НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
РУССКОГО ФИЗИЧЕСКОГО ОБЩЕСТВА

ЖУРНАЛ
РУССКОГО ФИЗИКО–ХИМИЧЕСКОГО ОБЩЕСТВА

ЖРФХО,

Том 87, Выпуск № 1

**Продолжение научного журнала ЖРФХО
РУССКОГО ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКОГО ОБЩЕСТВА, 1872–1930,
возобновивших свою общественную, научную
и издательскую деятельность в России
16 апреля 1991 г.**

Публикует:

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

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

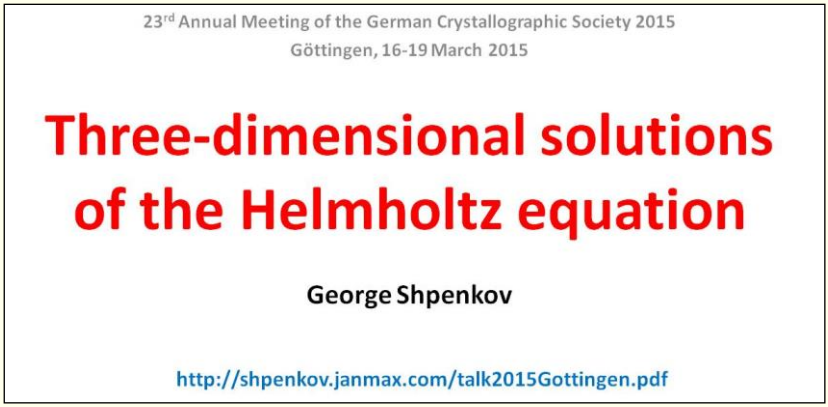
Приоритетная защита всех публикуемых материалов. Предназначен для всех, кому не безразличны современные земные проблемы, кто ищет конкретное поле деятельности для эффективного приложения своих интеллектуальных способностей.

ДЕВИЗ ЖУРНАЛА:

«Новое искание Истины – только это и есть Наука»

Д.И. Менделеев

ТРЁХМЕРНЫЕ РЕШЕНИЯ УРАВНЕНИЯ ГЕЛЬМГОЛЬЦА



Доклад, прочитанный на 23 Ежегодной Конференции Немецкого Кристаллографического Общества (Гёттинген, 16 марта 2015)

Г.П. Шпеньков *(Польша, г. Бельско-Бяла)*

1. Какое отношение имеет уравнение Гельмгольца к кристаллографии, кристаллохимии и, вообще, к строению атомов – тема моего доклада.

2. В качестве примера рассмотрим один из аллотропов углерода – **графен**.

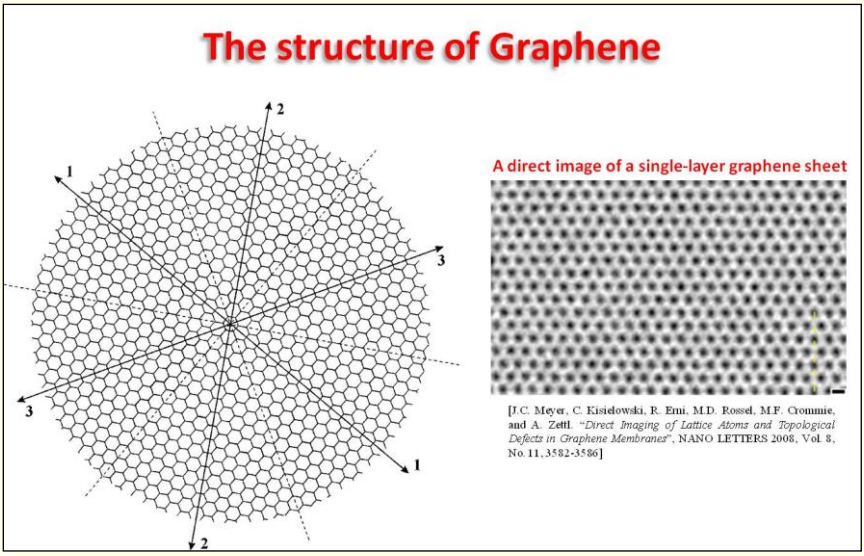
Он имеет **двумерную гексагональную решетку** и, как известно, осевую **симметрию шестого порядка**.

Поэтому, указанные на рисунке направления 1-1, 2-2, и 3-3 без сомнения рассматриваются как кристаллографически идентичные и, в полном соответствии с основами теории симметрии, все свойста вдоль них должны быть одинаковыми, например, электронная проводимость.

Однако проведённый мною анализ показал, что это не соответствует действительности.

Как оказалось, если принять во внимание **невидимую часть**, которую мы открыли в структуре атомов углерода

(составляющих графена), графен обладает симметрией максимум **второго порядка**.



Это следует из частных решений **уравнения Гельмгольца.**

Поэтому**, структура** и **свойства** вдоль **одного** из указанных на рисунке трёх направлений должны **отличаться** от двух других. Проведённые эксперименты полностью подтвердили это предсказание – графен действительно является анизотропным кристаллом.

<u>Как и почему мы начали анализировать математические решения уравнения Гельмгольца?</u>

Большинство физиков уже давно осознали, что Стандартная Модель (СМ) – концептуальный базис современной физики – исчерпала себя и сдерживает развитие физики.

3. Действительно, из-за доминирования СМ физика не в состоянии понять до сих пор самые фундаментальные вещи; такие как:

природа **зарядов**, происхождение **массы**, природа **гравитации**.

Due to dominance of the Standard Model

Modern physics is unable to comprehend till now such fundamental things as the:

nature of charges,
origin of mass,
nature of gravitation.

A great mystery is still the physical meaning of the:

speed of light *c* in a ***rest*** energy formula, $E_0 = m_0 c^2$
fine structure constant α.

It is impossible on its base to derive the:

structure and relative atomic masses of isotopes,
magnetic moments of neutron and proton;

and to build a

unified field theory; and so on.

Великой тайной остаётся физический смысл **скорости** света в формуле энергии **покоя** частицы, физический смысл так называемой **постоянной тонкой структуры альфа**.

В рамках СМ невозможно в принципе вывести теоретически **магнитные моменты** нейтрона и протона, понять строение и относительные массы всех возможных атомных **изотопов**, построить **единую теорию поля**, и т.д.

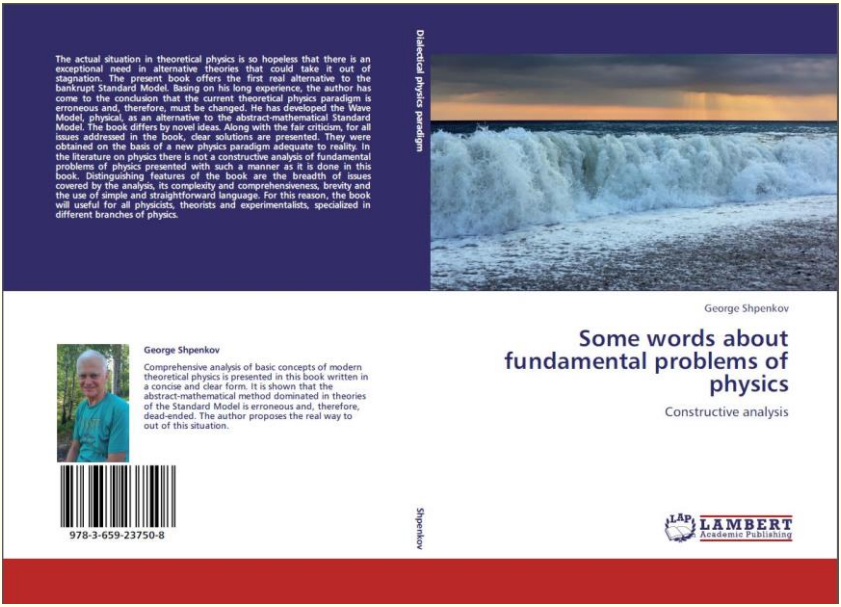
Все попытки, предпринимаемые для того чтобы в рамках существующих концепций **улучшить СМ**, в частности, с помощью струнных теорий, оказались безуспешными. Как не было, так и нет ответа на перечисленные здесь проблемы.

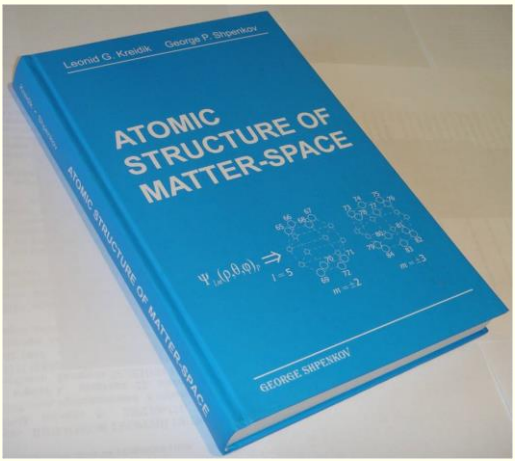
Мы выбрали принципиально иной путь.

Более чем два десятилетия тому назад мы вдвоём с моим коллегом Л.Г. Крейдиком начали развивать концептуально новую базовую физическую теорию (с 2002 года я продолжил эту работу в одиночестве), которую я назвал впоследствии **Волновая Модель**.

Судя по результатам, её можно рассматривать как альтернативу Стандартной Модели.

4. Короткие статьи, посвящённые некоторым результатам исследования, представлены в книге «*Несколько слов о фундаментальных проблемах физики*».





5. Принципиальные основы и подробности Волновой Модели изложены в книге «*Атомная структура материи-пространства*».

6. Новая парадигма физики, которую мы посчитали единственно правильной и приняли без колебаний, **основана на** использовании диалектической философии и **диалектической логики** (вместо формальной логики) и одного единственного постулата – постулата о **волновой природе** всех явлений и объектов во Вселенной.

A new physics paradigm

is based on:

(1) Dialectical philosophy and dialectical logic

(2) A postulate on the wave nature of all phenomena and objects in the Universe

На этом **новом концептуальном базисе** всё, за что бы мы ни брались, начало раскрываться естественным путём, непротиворечиво и, можно сказать, как «по маслу». Итак. –

7. Следуя постулату структура и поведение материи-пространства, включая элементарные частицы и атомы, должны описываться хорошо разработанными методами классической волновой физики и, в частности, **классическим волновым уравнением** (1).

Это уравнение допускает **частное решение** в виде (2), описывающее стоячие сферические волны.

Пространственная составляющая решения (2) определяет **структуру стоячих волн** и, как оказалось, **строение атомов**.

Пространственная составляющая является частным решением **уравнения Гельмгольца**, которое представляет собой независи-

Following the postulate

The wave structure of matter-space is described by the well-developed methods of classical wave physics, in particular, by the ***general wave equation***

$$\Delta\hat{\Psi} - \frac{1}{c^2}\frac{\partial^2\hat{\Psi}}{\partial t^2} = 0 \qquad (1)$$

It admits the **particular solution** of the form

$$\hat{\Psi}(\rho,\theta,\varphi;t) = \hat{\psi}(\rho,\theta,\varphi)e^{\pm i\omega t} = \hat{R}_l(\rho)\Theta_{l,m}(\theta)\hat{\Phi}_m(\varphi)e^{\pm i\omega t} \qquad (2)$$

which describes the **spherical standing waves**.

The ***spatial factor*** $\hat{\psi}(\rho,\theta,\varphi)$ ***defines*** *the* ***standing wave structure*** *and, as we have disclosed,*

Atomic Structure

$\hat{\psi}$ *is the solution of the time-independent form of Eq. (1), the* ***Helmholtz equation,***

$$\Delta\hat{\psi} + k^2\hat{\psi} = 0 \qquad (3)$$

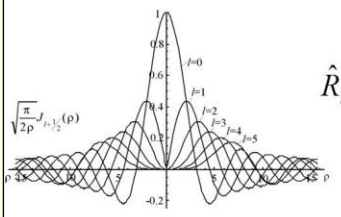
(The wave vector k is the constant. At the ***atomic*** *and* ***subatomic*** *levels* $k = \omega_e / c$ *, where* ω_e *is the* ***fundamental frequency*** *of the levels;* $\rho = kr$ *)*

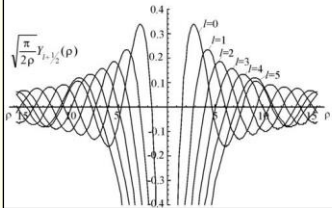
мую от времени форму уравнения (1).

8. Радиальные решения дают дискретный ряд характеристических волновых оболочек, определяемых корнями функций Бесселя.

9. Полярные функции определяют характеристические параллели экстремумов и нулей на соответствующих волновых

Radial Solutions





$$\hat{\psi} = \hat{R}_l(\rho)\Theta_{l,m}(\theta)\hat{\Phi}_m(\varphi)$$

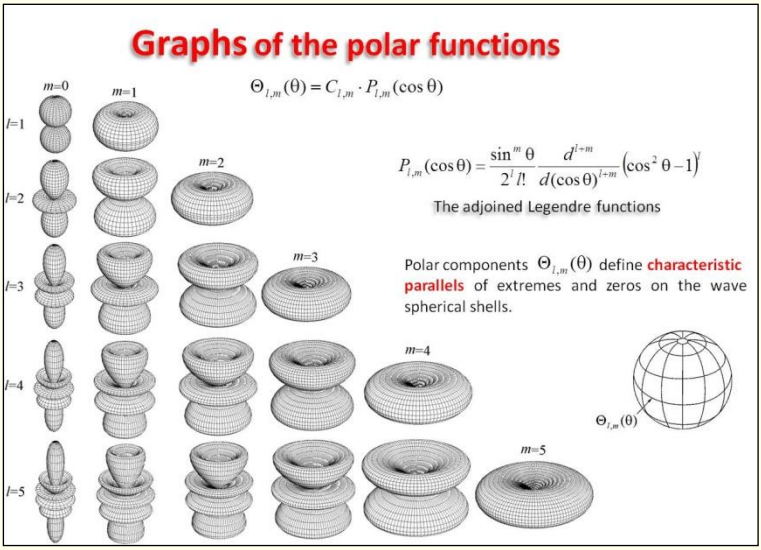
$$\hat{R}_l(\rho)/A = \sqrt{\pi/2\rho}\,(J_{l+1/2}(\rho) \pm iY_{l+1/2}(\rho))$$

$$l = 0,1,2,\ldots$$

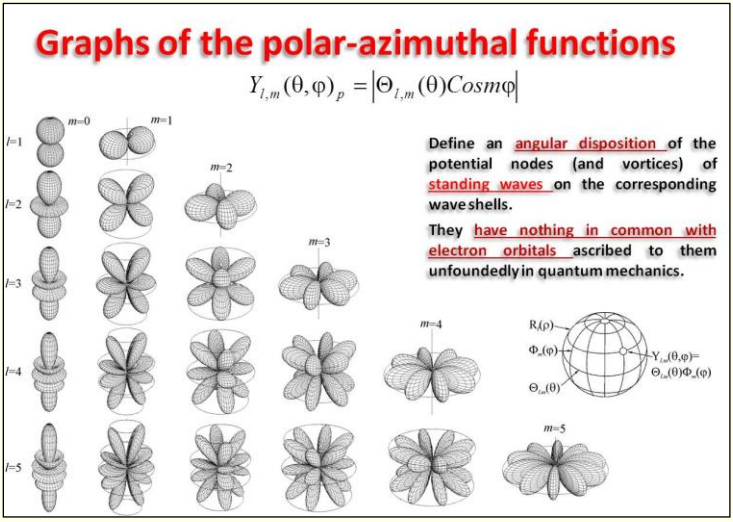
$$m = 0,\pm1,\pm2,\ldots,\pm l$$

The relative radius $\rho = kr$ of **characteristic wave shells** is defined by the roots $z_{l+\frac{1}{2},q}$ (zeros and extremal values) of Bessel functions: $l+1/2$ is the order of the functions , q is the number of the zero or extremum.

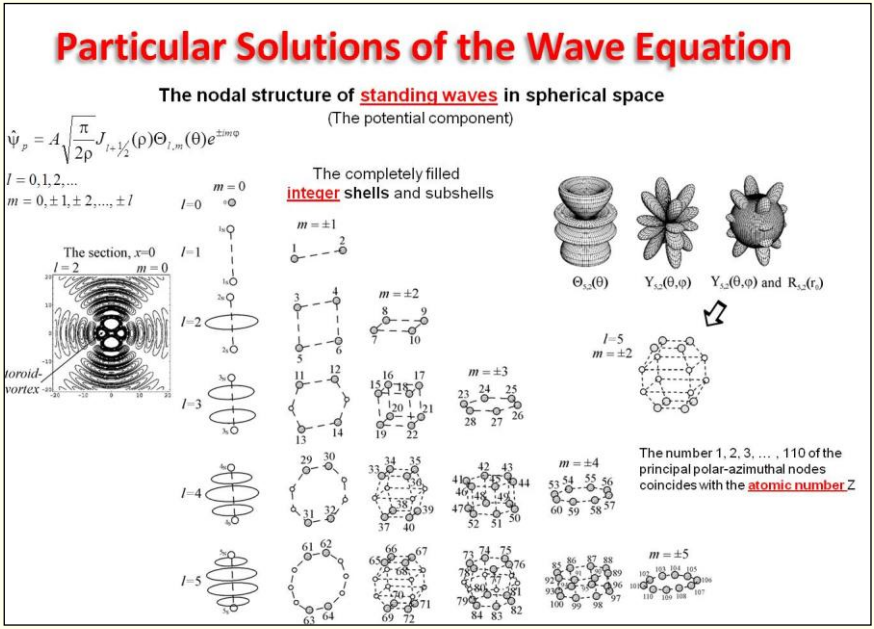
оболочках.



10. **Полярно-азимутальные** функции вместе определяют **угловые пространственные координаты** узлов и пучностей стоячих волн на этих сферических оболочках.



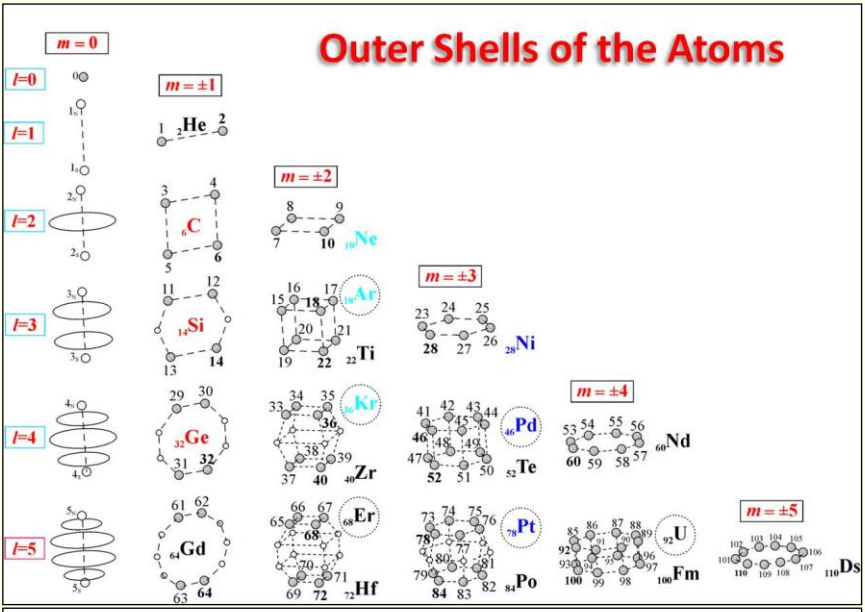
11. В результате решения дают нам узловую структуру стоячих волн в сферическом пространстве, которую мы представили **схематически** в виде, как показано на этом рисунке.



Эта **форма** представления данных решений явилась **ключевой**. Она и привела нас, после глубокого и всестороннего анализа, к выводу что эти **решения определяют оболочечно-узловую структуру атомов.**

А порядковые номера, которые мы приписали к главным полярно-азимутальным узлам (поскольку есть ещё побочные узлы), **совпадают с атомными номерами** Z.

12. Атомы при их **внешних оболочках**, целых и полуцелых, показаны на следующем рисунке. **Полуцелые** внешние оболочки имеют атомы, обведенные пунктирными кругами (Ar, Kr, Er, Pd, Pt, U). Время доклада, к сожалению, ограничено, поэтому анализ представленного здесь желающие могут провести самостоятельно. Обратите внимание на ясно выраженные закономерности и квазипериодичность а также на наличие побочных узлов у атомов классических полупроводников (Si и Ge).



Noninteger solutions

$$l = m = s/2 \quad s \in \mathbf{N}$$

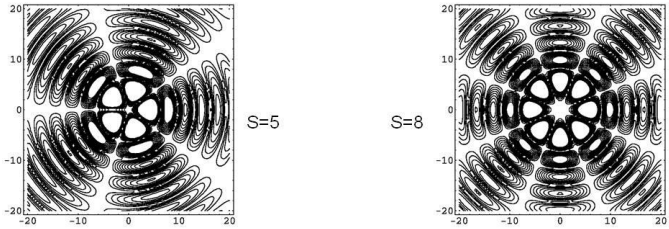
corresponding to **intermediate states** – uncompleted shells and subshells:

$$\hat{\psi} = A\sqrt{\frac{\pi}{2\rho}}\left(J_{\frac{s}{2}+\frac{1}{2}}(\rho) \pm iY_{\frac{s}{2}+\frac{1}{2}}(\rho)\right)\sin^{\frac{s}{2}}\theta(\cos\frac{s}{2}\varphi \pm i\sin\frac{s}{2}\varphi)$$

Extremes of the solutions (nodes and antinodes of sinusoidal spherical **standing waves**) are in the **equatorial plane** (z=0); they have **any-fold symmetry**, including forbidden by mathematical laws of crystallography.

Contour plots of the sections

for the potential component of the solutions resulted in the equatorial distribution of the nodes of the **five-** and **eight-fold symmetries**

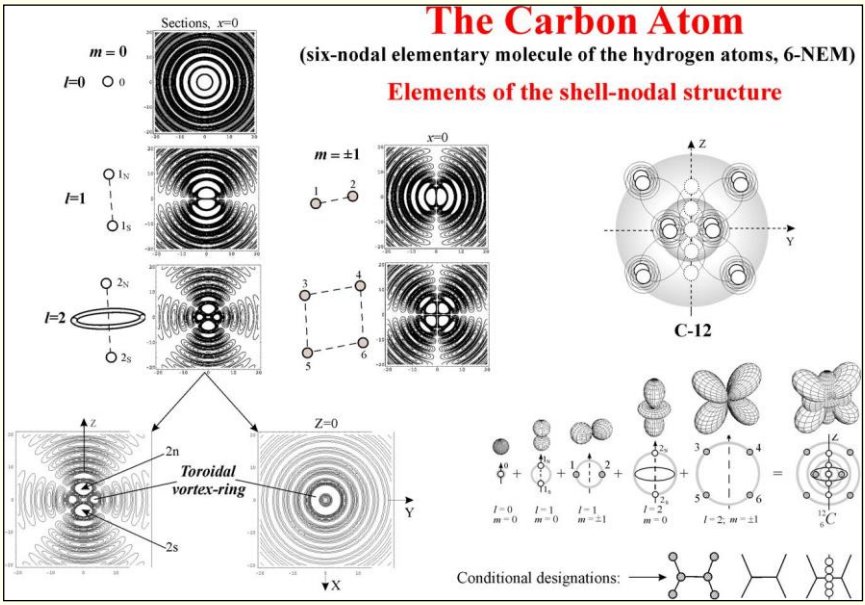


13. Полуцелые и, вообще, **нецелые** (дробные) решения относятся к **промежуточным** оболочкам-состояниям. Они определяют

незаконченные внешние оболочки присущие таким атомам как, например, (см. снова **Рис. 12**): $_3$**Li**, имеющий один узел под номером 3 на внешней оболочке; $_4$**Be** – два узла (3 и 4); $_5$**B** – три узла (3, 4, и 5); или $_7$**N**, $_8$**O**, $_9$**F**, и другие атомы.

Как следует из решения **нецелые** (незаконченные) оболочки лежат в **экваториальной плоскости** и имеют осевую симметрию **любого порядка** в зависимости от числа узлов на этой внешней оболочке, включая симметрию, **запрещённую математическими законами** кристаллографии (обнаруженную, кстати, экспериментально на квазикристаллах).

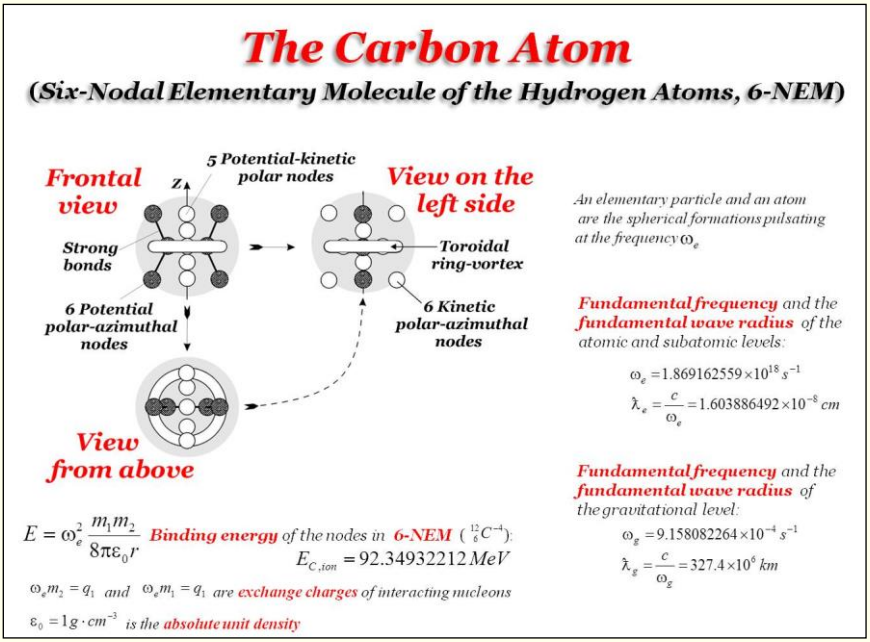
14. Элементы оболочечно-узлового строения **атома углерода** представлены на этом рисунке не только **схематически** но и показаны **строгие графические решения** их сечений в указанных плоскостях.



Интересным элементом структуры атома углерода (и не только его) является волновое стоячее **тороидальное кольцо-вихрь** на оболочке, соответствующей частному решению при l=2, m=0.

Справа внизу показаны **условные обозначения** атома углерода являющегося, по существу, **шестиузловой элементарной**

молекулой водородных атомов, к которым относим **протон**, **нейтрон** и **протиум**.



15. На данном рисунке эта **6-узловая элементарная молекула,** показана схематически как целое, в трёх проекциях. Каждый из 6-и **потенциальных** узлов заполнен **спаренными** водородными атомами. Межузельные расстояния определяются корнями функций Бесселя – решениями радиальной составляющей волнового уравнения.

Межузельные **связи сильные**, определяются по формуле, указанной внизу слева. Как следует из расчётов, **энергия связи** всех узлов атома углерода равна примерно 92.3 *МэВ*. Эта величина совпадает с данными ядерной физики для энергии связи ядра атома углерода. Формула энергии связи *E* следует также из Волновой Модели.

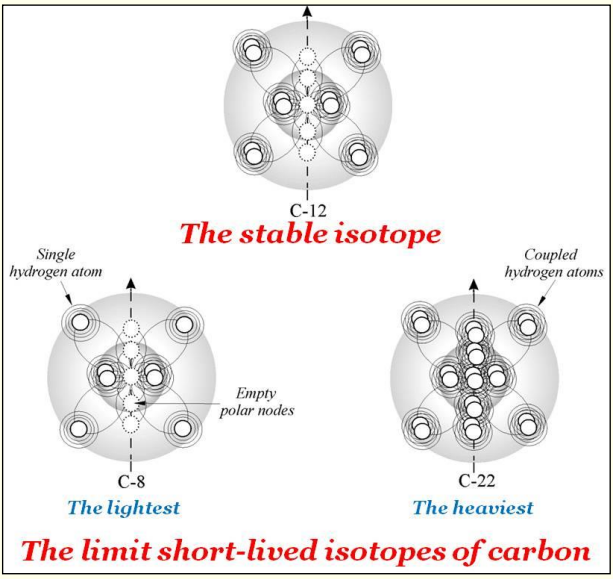
В формулу энергии связи входит открытая нами **фундаментальная частота**, ω_e, определяющая **взаимодействия на атомном и субатомном уровнях** и **задающая**, таким образом, строго определённые **межузельные расстояния**. Заметьте, **фундаментальный радиус** равый отношению скорости света к данной фунда-

ментальной частоте равен примерно 1.6×10^{-8} см. Удвоенное его значение, **фундаментальный диаметр** (3.2 ангстрем), совпадает с усреднённым значением параметров кристаллических решёток.

Кинетические узлы (пучности стоячих волн), как места интенсивного движения, пустые.

Полярные потенциально-кинетические узлы расположенные вдоль оси Z – места покоя и движения одновременно – также пусты в стабильном атоме углерода С-12.

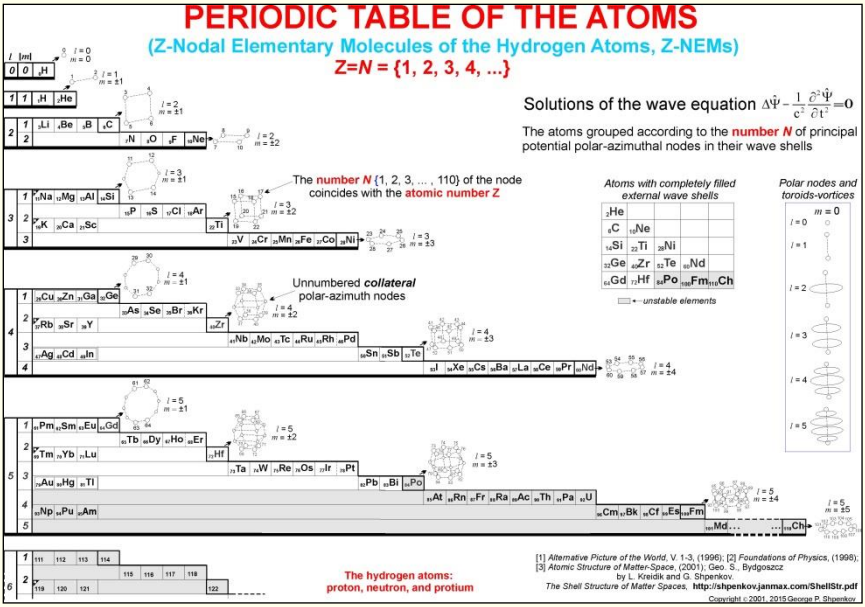
16. **Изотопы** атома углерода, как и любых других атомов, определяются степенью заполнения всех его узлов, видимых заполненных потенциальных и невидимых пустых полярных, при которых ещё сохраняется его индивидуальность, то есть сохраняется присущая данному атому структура его оболочек, отличающая его от других.



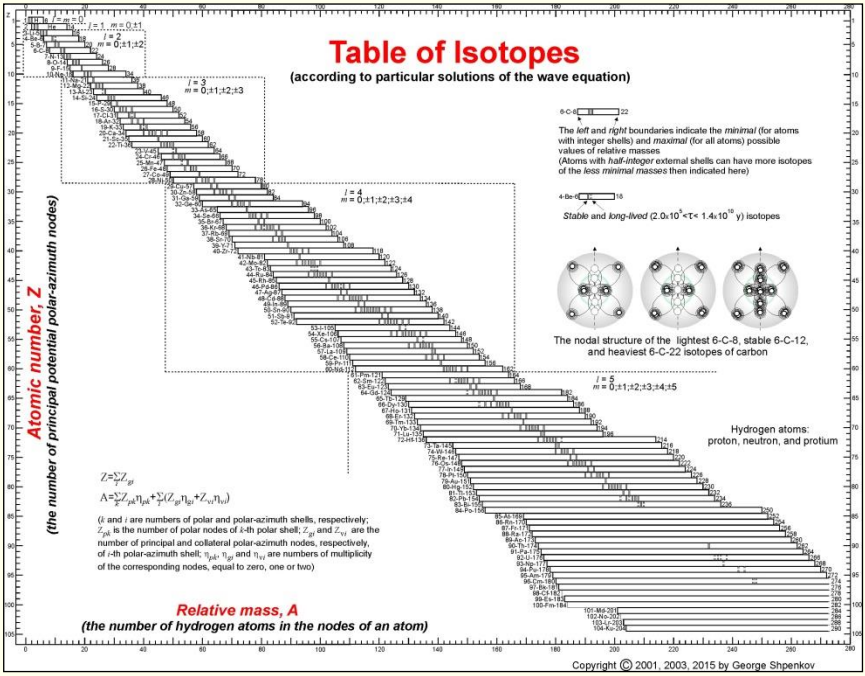
Как следует из оболочечно-узлового строения, предельно возможные короткоживущие, самый лёгкий и самый тяжёлый, изотопы углерода – это С-8 и С-22. Действительно, экспериментальные данные подтверждают это.

17. **В соответствии** с закономерностями и квазипериодичностью, обнаруженной в оболочечно-узловом строении атомов, построена Периодическая Таблица Атомов, которая является по существу **Приодической Таблицей Элементарных Молекул**

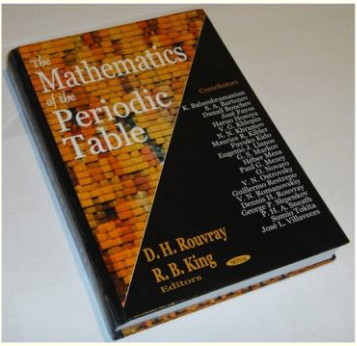
водородных атомов. Атомы, как элементарные молекулы, сгруппированы в Таблице в соответствии с числом главных потенциальных полярно-азимутальных узлов в их внешних волновых оболочках.

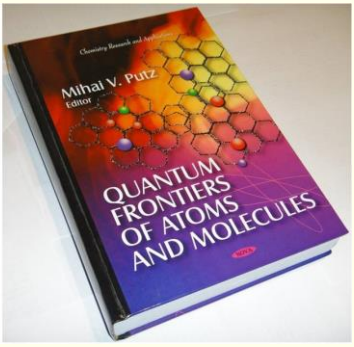


18. Таблица всех возможных атомных изотопов построена исходя из степени заполнения соответствующих узлов, как показано на примере атома углерода (Рис. 16), допускаемых оболочечно-узловой структурой. Левый край графика соответствует предельно лёгким возможным изотопам, правый край – предельно тяжёлым возможным изотопам.



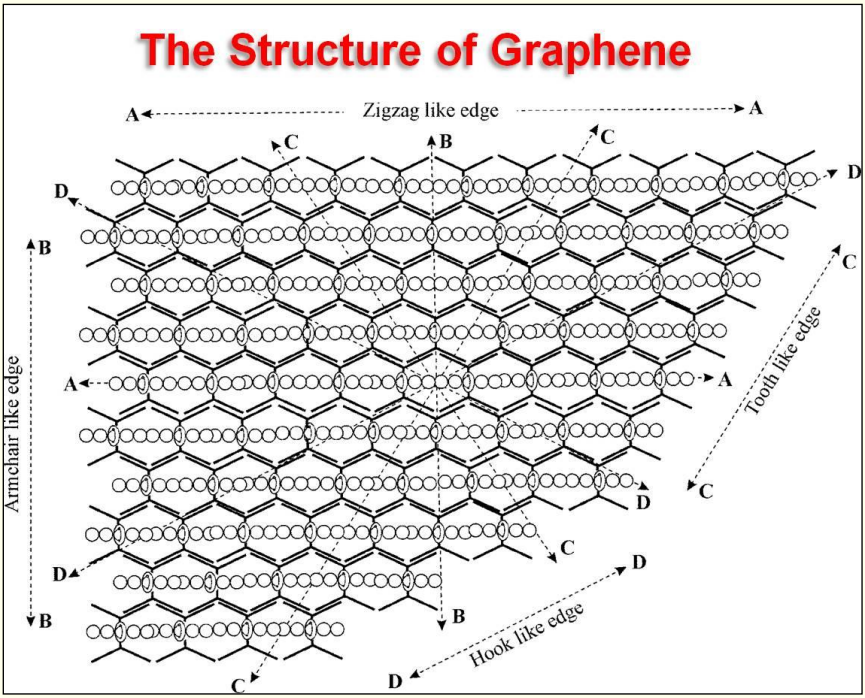
19. Все **подробности,** касающиеся Периодической Таблицы, построенной на основании решений волнового уравнения, можно найти в книге «**Математика Периодической Таблицы**».





В книге «**Квантовые Рубежи Атомов и Молекул**» содержится довольно подробная информация о представленной здесь Таблице Изотопов и механизме образования соединений углерода, исходя из оболочечно-узлового строения атома углерода.

20. Двумерная структура кристалла графена, отражающая схематически механизм образования упорядоченной связи составляющих его атомов углерода приводящая к гексагональной решётке, представлена на этом рисунке.



Видно, что **межатомная связь** реализуется **вдоль линий сильной межузельной связи** каждого из соседних атомов что приводит в итоге к трёхкратному **перекрытию** этих узлов.

Здесь есть свои особенности, связаны они с тем фактом, что если мы признаем точными известные постоянные решётки графита и, следовательно, графена, то элементарными «кирпичиками» структуры графена являются не атомы, а димеры углерода. Их условное обозначение такое же, как и атомов. И в узловых точках кристалла графена будет иметь место трёхкратное перекрытие узлов димеров.

Об это подробно изложено в указанной выше книге и ссылках, представленных в конце представления. За недостатком времени я не буду останавливаться на этом.

Упорядоченная связь элементарных составляющих, приводящая к образованию графена, протекает таким образом, что образуется непрерывная прямая **цепь из пустых полярных узлов** представляющая собой в итоге что-то вроде **тоннеля** по которому могут свободно перемещаться носители заряда без препятствий и, следовательно, рассеяния.

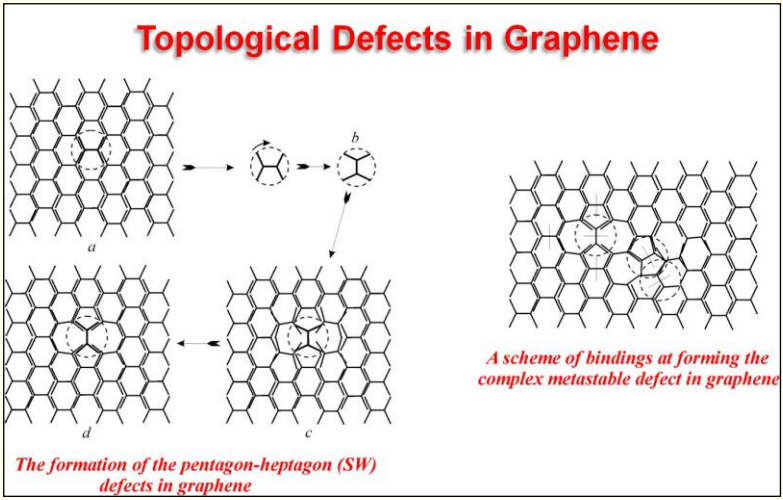
Из-за специфического пространственного строения атомов углерода (которые как выяснилось являются **молекулами**, то есть, **многоцентровыми** образованиями) и их специфически упорядоченных связей в гексагональной решётке, графен ведёт себя как **анизотропный кристалл**; обладает **экзотическими электронными свойствами** и, следовательно, огромным потенциалом для практического применения.

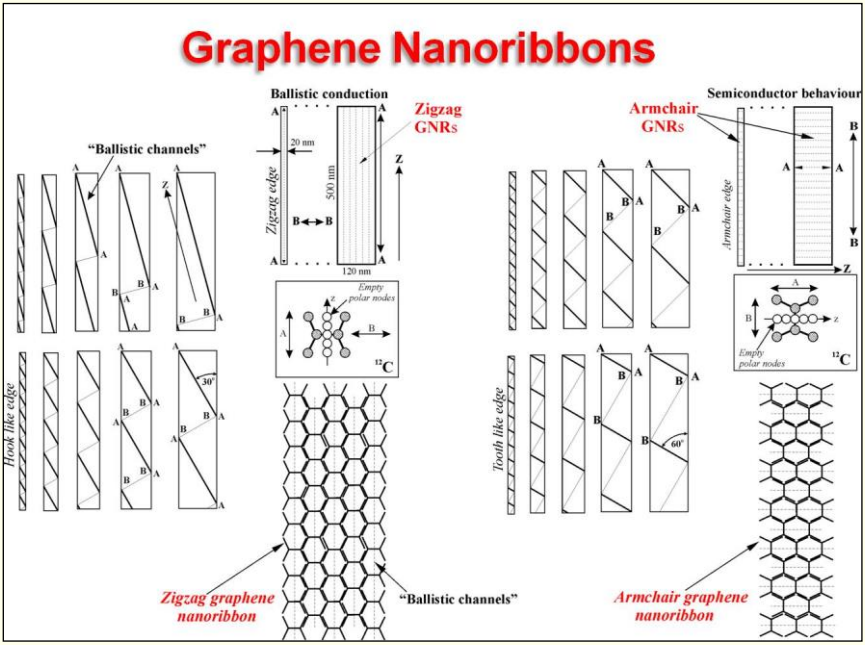
Более того, он предоставляет **уникальную возможность для проверки** на пригодность различных теорий, моделей, гипотез. Чем я и воспользовался.

21. Открытие оболочечно-узловой структуры атома углерода и, следовательно, графена объясняет многие его интересные свойств и, в частности, тот факт что «*Графен... представляет собой интересную смесь ... полупроводника и металла...*». И что «*Электроны в графене... имеют очень длинную среднюю длину свободную пробега*», и т.д.

> "***Graphene*** *... is an interesting mix of a* ***semiconductor*** *(zero density of states) and a* ***metal*** *(gaplessness)..."*
>
> "*The electrons in graphene seems to be almost insensitive to disorder and electron-electron interactions and* ***have very long mean free paths*** " ("*... reaching up to* ***1 μm*** *in the existing samples*").
>
> "*Understanding the nature ... is a problem of fundamental importance for applications*"
>
> [A.H. Castro Neto, F. Guinea, N. M. R. Peres, K. S. Novoselov and A. K. Geim, *The electronic properties of graphene*, Rev. Mod. Phys. **81**, 2009]

22. Просто объясняется теперь механизм образования структурных **дефектов в графене**, например, широко известный пентагон-гептагон (5-7) (SW) топологический дефект. Обусловлен он появлением при нагревании кроме колебательных также вращательных мод и, соответственно, нарушением равновесных связей, возникновением связей углеродных атомов как показано на этом рисунке.

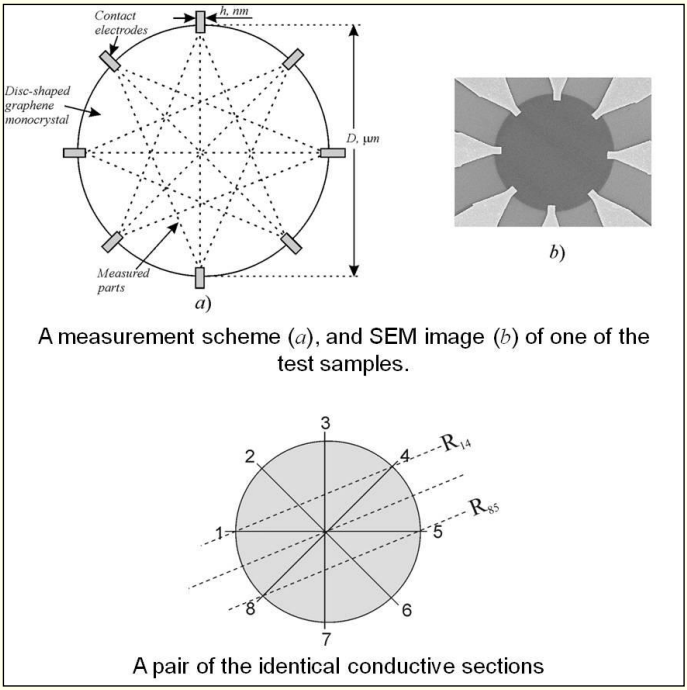




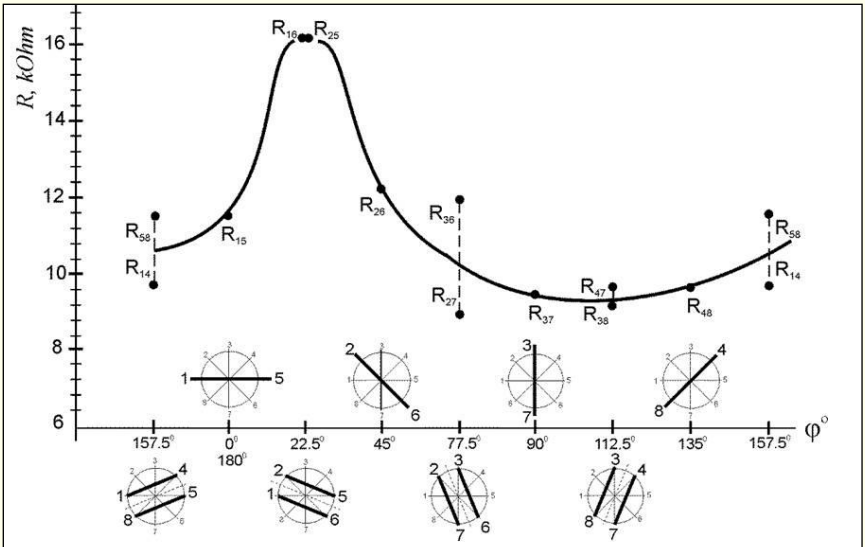
При охлаждении происходит самоупорядочение (самосборка), возвращение локальной области решётки в равновесное состоя-ние, дефект исчезает.

23. Свойства **графеновых нанолент**, в частности, зависимость их сопротивления от ширины и длины, **связаны** не с формой краев лент, а с **ориентацией пустых полярных узлов** в них, образующих что-то вроде канала для «баллистического» движения носителей зарядов.

24. Методика эксперимента, поставленного по моей инициативе для проверки анизотропии проводимости графена, обусловленной (как следовало из решений волнового уравнения) наличием «баллистического канала», полагаю, понятна и без комментариев из схемы измерения проводимости, представленной на этом рисунке.



25. Угловая зависимость проводимости одного из исследованных образцов представлена здесь в виде обычного графика.

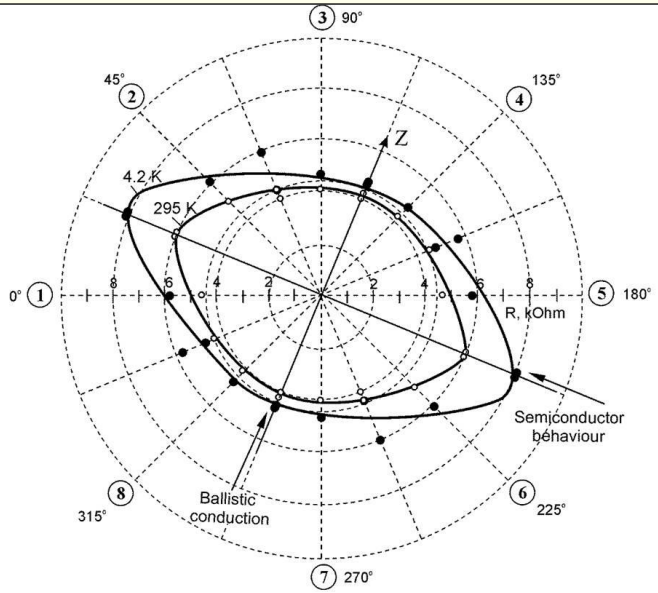


An angular dependence of conductivity R = f(φ) in a plane of a graphene round plate: (device Dev. 4, D=10 μm, h=580 nm, T=4.2 K, I=1 nA.

26. Полярная диаграмма сопротивления в плоскости графенового листа круглой формы толщины в один атом при комнатной температуре и T=4.2 K, представленная здесь для образца диаметром 10 *мкм* (ширина контактов 0.58 *мкм*), является типичной для всех исследуемых образцов.

Зависимость сопротивления от температуры в одном из направлений в плоскости свидетельствует о **полупроводниковых свойствах** кристалла графена в этом направлении.

В перпендикулярном к нему направлении сопротивление практически не зависит от температуры. Очевидно, оно совпадает с «баллистическим» каналом. И графен **ведёт себя** здесь как **металл.** Сравнение с металлом касается только температурной зависимости, так как механизмы проводимости в металле и графене принципиально разные.



A polar diagram of resistance in a plane of a one-atom thickness round graphene sheet: (D=10 μm, h=580 nm, T=4.2 *and* 295 K)

27. Предсказанная и экспериментально подтверждённая **анизотропия графена** имеет **практическое значение**, как для текущих лабораторный исследований, так и для будущего использования графена в электронной индустрии наряду с кремнием, германием и другими полупроводниками.

Practical Significance of the Tests Results

The observed anisotropy should be taken into account in the electronics industry based on use of graphene to exclude crystallographically arbitrary orientation of single-layer graphene sheets on substrates.

It is a mandatory self-evident technological operation, which provides identical in parameters electronic devices produced on monocrystals.

[G. Shpenkov, *Method for manufacturing nano electronic devices made from 2D carbon crystals like graphene and devices obtained with this method*". Int. Appl. No.: PCT/EP2010/052298; Publ. No.: WO/2010/097393; https://register.epo.org/application?number=EP10707863&lng=en&tab=main]

Понятно, если кристал анизотропный, то первым делом при исследованиях и производстве на его основе электронных уст-

ройств нужно ориентиривать его соответствующим образом, иначе будет неконтролируемый разброс параметров и свойств.

28. Частный вывод

A Particular Conclusion

Graphene has two-fold rotational symmetry and **is an anisotropic crystal.**

The invisible polar nodes form a **channel favourable for ballistic motion** of electrons.

Hence, it becomes understandable and explainable now:

Why *"Graphene...is an interesting mix of a semiconductor...and a metal".*
Why *"Electrons in graphene ... have very long mean free paths".*
"Length and width dependent resistance scaling in GNRs".
"The averaging hopping length between localized states".
Why *"the charge transport is dominated by hopping through localized state"; etc.*

Why **graphene nanotubes**, rolled-up form of graphene, have either conductivity, **metallic** or **semiconducting**.

The rolling-up is realized mainly along two crystallographic directions: along the major axis of anisotropy and in perpendicular to it direction. They define thermodynamically favourable minimum-energy states.

Графен имеет вращательную **симметрию второго порядка** (в отличие от регулярного гексагона геометрии) и является **анизотропным кристаллом**.

Невидимые полярные узлы образуют своеобразный **канал**, способствующий **баллистическому движению** зарядов в нём. Поэтому, становятся понятными и объяснимыми многие необычные свойства и поведение графена. Некоторые из них, взятые из разных литературных источников, перечислены здесь. В частности, легко объяснить факт, почему примерно **половина** получаемых технологически графеновых **нанотрубок** ведёт себя как **металлы**, а другая половина как **полупроводники**.

29. Общий вывод

Как следует из решения уравнения Гельмгольца **атомы**, как волновые образования, **имеют оболочечно-узловое строение** и представляют собой **молекулы** сильно связанных **водородных атомов** (к которым относятся моноцентровые образования, истинные атомы: протон, нейтрон и протиум).

General Conclusion

According to the solutions of the Helmholtz equation, atoms as a wave formations have the shell-nodal structure and are molecules of the strongly bound hydrogen atoms.

The main role in the formation of molecules and crystals belongs to the nodal hydrogen atoms.

Chemical bonds are realized in interatomic space along characteristic directions defined by the topology of internodal bonds (along strong bonds realized between the nearby intra-atomic nodes belonging to two external shells each of linked atoms).

Electrons play the secondary role: they define only the strength of chemical bonds.

All possible isotopes (their structure and relative mass) are defined by the extent of filling all the nodes (visible and invisible).

Главная роль в образовании молекулов и кристаллов принадлежит **водородным атомам**, находящимся в узлах молекулоподобных атомов.

Химические связи реализуются в межатомном пространстве **вдоль** характеристических направлений, определяемых топологией межузельных **сильных связей** контактируемых атомов, то есть при их перекрытии.

Электроны играют вторичную роль: они определяют только силу химических связей перекрытых (спаренных, слитых) друг с другом сильных межузельных связей соединяемых молекулоподобных атомов.

Все возможные изотопы (их строение и относительные массы) определяются степенью заполнения (кратностью, от 0 до 2) всех узлов – видимых и невидимых **(**кроме, естественно, кинетических).

Literature

[1] 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/QM-Analysis.pdf

[2] G. Shpenkov and L. Kreidik, "*Schrodinger's Errors of Principle*", Galilean Electrodynamics, 3, 16, 51-56, (2005); http://shpenkov.janmax.com/blunders.pdf

[3] G. P. Shpenkov, *Conceptual Unfoundedness of Hybridization and the Nature of the Spherical Harmonics*, Hadronic Journal, Vol. 29. No. 4, p. 455, (2006); http://shpenkov.janmax.com/hybridizationshpenkov.pdf

[4] G. P. Shpenkov, *Some Words about Fundamental Problems of Physics: Constructive Analysis*, LAMBERT Academic Publishing, p.116 (2012); http://shpenkov.janmax.com/978-3-659-23750-8_eng.JPG

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

[5] G. P. Shpenkov, *The Scattering of Particles and Waves on Nucleon Nodes of the Atom*, International Journal of Chemical Modeling, Vol. 2, No. 1, (2008).

[6] G. P. Shpenkov, *The Role of Electrons in Chemical Bonds Formations* (*In the Light of Shell-Nodal Atomic Model*), Molecular Physics Reports 41, 89-103, (2005).

[7]. L.G. Kreidik and G.P. Shpenkov, *Alternative Picture of the World*, Vol. 1-3, Bydgoszcz, 1996.

[8]. L.G. Kreidik and G.P. Shpenkov, *Foundations of Physics*; 13.644…*Collected Papers*, Bydgoszcz, 1998.

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

[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] G. P. Shpenkov, *Physics and Chemistry of Carbon in the Light of Shell-Nodal Atomic Model*, Chapter 12 in "*Quantum Frontiers of Atoms and Molecules*", edited by Putz M. V., NOVA SCIENCE PUBLISHERS, NY, 277-323, 2011.

[12] G. P. Shpenkov, DIALECTICAL VIEW OF THE WORLD: The Wave Model (Selected Lectures); Volumes 1-5; http://shpenkov.janmax.com

[13] G. P. Shpenkov, CARBON and OXYGEN: SHELL-NODAL STRUCTURE; http://shpenkov.janmax.com/CarbonOxygen.pdf

http://shpenkov.janmax.com/talk2015Gottingen.pdf

Дополнение

Раскрытая **оболочечно-узловая структура атомов** представляет собой что-то наподобие «**генетического кода**», который определяет, в некотором приближении, **структурное многообразие**, **симметрию** и **периодичность** в Природе.

В свете данного открытия электронно-микроскопическое изображение (**SEM** image) графена, представленное на Рис. 2, (как и любой молекулы и кристалла) представляет собой, образно говоря, «**вершину айсберга**».

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 (Будгощь), 1996–2007, научный сотрудник Академии Информатики и Управления (Бельско-Бяла), действительный член Русского Физического Общества (2012), ведущий научный эксперт Русского Физического Общества