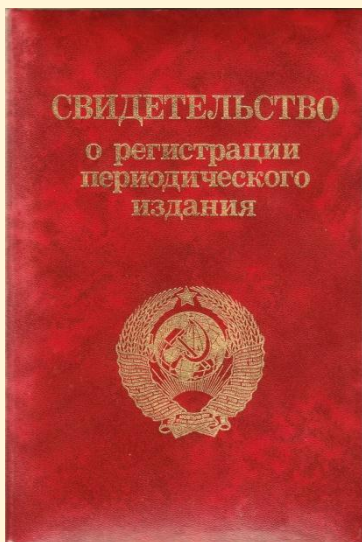


ЭНЦИКЛОПЕДИЯ РУССКОЙ МЫСЛИ

ТОМ 20

**ДОКЛАДЫ
РУССКОМУ
ФИЗИЧЕСКОМУ
ОБЩЕСТВУ,
2013, Часть 2
(Сборник научных работ)**



**Москва
«Общественная польза»
2013**

ФИЗИЧЕСКИЙ СМЫСЛ МНИМОЙ ЕДИНИЦЫ i

Г. П. Шпеньков

«Новая интерпретация мнимостей заключается в открытии оборотной стороны плоскости и приурочении этой стороне – области мнимых чисел».
Павел Флоренский. «Мнимости в геометрии». 1922г.

Три столетия прошло (примерно с 1712 года) как развернулись активные дискуссии о смысле комплексных чисел. Готфрид Лейбниц, Леонард Эйлер, Иоган Бернулли и другие выдающиеся учёные приняли участие в них. Однако с тех пор вплоть до настоящего времени все рассуждения на эту тему, к сожалению, заканчивались фактически ничем, поскольку не приводили к раскрытию главного – выяснению реального физического смысла комплексных чисел.

Не будем вдаваться в историю и детали прошедших дискуссий. Приведём лишь высказывания о сути комплексных чисел некоторых из известных учёных, мнения которых не нуждаются в дополнительных комментариях, настолько ясно и чётко изложена в них основная мысль о состоянии проблемы.

Широко известно высказывание о комплексных числах принадлежащее **Лейбницу** (1646–1716):

«Дух божий нашёл тончайшую отдушину в этом чуде анализа, уроне из мира идей, двойственной сущности, находящейся между бытием и небытием, которую мы называем мнимым корнем из отрицательной единицы». Или подобное: *«Комплексные числа – это прекрасное и чудесное убежище божественного духа, почти что амфибия бытия с небытием».*

В 1759 г. **Фрэнсис Мазер** (1731–1824) опубликовал статью под названием *«Рассуждение о применении в алгебре знака минус»*. Вот что он пишет в ней о мнимых числах:

«... Насколько я могу судить, они служат лишь для того, чтобы внести замешательство во всю теорию уравнений и сделать смутным и загадочным то, что по самой своей природе особенно

ясно и просто... Чрезвычайно желательно поэтому не допускать отрицательные корни в алгебре, а если таковые всё же возникнут, неукоснительно изгонять их. Имеются веские основания полагать, что если бы нам удалось избавиться от отрицательных корней, то тем самым были бы сняты возражения, выдвигаемые многими учёными и остроумными мужами против алгебраических вычислений как слишком сложных и наделённых почти непостижимыми для разума понятиями. Алгебра, или всеобщая арифметика, по самой своей природе, несомненно, является наукой не менее простой, ясной и пригодной для доказательства, чем геометрия”.

Леонард Эйлер в своём фундаментальном труде “*Полное введение в алгебру*” (1770), отмечая загадочную нереальную сущность мнимых чисел, относился к ним как к продукту воображения:

“Квадратные корни из отрицательных чисел не равны нулю, не меньше нуля и не больше нуля. Отсюда ясно, что квадратные корни из отрицательных чисел не могут находиться среди возможных (действительных, вещественных) чисел. Следовательно, нам не остаётся ничего другого, как признать их невозможными числами. Это приводит нас к понятию чисел, по своей природе невозможных и обычно называемых мнимыми или воображаемыми, потому что они существуют только в воображении”.

Неудивительно, что физики, сталкиваясь в своих теоретических построениях с комплексными математическими выражениями, воспринимали мнимые составляющие в них как нереальные сущности (числа, параметры). Настолько глубоко вошло и закрепилось в их сознании (наравне с математиками), как само собой разумеющееся – нереальность чисел, которые были названы мнимыми.

Судя по всему, загадку мнимых чисел нам всё-таки удалось решить; и настоящий доклад представляет собой краткий обзор публикаций на эту тему.

Как мы к пришли к данному открытию и на какую концептуальную базу мы опирались? Это нетрудно будет понять, если разобраться, к какому печальному результату с далеко идущими последствиями пришли физики вследствие незнания физического смысла мнимых чисел, пойдя по пути математических абстракций. В качестве яркого поучительного примера, возьмём квантовую механику (КМ) [1]. Проанализируем самые основы этой теории.

Вспомним, для того что бы избавиться от мнимых чисел в Шредингеровской комплексной волновой функции,

$$\hat{\psi}_{n,l,m} = R_{n,l}(r)\Theta_{l,m}(\theta)\hat{\Phi}_m(\varphi) = R_{n,l}(r)\hat{Y}_{l,m}(\theta, \varphi), \quad (1)$$

где $\hat{\Phi}_m(\varphi) = e^{im\varphi}$, Борн в 1926 году предложил широкоизвестную вероятностную интерпретацию этой функции. Вот как это было сделано.

Поскольку "мнимые" составляющие, рассматриваемые как не-реальные величины, не поддаются строгой физической интерпретации, как полагали физики того времени (и, к сожалению, так считают почти все и по сей день), Макс Борн предложил иметь дело с квадратом модуля волновой функции $\hat{\psi}_{n,l,m}$,

$$\hat{\psi}_{n,l,m}\hat{\psi}_{n,l,m}^* = R_{n,l}^2(r)\Theta_{l,m}^2(\theta), \quad (2)$$

которому придал вероятностный смысл. Вот объяснение **Макса Борна**:

*"The reason for taking the square of the modulus is that the wave function itself (because of the **imaginary** coefficient of the time derivative in the differential equation) is a complex quantity, while quantities susceptible of physical interpretation must of course be real"* [2, p.142].

"Причиной взятия квадрата модуля является то, что сама волновая функция (из-за мнимого коэффициента при производной по времени в дифференциальном уравнении) является комплексной величиной, в то время как величины, поддающиеся физической интерпретации, должны, конечно, быть реальными".

Следуя принятой концепции, вероятность нахождения электрона, например, в атоме водорода в каждой точке и в каждый момент времени в окрестности его ядра, пропорциональна плотности вероятности $|\hat{\Psi}|^2 = \hat{\Psi}\hat{\Psi}^*$. Это предложение о роли волновой функции $\hat{\Psi}$, как определяющей состояние системы через квадрат её модуля, было взято за основу в новой теории, КМ, и стало рассматриваться в качестве одного из основных постулатов, наряду с постулатом об уравнении Шредингера и 3-мя другими. Таким образом, было положено начало квантовой механики с её вероятностной интерпретацией и отсутствием понятия траектории частицы...

Каков же результат принятой концепции? Посмотрим внимательно на пример, представленный схематически на Рис. 1.

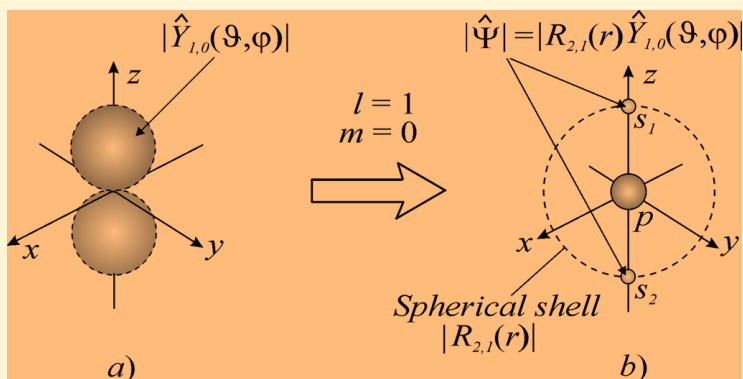


Рис. 1. Распределение областей максимальных значений модуля волновой функции $|\hat{\Psi}|$ при $l=1$ и $m=0$ в сферическом поле-пространстве атома водорода; $|\hat{Y}_{l,m}(\theta, \varphi)|$ – модуль полярно-азимутальной составляющей волновой функции, описывает поверхность, напоминающую по форме гантель (а); s_1 и s_2 (б) – области максимальных значений модуля $|\hat{\Psi}|$; $R_{n,l}(r)$ есть сферическая оболочка (слой-окрестность) отвечающая максимуму радиальной составляющей волновой функции (прерывистая окружность); p есть символическое обозначение ядра (протона) атома.

Представленные на рисунке обозначения соответствуют распределению модуля волновой функции, которое качественно не отличается от распределения его квадрата. Рассмотрен частный случай решения уравнения Шредингера, соответствующего квантовым числам $l = 1$ and $m = 0$. В этом примере экстремальные значения $|\hat{\Psi}| = |R_{2,1}(r)\hat{Y}_{1,0}(\theta, \varphi)|$ (и, следовательно, $|\hat{\Psi}|^2$) находятся в двух полярных точках s_1 and s_2 , то есть на оси Z где соприкасаются поверхность “гантели” и сферическая поверхность, определяемая решением для радиальной составляющей $R_{2,1}(r)$.

К чему привело это решение? Следуя постулату КМ, касающегося физического смысла $|\hat{\Psi}|^2$, можно констатировать, что электрон в атоме водорода (в состоянии, описываемом квантовыми числами $l = 1$ и $m = 0$) может находиться исключительно – либо в точке s_1 , либо в точке s_2 . Это означает, что электрон в данном квантовом состоянии «висит» над «северным» или «южным» полюсами поверхности протона, образуя вместе с протоном электрический диполь вдоль полярной оси Z . Следовательно, его орбитальный (магнитный и механический) моменты равны нулю. Очевидно, что такое строение атома водорода, вытекающее из квантовомеханической вероятностной интерпретации по Шредингеру и Борну, если мы будем строго ей следовать, не согласуется с экспериментом.

Подобная несообразность присуща и всем другим состояниям с волновыми функциями, отвечающими решениям с другими квантовыми числами l и m [3]. По этой причине, видя это и стараясь не акцентировать внимание на этом, на протяжении существования квантовой механики трёхмерное распределение экстремумов Шредингеровских Ψ -функций никогда не было представлено физиками-теоретиками.

Глядя на выражение (2), мы видим, что результатом операции возведения в квадрат модуля волновой функции явилось исчезновение её «мнимой» азимутальной составляющей, функции $\hat{\Phi}_m(\varphi)$ с её мнимой единицей $i = \sqrt{-1}$, из решений волнового уравнения, поскольку $\hat{\Phi}_m^*(\varphi) = e^{-im\varphi}$ и $\hat{\Phi}_m(\varphi)\hat{\Phi}_m^*(\varphi) = 1$. Этот шаг, состоящий таким образом из удаления причиняющей беспокойство азимутальной функции $\hat{\Phi}_m(\varphi)$ из рассмотрения и приведший одновременно к избавлению от независимой переменной φ , вызвал целый ряд неизбежных противоречий и принципиальных проблем для КМ.

Главным результатом во всём этом «решении» является тот факт, что идея Борна, ставшая основным постулатом КМ, сделала абсолютно невозможным в рамках этой теории представить физический образ и объяснить действительное строение индивидуальных атомов, которые являются объёмными трёхмерными образованиями.

Удаление третьей координаты (независимой переменной φ) из трио сферических полярных координат (r, θ, φ) является акцией необоснованной, недопустимой с любой точки зрения и ни под каким предлогом [4].

Незнание физического смысла мнимой единицы i и, следовательно, мнимых чисел в комплексных волновых функциях, привело к произвольной, и потому ошибочной, интерпретации физиками смысла комплексных полярно-азимутальных функций. Настолько были уверены в мнимости (нереальности) «*мнимых*» составляющих комплексных чисел, воспринимая это как догму, что никто из них даже не засомневался, а может быть они всё-таки не мнимые, а реальные?

Полагаю, по этой причине физики даже не заглянули в справочники по математике, где бы нашли, что *комплексные полярно-азимутальные функции определяют координаты узлов и пучностей стоячих волн в трёхмерном поле-пространстве*, а это значит, что обе составляющие комплексной функции *реальны*. В результате физики безосновательно (произвольно) приписали полярно-азимутальным функциям решения волнового уравнения смысл *электронных атомных орбиталей*.

Далее, отдавая себе отчёт в том, что всё-таки нельзя обойтись без «*мнимых*» составляющих полярно-азимутальных функций, физики, комбинируя с «*реальными*» и «*мнимыми*» её членами, ввели операцию, названную *гибридизацией* атомных орбиталей. С того времени математическое смешение «*реальных*» и «*мнимых*» составляющих комплексных волновых функций стало рутинной операцией в квантовой механике и квантовой химии.

Всесторонний анализ необоснованности концепции «*гибридизации*» представлен в работе [1]. Отмечаем здесь только принципиальные моменты. Анализ показал, что *гибридизация* является чисто *математическим смешением* качественно противоположных физических свойств (параметров), которые физически, в принципе, несмешиваемы и, поэтому, в природе такое смешение не реализуется.

Зададим вопрос, можно ли смешать физически вместе такие две *качественно разные* сущности как электрическое и магнитное поля и получить какое-то реально существующее третье результирующее однородное поле?

Конечно, такое *физическое* смешение невозможно в принципе. В случае гибридизации атомных орбиталей фактически имеет место смешение угловых координат *узлов* и *пучностей* стоячих волн в трёхмерном поле-пространстве, что является полным абсурдом.

Гибрид из узла и пучности – нелепость.

Таким образом, операция гибридизации – всего лишь *математический трюк*, использованный создателями квантовой механики на ранней стадии её построения [1, 5].

Абсолютное непонимание физического смысла мнимых компонент в комплексных волновых Ψ -функциях привело, как видим, к построению абстрактно-математической теории – квантовой механики. Отсюда, невозможность в рамках этой теории предложить наглядный физический образ атомов, показать их внутреннее строение, то есть геометрию расположения нуклонов в атомах, движение составляющих электронов в окрестности их ядер, и т. д.

В действительности, как показывает весь опыт физики и следует из проведённого нами анализа, изложенного в книгах и статьях, начиная с 1995 года, "реальные" и "мнимые" составляющие комплексных волновых функций являются обе реальными. И, что особо следует подчеркнуть, – они относятся к двум *качественно (полярно) противоположным* свойствам; в частном случае решения волнового уравнения, относятся к *потенциальным* и *кинетическим* параметрам волнового процесса, описываемого волновой функцией $\hat{\Psi}(r, \theta, \varphi, t)$:

$$\hat{\Psi} = \hat{\psi}(r, \theta, \varphi)\hat{T}(t) = \hat{R}_l(kr)\hat{Y}_{l,m}(\theta, \varphi)\hat{T}(\omega t) = (\psi_p + i\psi_k)\hat{T}(\omega t). \quad (3)$$

Мнимая единица i в комплексных функциях, в частности – в волновой функции (3), указывает на эту *качественную противоположность*.

Полярно-азимутальные сомножители $\hat{Y}_{l,m}(\theta, \varphi)$ волновой функции определяют полярно-азимутальные координаты *узлов* и *пучностей* стоячих волн, локализованных, соответственно, на потенциальных и кинетических радиальных оболочках $\hat{R}_l(kr)$. Пучности являются реальными сущностями, как и узлы, являясь *качественно* их диаметрально (полярными) *противоположностями*.

Полярные компоненты $\Theta_{l,m}(\theta)$ $\hat{\Psi}$ -функции определяют характеристические параллели расположения узлов и пучностей (главных и побочных) на радиальных сферах (волновых оболочках). Азимутальные компоненты $\hat{\Phi}_m(\varphi)$ определяют характеристические меридианы расположение узлов и пучностей на этих сферах. Потенциальные и кинетические составляющие полярно-азимутальной функции $\hat{Y}_{l,m}(\theta, \varphi)$ вместе определяют, таким

образом, пространственные координаты нулей и экстремумов (расположения узлов и пучностей) на радиальных волновых оболочках.

Полярно-азимутальные функции и их решения одинаковы, как для стандартного волнового уравнения, так и для уравнения Шредингера. Радиальные же решения разные (хотя в случае уравнения Шредингера их нельзя называть «решениями», об этом убедительно показано в [6]), однако в обоих случаях они определяют радиусы потенциальных и кинетических сферических оболочек, на которых расположены, соответственно, узлы и пучности стоячих волн.

На Рис. 2 графически представлено частное решение волнового уравнения, соответствующие квантовым числам $l = 5, m = \pm 2$, содержащее информацию о пространственных угловых координатах расположения узлов стоячих волн.

Качественно такая же картина соответствует и угловым координатам пучностей, которые с определённым радиальным сдвигом располагаются между узлами (на рисунке не показаны). Строгие радиальные решения мы здесь не приводим, а сферическая поверхность, соответствующая радиальной волновой оболочке, нарисована здесь условно для того чтобы было легче представить расположение узлов, локализованных на ней в пространстве (картинка справа). Полная же таблица узлов, как и другие графические представления решения волнового уравнения $\Delta \hat{\Psi} - \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 \hat{\Psi}}{\partial t^2} = 0$, приведена в [7, 8].

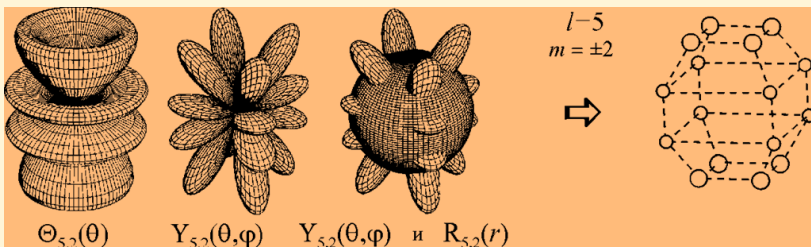


Рис. 2. Графическое представление одного из частных решений волнового уравнения.

Бинарные волновые функции, отражающие симметрию-асимметрию полярно противоположных (потенциальных и кинети-

ческих) свойств пространств дают информацию об атомной структуре и морфологии (симметрии) кристаллов [6]. При этом полуплоские решения, имеющие в экваториальной плоскости симметрию любого порядка, раскрывают истинное происхождение симметрий пятого, седьмого, восьмого порядка, и т.д., "*строго запрещённых математическими законами кристаллографии*" [9]. Суперпозиция элементарных решений волнового уравнения определяет молекулярные структуры.

Многочисленные данные, полученные нами, указывают на то, что известное *постоянство углов* между рёбрами (и гранями) для всех кристаллов одного и того же вещества обусловлено волновой природой составляющих – атомов, их оболочечно-узловой структурой. Этот вывод основан на том факте, что, как было обнаружено, характеристические углы кристаллов в точности совпадают с характеристическими углами волновых полярно-азимутальных функций [6]. На макроуровне, в структуре кристаллов повторяется такая же закономерность в пространственном угловом расположении, как и для соответствующих нуклонных узлов отдельных атомов.

Всесторонний анализ выявил также принципиально важный факт, что химические связи (имеется ввиду их *направление*) в упорядоченных структурах (молекулах) реализуются вдоль сильно связанных ближайших соседних нуклонных узлов, принадлежащих двум волновым оболочкам (последней, внешней, и предпоследней, внутренней) каждого из спариваемых атомов, но не обусловлены электронами («электронной конфигурацией атомов»), как это принято считать в современной физике, вроде само собой разумеющегося. Электроны определяют лишь *силу химических связей*.

Естественно, что на принципиально новом базисе природа Периодического Закона Менделеева также раскрывается с новой стороны. Оказалось, что периодичность обусловлена подобием геометрии пространственного расположения узлов на внешних волновых оболочках соответствующих атомов [7, 10].

Сопряжённые потенциально-кинетические параметры, подчиняясь каждой своей, одной из двух, алгебр знаков [11] дают полное описание физических полей. Волновая функция $\hat{\Psi}$, $\hat{\Psi} = \Psi_p + i\Psi_k$, воспроизводит математически реальный образ и бинарный характер явления. Буква i (мнимая единица) в уравнении обозначает единицу отрицания, то есть указывает на качественно противоположное свойство Ψ_k (кинетическое) по отношению к

свойству Ψ_p (потенциальное).

Существование качественно противоположных свойств является фундаментальным законом природы [11], и диалектическое бинарное поле действительных сопряжённых чисел (параметров), характеризующих эти свойства, учитывает этот факт [12].

Две диаметрально противоположные по знаку алгебры, которым подчиняются, соответственно, две качественно противоположные составляющие комплексной волновой функции, являются математическим отражением диалектического закона утверждения–отрицания качественно противоположных суждений о любом объекте или процессе в природе.

Вот примеры реализации двух алгебр знаков:

$$(\pm 1)(\pm 1) = +1, \quad (\pm 1)(\mp 1) = -1. \quad (4)$$

$$(\pm i)(\pm i) = -1, \quad (\pm i)(\mp i) = +1. \quad (5)$$

Два идентичных по знаку заряда отталкиваются (знак "+" в левом равенство (4) говорит об этом факте), а противоположные по знаку заряды притягиваются (знак "-" в правом равенства (4) отражает этот факт). Такова объективная алгебра *центральных, продольных* полей взаимодействия.

В противоположность зарядам, два тока одного знака (то есть одинакового направления) $\pm i$ и $\pm i$ притягиваются своими магнитными (*поперечными*) полями. Притяжение (как и отталкивание) имеет центральный характер, поэтому отрицательная единица продольного поля, -1 , указывает на это. Токи противоположных знаков, $\pm i$ и $\mp i$, отталкиваются, что выражается мерой $+1$ в (5).

Таким образом, "*мнимые*" числа на самом деле не являются мнимыми. Все сопряжённые ("*реальные*" и "*мнимые*") числа являются *реальными*. В частности, волновая функция, рассматриваемая в современной физике как комплексная, состоящая, как принято считать, из *реальных* и *мнимых* членов, на самом деле, отражая противоречивую потенциально-кинетическую сущность покоя-движения, содержит *только реальные компоненты*.

Итак, подводя итог, подчеркнём ещё раз, что – "*мнимая*" единица i есть указатель качественно (полярно) противоположной сущности (свойства, числа, параметра), подчиняющейся полярно противоположной алгебре знаков (*отрицательной*, по отношению к обычно существующей, названной нами *положительной*).

Отметим также, что к раскрытию истинной природы комплексных чисел мы пришли, разрабатывая математическое представление диалектической логики [11-13]. Полученное в результате диалектическое бинарное числовое поле, которое отвечает данной логике, не отличается *по форме* от представлений комплексных чисел, но отличается, как было показано, *по содержанию*, сути.

Принимая во внимание всё вышесказанное, мы полагаем, что слово "мнимые", как не отражающее действительность, будет со временем удалено из математики и физики, гармонизируя математические структуры с законами Вселенной и расширяя тем самым горизонт знания.

В работах, которые приведены в ссылках, физический смысл мнимых чисел и роль, которую "мнимая" единица i играет в них, рассматриваются с разных сторон и с разной степенью подробности.

Литература

[1] G. P. Shpenkov, *Conceptual Unfoundedness of Hybridization and the Nature of the Spherical Harmonics*, HADRONIC JOURNAL, Vol. 29. No. 4, p. 455, (2006).

[2] Max Born, *Atomic Physics*, Blackie & Son Limited, London-Glasgow, seventh edition, 1963; Mir, Moscow, 1965.

[3] L. Kreidik and G. Shpenkov, "Important Results of Analyzing Foundations of Quantum Mechanics", Galilean Electrodynamics & QED-East, Special Issues 2, 13, 23-30, (2002);

<http://shpenkov.janmax.com/OM-Analysis.pdf>

[4] G. Shpenkov and L. Kreidik, "Schrodinger's Errors of Principle", Galilean Electrodynamics, 3, 16, 51-56, (2005);

<http://shpenkov.janmax.com/blunders.pdf>

[5] G. P. Shpenkov, *Some Words about Fundamental Problems of Physics*, Part 1: Electron "orbitals", p. 4-7 (2011);

<http://shpenkov.janmax.com/FundPhysProb.pdf>

<http://shpenkov.janmax.com/Book-2011-Eng.pdf>

[6] L. Kreidik and G. Shpenkov, *Atomic Structure of Matter-Space*, Geo. S., Bydgoszcz, 2001, 584 p.; <http://shpenkov.janmax.com/atom.asp>.

[7] G. Shpenkov, *Table of the Nodes*;

<http://shpenkov.janmax.com/periodictable.asp>

[8] G. Shpenkov, *Table of Isotopes*; <http://shpenkov.janmax.com/isotopestable.asp>

[9] D. Shechtman, I. Blech, D. Gratias, and J.W. Chan, *Metallic Phase with Long-Range Orientation Order and no Translation Symmetry*, Phys. Rev. Lett. 53, N.20, 1984, 1951-1953.

[10] G. P. Shpenkov, *An Elucidation of the Nature of the Periodic Law*, Chapter 7 in *"The Mathematics of the Periodic Table"*, edited by Rouvray D. H. and King R. B., NOVA SCIENCE PUBLISHERS, NY, 119-160, 2006.

[11] L. Kreidik and G. Shpenkov, *Alternative Picture of the World*, Volumes 1, 2 and 3, Geo. S., Bydgoszcz, 1996, (158, 164 and 186 pages, respectively).

[12] George Shpenkov, *The binary numerical field and longitudinal-transversal motion*, October 2001; <http://shpenkov.janmax.com/unitvector.pdf>

[13] G. P. Shpenkov, *Dialectical View of the World: The Wave Model* (Selected Lectures); Volume 1, *Philosophical and Mathematical Background*, pages 119 (2013): <http://shpenkov.janmax.com/Vol.1.Dialectics.pdf>

George Shpenkov. Bielsko-Biala, 27.08.2013



Шпеньков Георгий Петрович, – доктор технических наук (1990, Томск), профессор Института технологических проблем (Катовице), 1992–1996, профессор Института математики и физики при Университете технологии и сельского хозяйства (Будгошь), 1996–2007, научный сотрудник Академии Информатики и Управления (Бельско-Бяла), действительный член Русского Физического Общества (2012), ведущий научный эксперт Русского Физического Общества

