

## ДВЕ ТЫСЯЧИ СЕДЬМОЙ ГОД В ДАТАХ НЕЛИНЕЙНОЙ ДИНАМИКИ

*Д.И. Трубецков*

370 лет назад Галилео Галилей сформулировал зависимость периода колебаний маятника от его длины. Изучением законов движения маятника Галилей занимался с 1583 года, когда он наблюдал, как раскачивается лампада в Пизанском соборе. Интересен путь, которым шел Галилей к открытию изохронности колебаний (см. «Лекции» Л.И. Мандельштама [1]). Изучая движение точки по наклонной плоскости, Галилей установил, что ускорения при движении по гипотенузе и при свободном падении относятся друг к другу, как катет  $CB$  к гипотенузе  $AC$  (рис. 1). Иначе говоря, при движении точки вдоль хорды  $AD$  ускорение  $a_{AD} = g \cos \alpha$  (рис. 2, *a*).

Если у верхней точки  $A$  окружности пустить шарик по секущей (см. рис. 2, *a*), то он попадет на окружность через промежуток времени, который не зависит от выбора секущей (это естественно, так как длина секущей  $AD$  равна  $2l \cos \alpha$ , где  $l$  – радиус окружности). Кроме того, шарик, пущенный с окружности по секущей, идущей в нужную точку  $B$  (рис. 2, *б*; этот рисунок – просто перевернутый рис. 2, *a*), попадет в нее через промежуток времени, который также не зависит от того, какую секущую выбрали. Следующий шаг в рассуждениях: при небольших отклонениях от

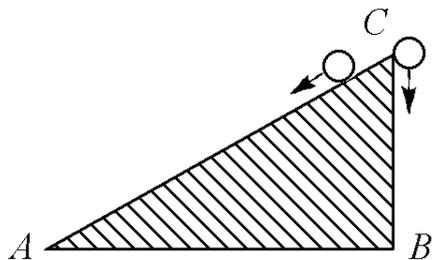


Рис. 1.

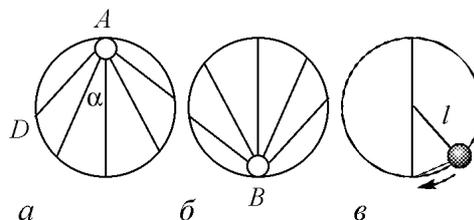


Рис. 2.

положения равновесия дугу можно заменить хордой, и маятник движется по хорде, как по наклонной плоскости. Тогда, очевидно,

$$2l = \frac{gt^2}{2}, \quad t = 2\sqrt{\frac{l}{g}},$$

где  $t$  – время падения шарика через вертикальный диаметр окружности (рис. 2, в). Следовательно, период  $T$  малых колебаний равен учетверенному времени падения по хорде, независимо от того, откуда пущен маятник, то есть

$$T = 8\sqrt{\frac{l}{g}}.$$

Изохронность из формулы следует, но коэффициент в ней неверный.

350 лет назад, в 1657 году, Христиан Гюйгенс сконструировал маятниковые часы со спусковым механизмом, ставшие основой точной экспериментальной техники. Проект соединения маятника со счетчиком предлагал еще Галилей в 1636 году.

Макс Лауэ в своей «Истории физики» считает главным не использование периода колебаний маятника как меры времени, а идею «обратной связи». Действительно, в часах Гюйгенса впервые «сам источник колебаний определяет моменты времени, когда требуется доставка энергии», то есть энергия доставляется, не нарушая периода колебаний. В часах Гюйгенса это достигается с помощью простого и остроумного устройства с косо срезанными зубцами, периодически подталкивающего маятник.

Заметим, что уже при построении первых часов Гюйгенс с некоторым удивлением понял, что утверждение Галилея об изохронности колебаний маятника справедливо лишь для малых его отклонений. Удивление было связано с тем, как Галилей пропустил это обстоятельство в опытах, описанных Вивiani. По словам Вивiani в его письме принцу Леопольду Медичи, Галилей, открыв изохронность, «...чтобы надежнее в этом удостовериться, решил сделать следующее <...> Он привязал два свинцовых шара на нитях совершенно одинаковой длины так, чтобы они могли свободно раскачиваться... и, отклоняя их от вертикали на разное число градусов, например, один шар на 30, другой на 10, он отпускал их в одно и то же мгновение. С помощью товарища он наблюдал, что, пока один маятник делал такое-то число колебаний по большим дугам, другой делал столько же по малым дугам». В этих опытах Галилей мог бы увидеть отклонение от изохронности колебаний при увеличении отклонения хотя бы на 60°. Несмотря на то, что известная приближенная формула для оценки периода колебаний маятника

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}} \left( 1 + \frac{1}{4} \sin^2 \left[ \frac{1}{2}\varphi \right] + \frac{9}{64} \sin^4 \left[ \frac{1}{2}\varphi \right] + \dots \right)$$

( $\varphi$  – угол отклонения маятника от положения равновесия) не была известна, Гюйгенс получил удивительно точные оценки периода. До сих пор неизвестно, как он проводил расчеты.

fig

fig

365 лет назад Блез Паскаль изобрел счетную машину. В 1647 году он начал проводить свои опыты по изучению давления воздуха, в которых доказал зависимость давления воздуха от высоты над уровнем моря.

Изобретение машины во многом связано с назначением отца Блеза Паскаля – Этьена Паскаля королевским финансистом в Руанском округе. Переформирование налогов и их распределение между приходами требовало больших объемов вычислений. Блез принимал активное участие в этой работе и был неудовлетворен традиционными методами вычислений. Последние сводились к следующему: все операции осуществлялись либо в уме с последующей записью результатов на бумаге, либо с помощью жетонов, заменявших запоминание цифр<sup>1</sup>. В 1642 году Паскаль приходит к идее счетной машины, лишенной очевидных при использовании традиционных методов сложностей (в одном легко допустить ошибку, в другом теряется много времени на отбор и распределение жетонов) и выполняющей арифметические действия «без пера и жетонов» способом «столь новым, сколь и удобным».

Позволим себе большую и важную цитату.

«Блез Паскаль был фактически первым изобретателем арифметической машины, хотя и имел предшественника в области механизации счета. (К слову сказать, потребность в упразднении и убыстрении вычислений стала весьма насущной в XVII веке, и уже в начале столетия создана логарифмическая линейка.) В 1623 году профессор ориенталистики в Тюбингене, любитель астрономии и математики Шиккард, безвременно скончавшийся в одну из чумных эпидемий, нередко поражавших Европу, писал Кеплеру, что он сконструировал счетную машину, автоматически выполняющую сложение и вычитание, умножение и деление. Схемы и чертежи, относящиеся к этой машине, были найдены в 1957 году в одной из библиотек ФРГ. Единственный ее опытный экземпляр сгорел в 1642 году, так что ученые ее не видели, и она не повлияла на дальнейшее развитие механизации счета.

Нет никаких данных, позволяющих считать, что сведения о немецкой машине дошли до французских любителей науки. Поэтому Паскаль – подлинный и вполне самостоятельный изобретатель арифметической машины, вложивший в ее создание много тяжелого и последовательного труда, сил, здоровья. Создать ее проект, замечает Блез, ему позволили те знания в геометрии, физике и механике, которые он приобрел в отроческие годы.

Эта машина, состоящая из сложной системы зацеплений зубчатых колес, совершает сложение и вычитание. Ее существенная и принципиальная особенность заключается в том, что с помощью своеобразного рычажка каждое колесо того или иного разряда (единиц, десятков, сотен), "совершая движение на десять арифметических цифр, заставляет двигаться следующее только на одну цифру". (Этот принцип счетчика оборотов используется и в настоящее время в таксометре)» [2, с. 80].

В своей книге «Мысли» [3] Паскаль так пишет о своем изобретении: «Арифметическая машина осуществляет действия, которые ближе к действиям мысли, чем все, производимые животными; но она не делает ничего такого, что указывало бы на то, что у нее есть воля, как она есть у животных».

Машина принесла Паскалю славу, к которой он был равнодушен. В тех же «Мыслях» он пишет: «Слава так приятна, что мы ее любим, с чем бы она ни соеди-

<sup>1</sup> Например, если при сложении получалось десять, то специальный жетон откладывали в сторону, и счет начинался с единицы. По окончании счета жетоны разных цветов и достоинств (20, 50, 100 и т.д. единиц) складывали вместе и подсчитывали результат.

нялась, даже хоть со смертью». Но особых доходов он не получил из-за высокой цены машины, трудностей, связанных с изготовлением и серийным производством различных запасных деталей.

320 лет назад вышел в свет труд Исаака Ньютона (1643–1727) «Математические начала натуральной философии» («Начала»), содержащие основные понятия и аксиоматику механики, в частности, три основные ее закона (законы Ньютона) и закон всемирного тяготения.

О Ньютоне написано очень много. И, казалось бы, все о нем известно, но одна тема не закрыта и, может быть, не будет закрыта никогда – история с яблоком.

Напомню, что в части нашего повествования «Код да Винчи и числа Фибоначчи» мы обращались к роману Дэна Брауна. Кроме использованного нами, в нем есть описание гробницы Ньютона, с которой связана кульминация сюжета.

«...На массивном саркофаге из черного мрамора стояла скульптура великого ученого в классическом костюме. Он гордо опирался на внушительную стопку собственных трудов – "Математические начала натуральной философии", "Оптика", "Богословие", "Хронология" и прочие. У ног Ньютона два крылатых мальчика разворачивали свиток. Прямо за его спиной высилась аскетически простая и строгая пирамида. И, хотя пирамида выглядела здесь довольно неуместно, не она сама, но геометрическая фигура, находившаяся примерно в середине ее, привлекала особо пристальное внимание... Шар.

Массивный шар выступал из пирамиды в виде барельефа, на нем были изображены всевозможные небесные тела – созвездия, знаки Зодиака, кометы, звезды и планеты. А венчало его аллегорическое изображение богини Астрономии под целой россыпью звезд» [4, с. 476–477].

По сюжету, для разгадки тайны Грааля нужно было найти слово, которое открыло бы устройство, в котором спрятан папирус, открывающий тайну. Намек был – шар на могиле Ньютона. «...Ну, конечно же! Шар, который должен был украшать могилу Исаака Ньютона, представлял собой не что иное, как яблоко, которое, упав с ветки на голову ученому, навело его на мысль о законе всемирного тяготения» [4, с. 509].

Так было ли яблоко? Ответить на этот вопрос сделал попытку автор статьи [5], которая представляет интерес для наших читателей. В указанной статье история яблони Ньютона излагается «...в форме исследования со времен жизни ученого до наших дней». Пересказывать статью бессмысленно, поэтому, дабы заинтриговать читателя, приведем полностью аннотацию к ней и отрывки из Введения и раздела «Комментарии, резюме и заключение» в моем переводе.

**«Аннотация.** Статья содержит предисловие о юности Ньютона, за которым следует краткое изложение мнений об известной истории открытия закона всемирного тяготения, ставшего возможным после падения яблока в 1665/6.

Далее говорится о яблоне, посаженной зажиточной йоркширской семьей в начале 18 века как доказательство дружбы с Ньютоном, а также в честь открытия ученым закона. В статье представлено немало новых, ранее не публиковавшихся художественных и документальных материалов, имеющих отношение к особому дереву-яблоне, которое росло в поместье Вулсторп (место рождения Ньютона) и было сломано во время шторма в 1816 году.

Представленные в статье результаты дендрохронологического изучения образцов деревьев, растущих в саду Вулсторпа, проводившегося в университете Оксфорда, позволяют сделать вывод о том, что яблоня, растущая в поместье и известная как "яблоня Ньютона", является деревом, тождественным тому, которое росло в середине 18 века и

которому сейчас могло бы быть 350 лет. Здесь же Вы найдете сведения, объясняющие, почему именно эта яблоня сыграла важную роль в научном открытии.

При попытке определить происхождение деревьев использовались генетические дактилоскопические исследования яблонь. В результате этого эксперимента было выделено два различных сорта. Одно можно сказать точно: не все учения о "яблоне Ньютона" имеют отношение к подлинному дереву, растущему в поместье Вулсторп».

**«Введение.** Кто не знает имени Ньютона, неразрывно связанного с... яблоком? Эта история часто пересказывается и часто опровергается. Но те, кто связан с ней, так или иначе будут ее изучать. Как считает профессор астрономии из Оксфордского университета, это зависит от уважения к великому ученому и в большей мере... от яблони, свидетельствующей о знаменательном событии в науке ("Эдинбургское обозрение", 1843:419).

История Ньютона, поведавшая о падении яблока и об открытии закона всемирного тяготения, передается из поколения в поколение и уже успела стать легендой. Услышав ее в первый раз, я решил, что это всего лишь забавный анекдот. Случилось так, что во время моего посещения в 1976 поместья Вулсторп (место рождения Ньютона) в Линкольншире, я был удивлен, узнав, что это было больше, чем забавная история, которую я мог себе представить. Более удивительным оказалось то, что в саду рос саженец, взятый от настоящей яблони Ньютона. Вспоминаю, как я желал узнать доказательство всему этому, с изумлением и недоверием глядя на деревце, растущее у дверей дома.

С годами я с трудом собрал большое количество документов, описывающих происхождение этой истории о чудесном дереве. Речь идет о двух полностью непредвиденных случаях, без которых это расследование не сдвинулось бы с мертвой точки.

Весной 1977 года во время визита к отставному майору Тернору (варианты записи: Turner, Turnor. – *Д.И.Т*), последнему владельцу поместья (Терноры управляли поместьем со времен Ньютона), был найден рисунок яблони, сделанный 150 лет назад. После стольких лет поисков этот документ остается самым важным доказательством идентификации дерева, с которого на Ньютона упало яблоко.

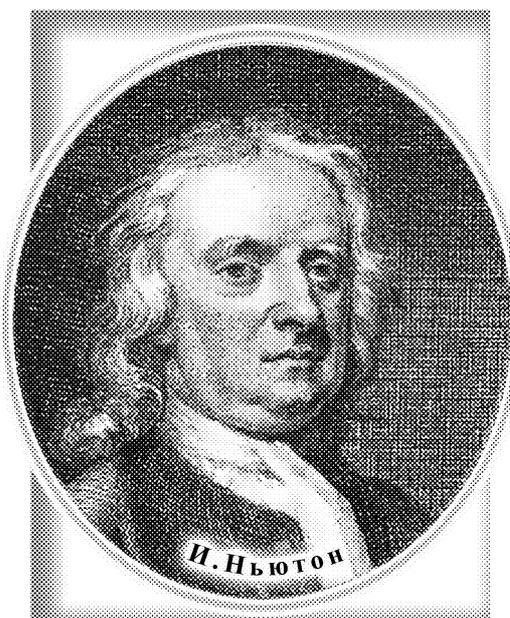
Второй случай произошел во время поездки в поместье в сентябре 1977 года. Я пятился назад, фотографируя сцены рисунка Тернора, когда осознал, что лежу на земле. Встав на ноги, я осмотрелся и был удивлен, обнаружив, что споткнулся о дерево, изображенное на рисунке. Даже сейчас, говоря об этом происшествии, я вспоминаю свое замешательство от непонимания, где я, в 1820 или в 1977 году. Удивление возросло еще и потому, что во время первого визита смотритель поместья не упомянул о существовании этого дерева.

Различные версии этих событий будут представлены в исторической последовательности...»

**«Комментарии, резюме, заключение.** Годами некоторые авторы выражали сомнения касательно достоверности причины, которой Ньютон объяснил свое открытие гравитации.

<...> С моей стороны, я заявляю, что я готов принять Ньютоновскую причину, так как мне кажется маловероятным, что такой маститый, известный математик и ученый своего времени, который испытывал благоговейный трепет перед карой Божьей, подвергал бы свою бессмертную душу опасности фабрикованием такой ненужной лжи.

Существенные прямые и косвенные доказательства указывают на место события так же, как сад в Вулсторпском поместье. Нет подтверждения тому, какое именно дерево указал Ньютон; однако в пределах нескольких десятилетий после смерти Ньютона дерево ассоциировалось с высказыванием Ньютона и лелеялось как "яблоневое дерево". Причиной этому, возможно, стало то, что оно было единственным в саду. К 1806 году, когда Э.Тернер впервые упомянул его, дерево насчитывало 150 лет, а в следующее десятилетие оно сломалось во время шторма. К этому времени оно было размножено на несколь-



ких участках. Хотя Джорджем Форбсом было установлено, что дерево было убрано его владельцами, существующие данные указывают, что только часть дерева была убрана и использована для изготовления стула. Об этом мы знаем по Брюстерскому кусочку материала, взятого из его корня в 1830 г. Позже, в своей вступительной части цитаты, Риквод указывал, что стул, изготовленный из части древесины, находился затем в Вулсторпе в 1843 г. Кажется сомнительным, что дерево, которое росло в лежачем положении 25 лет, могло быть убрано, распилено, высушено и использовано для изготовления стула, и все это выполнено всего за два года. Учитывая все эти факты, я бы хотел предположить, что лежачий дуплистый ствол, который пустил корни с каж-

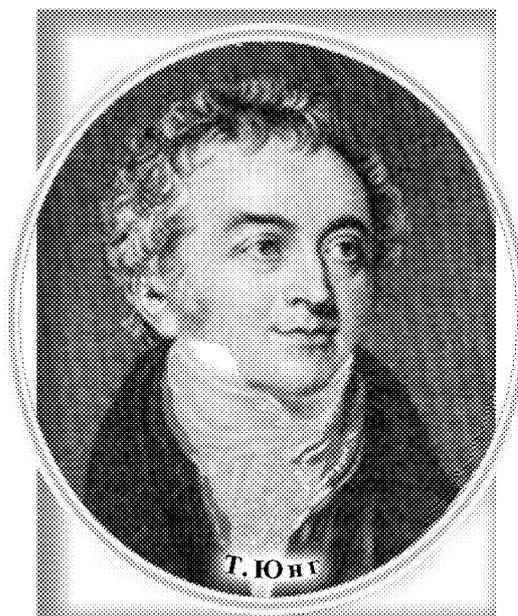
дого конца и который до настоящего момента все еще растет в Вулсторпском поместье, и есть тот ствол ветви того дерева, которое изобразил Чарльз Тернер в 1820, и является тем же деревом, которое было определено как дерево, с которого Ньютон наблюдал падение яблока в 1665/6 г. Если это так, то этой яблоне сейчас 350 лет».

290 лет со дня рождения Жана Лерона Д'Аламбера (1717–1783).

260 лет назад Д'Аламбер дал полное решение задачи о струне на основе волнового уравнения.

300 лет назад родился Леонард Эйлер (1707–1783). Его жизнеописание на фоне исторических и научных событий в мире приведено в докладе А.А. Князева [7] на научной школе-семинаре «Нелинейные дни в Саратове для молодых – 2007».

200 лет назад Томас Юнг (1773–1829) ввел понятие модуля упругости (модуль Юнга). Краткие сведения о Юнге как удивительном кентавре в смысле Даниила Данина приведены в книге [8, с. 28–29]. Его подробная биография принадлежит перу Ф. Араго [9, с. 37–63]. Вот один эпизод тоже двухсотлетней давности из книги Араго.



«В 1816 году вместе с моим ученым другом Гей-Люссаком я был в Англии. Тогда Френель блистательно вышел на ученое поприще со своей запиской "О дифракции" или погнутии света. Этот труд, по нашему мнению, содержал в себе капитальный опыт, который нельзя было согласовать с Ньютоновой теорией света, и, естественно, что он был первым предметом нашей беседы с Юнгом. С удивлением мы услышали от него возражения на наши похвалы; и еще более удивились, когда он сказал, что хвалимый нами опыт описан в его книге, изданной в 1807 году. Это показалось нам несправедливым, и завязался продолжительный спор, в котором госпожа Юнг не принимала никакого участия, потому что английские дамы боятся прослыть синими чулками в глазах иностранцев; наконец она вышла из терпения и оставила нас. Мы начали извиняться перед ее мужем в нашей неловкости, как она возвратилась с огромным томом под мышкой, положила его на стол, развернула и, не говоря ни слова, на 787-й странице пальцем указала фигуру, на которой изображено криволинейное движение цветных полос дифракции, определенное теоретически» [9, с. 63].

165 лет назад Кристиан Доплер (1803–1853) теоретически предсказал и обосновал явление изменения частоты звуковых и световых колебаний, воспринимаемой наблюдателем, от относительной скорости движения наблюдателя и источника колебаний (эффект Доплера)<sup>2</sup>.

К. Доплер родился в Зальцбурге (Австрия) в семье каменотеса. Будучи хилым от рождения (это привело впоследствии к болезни легких), он не мог продолжить дело отца. Но у него были способности к математике, к языкам, к вырезанию силуэтов из бумаги. Доплер окончил Политехнический институт в Вене, работал профессором в Пражском университете, в Горной академии в Хемнице, в Венском университете в Институте Физики. Интересно, что его



основополагающая статья называлась «О цвете двойных звезд и некоторых других небесных явлениях». Для объяснения изменения цвета двойных звезд Доплер обобщил выведенное им для звука соотношение на источники света: если две звезды, скажем, обе желтого цвета, вращаются вокруг друг друга, то звезда, приближающаяся к нам, должна казаться излучающей свет большей частоты (посинеет или позеленеет), а удаляющаяся – меньшей (покраснеет).

В книге [10, с. 290–291] указано, что эта статья Доплера и последующие не принесли ему славы. «Зато он запомнился как декан университета, отказавший в зачислении будущему основателю генетики Грегору Менделю (1822–1884) ("Очевидно, что у кандидата хорошее образование, но в физических науках он не поднялся

<sup>2</sup>Заметим, что Арман Ипполит Луи Физо (1819–1896) опубликовал теоретическую работу, в которой, независимо от К. Доплера, сформулировал идею о зависимости частоты света, воспринимаемой наблюдателем, от относительного движения источника и наблюдателя.

выше самого элементарного уровня"), а потом сделавший его одним из своих самых любимых учеников. Между тем, проблемы с дыханием усугублялись, и он, бросив в Вене жену и двоих детей, уехал умирать в Венецию».

С проверкой эффекта Доплера связан забавный голландский музыкально-железнодорожный эксперимент, который проводил профессор физики Кристоф Бейс Баллот (1817–1890). Вот красочное описание этого эксперимента.

«3 июня 1845 года... Все готово: линия, соединяющая Утрехт с Маарсеном, перекрыта в научных целях по приказу министра внутренних дел, трое музыкантов, расположившись в открытом вагоне, настраивают свои корнет-а-пистоны, и несколько групп наблюдателей, обладающих абсолютным слухом и снабженных карандашом и блокнотом, распределены вдоль путей через четко определенные интервалы. Как только поезд разовьет свою максимальную скорость 70 км/ч, музыканты заиграют в унисон и что есть мочи, чтобы перекрыть шум локомотива, ноту "ля", а наблюдатели вдоль путей будут стараться оценить в половинах и четвертях тона ее искажение из-за движения поезда...<sup>3</sup> Проверка, проводимая с такими затратами, была бесполезной: никто не сомневался в "эффекте Доплера". В конце концов на своем локомотиве Бейс Баллот докажет – и с какой помпой! – то, что все и так уже считали доказанным... Но в действительности Бейса Баллота интересовал не сам звуковой эффект Доплера. Стоило только исторические завывания корнет-а-пистонов перевести в цифры и математически обработать, как пошел серьезный разговор: приложение эффекта к цвету двойных звезд...

...Едва покинув поезд, Баллот открыл огонь по теории двойных звезд... Бейс Баллот утверждал, что движущаяся звезда должна была бы так посинеть или так покраснеть, что стала бы совсем невидимой. Это выражение довольно веское, оно указывает на одну из слабых сторон рассуждения Доплера, считавшего, что все звезды белые, а цвет всегда указывает на их приближение или удаление. В действительности же цвет прямо связан с температурой звезды, причем он представлен не одной световой частотой, а целым спектром, простирающимся от инфракрасного излучения до ультрафиолетового. Но нельзя сказать, что Доплер совсем неправ: среди различных типов двойных звезд спектрально-двойные и в самом деле распознаются только с помощью эффекта Доплера, значение которого признано во всех разделах астрономии» [10, с. 287–292].

Нарушим хронологию и перенесемся в 1947 год, когда В.Л. Гинзбург опубликовал две работы по теории излучения при сверхсветовом движении в среде [11, 12], в которых также фигурирует эффект Доплера.

Если излучатель (заряженная частица, электрический диполь и т.д.) движется в среде с показателем преломления  $n$ , то вследствие эффекта Доплера в системе координат, связанной с неподвижной средой, излучение имеет частоту

$$\omega(\theta) = \frac{\omega_0}{|1 - \beta n \cos \theta|},$$

где  $\omega_0$  – частота излучения в системе координат, в которой излучатель покоится,  $\beta = v/c$ ,  $v$  – скорость излучателя,  $c$  – скорость света,  $\theta$  – угол между  $\vec{v}$  и направлением наблюдения. При  $\beta n < 1$  эффект Доплера называют нормальным, а при  $\beta n > 1$  – аномальным [13] (эффект Доплера в преломляющей среде детально обсуждается в статье [14]). Особенно важным является то обстоятельство, что характер

<sup>3</sup>В книге [10, с. 289] есть замечательная реплика: «Что бы подумал Моцарт о железнодорожном концерте?» Ведь и Доплер и Моцарт из Зальцбурга.

аномального эффекта Доплера не меняется и тогда, когда поле заключено в узких каналах или щелях в среде, или сосредоточено вблизи границ [11–13]. Излучение, связанное с нормальным эффектом Доплера, приводит к затуханию волн, а с аномальным – к усилению.

Показано (см., например, [15, с. 172–173]), что существует физическая аналогия между индуцированным нормальным и аномальным эффектом Доплера и синхронным взаимодействием замедленной электромагнитной волны, соответственно, с «электронной» волной с положительной энергией (например, быстрая волна пространственного заряда) и с отрицательной энергией (медленная волна пространственного заряда).



165 лет назад, 12 ноября 1842 года, родился Джон Уильям Стрэтт (лорд Рэлей). Умер он 30 июня 1919 года. Жизнь и творчество Рэлей трудно описать даже в большой статье. Укажем лишь, что в свое время он, пожалуй лучше, чем кто-либо другой, разглядел родственные проблемы в динамике, акустике, оптике и теории электричества. Для него язык теории колебаний уже был «интернациональным».



Из четырехсот сорока шести известных статей Рэлей около двухсот касаются оптики. Общеизвестна его «Теория звука». Большой вклад внес Рэлей в гидродинамику, в учение о капиллярах, поверхностных силах и практически во все области классической физики. Как пишет автор статьи [16, с. 160]: «Его интересы в физике были универсальны: "в каждой области" он "беспорядок приводил в порядок". Он был последним из плеяды "ученых-индивидуалистов", работающих с "воском и веревочками", интересы которых охватывали всю физику».

150 лет назад родился выдающийся немецкий физик Генрих Герц (1857–1894). Мировая слава пришла к нему после публикации результатов опытов по обоснованию теории Максвелла. Именно волны Герца привели в дальнейшем к изобретению и радио, и телевидения. Герцу принадлежит обобщение уравнений



Максвелла для движущихся тел. Он восхищался теорией Максвелла, непрерывно развивая ее: «Нельзя изучать эту чудесную теорию без того, чтобы порою не возникало ощущение, что математическим формулам присущи самостоятельная жизнь и собственный разум, что они умнее нас, умнее даже открывшего их, что они дают больше, чем в них было ранее вложено» (цитируется по [17, с. 898]).

Подробный анализ трудов Герца дан в книге [18]. Представляет интерес параграф 4 из второй главы этой книги «Применение электромагнитных волн», где на примере открытия электромагнитных волн обсуждается граница между физикой и техникой, разница между исследователем и изобретателем, сравни-

ваются две великие фигуры в истории радио – А.С. Попов (1859–1906) и Г. Маркони (1874–1937).

В советской исторической литературе история изобретения радио часто искажалась безудержным восхвалением «нашего». Об этом замечательно написал М.А. Миллер в своей лекции «Об изобретении радио... и не только».

«В народе то "движение" окрестили девизом: "Россия – родина слонов!" (даже не мамонтов, заметьте, а слонов!). Вредоносность подобных "национальных потех" очевидна: "Единожды солгавши, да кто тебе поверит!.." В результате люди перестали почитать истинных своих "передовиков", и заслуги Попова, в частности, были незаслуженно принижены их непомерным вознесением – известный в психологии феномен, который я называю "недоверием из-за передозировки внушения" (наверное, существует и более точный термин, но я его подзабыл, а такая расшифровка отлично воспринимается жертвами осточертевших телерекламных повторов)» [19, с. 118]. В этой же лекции есть раздел под названием «Мытарства профессора Попова», где изложена правда о нем.



В СССР о Маркони писали только плохо, на Западе – только хорошо. Какова правда о Гульельмо Маркони? Пожалуй, ответ можно найти в длинной цитате из книги [18] и в статье [20].

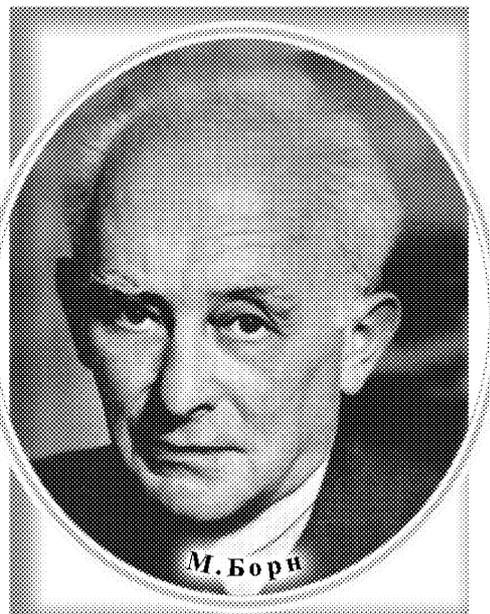
«Неутомимая изобретательская деятельность Маркони делает его уникальной фигурой в истории радио... Повторив год спустя открытие Попова, он как одержимый отдался делу пропаганды и развития своего детища, в частности, 60 раз пересек Атлантический океан.

Объективная оценка деятельности Маркони затрудняется той несимпатичной формой, которую придал своей работе сам изобретатель. До Маркони работа в области изучения и применения электромагнитных волн производилась исключительно в рамках науки; Маркони круто перевел ее в рамки коммерции... То, что прежде рассматривалось как объект научного исследования, он сделал объектом личного обогащения. Поскольку сам он в полной мере воспользовался плодами трудов своих многочисленных предшественников, объективно получилось так, что их гений и труд стали для него средством наживы. Работали все, а золото потекло в карманы одного Маркони. Конечно, это до глубины души возмутило всех честных людей, и общественное мнение окружило Маркони стеной презрения и антипатии...

Таким образом, этот человек сочетал в одном лице неутомимого изобретателя и корыстного стяжателя, талантливого организатора и ловкого дельца» [18, с. 179–180].

О себе Маркони в 1907 году сказал следующее: «Я известен как человек, имеющий дело с научными фактами и возможными выгодами, а не с утопическими фантазиями... Если говорить о пределе насыщения, границах прогресса радио, то не существует ограничений для расстояния, и поэтому предела развития радио не существует» [Цитируется по 20, с. 123].

135 лет назад в Фордербрюле близ Вены родился польский физик Мариан Смолуховский (1872–1917). Он окончил Венский университет, работал во Львовском университете, а затем в Краковском, где в последний год жизни был ректором. Основные работы посвящены молекулярной физике, термодинамике, статистической физике. Так, он создал теорию броуновского движения, которое 180 лет назад открыл английский ботаник Р. Броун, наблюдавший хаотическое движение мелких частиц, взвешенных в растворе. Эта теория доказала справедливость кинетической теории теплоты, способствуя ее окончательному утверждению. Им создана теория термодинамических флуктуаций, которая нанесла удар гипотезе «Тепловой смерти» Вселенной, следовавшей из классической трактовки второго начала термодинамики. М. Смолуховский объяснил «рэлеевское рассеяние», показав, что молекулярное рассеяние света вызывается тепловыми флуктуациями показателя преломления среды, которые делают среду оптически мутной.



125 лет назад родился Макс Борн (1882–1970) – немецкий физик-теоретик, один из создателей квантовой (матричной) механики.

Для нелинейной динамики важным является определение детерминированности, данное М. Борном. Обсудим его (см., например, [21]).

Каждое физическое состояние системы измеряется всегда с малой, но конечной неточностью  $\epsilon$ . Поэтому оно определяется не числом, а некоторым вероятностным распределением. Задача состоит в том, чтобы на основе известного начального распределения предсказать распределение в момент времени  $t$ . Если данное решение устойчиво, то любое последующее состояние предсказуемо и система может считаться детерминированной. Такое определение детерминированности по М. Борну отличается от традиционного определения изменением последовательности предельных переходов при  $\epsilon \rightarrow 0$  и  $t \rightarrow \infty$ . Обычно сначала область начального рассеяния стягивается в точку, а затем смотрится поведение при  $t \rightarrow \infty$ . Конечно, получается полная предсказуемость. Этот путь является нефизичным и заменяется другим: сначала при заданном  $\epsilon$  определяются поведение траекторий и область конечного рассеяния при любом  $t$ , в том числе область рассеяния при  $t \rightarrow \infty$ , а затем уже начальное рассеяние устремляется к точке. Если область конечного рассеяния при  $t \rightarrow \infty$  нарастает, то поведение системы непредсказуемо.

Этому, как известно, соответствует неустойчивость всех или почти всех траекторий системы, что приводит к тому, что даже самое малое воздействие достигает макроскопических размеров. Экспоненциальная неустойчивость траекторий – одно из основных свойств хаоса.

70 лет назад И.Е. Тамм и И.М. Франк разработали теорию эффекта Вавилова–Черенкова. Индуцированное излучение Вавилова–Черенкова лежит, в частности, в основе объяснения нелинейных процессов взаимодействия электронных потоков с бегущими электромагнитными волнами.

Возможно, читатель заметил, что стиль подачи материала в статьях о датах 2006 и 2007 годов несколько изменился: какой-то дате уделяется много места, другим меньше, нет практически уже простого перечисления дат. Выбор дат по-прежнему на совести автора. Главным героем 2007 года стал Леонардо да Винчи. Кстати, уже после написания статьи появились интересные книги [22] и [23].

Авторы книги [22] считают, ссылаясь на историка Карло Макканьи, что Леонардо был «...человеком средней образованности, то есть находился примерно посередине между эрудитом и невеждой», что он скорее маг, чудотворец, прорицатель, чем мудрец, что он – великий миф непобедимого рыцаря и героя науки, необходимый человечеству.

Книга [23] знакомит читателя с литературными и философскими построениями Леонардо да Винчи. Вот одна из аллегорий Леонардо, которой уместно закончить статью.

«Заметила бумага, что вся она испещрена строками черных чернил, и стала кручиниться, а те ей в ответ: да тебя ведь и сохранят только из-за слов, на тебе нанесенных» [цитируется по 23, с. 24].

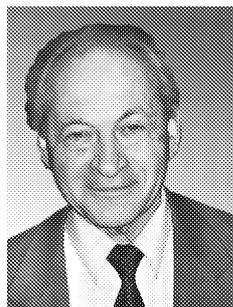
## Библиографический список

1. *Мандельштам Л.И.* Лекции по теории колебаний. М.: Наука, 1972.
2. *Тарасов Б.Н.* Паскаль. М.: «Молодая гвардия», 1979. 334 с.
3. *Паскаль Б.* Мысли. М.: 1888.
4. *Браун Дэн.* Код да Винчи. Роман. М.: Изд-во «Матадор», 2006.
5. *Keising R.Y.* The history of Newton's apple tree (Being an investigation of the story of Newton and the apple and the history of Newton's apple tree and its propagation from the time of Newton to present day) // Contemporary Physics. 1998. Vol. 39, № 5. P. 377.
6. *Гиндикин С.Г.* Рассказы о физиках и математиках. 3-е изд., расширенное. М.: МЦНМО, 2001. 448 с.
7. *Князев А.А.* Леонард Эйлер – 300 лет со дня рождения // Изв. вузов. ПНД, (принята к печати).
8. *Трубецков Д.И.* Даниил Семенович Данин и его кентавристика. Сер. «След вдохновений и трудов упорных...» Лекции. Вып. 3, Саратов: Изд-во ГосУНЦ «Колледж», 2007. 108 с.
9. *Араго Ф.* Биографии знаменитых астрономов, физиков и геометров. Том II, III. Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2000. 464 с.
10. *Витковски Н.* Сентиментальная история науки. М.: Колибри, 2007. 448 с.
11. *Гинзбург В.Л.* Об излучении электрона, движущегося вблизи диэлектрика // ДАН СССР. 1947. Т. 6. С. 145.
12. *Гинзбург В.Л.* Об излучении микроволн и их поглощении в воздухе // Изв. АН СССР (Физ.). 1947. Т. 11. С. 165.
13. *Гинзбург В.Л.* Некоторые вопросы теории излучения при сверхсветовом движении в среде // УФН. 1959. Т. 69. С. 537.
14. *Франк И.М.* Эйнштейн и оптика // УФН. 1979. Т. 129. С. 694.
15. *Рабинович М.И., Трубецков Д.И.* Введение в теорию колебаний и волн. М.: Наука, Главная редакция физико-математической литературы, 1984. 432 с.
16. *Говард Дж.* Джон Уильям Стрэтт (лорд Рэлей) // УФН. 1966, январь, Т. 88, вып. 1. С. 148.
17. *Щербаков Р.Н.* «Я принадлежу к избранным, которые живут мало, но все же достаточно». К 150-летию со дня рождения Генриха Герца // Вестник российской академии наук. 2007. Т. 77, № 10. С. 896.
18. *Григорьян А.Т., Вальцев А.Н.* Генрих Герц. М.: Наука, 1968. 309 с.
19. *Миллер М.* Всякая и не всякая всячина, посвященная собственному 80-летию. Нижний Новгород: ИПФ РАН, 2005. 480 с.
20. Train times, irish whiskey, bad weather, potage and Poldhu. History of physics // Europhysics News. 1997, July/August. P. 119.
21. *Трубецков Д.И.* Введение в синергетику. Хаос и структуры. М.: Едиториал УРСС, 2004. 240 с.

22. Ортоли С., Витковски Н. Ванна Архимеда. Краткая мифология науки. М.: Колибри, 2007. 240 с.
23. Жуков А.Н. Неизвестный Леонардо: притчи, аллегории, фацеции. Ростов н/Д.: Феникс, 2007. 157 с.

*Саратовский государственный  
университет*

*Поступила в редакцию 16.01.2008*



*Трубецков Дмитрий Иванович* – родился в Саратове (1938). Окончил физический факультет Саратовского государственного университета (1960). Защитил диссертации на соискание ученой степени кандидата (1965) и доктора физико-математических наук в СГУ (1978) 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.