодействие, или связь, различных материальных объектов друг с другом, следует различать следующие виды энергии. Это *замкнутая (замкнутая) физическая* (ядерная, кулоновская, электромагнитная и т.д.), *химическая* (ковалентные, металлические и ионные), *биологическая и т.д. энергии* в веществах, а также *открытая гравитационная энергия* между материальными телами в широком интервале масс и размеров и т.д. Отметим, что распространенность влияния той или иной энергии всегда ограничена и определяется видом материального объекта. Например, даже гравитационная энергия, несмотря на ее дальное действие и открытость, все равно практически не оказывает воздействие на наночастицы веществ (они не выпадают в осадок) и тем более на молекулы, атомы и элементарные частицы.

Сравнительная характеристика наиболее изученных видов энергий, определяющих формы движения материи, важнейшие разновидности связей элементов, составляющих различные виды веществ (физических, химических, биологических и т.д.) и материальных тел, а также уровень их взаимодействия между собой и глубину превращения друг в друга приведены в таблице 1. Они расположены с учетом безразмерной константы взаимодействия и его радиуса действия.

Таблица 1

Характеристика важнейших видов энергий и взаимодействий [4, 13]

Вид взаимодействия	Константа взаимодействия	Радиус действия
Гравитационное	$6 \cdot 10^{-39}$	∞
Электромагнитное	$1/137 (10^{-2})$	∞
Химическое	$\sim 20 \cdot 10^6$	$1-2 \cdot 10^{-8}$ см
Сильное	1	$(0,1-1) \cdot 10^{-13}$ см
Слабое	10^{-14}	меньше $0,1 \cdot 10^{-13}$ см (до $10^{-15}-10^{-22}$ см)

Конкретизируем современный смысл понятия *химическая энергия* как важнейшей объективной материальной реальности, заключенной в виде замкнутого энергетического континуума или связей элементов (С-Н и т.д.) в химических веществах, обеспечивающей решение подавляющего числа проблем в жизнеобеспечении человечества [10-19], как в плане производства электрической и тепловой энергии, так и всех видов материалов, питания, лекарств и т.д.

Химическая энергия – это объективная реальность в виде *энергетического континуума закрытого (замкнутого) электрического поля, распределенного между суммарным отрицательным зарядом обобществленных электронов (ОЭ) и положительным зарядом химических элементов* (в виде ядер или атомных остовов) *вещества* [12]. Она возникает в процессе обменно-электростатического взаимодействия, обеспечивающего возникновение в нем химической связи в равновесно замкнутой и устойчивой материальной химической системе, в виде химического вещества. Этот *энергетический химический континуум* характерен для любых химических соединений элементов (химических веществ), отличаясь в них характером распределения электронной плотности ОЭ в межъядерном пространстве, длиной (протяженностью закрытого поля) и силой (энергией, обычно в интервале от 50-1250 кДж/моль) связи элементов их

составляющих. При разрыве замкнутого энергетического континуума (ЭК) химических связей между элементами (рис.1-3) происходит его трансформация в открытый ЭК, с повышением свободы движения материи, обеспечивая возникновения условий для превращения одних разновидностей веществ в другие, с одновременным выделением свободной энергии в виде тепла в экзотермических реакциях. Фактически этот энергетический химический континуум является основной материальной реальностью мира Земли (заключенный в более чем 20 млн. индивидуальных химических веществ) [12-15], используемый для получения основной доли электрической и тепловой энергии, вырабатываемой человечеством.

В свою очередь, *электрический ток в металлах представляется сегодня химическим явлением* [12], так как заключается в направленном движении «валентных» - обобществленных электронов (или электронного газа) в межъядерном пространстве структуры химических веществ с их преобладающей степенью металличности (C_M) и степени обобществления электронов (СОЭ) стремящейся к 100%, то есть проводников (металлов), под действием электрического поля, приводящего к возникновению дополнительно и магнитного поля. При этом структура проводника не меняется и химическое превращение веществ не происходит. В случае же преимущественно ионных веществ (степень ионности, C_I , преобладает), переносчиками электричества в растворах и расплавах являются уже сами химические элементы вещества в виде ионных частиц под действием электрического поля и т.д. И в случае преимущественно ковалентных (молекулярных) веществ и материалов говорить об электрическом токе не имеет смысла, так как в них ввиду преобладания степени ковалентности связи (C_K) ОЭ «жестко» локализованы в межъядерном пространстве диэлектрика и поэтому их передвижение невозможно [12, 14]. Фактически это уже потенциальная химическая энергия, замкнутая в межъядерном пространстве вещества. Выделение этой энергии возможно только при разрыве химических связей элементов и переходе ее в другие разновидности химической энергии при превращении веществ, а также трансформации в другие ее виды (тепловую, световую и т.д.), например, при горении газа, дерева и т.д. Отмечается также возможность перехода одних форм движения материи и, соответственно, разновидностей вещества в другие их типы. Например, механическая форма движения материальных тел (при трении спички, дерева друг о друга или ударе кремния или пляжного силикатного «голыша» друг о друга) может переходить в химическую форму (горение древесины или ваты) и далее в тепловую. При этом закрытая внутри отмеченных выше веществ потенциальная энергия при механохимическом воздействии на структуру последних и разрыве химических связей превращается в открытый энергетический континуум, обеспечивающий горение веществ и трансформацию химической энергии в тепловую. Или электрическая форма энергии и движения материи при ударе молнии в дерево переходит в химическую (горение целлюлозы) и далее тепловую. В свою очередь, тепловая форма энергии движения материи может переходить в химическую при обжиге глины и превращении ее в керамику или на тепловых электростанциях в механическую через пар, вращающий турбину, и далее в электрическую форму движения материи.

В результате, в условиях Земли *тепловая энергия* вырабатывается человечеством преимущественно [12, 14-17] при преобразовании закрытой (потенциальной) химической энергии (химического энергетического континуума), прежде всего, в химических молекулярных веществах с ковалентносвязанными элементами (углеводороды и топливо на их основе), выделяемой в процессе экзотермических реакций и используемой, например, при нагреве воды. Таким образом, тепловая энергия воды и пара представляется как *межмолекулярный энергетический континуум*, обеспечивающий хаотическое перемещение отдельных молекул оксида водорода H_2O , сопровождающееся их колебательным, вращательным и поступательным движением, трансформирующийся далее в колебательные движения молекул, составляющих воздух (O_2 , N_2 и т.д.) или других сред.

Особенностью ядерной энергии является наличие *энергетического континуума в виде закрытого (замкнутого) поля между протонами и нейтронами ядер атомов*.

Таким образом, известные виды *энергетического материального континуума* или виды энергий отличаются друг от друга:

- их носителями, то есть составом (гравитоны, кварки, электроны и т.д.);
- структурой, то есть локализацией - делокализацией открытых или закрытых (замкнутых в пространстве) полей и далее свойствами;
- волновыми характеристиками, величинами близко- и дальнего действия на другие материальные объекты и глубиной проникновения в вещества и материальные тела (смотри

разницу в характеристиках различных энергетических континуумов на примере электромагнитных волн, табл.2). Причем можно предполагать, что в ряду (табл. 2) разновидностей электромагнитных волн (полей), начиная с радиоволн и кончая γ -лучами с уменьшением длины волны с $10^4 - 10^{-3}$ до 10^{-13} м должны закономерно увеличиваться их частота и волновые свойства. Это, по-видимому, приводит к увеличению их удельной энергии (определяемой уменьшением «массы элементов» их составляющих) и возможности более глубокого проникновения в объем других материальных объектов (веществ и тел). Хотя в вакууме в космосе, как разновидности непрерывных открытых энергетических полевых форм материи, дальное действие электромагнитных волн ввиду практического отсутствия взаимодействия со средой становится соизмеримым.

Таблица 2

Шкала электромагнитных волн [13]

10^4	10^{-3}	$8 \cdot 10^{-7}$ $4 \cdot 10^{-7}$	10^{-8}	10^{-11}	10^{-13}
РВ	ИК	Видимый свет	УФ	РЛ	γ
Радиоволны	Оптический диапазон			Рентгеновские лучи	γ -лучи

- способностью взаимодействовать с другими материальными объектами (включая связывание элементов различных веществ и материальных тел в целом);

- способностью определять формы движения (физическая, химическая, биологическая, механическая и т.д.), взаимодействия и превращения материальных объектов (полей, веществ, материальных тел и т.д.) или возможность перехода от одних форм движения и разновидностей материи в другие;

- возможностями совершать различные виды работ, которые измеряются следующими различными единицами: *гравитационная энергия*: $1 \text{ кгм} = 9,8 \text{ Дж}$, *химическая* - кДж/моль, *электрическая* - 1 кВт ч., *тепловая* - «калория» и т.д.

Таким образом, показано, что именно полевая форма существования материи, в виде энергетического континуума и обладает свойствами: - взаимодействия с дискретно-массовыми ее разновидностями; - связывания последних качестве элементов, составляющих различные уровни структурной организации материи (вещества физические, химические, биологические и т.д., материальные тела); - определять формы движения и превращения (внутри - и межуровневые) материальных объектов; - совершать работу.

Практическая значимость данного исследования заключается не только в попытке обоснования объективности материального существования *энергии* и наполнении ее дефиниции современным научным смыслом, но также в конкретизации и уточнении ее разновидностей, структуры и свойств, включая влияние на формы движения и превращения материи [9-19]. Данный системный подход имеет несомненные практические перспективы в совершенствовании методик оценки химической, электрической, тепловой и других видов энергий, применения и управления процессами их получения, транспортировки и применения в народном хозяйстве, включая повышение качества образования [19 - 33].

И в завершение, в рамках необходимости повышения строгости и точности научного языка, предлагается уточнение важнейшего известного (в рамках закона сохранения массы и энергии, раскрывающего единство природы двух базовых и промежуточных между ними форм материи) понятия. Оно представляет замену выражения «*корпускулярно-волновой дуализм*» на понятие «*дискретно-континуальный дуализм*», выражающее фундаментальную взаимосвязь двух предельных структурных уровней организации материи. Это связано с тем, что понятие «*корпускула*» было предложено М.В. Ломоносовым в 1741 году, для введения в науку второго, отличающегося от атома (элемента), уровня структурной организации вещества, названного в 1860 году «*молекулой*», а не для демонстрации понятия «дискретность». Кроме того, понятие «... - волновой...» в первом выражении также отражает в первую очередь, не особенности непрерывности структуры материи, а ее волновые свойства. В результате, выражение «*дискретно-континуальный дуализм*» более точно и строго характеризует структурное отличие двух предельных базовых форм существования материи, при одновременном материальном единстве природы любых разновидностей материальных объектов, в рамках постепенной их трансформации друг в друга при изменении количественного соотношения E / m , приводящего к периодическому качественному скачку в изменении структуры и свойств последних.

Заключение

Проведен обзор литературных данных об эволюции научного знания о содержании смысла понятия «энергия». В рамках четвертого интегрально-дифференциального этапа развития научного знания, современной трактовки материи как совокупности массовой и энергетической составляющих (или дифференциальной и интегральной компонент), парадигмы ее многоуровневой организации (поля, вещества, материальные тела и мегамириальные системы) и особенностей корпускулярно-волнового дуализма, сделана попытка конкретизировать материальную сущность энергии. Ведь если энергия – это свойство или характеристика, то для последовательного материалиста очевидна необходимость поиска ответа на вопрос: энергия – это свойство чего или какой разновидности материи? Что является носителем этого свойства? В результате проведенного анализа, предлагается следующая дефиниция понятия *энергии* не просто как свойства материи, а *объективной реальности существования непрерывных пространственных форм материи (энергетический материальный континуум) в виде открытых и закрытых (внутри дискретных разновидностей материи) полей, обладающих комплексом характеристических свойств, включая способность совершать работу*. В свою очередь, показано, что отличительными свойствами и характеристиками энергии от дискретных форм материи является следующее. Это наличие у нее волновых характеристик, разница в энергетических континуумах гравитационной, электрической, электромагнитной, химической, ядерной, тепловой и других видов энергий и способность осуществлять различные по силе («энергии») воздействия на дискретные материальные объекты и работу в целом. Это обеспечивает энергии такие характеристические свойства как, способность к обменному взаимодействию и связыванию последних (различными типами связи) в качестве элементов в вещества в виде индивидуальных атомов, молекул, клеток и т.д., материальных тел и т.д. Далее также энергия определяет формы движения (физическая, химическая, биологическая, механическая и т.д.), взаимодействия и превращения материи, включая переход от одних их разновидностей и форм (например, механической в тепловую и далее химическую при трении, химической в тепловую при горении и т.д.) в другие. Уточнен смысл химической, электрической, тепловой и других видов энергий. Авторы осознают сложность поднимаемых в работе вопросов и даже, несмотря на их возможную дискуссионность, считают, что в XXI веке, на современном этапе развития научного знания в 2021 году (в год науки и технологий в РФ), необходимо и дальше пытаться наполнять новым более точным научным смыслом, даже такие фундаментальные научные понятия, как «материя» и «энергия».

Литература

1. Фейнман Р., Лейтон Р., Сэндс М. Фейнмановские лекции по физике. Т.1 (1-2); [пер с англ. О.А. Хрусталева и др.]. М.: Изд-во АСТ, 2019. 448с.
2. Кузнецов В.И., Идлис Г.М., Гутина В.Н. Естествознание. М.: «Агар», 1996. 384с.
3. Сироткин О.С. Проблемы современного этапа материалистической эволюции научного знания и перспективы совершенствования классификации наук, его составляющих // Вестник Казанского государственного энергетического университета. 2014. № 4 (24). С. 32-55.
4. Сироткин О.С. Система Мироздания (Научные принципы современной картины Мира). М.: РУСАЙНС, 2020. 206с.
5. Кубарев Ю.Г., Дудичева С.Л. Эволюционное естествознание (Концепции современного естествознания): Казань: Изд-во КГЭУ, 2004. 148 с.
6. Физическая энциклопедия: [в 5 т.] / Гл. ред. А. М. Прохоров. М.: Советская энциклопедия (т. 1-2); Большая Российская энциклопедия (т. 3-5), 1988-1999.
7. Баранов А.В., Родионов А.И. Формирование базовых представлений о материи, движении и энергии в контексте гносеологии и онтологии XXI в. // Вестник Томского государственного университета. 2018. № 435. С. 177–186.
8. Розман Г.А. Может ли масса превращаться в энергию // Физическое образование в вузах. 2006. Т. 12, № 2. С. 15–19.
9. Материалисты древней Греции / Под ред. М.А.Дынника. М.: Гос. изд. полит. Литературы, 1955. 240 с.
10. Кузнецов В.И. Эволюция представлений об основных законах химии. М.: Наука, 1967. 310 с.
11. Зоркий П.М. Критический взгляд на основные понятия химии. // Российский хим. Журнал. 1996. Т.40. № 3. С. 5-25.

12. Сироткин О.С. Сироткин Р.О. Химия (Основы единой химии). М.: КНОРУС, 2017. 364с.
13. Карпенков С.Х. Концепции современного естествознания. М: Высшая школа, 2003. 488с.
14. Сироткин Р.О. Физикохимия гомо- и гетероядерных бинарных веществ и материалов на их основе (особенности комплексного влияния элементного состава химической связи на структуру и свойства). М.: РУСАЙНС, 2018. 238с.
15. Бузник В.М. Роль химии в устойчивом развитии общества. Хабаровск: Дальнаука, 1999. 30с.
16. Степанова В.С., Степанова Т.Б., Стариковас Н.В. Системы. Методы. Технологии. В.С. Определение химической энергии и эксергии древесных топлив. // Современные технологии. 2017. № 1 (33). С. 91-96.
17. Арутюнов В.С., Лисичкин Г.В., Стрекова Л. Н. Реальная энергетика: проблемы и прогнозы // Энергия и взрыв. 2018. Т. 11. № 1. С. 4-18.
18. Кучинский Д.М., Дядик А.Н., Довыдовская Н.Н., и др. Закон сохранения и превращения энергии и возможная классификация форм и видов энергии // Морские интеллектуальные технологии. 2017. Т. 1. № 4. С. 121-126.
19. Лурий В.Г., Кост Л.А. Горючие отходы и некондиционное топливо – сырьевой ресурс малой энергетики // Химия твердого топлива, 2019. № 6. С. 65–70.
20. Sirotkin R.O., Sirotkin O.S. Metallicity of Chemical Bonds and Its Role in Their Systematization and Effect on the Structure and Properties of Substances // Russian Journal of Physical Chemistry A. 2020. V. 94 (6). pp. 1153-1158.
21. Павлов Д.Ю., Трубачева А.М., Сироткин О.С., и др. О возможности оценки влияния химической природы неорганических веществ на их энергетические характеристики // Известия вузов. Проблемы энергетики. 2013. № 3-4. С. 54-60.
22. Sirotkin R.O., Sirotkin O.S., Physico-Chemical Foundations and Practical Significance of Unification of Metallic and Nonmetallic Substances and Materials within a Unified Model of Chemical Bond // Materials Science Forum. 2020. V. 992. pp. 952–956
23. Sirotkin O.S., Sirotkin R.O., Pavlova A.M., et al. On a new approach to assessing the energy characteristics of substances // E3S Web of Conferences. 2019. V. 124. pp. 01017-01022.
24. Jones A. Z. Energy: A Scientific Definition. Thought Co, Aug. 27, 2020, Available at: thoughtco.com/energy-definition-and-examples-2698976. Accessed: 25 Dec 2021.
25. De Castro C., Carpintero O., Frachoso F., et al. A top-down approach to assess physical and ecological limits of biofuels // Energy. 2014. V. 64. pp. 506–512.
26. Arutyunov V. S., Lisichkin G. V. Energy resources of the 21st century: Problems and forecasts. Can renewable energy sources replace fossil fuels? // Russ. Chem. Rev. 2017. V. 86(8): pp. 777–804.
27. Wiener G.J., Schmeling A.M., Hopf M. Why not start with quarks? Teachers investigate a learning unit on the subatomic structure of matter with 12-year-olds // European Journal of Science and Mathematics Education. 2017. V. 5. № 2. pp. 134–157.
28. Bunge M. Energy: Between Physics and Metaphysics. Science and Education. 2000. V. 9. № 5. pp. 457–461.
29. Saha A., Choudhury P.D. What is dark energy and dark matter // International Journal of Scientific & Engineering Research. 2017. V. 8. № 3. pp. 146–152.
30. Lancor R. An Analysis of Metaphors Used by Students to Describe Energy in an Interdisciplinary General Science Course // International Journal of Science Education. 2015. V. 37. № 5–6. pp. 876–902.
31. Lancor R. Using Metaphor Theory to Examine Conceptions of Energy in Biology, Chemistry, and Physics // Science & Education. 2014. V. 23. № 6. pp. 1245–1267. doi:10.1007/s11191-012-9535-8.
32. Coelho R.L. On the Concept of Energy: Eclecticism and Rationality // Science & Education. 2014. V. 23. № 6. pp. 1361–1380. doi:10.1007/s11191-013-9634-1.
33. Britannica. The Editors of Encyclopaedia. Energy. Encyclopedia Britannica, 16 Nov. 2021. Available at: <https://www.britannica.com/science/energy>. Accessed: 24 December 2021.

Авторы публикации

Сироткин Олег Семёнович – д-р техн. наук, профессор, зав. кафедрой «Материаловедение и технологии материалов», Казанский государственный энергетический университет.

Сироткин Ростислав Олегович – канд. хим. наук, PhD, доцент кафедры «Материаловедение и технологии материалов», Казанский государственный энергетический университет

References

1. Feynman R, Leighton R, Sands M. *The Feynman Lectures on Physics*. V.1 (1-2); [translated from English by O.A. Khrustalyov et al.]. Moscow: AST Publishing House, 2019. 448 pp. [in Russian].
2. Kuznetsov VI, Idlis GM, Gutina VN. *Natural Science*. Moscow: Agar, 1996. 384 pp. [in Russian].
3. Sirotkin OS. Problems of the modern stage of materialistic evolution of scientific knowledge and prospects for improving the classification of sciences. *Herald of Kazan State Power Engineering University*. 2014;4 (24):32-55
4. Sirotkin O.S. The system of the Universe (*Scientific principles of the modern picture of the World*). Moscow: Ruscience, 2020. 206 pp.
5. Kubarev YuG, Dudicheva SL. *Evolutionary Natural Science (Concepts of modern natural science)*. Kazan: KSPEU, 2004.148 pp.
6. Encyclopedia of Physics: [5 V.] / Ed. A. M. Prokhorov. Moscow: Sovetskaya Entsiklopediya (V.1-2); *Bol'shaya Rossiiskaya Entsiklopediya* (V.3-5), 1988-1999.
7. Baranov AV, Rodionov AI. Formation of basic ideas about matter, motion and energy in the context of epistemology and ontology of the XXI century. *Herald of Tomsk State University*. 2018;435:177–186.
8. Rozman GA. Can mass turn into energy // *Physical Education in Universities*. 2006;12;2:15–19.
9. The Materialists of ancient Greece. M.A. Dynnik (Ed.) Moscow: State Publishing House of Political Literature. 1955. 240 pp.
10. Kuznetsov VI. *Evolution of ideas about the basic laws of chemistry*. Moscow: Nauka, 1967. 310 pp
11. Zorkyi P.M. A critical look at the basic concepts of chemistry. *Russian Chemical Journal*. 1996;40(3):5-25
12. Sirotkin OS, Sirotkin RO. *Chemistry (Principles of the Unified Chemistry)*. Moscow: KNORUS, 2017. 364 pp.
13. Karpenkov SKh. *Concepts of modern natural science*. Moscow: Vysshaya Shkola, 2003. 488 pp.
14. Sirotkin RO. *Physico-chemistry of homo- and heteronuclear binary substances and materials (features of the complex effect of a chemical bond elemental composition on structure and properties)*. Moscow: Ruscience, 2018. 238 pp.
15. Buznik VM. *The role of chemistry in a society's sustainable development*. Khabarovsk: Dal'nauka, 1999. 30 pp.
16. Stepanova VS, Stepanova TB, Starikovas NV. Determination of chemical energy and exergy of wood fuels. *Modern Technologies*. 2017;1(33):91-96
17. Arutyunov VS, Lisichkin GV, Strekova LN. Real energy: problems and forecasts. *Energy and explosion*. 2018;11(1):4-18.
18. Kuchinskyi DM, Dyadik AN, Dovyдовskaya NN, et al. The law of conservation and transformation of energy and possible classification of forms and types of energy. *Marine intelligent technologies*. 2017(1)4:121-126.
19. Lurii VG, Kost LA. Combustible waste and substandard fuel – a raw resource of small energy. *Chemistry of solid fuel*. 2019;6:65–70
20. Sirotkin RO, Sirotkin OS. Metallicity of Chemical Bonds and Its Role in Their Systematization and Effect on the Structure and Properties of Substances. *Russian Journal of Physical Chemistry A*. 2020;94 (6): 1153-1158. doi: 10.1134/S0036024420060230.
21. Pavlov DYU, Trubacheva AM, Sirotkin OS, et al. On the possibility of assessing the influence of the chemical nature of inorganic substances on their energy characteristics. *Power engineering: research, equipment*. 2013;3-4:54-60.
22. Sirotkin RO, Sirotkin OS. *Physico-Chemical Foundations and Practical Significance of Unification of Metallic and Nonmetallic Substances and Materials within a Unified Model of Chemical Bond*. Materials Science Forum. 2020;992:952–956
23. Sirotkin OS, Sirotkin RO, Pavlova AM, et al. *On a new approach to assessing the energy characteristics of substances*. *E3S Web of Conferences*. 2019;124:01017-01022.

24. Jones AZ. *Energy: A Scientific Definition*. Thought Co, Aug. 27, 2020, Available at: [thoughtco.com/energy-definition-and-examples-2698976](https://www.thoughtco.com/energy-definition-and-examples-2698976). Accessed: 25 Dec 2021.
25. De Castro C, Carpintero O, Frachoso F., et al. A top-down approach to assess physical and ecological limits of biofuels. *Energy*. 2014;64:506–512.
26. Arutyunov VS, Lisichkin GV. *Energy resources of the 21st century: Problems and forecasts. Can renewable energy sources replace fossil fuels?* Russ. Chem. Rev. 2017; 86(8): 777–804.
27. Wiener GJ, Schmeling AM, Hopf M. Why not start with quarks? Teachers investigate a learning unit on the subatomic structure of matter with 12-year-olds. *European Journal of Science and Mathematics Education*. 2017;5(2):134–157.
28. Bunge M. *Energy: Between Physics and Metaphysics*. Science and Education. 2000;9(5):457–461. doi: 10.1023/A: 008784424048.
29. Saha A, Choudhury PD. What is dark energy and dark matter. *International Journal of Scientific & Engineering Research*. 2017;8(3):146–152.
30. Lancor R. An Analysis of Metaphors Used by Students to Describe Energy in an Interdisciplinary General Science Course. *International Journal of Science Education*. 2015;37(5–6):876–902. doi:10.1080/09500693.2015.1025309.
31. Lancor R. Using Metaphor Theory to Examine Conceptions of Energy in Biology, Chemistry, and Physics. *Science & Education*. 2014;23(6):1245–1267. doi:10.1007/s11191–012–9535–8.
32. Coelho RL. On the Concept of Energy: Eclecticism and Rationality. *Science & Education*. 2014;23(6):1361–1380. doi:10.1007/s11191– 013–9634–1.
33. Britannica. *The Editors of Encyclopaedia. Energy*. Encyclopedia Britannica, 16 Nov. 2021. Available at: <https://www.britannica.com/science/energy>. Accessed: 24 December 2021.

Authors of the publication

Oleg S. Sirotkin – Dr. Techn. Sci., Professor, Head of School of Materials Science and Engineering, Kazan State Power Engineering University.

Rostislav O. Sirotkin – Cand. Chem. Sci., PhD, Associate Professor, Kazan State Power Engineering University.

Получено

Отредактировано

Принято