

7. *Aristoxenos*. Texte und Kommentar. Hrsg. von F. Wehrli. Basel, 1945.
8. *Guthrie W. K.* A history of Greek philosophy. V. 1. Cambr., 1962.
9. *Dawson W. R.* Making a mummy.— *J. Egypt. Archeol.*, 1927, v. 13.
10. *Morrison J. S.* Pythagoras of Samos.— *Clas. Quart.*, 1956, v. 6.
11. *Bonett H.* Reallexicon der ägyptische Religionsgeschichte. B., 1952; *Kees H.* Totenglauben und Jenseitsvorstellungen der alten Ägypter. B., 1956.
12. *Heath T. L.* A history of Greek mathematics. V. 1, Oxf., 1921.
13. *Выгодский М. Я.* Арифметика и алгебра в древнем мире. М.: Наука, 1967.
14. *Heijgebaeyer O.* Лекции по истории античных математических наук. Т. 1. М.—Л.: ОНТИ, 1937.
15. *Michaels A.* Beweisverfahren in der vedischen Sakralgeometrie. Wiesbaden, 1978.
16. *Березкина Э. И.* Древнекитайский трактат «Математика в девяти книгах».— В кн.: Историко-математические исследования. Вып. X. 1957.
17. *Lowrens P.* Greek architecture. Harmond, 1973.
18. *Stenius E.* Foundation of mathematics: Ancient Greek and modern.— *Dialectica*, 1978, v. 32.
19. *Eudemos von Rhodos*. Texte und Kommentar. Hrsg. von F. Wehrli. Basel, 1955.
20. *Heidel W. A.* The frame of ancient Greek maps. N. Y., 1937.
21. *Розенфельд Б. А.* История неевклидовой геометрии. М.: Наука, 1976.
22. *Fritz K. von.* The discovery of incommensurability by Hippasos of Metapontum.— *Ann. Math.*, 1945, v. 46; *Junge G.* Von Hippasos bis Philolaus: Das Irrationale und die geometrische Grundbegriffe.— *Classica et Medievalia*, 1958, v. 19.
23. *Dunbabin T. J.* The Greeks and their Eastern neighbours. L., 1957.
24. *Padnicki-Pudelko S.* Architektura starożytnej Grecji. Warszawa, 1976.
25. *Kreisis A.* Greek town building. Athens, 1965.
26. *Lepik W.* Mathematical planning of ancient theatres. Wrocław, 1949.
27. *Дильс Г.* Античная техника. М.—Л.: ОНТИ, 1934.

Материалы к биографиям ученых и инженеров

К ДВУХСОТЛЕТИЮ ОДНОГО ЭКСПЕРИМЕНТА Г. КАВЕНДИША

Л. П. ПЕТРОВ

В работах, посвященных предыстории открытия благородных газов, немалое внимание уделяется эксперименту английского физика Г. Кавендиша 1785 г.; в ходе этого опыта после длительного воздействия электрического разряда на воздух был изолирован весьма незначительный по объему газовый остаток, который не поддавался дальнейшему воздействию искры и не поглощался едким кали подобно полученным в процессе того же эксперимента оксидам азота.

Химический состав газового остатка и одновременно подлинное значение опыта Кавендиша стали очевидными только в конце XIX в., после открытия в Англии аргона и его аналогов (Д. Рэлей, В. Рамзай и В. Траверс). Как выяснилось, Г. Кавендиш в процессе поставленного им эксперимента осуществил физическое изолирование всей группы инертных газов и, образно говоря, впервые ее «держал в руках».

В отдельных публикациях [1, 4—7] показано воздействие опыта Кавендиша на процесс открытия основного элемента инертной группы — аргона.

Например, В. Траверс не упускает возможности подчеркнуть, что как В. Рамзай, так и Д. Рэлей знали о наблюдении Кавендиша и, несмотря на различный подход к проблеме, имели его эксперимент в виду при планировании своих исследований. «Лорд Рэлей и Рамзай,— пишет Траверс,— 19 апреля (1894 г.— Л. П.) уже знали об эксперименте Кавендиша, и это знание, несомненно, оказывало влияние на Рамзая. Хотя лорд Рэлей высоко оценивал работу Кавендиша, представляется очень странным, что его опыт не повлиял также и на него. Однако очевидно, что в конце апреля 1894 г. Рэлей решил продолжить работу по определению плотности химического азота... после этого он намеревался повторить опыт Кавендиша» [5, с. 105].

«Как ни удивительно, столь замечательные открытия долгое время оставались незамеченными,— писал А. Берри.— Примечательно, что впервые внимание на работу обратил лорд Рэлей, когда он наблюдал разницу в значении плотностей азота атмосферного и полученного из его соединений» [1, с. 178]. Берри пишет, что Рэлей и Рамзай повторили опыт Кавендиша, используя установку несравненно больших размеров и переменный ток, при этом реакция осуществлялась в 3 тыс. раз быстрее.

Использование Рамзаем и Рэлеем предложенного их соотечественником метода характеризуется как, «пожалуй, самый наглядный пример того, как была извлечена крупинка золота из работы, принадлежавшей выдающемуся ученому прошлого» [7, с. 91].

Во многих отечественных и зарубежных публикациях эксперимент Кавендиша излагается весьма поверхностно и схематично. В большинстве случаев авторы ограничиваются упоминанием об опыте, констатацией его результата; при этом не предпринимается попыток выяснить предпосылки и обстоятельства проведенного Кавендишем исследования.

Использование электрического разряда для изучения веществ появилось в экспериментальном арсенале лабораторных исследований после работ А. Вольты (1777) [2, с. 326], которым была разработана принципиально новая методика эвдиометрического (объемного) анализа, предложены более совершенные типы эвдиометров. Значительной вехой в пневматической химии явилось открытие Дж. Пристли (1779), который первым установил, что воздух под воздействием электрической искры претерпевает уменьшение в объеме (та же, с. 286).

Большинство ученых периода пневматической химии придерживалось мнения, что электрическая искра является источником флогистона и, следовательно, может использоваться для флогистирования воздуха¹. Одним из наиболее убежденных сторонников этой концепции был соотечественник Г. Кавендиша Р. Кирван². Кавендиш, однако, занимал по этому вопросу самостоятельную позицию и, например, в письме к Р. Кирвану от 4 марта 1784 г., полемизируя с ним, утверждал, что, по его мнению, электрическая искра сама по себе не выделяет флогистон, а только инициирует сжигание горячего вещества, что и приводит к выделению гипотетического начала горючести [8].

Электрический разряд все же не являлся самостоятельным, во всяком случае первостепенным объектом научного интереса и прежде всего оценивался и практически применялся как метод, технический прием, обеспечивающий операции по взаимодействию различных видов воздуха.

Несомненно, полемика с Кирваном оказала определенное влияние на Кавендиша и стимулировала его интерес к механизму воздействия электрического разряда на воздух, а возможно, даже послужила побудительным мотивом для постановки им новой серии экспериментов с воздухом. Однако подлинные причины и действительные теоретические предпосылки возникшего у Кавендиша интереса к новому этапу экспериментального исследования воздуха обнаруживаются при внимательном рассмотрении основных итогов его исследований и размышлений, связанных с осуществленным им в 1781—1783 гг. синтезом воды.

В 1781 г. Кавендиш обратил внимание, что вода, образующаяся при воздействии «горючего» и «дефлогистированного» воздуха (по современной терминологии — водорода и кислорода), содержит некоторое количество азотной кислоты. При насыщении 30 гран³ образовавшейся воды щелочью и последующем выпаривании оставалось 2 грана селитры.

Кавендиш высказал предположение, что образование кислоты в воде, вероятно, является результатом неизбежного загрязнения основных реагентов — водорода и кислорода — некоторыми примесями⁴. «Если бы эти виды воздуха могли быть выделены в абсолютно чистом виде, их конденсация была бы полной» [2, с. 332]. В течение 1782—1783 гг. ученый поставил ряд лабораторных опытов, имевших целью проверку некоторых идей о возможных причинах образования азотной кислоты.

В своей первой работе «Эксперименты с воздухом» [9], включавшей серию исследований по синтезу воды (1781—1783), Кавендиш указывает на два возможных варианта, которые, по его мнению, могли бы объяснить образование азотной кислоты из воздуха: а) дефлогистированный воздух (кислород) может содержать небольшое количество азотной кислоты, которая при достаточном содержании горючего воздуха (водорода) соединяется с флогистоном, образуя флогистированный воздух (азот); б) при избытке кислорода часть азота «ввиду сильного сродства флогистона к дефлогистированному воздуху» (кислороду) лишается флогистона и образует азотную кислоту.

Кавендиш здесь же утверждает, что, с его точки зрения, гораздо более вероятен второй процесс, причем один из доводов в пользу этого выглядит почти решающим: «Суть дела состоит в том, что если в воздух предварительно добавлялось небольшое количество азота, то образовавшаяся вода имела большую кислотность» [10, с. 174].

В своей второй работе «Эксперименты с воздухом» (опубликована в 1785 г.) Кавендиш детальным образом исследует воздействие на отдельные газы (воздух, азот,

¹ В 70-х годах XVIII в. в практике химиков утвердились и были общеприняты следующие стандартные приемы флогистирования воздуха: а) обжиг металлов, б) смешивание воздуха с окисью азота, в) сжигание серы или фосфора, г) использование дыхания, д) сжигание (взрыв) смеси с водородом. Кроме того, воздух приводился в контакт с различными веществами, которые, как предполагалось, сами по себе являются носителями, источниками флогистона.

² Р. Кирван (1733—1812), английский химик, опубликовал ряд работ по взаимодействию кислот и оснований, независимо от французского исследователя Ф. Жан-Жамбра открыл фосфин, в 1790 г. одним из первых признал кислородную теорию А. Лавуазье.

³ 1 гран = 64,8 мг

⁴ Действительной причиной, источником образования азотной кислоты, являлся воздух, который поступал в реакционную колбу и соединительные трубки из-за плохой герметизации всей системы.

кислород) и их смеси электрического разряда. Уже в начале статьи Кавендиш подтверждает, что был прав, констатируя, что флогистирование воздуха происходит «не от флогистона электрической искры». «Однако действительная причина уменьшения объема воздуха,— говорит Кавендиш,— весьма отличается от того, что я предполагал, и заключается в превращении флогистированного воздуха в азотную кислоту» [3, с. 372—373].

В экспериментах использовалось несложное устройство Пристли, основным функциональным элементом которого являлась узкая стеклянная трубка, изогнутая под прямым углом и содержащая ртуть. Открытые концы трубки были опущены в сосуды со ртутью, соответственно, изогнутая часть трубки находилась сверху. Исследуемый газ, так же как и жидкие химические реактивы, подавался в устройство через ртуть при помощи специально изогнутой узкой трубки с заостренным наконечником. «При помощи этого устройства,— замечает Кавендиш,— я мог вводить любое желаемое количество любого вида воздуха в трубку...; таким же образом я мог вводить в эту трубку любое количество каустической соды или другой жидкости, которую я намеревался привести в контакт с воздухом» (там же).

После надлежащей подготовки эксперимента через воздух, находившийся в изогнутой части трубки, пропускался электрический разряд до полного прекращения сжатия (уменьшения объема). Для контроля (чтобы обеспечить возможно полное удаление остаточных количеств газов) в трубку добавлялось небольшое количество кислорода и воздуха, после чего через нее снова пропускалась электрическая искра.

Кавендиш отмечает, что при пропускании искры только через кислород или азот уменьшения объема не происходит⁵. «Соответственно,— говорит Кавендиш,— я поставил ряд опытов, чтобы установить, какой чистоты должен быть воздух, чтобы уменьшение его объема было максимальным и наиболее быстрым» [10, с. 189]. Результаты опытов показали, что при вполне определенном соотношении газовых компонентов практически весь воздух исчезает в случае, если эксперимент проводился над раствором каустической соды. Количественные расчеты позволили Кавендишу сделать вывод, что атмосфера состоит из «одной части дефлогистированного воздуха в смеси с четырьмя флогистированного» (там же).

В соответствии со схемой эксперимента связывания (адсорбция) возможных продуктов реакции, их контроль и последующая идентификация осуществлялись при помощи специально подобранных реагентов, в качестве которых использовались, в частности, едкое кали, известковая вода, раствор лакмуса. Кавендиш в своей работе отдает должное Пристли, отмечая, что раствор лакмуса «приобретал красный оттенок, а воздух претерпевал уменьшение в объеме в согласии с тем, что наблюдалось Пристли» [3, с. 373]. Однако известковая вода оставалась прозрачной, что не подтвердило образования углекислого газа.

Кавендиш констатирует, что раствор едкого кали после эксперимента сохранил селитру, в чем «можно было убедиться по характеру горения бумаги, пропитанной этим раствором» [10, с. 190]. Содержание солей серной или соляной кислоты проверялось соответственно хлоридом бария и нитратом серебра и обнаружено не было. В связи с этим Кавендиш делает вывод: «Нет никаких оснований полагать, что какая-либо другая кислота проникла в раствор, за исключением азота... Мы можем уверенно заключить, что в настоящих опытах флогистированный воздух вынуждается при помощи электрической искры соединяться или образовывать химическое соединение с дефлогистированным воздухом, превращаясь таким образом в азотную кислоту, которая при соединении с каустической содой образовывала раствор селитры, так как в этих экспериментах эти два воздуха фактически исчезали и вместо них образовывалась азотная кислота» (там же, с. 191).

Синтез оксида азота при воздействии электрической искры на воздух явился существенной ступенью изучения воздуха, основным идейным и творческим результатом предпринятой Кавендишем новой серии экспериментальных работ и послужил впоследствии теоретической основой для разработки и внедрения в практику так называемого дугового процесса производства азотной кислоты.

⁵ При пропускании искры через кислород наблюдалось отбеливание раствора лакмуса вследствие образования озона.

Кавендиш, однако, не ограничивается констатацией главного результата эксперимента и в своей работе обращает внимание на обнаруженные им в процессе исследования принципиально новые, неизвестные ранее явления. Он убедительно показывает, что в результате воздействия электрической искры на воздух с последующим поглощением оксидов азота едким кали образуется не только нитрат (селитра), но и нитрит калия.

В процессе опыта при добавлении к раствору едкого кали нитрата серебра имело место образование осадка, что могло указывать на наличие соляной кислоты. Однако Кавендиш, принимая во внимание, что в опыте, по его мнению, использовался «абсолютно чистый, свободный от солей соляной кислоты раствор едкого кали», высказал смелое предположение, что осадок образовался в результате осаждения соли сильнофлогистированной (содержащей меньшее количество кислорода) азотной кислоты, т. е. азотистой кислоты.

Практика убедительно подтвердила интуицию Кавендиша. Более поздние исследования показали, что при воздействии электрической искры на воздух имеет место образование оксидов азота (NO и NO_2). При поглощении растворами гидроокисей щелочных металлов смесей этих газов, в частности, образуются нитриты. Эти соли образуются также при поглощении двуокиси щелочами по реакции



Практически все нитриты хорошо растворимы в воде. Единственной относительно малорастворимой солью азотистой кислоты является нитрит серебра⁶, осадок которого (сильнофлогистированная соль азотной кислоты) и наблюдался Кавендишем.

Критически осмысливая основные результаты своей работы, Кавендиш подтвердил ранее высказанное им предположение, согласно которому часть флогистированного воздуха (азота) состоит из азотной кислоты, соединенной с флогистомом. Вместе с тем он выразил сомнение, что весь азот состоит из подобного вещества. «Не имеется ли,— пишет ученый,— в действительности много разных веществ, известных для нас под названием флогистированного воздуха» [10, с. 192—193]. Подтвердив, что его опыты более или менее уже дали ответ на этот вопрос, Кавендиш в своей работе описывает один из экспериментов, в процессе которого он наблюдал небольшой остаток газа. «С этой целью,— пишет Кавендиш,— я уменьшил объем подобной смеси дефлогистированного и обычного воздуха так же, как и в поставленных ранее опытах, при этом объем воздуха был уменьшен до небольшой части своего первоначального объема. Тогда для того, чтобы разложить как можно больше флогистированного воздуха, оставшегося в трубке, я добавил к нему некоторое количество дефлогистированного воздуха и продолжал пропускать искру до полного прекращения уменьшения объема. Сконденсировав таким образом как можно больше флогистированного воздуха, я добавил раствор серной печени (полисульфида калия.— Л. П.) для поглощения избытка дефлогистированного воздуха, после этого оставался непоглощенным только небольшой пузырек воздуха, который составлял не более 1/120 части объема флогистированного воздуха, содержащегося в трубке; так что если имеется любая часть в нашей атмосфере, которая отличается от остальной и не может быть превращена в азотную кислоту, мы можем с уверенностью заключить, что она составляет не более 1/120 части от всего количества» (там же, с. 193).

Открытие Кавендишем образования нитратов и нитритов в растворе едкого кали при пропускании электрической искры через смесь кислорода и азота было встречено с большим интересом, однако попытки ряда ученых повторить опыт оказались безуспешными. Так, например, А. Лавуазье, Дж. Хазенфратц и Г. Монж практически не смогли поставить опыт, т. е. не подтвердили данных Кавендиша. Голландские исследователи М. Ван-Марум и П. Трооствик наблюдали сжатие газов, но не смогли установить образования солей азотной кислоты. В связи с этим Кавендиш в 1787 г. организовал публичное повторение своих опытов, поручив их подготовку и демонстрацию сотруднику Королевского общества Дж. Гиллину. В своей работе «О превращении смеси дефлогистированного и флогистированного воздуха в азотную кислоту действием электрической искры» (1788) [11] Кавендиш отметил возможные причины неудач и

⁶ В 100 г воды растворяется 0,16 г AgNO_2 при 0° и 1 г при 50° С.

в постановке опытов у других исследователей⁷. Ван-Марум и его помощники пишут, что они «слишком длительное время пропускали искру, что привело... к взаимодействию нитратов с ртутью с образованием нитрата ртути. А это вызвало осложнения» [1, с. 65].

Следует вместе с тем отметить, что современники Кавендиша практически оставили без внимания эксперимент, в ходе которого «виды воздуха» оказались физически изолированными. Сам Кавендиш не придал особого значения сделанному им наблюдению и после завершения цикла исследований по выяснению механизма воздействия электрической искры на воздух практически не возвращался к пузырьку выделенных им газов, не предпринял каких-либо попыток исследования химического состава полученного образца воздуха.

Впервые о газовом пузырьке, наблюдавшемся английским ученым, упомянул Г. Вильсон в книге «Жизнь Генри Кавендиша» (1851) [12]. В конце книги приводятся отрывки из наиболее интересных работ Кавендиша, в том числе пространно цитируется его статья «Эксперименты с воздухом» [3].

В начале 80-х годов XIX в. В. Рамзай поставил ряд опытов по изучению взаимодействия азота с водородом и кислородом, которые не дали результатов и опубликованы не были. Тем не менее, по собственному признанию Рамзая, «именно благодаря этим неудачным опытам мне пришлось прочитать описание классического эксперимента Кавендиша по взаимодействию азота и кислорода» (цит. по: [7, с. 59]). По-видимому, в этой же связи Рамзай приобрел книгу Вильсона о Кавендише и на полях против абзаца о пропускании электрической искры через смесь азота и кислорода сделал пометку «обратить внимание».

Еще до своего выступления в Королевском обществе с сообщением об аномалии плотности азота (апрель 1894 г.) Д. Рэлей прочитал работу Кавендиша и обратил внимание на полученный им пузырек газа. Идея ознакомиться с опытом Кавендиша была подсказана Рэлею, вероятно, в марте-апреле 1894 г. английским физиком Дж. Дьюаром⁸. Д. Рэлей (апрель 1895 г.) вспоминает этот факт следующим образом: «Возник вопрос, имеются ли доказательства того, что так называемый атмосферный азот одного и того же качества? Я припоминаю (думаю, что это имело место в прошлом году или немного раньше), что обратился с этим вопросом к моему коллеге профессору Дьюару (в Королевском институте). Он ответил, что сомневается, чтобы что-либо существенное было сделано со времени Кавендиша, и что мне лучше самому посмотреть работу Кавендиша. Я быстро последовал этому совету и был удивлен, что Кавендиш поставил вопрос так остро, как это мог бы сделать я сам» [13, с. 193]. Эксперимент Кавендиша оказал существенное воздействие на подход Рамзая и Рэля к выяснению причин аномалии плотности азота и был практически использован ими в подготовке и реализации лабораторных работ по изолированию аргона. Как В. Рамзай, так Д. Рэлей не скрывают своего восхищения искусством Кавендиша в постановке эксперимента: «Попытки повторить опыт Кавендиша по его схеме только усилили восхищение, с которым мы рассматриваем это удивительное исследование. Работая почти с микроскопическими количествами материала, путем операций, продолжающихся днями и неделями, он таким образом установил один из наиболее важных фактов в химии» [1, с. 179].

Значение опыта Кавендиша в определенной степени подчеркивается примечательным эпизодом, имевшим место во взаимоотношениях Рэля и Рамзая. В ноябре 1898 г. в лекции, прочитанной перед Фармацевтическим обществом, Рамзай сообщил, что еще до известного выступления Рэля в Королевском обществе (апрель 1894 г.) он первым

⁷ Указанная статья Г. Кавендиша оказалась последней из опубликованных работ ученого по пневматической химии и завершила более чем 22-летний (1766—1788) период его исследований в этой области. Нельзя не отметить, что безупречная постановка Г. Кавендишем серии опытов по воздействию электрического разряда на отдельные газы и их смеси оказалась возможной благодаря высокому экспериментальному искусству ученого. Следует также иметь в виду, что он долгое время занимался исследованиями электричества и опубликовал по этой проблеме ряд серьезных статей.

⁸ Выглядит парадоксом, что Дьюар уже после открытия аргона в своих письмах в газету «Таймс» от 15 и 18 августа 1894 г. заявил, что работы Рэля и Рамзая противоречат его собственным наблюдениям. Дьюар считал, что новый газ является аллотропной модификацией азота.

привлек его внимание к опыту и наблюдениям Кавендиша [5, с. 106]. Трудно отделаться от впечатления, что таким путем Рамзай как бы утверждал свой приоритет, по крайней мере в подсказке Рэлею метода решения возникшей задачи выяснения причин аномалии плотностей азота. Однако высказывание Рамзая вместе с тем эквивалентно фактическому признанию роли метода Кавендиша в процессе открытия нового газа атмосферы. Неудивительно, что Рэлей в категорической форме опроверг заявление Рамзая как абсолютно необоснованное. В письме, специально адресованном Рамзаю, Рэлей подтвердил, что получил информацию об опыте Кавендиша от Дьюара: «Именно Дьюар обратил мое внимание на Кавендиша, и когда я прочитал его работу, то выяснил, что он говорит об остатке. Позже, в Оксфорде, вы информировали меня, что вам было известно, что Кавендиш говорит об остатке» (там же).

При рассмотрении истории открытия аргона вместе с тем обращает внимание заметная инерция, определенный временной разрыв между выявлением аномалии в значении плотностей азота и практическим применением методики Кавендиша. Эффективное решение проблемы во многом осложнялось прежде всего причинами психологического порядка. Присутствие в атмосфере нового, неизвестного ранее компонента представлялось маловероятным. Казалось, что все газы атмосферы уже открыты, хорошо изучены и нет смысла вновь обращаться к поиску новых газообразных элементов. Учитывая, что воздух был объектом длительного изучения многих выдающихся исследователей, чрезвычайно трудно было допустить возможность того, что какие-либо новые элементы могли ускользнуть из их поля зрения. В связи с этим, например, Рэлей склонялся к мысли, что причину аномалий следует искать в химическом азоте, в возможной ошибке поставленных им химических опытов. В конце апреля 1894 г., уже после выступления в Королевском обществе, он принял решение вначале проверить значения плотности химического азота и только на последующем этапе обратился к пузырьку Кавендиша.

Как известно, В. Рамзай придерживался иного мнения и полагал, принимая во внимание работу Кавендиша, что аномалия может объясняться присутствием неизвестного вещества, возможно более тяжелого элемента в воздухе.

Полученный в конце XVIII в. пузырек инертных газов во многом способствовал преодолению известных психологических трудностей и позволил освободиться от устоявшихся взглядов об изученности химического состава воздуха. Тем не менее, высказанное Кавендишем предположение о содержании в азоте неизвестной компоненты и отдельный опыт, фактически подтвердивший эту догадку, представляются второстепенной, побочной ветвью выполненной им экспериментальной работы. Основным содержанием и главным практическим результатом цикла исследований, предпринятых Кавендишем, как показано выше, являются открытие нового метода связывания атмосферного азота (синтез оксида азота), а также обнаружение образования нитратов и нитритов при пропускании электрического разряда через смесь кислорода и азота над едким кали.

Литература

1. *Berry A. J. Henry Cavendish. L., 1960.*
2. *Partington J. R. History of Chemistry. L., 1970. VIII.*
3. *Cavendish H. Experiments on Air.— Phil. Trans., 1785, v. 75, p. 372.*
4. *Ramsay W. The gases of the Atmosphere. The History of their discovery. L., 1915.*
5. *Travers M. W. A Life of Sir William Ramsay. L., 1956.*
6. *Rayleigh R. Life of Lord Rayleigh, L., 1921.*
7. *Соловьев Ю. И., Петров Л. П. Вильям Рамзай. М.: Наука, 1971.*
8. *Cavendish H. Experiments on Air.— Phil. Trans., 1784, v. 74, p. 119—153.*
9. *Cavendish H. Phil. Trans., 1784, v. 74, p. 170.*
10. *The Scientific Papers of the Honourable Henry Cavendish, Cambridge University, Press, 1921.*
11. *Cavendish H. On the Conversion of a Mixture of Dephlogistigated and Phlogistigated Air into Nitrous Acid by the Electric Spark.— Phil. Trans., 1788, v. 78, p. 261—269.*
12. *Wilson G. The life of the Hon. Henry Cavendish and a critical Inquiry into the Claims of all alleged Discoverers of the Composition of Water. L., 1851.*
13. *Rayleigh R. Life of Lord Rayleigh. L., 1921, p. 193.*

О РАБОТАХ АКАДЕМИКА Л. С. ЛЕЙБЕНЗОНА ПО ТЕОРИИ УПРУГОСТИ

Н. В. ЗВОЛИНСКИЙ

Леонид Самуилович Лейбензон оставил заметный след в истории отечественной гидродинамики, теории упругости, механики нефтяного дела, геофизики, исследований теоретических проблем авиации. Для Л. С. Лейбензона был характерен постоянный интерес к всестороннему теоретическому решению самых актуальных задач. В его творчестве теория органично соединялась с практикой.

Родился он 27 июня 1879 г. в Харькове. После окончания физико-математического факультета Московского университета Л. С. Лейбензон получил инженерное образование в Московском высшем техническом училище (ныне МВТУ им. Баумана). В 1915—1917 гг. он был избран доцентом, а затем профессором Юрьевского (Тартуского) университета; в 1919—1921 гг. — доцентом, а с 1922 г. и до конца жизни являлся профессором Московского университета, где основал кафедру теории упругости и гидравлическую лабораторию. Одновременно с работой в Московском университете Л. С. Лейбензон вел исследования по механике нефти в организованной им первой в Советском Союзе нефтепромысловой лаборатории (которая впоследствии стала ядром Государственного научно-исследовательского нефтяного института) и изучал в ЦАГИ вопросы прочности самолетов.

В 1933 г. Л. С. Лейбензон был избран членом-корреспондентом, а в 1943 г. — действительным членом Академии наук СССР. Скончался он 15 марта 1951 г.

К занятиям теорией упругости Лейбензона побудил Н. Е. Жуковский. Следуя его совету, молодой ученый начал исследования по деформации упругой сферы с приложениями к геодинاميке и по теории безбалочных покрытий.

Будучи еще студентом МВТУ, он работал в аэродинамической лаборатории Н. Е. Жуковского в г. Кучино, где занимался, в частности, исследованием прочности и вибраций воздушных винтов. Работа в технической конторе А. В. Бари, знакомство и общение с В. Г. Шуховым также, надо полагать, повлияли на тематику исследований, в частности возбудили интерес к исследованиям по изгибу пластин.

В основных работах Л. С. Лейбензона по теории упругости рассмотрены следующие проблемы: деформация упругой сферы в связи с задачами геодинاميки; устойчивость равновесия и колебания упругих систем; вариационные методы в теории упругости, изгиб и кручение брусев, изгиб пластин.

Деформация упругой гравитирующей сферы. Исследования в этой области, тесно связанные с изучением внутреннего строения Земли и ее упругих приливов, были начаты в прошлом столетии в Англии В. Томсоном, Дж. Дарвином, Дж. Джинсом, А. Лявом и др. Эти работы не преследовали каких-либо утилитарных или технических целей. Исследователи пытались найти ответ на вопросы, как распределено вещество внутри Земли, как изменяются с глубиной плотность, упругость и другие физические свойства вещества. Первые работы Л. С. Лейбензона на эту тему относятся к 1919—1921 гг., когда Леонид Самуилович работал на кафедре прикладной математики МГУ, которой руководил Н. Е. Жуковский. В этих исследованиях хорошую службу сослужило ему владение техникой сферических функций, которое молодой ученый приобрел, изучая в студенческие годы «Трактат о натуральной философии» В. Томсона. Деформациям упругой сферы посвящены три работы Л. С. Лейбензона, в том числе большой мемуар «Деформация упругой сферы в связи с вопросом о строении Земли» [5]. В них проанализирован механизм деформаций земного шара — упругой неоднородной сферы, состоящей из ядра и внешней оболочки. Эта деформация вызывается приливными силами и зависит от упругости и ядра, и оболочки, а также от их размеров. Подобный подход позволил на основе данных наблюдения земных приливов высказать соображения о внутреннем строении Земли. Он привел ученого к выводу о том, что земное ядро является жидким, имеет большой модуль объемного сжатия и что радиус этого ядра составляет 0,6 радиуса Земли. Для обоснования своих выводов Л. С. Лейбензон привлек известные уже в то время данные о скоростях сейсмических волн в земных недрах, сведения о перемещении полюсов Земли, демонстрировавшие динамику структуры земного шара.