Неожиданное объединение

Валерий ДЕЛЯМУРЕ

1. Неомеханика

Приведено краткое изложение принципиально новой теории движения сплошной среды, основанное на негалилеевой модели концептуального пространства-времени. Сжато описаны методологический, топологический и геометрический аспекты теории. Приведены динамические и кинематические уравнения движения сплошной среды.

Введение

Приступая много лет назад к решению очередной теоретической проблемы, автор не помышлял о разработке единой теории чего бы то ни было. Исходная цель заключалась в некоторой корректировке механики сплошной среды. Однако, эта корректировка коснулась оснований механики сплошной среды, что полностью изменило лицо этой теории и привело к созданию совершенно новой теоретической системы, получившей рабочее название «неомеханика». Полное ее изложение в виде неопубликованной монографии занимает около 250 страниц типографского текста и в этой статье приведено быть не может, да в этом и нет необходимости, достаточно будет формального поверхностного ее изложения.

Механика занимает особое положение в ряду естественных наук, ее предмет исследования – движение макроскопических тел – наиболее нагляден для исследователя, или, по крайней мере, кажется таковым. В силу этого свойства механика первой из естественных наук достигла зрелости и стала одним из оснований технической цивилизации. По этой же причине механика находится у истоков многих других естественных наук.

Непосредственно наблюдая только или почти только механические процессы, человек в своей творческой фантазии не в состоянии вообразить что-либо, в основе чего не лежали бы образы этих реальных процессов, пусть даже до неузнаваемости трансформированные. Общеизвестно, что Максвелл первоначально представлял себе модель электромагнитного поля как чисто механическую, Шредингер, решая задачу о квантовании собственных значений, в качестве иллюстрации приводил целочисленность узлов при колебаниях струны.

Однако, ни теория электромагнитного поля, ни квантовая механика, ни какая-либо другая естественная наука не изоморфны классической механике. Механические образы, по Максвеллу, представляют собой лишь строительные леса, которые по окончании работы удаляются, и каждая теория, даже если в ее истоках находятся механические образы и понятия, развивается по своим собственным законам.

С неомеханикой дело обстоит принципиально иначе. Неожиданно выясняется, что *динамика сплошной вещественной среды и динамика электромагнитного поля описываются одной и той же системой уравнений*! Не *одинаковыми* уравнениями, что позволило бы говорить лишь об электромагнитно-механической аналогии, а *одними и теми же* уравнениями, что позволяет говорить о естественном объединении механики и электродинамики.

Проблема единства физического знания нашла свое воплощение в основном в многочисленных попытках создания единой теории поля, объединяющей теории электромагнитного и гравитационного полей. Кроме вариантов единой теории, принадлежащих Эйнштейну, известны теории Вейля, Калуцы, Ми [1].

Экспериментальный базис физики не содержит физических эффектов, которые свидетельствовали бы о единых гравитационно-электромагнитных явлениях и на основании которых можно было бы строить единую электромагнитно-гравитационную теорию, хотя такие эффекты пытался обнаружить еще Фарадей. Поэтому для единых теорий характерен методологический подход, основанный на гносеологической инверсии: их синтез идет не от экспериментального базиса к математической модели, а наоборот – от математической модели пространства-времени к попыткам сравнения с опытными данными, косвенно относящимися к проблеме.

Неомеханика (будем называть ее так) построена как механическая теория на основе тщательного обобщения экспериментальных данных. С другой стороны, открыто много физических эффектов, свидетельствующих о единых электромагнитно-механических явлениях (например, магнитострикция или пьезоэффект). Существование таких эффектов говорит о том, что идея объединения в единую теоретическую систему механики и электродинамики отнюдь не абсурдна. Возможность именно такого объединения предоставляет неомеханика. Включение гравитации в эту теорию, хотя формально оно и произведено, в силу отсутствия экспериментальных данных остается проблематичным.

1.1. Методология

Методологическому анализу подвержены следующие понятия, относящиеся к структуре естественнонаучной теории и процессу ее синтеза: эмпирический базис, физическая реальность, идеализированный объект, концептуальное пространство-время, система отнесения и т.п.

Эмпирический базис. Эмпирический базис – это множество экспериментальных фактов, зафиксированных в данной области знаний. Свойства эмпирического базиса в целом и содержание входящих в него фактов во многом определяют свойства и содержание теории. Так, исходя из того, что множество экспериментов счетно, можно показать, что пространство-время имеет счетную базу. На основе экспериментального факта, состоящего в том, что энергия свободно движущегося тела сохраняется, можно утверждать, что пространство-время является локально псевдоевклидовым. Все исходные посылки теории основаны на экспериментальных фактах.

При этом имеются в виду мысленные эксперименты. Мысленный эксперимент – теоретическая познавательная конструкция механики, воображаемый процесс, не реализуемый в действительности, один из основных методологических инструментов механики. Впервые применен в механике Галилеем, сформулировавшим свой принцип относительности на основании знаменитого мысленного эксперимента с равномерно движущимся кораблем. Ньютон на основании мысленного эксперимента с телом, не подверженным воздействию каких-либо сил, сформулировал свой первый закон. Эйнштейн на основании мысленного эксперимента с инерциальными системами отсчета построил специальную теорию относительности.

В неомеханике мысленные эксперименты рассматриваются как конструктивный фактор физического знания и применяются для конструирования топологических и геометрических свойств пространства-времени.

Физическая реальность. В процессе познания исследователь не в состоянии воспринять непосредственно объект как элемент «физического мира» во всей его полноте, этого ему не позволяют ограниченные возможности органов его чувств и применяемых им приборов. Иначе говоря, исследователь воспринимает не объект как таковой, а то, что ему «докладывает» об этом объекте прибор. По М.А. Маркову [2], та форма, в которой объективная реальность проявляется в приборе, называется физической реальностью.

Как это ни парадоксально, но человек не способен к непосредственному восприятию структуры движения деформируемого тела вещественного образования так же, как он не способен к непосредственному восприятию структуры электрического или магнитного поля. Тем не менее, этот факт лежит на поверхности.

Для наблюдения за течением жидкости или газа поток визуализируют: вводят в него мелкие частицы, нити и т.п. Для наблюдения за деформацией образца твердого материала его также визуализируют: наносят всевозможные метки, сетки и пр. «Гук определял удлинение проволоки под действием нагрузки, измеряя изменение длины между двумя нанесенными на проволоку делениями... Следуя Гуку, другие экспериментаторы наносили на образцы сетки, состоящие из множества линий с взаимно перпендикулярными направлениями. Сетки наносят на образцы царапаньем, травлением, гравировкой, печатаньем с помощью клише, фотоспособом или приклейкой» [3]. В дальнейшем наблюдению подлежит именно полученная таким образом физическая реальность.

Если объект необходимо визуализировать, чтобы создать искусственную структуру, значит, его естественная структура, если таковая имеется, непосредственно не наблюдается.

Физическая реальность всегда описывается в терминах ньютоновой механики и галилеева пространства-времени. В этом выражается один из сформулированных Н. Бором [4] принципов физики: «Как бы далеко ни выходили явления за рамки классического физического объяснения, все опытные данные должны описываться при помощи классических понятий».

В неомеханике эти обстоятельства учитываются при построении концептуального пространства-времени.

Идеализированный объект. Идеализированный объект – мысленная познавательная конструкция, являющаяся результатом идеализации реального объекта, то есть отбрасывания ряда присущих реальному объекту свойств и приписывания ряда свойств, ему не присущих. Так, в механике абсолютно твердого тела, например, отбрасывается цвет тела как несущественное свойство, зато в качестве существенного свойства приписывается абсолютная жесткость, не имеющая места у реального объекта. В механике сплошной среды идеализированным объектом является деформируемое тело, обладающее упругостью и, как следствие, конечной скоростью распространения механического взаимодействия. Последнее обстоятельство приводит к объединению пространства и времени в единую четырехмерную конструкцию – концептуальное пространство-время.

Концептуальное пространство-время. Неомеханика относится к классу хроногеометрических теорий, то есть теорий, использующих некоторую модель пространства-времени, но имеет принципиальные отличия от существующих теорий этого класса.

Неомеханика стоит на реляционной точке зрения, провозглашенной Н.И. Лобачевским [5], которая отказывает в существовании «реальному, физическому» пространству-времени и рассматривает пространство-время лишь как математическую конструкцию, математический коррелят движущегося тела.

Поэтому среди теоретических конструкций неомеханики отсутствует так называемое «реальное» пространство-время. В неомеханике имеет смысл только концептуальное (математическое) пространство-время, представляющее собой математический образ движущегося тела. Каждое математическое свойство концептуального пространства-времени имеет механический прообраз – физическое свойство движущегося тела, и обратно, каждое физическое свойство совершающего движение тела имеет математический образ – математическое свойство концептуального пространства-времени. Поэтому в неомеханике, в отличие, например, от общей теории относительности, бессмысленно говорить об искривлении реального пространства-времени. С точки зрения неомеханики кривизна концептуального пространства-времени – это математическая величина, описывающая, например, угловое ускорение тела и поддающаяся инженерному расчету.

Система отнесения. Определить движение вещественного образования можно лишь по отношению к другому вещественному образованию, так что «...когда говорят, что объект движется в пространстве, это означает не более того, что он движется на фоне пространственной определенности другого объекта» [6], вещественного тела, на котором, как на платформе, располагаются средства наблюдения за исследуемым объектом и средства воздействия на него, используемые исследователем в процессе познания. Платформа, средства наблюдения и средства воздействия в совокупности представляют то, что называют системой отнесения.

В классической механике опрос о физических свойствах системы отнесения в не обсуждается. «Обычно на эту тему говорят немного. Большинство авторов принимают геометрические и кинематические определения, заключающие в себе нереалистическую идеализацию, и непосредственно переходят к различным приемлемым преобразованиям: покоящейся системе осей, равномерно движущейся системе осей... В ходе этого обсуждения игнорируют третий закон Ньютона... [7]

Существенно, что в неомеханике, как и в классической механике, утверждается необходимость абсолютной системы отнесения, по отношению к которой рассматривается движение деформируемого тела. Абсолютная система отнесения должна иметь бесконечно большую массу и бесконечно большую жесткость.

1.2. Топология

Топология как математическая наука не нуждается в эмпирическом обосновании хотя бы потому, что она существует и без оного. Речь идет не об основаниях науки, именуемой топологией, а о сопоставлении существующих топологических понятий механическим явлениям и процессам с одной целью: определить, исходя из экспериментальных данных, какое именно из многочисленных топологических пространств, известных в топологии, соответствует деформируемому телу в качестве концептуального пространства-времени.

В физике пока нет ни одного примера экспериментального определения топологии: «Хотя... топологические понятия все быстрее проникают в физику, до сих пор не ясно, какие физические явления ответственны за большинство топологических свойств пространства-времени» [8].

Достаточно общую рекомендацию, дающую направление исследования, можно обнаружить в методологии физики [9]: «...определение топологических свойств пространства тесно связано с проблемой причинности». Если принять эту точку зрения, то возможным становится следующий план исследования.

Проблема причинности будет решена, если определить понятие события, понятие каузальной связи между событиями и описать свойства событий и каузальных связей. Необходимо поставить в соответствие общим философским понятиям «событие» и «каузальная связь» некоторые идеализированные механические понятия, а этим механическим понятиям сопоставить их концептуальные корреляты – топологические понятия. После определения таким образом топологических понятий можно в полной мере пользоваться теоретическим аппаратом топологии для установления топологических свойств концептуального пространства-времени.

По И.В. Кузнецову [10], причинные связи имеют материальную природу: «Чтобы какое-либо явление могло стать причиной другого явления, между ними неизбежно должен произойти перенос материи и движения. Эта передача материи и движения составляет одну из самых важных сторон того, что мы имеем в виду, когда говорим, что причина порождает следствие».

Простейшие наблюдения показывают, что движение передается от одной частицы вещественного образования к другой посредством распространяющегося с конечной скоростью механического взаимодействия. Волна механического взаимодействия, обыкновенная звуковая волна – вот тот элемент, физические свойства которого должны быть положены в основу топологических свойств концептуального пространства-времени.

Способ формирования топологических понятий на основе экспериментальных данных состоит в следующем.

Экспериментально зарегистрированная физическая реальность (например, совокупность нанесенных на тело движущихся меток на фоне неподвижных) описывается, по Н. Бору, при помощи классических понятий ньютоновой механики и галилеева пространства-времени.

Данной физической реальности путем идеализации ставится в соответствие механическое понятие (например, волна механического взаимодействия).

Механическому понятию сопоставляется топологическое понятие (например, окрестность).

Эта стандартная последовательность гносеологических операций – от физической реальности к механическому понятию, а затем, от механического понятия к математическому – систематически применяется в процессе построения теории.

Таким образом, топологические свойства концептуального пространства-времени, соответствующего некоторому материальному объекту, определяются свойствами взаимодействия, присущего данному объекту. Для деформируемого тела это механическое взаимодействие.

Из самой процедуры построения топологии концептуального пространства-времени на основе экспериментально определенных свойств взаимодействия вытекает, что различие двух видов взаимодействия хотя бы в одном свойстве может привести к двум различным топологиям. По-видимому, разнообразие топологий, соответствующих различным видам взаимодействия, а значит, и разнообразие форм концептуального пространства-времени не менее велико, чем разнообразие самих взаимодействий.

На основе серии мысленных экспериментов показывается что движущемуся деформируемому телу соответствует четырехмерное метризуемое топологическое концептуальное пространство-время.

1.3. Геометрия

Каузальные основания геометрии. Синтез концептуального пространства-времени, основан на том, что свойства последнего определяются физическими свойствами тела и свойствами его движения. Поэтому первым возникает вопрос о том, какими же физическими явлениями обусловлены геометрические свойства пространства-времени: аффинность, метрика, фундаментальная группа движений.

При синтезе топологического пространства-времени, в основу топологических свойств были положены свойства волн механического взаимодействия как носителей каузальной связи между элементарными событиями. Топологическое описание каузальности является чисто качественным. На топологическом уровне удается описать только такие свойства элементарных событий как упорядоченность, направленность и т.п. Относительно двух элементарных событий u, v на языке топологии возможны утверждения типа «u предшествует v» или «v следует за u», но невозможны утверждения типа «u есть причина v» или «v есть следствие u». Количественное же описание каузальных связей в топологии принципиально невозможно.

В основу аффинных свойств концептуального пространства-времени также положены свойства механического взаимодействия, выражающиеся в свойствах каузальных связей, но описаны они количественно. Например, каузальная связь между элементарным событием-причиной и элементарным событием-следствием описана посредством понятия вектора, допускающего количественное представление. В свою очередь, математическое понятие вектора введено на основе физического понятия фронта волны, а не *волны*, как в топологии.

Из серии мысленных экспериментов делается вывод об аффинности концептуального пространства-времени.

Метрика. Привычка приписывать пространству-времени свойство псевдоевклидовости настолько укоренилась, что обоснованность этой операции обычно не вызывает сомнений. Между тем, метрика как фундаментальное свойство пространства-времени в соответствии с реляционной точкой зрения должна определяться фундаментальным физическим законом.

Введение метрики в концептуальное пространство-время имеет своим физическим коррелятом введение ограничения на характеристики движения, совершаемого телом. Так, евклидова метрика пространства означает, что в процессе движения тела расстояние между его частицами неизменно. Можно предположить, что имеет место и обратная корреляция: метрика пространства-времени определяется физическими ограничениями, накладываемыми на движение тела, иначе говоря, законами физики.

Метрика – одно из наиболее общих свойств пространства-времени, поэтому ее истоки следует искать в наиболее общих законах физики, например, в законе сохранения энергии, накладывающем ограничения на все физические процессы.

Основная гипотеза состоит в следующем: если движение материального объекта подчиняется закону сохранения энергии, то соответствующее этому движущемуся объекту пространство-время является метрическим.

На основании этой гипотезы установлен вытекающий из закона сохранения энергии вид метрики пространства-времени – это локально псевдоевклидова метрика.

Эквиаффинность. Еще одно фундаментальное ограничение на физические свойства движения, а значит, на математические свойства концептуального пространства-времени накладывается принципом локального равновесия, введенным И.Пригожиным в его работах по неравновесной термодинамике [11].

Принцип локального равновесия позволяет установить важное свойство концептуального пространства-времени, а именно, его эквиаффинность, свойство сохранять неизменным произвольный четырехмерный объем при отображениях, принадлежащих фундаментальной группе движений. Из принципа локального равновесия вытекает, что группа движений деформируемого тела является унимодулярной.

Группа движений. В соответствии с Эрлангенской программой Ф. Клейна [12], геометрия пространства времени полностью определяется группой движений.

Набор движений четырехмерного пространства-времени, в совокупности составляющих унимодулярную группу и имеющих наглядное и предельно простое физическое истолкование, устанавливается без труда: это повороты, сдвиги, псевдоповороты и псевдосдвиги. На этом основании определяется математически и физически полный и точный набор позиционных характеристик движения деформируемого тела.

Движение материальной точки деформируемого тела (математическим коррелятом которой служит точка пространства-времени) имеет две составляющих – переносную и относительную. Переносное движение – это движение материальной точки вместе со структурным элементом (элементарным объемом), математическим коррелятом которого служит четырехмерный локальный базис. Относительное движение – это движение материальной точки относительно структурного элемента.

Движение базиса m_α^k (α – номер вектора, k – номер координаты α-го вектора) описывается локальным линейным преобразованием

$$m_j^k = U_j^\alpha m_\alpha^k. \tag{1.1}$$

Четырехмерный объем, построенный на векторах m_j^k, определяется формулой

$$W = \left|U_j^\alpha\right|\left|m_\alpha^k\right|. \tag{1.2}$$

Из принципа локального равновесия следует, что этот объем не должен изменяться при движении тела. Преобразованный объем равен прежнему объему (до преобразования) при условии

$$\left|U_j^\alpha\right| = 1. \tag{1.3}$$

Унимодулярная группа преобразований, удовлетворяющая условию (1.3), включает в себя переносы, повороты и сдвиги, псевдоповороты и псевдосдвиги. Унимодулярные растяжения-сжатия выражаются через сдвиги и самостоятельными не являются.

1.4. Кинематика

В классической механике сплошной среды, в отличие от механики абсолютно твердого тела, отсутствует раздел кинематики в строгом понимании этого термина. Неомеханика, благодаря введению понятия структурного элемента, позволяет заполнить этот пробел.

Кинематические параметры. В каждой точке тела в каждый момент времени определен подвижный четырехмерный векторный базис. Локальная деформация тела рассматривается как изменение этого базиса по сравнению с абсолютным базисом, характеризующим натуральное состояние тела. Это изменение описывается кинематическими параметрами Λ_i^j $(i, j = 0...3)$.

Кинематические параметры имеют смысл квазикоординат и описывают поворот, сдвиг и скорость движения подвижного базиса по отношению к абсолютному базису во всех точках тела во все моменты времени.

Кинематические уравнения. Частные производные кинематических параметров имеют смысл квазискоростей и в совокупности образуют объект связности

$$\Omega_{ki}^j = \partial_k \Lambda_i^j, \ (i, j, k = 0...3). \tag{1.4}$$

Здесь ∂_k – символ частной производной по координате x^k.

Уравнения (1.4) есть кинематические уравнения, аналогичные кинематическим уравнениям Пуассона.

Тензор деформации. Четырехмерный тензор деформации D имеет вид:

$$D_{ki} = \nabla_k \xi_i, \ (i, k = 0...3). \tag{1.5}$$

где ξ_i – тензор первого ранга, который мы будем именовать тензором потенциала, его можно также рассматривать как четырехмерный вектор, соединяющий две различные точки тела (точку возмущения и точку наблюдения) в два различных момента времени; ∇_k – символ абсолютной производной по координате x^k.

Более подробно

$$D_{ki} = \partial_k \xi_i - \Omega^p_{ki} \xi_p \,. \qquad (1.6)$$

Введенный таким образом тензор деформации D_{ki} в общем случае нелинеен. Нелинейность обусловлена наличием связности, то есть переносным движением (движением структурного элемента и соответствующим ему преобразованием базиса).

1.5. Динамика

Тензор внешних напряжений. Внешние воздействия можно описать четырехмерным тензором напряжений P_{ij}. В механике этот тензор всегда симметричен.

Энергия движения. В механике сплошной среды плотность потенциальной энергии деформации определяют как свертку:

$$E = \frac{1}{2} C^{ijkl} D_{ij} D_{kl} \,,\ (i, j, k, l = 1...3) \qquad (1.7)$$

где C^{ijkl} – тензор констант упругости;

D_{ij} – тензор деформации.

Поскольку в механике тензор деформации симметричен, то есть $D_{ij} = D_{ji}$, то тензор констант упругости обладает очевидными свойствами симметрии: $C^{ijkl} = C^{jikl}$, $C^{ijkl} = C^{jilk}$, а так как D_{ij} и D_{kl} в выражении (1.7) – это один и тот же тензор, имеется еще одно свойство симметрии: $C^{ijkl} = C^{klij}$.

В четырехмерном случае сохраняется определение (1.7). Однако, в этом случае тензор деформации D_{ij} четырехмерен и, помимо обычных механических деформаций, содержит также скорость поступательного движения и градиент температуры. Соответственно, свертка

$$E = \frac{1}{2} C^{ijkl} D_{ij} D_{kl} \,,\ (i, j, k, l = 1...3) \qquad (1.8)$$

описывает плотность полной энергии движения деформируемого тела, включая плотность энергии деформации, плотность кинетической энергии и плотность энергии теплового движения.

Закон сохранения энергии. В натуральном состоянии, при отсутствии внешних воздействий и деформаций, энергия движения равна нулю. В соответствии с законом сохранения энергии, прирост энергии по отношению к нулевому натуральному значению равен работе внешних сил, и для актуального состояния можно написать:

$$\frac{1}{2}C^{ijkl}D_{ij}D_{kl} = P^{ij}D_{kl}\,. \tag{1.9}$$

Это соотношение утверждает равенство прироста плотности энергии движения и плотности работы внешних сил в любой точке тела в любой момент времени.

Действие. Интегрируя левую часть равенства (1.9) по четырехмерному объему, элемент которого есть

$$dW = dx^0 dx^1 dx^2 dx^3\,, \tag{1.10}$$

можно получить:

$$L = \frac{1}{2}C^{ijkl}\int_W D_{ij}D_{kl}\sqrt{g}\,dW\,. \tag{1.11}$$

Интеграл (1.11) есть действие внутренних сил.

Интегрирование правой часть равенства (1.6) по тому же объему дает:

$$A = \int_W P^{ij}D_{ij}\sqrt{g}\,dW\,. \tag{1.12}$$

Интеграл (1.12) есть действие внешних сил.

Из закона сохранения энергии вытекает равенство действий:

$$L = A. \tag{1.13}$$

Действие в четырехмерном случае играет ту же роль, что энергия в трехмерном случае. Равенство (1.13) можно рассматривать как «закон сохранения действия».

Динамические уравнения. Уравнения движения содержат две группы. Первая группа – это уравнения импульса

$$C_{jl}^{ik} \nabla_i D_k^l = \nabla_i P_j^i, \tag{1.14}$$

аналогичные уравнениям поступательного движения абсолютно твердого тела. Уравнения импульса получаются вариацией действия по позиционной переменной ξ^i.

Вторая группа – это уравнения момента импульса

$$C_{jl}^{ik} \nabla_i \left(\xi^q D_k^l \right) = \nabla_i \left(\xi^q P_j^i \right), \tag{1.15}$$

аналогичные уравнениям вращательного движения абсолютно твердого тела. Уравнения момента импульса получаются вариацией действия по кинематическим параметрам.

Раскрыв скобки в последнем выражении и сократив слагаемые, соответствующие уравнениям импульса, можно получить:

$$C_{jl}^{ik} D_k^l D_q^i = P_j^i D_i^q, \tag{1.16}$$

После умножения обеих частей этого равенства на тензор, обратный тензору D_i^q, получается четырехмерное уравнение закона Гука в тензорной форме:

$$C_{jl}^{ik} D_k^l = P_j^i. \tag{1.17}$$

Нетрудно убедиться, что динамические уравнения следуют из закона Гука.

Это нелинейные тензорные уравнения в частных производных. Наиболее важно то, что они содержат *естественные* нелинейности, выражаемые через связность. Эти нелинейности аналогичны нелинейностям типа кориолисовых или гироскопических сил в уравнениях движения абсолютно твердого тела, в которых фигурирует угловая квазискорость. Для случая абсолютно твердого тела квазискорость и есть связность. В случае деформируемого тела физическое содержание связности неизмеримо богаче, поскольку среди кинематических параметров, кроме углов поворота присутствуют углы сдвига, псевдосдвига и псевдоповорота, а в при описании кинематики используются производные кинематических параметров не только по времени, но и по координатам.

Уравнение локального равновесия. Принцип локального равновесия может быть выражен в виде уравнения

$$\nabla_i \xi^i = 0 . \tag{1.18}$$

В гидродинамике аналогичное уравнение называется уравнением неразрывности, в теории электромагнитного поля – уравнением калибровочной инвариантности.

1.6. Инвариантность к четности

Вернемся к выражению для плотности энергии движения

$$E = \frac{1}{2} C^{ijkl} D_{ij} D_{kl} \tag{1.19}$$

и будем рассматривать случай, когда C^{ijkl} есть тензор общего вида, не приписывая ему заранее каких либо свойств симметрии. Тензор упругости C^{ijkl} можно проальтернировать по всем индексам, в результате получится тензор $C^{[ijkl]}$, антисимметричный по всем парам индексов.

Поскольку любой из элементов тензора $C^{[ijkl]}$ с точностью до знака получается из любого другого его элемента перестановкой индексов, то этот тензор имеет одну существенную компоненту, которую мы обозначим C, а сам тензор можно записать в виде

$$C^{[ijkl]} = C\varepsilon^{\mathrm{ijkl}}, \tag{1.20}$$

где ε^{ijkl} – совершенно антисимметричный тензор, или псевдотензор.

По определению $\varepsilon^{ijkl} = 0$, если любые два его индекса одинаковы, $\varepsilon^{ijkl} = +1$, если ($ijkl$) представляют собой четную перестановку чисел 0, 1, 2, 3, и $\varepsilon^{ijkl} = -1$, если ($ijkl$) есть нечетная перестановка тех же чисел, при этом принято $\varepsilon^{0123} = 1$.

При преобразовании координат

$$x^i \to x^{i'} \tag{1.21}$$

закон преобразования псевдотензора отличается от закона преобразования истинного тензора.

Закон преобразования истинного тензора имеет вид:

$$C^{i'j'k'l'} = \frac{\partial x^{i'}}{\partial x^{i}} \frac{\partial x^{j'}}{\partial x^{j}} \frac{\partial x^{k'}}{\partial x^{k}} \frac{\partial x^{l'}}{\partial x^{l}} C^{ijkl} \tag{1.22}$$

Закон преобразования псевдотензора имеет аналогичный вид:

$$\varepsilon^{i'j'k'l'} = \frac{\partial x^{i'}}{\partial x^{i}} \frac{\partial x^{j'}}{\partial x^{j}} \frac{\partial x^{k'}}{\partial x^{k}} \frac{\partial x^{l'}}{\partial x^{l}} \varepsilon^{ijkl} \tag{1.23}$$

Правая часть представляет собой разложение определителя

$$D = \begin{bmatrix} \dfrac{\partial x^{0}}{\partial x^{i}} & \dfrac{\partial x^{0}}{\partial x^{j}} & \dfrac{\partial x^{0}}{\partial x^{k}} & \dfrac{\partial x^{0}}{\partial x^{l}} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dfrac{\partial x^{3}}{\partial x^{i}} & \dfrac{\partial x^{3}}{\partial x^{j}} & \dfrac{\partial x^{3}}{\partial x^{k}} & \dfrac{\partial x^{3}}{\partial x^{l}} \end{bmatrix}, \tag{1.24}$$

поэтому вместо (1.23) можно записать:

$$\varepsilon^{i'j'k'l'} = D\varepsilon^{ijkl} \tag{1.25}$$

Таким образом, псевдотензор ε^{ijkl} не изменяется при всех четных унимодулярных преобразованиях координат (то есть содержащих 0, 2, или 4 отражения) и изменяет свой знак при нечетных преобразованиях (содержащих 1 или 3 отражения).

Результат умножения псевдотензора на истинный тензор есть псевдотензор. Поэтому часть

$$E' = \frac{1}{2} C^{ijkl} D_{ij} D_{kl} \tag{1.26}$$

энергии движения E, соответствующая антисимметричной части тензора упругости, есть, вообще говоря, псевдотензор нулевого ранга, или псевдоскаляр.

Псевдоскаляр E' в общем случае изменяет знак при нечетных преобразованиях, иначе говоря, при нечетных преобразованиях нарушается закон сохранения энергии. В механике тензор деформации D_{ij} симметричен, а тензор упругости определен с точностью до совершенно антисимметричного слагаемого $C\varepsilon^{ijkl}$, поэтому псевдоскаляр E' тождественно равен нулю и нарушения закона сохранения энергии не наблюдается.

Таким образом, закон сохранения энергии и все механические процессы инвариантны к четности преобразований.

Инвариантностью к четности, в частности, объясняется независимость уравнений механики от направления времени.

Литература:

1. Визгин В.П. Единые теории поля в первой трети XX века. – М.: Наука, 1985.
2. Марков М.А. О природе физического знания // Вопр. филос. – 1947. – №2. – С. 140...176.
3. Паркс В. Геометрический муар // Экспериментальная механика: В 2т. – М.: Мир, 1990. – Т.1. – С. 328...365.
4. Бор Н. Дискуссии с Эйнштейном по проблемам познания в атомной физике // Бор Н. Избр. тр.: В 2т. – М.: Наука, 1971. Т.2 – С. 399...433.
5. Лобачевский Н.И. Новые начала геометрии с полной теорией параллельных // Лобачевский Н.И. Полн. собр. соч.: В 5т. – М.-Л.: ГИТТЛ, 1949. – Т.2 – С. 147...454.
6. Потемкин В.К, Симанов А.Л. Пространство в структуре мира. – Новосибирск: Наука. Сиб. отд.-ние, 1990.
7. Бриллюэн Л. Новый взгляд на теорию относительности. –М.: Мир, 1972.
8. Мостепаненко А.М. Проблема многообразия свойств пространства и времени и ее методологическое значение // Пространство и время в современной физике. – Киев: Наук. думка, 1968. С. 172...178.
9. Рейхенбах Г. Философия пространства-времени. – М.: Прогресс, 1985.
10. Кузнецов В.И. Проблема причинности в современной физике. –М.: Изд. АН СССР, 1960.
11. Пригожин И. Введение в термодинамику необратимых процессов. – М.: ИЛ, 1960.
12. Клейн Ф. Сравнительное обозрение новейших геометрических исследований // Об основаниях геометрии. – М.: ГИТТЛ, 1956. – С. 399...434.

2. Интегрум

На основании принципиально новой теории движения сплошной среды выдвигается гипотеза объединения механики и электродинамики в единую теоретическую систему.

2.1. Гипотеза

Если отвлечься от физического содержания уравнений неомеханики, принимая во внимание только их математическую сторону, то можно сделать вывод, что это уравнения динамики некоторого нелинейного поля. Они описывают динамику механического континуума при одном основном ограничении: тензор деформации *Dij* симметричен. Тензор упругости C^{ijkl} при этом обладает, естественно, симметрией по индексам *i,j* и *k,l*.

Возникает простейший вопрос: что описывают эти уравнения в случае, если тензор деформации антисимметричен и что это за тензор? Ближайший кандидат на роль антисимметричного тензора деформации – это тензор электромагнитного поля. В этом случае неомеханика позволяет построить на своей основе нелинейную теорию электромагнитного поля, причем нелинейности будут иметь естественный характер, адекватный реальной динамике поля, а не введенный по воле исследователя *ad hoc*.

Если воспользоваться далеко не новой идеей о том, что электромагнитные волны – это колебания эфира (или физического вакуума), а также вспомнить о существовании кинематических уравнений, не очень вяжущихся с понятием поля, то можно говорить о нелинейной динамике вакуума. Противоречия, присущие механистической теории вакуума в данном случае не имеют места.

На основе неомеханики возникает уникальная возможность для объединения механики с электродинамикой. Тензор C^{ijkl} в общем случае, когда его уже нельзя называть тензором констант упругости, а придется называть просто тензором констант, не обладает никакими симметриями. Свертка вида

$$E = \frac{1}{2} C^{ijkl} D_{(ij)} D_{(kl)}, \tag{2.1}$$

где $D_{(ij)}$ – симметричный тензор деформации механического континуума, описывает плотность энергии механического континуума, при этом «работает» только часть $C^{(ij)(kl)}$ тензора констант, то есть тензор констант упругости. Вариационным методом на основе этой записи энергии получаются динамические уравнения движения механического континуума.

Свертка вида

$$E = \frac{1}{2} C^{ijkl} D_{[ij]} D_{[kl]}, \tag{2.2}$$

где $D_{[ij]}$ – антисимметричный тензор электромагнитного поля, описывает плотность энергии электромагнитного поля, при этом «работает» только часть $C^{[ij][kl]}$ тензора констант, то есть тензор электромагнитных констант. При такой записи энергии вариационным методом получаются уравнения движения электромагнитного поля.

Свертка

$$E = \frac{1}{2} C^{ijkl} D_{ij} D_{kl}, \tag{2.3}$$

где D_{ij} – тензор общего вида, описывает общую плотность энергии механического континуума и электромагнитного поля, при этом тензор C^{ijkl} не есть эклектическая сумма тензоров констант механического континуума и электромагнитного поля, это тензор констант некоего неразрывного целого, что можно назвать, например, *интегрумом*. Соответствующие уравнения движения описывают динамику этого неразрывного целого.

Все противоречия, связанные с понятием эфира, возрожденного в последнее время в виде физического вакуума, с введением понятия интегрума исчезают. Эти противоречия порождены механистической картиной мира, в соответствии с которой вещественные тела движутся в эфире (или вакууме), которому также приписывались механические свойства: его считали в разное время газом, жидкостью или твердым телом.

Ньютон вычислил, что межпланетная среда – эфир – должна обладать отношением упругости к плотности по крайней мере в триллион раз большим, чем воздух. При этом он исходил из того, что эфир не должен оказывать сопротивления движению небесных тел, поскольку их наблюдаемые движения правильны и длительны.

Работы Френеля по интерференции поляризованного света позволили установить, что световые волны поперечны. В соответствии с законами механики, по-прежнему применяемыми к эфиру, он в этом случае должен быть твердым телом, поскольку поперечные волны распространяются только в твердых телах.

Попытки объяснить аберрацию света от звезд привели к выводу, что эфир должен оставаться неподвижным при движении тел относительно него.

Знаменитый эксперимент Майкельсона установил, как принято считать, отсутствие движения Земли относительно эфира*.

Стокс вводил гипотезу «разноскоростного эфира», по аналогии с движением тел в жидкости: чем дальше от движущегося тела, тем меньшее возмущение вносится этим телом в состояние жидкости.

Планк выдвинул гипотезу о том, что эфир сжимаем.

До сих пор делаются попытки спасти теорию эфира (который теперь именуется физическим вакуумом или морем Дирака), например, путем сопоставления ему квантовых жидкостей, при нулевой температуре не оказывающих сопротивления движущимся в них телам, но обладающих упругостью [1].

Механическая теория эфира зашла в тупик, поскольку рассматривала эфир как отдельно взятую среду, в которой движутся погруженные в нее вещественные тела.

Все затруднения подобного рода отпадают, если эфир, или физический вакуум, не считать отдельной, независимой от вещества средой или суб-

---

* В действительности это, по-видимому, не так. Майкельсон никогда не сообщал о нулевой скорости движения Земли относительно эфира, в 1881 г. он сообщал о скорости «эфирного ветра» не более 18 км/с, а в 1887 – не более 7,5 км/с на уровне моря, в 1929 г. в совместном сообщении с Писом и Пирсоном – о скорости, равной приблизительно 6 км/с на высоте 1860 м (в обсерватории Маунт Вилсон).

станцией. Вещество и вакуум – это две стороны одной и той же реальности, именуемой здесь интегрумом. В этом случае предполагать, что вещественное тело движется в вакууме или эфире, бессмысленно (ничто не движется относительно самого себя) и все вытекающие из такого предположения противоречия просто не возникают.

Чтобы убедиться в осмысленности этой гипотезы, мы попытаемся получить уравнения динамики электромагнитного поля в рамках концепции интегрума.

2.2. Электромагнитное поле

Уравнения Максвелла можно получить, используя уравнение импульса в его общем виде:

$$C^{ikjl}\nabla_i D_{kl} = \nabla_i P^{ji}\,. \qquad (2.4)$$

Здесь C^{ijkl} – тензор констант общего вида.

Из условия инвариантности к четности следует, что тензор констант определен с точностью до аддитивной произвольной псевдотензорной величины $C\varepsilon^{ijkl}$. Используя это обстоятельство, уравнение импульса можно переписать в виде:

$$\left(C^{ikjl} + C\varepsilon^{ijkl}\right)\nabla_i D_{kl} = \nabla_i P^{ji}\,. \qquad (2.5)$$

Тензор электромагнитного поля антисимметричен, поэтому последнее уравнение необходимо переписать в виде:

$$\left(C^{ikjl} + C\varepsilon^{ijkl}\right)\nabla_i D_{[kl]} = \nabla_i P^{ji}\,. \qquad (2.6)$$

Учтя инвариантность к четности, запишем его в виде системы двух уравнений:

$$\varepsilon^{ijkl}\nabla_i D_{kl} = 0, \qquad (2.7)$$

$$C^{ikjl}\nabla_i D_{kl} = \nabla_i P^{ji}\,. \qquad (2.8)$$

Обозначив тензор электромагнитного поля

$$F_{lm} = D_{[lm]}, \qquad (2.9)$$

перепишем равенство (2.7) в виде:

$$\varepsilon^{iklm}\nabla_k F_{lm} = 0. \tag{2.10}$$

В линейном случае тензор электромагнитного поля имеет вид:

$$F_{lm} = \begin{bmatrix} 0 & E_1 & E_2 & E_3 \\ -E_1 & 0 & -H_3 & H_2 \\ -E_2 & H_3 & 0 & -H_1 \\ -E_3 & -H_2 & H_1 & 0 \end{bmatrix}, \tag{2.11}$$

где
E_1, E_2, E_3 – компоненты вектора напряженности электрического поля $\vec{E}$;
H_1, H_2, H_3 – компоненты вектора напряженности магнитного поля $\vec{H}$.

В этих обозначениях тензорное уравнение (2.10) превращается в первую пару уравнений Максвелла:

$$rot\,\vec{E} = -\frac{\partial \vec{H}}{\partial x^0}; \tag{2.12}$$

$$div\,\vec{H} = 0. \tag{2.13}$$

Таким образом, первая пара уравнений Максвелла следует из условия инвариантности к четности и, следовательно, связана с законом сохранения энергии. Тензор констант в уравнении (2.8) мы запишем в виде:

$$C^{ijkl} = \frac{M}{2}\left(G^{ij}G^{kl} - G^{il}G^{kj}\right), \tag{2.14}$$

где
M – константа,
G^{ij} – метрический тензор псевдоевклидова пространства-времени.

Обозначив

$$\frac{1}{c}I^j = \frac{1}{M}\nabla_i P^{ji}, \tag{2.15}$$

где c – скорость света, I^j – четырехмерная плотность тока.

Получим из (2.8) вторую пару уравнений Максвелла в виде:

$$\nabla_i F^{ji} = \frac{1}{c} I^j , \tag{2.16}$$

Приняв во внимание значение тензора поля в линейном случае

$$F_{lm} = \begin{bmatrix} 0 & -E_1 & -E_2 & -E_3 \\ E_1 & 0 & -H_3 & H_2 \\ E_2 & H_3 & 0 & -H_1 \\ E_3 & -H_2 & H_1 & 0 \end{bmatrix}, \tag{2.17}$$

и значение четырехмерной плотности тока

$$I^j = (qc, i_1, i_2, i_3), \tag{2.18}$$

где

q – плотность заряда; i_1, i_2, i_3 – компоненты вектора плотности тока $\vec{i}$.

Получим из (2.16) вторую пару уравнений Максвелла в традиционном виде:

$$rot\,\vec{H} = -\frac{\partial \vec{E}}{\partial x^0} + \frac{1}{c}\vec{i} \; ; \tag{2.19}$$

$$div\,\vec{E} = q \, . \tag{2.20}$$

Обе группы уравнений Максвелла являются следствиями уравнения импульса, полученного вариационным методом, но первая из них подчинена также условию инвариантности к четности.

Исходя из известных заранее уравнений Максвелла, мы определили вид тензора констант электромагнитного поля. С использованием этого тензора нелинейные уравнения электромагнитного поля (их можно рассматривать и как уравнения динамики вакуума) имеют вид (2.7), (2.8).

В нелинейном случае эти уравнения дополняются кинематическими уравнениями.

Как видно из уравнения (2.4), в общем случае не существуют по отдельности тензор потенциала для механического движения и тензор потенциала для движения вакуума (электромагнитного поля), они оба входят в единственный тензор потенциала, общий для обоих видов движения, и в связи с этим должны иметь одинаковую размерность.

Выражение электрических размерностей через механические можно найти в трактате Максвелла [2] или в более современной литературе [3]. Так, например, величина электрического заряда, измеряемая обычно в кулонах, имеет размерность $кг^{1/2}м^{3/2}с^{-1}$. Эта размерность следует из закона Кулона. Поскольку результаты всех экспериментов, связанных с формулировкой законов электромагнетизма, в соответствии с принципом Бора описываются в терминах механики, то и все электромагнитные размерности могут быть выражены через механические.

В теории электромагнитного поля (в динамике вакуума) отсутствует физическая константа, аналогичная модулю упругости E в механике, но характеризующая свойства вакуума. Между тем, необходимость присутствия такой константы в тензоре констант C^{ijkl} очевидна. Мы не будем обсуждать возможность экспериментального определения такой константы, а только покажем, что все механические размерности электромагнитных величин определены с точностью до сомножителя $\sqrt{M}$ или $\sqrt{1/M}$, где M – константа вакуума, имеющая размерность модуля упругости $кг{\cdot}м^{-1}с^{-2}$, или $Дж{\cdot}м^{-3}$ и характеризующая энергию покоя вакуума. По аналогии с модулем механической упругости E величине M можно приписать смысл модуля электромагнитной упругости.

Ситуация поясняется таблицей 1*.

В таблице мы использовали значения плотности заряда и плотности тока в том виде, в котором они входят в уравнения Максвелла (плотность тока разделена на скорость света).

Как видно, размерности приведенных электромагнитных величин совпадают с размерностями соответствующих механических величин: размерность электромагнитного потенциала $\vec{A}'$ совпадает с размерностью механического потенциала ξ^i, размерность электрической напряженности

* $\vec{A}$ – вектор электромагнитного потенциала.

$\vec{E}'$ и магнитной напряженности $\vec{H}'$ – с размерностью тензора деформации D_{ij}, размерность плотности заряда q' и плотности тока $\vec{i}/c$ – с размерностью плотности силы F^j.

Попытаемся подтвердить, что по своему месту в рассматриваемой математической модели константа вакуума M аналогична модулю упругости E. Подставим в уравнения Максвелла (2.19), (2.20) значения

$$\vec{H} = \sqrt{M}\,\vec{H}'; \tag{2.21}$$

$$\vec{E} = \sqrt{M}\,\vec{E}'; \tag{2.22}$$

$$\vec{i} = \vec{i}'/\sqrt{M}; \tag{2.23}$$

$$q = q'/\sqrt{M}. \tag{2.24}$$

В результате получим:

$$\sqrt{M}\ rot\,\vec{H}' = \sqrt{M}\,\frac{\partial \vec{E}'}{\partial x^0} + \frac{\vec{i}'}{c\sqrt{M}}; \tag{2.25}$$

$$\sqrt{M}\ div\,\vec{E}' = \frac{q'}{\sqrt{M}}, \tag{2.26}$$

или, после умножения обеих частей на $\sqrt{M}$:

$$M\left(rot\,\vec{H}' - \frac{\partial E'}{\partial x^0}\right) = \frac{\vec{i}'}{c}; \tag{2.27}$$

$$M\ div\,\vec{E}' = q'. \tag{2.28}$$

Таблица 1. Размерности электромагнитных величин

Физическая величина	Принятая размерность	Механическая размерность	Приведенная величина	Приведенная размерность
$\vec{A}$	a	$кг^{1/2}м^{1/2}c^{-1}$	$\vec{A}' = \vec{A}\big/\sqrt{M}$	$м$
$\vec{E}$	$ам^{-1}$	$кг^{1/2}м^{-1/2}c^{-1}$	$\vec{E}' = \vec{E}\big/\sqrt{M}$	–
$\vec{H}$	$Ам^{-1}$	$кг^{1/2}м^{-1/2}c^{-1}$	$\vec{H}' = \vec{H}\big/\sqrt{M}$	–
$\vec{i}\big/c$	$Асм^{-3}$	$кг^{1/2}м^{-3/2}c^{-1}$	$\vec{i}'/c = \vec{i}\sqrt{M}\big/c$	$нм^{-3}$
q	$Клм^{-3}$	$кг^{1/2}м^{-3/2}c^{-1}$	$q' = q\sqrt{M}$	$нм^{-3}$

Уравнения (2.27), (2.28) в общей записи имеют вид (2.8) с тензором констант вида (2.14).

Таким образом, модифицированные уравнения Максвелла полностью вписываются в математическую модель неомеханики, если считать известной константу M, имеющую, как теперь окончательно ясно, смысл константы упругости вакуума. Применяемые в настоящее время уравнения Максвелла содержат эту константу в завуалированном виде: она включена в состав внешних воздействий (токов и зарядов).

2.3. Гравитация

Неомеханика изучает динамику ограниченных замкнутых макроскопических тел, выделенных из остального мира. Внешние по отношению к телу силы должны быть заданы. Это относится и к внешним гравитационным силам. Поэтому всюду ниже под гравитационными силами подразумеваются силы, действующие между взаимно тяготеющими частицами тела. Внешние гравитационные силы должны быть описаны по Ньютону и помещены в правую часть уравнений движения как известные (заданные) воздействия. Остается рассмотреть возможность описания внутренних (действующих между частями тела) гравитационных сил средствами неомеханики.

Предположим, что гравитационное взаимодействие распространяется с некоторой конечной скоростью b. Рассмотрим точку x внутри тела (рис.1). В течение промежутка времени t с этой точкой вступят в гравитационное взаимодействие все точки X, находящиеся на расстоянии меньшем, чем $\xi = bt$. Иначе говоря, гравитационное воздействие на точку x окажут все точки, принадлежащие открытому шару, ограниченному сферой S радиуса ξ.

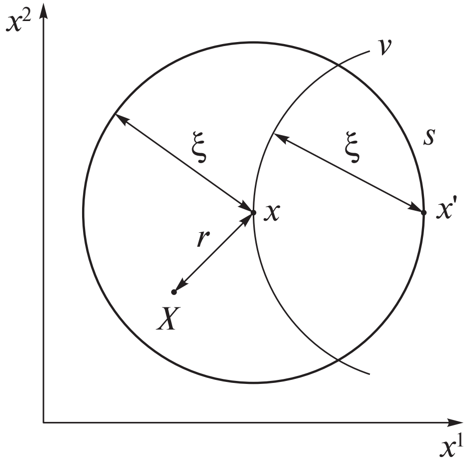

Рис. 1. Гравитационное взаимодействие.

Пусть для простоты плотность тела одинакова во всех его точках и равна ρ. В соответствии с законом Ньютона на частицу с объемом $dV(x)$ и с центром в точке x со стороны частицы с объемом $dV(X)$ и с центром в точке X действует сила:

$$F^i = -\gamma \frac{\rho^2 dV(x) dV(X) r^i}{r^3}, \tag{2.29}$$

где γ – гравитационная постоянная; $r^i = (i = 1, 2, 3)$ – вектор, направленный из точки X в точку x; r – модуль этого вектора.

Приращение энергии, сообщаемое при этом частице, находящейся в точке x, равно:

$$dG = r_i dF^i = \gamma \rho^2 dV(x) dV(X) / r\,. \tag{2.30}$$

Разделив обе части этого равенства на $dV(x)$, получим приращение плотности энергии в тоске x:

$$dE' = \gamma \rho^2 dV(X)/r. \tag{2.31}$$

Введем обычным образом сферические координаты r, η, ψ, такие, что r изменяется от 0 до ξ, η изменяется от 0 до 2π, а ψ – от 0 до π и запишем элемент объема в сферических координатах:

$$dV(X) = r^2 \sin\psi \, d\psi \, d\eta \, dr. \tag{2.32}$$

Интегрируя (2.32) по объему шара, получим плотность энергии в точке x, индуцированную всеми точками шара:

$$E' = 2\pi\gamma\rho^2\xi^2. \tag{2.33}$$

Здесь мы введем вместо трехмерной нормы вектора его четырехмерную норму

$$\xi^2 = I^i_j \xi_i \xi_j, \tag{2.34}$$

где I^i_j – единичный тензор.

и перепишем (2.33) в виде:

$$E' = 2\pi\gamma\rho^2 I^i_j \xi_i \xi_j. \tag{2.35}$$

Вопрос о физическом смысле координаты ξ^0 применительно к данному случаю остается открытым.

Равенство (2.35) дает нам возможность включить гравитацию в общую схему неомеханики.

Плотность энергии в наиболее общем случае имеет вид:

$$E = E_0 + C^i_j \xi_i \xi_j + C^{ik}_{jl} D^i_j D^l_k, \tag{2.36}$$

где E_0 – плотность энергии покоя (константа); C^i_j, C^{ik}_{jl} – тензоры констант, которые должны быть инвариантны к фундаментальной группе движений.

В четырехмерном пространстве-времени возможны такие тензоры только четных порядков [4], по этой причине в (2.36) отсутствуют слагаемые вида $C^i_{jk} D^i_j \xi^k$. Чтобы обладать упомянутым свойством инвариантности, тензор C^i_j должен иметь вид CI^i_j. Сравнивая с (2.35), находим:

$$C = 2\pi\gamma\rho^2 . \tag{2.37}$$

Действие, составленное на основании (2.36), имеет вид:

$$L = E = \int_W E_0 \sqrt{g}\, dW + \int_W C^i_j \xi_i \xi_j \sqrt{g}\, dW + \int_W C^{ik}_{jl} D^i_j D^k_l \sqrt{g}\, dW .$$

Вариации первого слагаемого дают ноль. Вариации второго слагаемого добавляют гравитационные силы в ранее полученные уравнения движения, в том числе и в уравнения электромагнитного поля. Мы не будем здесь воспроизводить эти выкладки.

2.4. Смешанные эффекты

Термомеханическое движение, электромагнитное и гравитационное поля представляют собой «чистые», несмешанные явления. Однако, неомеханика позволяет описывать и смешанные эффекты, такие как пьезоэффект, термоэлектричество и т.п.

Рассмотрим составляющую $C^{(ij)[kl]}$ тензора констант, симметричную по первой паре индексов и антисимметричную по второй паре. Функционал

$$L = \int_W C^{(ij)[kl]} D_{(ij)} D_{[kl]} \sqrt{g}\, dW \tag{2.38}$$

объединяет в одно целое симметричный тензор деформации, ответственный за термомеханические явления, и антисимметричный тензор деформации, ответственный за электромагнитные явления. Варьируя функционал (2.38), мы получим уравнения некоторого смешанного эффекта.

Попытаемся классифицировать смешанные эффекты, исходя из вида функционала (2.38) и вида линейного тензора деформации.

Симметричную (термомеханическую) часть тензора деформации мы запишем в виде:

$$D_{(ij)} = \begin{bmatrix} Q & V+P \\ V+T & D \end{bmatrix} \tag{2.39}$$

Эта запись в значительной мере условна. Скаляр Q символизирует тепловыделение в объеме тела, вектор V соответствует скорости движения, вектор T – градиенту температуры, вектор P – градиенту давления, матрица D – трехмерному тензору деформации.

Антисимметричную (электродинамическую) часть тензора деформации мы представим условной записью

$$D_{[ij]} = \begin{bmatrix} 0 & E \\ E & H \end{bmatrix}, \tag{2.40}$$

где E – вектор электрической напряженности, H – антисимметричная матрица, соответствующая вектору магнитной напряженности.

К условной записи мы прибегли потому, что сейчас нам важен лишь характер явления, а в точных соотношениях нет необходимости. Все возможные смешанные эффекты перечислены в таблице 2.

Таблица 2. Смешанные эффекты

	E	***H***
T	*TE*. Эффект Томсона. *ET*. Эффект неизвестен.	*TH*. Эффект неизвестен. *HT*. Эффект неизвестен.
D	*DE*. Пьезоэффект. *ED*. Электрострикция.	*DH*. Эффект Виллари. *HD*. Магнитострикция.
Q	*QE*. Термоэлектричество. *EQ*. Эффект Пельтье.	*QH*. Эффект неизвестен. *HQ*. Магнитокалорич. эффект.
V	*VE*. Эффект Толмена-Стьюарта. *EV*. Эффект Бьефильда-Брауна.	*VH*. Эффект Барнетта. *HV*. Эффект де Хааза.
P	*PE*. Эффект неизвестен. *EP*. Эффект неизвестен.	*PH*. Эффект неизвестен. *HP*. Эффект неизвестен.

Часть этих эффектов в настоящее время известна.

TE-эффект. Возникновение электродвижущей силы в проводнике при наличии в нем градиента температуры.

DE-эффект. Возникновение электрического поля при механической деформации образца (пьезоэлектрический эффект).

ED-эффект. Механическая деформация образца под действием электрического поля (электрострикция).

DH-эффект. Изменение магнитного поля при деформации образца (магнитоупругий эффект, эффект Виллари).

HD-эффект. Механическая деформация образца под действием магнитного поля (магнитострикция).

VE-эффект. Возникновение электрического тока во вращающейся катушке (эффект Толмена-Стьюарта).

QE-эффект. Возникновение электрического поля при нагревании образца (термоэлектрический эффект).

EQ-эффект. Выделение тепла в образце при наличии электрического поля (эффект Пельтье).

HQ-эффект. Изменение внутренней энергии образца при его адиабатическом намагничивании или размагничивании (магнитокалорический эффект).

EV-эффект. Поступательное движение образца, заряженного до высокой разности потенциалов (эффект Бьефильда).

VH-эффект. Возникновение магнитного момента у образца, приведенного во вращение (эффект Барнетта).

HV-эффект. Возникновение механического вращения образца при его намагничивании (эффект де Хааза).

Еще одна большая группа смешанных эффектов связана с гравитацией. Присвоив гравитационному взаимодействию символ *G*, мы можем указать еще четырнадцать смешанных эффектов: *GT*, *TG*, *GQ*, *DG* и т.д. Однако, ни один из этих эффектов не обнаружен. Причина либо в том, что их никто не искал в силу отсутствия теоретических предпосылок, либо в том, что эти эффекты слишком тонки и не поддаются обнаружению современными экспериментальными средствами, либо, наконец, в том, что излагаемая гипотеза не верна и такого рода эффектов нет. Вопрос остается открытым.

Литература:

1. Г.Е. Воловик. От эфира Ньютона к вакууму современной физики конденсированных сред // Ньютон и философские проблемы XX века.– М.: Наука, 1991. С. 88...98.
2. Дж.К. Максвелл. Трактат об электричестве и магнетизме. В двух томах. T.II. М.: Наука, Гл. ред. физ.-мат. лит., 1989.
3. И.Е. Тамм. Основы теории электричества. М.: Наука, Гл. ред. физ.-мат. лит., 1989.
4. Б.А. Дубровин, С.П. Новиков, А.Т. Фоменко. Современная геометрия. М.: Наука, Гл. ред. физ.-мат. лит., 1979.

Об авторе:

Делямуре Валерий Павлович, старший научный сотрудник Института технической механики Национальной Академии Наук Украины, кандидат технических наук. Окончил физико-технический факультет Днепропетровского госуниверситета в 1962 г. Научное направление: динамика сложных управляемых механических систем.

Адрес: Делямуре Валерий Павлович,
дом 108, корпус 10, кв. 59, Набережная Победы,
г. Днепропетровск, 320094, Украина.

Телефоны:
(038-0562)-67-19-63 (домашний),
(038-0562)-47-25-10 (служебный).

E-mail: delamoure@mail.ru

Дата публикации:

11 июня 2000 года

Электронная версия:

Информационная записка

о монографии В.П. Делямуре «Неомеханика»

1. Автор

Делямуре Валерий Павлович, старший научный сотрудник Института технической механики Национальной Академии Наук Украины, кандидат технических наук с 1973 г. Окончил физико-технический факультет Днепропетровского госуниверситета в 1962 г. В течение 11 лет – старший инженер Конструкторского бюро «Южное», в течение 27 лет – старший научный сотрудник ИТМ. Научное направление: динамика сложных управляемых механических систем. Научно-техническая специализация: динамика систем ориентации космических аппаратов, динамика больших деформируемых космических конструкций.

Адрес:
Делямуре Валерий Павлович,
дом 108, корпус 10, кв. 59,
Набережная Победы,
г. Днепропетровск,
320094,
Украина.

Телефоны:
(038-0562)-67-19-63 (домашний),
(038-0562)-47-25-10 (служебный).

E-mail: delamoure@mail.ru

2. Название монографии

«Неомеханика»

3. Объем и формат книги

Объем книги: 22 а.л. (248 стр. шрифтом 10 пунктов).

Количество иллюстраций: 80.

Литература – 73 наименования.

Формат издания: 170x260 мм.

Формат бумаги (в см) и долях листа: 70x108/16.

4. Аннотация

Излагается принципиально новая теория движения сплошной среды. Проанализированы основные методологические понятия механики сплошной среды. На основе топологического анализа оснований механики сплошной среды выявлена и устранена причиннее неадекватности реальным механическим процессам. Установлены аффинные свойства концептуального пространства – времени, определены его фундаментальная группа движений и метрика. С использованием группы движений введены квазикоординаты – кинематические параметры, имеющие смысл трансляции, ротации и сдвига. Получены кинематические уравнения движения сплошной среды. Вариационным методом получены динамические уравнения движения сплошной среды. На основе полученных результатов выдвинута гипотеза объединения механики и электро- динамики в одну общую теоретическую систему. Для специалистов в области механики.

5. Список заголовков разделов

6. Список цитируемой литературы

1. Лобачевский Н.И. Новые начала геометрии с полной теорией параллельных// Лобачевский Н.И. Полн. собр. соч.: В 5т. – М.-Л.: ГИТТЛ, 1949. – Т.2 – с. 147 – 454.
2. Риман Б. О гипотезах, лежащих в основаниях геометрии // Об основаниях геометрии. – М.: ГИТТЛ, 1956. – С. 309 – 325.
3. Больцман Л. О статистической механике // Больцман Л. Избр. тр. – М.: Наука, 1984. – С. 378 – 391.
4. Каган В.Ф. Н.И. Лобачевский // Каган В.Ф. Очерки по геометрии. – М.: Изд. Моск. ун-та, 1963. – С. 238 – 304.
5. Марков М.А. О природе физического знания // Вопр. филос. – 1947. – N.2. – С. 140 – 176.
6. Бор Н. Дискуссии с Эйнштейном по проблемам познания в атомной физике// Бор Н. Избр. тр.: В 2т. – М.: Наука, 1971. Т.2 – С. 399 – 433.
7. Кузнецов И.В. Избранные труды по методологии физики. – М.: Наука, 1975.

8. Мостепаненко А.М. Проблема многообразия свойств пространства и времени и ее методологическое значение // Пространство и время в современной физике. – Киев: Наук. думка, 1968. С. 172 – 178.
9. Клейн Ф. Сравнительное обозрение новейших геометрических исследований // Об основаниях геометрии. – М.: ГИТТЛ, 1956. – С. 399 – 434.
10. Норден А.П. Открытие Лобачевского и его место в истории новой геометрии // Об основаниях геометрии. – М.: ГИТТЛ, 1956. С.9 – 24.
11. Румер Ю.Б. Принцип сохранения и свойства пространства и времени // Пространство, время, движение. – М.: Наука, 1971. – С. 107 – 125.
12. Визгин В.П. Единые теории поля в первой трети XX века. – М.: Наука, 1985.
13. Каган В.Ф. Геометрические идеи Римана и их дальнейшее развитие // Каган В.Ф. Очерки по геометрии. – М.: – Изд. Моск. ун-та, 1963. – С. 437 – 514.
14. Петров А.З. Гравитация и пространство-время // Пространство, время, движение. – М.: Наука, 1971. – С. 167 – 189.
15. Вейль Г. Комментарий к мемуару Римана // Об основаниях геометрии. – М.: ГИТТЛ, 1956. – С. 325 – 341.
16. Гельмгольц Г. О фактах, лежащих в основании геометрии. – М.: ГИТТЛ, 1956. – С. 366 – 382.
17. Блохинцев Д.И. Пространство и время в микромире. – М.: Наука, 1982.
18. Ли С. Замечания на работу Гельмгольца «О фактах, лежащих в основаниях геометрии» // Об основаниях геометрии. – М.: ГИТТЛ, 1956. – С. 283 – 387.
19. Levi-Civita T. Nozione di parallelismo in una varieta qualunque e consequente specificacione geometrica della curvatura Riemanniana // Rendiconti del Circolo mat. di Palermo. – 1917. – 42, 173 – 206.
20. Розенфельд Б.А. Многомерные пространства. – М.: Наука, 1966.
21. D'Alembert J. le R. Dimension. // Enciclopedie on dictionnaire raisonne. – Paris: Briassone, 1764. – v. IV – c. 1009 – 1010.
22. Дышлевый П.С. Философское содержание и значение общей теории относительности и методов Эйнштейна // Пространство и время в современной физике. Киев: Наук. думка, 1968. – С. 44 – 49.
23. Бор Н. Предисловие и введение к сборнику «Атомная физика и человеческое познание» // Бор Н. Избр. тр.: В 2т. – М.: Наука, 1971. – Т.2 – с. 515 – 517.
24. Швырев В.С. Теоретическое и эмпирическое в научном познании. – М.: Наука, 1978.
25. Петров Ю.А. Теория познания: научно-практическое значение. – М.: Мысль, 1988.
26. Арнольд В.И. Математические методы классической механики. – М.: Наука, 1974.
27. Соколов Д.Д. Галилеево пространство // Математическая Энциклопедия. В 5т. – М.: Сов. Энциклопедия, 1977. – Т. 1 – стб. 843 – 844.

28. Потемкин В.К, Симанов А.Л. Пространство в структуре мира. – Новосибирск: Наука. Сиб. отд.-ние, 1990.
29. Бриллюэн Л. Новый взгляд на теорию относительности. – М.: Мир, 1972.
30. Угаров В.А. Специальная теория относительности. – М.: Наука, 1969.
31. Паркс В. Геометрический муар // Экспериментальная механика: В 2т. – М.: Мир, 1990. – Т.1. – С. 328 – 365.
32. Кузнецов В.И. Проблема причинности в современной физике. – М.: Изд. АН СССР, 1960.
33. Киттель Ч. Введение в физику твердого тела. – М.: Наука, 1978.
34. Епифанов Г.И. Физика твердого тела. – М.: Высшая школа, 1977.
35. Фок В.А. Квантовая физика и философские проблемы // Вопр. филос. – 1971. – N.3. – С. 46 – 48.
36. Рейхенбах Г. Философия пространства-времени. – М.: Прогресс, 1985.
37. Петров А.З. Физическое пространство-время и теория физических измерений // Пространство и время в современной физике. – Киев: Наук. думка, 1968. – С. 184 – 195.
38. Александрян Р.А., Мирзаханян Э.А. Общая топология. – М.: Высшая школа, 1979.
39. Хаусдорф Ф. Теория множеств. – М.–Л.: ОНТИ НКТП СССР, 1937.
40. Ньютон И. Математические начала натуральной философии. – М.: Наука, 1989.
41. Александров П.С. Введение в теорию множеств и общую топологию. – М.: Наука, 1977.
42. Архангельский В.А. Бикомпактные пространства // Математическая Энциклопедия. В 5т. – М.: Сов. энциклопедия, 1977. – Т.1 – стб. 473 – 477.
43. Энгелькинг Р. Общая топология. – М.: Мир, 1986.
44. Александров П.С., Пасынков Б.А. Введение в теорию размерности. – М.: Наука, 1973.
45. Лурье А.И. Теория упругости. – М.: Наука, 1970.
46. Иваницкий Г.Р., Кринский В.И., Морнев О.А. Автоволны: новое на перекрестках наук // Кибернетика живого. Биология и информация. – М.: Наука, 1984. – С. 24 – 37.
47. Каган В.Ф. Основания геометрии. Часть II. – М.: ГИТТЛ, 1956.
48. Рашевский П.К. Риманова геометрия и тензорный анализ. – М.: Наука, 1964.
49. Александров А.Д. Геометрия // Математический энциклопедический словарь. – М.: Сов. энциклопедия, 1988. – С. 143 – 150.
50. Громол Д., Клинбергер В., Мейер В. Риманова геометрия в целом. – М.: Мир, 1971.
51. Предводителев А.С. О римановых многообразиях // История и методология естественных наук. Вып. XXII. Физика. – Изд. Моск. ун.та, 1979.
52. Континуум // Математический энциклопедический словарь. – М.: Сов. энциклопедия, 1988. – С. 287 – 288.

53. Галилей Г. Беседы и математические доказательства, касающиеся двух новых отраслей науки, относящихся к механике и местному движению // Галилей Г. Избр. тр.: В 2т. – М.: Наука, 1964. – Т.2 – с. 111–140.
54. Айзерман М.А. Классическая механика. – М.: Наука, 1980.
55. Пригожин И. Введение в термодинамику необратимых процессов. – М.: ИЛ, 1960.
56. Цянь Сюэ-Сень. Физическая механика. – М.: Мир, 1965.
57. Ферми Э. Молекулы и кристаллы. – М.: ИЛ, 1947.
58. Норден А.П. Пространства аффинной связности. – М.: Наука, 1976.
59. Сычев В.В. Дифференциальные уравнения термодинамики. – М.: Наука, 1981.
60. Гантмахер Ф.Р. Теория матриц. – М.: Наука, 1967.
61. Лурье А.И. Аналитическая механика. – М.: Гос. изд. физ.-мат. лит., 1961.
62. Белл Дж. Ф. Экспериментальные основы механики деформируемых тел. Часть I. Малые деформации. – М.: Наука, 1984.
63. Маркеев А.Н. Теоретическая механика. – М.: Наука, 1990.
64. Лойцянский Л.Г. Механика жидкости и газа. – М.: Наука, 1973.
65. Хьюзмоллер Д. Расслоенные пространства. М.: Мир, 1970.
66. Пуанкаре А. Последние мысли // Пуанкаре А. О науке. – М.: Наука, 1983. – С. 405 – 420.
67. Парс Л.А. Аналитическая динамика. – М.: Наука, 1971.
68. Бретшнайдер С. Свойства газов и жидкостей. – М.-Л.: Химия, 1966.
69. Работнов Ю.Н. Механика деформируемого твердого тела. – М.: Наука, 1979.
70. Дубровин Б.А., Новиков С.П., Фоменко А.Т. Современная геометрия: Методы и приложения. – М.: Наука, 1979.
71. Беляев Н.М. Сопротивление материалов. – М.: ГИТТЛ, 1954.
72. Максвелл Дж.К. Трактат об электричестве. В двух томах. Т. II. М.: Наука, 1989.
73. Тамм И.Е. Основы теории электричества. – М.: Наука, 1989.