**"Магнетизм вращения" Франсуа Араго**

Хасапов Борис

Стремясь ревностно к открытиям, он был осторожен в своих выводах и больше всего любил прокладывать новые пути, по которым можно было прийти к установлению тождества причин разнородных явлений. Расширяя для ученых пределы знания, он обладал удивительным даром распространять вокруг себя приобретенные им знания. Таким образом, ему были доступны все виды влияния, и авторитет его имени не уступал его популярности.

А. Гумбольдт о Ф.Д. Араго

Имя французского ученого Франсуа Доминика Араго (26.02.1786 – 2.10. 1853) когда-то было весьма популярным в России. «Пушкин изучал Араго», – замечает в одной из черновых записей поэт В. Брюсов. «Все физические статьи Араго читаю я с любопытством», – пишет из Сибири декабрист С.П. Трубецкой. В домашней библиотеке симбирского дома-музея Ульяновых можно и сейчас видеть книгу с грозным названием «Гром и молния», посвященную атмосферному электричеству. Между прочим, об этой книге в современной монографии «Проблема шаровой молнии» написано буквально следующее: «к этой книге мы будем неоднократно обращаться, ибо, хотя она и была издана в середине прошлого /ХIХ – Б.Х./ века, собранные описания шаровой молнии до сих пор не потеряли своей ценности и хорошо дополняют современные наблюдения» [1].

**Штрихи к биографии ученого**

Первые попытки написания биографии Араго для российского читателя предпринял профессор Московского университета Д.М. Перевощиков в 1853 г. при подготовке некролога. Статья «Франсуа Доминик Араго и его ученые труды» появилась одновременно в «Современнике» и «Отечественных записках».

Впрочем, через несколько лет в Санкт-Петербурге в переводе на русский язык выходит трехтомник самого Араго под заголовком: «Биографии знаменитых астрономов, физиков и геометров» [2]. Здесь среди жизнеописаний плеяды ученых первой величины (Ампера, Гумбольдта, Френеля и др.) помещена и скромная автобиография автора сочинения. Книга эта, пожалуй, наиболее часто цитируемый многими историками науки первоисточник. Дело в том, что Ф.Д. Араго с 1830 г. был непременным секретарем Парижской Академии наук и лично знал почти всех ученых того времени. Его учителями были П. Лаплас и Г. Монж. В одной лаборатории совместно с Ампером и Гей-Люссаком он проводил эксперименты, сотрудничал с Био. Так что судить о выдающихся современниках он мог самостоятельно, не заручаясь другими авторитетами. И в этом ряду его автобиография кажется несколько странноватой. Вот что отмечает наш современник, писатель Даниил Гранин.

«На первый взгляд, автобиография Араго написана не ученым. То есть там ученый и его научные занятия – предлог, чтобы поведать удивительную, презабавнейшую одиссею одного молодого человека наполеоновских времен. О самих исследованиях – вскользь, без всякой увлеченности, не в этом главное...» [3].

Действительно, опираясь на автобиографию Араго, можно написать остросюжетную приключенческую повесть. Причем не надо придумывать особо зытались убить или отравить. Вряд ли кому-нибудь из ученых, кроме Араго, приходилось читать в газете подробное описание собственной казни через повешение, сидя в это время в тюрьме. Интересно, что побег из тюрьмы заканчивается не свободой, а пленением ... пиратами. И снова побег.

Он в молодости дерзил Наполеону, а к концу жизни отказался присягать очередному королю Франции Луи Бонапарту, хотя наверняка знал, что за подобное великий Гальвани в старости оказался в нищете.

Так что биографию Ф.Д. Араго вкратце не расскажешь. Да в нашу задачу это и не входит. Наша цель – определение вклада различных ученых в развитие электротехники, науки, в корне изменившей условия существования человеческого сообщества. Внес свой вклад и Араго. Однако мы обязаны посвятить несколько строк и тем страницам биографии Араго, которые повлияли на развитие не только электричества, но и мировой науки в целом.

Есть такие науки, которые лежат в основании фундамента других наук: математика, логика, метрология... Если влияние первых двух неоспоримо, то метрологию в этом ряду непосвященным видеть как-то странно. Вспомним изречение Д.И. Менделеева о том, что наука начинается только тогда, когда начинаются измерения. И это для всех наук. А метрология и есть наука об измерениях. Именно Ф.Д. Араго и посчастливилось стоять у истоков современных систем измерений.

Сам же Араго мечтал быть армейским офицером. Во времена его юности многим французам кружили головы подвиги молодого Бонапарта. Но судьба сложилась иначе, и выпускник Политехнической школы в Париже в 1806 г. едет на юг Европы, чтобы продолжить работы по измерению длины... Парижского меридиана.

Казалось бы, это далекая от жизни работа, непонятно кому нужная и совсем неуместная в годы Великих французских потрясений, когда противостоящие друг другу классы не успевали рубить противникам головы и для упорядочения этого процесса изобрели гильотину. Но нет! Измерения Парижского меридиана стояли у истоков революции гораздо более великой, чем Великая французская и Великая октябрьская в России. Это революция в системах измерений.

Классиками в литературе и науке становятся тогда, когда высказывания писателя или ученого через десятилетия начинают считаться фольклором. Это один из крылатых афоризмов, являющийся ныне научным фольклором и известный каждому мало-мальски грамотному человеку. Однако мы приведем его в том виде, в каком записал его Т.П. Кравец, выдающийся советский физик и историк науки.

«Если я не ошибаюсь, Араго где-то сказал, что всякое научное открытие вначале проходит через три фазы: в первой отрицается его истинность; во второй доказывают его невозможность, так как оно противоречит религии и нравственности; наконец, в третьей полагают, что всем всегда это было известно» (15). В этой фразе читателя могут насторожить слова «если не ошибаюсь» и «где-то». Думается, что Т.П. Кравец, ученый-физик и щепетильный в делах истории науки специалист, не знал точно, из к на своего учителя-астронома В.К. Церасского (1849 – 1925), одного из популярнейших профессоров Московского университета. «Это от него я услышал в первый раз изречение Араго о трех стадиях в отношении к новым научным истинам», — записал Т.П. Кравец.

Трудно даже представить, чтобы такой учитель из-за каких-то меркантильных соображений вводил в заблуждение своих учеников.

**Метрология – наука наук**

Начнем с цитат. «Для разрыва медной проволоки, диаметр которой составляет 1/10 дюйма – рейнского фута, разделенного на 12 равных частей, или 1 и 19/120 линии королевского парижского фута, требуется 299 и 1/4 амстердамских фунтов, каковой фунт равен парижскому». Это из диссертации

М.В. Ломоносова, написанной в 1749 г. [4]. Не очень понятно для современного читателя, хотя речь идет всего-навсего о величине какого-то груза, который разрывает медную проволоку такого-то диаметра.

А вот цитата о работах ученого, блиставшего через сто лет после Ломоносова: «Каких только размеров не встречается у Фарадея! Провода имеют диаметр 1/600, 1/202, 1/18 дюйма и т. д. до бесконечности. Десятичные дроби «не в моде». Мили, ярды, футы, дюймы, линии... фунты, унции, граны, пинты – страшно подумать, сколько времени гениальный естествоиспытатель должен был тратить на совершенно ненужные умножения и деления» [5].

Но ненужные умножения и деления не самое главное. В закон Кулона, например, входят единицы длины и единицы сил. Так как же его проверить или сообщить результат, чтобы он был понятен, допустим, немецкому ученому, если расстояния мерить в английских дюймах, а силы – в парижских фунтах?

Впрочем, в XVIII веке дело было уже не только в науке. Пережитки средневековья в области мер проявлялись, когда каждый город, а не только страны, каждое графство и княжество имели свои системы мер. К примеру, для измерения длины тканей (именно только тканей) на севере Франции употреблялась мера под названием «он», на юге Франции она же называлась «кон», но под этими двумя названиями в различных местностях одного государства обращалось свыше десятка (!) различных единиц длины, повторяем, для измерения только тканей [6]. Что же говорить о Германии, на территории которой тогда «размещалось» более трехсот государств-карликов!

Такое положение тормозило развитие общества, поэтому в 1789 г. торгово-промышленные круги Франции обратились к своему правительству с петицией об установлении единых для всей страны мер. По решению Национального собрания Франции была создана специальная комиссия под председательством П. Лапласа.

Но ученые, на то они и ученые, пошли дальше. Они решили создать систему мер, предназначенную, по мысли ее творцов, для всех времен и народов. Сразу же возник вопрос, а что положить в основу новой системы? Конечно, единицу длины! А что взять за эталонную длину?

Первоначально эталонными мерами длины у всех народов служили меры, связанные с размерами различных чаи), фут (длина ступни) и т. д. Такая система в основе своей порочна тем, что человек индивидуален и эти размеры у каждого свои. После долгих споров Лаплас предложил в качестве единицы длины взять одну десятимиллионную часть четверти длины Парижского меридиана. Тогда считалось, что размеры Земли неизменны и эта единица вполне могла служить эталоном для всех народов и времен.

**Но почему именно Парижский меридиан?**

Всю длину четверти меридиана ученые замерить не могли. До покорения полюсов были годы и годы. Но часть меридиана между городами Дюнкерк и Барселона находилась на хорошо обжитой части суши. Тем более что начальные и конечные точки лежали на одном уровне – уровне моря. Остальное можно было определить посредством вычислений.

Полученную величину решено было назвать метром от греческого метрон (в переводе «мера»), на ее основе создать единицы площади, вместимости (объема), веса и назвать систему метрической. Но самое главное, было решено сделать систему мер десятичной. Что это такое?

Английская система мер, применяемая ныне в США и Англии, не десятичная. Вот какие у нее единицы длины: 1 английская миля равняется 1760 ярдам, 1 ярд – 3 футам, 1 фут – 12 дюймам. Ясно, что оперировать такими единицами сложно. Поэтому комиссия в Париже решает все единицы определять как дольную или кратную величину: километр, миллиграмм, декалитр и т. д.

С 1792 г. французские ученые Мешен и Деламбро начинают замерять меридиан. Когда Мешен умер (в 1805 г.), Араго был назначен его преемником. Впрочем, Араго встретил это назначение без энтузиазма. Он не оставил своих юношеских надежд на военную карьеру. Понадобилось содействие Лапласа, чтобы Араго принял предложение, однако он выговорил себе право поступить в дальнейшем в артиллерию.

Если бы только Араго знал, какие приключения ожидают его на гражданской службе! Казалось бы, производимая им работа ни у кого не должна была вызвать протеста. Но участок дуги меридиана, доставшийся ему, частично пришелся на Испанию, восставшую против Наполеона.

Геодезические приборы, которыми он пользовался, вызывали подозрения у местного населения. Его принимали за шпиона. Эта эпопея красочно описана у Даниила Гранина [3]. Лишения не пропали даром. «Благодаря Араго, – пишет французский историк науки П. Таннери, – длина дуги седьмой части земного меридиана была определена с такой точностью, которой до сих пор достигнуть не удавалось» [7].

По прибытии Араго в Париж в 1809 г. и сообщении результатов замеров Парижская Академия наук, учитывая их значимость, избирает его своим членом. Помимо метрологических данных измерения новоиспеченного академика позволили уточнить географическую карту Франции. Интересно отметить, что уточнения не всегда всех устраивали. Известен правдивый исторический анекдот, когда после очередного такого уточнения король Франции, очередной Людовик, сказал: «Эти ученые уменьшили территорию Франции куда больше, чем мои генералы ее уранции с изображением Парижского меридиана. Хорошо видно, что после замеров Англия «приблизилась» к Франции.

Значимость введения метрической системы в Европе трудно переоценить. Это один из первых примеров научной рационализации знаний. На ее основе и была в конце концов создана действующая поныне Международная Система единиц измерений (СИ), у истоков которой стоял французский физик с испанской фамилией Ф.Д. Араго.

По своему происхождению Араго принадлежал к сословию адвокатов и землевладельцев, которые были опорой и буржуазной революции и наполеоновского режима. Но он не был ни бонапартистом, ни роялистом, ни якобинцем. Он относился к тому поколению либеральных ученых, для которых политика была уже не второстепенным делом. Вот что записано о нем в энциклопедии царских времен.

«В 1831 г. Араго – член палаты депутатов и здесь отличается как выдающийся оратор и опасный противник. Во время февральской революции 1848 г. был членом временного правительства, в котором занимал пост министра внутренних дел и затем военного министра. После государственного переворота 2 декабря 1851 г. он остался директором обсерватории, потому что новое правительство освободило его от присяги» [12].

Здесь необходим небольшой комментарий. Араго был человеком чести и не стал присягать очередному монарху, посчитав это ниже своего достоинства. Ведь был переворот! Каждый же государственный чиновник должен был дать присягу, чтобы остаться на своем посту. Учитывая популярность в народе Араго и его значимость в науке, новое правительство не стало поднимать шума и, как говорится, спустило дело на тормозах.

И все-таки наука была его главным призванием. Он любил науку. Об этом свидетельствуют его записки о других ученых.

Вот как он охарактеризовал А. Вольту: «Смелый и быстрый ум, большие и верные мысли, мягкий и искренний характер – таковы были основные качества знаменитого профессора. Никогда честолюбие, жадность к деньгам, дух соперничества не повелевали его действиями. Единственная страсть, которую он испытывал, была любовь к исследованиям». Как слова о жадности к деньгам актуально прозвучали в наш постперестроечный период. Актуально или нет?

А вот почти поэтические строки о российском академике. «Эйлер, – говорит Араго, – вычислял с необыкновенной легкостью, вычисления были его стихиею; так человек дышит воздухом и орел поднимается в высшие слои атмосферы».

Араго раздавал научные идеи другим ученым и при необходимости приходил к ним на помощь. Здесь можно вспомнить о Х. Дэви и О. Френеле. А вот какая история дошла до наших дней.

«Когда Ампер зачитал свой доклад об электродинамических действиях токов, один из его коллег по окончании чтения спросил: «Но что же, собственно, нового в том, что вы нам сказали? Само собой ясно, что если два тока оказывают действие на стрелку, то они оказывают действие также и друг на друга». Ампер, захваченный врасплох, не знал, что ответить. Но ему на помощь пришел Араго. Он вынул из кармана оказывает действие на стрелку, однако же они никак не действуют друг на друга».

Ученый и политик обладал редким качеством объяснять сложные вещи очень просто. Им написан целый ряд научно-популярных сочинений. Помимо упомянутых биографий и книги по атмосферному электричеству это «Исторические заметки о паровых машинах» и «Общепонятная астрономия» в 4-х томах. Эти книги также переведены на русский язык и изданы в Санкт-Петербурге в 1861 году.

По-государственному подошел он и к вопросу о только что изобретенной фотографии. Один из создателей процесса фотохимической фиксации изображений Л.Ж. Дагерр ознакомил Араго со своим изобретением. Ученый сразу же понял его значимость и 7 января 1839 г. на заседании Парижской Академии наук доложил о новых принципах получения и консервации изображений. Этот день официально и считается днем рождения фотографии. Приведем несколько строк из его доклада.

«С точки зрения легкости изготовления снимков дагерротипия не заключает в себе ни одного приема, которого не мог бы выполнить любой человек. Она абсолютно не требует умения рисовать, и не требуется особой ловкости. Если точно придерживаться определенных, весьма простых и немногочисленных правил, то нет ни одного человека, который не мог бы сделать дагерротип с такой же уверенностью и так же хорошо, как делает снимки сам г-н Дагерр». По предложению

Араго «секреты» изобретателя были закуплены французским правительством и стали достоянием широкой общественности.

Это один из немногих случаев, когда история изобретения и изобретателя заканчивается, как сказка со счастливым концом. Одно из выдающихся открытий ХIХ века быстро вошло не только в быт, но и в науку, культуру и историю. «Дагерр стал национальной гордостью Франции», – констатировал историк фотографии И.А. Головня.

Национальной гордостью Франции стал и ученый-физик Франсуа Доминик Араго. Кроме всего прочего он оказался и крестным отцом фотографии.

**Араго принимается за электричество**

Первые годы своей академической деятельности Араго выполняет работы во Французском Бюро долгот и изучает вопросы физической оптики. Вместе с Гей-Люссаком он издает научный журнал под названием «Анналы химии и физики», где сообщается о новейших достижениях в области этих наук.

Летом 1820 г. он посещает Женеву, где проходит съезд европейских естествоиспытателей. На этом форуме 19-летний швейцарский физик Артур де-ля-Рив демонстрирует опыт Эрстеда, описание которого только что пришло из Дании, благо для этого не нужно было обзаводиться серьезной аппаратурой.

По возвращении в Париж уже в сентябре на заседании Академии наук Араго заявляет коллегам: «Господа, профессору в Копенгагене Эрстеду удалось сделать прекрасное открытие ... которое чревато такими последствиями, которые сейчас еще не в состоянии предусмотреть пытливый, но ограниченный человеческий ум...» [8]. Примечательно, что это сказал человек, пророчески написавший о вольтовом столбе такие словаьшим количеством жидкости, составляет снаряд, чуднее которого человек никогда не изобретал, не исключая телескопа и паровой машины».

Рассказ участника съезда настолько заинтересовал слушателей, что немедленно к опытам приступают академики А. Ампер, Гей-Люссак, Ж. Био, Ф. Савар и многие другие менее известные исследователи. Начинает экспериментировать и сам Араго.

Вот описание сделанных им опытов: «Приделав тонкую медную проволоку к одному из концов вольтанической батареи, я заметил, что в то мгновенье она притягивала опилки мягкого железа, как это сделал бы настоящий магнит.

Когда проволока была погружена в опилки, они приставали к ней со всех сторон, так что она благодаря этому достигала толщины, почти равной обычному диаметру трубки пера» [9]. Напомним, что речь идет о гусиных перьях, которыми писали тогда не только поэты и писатели, но и ученые.

Счастливой находкой исследователя было применение в опытах вместо компаса железных опилок. В магнитном поле опилки располагаются в виде цепочек, дающих картину линий этого поля. Правда, Араго эту картину не замечает. Это сделает Т. Зеебек в следующем 1821 г. (рис. 2). Однако Араго делает значимое наблюдение: «Как только связь соединительной проволоки с обоими полюсами батареи прекращалась, опилки отделялись и падали». То есть отпадание происходило при прекращении электрического тока. Отсюда можно было сделать удивительный вывод, что МАГНИТНОЕ ПОЛЕ – ЭТО ОБЯЗАТЕЛЬНЫЙ СПУТНИК ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТОКА. Чтобы подтвердить это, исследователь пользуется проволокой из различных материалов: латуни, серебра, платины и т. д. Результат неизменный.

Попытка же намагнитить стальную проволоку, пропуская по ней электрический ток, ни к чему не приводит. «Когда гальванический ток, – пишет Араго, – проходил по стальным проволокам в продольном направлении, я неизменно находил, что стальная проволока, если последняя совершенно прямая, не получает никакого магнетизма».

Удивительным же было то, что обыкновенная швейная игла в опытах вела себя совершенно иначе. Она намагничивалась! Секрет этого феномена был открыт позже. Дело в том, что для того, чтобы удержать иголку в электрической цепи, экспериментатор подводящей медной проволокой намагничивал ее концы! Возможно, именно этот факт подсказал Амперу следующую идею, как пишет Араго, – «что более сильная намагниченность получится, если вместо прямой соединительной проволоки, какой пользовался я, взять проволоку, согнутую по ВИНТОВОЙ ЛИНИИ».

Проверка этой мысли Ампера превзошла все ожидания. «После нескольких минут пребывания внутри винта стальная стрелка получила достаточно сильную дозу магнетизма. Положение магнитных полюсов вполне соответствовало результату, который заранее был выведен Ампером». (Правило пловца.) Так была создана первая электромагнитная катушка, впоследствии названная Ампером СОЛЕНОИДОМ. Тут же и был разгадан феномен поведения швейной иглы. В местах контакта иглы соединительн

Араго начинает проверку действия соленоидов одинаковых размера и формы, но с различным направлением навивки провода (как правая и левая резьба на болтах). Результат не меняется. Отсюда делается важнейший вывод: «Если гальванический ток циркулирует вдоль витков винта, то всегда можно заранее предвидеть, где будут находиться северный и южный полюсы». Эта фраза позволяет считать Ф.Д. Араго создателем первого электромагнита.

Первый французский физик наблюдает удивительное и необъяснимое явление. Как сейчас становится понятным, это явление самоиндукции. Объяснить его он не мог, потому что до открытия электромагнитной индукции Фарадеем оставалось несколько лет, а до открытия самоиндукции еще больше. Но мы зафиксируем это наблюдение Араго. «Медная соединительная проволока обладает весьма интенсивной магнитной силой, поскольку она соединена с обоими полюсами батареи. Иногда мне удавалось находить у нее следы этого свойства еще спустя НЕСКОЛЬКО МГНОВЕНИЙ, после того как сообщение между обоими полюсами было прервано. Но это явление было крайне мимолетным, и я не мог воспроизводить его по произволу».

Предшественник Фарадея

Самым выдающимся открытием великого физика М. Фарадея считается открытие им электромагнитной индукции. Известно, что он отличался большой скромностью и порядочностью, поэтому на первой странице его же работы, посвященной образованию электричества из магнетизма, можно прочитать следующее. «Целый ряд действий, вызываемых индукцией электрических токов, был найден и описан ранее», и среди этих действий упоминаются «замечательные опыты Араго» [11].

Что это за опыты?

В 1824 г. Ф.Д. Араго попытался с помощью обыкновенной компасной магнитной стрелки определить, есть ли вкрапленные железные частички в полосе меди. Неизвестно, нашел он эти кусочки или нет, но обычно долго колеблющаяся стрелка на сей раз быстро успокаивалась.

7 марта 1825 г. после доклада Парижской Академии наук он опубликовал еще более поразительный опыт из этой же серии. Магнитная стрелка отклонялась, когда металлическая немагнитная и не обязательно медная круглая пластинка приводилась во вращение над или под стрелкой. При этом движение стрелки по своему направлению совпадало с вращениями пластинки. Получалось, что немагнитный диск каким-то образом увлекает за собой магнит при вращении. Ряд физиков (Зеебек, Нобили), повторив опыты, предположили, что при вращении диска напротив магнита в диске появляются магнитные диполи, как это происходит в железе при поднесении его к магниту. Эти диполи и привлекают к себе магнитную стрелку.

Данную гипотезу решил проверить первооткрыватель явления. Он подвесил намагниченную иглу к плечу уравновешенных лабораторных весов. Под иглой он стал вращать металлический немагнитный диск. Согласно гипотезе Зеебека стрелка должна была притягиваться к диску. Но увы! Она наоборот отталкивалась! Гипотеза была несостоятельной. Оставалось только предположить, что в природеами приводится рисунок 4 для демонстрации магнетизма вращения. На неподвижной оси вертикально и свободно висит магнитная стрелка с несколько утяжеленной нижней частью для самовозврата. Латунный диск А, никак механически не связанный со стрелкой, имеет ручной привод через зубчатую передачу. Прибор снабжен шкалой В, укрепленной на станине. При вращении ручки прибора начинает вращаться диск, который «увлекает» за собой стрелку. Когда вращение прекращается, стрелка опять устанавливается вертикально. Причем можно наблюдать закономерность: чем БЫСТРЕЕ вращается диск, тем БОЛЬШЕ отклоняется стрелка.

Даже не зная физики процесса, «магнетизму вращения» можно найти применение. Если вращать диск посредством гибкого вала от колеса автомобиля, то шкалу можно разградуировать в значениях скорости ее движения. Так собственно и устроен спидометр автомобиля. Сотни миллионов подобных автомобильных устройств, основанных на «магнетизме вращения», исправно несут службу на автодорогах Земного шара уже более столетия. Правда, нужно отметить, что в настоящее время новейшие цифровые спидометры, устанавливаемые на автомашинах, основаны на других принципах действия.

Разгадка феномена «магнетизма вращения» была в центре внимания многих физиков. И только в ноябре 1831 г. после открытия электромагнитной индукции М. Фарадеем был найден ответ.

При движении токопроводящего диска в магнитном поле компасной стрелки в нем появляются токи, которые создают свое магнитное поле. Взаимодействие двух магнитных полей и дает «магнетизм вращения». «Теперь, – записал в своей рабочей тетради Фарадей, – когда мы знаем о существовании этих токов, явления, открытые Араго, можно объяснить, не приписывая их тому, что в меди образуется полюс, противоположный приближающемуся».

Диск и магнит взаимодействуют независимо от того, вращается ли диск – за ним магнит, либо магнит, а за ним диск.

В 1879 г. Вальтер Байли сделал сообщение в Лондонском Физическом обществе «Об одном способе вращения Араго». Там содержалось такое умозаключение: «Вращение диска происходит вследствие вращения магнитного поля, в котором он помещен, и мы должны ждать, что если подобное вращение поля получится каким-нибудь иным способом, то вращение диска останется прежним» [II].

Байли создал электромагнит, состоящий из четырех катушек, соединенных попарно. При помощи специального коммутатора он от источника питания запитывал эти катушки таким образом, что сначала получала напряжение одна пара катушек, затем все четыре и наконец другая, установленная перпендикулярно первой. Получалась полная имитация вращающегося магнитного поля. Медный диск, установленный над электромагнитами, начинал сразу вращаться (рис. 5). На этом принципе вскоре появится и двухфазный электродвигатель переменного тока.

Развитие электроэнергетики в дальнейшем привело к созданию трехфазных систем, а основным электрическим двигателем в них стал асинхронный электродвигатель переменного тока. Правда, вместо диска буденный токопроводящей, так называемой «беличьей клеткой». Миллионы и миллионы таких электродвигателей исправно несут свою службу: преобразуя электрическую энергию в механическую, вращают насосы, станки, вентиляторы...

У истоков всего этого многообразия приборов и устройств стоял физик Франсуа Доминик Араго. Если у читателя возникнет желание воочию увидеть диск, названный именем Араго, можно заглянуть в окошечко своего квартирного электрического счетчика.

**Список литературы**

1. Смирнов Б. М. Проблема шаровой молнии. – М. – Наука, 1988, с. 7

2. Араго. Биографии знаменитых астрономов, физиков и геометров. Пер. с французского Перевощикова. т. 1, СПБ, 1860; т.2 и 3, СПБ, 1861.

3. Гранин Д. Араго и Наполеон. /Пути в незнаемое. Писатели рассказывают о науке. Сб.9. М. – Сов. писатель, 1972, с. 217.

4. Ломоносов М. В. О действии химических растворителей. Полное собрание сочинений т. 1. М-Л.; АН СССР,. 1950, с. 146, с. 371.

5. Кравец Т. П. От Ньютона до Вавилова. – Л.; Наука, 1967, с. 21,113.

6. Старосельская-Никитина О. Очерки по истории науки и техники периода французской буржуазной революции. 1789–1794. М-Л.; АН СССР, с. 138.

7. Поль Таннери. Исторический очерк развития естествознания в Европе. Перевод с французского. – М-Л.; ГТТИ, 1934, с. 149–150.

8. Гельфер Я. М., Лешковцев В.А. Замечательные ученые. – М.; Наука, 1980, с. 73–74.

9. Араго Ф. Опыты, относящиеся к намагничиванию железа и стали действием вольтанического тока. В кн: А. М. Ампер. Электродинамика. – М.; АН СССР 1945, с. 440–448.

10. Фарадей М. Экспериментальные исследования по электричеству. т. 1. – М.; АН СССР, 1947, с. 11, 57.

11. Гусев С. А. Очерки по истории развития электрических машин. – М-Л.; Госэнергоиздат, 1955, с. 45.

12. Большая энциклопедия под ред. Южакова С. Н. т. 1. – СПБ, 1900, с.780.

13. Льоцци М. История физики. Пер. с итальянского. – М.; Мир, 1970, с. 251.

14. Головня М. А. С чего начиналась фотография. – М.; Знание, 1991, с.115.

15. См. Л.1, с. 24.