

Методологические проблемы историко-научных исследований

Профессор Г. Кребер (ГДР) в статье о методах наукометрии (№ 1, 1983) обратил внимание на исследование советского историка науки Т. И. Райнова о волнообразных колебаниях творческой продуктивности ученых. Эта работа Т. И. Райнова была доложена в Комакадемии 27 апреля 1927 г. (см. ВИЕТ, 1978, Вып. 61—63, с. 44), а затем опубликована в 1929 г. на английском языке в журнале *ISIS* (v. XII, № 38). Ниже она впервые публикуется на русском языке с небольшими сокращениями.

Работа Т. И. Райнова носит ярко выраженный новаторский характер. Об этом свидетельствует не только то, что она стала одним из ранних опытов применения количественных методов для анализа развития науки и увидела свет в годы, когда о наукометрии еще не было и речи. Еще существеннее применение Райновым в этом исследовании количественных методов для оценки творческой, содержательной стороны роста науки — выявления динамики научных открытий на протяжении почти двух веков в различных странах Европы. В этом отношении работа Райнова, опубликованная более 50 лет тому назад, и сегодня не утратила научный, а не только исторический интерес. Дело в том, что наукометрические исследования, получившие развитие в 50—60-е годы, ограничиваются, как правило, измерением внешней стороны науки — роста количества ученых, журналов, публикаций, соавторства и т. п. и почти не отражают рост ее содержания. Попытка Т. И. Райнова в этом направлении еще и сегодня представляет редкое исключение.

Т. И. Райнов (1888—1958) начал свою научную деятельность с литературно-критических и историко-философских статей. Среди них отметим — «Лирика научно-философского творчества» (1911), статьи о творчестве Д. Н. Овсяннико-Куликовского, И. А. Гончарова, Ф. И. Тютчева, об эстетике Л. Н. Толстого, гносеологии Лотце, «Теория искусства Канта в связи с его теорией науки», «Лейбниц в русской философии», «К психологии личности и творчества П. Л. Лаврова». В 1914 г. он выпустил книгу «Теория творчества», а десятью годами позже книгу о выдающемся русском филологе и мыслителе А. А. Потебне. Все эти разнообразные работы объединены живым интересом к теории и психологии творчества. С начала 30-х годов Т. И. Райнов сосредоточивается на исследованиях по истории естествознания. Ему принадлежат статьи о проблемах генезиса науки, типологии ученых, о М. В. Ломоносове, Данииле Бернулли, русских академиках второй половины XVIII в., об основных направлениях в западной историографии науки, в частности о работах Дж. Сартона. В 1940 г. выходит его монография «Наука в России XI—XVII веков». Ему принадлежит также ряд работ по истории науки в Средней Азии и о развитии науки в Узбекистане.

Разностороннее творчество Т. И. Райнова — интересная страница советской историографии науки и истории науковедения. Будем надеяться, что она найдет достойное отражение в литературе. В рукописном отделе Государственной библиотеки им. В. И. Ленина хранится обширный архив Т. И. Райнова, содержащий большое число его рукописей и других материалов.

С. Р. Микулинский

ВОЛНООБРАЗНЫЕ ФЛУКТУАЦИИ ТВОРЧЕСКОЙ ПРОДУКТИВНОСТИ В РАЗВИТИИ ЗАПАДНОЕВРОПЕЙСКОЙ ФИЗИКИ XVIII И XIX ВЕКОВ ¹

Т. И. РАЙНОВ

Вне всякого сомнения, творческая продуктивность в любой научной области, измеряемая количеством соответствующих научных открытий, изменяется в различные периоды развития данной науки. Конечно, вообще говоря, полный объем творческой продуктивности в соответствии с общим развитием культуры по меньшей мере в последние века, возрастает с течением времени. Но темп этого роста не остается постоянным. Изменения этого темпа, соотнесенные с основной тенденцией роста творческой продуктивности, приводят к волнообразным колебаниям последней.

Существование подобных более или менее длинных волн в темпе роста и в общих изменениях творческой продуктивности в науке может быть предсказано прежде всего на основании определенных общетеоретических соображений.

В недавно вышедшей математической работе, посвященной вопросу о происхождении так называемых квазипериодических флуктуаций посредством сложения случайных причин, профессор Е. Е. Слуцкий показал среди прочего следующее [1; 2, с. 169].

Рассмотрим любую эмпирическую серию величин, значения которых в каждом случае есть результат «случайных» причин. И предположим, что благодаря некоторой временной комбинации этих причин между соседними членами нашей серии существует корреляция, проявляющаяся, как известно, в том, что значения каждого из членов зависят от значений остальных — от более близких в большей степени, чем от более далеких. Е. Е. Слуцкий обнаружил, что такие серии коррелятивно связанных последовательностей случайных величин, развиваясь, дают волнообразное распределение значений. Например, вначале они постепенно растут, потом также постепенно они начинают убывать, чтобы потом опять испытать большее или меньшее увеличение и т. д., и все это несмотря на тот факт, что серия в целом может иметь некоторую общую тенденцию, касающуюся всех составных частей и вынуждающую серию изменяться в определенном направлении.

Эти общие соображения легко могут быть приложены к разбираемому вопросу. Числа научных открытий за год, сделанных в разных странах в каждой области знания и измеряющих в их массе проявление творческой активности в этой области, действительно представляют серии результатов, возникающих от сложения случайных причин. Индивидуальные открытия, как правило, являются результатом индивидуальной активности ученых, более или менее независимых один от другого и в этом смысле представляющих случайные факторы открытия. Однако рассматриваемые совместно, эти ученые уже не могут считаться независимыми один от другого. Интересы, которые вдохновляют одних в данное время, всегда в большей или меньшей степени и в более или менее длительный период разделяются и другими. Отсюда число открытий, которые они совершают от года к году, также находится в определенной корреляции одно к другому — оно то растет от года к году, то более или менее постепенно убывает, и эти флуктуации могут часто иметь место наряду с поднимающейся линией роста общей массы открытий, представляя вариации в темпе этого роста.

¹ Вычисления были сделаны О. В. Гордон и М. Л. Курашевой с помощью Н. О. Четверикова.

В области, которая интересует нас здесь, в области истории физики, подобные волнообразные флуктуации темпа роста числа открытий предполагаются не только *a priori*, но получаются также в результате эмпирических исследований. И, конечно, так как эти колебания касаются исторической реальности, т. е. могут быть приурочены к определенным датам во времени и в географическом пространстве, их эмпирическое установление должно играть определяющую роль.

В литературе по истории естественных наук, и, в частности, физики, уже было отмечено, что творческая активность той или другой страны не остается постоянной во времени. Например, Ф. Клейн [3, с. 63, 87—88] подчеркнул давно известный факт, что конец XVIII в. и первое десятилетие XIX в. во Франции были временем расцвета физико-математических наук. Около 1830 г., согласно его наблюдениям, это оживление сменилось относительным упадком. Здесь мы имеем симптом довольно длинной волны творческой активности. Также во Франции, согласно наблюдениям Фабри [4, с. 329], имела место другая, аналогичная волна. Он отмечал, например, что период Второй Империи (1851—1870) во Франции был неблагоприятен для развития такой ведущей сферы физической науки, как термодинамика. И только с концом этого периода началось более заметное развитие физической науки в этой сфере.

Эти и другие подобные наблюдения позволяют думать, что историческое исследование может обнаружить флуктуации творческой продуктивности по меньшей мере в сфере физики. Однако сами по себе эти наблюдения еще не могут быть признаны достаточными для действительного установления соответствующих фактов. И это в особенности потому, что здесь перед нами встает вопрос о фактах главным образом количественной природы. Утверждая, что темп роста творческой активности в данной стране и области науки испытывает флуктуации в некоторой точке времени, мы выражаем суждение о флуктуации определенной величины. Для того чтобы подобное суждение обладало достаточной определенностью, необходимо иметь возможность как-то измерить эту величину и ее вариации. Вплоть до последнего времени это, кажется, не делалось в достаточно систематической форме. И главная цель автора настоящего очерка была получить количественные оценки темпа изменений числа открытий в физике последнего времени, для того чтобы таким образом установить существование или несуществование вышеуказанных флуктуаций этого темпа.

В этой связи метод исследования был самоочевиден. Необходимо было дать статистическое выражение массе открытий, сделанных в физике от года к году, и затем подвергнуть временные серии, полученные таким путем, обработке, которая выявила бы специфические свойства этих серий.

Однако все это предполагает, что задача подсчета числа открытий в некоторый отрезок времени имеет смысл. Это и должно обсудить.

Дело в том, что научное открытие есть нечто «идеальное», — каждое открытие выражает идею определенного содержания. «Идеи», вообще говоря, не обладают *материальным* существованием. Недопустимо приписывать последнее им косвенно, связывая научную идею с идеей, зафиксированной в печати, или с другой материальной оболочкой, в форме которой идея опубликована. Недопустимо потому, что может быть показано, что несколько идей могут соответствовать одной и той же публикации — и *vice versa*. Здесь мы должны принять эту мысль без доказательства. Таким образом, мы должны вести счет идеям как таковым, *во всей их имматериальности*. — Возможно ли это? Мы считаем оправданным ответить на этот вопрос утвердительно.

Пересчитывать некоторый класс (агрегат, множество) значит устанавливать соответствие между его индивидуальными членами и члена-

ми класса всех натуральных чисел. Для установления такого соответствия необходимо следующее:

1. Члены счисляемого класса (агрегата, множества) должны обладать свойствами, делающими допустимым *действительно* отнести их к этому классу.

2. Члены счисляемого класса должны быть настолько определены, что каждый из них может быть ясно отличен от каждого другого члена того же класса.

Очевидно, класс (агрегат, множество) научных открытий, сделанных в некотором месте в данное время, удовлетворяет обоим из этих элементарных условий. И, следовательно, к каждому из них можно отнести один, и только один, член класса натуральных чисел, т. е. приписать номер каждому открытию. А это и значит исчислить число открытий.

В этой связи нас не должен смущать тот факт, что, исчисляя число открытий, мы рассматриваем каждое открытие за единицу, в то время как в действительности открытия имеют разную ценность. Это не может препятствовать счислению, так как *для целей подсчета* все открытия одинаково ценны — мы интересуемся ими только потому, что они все *одинаково* открытия и, кроме того, потому, что они *различные* открытия. Аналогично мы считаем население какой-нибудь страны, беря за единицу каждого жителя, безотносительно к разнице пола, возраста, социального положения и т. д.

Возникает вопрос, какова научная ценность подобного подсчета общей массы открытий, безотносительно к *различному значению* отдельных открытий. Не может ли случиться так, что две эпохи, характеризующиеся, предположим, приблизительно одинаковым числом открытий в некоторую единицу времени, будут значительно отличаться в смысле научного *веса* того, что было достигнуто в каждую из них?

Это, конечно, возможно, хотя это и не было еще доказано с достаточной научной строгостью.

Но допустим, что подобное доказательство может быть и будет представлено. Тем не менее это не сделало бы излишним метод исчисления общей массы открытий, который мы предлагаем. Его значение сравнимо со значением общего подсчета населения в экономической и социальной жизни некоторой страны. Конечно, желательно дифференцировать наши знания об этом, разделяя общие цифры на группы согласно национальности, полу, возрасту, классу, собственности и т. д., и демографическая статистика более или менее успешно этим занимается. Однако это не делает излишним определение общей массы населения, т. е. знания того, как много человеческих единиц составляет его в тот или иной период. Это важно не только потому, что любая демографическая группировка фактов уже предполагает знание общего числа населения, но также потому, что общее число населения есть фактор, который играет независимую роль в экономической и общесоциальной жизни каждой страны.

Аналогичным образом подсчет общей массы научных открытий представляет независимый интерес для оценки творческой активности отдельных эпох. Этот подсчет дает нам возможность понять, каким числом творческих единиц характеризуются эти эпохи. Индивидуальное открытие как раз и есть творческая единица, так как оно обозначает, что соответствующая работа была совершена с некоторым успехом. А успех, признание есть лучшая мера продуктивности научного труда. Таким образом, подсчет успехов, содержащихся в научных открытиях, есть очень важное средство для определения среднего уровня научной продуктивности данной эпохи.

Природа статистического метода, который мы используем, неизбежно навязывает нам требование начинать наше исследование со времени,

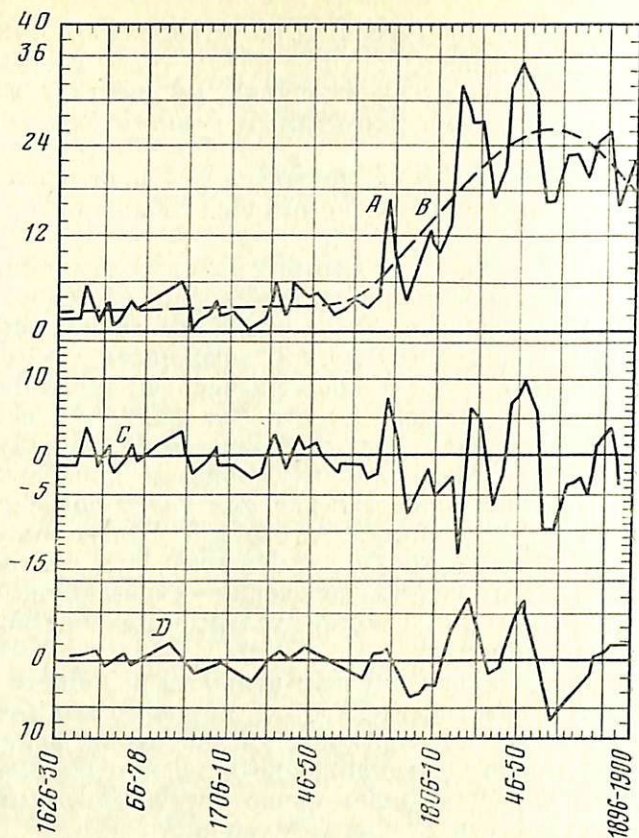


Рис. 1

для которого число открытий, определяющих средний уровень творческой продуктивности, становится более или менее значительным.

В истории развития физики, которая была специальным объектом нашего исследования, подобным временем мог бы считаться период, начинающийся приблизительно с последних десятилетий XVIII столетия. Более ранние даты на диаграммах столь незначительны, что их статистической ценностью можно почти пренебречь. Имея это в виду, мы тем не менее включили в диаграммы также и более ранний период, потому что, даже при всей их недостаточности, они могли бы подсказать интересные факты. При подсчете числа открытий, для того чтобы получить диаграммы для более длительных периодов, мы брали не годовые, а пятигодовые суммы.

Далее необходимо было решить, как исчислять количество открытий — относительно ли страны, где было совершено открытие, или безотносительно к ней. Из различных соображений мы выбрали первый способ. Таким образом, мы решили ограничиться только тремя европейскими странами — Англией, Францией и Германией (в качестве территориальной основы мы взяли границы 1870—1914 гг.).

При подсчете физических открытий в этих странах мы исходили из работы «Исторические этапы физики» Ф. Ауэрбаха (1910), которая, как известно, была доведена до 1900 г. Но так как в этом каталоге открытия не разделены по странам, мы сами произвели это деление, руководствуясь информацией, которую можно было извлечь из капитальной библиографической энциклопедии Поггендорфа с ее последующими приложениями. Таким образом, мы получили таблицу количества физических открытий с пятилетним шагом по трем вышеуказанным странам (в приложении табл. 1—3, первые столбцы).

Если представить эту информацию графически, нетрудно убедиться, что динамика изменений числа физических открытий во всех трех странах характеризуется тремя общими чертами. Верхняя кривая поведения числа открытий во Франции дает ясное представление о них (рис. 1).

Во-первых, число открытий от начала периода вплоть до 1900 г. показывает более или менее ясную тенденцию, характеризующую серию в целом. Эта тенденция соответствует тому, что на языке современной статистики именуется «глобальный тренд».

Во-вторых, скорость изменения числа открытий не остается той же самой. Она то ускоряется, то замедляется, что приводит к флуктуациям большей или меньшей длительности около линии глобального тренда, в соответствии с которой возможно представить общую тенденцию всей массы открытий как тенденцию роста.

В-третьих, эти флуктуации, волны неравномерны, они испещрены сериями зигзагов.

Что действительно интересно для нас — так это вышеупомянутые флуктуации скорости изменений числа открытий. Для того чтобы обнаружить их лучше, было бы необходимо отделить их от той линии глобального тренда, около которой они образовались (другими словами, сконструировать модель волн). С этой целью материал по всем трем странам был подвергнут обработке, результат которой мы показываем на примере Франции (рис. 1 и табл. 1).

Прежде всего методом наименьших квадратов была получена линия глобального тренда.

В случае Франции, для которой кривая исходной информации о физических открытиях охватывает период 1625—1630 гг., глобальный тренд изменения не может быть представлен одной гладкой, т. е. дифференцируемой линией. Однако в соответствии со статистической практикой [5, с. 306] кривая исходной информации была разделена на две части и линия глобального тренда была получена для каждой из них независимо. Для части от 1625—1630 до 1760—1770 гг. поведение глобального тренда может быть более точно представлено прямой линией. Более искривленному характеру глобального тренда второй части (от 1760—1770 до 1900 г.) лучше всего соответствует некоторая парабола третьего порядка. Тем самым из этих двух линий, пересекающихся между 1760 и 1765 гг., мы получаем единую линию глобального тренда, около которой, как видно на рис. 1, происходят длительные флуктуации скорости изменения числа открытий, которые мы отмечали.

Для того чтобы получить модель этих флуктуаций, необходимо, как это принято в статистике, рассмотреть переменное отклонение кривой исходных данных от линии глобального тренда, которая была уже получена. Эта операция называется исключением тренда. Будучи заинтересованными только конфигурацией этих отклонений, мы можем отнести их к некоторому условному горизонтальному уровню, что и сделано на рис. 1 (средняя кривая).

Как мы уже отмечали, эти длинные волны скорости изменения числа открытий возмущены меньшими зигзагами. Хотя и имеющие собственное значение, зигзаги затемняют всю конфигурацию длинных волн, которая занимает нас. Мы можем освободиться от этих зигзагов, применив к полученным таким образом отклонениям кривой исходных данных числа открытий от линии глобального тренда так называемый скользящий метод усреднения (по трем точкам). В результате мы имеем более гладкий контур кривой, интересующей нас (самая нижняя кривая рис. 1). Конечно, это только модель, реальное значение которой может быть оценено сравнением с верхней кривой исходной информации пятилетних сумм физических открытий. Но нетрудно видеть, что наша модель адекватна исходной кривой.

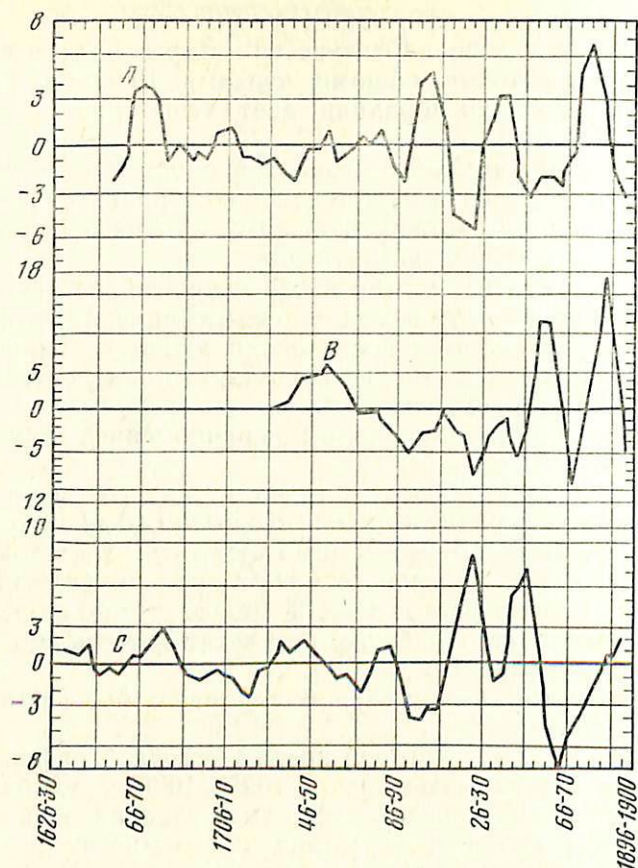


Рис. 2. А — Англия, В — Германия, С — Франция

Из-за недостатка места мы не можем представить графически все стадии аналогичной работы над исходной информацией физических открытий в Англии и Германии.

Отметим только, что линия глобального тренда для Англии (1645—1900 гг.) составлена объединением прямой (период от 1645 до 1790—1800 гг.) и параболы третьего порядка (для оставшейся части). После исключения тренда модель длинных волн скорости изменения числа физических открытий в Англии в ее окончательной форме представлена на рис. 2 (табл. 2).

Что касается Германии (серии пятилетних сумм открытий от 1600—1605 до 1900 г.), для выражения глобального тренда числа физических открытий нам удастся построить одну кривую (табл. 3).

Исключая этот тренд, мы получили модель длинных волн творческой продуктивности в развитии физики в Германии. На диаграмме 2 эта модель представлена за период времени 1726—1730 гг., когда в соответствии с ростом материала волны становятся достаточно отчетливыми.

Используя наши диаграммы, мы можем утверждать, что в темпе изменений числа физических открытий в Англии, Франции и Германии имели место (вплоть до 1900 г.) долговременные флуктуации, каждая примерно за 10 лет. Интенсивность творческой активности ученых в физике попеременно усиливалась и ослабевала в каждой из этих стран.

Таков результат статистической обработки материала, полученного из таблиц Ауэрбаха. Необходимо поставить вопрос, какова историческая достоверность этих расчетов.

Ответ зависит от степени исторической полноты исходных таблиц Ауэрбаха.

В этом отношении мы имеем некоторые, довольно определенные сомнения. Не имея возможности объяснить их здесь, мы должны ограничиться утверждением, что для устранения их мы должны были проверить данные таблиц Ауэрбаха с помощью других данных, полученных главным образом независимо от таблиц Ауэрбаха. Таким образом, мы предприняли составление других, вероятно, более полных таблиц.

В этом мы следовали примеру Ауэрбаха. Составляя свои таблицы, он использовал в качестве главного источника собрание физических открытий в «Физическом справочнике» Винкельмана, энциклопедию Поггендорфа и различные истории физики (Розенбергера, Геллера, частично также книга Дармштедтера).

В основание наших таблиц физических открытий мы, как и Ауэрбах, взяли авторитетное физическое руководство «Курс физики» О. Д. Хвольсона (тома I—V). Менее детализированный, чем собрание Винкельмана, труд Хвольсона, по общему признанию, отличается замечательной полнотой фактов и беспристрастностью в ссылке на открытия, сделанные в разных странах. Эта высокая оценка подтверждается также фактом перевода труда на немецкий и французский языки.

Однако, не будучи, как и «Справочник» Винкельмана, действительно исторической работой, «Курс» Хвольсона содержит ссылки главным образом на открытия, сделанные с середины XIX столетия. Более ранние периоды плохо представлены в его работе. Однако — опять следуя примеру Ауэрбаха — было необходимо цитировать действительные исторические источники для того, чтобы скомпановать хронологические таблицы открытий. Среди них мы прежде всего обращались к последнему изданию «Истории физики» (1926) Э. Хоппе, которое особенно подходит нам, ибо содержит необычно полное и систематическое собрание научных открытий, разделенных в хронологическом порядке, согласно основным разделам и проблемам физики. Кроме того, мы особенно использовали две книги Маха «Принципы учения о теплоте» (1923) и «Принципы физической оптики» (1921). Окончательно *после составления* таблиц на основании всех упомянутых источников мы сравнили их с источниками Ауэрбаха, взяв из последних то немногое, что можно было найти *только* в них. По нескольким причинам мы ограничили наши таблицы периодом от 1771 до 1900 г. Кроме того, мы сознательно включили в них *только* открытия в сфере физики — разделы *теплоты, света, электричества и магнетизма*.

В результате всего этого данные наших таблиц за рассматриваемый период были численно богаче, чем данные Ауэрбаха за тот же период, несмотря на то, что последние охватывают все отделы физики. Отношения между нашими таблицами и таблицами Ауэрбаха иллюстрируются следующими данными:

Число открытий за 1771—1900 гг.

Страна	Наши таблицы	Таблицы Ауэрбаха	Отношение числа открытий в наших таблицах к числу открытий у Ауэрбаха в процентах
Франция	1592	502	317
Англия	1405	566	250
Германия	2863	1273	225
Сумма	5860	2341	250

Такое резкое расхождение в деталях таблиц Ауэрбаха и наших позволяет нам думать, что, если волны творческой активности, которые мы обнаруживаем согласно данным Ауэрбаха, были бы также подтверждены нашими собственными данными, тогда эти волны должны обладать исторической реальностью.

Статистические данные, полученные на основании подсчета числа открытий за пятилетние отрезки времени в наших таблицах, были под-

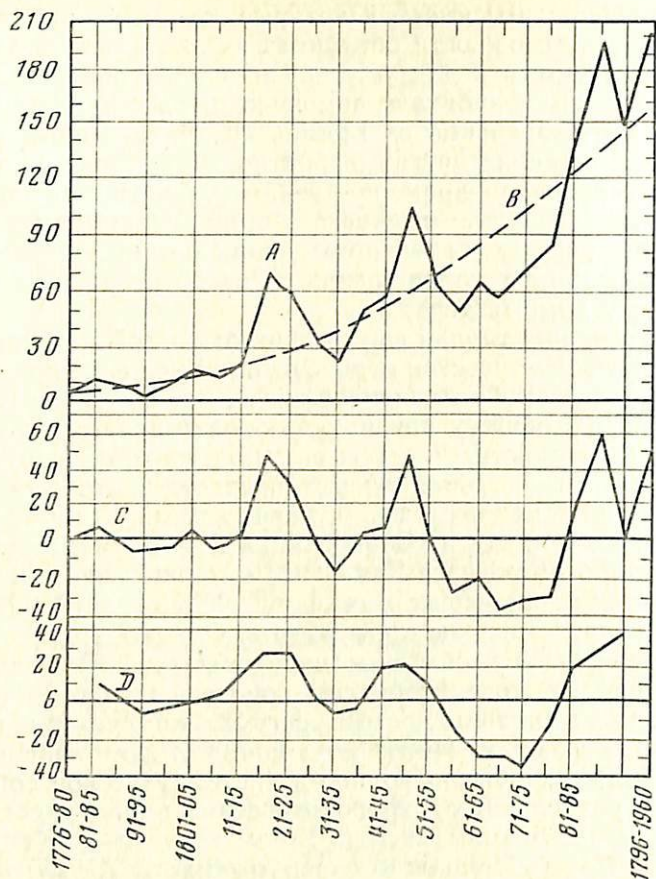


Рис. 3. *A* — исходные данные, *B* — глобальный тренд, *C* — отклонения от построенной кривой, *D* — отклонения, усредненные по трем точкам

вергнуты той же обработке, что и данные из таблиц Ауэрбаха. Например, работа, касающаяся Франции, проходила следующим образом. Располагая на кривой исходные данные пятилетних сумм, мы убеждаемся, что эта серия ясно указывает на существование больших флуктуаций в скорости изменения числа открытий. Для того чтобы сконструировать модель этих волн, сначала через всю серию была проведена линия глобального тренда. Это было нечто вроде экспоненты. Затем были взяты отклонения исходных данных от этой кривой. Сглаживая их согласно скользящему методу усреднения (по трем точкам), мы получили модель долговременных флуктуаций или длинных волн в скорости изменения числа физических открытий во Франции. Все стадии работы с материалами для этой страны представлены графически на рис. 3 и в табл. 4.

Данные по Англии и Германии были также подвергнуты аналогичной обработке. Не приводя здесь все стадии работы (табл. 5 и 6), мы ограничимся сообщением ее результатов — моделей долговременных флуктуаций творческой активности в развитии физики в Англии и Франции. На рис. 4 они представлены в сравнении с соответствующими кривыми, построенными согласно данным Ауэрбаха.

Из этого сравнения легко видеть, что волны, которые возможно обнаружить согласно таблицам Ауэрбаха, в сущности *полностью соответствуют данным, полученным из наших собственных таблиц*. А так как последние более детализированы, чем таблицы Ауэрбаха, в два-три, а то и больше раза, то невозможно думать, что динамика открытий соглас-

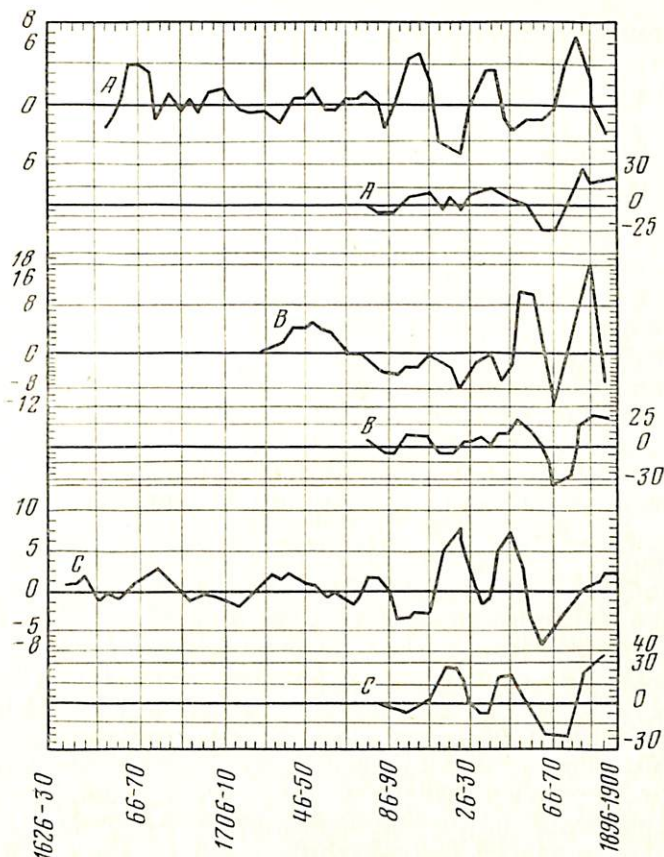


Рис. 4. А — Англия (таблица Ауэрбаха), А₁ — Англия (таблица автора), В — Германия (таблица Ауэрбаха), В₁ — Германия (таблица автора), С — Франция (таблица Ауэрбаха), С₁ — Франция (таблица автора)

по нашим таблицам, просто воспроизводит динамику, полученную из таблиц Ауэрбаха. Продолжительные флуктуации творческой активности в европейской физике недавнего времени существуют, очевидно, исторически, а не только статистически (в наших таблицах). Ниже мы выскажем свое суждение об этих флуктуациях, опираясь на графические результаты обработки данных наших детализированных таблиц.

Не имея возможности входить в описание формы и последовательности волн в отдельных странах, ограничимся некоторыми общими наблюдениями:

1. Можно утверждать, что длинные волны творческой продуктивности в каждой стране имеют период в несколько десятилетий.

2. Эти волны не периодичны в строгом смысле слова. Однако они обладают циклическим характером, под которым мы понимаем воспроизведение последовательными волнами однотипных стадий подъема и падения активности в более или менее различные интервалы времени.

3. Посредством сравнения волн может быть замечено, что волны творческой продуктивности в физике Германии и Англии почти синхронны (рис. 4).

4. Такой синхронности нет между волнами Германии и Англии, с одной стороны, и Франции, с другой. Период с 1830 по 1900 г. имеет почти те же самые характеристики во Франции, как в Германии и Англии. Но если мы продвинемся далее назад, такого соответствия уже не найдем.

5. Это нарушение синхронности легко объяснимо, если принять во внимание, что во Франции последней четверти XVIII в. и первой четверти XIX в. вся культурная жизнь находилась под сильным влиянием Великой буржуазной революции и ее последствий. Но здесь мы не имеем возможности входить в обсуждение этого вопроса и должны ограничиться просто общими замечаниями.

Заметим, кстати, что подтверждение данных Ауэрбаха нашими, более детализированными, за период 1771—1900 гг. заставляет нас отнестись с доверием к его информации и за пределами этого отрезка времени — в XVII и XVIII вв. Ясно, что длинные волны существовали в европейской физике и тогда, но, очевидно, имели характер, отличный от того, который оказался преобладающим позднее.

Вынужденные из-за недостатка места ограничить на этом экспозицию наших наблюдений над волнами с 1771 по 1900 г., мы закончим одним очень важным замечанием. Дело в том, что волны, которые мы обнаружили в скорости изменения числа физических открытий, являются феноменом, который связан с другим в социальной истории этого времени.

В экономической литературе последних десятилетий было установлено существование длинных волн в *экономической* динамике всех главных западноевропейских стран.

Все еще продолжаются споры, касающиеся вопроса, какие стороны и элементы экономической жизни отражают эти волны. Общеизвестно, что они существуют в XIX в. в каждой экономической области: в движении уровня цен на уголь, пшеницу, шерсть и другие отдельные товары. Те же самые волны твердо установлены в динамике торгового оборота (что выражается в деньгах), в движении процентных ставок, номинальной заработной платы, цены облигаций — короче, в движении так называемых индексов цен экономической динамики. Во всех этих сферах длинные волны представляют долговременные флуктуации в темпе изменения цен, зарплат, товарооборота и т. д.

Более того, можно убедиться, что между длинными волнами творческой продуктивности, которые мы обнаружили, и только что упомянутыми волнами в экономической жизни существует несомненная и легко обнаруживаемая связь².

⟨...⟩ Ограничивая этим наше рассмотрение, касающееся длинных волн творческой продуктивности в истории физики, мы теперь немного коснемся вопроса о «коротких волнах».

Мы знаем, что кривые исходных данных числа физических открытий для отдельных стран характеризуются тремя чертами. Во-первых, глобальный тренд относится к серии в целом. Во-вторых, около линии, которая выражает эту тенденцию, поднимаются и опускаются длинные волны, которые мы обнаружили в скорости изменения открытий. И наконец, эти волны (пока они не сглажены скользящим усредняющим методом) возмущены серией зигзагов.

До сих пор мы игнорировали эти зигзаги. Можно, однако, попытаться выяснить, представляют ли они развитие волнообразного характера. Для того чтобы понять это, необходимо иметь серию открытий не с пятилетними периодами, а с годовыми. Наши уточнения таблицы дали нам подобные серии (приложение). Было необходимо ограничиться периодом времени, начинающимся с 30-х годов XIX в. и даже позднее, потому что ранее этого времени годовые цифры открытий были слишком незначительны для целей статистического исследования.

Кривая на рис. 5 представляет ход изменения годового числа физических открытий в Германии. На ней ясно видна общая тенденция к

² Точнее было бы говорить о корреляции. Последующие рассуждения автора к рассматриваемой теме не имеют прямого отношения и из настоящей публикации опускаются.— *Ред.*

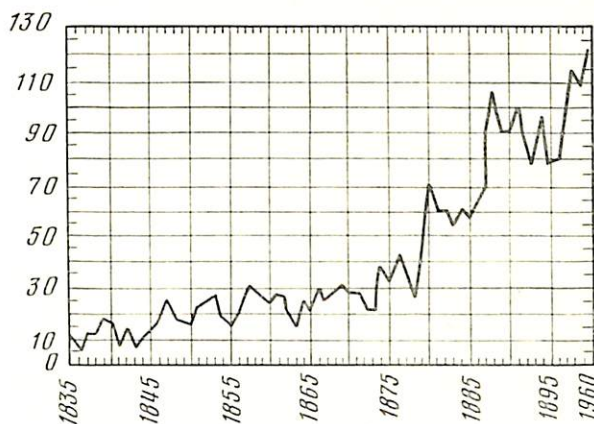


Рис. 5

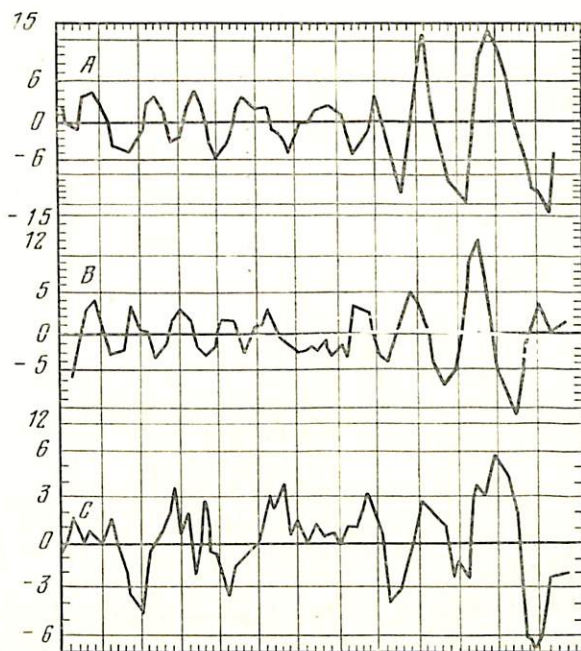


Рис. 6. А — Германия, В — Англия, С — Франция

росту. Также видны длинные флуктуации в темпе роста, которые мы уже проанализировали выше (см. выше рис. 4). И, наконец, в глаза бросаются зигзаги вдоль длинных волн. Зигзаги эти различных порядков. Самые большие из них представляют, как это ясно видно, похожие на волны образования, каждое длиной в несколько лет. Именно они и интересуют нас теперь.

Из-за недостатка места мы не можем привести данные о стадиях обработки материала (метод Пряхиной), позволивших нам получить модель этих маленьких волн. Сущность метода, используемого нами здесь, состоит в том, что с помощью метода наименьших квадратов и скользящего метода усреднения мы получаем из «сырой» серии годовых цифр открытой линии глобального тренда, затем, исключая этот тренд, получаем длинные волны; немедленно после исключения последних остаются только короткие волны, возмущенные малыми зигзагами, которые были сглажены применением скользящего усреднения (табл. 7).

Таким образом, мы получили модели коротких волн для наших трех стран (табл. 8 и 9).

Длина волн изменяется в пределах 5—9 годов (считая от максимума до минимума), а в среднем равна 7—8 годам.

Волны такого рода существуют не только в изменении творческой продуктивности в сфере физики. Они давно и хорошо известны в экономике.

Мы отмечаем, что в качестве «волны» мы условно берем в истории физики, здесь и выше, расстояние от минимума до минимума. И точно так же в экономике мы считаем за одну волну полный процесс изменения в темпе экономической жизни, от депрессии до депрессии, т. е. от одного минимума до другого.

Сравнение ниже показывает, что для Англии, например, между короткими волнами в развитии физики и в развитии экономической жизни существует достаточно удовлетворительная *синхронность* и *прямое* соответствие.

Англия (короткие волны)	
Физика годы	Экономическая жизнь [6,7] годы
1. 1836—1841	1. 1833—42
2. 1842—47	2. 1843—49
3. 1848—53	3. 1849—55
4. 1854—58 (59?)	4. 1856—58
5. 1859—69	5. 1859—68
6. 1870—76	6. 1869—79
7. 1877—83	7. 1879—86
8. 1884—92	8. 1886—95

Мы не приводим данные такого же соответствия для Германии и Франции. Согласно условиям нашей информации о коротких волнах в экономической жизни этих стран, соответствие здесь может быть показано только с помощью определенных толкований и анализов, которые из-за недостатка места мы не можем привести. Однако относительно существования подобного соответствия в этих странах нет сомнения.

Мы желаем заметить, что не обладаем достаточными данными для объяснения этого соответствия и рассматриваем его как факт, все еще нуждающийся в освещении.

Длинные и короткие волны, открытые нами в темпах изменения творческой продуктивности западноевропейской физики, получают полное освещение, только если нам удастся найти их также в развитии других родственных наук (особенно химии) и показать их связь с эволюцией техники. Автор продолжает свою работу в этом направлении.

Перевод В. Н. Катасонова

Литература

1. *Слуцкий Е.* Суммирование случайных величин как источник циклических процессов.— В кн.: Проблемы экономических условий, 3, I. М., 1927.
2. *Слуцкий Е.* Sur un théorème limite relatif des quantités éventuelles.— *Comptes Rendus*, 1927, t. 185.
3. *Klein F.* Vorlesungen über die Entwicklung der Mathematik in 19 Jahrhundert, I. 1926.
4. *Fabry Ch.* Histoire de la Physique. Histoire de la nation Française, dirigée par Hano-taux, 1924, t. 14.
5. *Mills.* Statistical Methods, 1924.
6. *Mitchell.* Business cycles, 1927.
7. *Mitchell.* Business annals, 1926.

Франция
Число физических открытий (5-годовые суммы) (таблицы Ауэрбаха)

Таблица 1

Годы	Исходные данные	Полученные данные	Отклонения от полученных данных	Отклонения, усредненные по трем точкам	Годы	Исходные данные	Полученные данные	Отклонения от полученных данных	Отклонения, усредненные по трем точкам
1626—30	1	2,04	-1,0		66—70	4	4,66	-0,7	-1,4
31—35	1	2,09	-1,1	0,6	71—75	3	5,79	-2,8	-1,9
36—40	6	2,15	3,8	0,5	76—80	5	7,05	-2,1	1,2
41—45	1	2,20	-1,2	1,1	81—85	17	8,42	8,6	1,5
46—50	3	2,25	0,7	-0,9	86—90	8	9,88	-1,9	-0,2
51—55	0	2,31	-2,3	-0,3	91—95	4	11,40	-7,4	-4,4
56—60	3	2,36	0,6	-0,7	96—1800	9	12,96	-4,0	-4,3
61—65	2	2,41	-0,4	0,2	1801—05	13	14,54	-1,5	-3,5
66—70	3	2,47	0,5	0,5	06—10	11	16,12	-5,1	-3,1
71—75	4	2,52	1,5	1,5	11—15	15	17,66	-2,7	1,7
76—80	5	2,57	2,4	2,4	16—20	32	19,16	12,8	5,5
81—85	6	2,63	3,4	1,0	21—25	27	20,58	6,4	8,1
86—90	0	2,68	-0,3	26,30	27	27	21,9	5,1	1,8
91—95	1	2,73	-1,7	-1,4	31—35	17	23,11	-6,1	-1,1
96—1700	3	2,79	0,2	-0,8	36—40	22	24,18	-2,2	-0,5
1701—05	2	2,84	-0,8	-0,5	41—45	32	25,07	6,9	5,0
06—10	2	2,89	-0,9	-1,2	46—50	36	25,78	10,2	7,6
11—15	1	2,95	-2,0	-2,0	51—55	32	26,28	5,7	2,1
16—20	0	3,00	-3,0	-2,4	56—60	17	26,54	-9,5	-4,5
21—25	1	3,05	-2,1	-0,7	61—65	17	26,55	-9,6	-7,5
26—30	6	3,10	2,9	-0,1	66—70	23	26,28	-3,3	-5,2
31—35	2	3,16	-1,2	1,5	71—75	23	25,70	-2,7	-3,6
36—40	6	3,21	2,8	0,8	76—80	20	24,79	-4,8	-2,0
41—45	4	3,26	0,7	1,7	81—85	25	23,54	1,5	0,3
46—50	5	3,32	1,7	0,7	86—90	26	21,92	4,1	0,9
51—55	3	3,37	-0,4	0,0	91—95	17	19,90	-2,9	2,2
56—60	2	3,42	-1,4	-0,8	96—1900	23	17,46	5,5	
61—65	3	3,68	-0,7	-0,9					

Англия
Число физических открытий (5-годовые суммы) (таблицы Ауэрбаха)

Таблица 2

Годы	Исходные данные	Полученные данные	Отклонения от полученных данных	Отклонения, усредненные по трем точкам	Годы	Исходные данные	Полученные данные	Отклонения от полученных данных	Отклонения, усредненные по трем точкам
1646—50	0	2,90	-2,9		76—80	5	4,89	0,1	0,9
51—55	0	2,96	-3,0	-2,3	81—85	6	5,78	0,2	-0,5
56—60	2	3,02	-1,0	-0,4	86—90	5	6,93	-1,9	-2,0
61—65	6	3,08	2,9	3,6	91—95	4	8,30	-4,3	1,0
66—70	12	3,15	8,8	3,8	96—1800	19	9,85	9,1	4,4
71—75	3	3,21	-0,2	2,8	1801—05	20	11,56	8,4	3,0
76—80	3	3,27	-0,3	-0,9	06—10	11	13,38	-2,4	1,6
81—85	1	3,33	-2,3	0,3	11—15	14	15,30	-1,3	-4,3
86—90	7	3,40	3,6	-0,7	16—20	8	17,26	-9,3	-4,6
91—95	0	3,46	-3,5	-0,5	21—25	16	19,24	-3,2	-5,2
96—1700	2	3,52	-1,5	-0,9	26—30	18	21,20	-3,2	0,5
1701—05	6	3,58	2,4	0,8	31—35	31	23,12	7,9	3,2
06—10	5	3,64	1,4	1,4	36—40	30	24,96	5,0	3,4
11—15	4	3,71	0,3	-0,4	41—45	24	26,68	-2,7	-1,3
16—20	1	3,77	-2,8	-0,8	46—50	22	28,25	-6,3	-3,2
21—25	4	3,83	0,2	-1,2	51—55	29	29,64	-0,6	-1,9
26—30	3	3,89	-0,9	-0,9	56—60	32	30,82	1,2	-1,7
31—35	2	3,96	-2,0	-1,6	61—65	26	31,74	-5,7	-2,0
36—40	2	4,02	-2,0	-2,0	66—70	31	32,39	-1,4	-0,3
41—45	2	4,08	-2,1	-0,1	71—75	39	32,71	6,3	4,1
46—50	8	4,14	3,9	-0,1	76—80	40	32,69	7,3	6,8
51—55	2	4,20	-2,2	0,8	81—85	39	32,29	6,7	3,5
56—60	5	4,27	0,7	0,6	86—90	28	31,46	-3,5	-1,3
61—65	4	4,33	-0,3	-0,3	91—95	23	30,19	-7,2	-3,4
56—70	3	4,39	-1,4	0,3	96—1900	29	28,44	0,6	
71—75	7	4,45	2,5	0,4					

Германия

Число физических открытий (5-годовые суммы) (таблицы Ауэрбаха)

Годы	Исходные данные	Полученные данные	Отклонения от полученных данных	Отклонения, усредненные по трем точкам	Годы	Исходные данные	Полученные данные	Отклонения от полученных данных	Отклонения, усредненные по трем точкам
1721—25	0	0,2	-0,2		11—15	14	13,5	0,5	-2,3
26—30	1	0,3	0,7	0,0	16—20	12	16,2	-4,2	-3,3
31—35	0	0,4	-0,4	0,9	21—25	13	19,2	-6,2	-7,7
36—40	3	0,5	2,5	2,4	26—30	10	22,6	-12,6	-4,2
41—45	6	0,8	5,6	4,2	31—35	33	26,8	6,2	-1,6
46—50	6	1,0	5,0	4,3	36—40	33	31,5	1,5	-0,7
51—55	4	1,3	2,7	5,4	41—45	27	36,9	-9,9	-6,2
56—60	10	1,6	8,4	4,1	46—50	33	43,1	-10,1	-0,7
61—65	3	1,8	1,2	2,7	51—55	68	50,2	17,8	11,5
66—70	1	2,5	-1,5	-0,2	56—60	85	58,2	26,8	11,1
71—75	3	3,2	-0,2	0,1	61—65	56	67,4	-11,4	3,8
76—80	6	3,9	2,1	-0,9	66—70	74	77,9	-3,9	-10,3
81—85	0	4,6	-4,6	-2,3	71—75	74	89,7	-15,7	-2,9
86—90	1	5,3	-4,3	-4,5	76—80	114	103,1	10,9	6,3
91—95	2	6,7	-4,7	-5,0	81—85	142	118,2	23,8	16,8
96—1800	2	8,0	-6,0	-3,0	86—90	151	135,3	15,7	-6,7
1801—05	11	9,4	1,6	-2,6	91—95	135	154,4	-19,4	-4,5
06—10	8	11,3	-3,3	-0,4	96—1900	166	175,8	-9,8	

$$y = ax^n; n = 7,9255 = 8.$$

Франция

Число физических открытий (5-годовые суммы), теплота, свет, электричество и магнетизм (таблицы автора) I

Годы	Исходные данные	Полученные данные	Отклонения от полученной кривой	Отклонения, усредненные по трем точкам
1776—80	5	4,7	0,3	
81—85	10	5,9	4,1	1,4
86—90	7	7,3	-0,3	-0,7
91—95	3	9,0	-6,0	-3,5
96—00	7	11,1	-4,1	-2,5
1801—05	16	13,5	2,5	-1,3
06—10	14	16,3	-2,3	0,9
11—15	22	19,6	2,4	15,2
16—20	69	23,4	45,6	25,8
21—25	57	27,7	29,3	25,4
26—30	34	32,7	1,3	4,5
31—35	21	38,2	-17,2	-4,1
36—40	48	44,4	3,6	-2,0
41—45	59	51,3	7,7	9,8
46—50	107	58,8	48,2	19,3
51—55	69	67,0	2,0	7,5
56—60	48	75,8	-27,8	-15,0
61—65	66	85,3	-19,3	-28,1
66—70	58	95,2	-37,2	-29,4
71—75	74	105,7	-31,7	-32,5
76—80	88	116,5	-28,5	-12,6
81—85	150	127,6	22,4	18,0
86—90	199	138,9	60,1	28,8
91—95	154	150,1	3,9	36,3
96—1900	206	161,1	44,9	

$$y = 10f(x); f(x) = 1,647302 + 0,063846173x - 0,0014327009x^2.$$

Число физических открытий (5-годовые суммы), теплота, свет, электричество
и магнетизм (таблицы автора)

Годы	Исходные данные	Полученные данные	Отклонения от полученной кривой	Отклонения, усредненные по трем точкам
1771—75	11	10,0	1,0	
76—80	17	10,8	6,2	0,8
81—85	7	11,7	-4,7	-0,8
86—90	9	12,8	-3,8	-4,5
91—95	9	13,9	-4,9	-2,3
96—1800	17	15,2	1,8	4,0
1801—05	32	16,7	15,2	5,2
06—10	17	18,3	-1,3	5,2
11—15	22	20,2	1,8	-1,6
16—20	17	22,4	-5,4	1,2
21—25	32	24,8	7,2	-1,3
26—30	22	27,7	-5,7	6,2
31—35	48	30,9	17,1	9,3
36—40	51	31,6	16,4	14,2
41—45	48	38,9	9,1	8,9
46—50	45	43,9	1,1	2,9
51—55	48	49,6	-1,6	-1,9
56—60	51	56,3	-5,3	-11,6
61—65	36	64,0	-28,0	-24,5
66—70	33	73,1	-40,1	-23,3
71—75	82	83,7	-1,7	-6,0
76—80	120	96,1	23,9	11,8
81—85	124	110,7	13,3	29,8
86—90	180	127,9	52,1	19,4
91—95	141	148,3	-7,3	19,5
96—1900	186	172,4	13,6	

$$y = 10f(x); f(x) = 1,5144727 + 0,02470125x + 0,00016730082x^2.$$

Германия

Таблица 6

Число физических открытий (5-годовые суммы), теплота, свет, электричество
и магнетизм (таблицы автора)

Годы	Исходные данные	Полученные данные	Отклонения от полученной кривой	Отклонения, усредненные по трем точкам
1771—75	3	3,1	-0,1	
76—80	11	3,8	7,2	1,2
81—85	1	4,6	-3,6	-0,7
86—90	0	5,7	-5,7	-3,1
91—95	7	7,0	0,0	-0,1
96—1800	14	8,6	5,4	6,9
1801—05	26	10,6	15,4	6,3
06—10	11	13,0	-2,0	4,2
11—15	15	15,9	-0,9	-3,5
16—20	12	19,6	-7,6	-3,5
21—25	22	24,1	-2,1	-2,4
26—30	32	29,6	2,4	-1,4
31—35	32	36,4	-4,4	3,8
36—40	58	44,7	13,3	1,3
41—45	50	54,9	-4,9	9,6
46—50	88	67,5	20,5	11,2
51—55	101	82,9	18,1	19,6
56—60	122	101,9	20,1	7,3
61—65	109	125,2	-16,2	-4,7
66—70	136	153,9	-17,9	-29,1
71—75	136	189,2	-53,2	-30,2
76—80	213	232,5	-19,5	-24,2
81—85	286	285,8	0,2	16,2
86—90	419	351,2	67,8	23,5
91—95	443	431,6	2,4	21,6
96—1900	525	530,4	-5,4	

$$y = 10f(x); f(x) = 1,605306 + 0,044773x.$$

Число физических открытий (годовые суммы) теплота, свет, электричество
и магнетизм (таблицы автора)

Годы	Исходные данные	Полученные данные	Отклонения от полученных данных	Длинные волны	Отклонения от длинных волн	Короткие волны
1835	10	7,9	2,1	0,6	1,5	-2,5
36	4	8,2	-4,2	1,0	-5,2	-0,8
37	12	8,6	3,4	1,4	2,0	-1,2
38	11	8,9	2,1	1,5	0,6	3,9
39	17	9,3	7,7	1,5	6,2	4,3
1840	14	9,7	4,3	1,5	2,8	2,2
41	8	10,1	-2,1	1,8	-3,9	-0,3
42	13	10,5	2,5	1,9	0,6	-4,2
43	7	11,0	-4,0	2,1	-6,1	-4,2
44	10	11,4	-1,4	2,3	-3,7	-5,4
1845	12	11,9	0,1	2,4	-2,3	-2,2
46	16	12,4	3,6	2,7	0,9	2,6
47	24	13,0	11,0	3,5	7,5	3,5
48	17	13,5	3,5	4,2	-0,7	1,8
49	16	14,1	1,9	4,6	-2,7	-3,5
1850	15	14,7	0,3	4,6	-4,3	-2,5
51	21	15,3	5,7	4,5	1,2	0,4
52	24	15,9	8,1	4,2	3,9	4,7
53	26	16,6	9,4	4,1	5,3	2,2
54	17	17,3	-0,3	3,9	-4,2	-2,8
1855	13	18,0	-5,0	4,0	-9,0	-6,4
56	18	18,8	-0,8	3,9	-4,6	-3,8
57	26	19,6	6,4	3,3	3,1	1,6
58	29	20,4	8,4	2,6	6,0	4,0
59	25	21,2	3,8	1,9	1,9	3,1
1860	24	22,1	1,9	1,1	0,8	1,9
61	26	23,1	2,9	0,1	2,8	2,3
62	26	24,0	2,0	-0,6	2,6	-1,4
63	14	25,0	-11,0	-1,6	-9,4	-2,7
64	23	26,1	-3,1	-2,5	-0,6	-5,0
1865	20	27,2	-7,2	-3,4	-3,8	-0,2
66	28	28,4	-0,4	-4,1	3,7	-0,1
1867	24	29,5	-5,5	-5,2	-0,3	1,9
68	27	30,8	-3,8	-5,9	2,1	2,3
69	30	32,1	-2,1	-6,7	4,6	2,8
1870	27	33,4	-6,4	-7,4	1,0	2,1
71	27	34,8	-7,8	-7,9	0,1	-1,6
72	22	36,3	-14,3	-8,6	-5,7	-5,1
73	20	37,8	-17,8	-9,3	-8,5	-3,0
74	36	39,4	-3,4	-9,2	-5,8	-1,5
1875	31	41,1	-10,1	-8,7	-1,4	4,5
76	41	42,8	-1,8	-7,5	5,7	-0,8
77	36	44,6	-8,6	-6,0	-2,6	-6,4
78	25	46,5	-21,5	-4,1	-16,4	-10,8
79	41	48,5	-7,5	-3,1	-4,4	0,1
1880	70	50,5	19,5	-2,2	21,7	10,2
81	58	52,6	5,4	-1,4	6,8	13,2
82	58	54,8	3,2	0,6	2,6	1,2
83	53	57,2	-4,2	2,4	-6,6	-3,4
84	60	59,6	0,4	4,4	-4,0	-9,5
1885	57	62,1	-5,1	6,9	-12,0	-11,7
86	62	64,7	-2,7	8,8	-11,5	-12,5
87	71	67,4	3,6	9,4	-5,8	2,5
88	104	70,2	33,8	10,4	23,4	10,9
89	92	73,2	18,8	10,6	8,2	15,0
1890	90	76,3	13,7	9,8	3,9	10,9
91	101	79,5	21,5	7,9	13,6	5,9
92	85	82,8	2,2	5,8	-3,6	-1,5
93	76	86,3	-10,3	3,2	-13,5	-5,0
94	96	90,0	6,0	0,6	5,4	-10,3
1895	76	93,7	-17,7	-1,3	-16,4	-11,7
96	79	97,7	-18,7	-2,0	-16,7	-14,9
97	99	101,8	-2,8	-0,8	-2,0	-4,8
98	114	106,1	7,9	0,5	7,4	
99	107	110,6	-3,6			
1900	126	115,2	10,8			

Кривая глобального тренда. См. табл. 6.

Англия
 Число физических открытий (годовые суммы) теплота, свет, электричество
 и магнетизм (таблицы автора)

Таблица 8

Годы	Исходные данные	Полученные данные	Отклонения от полученных данных	Длинные волны	Отклонения от длинных волн	Короткие волны
1835	4	6,5	-2,5	3,8	6,3	
36	4	6,6	2,6	3,6	-6,2	-5,8
37	8	6,8	1,2	3,0	-1,8	-1,5
38	14	6,9	7,1	2,8	4,3	2,8
39	14	7,1	6,9	2,6	4,3	4,0
1840	11	7,3	3,7	2,5	1,2	0,2
41	5	7,4	-2,4	2,4	-4,8	-3,1
42	6	7,6	-1,6	2,3	-3,9	-2,7
43	12	7,8	4,2	2,1	2,1	-2,4
44	6	8,0	-2,0	1,7	-3,7	-3,2
1845	19	8,2	10,8	1,5	9,3	0,7
46	6	8,4	-2,4	1,5	-3,9	0,1
47	5	8,6	-3,6	1,6	-5,2	-3,8
48	10	8,8	1,2	1,4	-0,2	-1,5
49	12	9,0	3,0	1,2	1,8	1,5
1850	12	9,2	2,8	0,9	1,9	2,7
51	13	9,4	3,6	0,7	2,9	1,9
52	10	9,7	0,3	0,3	0	-0,5
53	6	9,9	-3,9	0,2	-4,1	-2,6
54	8	10,2	-2,2	-0,1	-2,1	-2,1
1855	11	10,4	0,6	-0,6	1,2	1,8
56	15	10,7	4,3	-1,0	5,3	1,6
57	7	11,0	-4,0	-1,4	-2,6	1,3
58	5	11,5	-6,5	-2,4	-4,1	0,6
59	5	11,5	-6,5	-2,4	-4,1	0,6
1860	14	11,8	2,2	-3,0	5,2	1,1
61	10	12,2	-2,2	-3,8	1,6	3,2
62	9	12,5	-3,5	-4,6	1,1	0,5
63	6	12,5	-6,8	-5,3	-1,5	-1,0
64	5	13,1	-8,1	-6,0	-2,1	-1,8
1865	6	13,5	-7,5	-6,5	-1,0	-2,1
66	5	13,9	-8,9	-6,8	-2,1	-1,8
1867	6	14,2	-8,2	-6,7	-1,5	-2,0
68	7	14,6	-7,6	-6,4	-1,2	-0,9
69	10	15,0	-5,0	-5,6	0,6	-2,6
1870	5	15,4	-10,4	-4,7	-5,7	-1,7
71	13	15,8	-2,8	-3,7	0,9	-2,6
72	12	16,3	-4,3	-2,7	-1,6	3,3
73	24	16,7	7,3	-1,6	8,9	3,1
74	17	17,2	-0,2	-0,3	0,1	2,6
1875	16	17,7	-1,7	1,1	-2,8	-2,8
76	16	18,2	-2,2	2,1	-4,3	-3,6
77	20	18,7	1,3	2,8	-1,5	-0,1
78	28	19,2	8,8	3,2	5,6	2,3
79	25	19,8	5,2	3,5	1,7	5,8
1880	31	20,3	10,7	4,0	6,7	3,1
81	25	20,9	4,1	4,9	-0,8	0,4
82	23	21,5	1,5	5,9	-4,4	-4,8
83	22	22,1	-0,1	6,6	-6,7	-6,4
84	25	22,8	2,2	7,1	-4,9	-5,3
1885	29	23,5	5,5	7,0	-1,5	1,6
86	41	24,1	16,9	6,6	10,3	9,7
87	46	24,9	21,1	5,8	15,3	12,0
88	35	25,6	9,4	5,3	4,1	7,5
89	30	26,3	3,7	4,5	-0,8	0,2
1890	28	27,1	0,9	3,5	-2,6	-5,6
91	20	27,9	-7,9	2,5	-10,4	-7,6
92	25	28,8	-3,8	1,7	-5,5	-10,4
93	21	29,7	-8,7	0,9	-9,6	-2,9
94	39	30,6	8,4	0,5	7,9	0,7
1895	36	31,5	4,5	1,1	3,4	4,2
96	33	32,5	0,5	1,6	-1,1	1,5
97	37	33,4	3,6	2,2	1,4	0
98	37	34,5	2,5	2,8	-0,3	0,6
99	39	35,6	3,4	3,0	0,4	
1900						

Кривая глобального тренда. См. табл. 5.

Число физических открытий (годовые суммы) теплота, свет, электричество и магнетизм (таблицы автора)

Годы	Исходные данные	Полученные данные	Отклонения от полученных данных	Длинные волны	Отклонения от длинных волн	Короткие волны
1835	9	8,1	0,9	-1,8	2,7	-0,3
36	6	8,3	-2,3	-1,1	-1,2	1,2
37	11	8,6	2,4	-0,2	2,6	0,6
38	10	8,9	1,2	0,5	0,6	0
39	7	9,1	-2,1	1,2	-3,3	0,1
1840	14	9,4	4,6	1,7	2,9	-0,1
41	12	9,7	2,3	2,2	0,1	1,6
42	15	9,9	5,1	2,8	-2,3	-0,1
43	11	10,3	0,7	3,4	-2,7	-1,6
44	10	10,5	-0,5	4,6	-5,1	-3,9
1845	11	10,8	0,2	5,5	-5,3	-4,7
46	12	11,1	0,9	6,3	-5,4	-1,2
47	25	11,4	13,6	6,8	6,8	-0,1
48	18	11,8	6,2	7,8	-1,6	1,1
49	18	12,1	5,9	7,6	-1,7	3,3
1850	34	12,4	21,6	7,2	14,4	0,8
51	9	12,7	-3,7	6,2	-9,9	2,0
52	20	13,1	6,9	4,9	2,0	-2,3
53	16	13,4	2,6	2,5	0,1	2,4
54	20	13,7	6,3	0,4	5,9	-0,8
1855	4	14,1	-10,1	-1,5	-8,6	-1,3
56	10	14,1	-4,4	-2,8	-1,6	-3,8
57	8	14,8	-6,8	-4,2	-2,6	-1,7
58	9	15,2	-6,2	-4,7	-1,5	-1,2
59	10	15,5	-5,5	-5,3	-0,2	-0,4
1860	11	15,9	4,9	5,5	0,6	0,3
61	11	16,3	-5,3	-5,8	0,5	3,0
62	20	16,7	3,3	-5,7	9,0	-2,5
63	10	17,1	-7,1	-5,9	-1,2	3,5
64	15	17,4	-2,4	-6,2	3,8	0,5
1865	10	17,8	-7,8	-6,8	-1,0	1,2
66	12	18,2	-6,2	-7,3	1,1	0,1
67	11	18,6	-7,6	-7,9	0,3	1,1
68	13	19,0	-6,0	-8,1	2,1	0,5
69	10	19,0	-9,5	-8,5	-1,0	0,6
1870	12	19,9	-7,9	-8,6	0,7	0,1
71	12	20,3	-8,3	-8,8	0,5	1,2
72	15	20,7	-5,7	-8,7	3,0	1,2
73	13	21,1	-8,1	-8,7	0,6	3,1
74	20	21,6	-1,6	-8,5	6,9	2,1
1875	14	22,0	-8,0	-7,6	-0,4	0,5
76	11	22,4	-11,4	-6,3	-5,1	-3,3
77	12	22,9	-10,9	-5,2	-5,7	-3,1
78	20	23,3	-3,3	-3,6	0,3	-1,5
79	22	23,7	-1,7	-2,1	0,4	-0,1
1880	23	24,2	-1,2	-0,2	-1,0	2,8
81	36	24,6	1,4	1,1	10,3	2,5
82	27	25,1	1,9	2,8	-0,9	1,7
83	26	25,5	0,5	4,3	-3,8	1,2
84	40	25,9	15,1	5,6	8,5	-2,1
1885	21	26,4	-5,4	6,6	-12,5	1,2
86	42	26,8	15,2	7,6	7,6	-2,2
87	32	27,3	4,7	7,9	-3,2	3,8
88	44	27,7	16,3	7,7	8,6	3,3
89	41	28,2	12,8	7,2	5,6	5,7
1890	40	28,6	11,4	6,5	4,9	5,0
91	41	29,1	11,9	5,5	6,4	3,4
92	34	29,5	4,5	4,5	0	0,6
93	29	30,0	-1,0	3,7	-4,7	-6,1
94	18	30,4	-12,4	3,6	-16,0	-6,8
1895	32	30,9	1,1	3,5	-2,4	-6,0
96	34	31,3	2,7	4,5	-1,8	-2,1
97	35	31,7	3,3	6,3	-3,0	-2,0
98	39	32,2	6,8	9,0	-2,2	-2,0
99	43	32,6	10,4	12,2	-1,8	
1900	55	33,0	22,0			

Кривая глобального тренда. См. табл. 4.