



## ДВЕ ТЫСЯЧИ ДЕВЯТЫЙ ГОД В ДАТАХ НЕЛИНЕЙНОЙ ДИНАМИКИ

*Д.И. Трубецков*

Время – друг великих сочинений  
И смертельный враг плохих.  
Там поймешь, кто гений, кто не гений.  
Где давно не будет нас в живых.

*Александр Кушнер*

Уважаемый читатель! Вашему вниманию предлагается очередная статья из календаря нелинейных дат, который начал отсчет на страницах журнала с 2004 года. Все по-прежнему: тот же эпиграф, тот же стиль изложения (с небольшими вариациями), выбор событий и героев опять же на совести автора. Другие – только герои и события.

**1119** 890 лет назад в Болонье основан университет (первоначально в нем изучалось право), ставший впоследствии образцом при создании университетов в других европейских странах. В 2009 году исполняется еще одна университетская дата, более скромная, но близкая сердцу автора статьи: 100 лет назад был создан Императорский Николаевский Саратовский Университет. В настоящее время Саратовский государственный университет – признанный центр исследований в области нелинейной динамики, что подтверждается, в частности, изданием в нем журнала «Известия высших учебных заведений – Прикладная нелинейная динамика».

**1209** Церковный собор в Париже издал постановление, запрещающее монахам читать естественно-научные сочинения, причисленные к разряду греховных.

Современные представители церкви ведут себя так, что InterAcademy Panel (IAP) обратилась к академиям наук мира с заявлением о преподавании эволюции, которое на 26 мая 2009 года подписали 69 академий, включая РАН. Текст заявления приводится полностью.

### Заявление IAP о преподавании эволюции

«Нижеподписавшимся Академиям Наук стало известно, что в различных местах по всему миру, в ходе преподавания научных курсов в некоторых системах публичного образования скрываются или отрицаются научные свидетельства, данные и экспериментально

проверяемые теории о происхождении и эволюции жизни на Земле, которые подменяются теориями, не допускающими научной проверки. Мы призываем всех людей, принимающих решения, учителей и родителей обучать детей методам науки и результатам её открытий, а также способствовать продвижению общего понимания достижений естественных наук. Знание окружающего мира, в котором мы живем, дает людям возможности для удовлетворения их потребностей и защиты нашей планеты.

Мы считаем, что следующие *доказанные* факты о происхождении и эволюции Земли и жизни на этой планете твердо установлены многочисленными наблюдениями и полученными независимо экспериментальными результатами многих научных дисциплин. Несмотря на то, что остается еще много вопросов о тонких деталях эволюционных изменений, научные свидетельства никогда еще не противоречили следующим результатам.

1. Во Вселенной, которая развивалась к нынешнему своему состоянию в течение примерно 11 или 15 миллиардов лет, наша Земля сформировалась приблизительно 4.5 миллиарда лет назад.

2. С момента своего формирования Земля – её геологическое строение и окружающая среда – менялись под влиянием многочисленных физических и химических сил и этот процесс продолжается в настоящее время.

3. Жизнь появилась на Земле, по крайней мере, 2.5 миллиарда лет назад. Вскоре после этого, по меньшей мере, 2 миллиарда лет назад, эволюция позволила фотосинтезирующим организмам постепенно преобразовывать атмосферу к состоянию со значительным содержанием кислорода. В дополнение к производству кислорода, которым мы дышим, процесс фотосинтеза является основным источником связанной энергии и пищи, от которой зависит человеческая жизнь на нашей планете.

4. С момента своего появления жизнь на Земле приняла множество форм, которые все еще продолжают развиваться путями, все более точно описываемыми палеонтологией, современной биологией и биохимией на основе независимых подтверждений. Общность генетического кода всех существующих ныне организмов, включая человека, ясно указывает на их общее исходное происхождение.

Мы также подписываемся под следующим заявлением, касающимся научных взглядов на преподавание эволюции, или в более общем виде, касательно любой формы научного знания.

Научное знание выводится из исследований природы Вселенной, которые привели к большим успехам и важным последствиям. Наука занимается (I) наблюдениями естественного мира и (II) формулировкой *проверяемых* и *опровергаемых* гипотез, позволяющих все более глубокое объяснение наблюдаемых явлений. Когда полученные в ходе исследований факты являются достаточно надежными, развиваются научные теории, объясняющие эти факты и предсказывающие возможный ход различных процессов или еще не наблюдавшиеся явления.

Человеческое понимание ценности и цели находится за пределами задач естественных наук. Однако ряд аспектов – научных, социальных, философских, религиозных, культурных и политических – вносят здесь свой вклад. Все эти области обогащают друг друга в ходе совместных обсуждений при ясном осознании ограниченности соответствующих областей применения.

Признавая эти ограничения, наука открыта для обсуждений, поправок и дальнейшего развития, по мере того, как открываются новые теоретические и эмпирические знания».

**1584** Опубликовано сочинение Джордано Бруно «О бесконечности, Вселенной и мирах», в котором были высказаны идеи о бесконечности Вселенной и бесконечном множестве миров. Бруно признавал и развивал гелиоцентрическую теорию мироздания Коперника.

**1619** Вышла в свет книга Кеплера «Гармония мира», в которой был изложен третий закон движения планет. Два других закона движения планет вокруг Солнца – закон эллипсов и закон равных площадей – были открыты им ранее. Напомним их формулировки.

I закон. Каждая планета движется по эллипсу, в одном из фокусов которого расположено Солнце.

II закон. Радиус-вектор планеты описывает в равные промежутки времени равные площади.

III закон. Общая формулировка. В невозмущенном эллиптическом движении двух материальных точек произведения квадратов времен обращения на суммы масс центральной и движущихся точек относятся как кубы больших полуосей их орбит, то есть

$$\frac{T_1^2}{T_2^2} \frac{m_0 + m_1}{m_0 + m_2} = \frac{a_1^2}{a_2^2},$$

где  $T_1, T_2$  – периоды обращения двух точек (двух планет),  $m_1$  и  $m_2$  – их массы,  $m_0$  – масса центральной точки (Солнца),  $a_1$  и  $a_2$  – большие полуоси орбит точек.

Если пренебречь массами планет по сравнению с массой Солнца, получим III закон Кеплера в его первоначальной формулировке: квадраты времен обращений планет вокруг Солнца пропорциональны кубам больших полуосей их эллиптических орбит.

Этот закон легко получить из соображений размерности, решая следующую задачу.

Планета массой  $m$  вращается вокруг своего Солнца массой  $M$  по эллиптической орбите с большой осью  $D$ . Найти период  $T$  обращения планеты. Очевидно, что  $T = f(M, m, D, G)$ , где  $G$  – гравитационная постоянная. Матрица размерности в системе  $LMT$  имеет вид

$$\begin{array}{ccccc} & T & M & m & D & G \\ L & 0 & 0 & 0 & 1 & 3 \\ M & 0 & 1 & 1 & 0 & -1 \\ T & 1 & 0 & 0 & 0 & -2 \end{array} .$$

Поскольку  $T = CM^\alpha m^\beta D^\gamma G^\delta$ , где  $\alpha, \beta, \gamma, \delta$  и  $C$  – неизвестные постоянные,  $T = M^{\alpha+\beta-\delta} L^{\gamma+3\delta} T^{-2\delta}$ . Следовательно

$$2\delta = -1, \quad \alpha + \beta - \delta = 0, \quad \gamma + 3\delta = 0;$$

тогда

$$\delta = -1/2, \quad \beta = -1/2 - \alpha, \quad \gamma = 3/2.$$

Окончательно имеем  $T = C(M/m)^\alpha (Gm)^{-1/2} D^{3/2}$  или  $T^2 \sim D^3$ , то есть квадрат периода обращения планеты пропорционален кубу большой орбиты.

Современные астрологи, заполняющие своими прогнозами страницы газет и экраны телевизоров, часто ссылаются на Кеплера-астролога. Однако Кеплер прекрасно понимал, чем он занимается и почему. Ему принадлежат следующие слова: «Лучше издавать альманахи с предсказаниями, чем просить милостыню. Астрология – дочь астрономии, хоть и незаконная, и разве не естественно, чтобы дочь кормила свою мать, которая иначе могла бы умереть с голоду».

**1724** Петр I принял решение о создании в Петербурге Академии наук (Петербургской академии наук).

**1739** Леонард Эйлер дал полную теорию колебаний струны.

**1789** Дж. Пристли доказал, что интенсивность звука зависит от плотности газа, в котором звук распространяется. Напомним, что интенсивностью звука  $I$  называют отношение падающей на поверхность звуковой мощности  $\mathcal{P}$  к площади этой поверхности  $A$ :  $I = \mathcal{P}/A$ . В системе  $LMT$   $[I] = [MT^{-3}]$ . Разумно предположить, что  $I = f(p, \rho, c)$ , где  $p$  – звуковое давление,  $\rho$  – плотность среды,  $c$  – скорость звука в среде. Поскольку  $I = Cp^\alpha \rho^\beta c^\gamma$ , где  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  и  $C$  – неизвестные постоянные, матрица размерности в системе  $LMT$  имеет вид

$$\begin{array}{ccccc} & I & p & \rho & c \\ L & 0 & -1 & -3 & 1 \\ M & 1 & 1 & 1 & 0 \\ T & -3 & -2 & 0 & -1 \end{array}$$

и, следовательно,  $MT^{-3} = M^{\alpha+\beta}T^{-2\alpha-\gamma}L^{-\alpha-3\beta+\gamma}$ , то есть

$$\begin{cases} \alpha + \beta = 1, \\ 2\alpha + \gamma = 3, \\ \alpha + 3\beta - \gamma = 0, \end{cases} \quad \alpha = 2, \quad \beta = \gamma = -1.$$

Таким образом,  $I = C \frac{p^2}{\rho c}$ . Заметим, что скорость распространения звуковых колебаний в среде зависит также от её плотности. На скорость оказывают влияние плотность среды, объемный модуль упругости  $\mu$  ( $[\mu] = L^{-1}MT^{-2}$ ) для жидкости или давление (размерность та же) в случае газа, то есть  $c = C_1 \rho^\alpha \mu^\beta$ , где  $C_1 = \text{const}$ . Тогда  $c = C_1 \sqrt{\frac{\mu}{\rho}}$ .

Любопытно, что по этой формуле Ньютон вычислил скорость звука в воздухе и получил  $281 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$ . Видно, что величина значительно занижена. Лаплас считал, что причина заключается в неправильном значении, приписанном величине  $\mu$ . Дело в том, что сжатие и разрежение чередуются в звуковых волнах весьма быстро, поэтому изменения давления и объема носят адиабатический, а не изотермический характер. Уточнение Лапласа дало значение для скорости звука в воздухе  $332 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$ , что близко к экспериментальному значению.

А задумались ли вы, зависит или нет скорость звука от длины волны? Если в определяющие величины предыдущей задачи добавить длину волны  $\lambda$  и заново провести решение, ответ останется прежним, то есть скорость звука не зависит от длины волны. Кстати, если бы было иначе, оркестры не существовали бы.

**1789** Эрнст Флоренс Фридрих Хладни (1756–1827) создал свой «зуфон» (в переводе с греческого – благозвучный), а на следующий год уже мог продемонстрировать игру на нем. Конечно, данное изобретение не главное из того, что сделал этот удивительный человек. Подробно его жизнь описана в статье А.И. Еремеевой «Беспокойный гений Эрнста Хладни. К 250-летию со дня рождения» [1]. Во введении к статье есть следующая краткая характеристика деятельности Хладни.

«В истории науки Эрнст Флоренс Фридрих Хладни известен, прежде всего, как основоположник экспериментальной акустики. Но в не меньшей степени он заслуживает имени «отца метеоритики» – по существу, открытой им области естествознания, сформировавшейся на стыке астрономии, физики, химии, минералогии, метеорологии и революционным образом изменившей астрономическую картину мира».

Для нас особенно интересны его исследования продольных колебаний струн, стержней, пластин, камертонов, колоколов и крутильных колебаний стержней. Наиболее известны работы Хладни по изучению колебаний пластин, при которых образуются красивые «акустические фигуры» (фигуры Хладни). Они получались при колебаниях пластины, посыпанной песком. Эти эксперименты поставили новую задачу математической физики – задачу о колебаниях мембраны. Хладни первым весьма точно измерил скорость распространения звука в различных газах и доказал, что в твердых телах звук распространяется с конечной скоростью, а не мгновенно, как тогда считали. Кроме зюфона Хладни изобрел и другие музыкальные инструменты. Он проводил музыкальные выступления, которые дополнял лекциями по акустике и демонстрацией звуковых фигур.

**1799** Родился французский физиолог и физик Жан Леонард Мари Пуазейль (1799–1869). Его работы относятся, главным образом, к изучению течения жидкостей в тонких трубках. Он открыл закон истечения жидкости через тонкую цилиндрическую трубку (закон Пуазейля), который получил широкое применение для определения вязкости и скорости течения в капиллярах. Пуазейль, будучи доктором медицины, впервые в 1828 году применил ртутный манометр для измерения кровяного давления. Он изобрел вискозиметр. Выведем из соображений размерности закон Пуазейля, решая следующую задачу.

*Определить объем вязкой жидкости, проходящей через трубу круглого сечения в единицу времени, считая течение ламинарным.*

Напомним, что динамическую вязкость  $\eta$  применительно к потоку, параллельному неподвижной поверхности, определяют как параллельную поверхности силу, действующую на единицу площади потока, деленную на градиент скорости, который имеет место в направлении, перпендикулярном поверхности; размерность  $\eta$  в системе  $LMT$  равна  $L^{-1}MT^{-1}$ . Коэффициент кинематической вязкости равен  $\eta/\rho$ , где  $\rho$  – плотность жидкости;  $[\eta/\rho] = L^2T^{-1}$ .

Пусть  $r$  – радиус трубы,  $l$  – её длина. Так как течение жидкости поддерживается за счет разности давлений  $(p_1 - p_2)$  на концах трубы, градиент давления  $\mathcal{P} = \frac{(p_1 - p_2)}{l}$ ;  $[\mathcal{P}] = MT^{-2}L^{-2}$ . Обозначим через  $V$  объемный расход жидкости в единицу времени. Вместо объемного расхода можно определять массовый расход жидкости, однако в этом случае нельзя исключить из числа переменных задачи плотность жидкости. Достаточно ли указанных определяющих величин для решения задачи? Казалось, следовало бы ввести, например, ускорение свободного падения  $g$ .

Эксперимент по определению расхода жидкости возможен и в отсутствие гравитационного поля, следовательно, введение  $g$  излишне.

Таким образом,  $V = f(\mathcal{P}, r, \eta)$  и  $V = C\mathcal{P}^\alpha r^\beta \eta^\gamma$ , где  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  и  $C$  – неизвестные постоянные. Составим матрицу размерности в системе  $LMT$

$$\begin{array}{ccccc} & V & \mathcal{P} & r & \eta \\ L & 3 & -2 & 1 & -1 \\ M & 0 & 1 & 0 & 1 \\ T & -1 & -2 & 0 & -1 \end{array} .$$

Следовательно,

$$L^3 T^{-1} = L^{-2\alpha + \beta - \gamma} M^{\alpha + \gamma} T^{-2\alpha - \gamma}.$$

Тогда имеем следующую систему уравнений для определения  $\alpha$ ,  $\beta$  и  $\gamma$ :

$$\left. \begin{array}{l} -2\alpha + \beta - \gamma = 3, \\ \alpha + \gamma = 0, \\ 2\alpha + \gamma = 1, \end{array} \right\} \alpha = 1, \beta = 4, \gamma = 1.$$

Окончательно для закона Пуазейля имеем

$$V = C \frac{\mathcal{P} r^4}{\eta}.$$

Строгое решение дает  $C = \frac{\pi}{8}$  и  $V = \frac{\pi p_1 - p_2}{8 l \eta} r^4$ .

Полученный результат показывает, что для определения  $\eta$  радиус трубы должен быть измерен с весьма высокой точностью, так как  $\eta \sim r^4$ .

**1849** Родился Джон Амброс Флеминг – английский физик, научные работы которого посвящены радиотелеграфии и радиотелефонии, а также различным вопросам электротехники. В 1904 году он изобрел двухэлектродную лампу (диод). Ему принадлежит правило Флеминга – правило правой руки для определения направления индукционного тока в проводнике.

В «колебательных кругах» имя Флеминга известно еще и тем, что он отрицал реальность боковых полос при модуляции. Исчерпывающее объяснение ошибки Флеминга дал Л.И.Мандельштам. В семнадцатой лекции своих знаменитых «Лекций по теории колебаний» [2] он пишет: «Мы разлагали простейшее модулированное колебание на три синусоидальных колебания. Флеминг говорит следующее. Эти три волны «не реальны». Законодательство ограничивает частоту модуляции. Оно требует, чтобы при передаче модуляция была не более быстрой, чем 10 тысяч колебаний в секунду. Это мотивируется тем, что в противном случае близкие по частоте станции не смогут работать. Но так как боковые частоты не реальны, говорит Флеминг, то такое законодательство не имеет смысла.

Вопрос «реальны» или «не реальны» боковые полосы, не имеет смысла. Так вопрос ставить нельзя. Переход от формулы  $y = E \cos(pt) = E_0(1 + k \cos(vt)) \cos(pt)$  к формуле  $y = E_0 \cos(pt) + \frac{kE_0}{2} \cos[(p - v)t] + \frac{kE_0}{2} \cos[(p + v)t]$  – простая тригонометрия. Никакое приемное устройство не различит, имеется ли одна модулированная волна или соответствующие ей три волны от трех немодулированных передатчиков.

Вопрос о реальности боковых полос – это такой же вопрос, как, например, что реально: то, что  $10 = 2 + 8$ , или то, что  $10 = 5 + 5$ ? Правильно ставить вопрос только так: как целесообразно в данном конкретном случае представить число 10? А это зависит от того, что вы хотите сделать».

В этой же лекции [2, с.164], заканчивая обсуждение теории резонанса, Манделъштам вновь критикует громкую ошибку Флеминга.

«Возьмем, например, Флеминга. Это крупный радиоспециалист, член Королевского общества (Английской академии наук). Его книга «Волны в воде, воздухе и эфире» – в общем, неплохая, там есть много интересных сведений. Но по поводу резонанса там имеется явный вздор. Говорится, например, что мальчик, стреляя из рогатки, может разрушить железнодорожный мост через Темзу. Это невозможно из-за затухания».

Но Манделъштам не только ругал Флеминга: одна из наглядных интерпретаций Флеминга благодаря Манделъштаму стала классической. В третьей лекции из цикла «Лекции по некоторым вопросам теории колебаний» [3] мы находим следующее.

«При отрицательной групповой скорости «медленно меняющаяся амплитуда» движется в сторону, противоположную направлению распространения волн, составляющих группу. Как представить себе это наглядно? Флеминг приводит следующий пример: по плывущей барже вереницей бегут мальчики, прыгают с носа в воду и взбираются затем на корму. Если мальчики будут бежать в сторону, противоположную движению баржи, то мы и получим картину отрицательной групповой скорости (скорость баржи)» [3, с. 423].

**1869** В Англии начал издаваться журнал «Nature».

**1879** Австрийский физик Йозеф Стефан (1835–1893) экспериментально установил пропорциональность энергии, излучаемой нагретым телом, четвертой степени абсолютной температуры (закон Стефана–Больцмана). Этот закон в 1884 году теоретически вывел Л. Больцман (1844–1906). Стефан – основатель австрийской физической школы, его учениками были Л. Больцман и Ф. Газенорль (1874–1917). Он проводил исследования в области оптики, акустики, электромагнетизма, кинетической теории, гидродинамики, теории теплового излучения.

Следуя уже сложившейся традиции, покажем, следуя Перси Уильяму Бриджмену (1882–1961), как вывести закон Стефана–Больцмана из соображений размерности [4].

Рассмотрим полость со стенками, полностью отражающими всякое излучение. Пусть внутри полости находится разреженный электронный газ. Считаем, что электроны ведут себя подобно молекулам идеального газа, и эффектом пространственного распределения заряда можно пренебречь по сравнению с силами, обусловленными столкновениями частиц. Таким образом, на электроны действуют силы столкновения с другими электронами (их природа такая же, как у атомов в обычной кинетической теории) и силы поля излучения. Рано или поздно система должна прийти в равновесие, достигая некоторой плотности энергии. Причем электроны должны обладать кинетической энергией, свойственной атомам газа при температуре полости. Пусть электронный газ в полости находится при абсолютной температуре  $\theta$ . При строгом решении задачи необходимо пользоваться уравнениями электродинамики, поэтому в наше решение скорость света  $c$  войдет как размерная постоянная. Следует учитывать

заряд  $e$ , массу электрона  $m$ , абсолютную температуру  $\theta$  и газовую постоянную  $k$ . Как подчеркивает П. Бриджмен, – «Число электронов на куб.см не войдет (в решение, – *Ред.*), так как мы знаем из кинетической теории, что средняя скорость электронов не зависит от их числа. Второе начало термодинамики также показывает, что плотность энергии в полости есть функция температуры, но не плотности электронного газа».

Таким образом, плотность энергии  $U = f(c, m, e, \theta, k)$ , и матрица размерности  $MLT\theta$  имеет вид

	$U$	$c$	$m$	$e$	$\theta$	$k$
$L$	-1	1	0	3/2	0	2
$M$	1	0	1	1/2	0	1
$T$	-2	-1	0	-1	0	-2
$\theta$	0	0	0	0	1	-1

В задаче шесть определяющих величин и четыре основные единицы размерности, поэтому должны быть два критерия подобия:

$$\Pi_1 = \frac{U}{e^{-6}k^4\theta^4}, \quad \Pi_2 = \frac{k\theta}{mc^2},$$

Поэтому результат принимает следующую форму:

$$U = k^4 e^{-6} \theta^4 f(k\theta m^{-1} c^{-2}).$$

Вид функции  $f$ , конечно, не известен. Но величина  $\frac{k\theta}{m}$  есть половина квадрата скорости электрона, поэтому аргумент есть квадрат отношения скорости электрона к скорости света. Далее П. Бриджмен указывает: «В практической области температур это отношение остается чрезвычайно малым и, следовательно, независимо от формы функции нам известно, что перед нами функция весьма малого аргумента. ... Можно утверждать с большей вероятностью, что числовое значение нашей функции практически имеет то же значение, что и для нулевой величины аргумента, то есть функция может быть заменена некоторой постоянной для всей практической области изменения переменных. Поэтому можно ожидать, что результат будет иметь следующую форму:

$$U = \text{const} \cdot k^4 e^{-6} \theta^4.$$

$\theta$  – единственная физическая переменная правой стороны уравнения, поэтому можно написать:

$$U = \alpha \theta^4.$$

Мы, разумеется, узнаем в этой формуле закон Стефана, оправдывающийся на опыте. Поэтому результат до известной степени оправдывает наши упрощения».

Еще одно открытие И. Стефана – так называемые «потoki Стефана», благодаря которым хорошо видны знаменитые ячейки Бенара [5], например, на поверхности горячего кофе [6]. Можно даже считать, что наблюдение ячеек – один из наиболее изящных способов заметить это трудно фиксируемое явление. Что мы увидим, если наполним до краев чашку черным кофе, близким к закипанию, и посмотрим на поверхность, осветив её ярким горизонтальным пучком света? Первое, что бросается



в глаза – структура ячеек на поверхности кофе под поднимающимся паром, которые имеют форму неправильных многоугольников поперечным размером от 1 до 3 см и выглядят как пыльные белые пятна, ограниченные черными линиями. Пятнам соответствуют места выхода на поверхность восходящих потоков жидкости, которые затем растекаются по поверхности, немного охлаждаются и вновь погружаются в кофе там, где видны темные линии. Так образуются структуры – ячейки Бенара.

Детальная физика процесса состоит в следующем. Молекулы водяного пара интенсивно поднимаются от поверхности горячего кофе, действуют на слои более холодной атмосферы, непосредственно прилегающие к жидкости, с силой, направленной вверх. Большая часть водяных капель, которые конденсируются в насыщенном влагой воздухе, либо поднимаются в атмосферу, испаряясь в ней, либо опускаются назад, в жидкость. Есть, правда, и такие капельки, которые слишком велики, чтобы подняться в верхние слои воздуха, но и в то же время слишком малы по весу, чтобы преодолеть давление восходящего потока молекул воды, поднимающихся с поверхности горячего кофе. В результате капельки оказываются взвешенными в воздухе над поверхностью горячего кофе, поскольку вес сконденсированных капелек уравнивается силой давления молекул, вылетающих с поверхности кофе. На границах ячеек существует нисходящий поток, и здесь черная поверхность кофе обнажается, поскольку капельки оседают. Пылевидные пятна над восходящими потоками горячего кофе состоят из плотно упакованных маленьких однородных водяных капелек, которые сильно заряжены.

**1879** Статью Дж.П. Рыбака (США) и Л.Н. Крыжановского «Дэвид Эдвард Юз и открытие радиоволн» [7] предваряет эпитафия: «Опыты Юза 1879 года представляли собой открытие герцевых волн до Герца, изобретение когерера до Бранли и изобретение беспроводного телеграфа до Маркони и других» (Газета «Globe» от 12 мая 1899 г.). К числу «других» относится и Александр Степанович Попов, 150 лет со дня рождения которого отмечалось в 2009 году. О А.С. Попове написано много, но для меня самой лучшей остается лекция М.А. Миллера «Об изобретении радио... и не только» (я уже упоминал о ней в одной из статей календаря нелинейных дат), опубликованная в книге М. Миллера «Всякая и не всякая всячина, посвященная собственному 80-летию» [8]. Много написано и о Маркони. О Юзе, с одной стороны, лишь упоминания, с другой – приведенный выше эпитафия. Кто же такой Юз и что он сделал?

Дэвид Эдвард Юз родился 16 мая 1831 года в Лондоне. Когда ему было семь лет, его семья переехала в Соединенные Штаты. В детстве и юности его талант проявился в музыке, а не в науке и технике. В дальнейшем любовь к музыке, по видимому, трансформировалась в любовь к электроакустике и её методам. Юз после окончания колледжа Св. Иосифа в Бардстауне (штат Кентукки) начал свою карьеру в должности преподавателя музыки Академии Роузленда в том же городе. По счастью через некоторое время он стал интересоваться механическими и электрическими опытами, оборудование для которых проектировал и изготавливал сам.

Вскоре Юз настолько преуспел в науке, что был назначен на кафедру натуральной философии (точных наук), где стал преподавать физику и музыку. Он оставил преподавательскую работу в 1853 году, чтобы сосредоточиться на научно-техническом творчестве, и переехал в Боулинг-Грин (штат Кентукки). На жизнь и на опыты он зарабатывал деньги частными уроками.

Первый успех пришел к Юзу в 1854 году, когда он создал печатающий телеграфный аппарат, в котором использовалась синхронизация печатающих барабанов передающего и приемного устройств. Приведем цитату из статьи, с упоминания которой мы начали рассказ о Юзе.

«В 1855 г. Юз продал свой еще незавершенный аппарат за 100 тыс. долларов Коммерческой компании печатающего телеграфа. В 1856 году он запатентовал свое изобретение и стал работать в Американской телеграфной компании, которая практически немедленно внедрила у себя аппараты Юза. В 1857 году Юз поехал в Англию в поисках нового рынков сбыта для своего изобретения. Однако англичане не проявили интереса к изобретению уроженца их страны. По иронии судьбы, когда через несколько лет через Ла-Манш был проложен первый подводный телеграфный кабель, возникла необходимость использования на обоих концах телеграфных аппаратов одного и того же типа. Французы соглашались только на печатающий аппарат Юза. И англичане были вынуждены применить аппаратуру, которую ранее высокомерно отвергли. Но единственным местом, в котором они установили аппарат Юза, был Лондонский оконечный пункт линии через Ла-Манш. Во всех других местах в Англии телеграфные сообщения по-прежнему записывались от руки.

Практически все страны континентальной Европы оценили новый аппарат по достоинству. Франция, Россия, Австрия, Турция не только внедрили изобретение Юза, но и наградили изобретателя медалями и почетными титулами.

В 1865 году Юз был в Санкт-Петербурге в связи с установкой его аппарата на телеграфной линии Петербург-Москва...

Продажа лицензий на печатающий телеграфный аппарат обеспечила Юзу материальную независимость. В 1877 году Юз со своей женой, уроженкой Америки, навсегда обосновался в Лондоне, и с этого времени он полностью посвятил себя науке» [7].

Юз построил ряд устройств, в которых под действием звуковых волн происходило изменение тока в цепи. Телефон, включенный в цепь, реагировал на изменение тока, воспроизводя звук. Свои преобразования звука он называл микрофонами. «Можно вполне рассчитывать на то, – писал Юз, – что микрофон будет делать для нас в отношении слабых звуков то же самое, что микроскоп делает в отношении предметов, которые слишком малы для зрения человека» [9].

20 февраля 1880 года Юз в своей лаборатории в Лондоне показывал президенту Королевского общества Вильяму Споттисвуду (1825–1883) и почетным секретарям общества, Томасу Генри Гексли (1825–1895) и Джорджу Габриелю Стоксу (1819–1903), как с помощью простой схемы, содержащей микрофон и телефон, можно обнаруживать даже на расстоянии в четверть мили не известные ранее «воздушные электрические волны», возникающие при искровом разряде. Но ученые гости не увидели важного научного открытия в опытах Юза, объяснив их известным давно явлением электромагнитной индукции, а не тем что, как говорил Юз, «воздух проводит электрические волны». Их не убедило и то, что Юз демонстрировал узлы и пучности в открытых им волнах. Он мог утешаться тем, что главный из «отрицателей» его идей, Стокс, ранее отверг как «незначительные» несколько статей Фарадея и Максвелла, представленных Королевскому обществу.

Закончим рассказ словами из цитируемой статьи [7].

«Примерно через десять лет после опытов Юза Герц получил всеобщее признание за экспериментальное доказательство существования электромагнитных волн (1887). Юз

искренне признал успех Герца... Юз справедливо писал: «Опыты Герца были гораздо убедительнее моих, хотя он пользовался значительно менее эффективным детектором по сравнению с микрофоном и когерером». Расхождение Юза с Споттисвудом, Гексли и Стоксом не испортило его отношений с Королевским обществом. В конце 1880 г. он был избран членом этого общества, а в 1885 году награжден его золотой медалью за научные заслуги. Юзом восхищались как ученым, изобретателем и как личностью. В 1886 году Королевское общество избрало Дэвида Юза своим президентом».

**1889** 120 лет со дня рождения французского исследователя Леона Бриллюэна (1889–1969), имя которого известно каждому физика, поскольку в их обиходе термины «зона Бриллюэна», «эффект Мандельштама–Бриллюэна», «функция Бриллюэна», «формула Бриллюэна–Вигнера», «метод Вентцеля–Крамерса–Бриллюэна», «диаграмма Бриллюэна». Он родился 7 августа в городе Севре, близ Парижа. К точным наукам имели отношение несколько поколений его предков. Действительно, прадед по материнской линии – Ш. Брио – был профессором механики в Сорбонне, дед – Э. Маскар – профессором экспериментальной физики в Коллеж де Франс, известным специалистом в области оптики и земного магнетизма, наконец, отец – Марсель Бриллюэн – в течение тридцати двух лет занимал кафедру теоретической физики также в Коллеж де Франс. Леон Бриллюэн в своих воспоминаниях писал, что в доме деда он видел Гельмгольца и Кельвина, которые вместе разрабатывали систему электромагнитных единиц.

Видимо, широта научного кругозора предков и их окружения способствовала тому, что Бриллюэн стал одним из наиболее универсальных физиков XX века.

Среднее образование Леон получил в лицеях Генриха IV и Людовика Великого. Поначалу он не проявлял особого интереса к физике. Все изменилось, когда он обнаружил в библиотеке отца книгу с перепиской Б. Паскаля и его зятя Ф. Перрье по поводу ставшего знаменитым опыта на горе Пью-де Дом, доказавшего наряду с опытом Торричелли существование атмосферного давления. Впоследствии он вспоминал, что читал эту книгу как захватывающий роман, она открыла ему страсть и красоту научного исследования. С 1908 года в течение четырех лет Леон изучал математику, физику, химию в Высшей Нормальной школе в Париже. Одновременно он посещал лекции П. Ланжевена в Коллеж де Франс. Именно из них он узнал о квантах и теории относительности. В Парижском университете он слушал лекции Ж. Перрена и М. Склодовской-Кюри. В 1912–1913 г.г. Бриллюэн провел год в Институте теоретической физики Мюнхенского университета в Германии у А. Зоммерфельда, где на его глазах творилась новая физика. Первая работа Бриллюэна была опубликована на немецком языке в «Annalen der Physik». Она была посвящена физике твердого тела и называлась «О распространении света в диспергирующей среде».

В 1913 году он возвращается в Париж, где начинает работать над диссертацией «Теория твердого тела и кванты». Работа была прервана войной, поскольку в её начале в 1914 году Бриллюэна призывают в армию, сначала как рядового. Затем Бриллюэн становится лейтенантом радиосвязи и работает в лаборатории генерала Г. Феррье вместе с А. Абрагамом и братьями Морисом и Луи де Бройль над усовершенствованием телекоммуникаций.

После демобилизации Бриллюэн продолжил работу над докторской, которую защитил в 1920 году. В течение следующих десяти лет (1921–1931) он преподавал радиофизику в Высшей электротехнической школе и теоретическую физику в Институте Анри Пуанкаре (1928–1931) в Сорбонне, совершил первые поездки в Канаду и США в 1924 и 1928 годах.

Преподавательскую деятельность Бриллюэн сочетал с интенсивной исследовательской работой. Основные научные работы Бриллюэна относятся к квантовой механике, радиофизике, физике твердого тела, кибернетике, философским проблемам науки.

В 1922 году Л. Бриллюэн и позднее, но независимо от него, Л.И. Мандельштам предсказали явление рассеяния света в кристаллах, известное в физике как эффект Мандельштама–Бриллюэна (описание эффекта и некоторые подробности его открытия можно найти в книге Трубецкого Д.И. Введение в синергетику. Колебания и волны [10]).

В 1926 году вскоре после опубликования знаменитого уравнения Э. Шредингера для волновой функции Бриллюэн написал статью «Волновая механика Шредингера: общий метод решения с помощью последовательных приближений». Аналогичный метод независимо от него был предложен немецким физиком Г. Вентцелем и усовершенствован голландцем Х. Крамерсом. В русскоязычной литературе его называют методом (приближением) Вентцеля–Крамерса–Бриллюэна (приближение ВКБ). Применение метода ВКБ позволило установить связь между теорией атома Бора–Зоммерфельда и волновой механикой Шредингера для атома водорода.

Напомним, как получается приближение ВКБ, на примере рассмотрения модели осциллятора с медленно меняющейся частотой. Уравнение такого осциллятора имеет вид

$$\frac{d^2x}{dt^2} + \omega_0^2(t)x = 0. \quad (1)$$

Характерное время  $T$  изменения частоты  $\omega_0$  велико:  $T \gg \frac{2\pi}{\omega_0}$ , что позволяет ввести медленное время  $\tau = \frac{t}{T}$ . Тогда уравнение (1) можно переписать следующим образом:

$$x'' + T^2\omega_0^2(\tau)x = 0 \quad (2)$$

(штрихами здесь и далее обозначено дифференцирование по медленному времени). Сделаем замену переменных

$$x(\tau) = \exp \int_0^\tau y d\tau. \quad (3)$$

С учетом (3)  $x'(\tau) = xy$ ,  $x''(\tau) = xy^2 + xy'$ , поэтому вместо (1) получим уравнение  $x[y^2 + y' + T^2\omega_0^2(\tau)] = 0$ , которое при  $x \neq 0$  совпадает с известным уравнением Риккати

$$y^2 + y' + T^2\omega_0^2(\tau) = 0. \quad (4)$$

Таким образом, вместо линейного уравнения второго порядка (1) мы получили уравнение первого порядка, но нелинейное. Однако в данном случае оно оказывается проще для исследования.

Учитывая медленность изменения параметра, будем искать приближенное решение уравнения (4) в виде асимптотического разложения

$$y = Ty_0 + y_1 + T^{-1}y_2 + \dots + T^{-(n-1)}y_n + \dots, \quad (5)$$

где малым параметром служит  $\frac{1}{T}$ . Подставляя (5) в (4), получим

$$T^2 y_0^2 + 2Ty_0 y_1 + y_1^2 + Ty_0' + y_1' + T^2 \omega_0^2(\tau) + \dots = 0.$$

Разделение слагаемых по порядку малости дает

$$y_0 = \pm i\omega_0(\tau), \quad y_1 = -\frac{y_0'}{2y_0} = -\frac{1}{2}(\ln \omega_0)', \quad i = \sqrt{-1}. \quad (6)$$

Ограничимся двумя первыми членами разложения в (5). Тогда в этом приближении, используя (6), из соотношения (3) находим, что

$$x(\tau) = \exp \left\{ \int_0^\tau (Ty_0 + y_1) d\tau \right\} = A \exp \left\{ -\frac{1}{2} \ln \omega_0(\tau) + iT \int_0^\tau \omega_0(\tau) d\tau \right\} + \text{к.с.},$$

где  $A$  – постоянная величина; к.с. – комплексно-сопряженное слагаемое, соответствующее второму знаку (минус) в  $y_0$ .

Окончательно приближенное решение имеет вид

$$x(\tau) = \frac{A}{\sqrt{\omega_0(\tau)}} e^{i\theta} + \text{к.с.}, \quad (7)$$

где  $\theta = T \int_0^\tau \omega_0(\tau) d\tau$  – полная фаза. Таким образом, решение соответствует осцилляциям с меняющимися амплитудой и частотой. Самый существенный результат состоит в том, что амплитуда этих колебаний убывает или возрастает медленно адиабатически, поскольку медленно меняется  $\omega_0$ . Решение (7) и называется приближением ВКБ. Как уже указывалось, впервые оно было получено при решении уравнения Шредингера для волн, распространяющихся в слабо неоднородной среде.

В период с 1928 по 1932 годы он выполняет большое количество работ по применению квантовой механики к различным задачам, в частности, одну из своих самых известных работ по физике твердого тела – «Свободные электроны в металле и роль брэгговских отражений». Именно в ней введено понятие о так называемых зонах Бриллюэна, важных для теории распространения волн в кристаллах. Бриллюэну принадлежит изложение с квантовых позиций теории парамагнетизма Ланжевена. Совместно с Ф. Блохом он заложил основы зонной теории твердых тел, предсказал независимо от П. Дебая диффузионное рассеяние рентгеновских лучей на колебаниях решетки.

В 1932 году Бриллюэн возглавил кафедру теоретической физики в Коллеж де Франс. В 1939–1940 годах он был директором Национального радиовещания Франции. На этом посту он должен был заниматься совершенствованием дальней радиосвязи. Но началась война, и по приказу Бриллюэна перед приходом гитлеровцев все государственные передающие радиостанции были уничтожены. Такая акция не могла остаться незамеченной со стороны оккупантов. Поэтому даже в Виши, куда переехало правительство, Бриллюэн не был в безопасности, и через Португалию выехал в США. С 1941 года работал в университетах США, в том числе, с 1954 года – в Калифорнийском университете в Беркли.

Во время войны, уже в США Бриллюэн участвовал в исследованиях в области вакуумной сверхвысокочастотной электроники. В частности, ему была поручена реформа системы подготовки кадров в области электроники в фирме IBM. Известны ленточный и асимметричный электронные потоки Бриллюэна [11]; интересны его работы по теории магнетрона [12, 13].

Л. Бриллюэн первым указал на возможность существования стационарных нелинейных волн в электронном потоке, взаимодействующем с электромагнитной бегущей волной [14] в рамках гидродинамической модели электронного потока без учета сил пространственного заряда.

После войны Бриллюэн продолжал работать в США в новом для него направлении – теории информации, где получил существенные результаты.

Бриллюэну принадлежит большое число монографий, ставших классическими и относящихся к различным областям физики.

В Советском Союзе и в России известны книги Л. Бриллюэна, переведенные на русский язык. Чтобы читатель получил некоторое представление о них, приведем отрывки из предисловий и введений к некоторым книгам.

Из предисловия авторов, Л. Бриллюэна и М. Пароди к книге [15] :

«В этой книге читатель встретится с весьма широким кругом вопросов. Некоторые относятся к электротехнике и теории связи, другие – к теории колебаний и, наконец, третьи – к теории кристаллов и распространению упругих электромагнитных или электронных волн в периодических структурах. Как бы разнообразны ни были задачи, их математическое рассмотрение приводит к уравнениям, имеющим ряд общих свойств и весьма сходные решения. Это глубокое родство между столь различными проблемами было хорошо известно еще Кельвину и Рэлею. Однако в дальнейшем о нем несколько забыли и только в самых последних работах на эти важные положения было снова обращено необходимое внимание».

Из предисловия Редактора к этой же книге:

«Ценной особенностью книги является простота и ясность изложения многих трудных проблем. Широкий подход к рассмотрению волновых процессов в различных по своей физической природе системах позволяет применять результаты исследования той или иной конкретной системы к другим системам, моделировать одни волновые процессы другими, что имеет важное практическое значение для специалистов во всех тех областях, которые описываются в книге».

Из введения Л. Бриллюэна к книге [16].

«Новая территория была завоевана для науки с появлением в недавнее время теории информации. Это открытие создало новую область, немедленно привлекущую разведчиков и исследователей. Это интересное исследование в истории науки и также внезапное

расширение области научного исследования заслуживает более пристального рассмотрения. Как это случилось? Как далеко идет? И где оно может продолжать распространяться? Означает ли это вторжение науки на территорию, принадлежащую по традиции философии, или это есть открытие новой страны, своего рода «ничейной земли», которая ускользала от прежних исследований. Мы разберем все эти вопросы и дадим на них ответ».

На русском языке выходили также книги Л. Бриллюэна «Научная неопределенность и информация» [17] и «Новый взгляд на теорию относительности» [18].

Леон Бриллюэн умер в Нью-Йорке в возрасте 80 лет в октябре 1969 года.

**1899** Петр Николаевич Лебедев (1866–1912) экспериментально доказал давление света на твердые тела, а позднее и на газы, что явилось прямым подтверждением электромагнитной теории света. По этому поводу У. Томсон говорил: «Я всю жизнь воевал с Максвеллом, не признавая его светового движения, а вот... Лебедев заставил меня сдать перед его опытами».

Сегодня феномен давления света лежит в основе, на первый взгляд, фантастической идеи – идеи солнечных парусов.

В рассказе Артура Кларка «Солнечный ветер» есть такие строки.

«Протяните ладони к Солнцу. Что вы чувствуете? Тепло, конечно. Но кроме него есть еще и давление. Правда, такое слабое, что вы его не замечаете. На площадь ваших ладоней приходится всего около одной миллионной унции. Но в космосе даже такая малая величина играет важную роль, потому что она действует все время, час за часом, день за днем. И запас энергии в отличие от ракетного горючего не ограничен. Мы можем создать паруса, которые будут улавливать солнечное излучение».

Далее в рассказе описана гонка вокруг Земли яхт с солнечными парусами.

Обычно считается, что идея солнечных парусов возникла, когда в 1951 году в журнале «Astounding Science Fiction» Р. Саундерс опубликовал статью «Космические парусники», в которой показано, что в принципе можно приводить в движение космический корабль в Солнечной системе, используя давление света на огромные паруса. Промелькнуло сообщение о том, что концепция использования светового давления солнечных лучей проскальзывала у Ф.А. Цандера еще в 1920-е годы. По настоящему эта идея стала прорабатываться в семидесятые годы XX века в рамках полета к комете Галлея в США и в СССР (проект «Регата»). В связи с 500-летием открытия Америки Колумбовская юбилейная комиссия, сформированная президентом США, объявила необычный конкурс на лучший космический парусник для полета к Марсу. Условия предполагаемого полета, сформулированные в декабре 1988 года, состояли в следующем: корабли участников должны быть выведены на начальную орбиту в 1992–93 годах, оттуда, подняв паруса, двигаться по раскручивающейся спирали к Луне; после завершения маневра в поле тяготения Луны парусники должны взять курс на Марс и постараться как можно быстрее добраться до планеты. Все как в рассказе А. Кларка!

Нашими специалистами был спроектирован аппарат «Витязь» с парусом площадью  $120 \cdot 10^3 \text{ м}^2$  при весе 485 кг, что обеспечивает коэффициент эффективности (отношение предельной силы, развиваемой парусом на орбите, к силе притяжения к Солнцу), равной 0.37. Этот коэффициент не зависит от места нахождения корабля и служит важнейшей характеристикой, определяющей его возможности как транспортного средства.

В Вашингтоне в апреле 1990 года во время презентации наш проект по этому показателю оказался самым лучшим. Вторыми были англичане с коэффициентом 0.3.

К сожалению, программа не получила развития.

**1899** Дж. Рэлеем (1842–1919) разработана теория молекулярного рассеяния света (рэлеевское рассеяние).

Изложим его подход, следуя книге Г. Хантли «Анализ размерностей» [19], в которой автор приводит примеры решения задач из разных областей физики. Начнем с цитаты, во многом объясняющей выбор изложения.

«Следующий пример дан как ввиду его эстетического интереса, так и в связи с тем, что он показывает полезность (в ряде случаев) использования экспериментальных фактов в дополнение к методу размерностей.

Пример №13. Почему небо голубого цвета?

Голубой цвет вызван рассеянием цвета на пылинках, капельках жидкостей и твердых частицах молекулярных размеров, взвешенных в атмосфере. Теория этого вопроса достаточно сложна, однако Рэлей показал, что полезный результат можно получить с помощью метода размерностей в сочетании с известными законами оптики».

Задача формулируется следующим образом. Пусть частица с линейным размером  $l$  рассеивает солнечный свет с длиной волны  $\lambda$  и амплитудой  $A$ . Амплитуда рассеянной волны уменьшается с увеличением расстояния от частицы. Пусть эта амплитуда равна  $S$  на расстоянии  $r$  от частицы. Требуется найти зависимость  $S$  от остальных переменных. В дальнейших расчетах учитывается, что все переменные имеют одинаковую размерность  $L$ . По правилам размерности амплитуда  $S$  выражается как произведение остальных переменных в некоторых степенях:  $S = CA^\alpha l^\beta r^\gamma \lambda^\delta$ , где  $C$  – безразмерный коэффициент,  $\alpha, \beta, \gamma, \delta$  – искомые показатели степени. Отсюда получается весьма необычное уравнение для размерностей  $[L] = [L]^\alpha [L]^\beta [L]^\gamma [L]^\delta$ , из которого следует, что  $\alpha + \beta + \gamma + \delta = 1$ . Для решения задачи анализ размерностей необходимо дополнить физическими представлениями. Во-первых, вспомним, что амплитуда рассеянного света обратно пропорциональна расстоянию от частицы, то есть  $\gamma = -1$ . Во-вторых, амплитуда рассеянного света пропорциональна амплитуде падающего света, поэтому  $\alpha = 1$ . Тогда получаем, что  $\delta = 1 - \beta$  и  $S = C\left(\frac{A}{r}\right)l^\beta \lambda^{1-\beta}$  или  $S = C\left(\frac{A\lambda}{r}\right)\left(\frac{l}{\lambda}\right)^\beta$ . Далее Рэлей отмечает, что, судя по динамике процесса, отношение амплитуд волн падающего и рассеянного света пропорционально объему рассеивающей частицы. Таким образом, следует считать, что  $\frac{S}{A} \sim l^\beta \sim l^3$  и  $\beta = 3$ . Окончательно получается, что  $S = C\frac{Al^3}{r\lambda^2}$ . Интенсивность рассеянного света пропорциональна квадрату амплитуды  $S$ , то есть  $I \sim \lambda^{-4} \sim \omega^4$ , где  $\omega$  – частота.

Позднее Рэлей понял, что рассеяние вызывается не посторонними частицами, а самими молекулами воздуха. Такое рассеяние света стали называть рэлеевским или молекулярным рассеянием.

Обратимся еще раз к книге Г. Хантли. Он пишет следующее.

«Читатель может заметить, что в этом примере в большей мере использованы «физическая интуиция» и знание законов физики, чем анализ размерностей. С этим приходится согласиться, но верно также и то, что использование обоих источников привело простым и изящным образом к интересному результату, который невозможно получить методами элементарного анализа».



В 1907 году Леонид Исаакович Мандельштам показал что рэлеевское рассеяние нельзя объяснить рассеянием на хаотически движущихся молекулах, если их число в объеме, малом по сравнению с кубом длины волны, велико, и они распределены в пространстве равномерно и однородно. Рассеянные волны гасят друг друга, то есть остаются лишь прямые лучи падающего света. В 1908 году Мариан Смолуховский показал, что молекулярное рассеяние вызывается тепловыми флуктуациями показателя преломления среды. Наконец, в 1910 году Альберт Эйнштейн, основываясь на идеях М.Смолуховского, создал теорию рассеяния света в жидкостях и газах. Интересно, что формула Рэля все время оставалась верной, менялось лишь её физическое объяснение.

**1904** Норвежский физик и геофизик Вильгельм Фриман Корен Бьёркнес (1862–1951) разработал динамические методы предсказания погоды на основе математической обработки физических данных. Однако практическому применению этого метода препятствовала сложность вычислений. Метод Бьёркнеса был применен только в 1950 году на вычислительной машине ENIAC.

**1919** Советский физик и биофизик Петр Петрович Лазарев (1878–1942) организовал в Москве первый в мире Институт биологической физики (с 1927 года – Институт физики и биофизики). Он же ввел понятие «биологическая физика».

**1924** Луи де Бройль в докторской диссертации «Исследования по теории квантов» выступил с идеей о волновых свойствах материи (см. например, главу «Микрокентавры» в книге Д.И. Трубецкого [20]). В 1929 Луи де Бройлю присуждена Нобелевская премия «за открытие волновой природы электрона». Читателям журнала, несомненно, будет интересна вышедшая на русском языке книга Луи де Бройля «По тропам науки» [21], а также, на странице 379 этой книги – список книг и статей де Бройля, переведенных на русский язык. Чтобы заинтриговать читателя, приведем отрывок из послесловия к книге, написанного доктором философских наук, профессором И.В. Кузнецовым.

«Перевернута последняя страница этой книги. Закончено поучительное и увлекательное путешествие по многим из тех троп, по которым некогда прошла и идет ныне научная мысль. Когда мы следовали по ним, внимание всецело было занято разворачивавшимися перед нашим мысленным взором картинами неустанных поисков истины, образами тех, кто вложил в общую сокровищницу человеческого знания ценнейшие дары. Мы тогда не думали о том, кто ведет нас по этому пути, кому мы обязаны духовной встречей с выдающимися людьми науки, творческий путь которых всегда будет вызывать восхищение. Теперь, расставаясь с прочитанной книгой, мы невольно обращаемся к человеку, который так искусно направлял нас в этом мысленном путешествии – к автору книги, замечательному французскому физику Луи де Бройлю. Это тем более оправданно, что он является не только умелым проводником по тропам науки, проложенным некогда другими, но и проницательным первооткрывателем новых путей, по которым движется физика наших дней. Поэтому его собственная творческая деятельность столь же поучительна, как и творческая деятельность тех людей, о которых рассказал он».

**1924** Нобелевская премия в области физиологии и медицины присуждена нидерландскому физиологу В. Эйнтховену за создание метода кардиограмм. В 1903 году он создал струнный гальванометр, с помощью которого впервые зарегистрировал электрические потенциалы сердца, положив начало клинической электрокардиогра-

фии. В последние годы на основе результатов применения методов нелинейной динамики к анализу кардиограмм было установлено, что колебания сердца здорового человека не являются строго периодическими. Более того, экспериментально установлено, что строгая периодичность в работе сердца есть отклонение от нормы, а режим работы сердца здорового человека является хаотическим. Между двумя последовательными сокращениями при нормальной работе сердца существует разброс временных интервалов. Уменьшение этого разброса – один из предвестников остановки сердца (см., например, [22]). В этом плане весьма броско выглядит высказывание Гольдбергера и Ригни: «Остановка сердца представляет собой бифуркацию от фрактальной, хаотической динамики нормальных сердечбиений к патологическим ритмам умирающего сердца» [23].

**1929** Американский астроном Эдвин Пауэл Хаббл (1889–1953) представил 17 января в Труды Национальной академии наук США статью, называвшуюся «Связь между расстоянием и лучевой скоростью внегалактических туманностей». Сопоставление этих расстояний с лучевыми скоростями показало четкую линейную зависимость скорости от расстояния (закон Хаббла). Вселенная оказалась расширяющейся.

Измерения скоростей и законов Хаббла основаны на измерениях красного смещения в спектрах галактик.

#### **Библиографический список**

1. *Еремеева А.И.* Беспокойный гений Эрнста Хладни. К 250-летию со дня рождения // Природа. 2006, № 12. С. 58–64
2. *Мандельштам Л.И.* Лекции по теории колебаний. М.: Изд-во «Наука», 1972. С. 160–161.
3. *Мандельштам Л.И.* Лекции по некоторым вопросам теории колебаний, 1944 г. // В кн. Лекции по оптике, теории относительности и квантовой механике. М.: Изд-во «Наука», 1972.
4. *Бриджмен П.* Анализ размерностей. Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2001. С. 105–108.
5. *Benard E.* // Ann de Chimie et Phys. 1901. Vol. 23. P. 62.
6. *Шеффер В.* Наблюдения над утренней чашкой кофе // УФН. 1972. Т. 108. Вып. 3. С. 577–580.
7. *Рыбак Дж.П., Крыжановский Л.Н.* Дэвид Эдвард Юз и открытие радиоволн // Электросвязь. 1994, № 9. С. 34–36.
8. *Миллер М.А.* Всякая и не всякая всячина, посвященная собственному 80-летию. Н. Новгород: ИПФ РАН, 2005. С. 90–122.
9. *Hughes D.E.* On the action of sonorous vibrations in varying the force of an electric current // Proc. Royal. Soc. 1879. Ser.A. P. 362–369.
10. *Трубецков Д.И.* Введение в синергетику. Колебания и волны. М.: Едиториал УРСС, 2003.
11. *Brillouin L.* A theorem of Larmor and its importance for electrons in magnetic fields // Phys. Rev. 1945. Vol. 67, № 7–8. P. 260–266.
12. *Brillouin L.* Advances in Electronics. 1951. Vol. 3. P. 85.

13. Brillouin L., Bloch F. Ibid. P. 145.
14. Brillouin L //J.Appl.Phys. 1949. Vol. 20, № 12. P. 1196.
15. Бриллюэн Л., Пароди М. Распространение волн в периодических структурах. М.: Изд-во иностранной литературы, 1959.
16. Бриллюэн Л. Наука и теория информации. М.: Гос. изд-во физико-математической литературы, 1960.
17. Бриллюэн Л. Научная неопределенность и информация. М.: Мир, 1966.
18. Бриллюэн Л. Новый взгляд на теорию относительности. М.: Мир, 1972.
19. Хантли Г. Анализ размерностей. М.: Мир, 1970. С. 68–70.
20. Трубецков Д.И. Даниил Семенович Данин и его кентавристика. Саратов: Изд-во ГосУНЦ «Колледж», 2007.
21. Де Бройль Л. По тропам науки. М.: Изд-во иностранной литературы. 1962. 408 с.
22. Goldberger A.L., Rigney D.R., Mietus J., Anthman E.M., Greenwald S. Nonlinear dynamics in sudden cardiac death syndrome: Heart rate oscillations and bifurcations // *Experientia*, 44, Birkhauser Verlag, CH-4010, Basel, Switzerland, 1988.
23. Гольдбергер Э.Л., Ригни Д.Р., Уэст Б.Дж. Хаос и фракталы в физиологии человека // *В мире науки*. 1990, № 4. С. 25–32.

*Поступила в редакцию 3.09.2009*



*Трубецков Дмитрий Иванович* – родился в Саратове (1938). Окончил физический факультет Саратовского государственного университета (1960). Защитил диссертации на соискание ученой степени кандидата (1965, СГУ) и доктора физико-математических наук (1978, СГУ) в области радиофизики. Заведующий кафедрой электроники, колебаний и волн факультета нелинейных процессов СГУ, профессор, член-корреспондент Российской академии наук, заслуженный деятель науки РФ, лауреат премии Президента РФ в области образования. Научный руководитель Лицея прикладных наук и факультета нелинейных процессов СГУ. Область научных интересов: вакуумная электроника и микроэлектроника сверхвысоких частот, теория колебаний и волн, нелинейная динамика, история науки. Автор более двадцати учебных пособий и монографий, а также более двухсот статей в периодической печати.

410012 Саратов, Астраханская, 83  
 Саратовский государственный университет им. Н.Г. Чернышевского.  
 E-mail: trubetskov@nonlin.sgu.ru