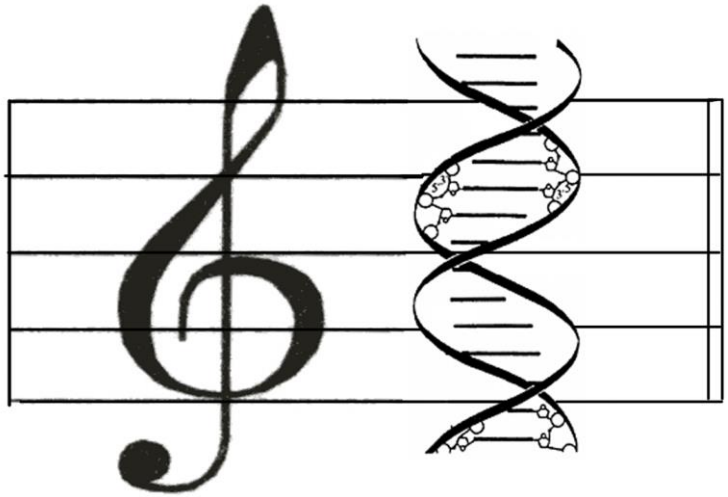
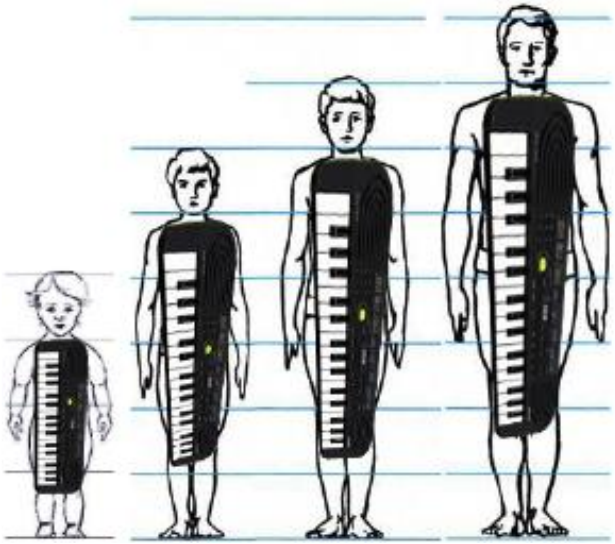
Резонансные взаимодействия в биосистемах и универсальные правила стохастической организации геномных ДНК

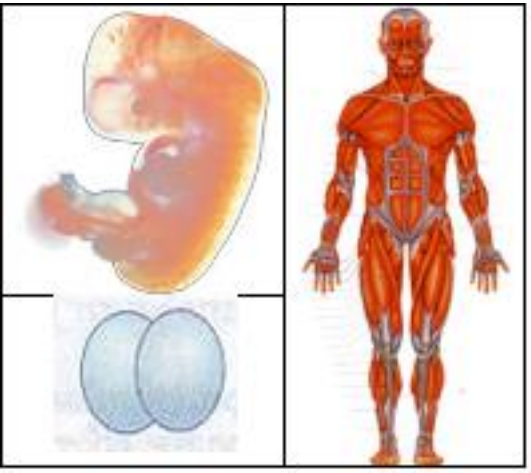
С.В. Петухов, д.ф.-м.н.

Институт машиноведения им. А.А. Благонравова РАН
http://petoukhov.com/, spetoukhov@gmail.com





Живой организм представляет собой огромный хор согласованных колебательных процессов. С древности хрономедицина утверждает, что все болезни обусловлены нарушениями этой согласованности. С формальной точки зрения живой организм является колебательной системой с большим числом степеней свободы, причем с развитием организма от зародыша во взрослую особь количество ее степеней свободы сильно возрастает при сохранении согласованности колебательных процессов. Соответственно возрастает размерность пространства для моделирования степеней свободы.



Как моделировать и изучать эту наследуемую согласованность? Для изучения колебательных систем в теории колебаний используется **матричный** аппарат моделирования их резонансных особенностей. Но имеется ли в математике матриц такой тип операций, который позволяет моделирование согласованных, упорядоченных и наследуемых колебательных процессов? Да, имеется.

Доклад посвящен использованию известной операции **тензорного умножения матриц для теории биорезонансной согласованности в генетике**.

Наши речевой и вокальный аппараты представляют собой с формальной точки зрения колебательные системы со многими степенями свободы. Речь и пение – пример врожденной способности организма настраиваться на резонансы и использовать **резонансы как носители информации**.

Но согласно классикам структурной лингвистики (Р.Якобсон и др.), наш язык возник не на пустом месте, а является продолжением и надстройкой самого древнего и самого живого из всех языков – генетического языка. Это служит одним из поводов исследовать генетическую систему, включая генетические алфавиты, с позиций матричной математики резонансов колебательных систем со многими степенями свободы.

В докладе представляются наши результаты матричного анализа, говорящие в пользу следующего:

- **алфавиты генетического кода есть алфавиты резонансов; соответственно, генетические тексты на основе этих алфавитов есть тексты, написанные на языке резонансов**;
- **решетки Пеннета, описывающие в генетике полигибридное скрещивание по законам Менделя, аналогичны представленным таблицам наследования собственных чисел матриц при тензорном умножении (2*2)-матриц;**
- **аллели генов, фигурирующие в законах Менделя, можно интерпретировать как резонансы (собственные числа матриц) некоторых колебательных систем.**

Система генетического кодирования обладает помехоустойчивыми свойствами. Сходные задачи помехоустойчивого кодирования информации в технике решаются на основе **математики матриц**, которая обеспечивает, например, передачу качественных фотографий поверхности Марса на Землю в условиях сильного искажения и ослабления электромагнитных сигналов, проходящих через миллионы километров помех. Матрицы обладают удивительным свойством отображать резонансы.

При моделировании явления резонанса прохождение сигнала **s** через акустическую систему А, представленную матрицей **A**, записывают **y = A*s.**

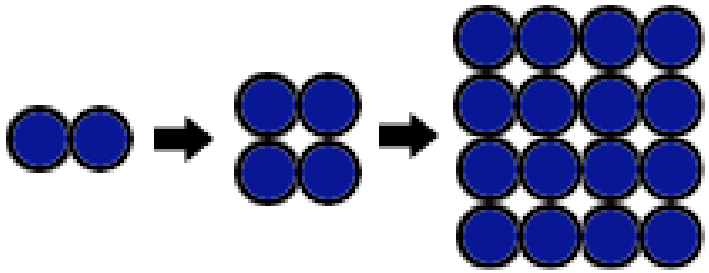
Если входной сигнал **s** – резонансный тон, тогда выходной сигнал **y** повторит его с точностью до масштабного множителя **y = λ*s** подобно тому, как настроенная музыкальная струна вторит камертону.

У матрицы количество резонансных тонов («струн») отвечает ее размеру и количеству степеней свободы той системы, которую она представляет. Эти резонансные тоны называют собственными векторами матрицы, а масштабные коэффициенты при них – собственными числами, набор которых составляет спектр системы А (или матрицы **A**).

Для нахождения всех собственных чисел λ_i (т.е. спектра системы А) и собственных векторов матрицы **A**, задаваемых уравнением $A*s = \lambda*s$, исследуют «характеристическое уравнение» матрицы А: $\det(A-\lambda E) = 0$, где Е – единичная матрица. Частоты $\omega_i = \lambda_i^{0.5}$ называются **собственными частотами системы, а собственные векторы называются ее собственными колебаниями**.

Докладчик предлагает и развивает математический подход к моделированию генетических структур и феноменов как определенных систем резонансов – спектров особых матриц. Речь идет о спектрах (2^n*2^n)-матриц из тензорных семейств, основанных на тензорных (или кронекеровских) произведениях базовых (2*2)-матриц.

Названное тензорное (или кронекеровское) произведение матриц, обозначаемое ⊗, давно применяется в математике, физике, информатике, и пр. Оно используется для алгоритмического порождения пространств с большей размерностью на базе пространств с меньшей размерностью (напоминая возрастание степеней свободы у ансамбля клеток растущего организма при их делении). Соответственно тензорное умножение матриц позволяет переходить к матрицам систем с возросшим количеством степеней свободы.

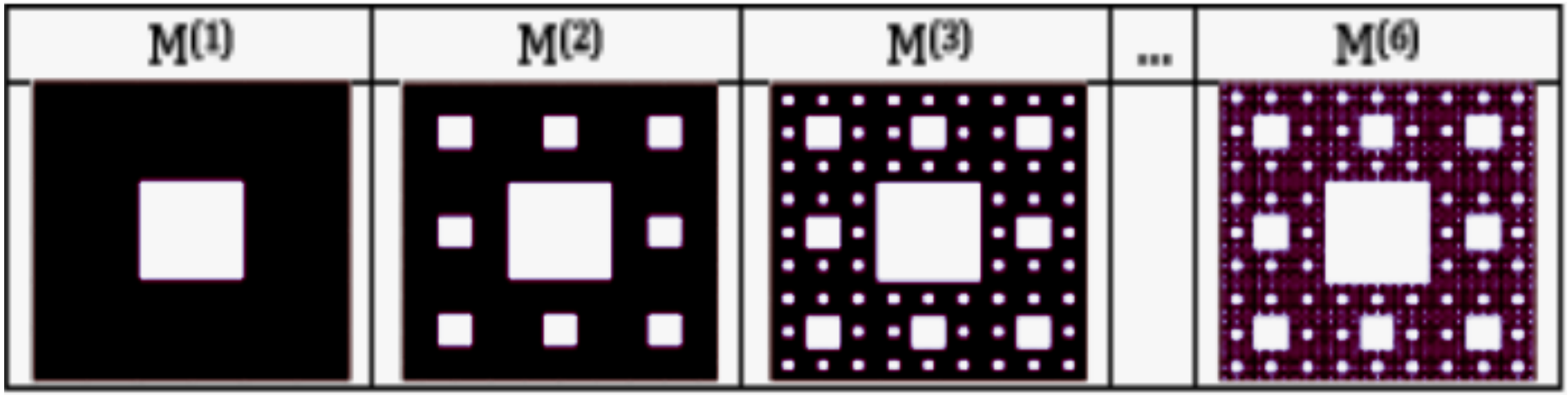


Определение: если V и W – квадратные матрицы порядка m и n соответственно, то их тензорным произведением называется матрица $Q=V\otimes W=||v_{ij}*W||$ увеличенного порядка m*n. Например:

$$\begin{bmatrix} a, & b \\ c, & d \end{bmatrix} \otimes \begin{bmatrix} k, & p \\ r, & s \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} ak, & ap, & bk, & bp \\ ar, & as, & br, & bs \\ ck, & cp, & dk, & dp \\ cr, & cs, & dr, & ds \end{bmatrix}$$

Тензорное произведение обладает свойством наследования мозаичной структуры исходной матрицы при ее возведении в тензорные степени. Это связывает его с фракталами. Например, возведение матрицы M в тензорные степени (n) порождает семейство матриц $M^{(n)}$ с фрактальной мозаикой ковра Серпинского :

$$M = \begin{vmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{vmatrix}$$



$$Q=V\otimes W=||v_{ij}*W||$$

$$\begin{bmatrix} a, & b \\ c, & d \end{bmatrix} \otimes \begin{bmatrix} k, & p \\ r, & s \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} ak, & ap, & bk, & bp \\ ar, & ad, & br, & bs \\ ck, & cp, & dk, & dp \\ cr, & cs, & dr, & ds \end{bmatrix}$$

Тензорные произведения матриц наделены свойством **«наследования» собственных чисел**: **если исходные матрицы V и W имеют собственные числа λ_i и μ_j соответственно, то все собственные числа их тензорного произведения $Q=V\otimes W$ строятся только на произведениях $\lambda_i*\mu_j$ этих собственных чисел, тем самым «наследуемых» в такой форме.**

ТАБЛИЦЫ НАСЛЕДОВАНИЯ СОБСТВЕННЫХ ЧИСЕЛ ВИБРОСИСТЕМ И РЕШЕТКИ ПЕННЕТА ИЗ ГЕНЕТИКИ.

Особенности наследования собственных чисел при тензорном перемножении матриц удобно представлять в виде «таблиц наследования». Например, для (2*2)-матриц V и W с собственными значениями **A** и **a** их тензорное произведение Q=V⊗W имеет собственные значения **A*A**, **A*a**, **A*a**, **a*a**:

		Спектр W	
		A	**a**
Спектр V	**A**	**A*A**	**A*a**
	a	**A*a**	**a*a**

Этот случай тензорного скрещивания матриц мы условно называем «моногибридным скрещиванием» вибросистем.

Рассмотрим еще два примера наследования спектров:

1) тензорное перемножение двух «родительских» (4*4)-матриц, собственные числа которых состоят из сомножителей двух видов **A*B**, **A*b**, **B*a**, **a*b** («скрещивание дигибридов»);

2) тензорное перемножение двух «родительских» (8*8)-матриц, собственные числа которых состоят из сомножителей трех видов **A*B*D**, **A*B*d**, **A*b*D**, **A*b*d**, **a*B*D**, **a*B*d**, **a*b*D**, **a*b*d** («тригибридное скрещивание»). Итоговые таблицы наследования спектров при «полигибридном скрещивании»:

		«Материнский» спектр			
		AB	**Ab**	**Ba**	**ab**
«Отцов» спектр	**AB**	**AABB**	**AABb**	**AaBB**	**AaBb**
	Ab	**AABb**	**AAbb**	**ABab**	**Aabb**
	Ba	**AaBB**	**AaBb**	**aaBB**	**aaBb**
	ab	**AaBb**	**Aabb**	**aaBb**	**aabb**

		Материнские							
		ABD	ABd	AbD	Abd	aBD	aBd	abD	abd
отцовск.	ABD	AABBDD	AABBDd	AABbDD	AABbDd	AaBBDD	AaBBDd	AaBbDD	AaBbDd
	ABd	AABBDd	AABBdd	AABbDd	AABbdd	AaBBDd	AaBBdd	AaBbDd	AaBbdd
	AbD	AABbDD	AABbDd	AAbbDD	AAbbDd	AaBbDD	AaBbDd	AabbDD	AabbDd
	Abd	AABbDd	AABbdd	AAbbDd	AAbbdd	AaBbDd	AaBbdd	AabbDd	Aabbdd
	aBD	AaBBDD	AaBBDd	AaBbDD	AaBbDd	aaBBDD	aaBBDd	aaBbDD	aaBbDd
	aBd	AaBBDd	AaBBdd	AaBbDd	AaBbdd	aaBBDd	aaBBdd	aaBbDd	aaBbdd
	abD	AaBbDD	AaBbDd	AabbDD	AabbDd	aaBbDD	aaBbDd	aabbDD	aabbDd
	abd	AaBbDd	AaBbdd	AabbDd	Aabbdd	aaBbDd	aaBbdd	aabbDd	aabbdd

Эти **таблицы наследования для спектров** вибросистем подобны **решеткам Пеннета** для полигибридного скрещивания организмов (решетки Пеннета в генетике и ее учебниках представляют с 1906 года законы Менделя наследования признаков при полигибридном скрещивании). **Только в решетках Пеннета вместо собственных чисел и их комбинаций фигурируют аналогичные комбинации доминантных и рецессивных аллелей генов от родительских репродуктивных клеток** - гамет.

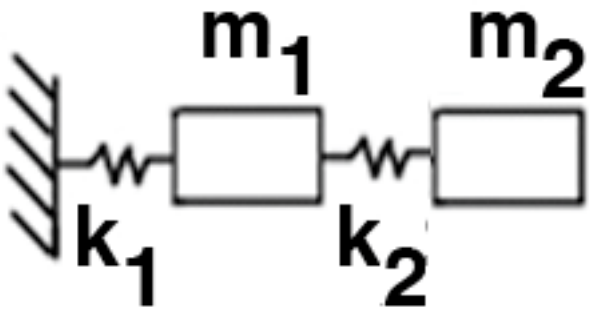
		Материнские гаметы	
		A	**a**
Отцовские гаметы	**A**	**AA**	**Aa**
	a	**Aa**	**aa**

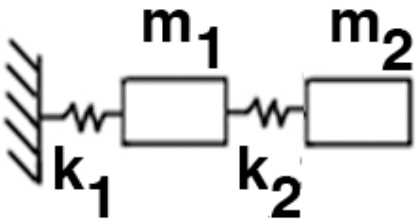
		материнские гаметы			
		AB	Ab	aB	ab
отцовские гаметы	AB	AABB	AABb	AaBB	AaBb
	Ab	AABb	AAbb	AaBb	Aabb
	aB	AaBB	AaBb	aaBB	aaBb
	ab	AaBb	Aabb	aaBb	aabb

Отмечаемая нами формальная аналогия между решетками Пеннета комбинаций аллелей при полигибридном скрещивании организмов и таблицами наследования собственных чисел вибросистем порождает следующую мысль:

- **аллели генов и их комбинации можно интерпретировать как собственные числа колебательных систем, матрицы которых принадлежат рассматриваемым тензорным семействам (2^n*2^n)-матриц**. Этот модельный подход акцентирует внимание на возможную важность для генетических систем особого класса взаимно связанных резонансов из **тензорных семейств матриц, играющих роль биологических «матричных архетипов»**.

О модельных вибросистемах. В механике матричные представления колебательных систем со многими степенями свободы и заданными параметрами позволяют определить их собственные числа и собственные вектора. Например, пружинно-массовая система с двумя степенями свободы и параметрами, указанными на рисунке, соответствует (2*2)-матрице, спектр которой состоит из двух собственных чисел λ_1 и λ_2. Каждое из них равно квадрату частоты колебаний на том резонансном тоне, который соответствует собственному вектору данного собственного числа.



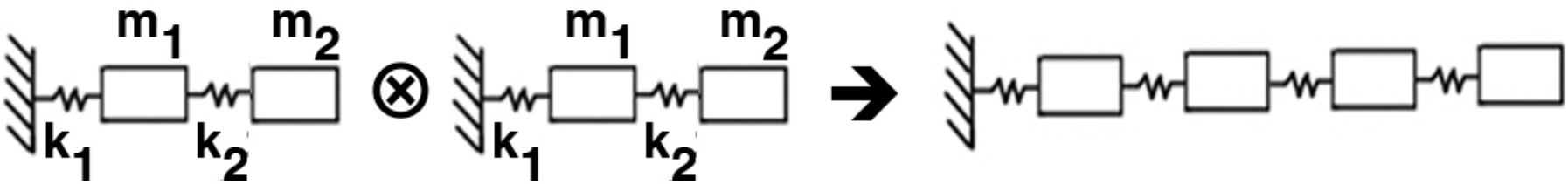


На рисунке обозначены жесткости пружин k_1, k_2 и массы грузиков m_1, m_2. Соответствующая система уравнений для свободных колебаний данного объекта имеет вид:

$$\begin{vmatrix} k_1 + k_2 - \lambda^* m_1, & -k_2 \\ -k_2, & k_2 - \lambda^* m_2 \end{vmatrix} * \begin{vmatrix} x_1 \\ x_2 \end{vmatrix} = 0$$

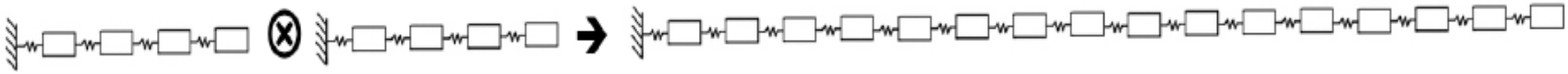
Собственные числа матрицы λ_1 и λ_2 :

$$\lambda_{1,2} = \omega_{1,2}^2 = \{(k_2*m_1+k_1*m_2+k_2*m_2) \pm ((k_2*m_1+k_1*m_2+k_2*m_2)^2 - 4*k_1*k_2*m_1*m_2)^{0.5}\}/2*m_1*m_2$$



Тензорное умножение (скрещивание) таких двух вибросистем с двумя степенями свободы и собственными числами λ_1 и λ_2 приводит к вибросистеме с четырьмя степенями свободы, собственные числа которой выражаются через наследуемые собственные числа родительских вибросистем: λ_1^2, $\lambda_1\lambda_2$, $\lambda_1\lambda_2$, λ_2^2.

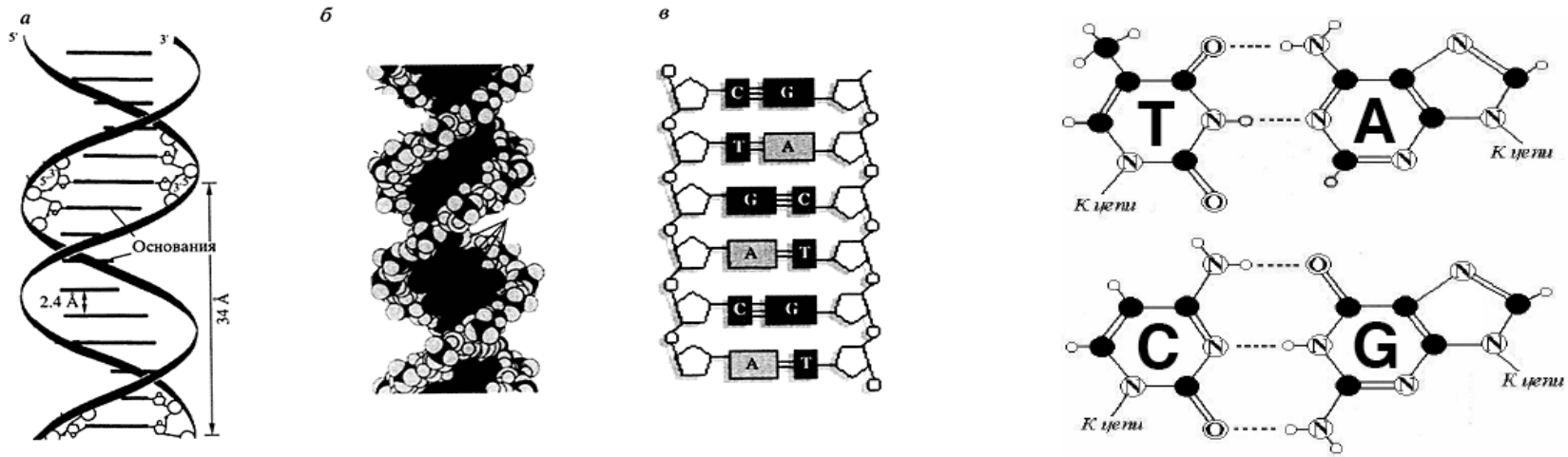
Этот алгоритмический процесс тензорного порождения колебательных систем с возрастающими степенями свободы и наследуемыми собственными числами (собственными колебаниями) можно продолжать сколь угодно.



РЕЗОНАНСЫ КАК НОСИТЕЛИ ИНФОРМАЦИИ. ГЕНЕТИЧЕСКИЕ АЛФАВИТЫ И РЕЗОНАНСЫ

Наборы и последовательности резонансов могут использоваться для передачи информации (например, азбукой Морзе). Наша речевая и вокальная коммуникации основаны на генетически наследуемой способности нашего аппарата голосообразования настраиваться на системы резонансов для генерации звуков определенного спектрального состава.

Автором выдвинута **гипотеза о том, что генетические алфавиты также построены на базе резонансов**. С позиций данной гипотезы представим один из вариантов рассмотрения генетических алфавитов.



- ДНК содержит вдоль своих нитей последовательность четырех азотистых оснований - четырех «букв» генетического алфавита: аденина A, цитозина C, гуанина G, тимина T. Алфавит поделен на комплементарные пары букв: A–T и C-G, стоящих на двух нитях ДНК всегда напротив друг друга. Генетический код кодирует последовательности 20 видов аминокислот в цепевидных белках с помощью 64 триплетов, представляющих собой всевозможные комбинации из этих четырех букв типа CAG, GCT,…

Система генетического кодирования базируется на наборах (алфавитах) n-плетов:

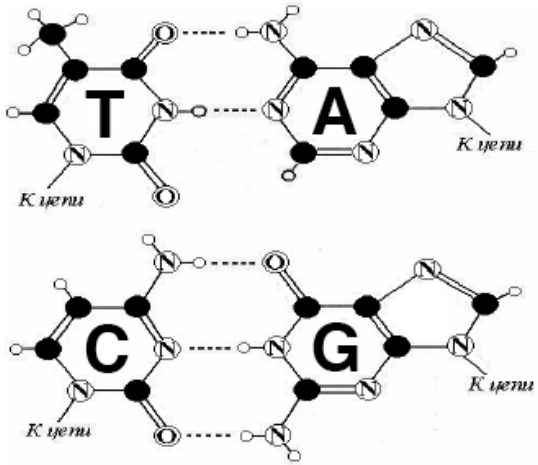
- набор **4** моноплетов (азотистых оснований A, C, G, T);
- набор $\mathbf{4^2}$=**16** дуплетов (AA, AC, AG,….);
- набор $\mathbf{4^3}$=64 триплетов (AAA, AAC, ACA,…).

(Эти же числа алфавитов **4**, **16**, **64** фигурируют в рассмотренных решетках Пеннета и таблицах наследования собственных значений).

Будем полагать 4-е азотистые основания ДНК собственными числами некоторых матриц и располагать их на диагоналях соответствующих диагональных матриц, используя следующие факты:

- любая квадратная матрица с различными собственными значениями λ_i трансформируется в ее диагональную форму (за счет подбора базиса), в которой **все ее собственные значения лежат на ее диагонали**, а все остальные члены равны нулю;
- тензорные произведения диагональных матриц всегда порождают диагональные матрицы.

Науке не известно, почему базовый алфавит ДНК состоит именно из 4-х молекул очень простого строения. Но известно, что эти 4-е азотистых основания наделены бинарно-оппозиционными признаками (принцип парности), которые членят данный алфавит на три бинарных субалфавита.



ПРИЗНАК	G	A	T	C
1) Пиримидины (C,T), пурины (A,G)	0_1	0_1	1_1	1_1
2) Амино (A,C) и кето (G,T)	0_2	1_2	0_2	1_2
3) Комплементарность (C,G) и (A,T) на трех и двух водородных связях	1_3	0_3	0_3	1_3

Мы продолжим эту **природную схему членения на субалфавиты**, перейдя к алфавитам 16 дуплетов и 64 триплетов и используя принцип парности букв. Представим, например, кето-пару C и A и амино-пару G и T в виде членов диагональных (2*2)-матриц, т.е. ее собственных чисел (индекс d после квадратных скобок использован для краткой записи диагональных матриц):

$$\begin{vmatrix} C, 0 \\ 0, A \end{vmatrix} = [C, A]_d \; ; \quad \begin{vmatrix} T, 0 \\ 0, G \end{vmatrix} = [T, G]_d$$

Тогда попарные тензорные произведения этих двух диагональных (2*2)-матриц представляют все множество 16 дуплетов в виде диагоналей 4-х диагональных (4*4)-матриц (тетрад) с упорядоченным расположением дуплетов:

$[C, A]_d \otimes [C, A]_d = [CC, CA, AC, AA]_d$

$[C, A]_d \otimes [T, G]_d = [CT, CG, AT, AG]_d$

$[T, G]_d \otimes [C, A]_d = [TC, TA, GC, GA]_d$

$[T, G]_d \otimes [T, G]_d = [TT, TG, GT, GG]_d$

В этой модели дуплеты с разной очередностью одинаковых букв (например, CA и AC) принадлежат разным собственным векторам, что соответствует их разному значению в генетическом кодировании. То же относится к триплетам.

Тензорные произведения этих же двух диагональных матриц $[C, A]_d$ и $[T, G]_d$ в разных комбинациях по три представляют все множество 64 триплетов в виде диагоналей 8-ми диагональных (8*8)-матриц (октет диагоналей):

$[C, A]_d \otimes [C, A]_d \otimes [C, A]_d = [CCC, CCA, CAC, CAA, ACC, ACA, AAC, AAA]_d$

$[C, A]_d \otimes [C, A]_d \otimes [T, G]_d = [CTT, CTG, CAT, CAG, ACT, ACG, AAT, AAG]_d$

$[C, A]_d \otimes [T, G]_d \otimes [C, A]_d = [CTC, CTA, CGC, CGA, ATC, ATA, AGC, AGA]_d$

$[C, A]_d \otimes [T, G]_d \otimes [T, G]_d = [CTT, CTG, CGT, CGG, ATT, ATG, AGT, ATG]_d$

$[T, G]_d \otimes [C, A]_d \otimes [C, A]_d = [TCC, TCA, TAC, TAA, GCC, GCA, GAC, GAA]_d$

$[T, G]_d \otimes [C, A]_d \otimes [T, G]_d = [TCT, TCG, TAT, TAG, GCT, GCG, GAT, GAG]_d$

$[T, G]_d \otimes [T, G]_d \otimes [C, A]_d = [TTC, TTA, TGC, TGA, GTC, GTA, GGC, GGA]_d$

$[T, G]_d \otimes [T, G]_d \otimes [T, G]_d = [TTT, TTG, TGT, TGG, GTT, GTG, GGT, GGG]_d$

До сих пор ничего не говорилось об аминокислотах и стоп-кодонах, кодируемых триплетами. Их подстановка в формально построенные 8 октетов 64 триплетов неожиданно дает разбиение этих 8 октетов на пары соседних октетов с одинаковыми списками аминокислот в каждой паре.

CCC Pro	CCA Pro	CAC His	CAA Gln	ACC Thr	ACA Thr	AAC Asn	AAA Lys
CCT Pro	CCG Pro	CAT His	CAG Gln	ACT Thr	ACG Thr	AAT Asn	AAG Lys
CTC Leu	CTA Leu	CGC Arg	CGA Arg	ATC Ile	ATA Met	AGC Ser	AGA Stop
CTT Leu	CTG Leu	CGT Arg	CGG Arg	ATT Ile	ATG Met	AGT Ser	AGG Stop
TCC Ser	TCA Ser	TAC Tyr	TAA Stop	GCC Ala	GCA Ala	GAC Asp	GAA Glu
TCT Ser	TCG Ser	TAT Tyr	TAG Stop	GCT Ala	GCG Ala	GAT Asp	GAG Glu
TTC Phe	TTA Leu	TGC Cys	TGA Trp	GTC Val	GTA Val	GGC Gly	GGA Gly
TTT Phe	TTG Leu	TGT Cys	TGG Trp	GTT Val	GTG Val	GGT Gly	GGG Gly

(Показан пример генетического кода митохондрий позвоночных)

Феномен структурирования 8 октетов триплетов по сильным и слабым корням триплетов.

Свойства вырожденности кода делят множество 64 триплетов на два равных подмножества [Румер, 1968]:

- 32 триплета с «**сильными корнями**», т.е. начинающихся с 8 «сильных» дуплетов AC, CC, CG, CT, GC, GG, GT, TC (обозначим эти дуплеты и триплеты черным цветом);
- 32 «белых» триплета со «**слабыми корнями**», т.е. начинающихся с 8 «слабых» дуплетов AA, AG, AT, GA, TA, TC, TG.

Кодовые значения триплетов с **сильным корнем** не зависят от буквы на третьей позиции, а триплетов со **слабым корнем** – зависят от третьей буквы.

THE STANDARD CODE	
8 subfamilies of triplets with strong roots («black triplets») and amino acids, which are encoded by them	8 subfamilies of triplets with weak roots («white triplets») and amino acids, which are encoded by them
CCC, CCT, CCA, CCG → Pro	CAC, CAT, CAA, CAG → His, His, Gln, Gln
CTC, CTT, CTA, CTG → Leu	AAC, AAT, AAA, AAG → Asn, Asn, Lys, Lys
CGC, CGT, CGA, CGG → Arg	ATC, ATT, ATA, ATG → Ile, Ile, Ile, Met
ACC, ACT, ACA, ACG → Thr	AGC, AGT, AGA, AGG → Ser, Ser, Arg, Arg
TCC, TCT, TCA, TCG → Ser	TAC, TAT, TAA, TAG → Tyr, Tyr, Stop, Stop
GCC, GCT, GCA, GCG → Ala	TTC, TTT, TTA, TTG → Phe, Phe, Leu, Leu
GTC, GTT, GTA, GTG → Val	TGC, TGT, TGA, TGG → Cys, Cys, Stop, Trp
GGC, GGT, GGA, GGG → Gly	GAC, GAT, GAA, GAG → Asp, Asp, Glu, Glu
THE VERTEBRATE MITOCHONDRIAL CODE	
CCC, CCT, CCA, CCG → Pro	CAC, CAT, CAA, CAG → His, His, Gln, Gln
CTC, CTT, CTA, CTG → Leu	AAC, AAT, AAA, AAG → Asn, Asn, Lys, Lys
CGC, CGT, CGA, CGG → Arg	ATC, ATT, ATA, ATG → Ile, Ile, Met, Met
ACC, ACT, ACA, ACG → Thr	AGC, AGT, AGA, AGG → Ser, Ser, Stop, Stop
TCC, TCT, TCA, TCG → Ser	TAC, TAT, TAA, TAG → Tyr, Tyr, Stop, Stop
GCC, GCT, GCA, GCG → Ala	TTC, TTT, TTA, TTG → Phe, Phe, Leu, Leu
GTC, GTT, GTA, GTG → Val	TGC, TGT, TGA, TGG → Cys, Cys, Trp, Trp
GGC, GGT, GGA, GGG → Gly	GAC, GAT, GAA, GAG → Asp, Asp, Glu, Glu

Figure shows triplets with strong roots (black color) and weak roots (white color) in the Standard Genetic Code and the Vertebrate Mitochondrial Genetic Code

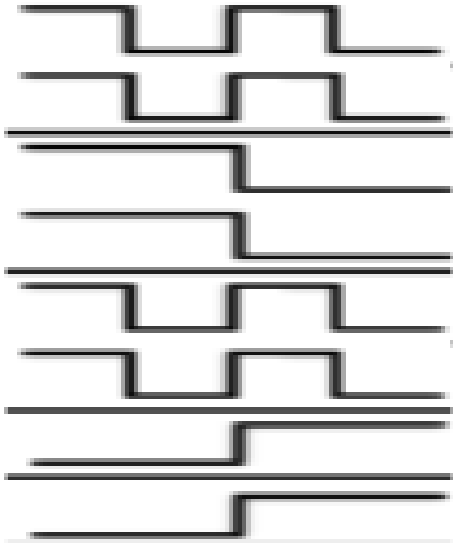
Как эти субалфавиты сильных и слабых корней сопряжены с 64-буквенным алфавитом триплетов? Существует ли симметрия в расположении триплетов с сильными и слабыми корнями в 8-ми октетах триплетов, которые были построены совершенно формально без упоминания аминокислот и пр.?

Имеется огромное количество >> $\mathbf{10^{100}}$ вариантов расположения 20 аминокислот с их какими-то повторениями в 8-ми октетах, т.е. в 64 клетках. Для сравнения, физика оценивает все время существо-вания Вселенной в $\mathbf{10^{17}}$ секунд. Очевидно, что случайное расположение 20 аминокислот и соответствующих триплетов в 64 клетках квадратной таблицы почти никогда не даст симметрии в отдельных октетах и их множестве.

Но неожиданно феноменологическое расположение 32 триплетов с сильными корнями (черный цвет) и 32 триплетов со слабыми корнями (белый цвет) имеет в этих 8-ми октетах **<u>симметрический характер</u>**:

1) каждый октет по своей мозаике зеркально антисимметричен по своим левой и правой половинам и имеет меандровый характер; 2) все множество октетов разделено на пары соседних октетов с тождественной мозаикой; 3) левая (правая) половина первых четырех октетов совпадает по мозаике с правой (левой) половиной последних четырех октетов.

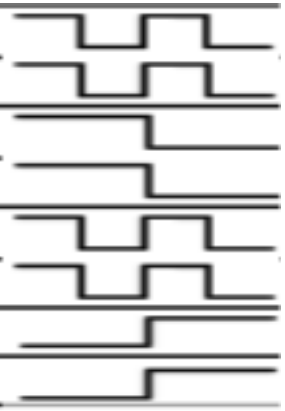
[CCC CCA CAC CAA	ACC ACA AAC AAA]$_d$
[CCU CCG CAU CAG	ACU ACG AAU AAG]$_d$
[CUC CUA CGC CGA	AUC AUA AGC AGA]$_d$
[CUU CUG GGU CGG	AUU AUG AGU AGG]$_d$
[UCC UCA UAC UAA	GCC GCA GAC GAA]$_d$
[UCU UCG UAU UAG	GCU GCG GAU GAG]$_d$
[UUC UUA UGC UGA	GUC GUA GGC GGA]$_d$
[UUU UUG UGU UGG	GUU GUG GGU GGG]$_d$



Эти неожиданные феноменологические симметрии говорят о структурных связях внутри множества 64 триплетов, представленного в виде 8-ми октетов собственных значений (резонансов) диагональных матриц.

Такие нечетные меандровые функции хорошо известны в теории обработки сигналов и теории вероятности под именем «**<u>функций Радемахера</u>**» $r_n(x) = \mathrm{sign}(\sin 2^n \pi x)$. Функции Радемахера, содержащие только элементы “+1” и “-1”, **здесь оказываются связанными с генетическими алфавитами**. Каждый из 8-ми октетов триплетов представляет одну из функций Радемахера, если каждый черный (белый) триплет интерпретировать как элемент +1 (−1).

[CCC, CCA, CAC, CAA, ACC, ACA, AAC,AAA]$_d$ ➔	[+1, +1, -1, -1, +1, +1, -1, -1]$_d$
[CCT, CCG, CAT, CAG, ACT, ACG, AAT,AAG]$_d$ ➔	[+1, +1, -1, -1, +1, +1, -1, -1]$_d$
[CTC, CTA, CGC, CGA, ATC, ATA, AGC,AGA]$_d$ ➔	[+1, +1, +1, +1, -1, -1, -1, -1]$_d$
[CTT, CTG, GGT, CGG, ATT, ATG, AGT,AGG]$_d$ ➔	[+1, +1, +1, +1, -1, -1, -1, -1]$_d$
[TCC, TCA, TAC, TAA, GCC, GCA, GAC,GAA]$_d$ ➔	[+1, +1, -1, -1, +1, +1, -1, -1]$_d$
[TCT, TCG, TAT, TAG, GCT, GCG, GAT, GAG]$_d$ ➔	[+1, +1, -1, -1, +1, +1, -1, -1]$_d$
[TTC, TTA, TGC, TGA,GTC, GTA, GGC, GGA]$_d$ ➔	[-1, -1, -1, -1, +1, +1, +1, +1]$_d$
[TTT, TTG, TGT, TGG, GTT, GTG, GGT, GGG]$_d$ ➔	[-1, -1, -1, -1, +1, +1, +1, +1]$_d$



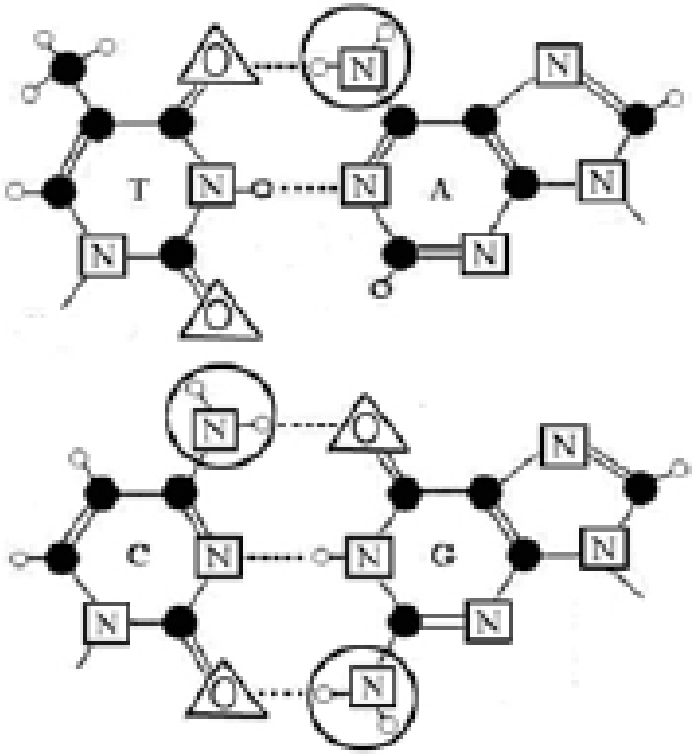
Структурность 4 тетрад дуплетов и 8 октетов триплетов при учете статуса буквы Т.

Среди 4-х азотистых оснований ДНК - А, С, G, Т – буква Т противопоставлена природой трем другим буквам алфавита:

1) буква Т единственная, которая при переходе от ДНК к РНК заменяется другой буквой U(урацил);

2) буква Т (и ее сменщик U) отличается от трех других букв алфавита отсутствием в ней функционально важной аминогруппы NH_2.

Эту бинарную оппозицию можно выразить так: **Т=-1, А=С=G=+1**.



Тогда каждый дуплет и триплет при замене в нем букв на эти числа (A=C=G=+1, T=-1) можно представлять как произведение этих чисел. Например, триплет CAT представляется как 1*1*(-1)=-1, а триплет TGT – как (-1)*1*(-1)=+1. В итоге полученные 4 тетрады дуплетов и 8 октетов триплетов получают численные представления, которые **совпадают с полными ортогональными системами функций Уолша для 4-х и 8-мерных случаев**!

$[CC, CA, AC, AA]_d \rightarrow$	$[+1, +1, +1, +1]_d$
$[CT, CG, AT, AG]_d \rightarrow$	$[-1, +1, -1, +1]_d$
$[TC, TA, GC, GA]_d \rightarrow$	$[-1, -1, +1, +1]_d$
$[TT, TG, GT, GG]_d \rightarrow$	$[+1, -1, -1, +1]_d$

$[CCC, CCA, CAC, CAA, ACC, ACA, AAC, AAA]_d \rightarrow$	$[+1, +1, +1, +1, +1, +1, +1, +1]_d$
$[CCT, CCG, CAT, CAG, ACT, ACG, AAT, AAG]_d \rightarrow$	$[-1, +1, -1, +1, -1, +1, -1, +1]_d$
$[CTC, CTA, CGC, CGA, ATC, ATA, AGC, AGA]_d \rightarrow$	$[-1, -1, +1, +1, -1, -1, +1, +1]_d$
$[CTT, CTG, GGT, CGG, ATT, ATG, AGT, AGG]_d \rightarrow$	$[+1, -1, -1, +1, +1, -1, -1, +1]_d$
$[TCC, TCA, TAC, TAA, GCC, GCA, GAC, GAA]_d \rightarrow$	$[-1, -1, -1, -1, +1, +1, +1, +1]_d$
$[TCT, TCG, TAT, TAG, GCT, GCG, GAT, GAG]_d \rightarrow$	$[+1, -1, +1, -1, -1, +1, -1, +1]_d$
$[TTC, TTA, TGC, TGA, GTC, GTA, GGC, GGA]_d \rightarrow$	$[+1, +1, -1, -1, -1, -1, +1, +1]_d$
$[TTT, TTG, TGT, TGG, GTT, GTG, GGT, GGG]_d \rightarrow$	$[-1, +1, +1, -1, +1, -1, -1, +1]_d$

[CCC, CCA, CAC, CAA, ACC, ACA, AAC, AAA]$_d$ →	[+1, +1, +1, +1, +1, +1, +1, +1]$_d$
[CCT, CCG, CAT, CAG, ACT, ACG, AAT, AAG]$_d$ →	[−1, +1, −1, +1, −1, +1, −1, +1]$_d$
[CTC, CTA, CGC, CGA, ATC, ATA, AGC, AGA]$_d$ →	[−1, −1, +1, +1, −1, −1, +1, +1]$_d$
[CTT, CTG, GGT, CGG, ATT, ATG, AGT, AGG]$_d$ →	[+1, −1, −1, +1, +1, −1, −1, +1]$_d$
[TCC, TCA, TAC, TAA, GCC, GCA, GAC, GAA]$_d$ →	[−1, −1, −1, −1, +1, +1, +1, +1]$_d$
[TCT, TCG, TAT, TAG, GCT, GCG, GAT, GAG]$_d$ →	[+1, −1, +1, −1, −1, +1, −1, +1]$_d$
[TTC, TTA, TGC, TGA, GTC, GTA, GGC, GGA]$_d$ →	[+1, +1, −1, −1, −1, −1, +1, +1]$_d$
[TTT, TTG, TGT, TGG, GTT, GTG, GGT, GGG]$_d$ →	[−1, +1, +1, −1, +1, −1, −1, +1]$_d$

Эти функции Уолша широко применяются в обработке дискретных сигналов и помехоустойчивом кодировании. Полнота системы, например, данных 8-ми функций Уолша означает, что любой 8-мерный вектор может быть представлен в виде их суперпозиции.

При этом в нашем генетико-алфавитном случае каждая из функций полной системы Уолша **сама является спектром из собственных чисел некоторой колебательной системы**.

На полных системах функций Уолша строится помехоустойчивое кодирование информации на космических кораблях «Маринер» и «Вояджер», передающих на Землю фото Марса, Юпитера, Сатурна, Урана и Нептуна. Полные системы функций Уолша образуют матрицы Адамара, используемые в квантовых компьютерах («гейты Адамара») и применяемые в квантовой механике в форме унитарных операторов.

А в нашем подходе эти системы функций Уолша оказываются представителями генетических алфавитов и выступают в виде наборов собственных чисел матриц (резонансов) колебательных систем с определенными степенями свободы.

Приведенные результаты свидетельствуют в пользу следующего:

- **алфавиты генетического кода есть алфавиты резонансов; соответственно, генетические тексты на основе этих алфавитов есть тексты, написанные на языке резонансов**.

Недаром генетически наследуемый организм является хором согласованных колебательных процессов.

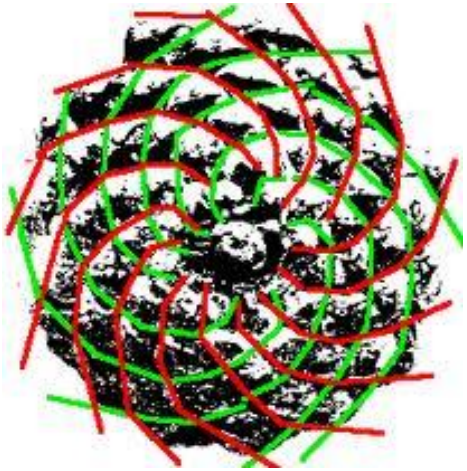
Филлотаксис, числа Фибоначчи и золотое сечение

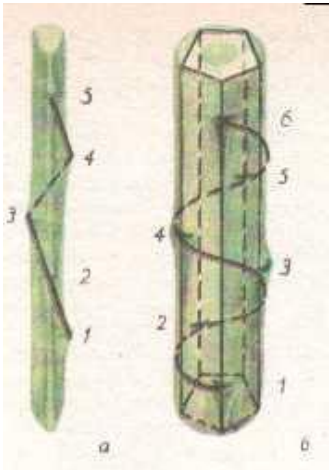
Генетически наследуемые феномены филлотаксиса, связанные с числами Фибоначчи, давно сопоставляются с матрицей Фибоначчи [1, 1; 1, 0], которая часто называется матрицей роста и степени которой состоят из чисел Фибоначчи F_n ($F_{n+1}= F_n+F_{n-1}$, $F_0=0$, $F_1=1$):

$$\begin{vmatrix} 1, & 1 \\ 1, & 0 \end{vmatrix}^n = \begin{vmatrix} F_{n+1}, & F_n \\ F_n, & F_{n-1} \end{vmatrix}$$

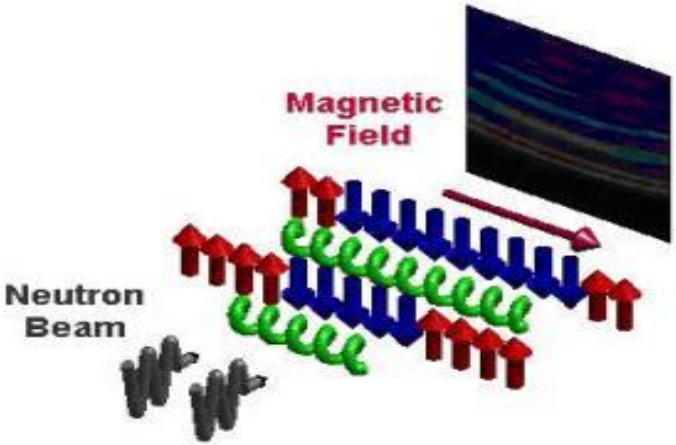
Каковы собственные числа (2*2)-матрицы Фибоначчи?

Они равны **f** и **$-f^{-1}$**, где **f**=$(1+5^{0.5})/2$ = 1,618… - **золотое сечение**.

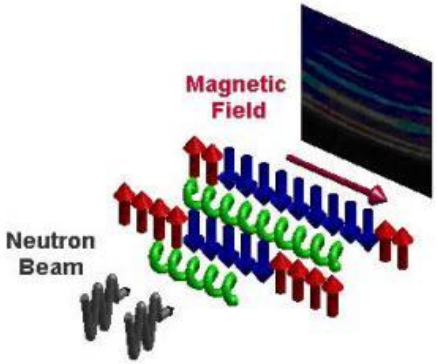




Существуют ли в природе колебательные системы, в которых частоты собственных колебаний сопряжены с золотым сечением f ? Журнал «Science Daily» 07.01.2010 опубликовал статью авторитетной группы авторов “Golden Ratio Discovered in Quantum World: Hidden Symmetry Observed for the First Time in Solid State Matter” (http://www.sciencedaily.com/releases/2010/01/100107143909.htm)



В статье сообщается: «Исследование ниобата кобальта, обладающего магнитными свойствами, выявило, что при определенных условиях его «цепочка атомов ведет себя подобно наноскопической **гитарной струне**… . Натяжение появляется благодаря взаимодействию между спинами, приводящему к магнитному **резонансу**. Для этих взаимодействий мы нашли серии („гаммы“) резонансных тонов». Отношения первых двух тонов «**находятся в соотношении 1,618... — это и есть золотое сечение**, известное по живописи и архитектуре». Профессор Теннант отмечает «совершенную гармонию, найденную в квантовой неопределенности вместо беспорядка. Подобные открытия подводят ученых к мысли, что мир в квантовых масштабах тоже может подчиняться какому-то лежащему в основе всего порядку».



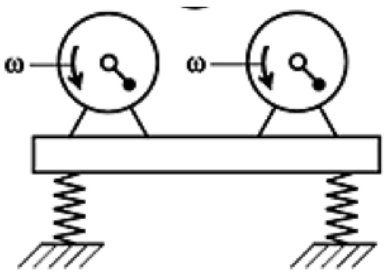
Вибрационная механика и генетическая биомеханика

Представляемая в докладе концепция наследуемых биорезонансов обращает внимание на возможное биологическое значение феноменов вибрационной механики. Последняя широко применяется в технике и насыщена удивительными феноменами вибрационной сепарации и структуризации многофазных сред, вибротранспортировки, виброперекачки энергии от одних частей системы к другим и пр. Знакомство с некоторыми из этих феноменов порождает впечатление о попадании в мир с другими физическими законами.

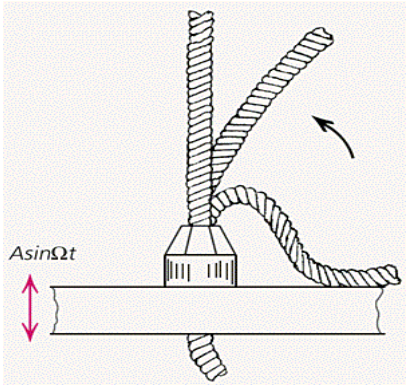
Данные феномены связаны с факторами, которые вслед за П.Л.Капицей условно называют «вибрационными силами». В жидкости вибрирующие тела могут притягиваться и отталкиваться (вибрационные силы Бьеркнеса), а пульсирующие пузырьки газа могут сливаться и дробиться (этому посвящено много видео в Интернете).

Едва заметные вибрации обеспечивают:

- верхнее положение маятника делается устойчивым;
- тяжелый металлический шар “всплывает” в слое песка;
- свая легко погружается в грунт под своим весом;
- массивное тело или слой сыпучего материала движется вверх по наклонной плоскости;



- вращение ротора устойчиво поддерживается при выключенном электродвигателе (за счет виброперекачки энергии от другого электродвигателя, стоящего на общей виброплатформе; самосинхронизация возбудителей);
- веревка встает столбом вверх, и т.п.



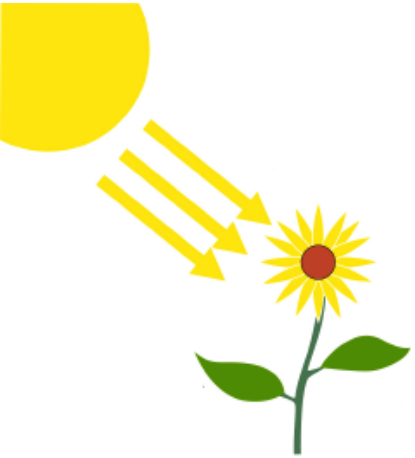
(см., например, И.И.Блехман «**Вибрация «изменяет законы механики»**». – Природа, 2003, №11).

Но в живых организмах с их множеством компонентов, согласованно вибрирующих на разных частотах и амплитудах, известно множество явлений, которые также происходят как бы под действием загадочных сил. Таковы, например, удивительно организованные многоэтапные процессы деления клеток. Или нахождение гистоновыми белками парных им видов гистонов в молекулярном бульоне для образования октомерных стержней, на которые навивается ДНК.

Здесь вспомним об известном явлении конформационных колебаний макромолекул ферментов, в том числе на частотах звуковых волн. В связи с ним С.Э.Шноль (1989) писал о вероятной важности для жизнедеятельности «***пока еще фантастической картины «музыкальных взаимодействий» биохимических систем, клеток, органов***», относящихся к области «***биохимической эстетики***».

Наши исследования генетических систем резонансов сопряжены с «***биохимической эстетикой***». Мы рассматриваем организм как музыкальный синтезатор с наследуемым множеством настроек резонансных режимов. Отчасти в этой связи нам с коллегами удалось создать в Московской консерватории «**Центр междисциплинарных исследований музыкального творчества**», запатентовать новый класс музыкальных инструментов на основе так называемых «генетических музыкальных строев», заниматься «генетической» цветомузыкой и пр.

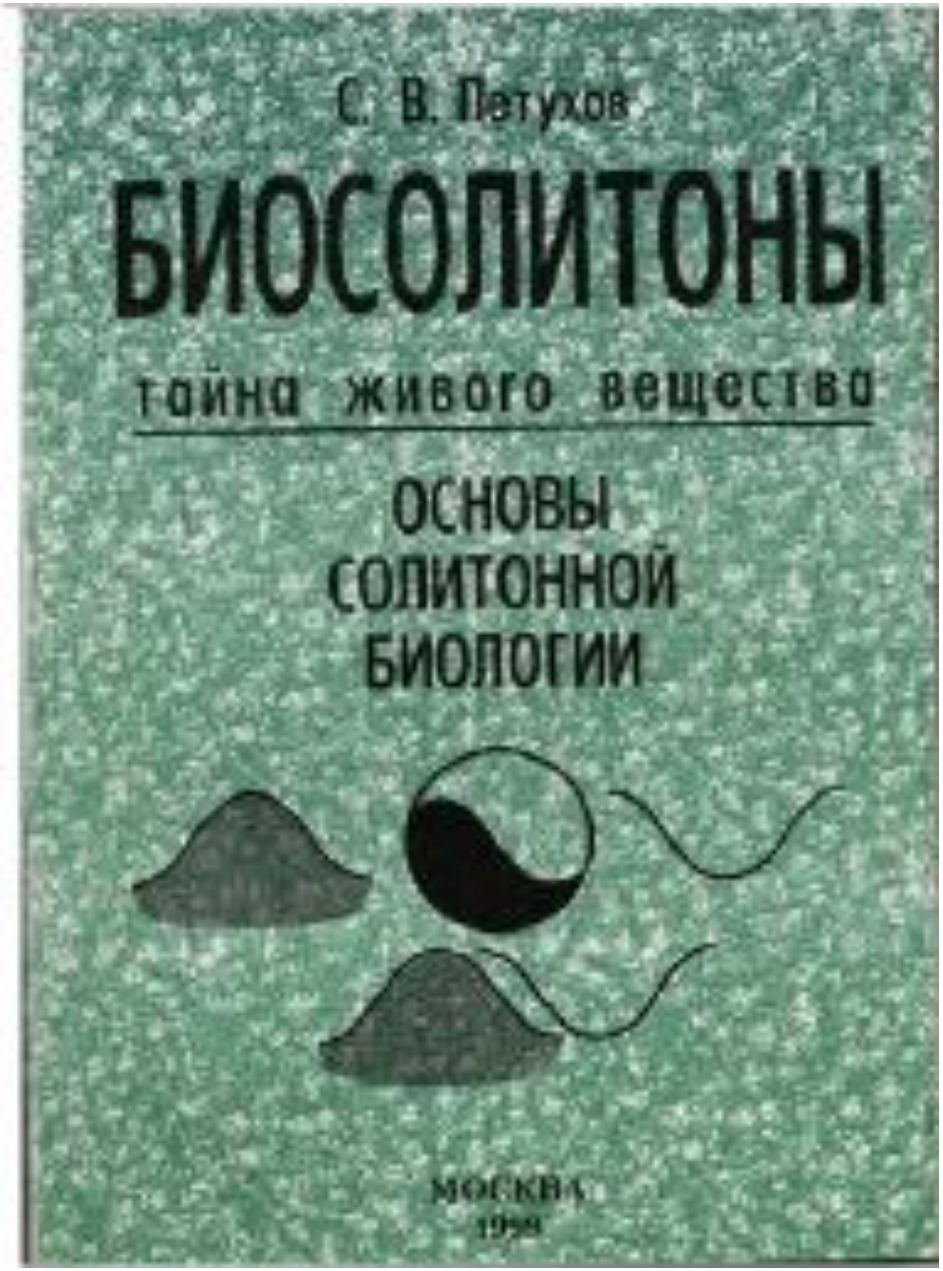
С учетом возможностей виброперекачки энергии за счет резонансных взаимодействий (пример работающего электродвигателя, не подключенного к сети) живой организм может рассматриваться как **резонансный потребитель энергии окружающих электромагнитных волн**, приходящих из космоса и недр земли. Фотосинтез, осуществляющийся за счет поглощения энергии солнечных световых волн, является, видимо, лишь одним из примеров **энергопотребительского существования организма на основе резонансных согласований** (**резонансный “вампиризм” энергии и информации**).



Как живые, так и неживые объекты являются в общем случае колебательными системами со многими степенями свободы. Но - с точки зрения предлагаемой генетической концепции биорезонансного согласования - **живые организмы отличаются особыми наследуемыми тензорно-матричными системами резонансов в них**. Эти биологические системы резонансов представляют собой относительно узкий класс мыслимых систем резонансов.

Резонансное объединение частей в единое целое происходит по принципу «минимума энергии»: каждому из участников ансамбля для выполнения собственной работы требуется меньше энергии, чем в случае работы по отдельности.
В свете наших модельных данных о глубокой связи генетического кодирования с определенными системами резонансов полагаем перспективным уделить дополнительное внимание солитонам как кооперативным волновым объектам.

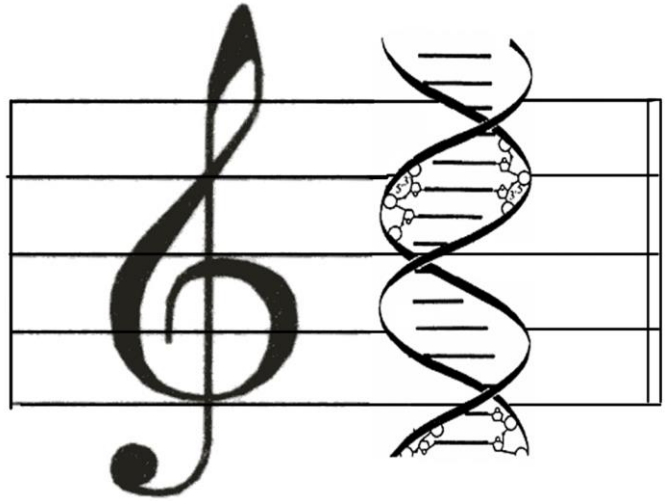
Тем более, что солитоноподобные объекты широко встречаются в морфологии и кинематике живых организмов, примеры чего даны в книге докладчика 1999 года (имеется на его сайте в открытом доступе):

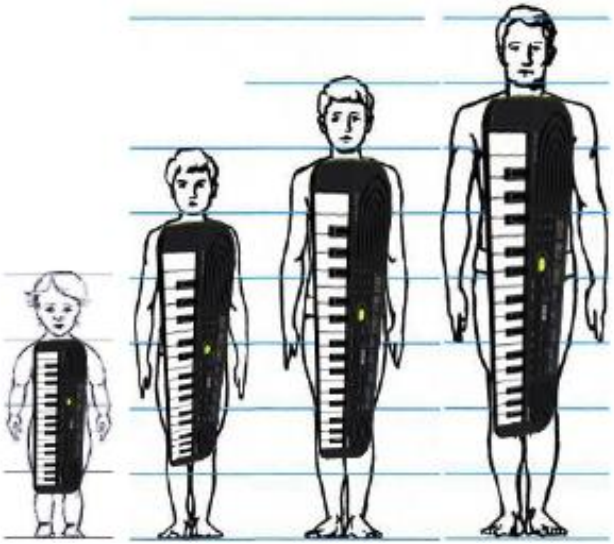


Музыка представляет собой игру в системы акустических резонансов, к которым человек удивительно предрасположен, хотя не имеет специализированного органа восприятия музыки, воспринимая ее всем существом. На протяжении десятков тысяч лет он создает музыкальные инструменты, настраивая их на определенные системы резонансов, вызывающие у него эмоции, мурашки по телу и слезы.

Направление наших поисковых исследований можно охарактеризовать также лозунгом:

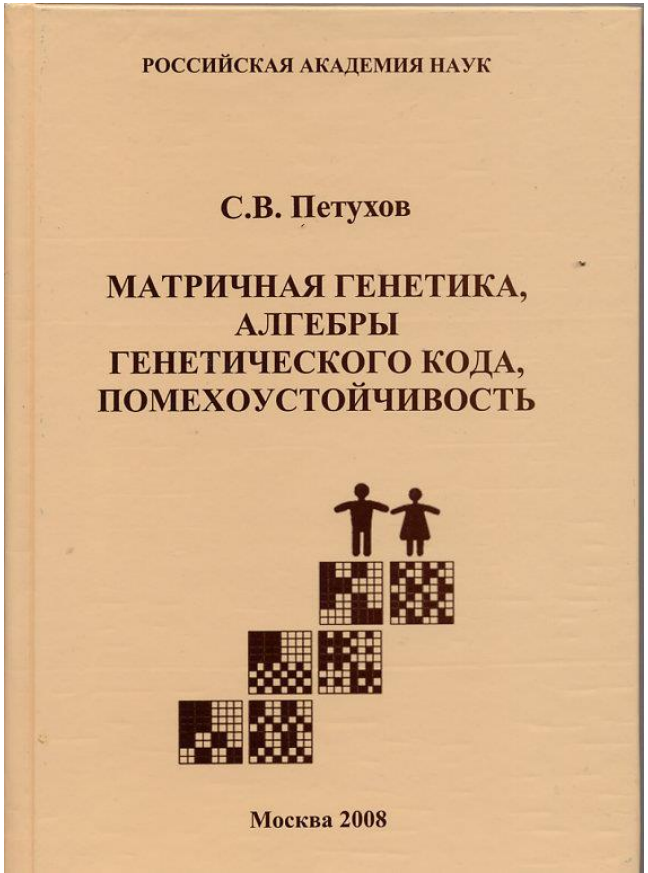
- **организм есть музыкальный инструмент (синтезатор с обилием перестроек резонансных режимов)**.

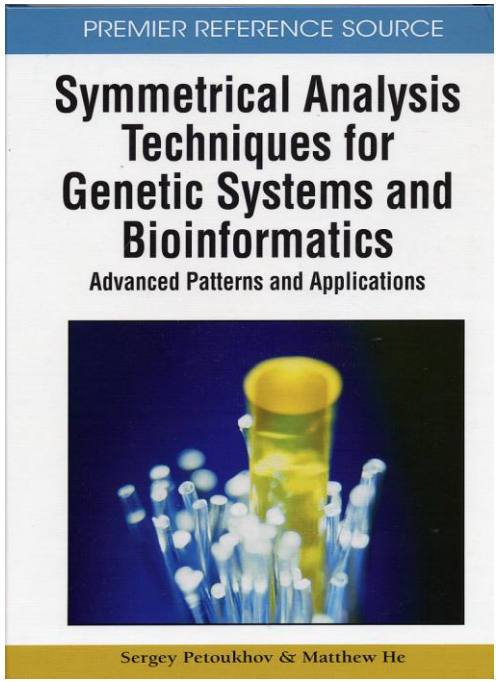


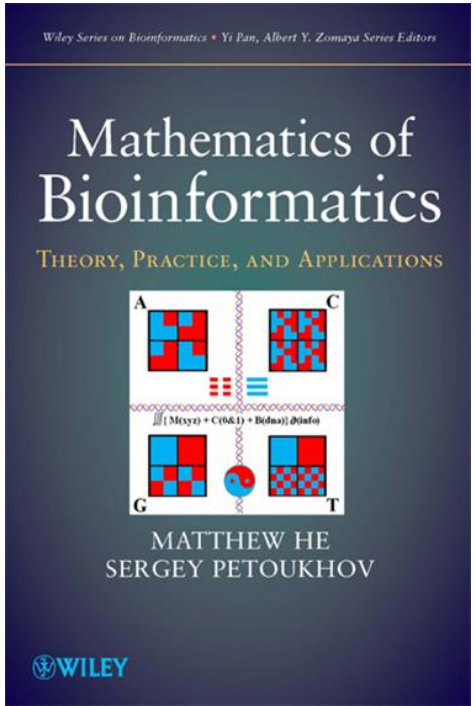


Книги и статьи автора выложены для свободного чтения на сайте http://petoukhov.com/ .

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!







Наши результаты тензорно-матричного моделирования говорят в пользу следующего:

- **алфавиты генетического кода есть алфавиты резонансов; соответственно, генетические тексты на основе этих алфавитов есть тексты, написанные на языке резонансов**;
- **решетки Пеннета, описывающие в генетике полигибридное скрещивание по законам Менделя, аналогичны представленным таблицам наследования собственных чисел матриц при тензорном умножении (2*2)-матриц;**
- **аллели генов, фигурирующие в законах Менделя, можно интерпретировать как резонансы (собственные числа матриц) некоторых колебательных систем;**
- **наследуемые биологические процессы связаны с феноменами вибрационной механики.**