1950 г. сентябрь *Т. XLII, вып. I*

УСПЕХИ ФИЗИЧЕСКИХ НАУК

РЕФРАКТОМЕТР И РЕФРАКТОМЕТРИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ В РАБОТАХ М. В. ЛОМОНОСОВА

В. Л. Ченакал

Рефрактометрия как один из наиболее быстрых и удобных методов исследования жидкостей, кристаллов, стёкол и других прозрачных веществ по их показателю преломления стала входить в научную практику, как известно, лишь с конца XIX века. С этого времени рефрактометр с каждым годом получал всё более и более широкое распространение и к нашему времени стал необходимой принадлежностью каждой лаборатории, каждого промышленного предприятия, связанных с изготовлением и исследованием оптического стекла, естественных и синтетических кристаллов, прозрачных органических соединений и т. д.

Почти никому из пользующихся рефрактометром не известно, что честь введения этого инструмента в практику научного исследования принадлежит гениальному русскому учёному Михаилу Васильевичу Ломоносову.

Первые опыты по определению показателя преломления прозрачных тел были выполнены в 1664—1668 гг. Исааком Ньютоном.

В своих «Лекциях по оптике», читанных им в 1669—1671 гг. в Кембридже, он описывает изготовленный из стеклянных пластинок сосуд в форме призмы и деревянную призму с пробуравленными в ней отверстиями, закрываемыми пластинками стекла, пользуясь которыми и специальным квадрантом можно было измерять «преломляющую силу» жидкостей[1]. Здесь же, рядом с описанием этих инструментов, излагаются результаты выполненного им измерения «преломляющей силы» воды[2] и указывается на её зависимость от плотности воды, от наличия в ней «различных растворов минералов, извлекаемых из подземных мест»[3].

В своей «Оптике», написанной, как известно, не позже 1687 г., Ньютон отводит специальный раздел изложению вопроса о связи показателя преломления прозрачных тел с их плотностью (Предложение X части III второй книги)[4].

Придя к заключению, что «преломляющая сила тела весьма точно пропорциональна плотности тела»[5], Ньютон даёт в этом

разделе, в качестве подтверждения высказанной мысли, большую таблицу «преломляющих тел», содержащую, кроме показателей преломления последних, также и их удельные веса[6]. Среди этих «преломляющих тел» в таблице наряду со множеством других значатся: «купоросное масло, дождевая вода,... винный спирт, хорошо очищенный,... оливковое масло, льняное масло, терпентиновый спирт», т. е. целый ряд жидких прозрачных тел.

Ещё более определённо, нежели в «Лекциях», Ньютон говорит здесь о зависимости показателя преломления от химического состава тела. «Преломляющую силу всех тел» Ньютон приписывал «главным образом, если не полностью, серным частям», которые, по его мнению, в большей или меньшей степени присутствуют во всех телах[7].

Хотя Ньютон и подходил близко к выводу о возможности определения характера прозрачного вещества по его показателю преломления, однако он этого вывода не сделал.

В 1710 г. член Королевского общества Френсис Гэксби произвёл на специально построенном им для этой цели «аппарате» измерения показателя преломления у более чем сорока различных жидких веществ[8], среди которых были и различные растительные масла, и спирты, и смолы, и кислоты, и водные растворы солей и щелочей, и многое другое. Одновременно с довольно точными измерениями показателя преломления этих веществ Гэксби, как и Ньютон, определял и плотности всех этих жидкостей. По найденным показателям преломления и плотностям вычислялись постоянные рефракции для всех этих тел.

Эта работа подводила Гэксби к открытию рефрактометрического метода анализа вещества ещё ближе, нежели Ньютона, однако и он этого не сделал.

Из этой работы Гэксби сделал единственный вывод, а именно, что «тела преломляют [свет] не пропорционально своему удельному весу, а по некоторым другим качествам, характерным для каждого из них». «Будет ли это зависеть от его (тела. — *В. Ч.*) возбудимости, — говорит он далее, — или от какой-то различной плотности или структуры его составных частей или от каких-либо ещё других свойств — я решать не берусь».

После Ньютона и Гэксби вопросом измерения показателя преломления жидких тел интересовался Христиан Вольф.

В период между 1710 и 1722 гг. он, пользуясь описанием инструмента для определения рефракции в жидких телах Гэксби, заказал для себя такой же инструмент лейпцигскому мастеру физических инструментов Якобу Леупольду.

Во второй книге своих «Всякого рода полезных опытов, к истинному познанию природы и искусства служащих» он описывает этот инструмент[9], снабдив описание рисунком.

Производились ли Вольфом какие-либо измерения показателей преломления с помощью этого инструмента или нет, не известно. Ни в одной из последующих его работ никаких указаний на использование им рефрактометра не имеется.

К мысли о возможности использования показателя преломления прозрачных «жидких материй» для определения их «состава» впервые пришёл лишь Ломоносов.

Произошло это тогда, когда он, по его словам, «приступил к трудному делу соединения химии с физикою и геометриею». В это время, как он говорит, у него и появилась идея использовать для указанных целей «квадрант, придуманный для определения преломлений в химических прозрачных телах».

Осуществление этой идеи было предпринято Ломоносовым в феврале месяце 1752 г. Эта работа начата была им с разработки конструкции и изготовления «машины, пригодной для изучения преломления лучей света в разных жидкостях», т. е., говоря языком нашего времени, рефрактометра.

В протоколах Учёной конференции Академии Наук имеется такая, датированная 14 февраля 1752 г., запись:

«§ 2. Его высокоблагородие господин советник Ломоносов показал рисунок машины, пригодной для изучения преломления лучей света в разных жидкостях, и объяснил его почтенным академикам. Было решено обратиться по этому поводу в Канцелярию Академии, чтобы она позаботилась об изготовлении такой машины под руководством его высокоблагородия автора» [10].

Как видно из дошедших до нас документов, касающихся этого инструмента Ломоносова, дальнейшая его история сложилась следующим образом.

Спустя три дня после указанного заседания Конференции Академии Наук, т. е. 17 февраля того же 1752 г., архивариус последней Иван Иванович Стафенгаген специальным «репортом» сообщил Канцелярии Академии Наук решение «академического собрания» о необходимости изготовления «машины Ломоносова» и приложил к этому сообщению фигуру «машины» [11].

Получив «репорт» Стафенгагена, Канцелярия рассмотрела его в тот же день и вынесла следующее «определение»:

«Сего числа архивариус Стафенгаген репортом объявил: господин де советник и профессор Ломоносов предложил собранию академическому фигуру машины, чрез которую узнать можно рефракцию светлых лучей, проходящих сквозь житкие материи. Оную машину господа академики опробовали, и за полезно разсудили, чтоб такая машина для чинения опытов в сей материи зделана была, а притом приказали о вышеописанном представить Канцелярии репорт, чтоб повелено было такую машину по наставлению господина советника Ломоносова зделать в Инструментальной палате, а какова оная быть имеет, при том репорте он

Стафенгаген приложил фигуру. Определено по представленной от него господина советника фигуре машину зделать в Инструментальной полате, под смотрением господина советника и профессора Ломоносова, подмастерью Тирютину ис такова дерева ис какова он господин советник прикажет. Издержанной на оную лес, гвозди и протчее, что к тому будет потребно, записать в росход. Когда оная зделана будет, тогда отдать ему господину советнику, а во что оная станет о том подать в Канцелярию репорт» [12].

Спустя ещё неделю указанное «определение» Канцелярии было доведено до непосредственного его исполнителя, инструментального подмастерья Инструментальной палаты Академии Наук Филиппа Никитича Тирютина.

В посланном последнему 24 февраля того же года «ордере» Канцелярия писала:

«По резолюции Канцелярии Академии Наук, а по репорту архивариуса Стафенгагена, велено зделать тебе по приложенной при сём фигуре, в Инструментальной полате, по наставлению господина советника и профессора Ломоносова машину ис такова дерева, ис какова он господин советник прикажет» [13].

Одновременно с этим ордером Канцелярия послала ордер и Ломоносову с сообщением о том, что изготовление его «машины» поручено подмастерью Тирютину, которому ему и надлежит дать соответствующие указания[14].

По неизвестным причинам изготовление рефрактомера Ломоносова Тирютиным затянулось более чем на четыре года. Изготовление его было закончено лишь 13 сентября 1756 г. В этот день «машина Ломоносова» была доставлена из Инструментальной палаты в Канцелярию со следующим «репортом»:

«По присланному из оной Канцелярии к мастеру Тирютину ордеру от 24 февраля 1752 года, под № 315, зделана в Инструментальной полате, для господина советника Ломоносова, машина из чёрного заморского дерева и из меди, по приложенному рисунку, которая при сём возносится» [15].

Получив «машину», Канцелярия не замедля отправила её в Конференцию «для освидетельствования»[16].

Никаких дополнительных сведений об этом рефрактометре Ломоносова пока не найдено, хотя из указанных документов и видно, что в своё время имелись не только его описание, но даже и «фигура», т. е. рисунок или чертёж.

Из другого документа, о котором речь пойдёт ниже, известно, что он был основан на измерении «луча, входящего в прозрачное тело».

«Освидетельствование» рефрактометра Ломоносова в Конференции должно было состояться 23 сентября 1756 г. Однако Ломоносов в этот день на заседание Конференции не пришёл и освидетельствование его «машины» было отложено до очередного заседания [17].

На следующем заседании Конференции, состоявшемся 27 сентября, «машина» в присутствии Ломоносова была осмотрена членами Конференции. При этом осмотре самим Ломоносовым было установлено, что «машина исполнена не так, как требовалось» и что в таком виде она является «неудобной для наблюдения преломлений». Вследствие этого собрание никакого «суждения» о «машине» не вынесло, оставив этот вопрос «на будущее время». Однако в дальнейшем этот вопрос Конференцией больше не рассматривался.

Это обстоятельство находит своё объяснение в том, что к моменту изготовления рефрактометра в академических мастерских Ломоносов уже имел свой, и притом более совершенный, рефрактометр, изготовленный мастерами его собственной лаборатории. Об этом свидетельствуют следующие документы.

Среди хранящихся в Архиве Академии наук СССР рукописей Ломоносова имеется отрывок неоконченной его работы, озаглавленной: «Nova methodus observandi refractiones radiorum in omni genere pellucidorum corporum», т. е. «Новый метод наблюдения преломления лучей во всякого рода прозрачных телах» [18].

Ломоносов начинает изложение «Нового метода» с рассказа о том, как, создав двенадцать с небольшим лет назад свою химическую лабораторию, он поставил задачу, чтобы в последней «кроме химических лекций и опытов, которыми обыкновенно исследуют состав тел, можно было попытаться делать изыскания при помощи законов геометрии и физики и новых способов исследовиния в надежде, таким образом, проложить дорогу к сочинению физической химии». Далее, Ломоносов пишет:

«Среди инструментов, с которыми я приступил к трудному делу соединения химии с физикою и геометриею, был так же квадрант, придуманный для определения преломлений в химических прозрачных телах».

Рассказав затем о том, что «главной помехою и препятствием» в его работах было «позднее изготовление инструментов, которые годами не могли быть закончены» и что, ожидая последних, он занялся «химией стекла» и «изучением природы красок», Ломоносов говорит:

«В это время, обдумывая усовершенствования его (своего рефрактометра. — *В. Ч.*), мне пришёл в голову другой приём, гораздо более лёгкий, требующий меньшего времени и более способный к производству бо́льшего числа и более верных опытов, и при помощи которого я сделал не мало оптических опытов в химической лаборатории».

«Приём этот состоит в том, — пишет он далее, — что вместо луча входящего в прозрачное тело, наблюдается луч, выходящий из него...».

На этих словах рукопись обрывается.

Из указанного документа Ломоносова видно, что мысль об использовании показателя преломления вещества как средства для исследования последнего возникла у него вскоре же после постройки им своей химической лаборатории, т. е. вскоре после 1748 г.

Итак, не ожидая изготовления заказанного в академических мастерских рефрактометра, Ломоносов изготовил у себя в лаборатории другой, более совершенный и производил с его помощью измерения показателя преломления различных жидких веществ.

Об этом же свидетельствует ещё один документ.

В заметках Ломоносова к диссертации «Теория електричества, составленная по математическому методу», имеются такие записи:

«53. Сделанные в лаборатории опыты над преломлением все будут применены здесь»[19].

«94. Мои опыты о преломлении в жидкостях»[20].

Делались эти записи, как известно, в апреле 1756 г. т. е. ещё до окончания изготовления Тирютиным рефрактометра Ломоносова. Наличие в них указаний на уже имеющиеся у него результаты опытов «о преломлении в жидкостях» свидетельствует, что он располагал рефрактометром ещё до 1756 г.

Этот рефрактометр, по свидетельству самого Ломоносова, был основан не на принципе измерения «луча входящего в прозрачное тело», как первый, изготовлявшийся Тирютиным, а на принципе наблюдения луча, выходящего из испытуемой жидкости, и был «более способный к производству бóльшего числа и более верных опытов».

Ломоносов в «Новом методе» пишет о том, что его химическая лаборатория была основана «за двенадцать с небольшим лет» до того. Как известно, химическая лаборатория при Академии Наук была основана Ломоносовым в 1748 г., следовательно, эта работа писалась им в 1760 г.

Найденные по этой работе даты показывают, таким образом, что, установив вскоре после 1748 г. возможность определения химического состава прозрачного жидкого вещества по показателю его преломления и начав разрабатывать и изготовлять необходимую для практического использования своего открытия аппаратуру, Ломоносов занимался этим вопросом вплоть до 1760 г.

Известные «Химические и оптические записки» Ломоносова свидетельствуют о том, что он продолжал эти занятия и после 1760 г.

Имеющиеся в последних записи показывают, что, создав в 1762 г. у себя дома инструментальную мастерскую, Ломоносов вновь занялся изготовлением какой-то новой конструкции рефрактометра.

Первая из этих записей, занесённая Ломоносовым в «Химические и оптические записки» в период между 25 июня и 26 сентября 1762 г. и представляющая собой план работ, намечавшихся им для своих мастеров, содержит следующие строки, относящиеся к рефрактометру:

«Колотошин.

1. Окончать машину для рефракций...»[21].

Поскольку в этой записи идёт речь уже об «окончании» машины, то, следовательно, начата она была изготовлением раньше указанного времени.

В другой записи, сделанной Ломоносовым после 26 сентября 1762 г. и озаглавленной «Доделка», имеется строка:

«5. Машину для рефракций окончить»[22].

Имя мастера, которому поручалась эта работа, на этот раз в записи не указывается.

Третья и последняя запись «Химических и оптических записок», касающаяся рефрактометра, содержится так же, как и первая, в перечне намеченных к исполнению мастерами работ и гласит:

«...Кирюшка.

1. Машину доделать рефракций...»[23].

Как видно из записи, после мастера Алексея Ивановича Колотошина доделкой этого рефрактометра занимался уже другой мастеровой — Кирилл Матвеев.

В описываемое время, т. е. в 1762 г., инструментальная мастерская учёного была целиком занята изготовлением большого однозеркального телескопа Ломоносова. Желая закончить его изготовление как можно скорее, Ломоносов не торопил мастеров с «окончанием машины рефракций». По этой причине она, очевидно, и переходила от мастера к мастеру. Надо думать, однако, что изготовление её было окончено.

Не приходится сомневаться, что в тех скудных сведениях о рефрактометрии Ломоносова, которые сохранило для нас время, нет и десятой доли того, что было им сделано в этой области.

То обстоятельство, что вопрос о рефрактометре Ломоносова трижды обсуждался на заседаниях Конференции Академии Наук— 14 февраля 1752 г. и 23 и 27 сентября 1756 г.,—свидетельствует о том, что эта его работа была в своё время учёным, как физикам, так и химикам, хорошо известна.

После смерти Ломоносова созданный им рефрактометрический метод исследования жидких прозрачных тел был надолго забыт.

Рефрактометрические исследования жидких прозрачных тел были возобновлены после Ломоносова лишь сорок с лишним лет спустя.

Эта работа была продолжена английским физиком и химиком Вильямом Гайдом Волластоном.

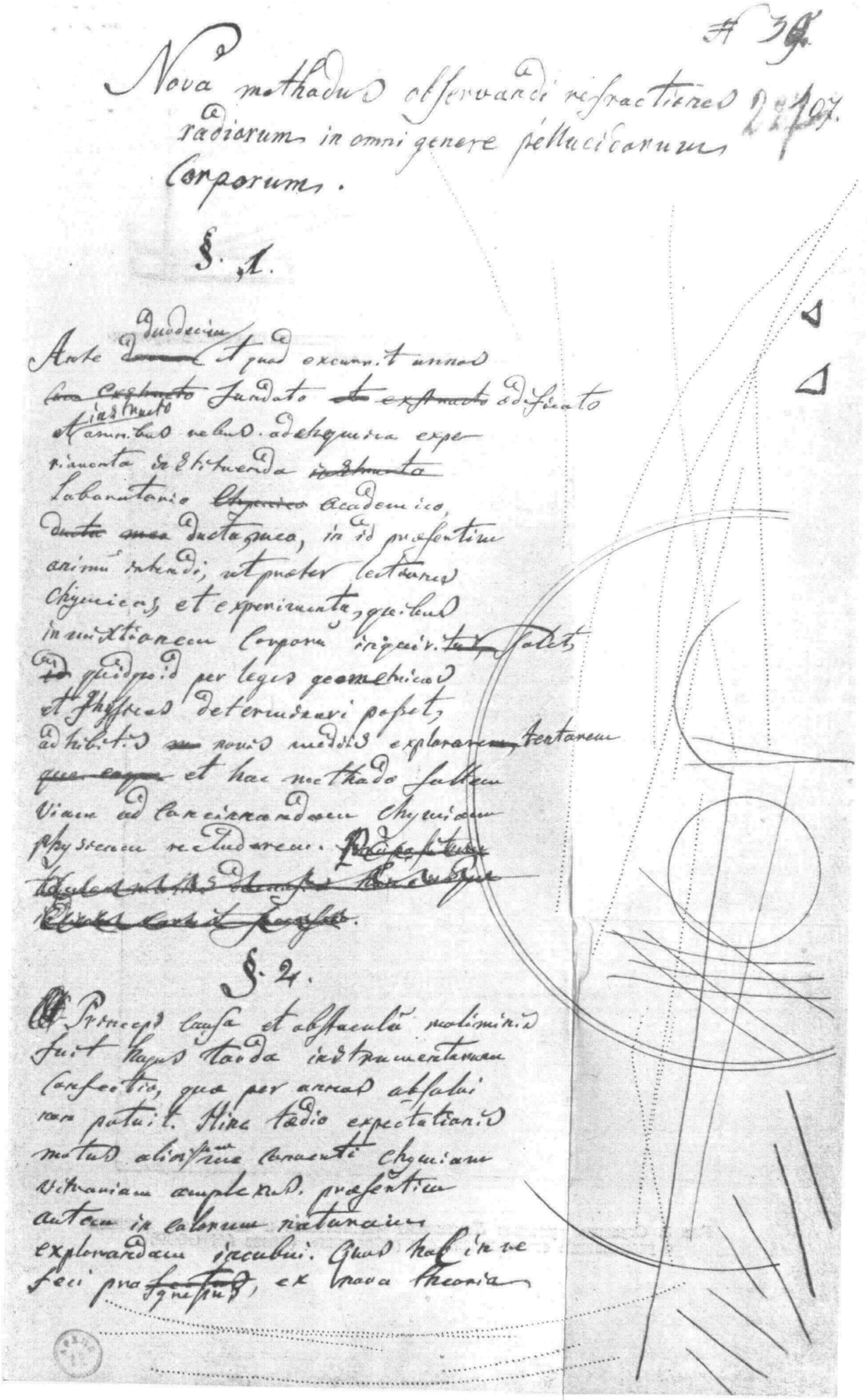
Уделяя много времени практическим работам в области химии, Волластон в 1802 г. пришёл к той же мысли, к какой на полвека раньше пришёл Ломоносов, т. е. к мысли о возможности использования показателя преломления вещества для определения его химического состава.

На построенном им рефрактометре он произвёл определение показателя преломления более чем для пятидесяти жидкостей[24].

В наше время физики и химики всех народов широко используют для анализа прозрачных веществ рефрактометрию; однако в литературе нигде нет указаний, что отцом последней был великий русский учёный Ломоносов.

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. I. Newtoni, Lectiones opticae, Londini, 1729; И. Ньютон, Лекции по оптике. Перевод, комментарии и редакция академика С. И. Вавилова, Изд-во АН СССР, Л., 1946, стр. 55—57.
2. Там же, стр. 57.
3. Там же.
4. I. Newton, Opticks. London, 1704; И. Ньютон, Оптика. Перев. с третьего англ. издания 1721 г., с примечаниями С. И. Вавилова. ГИЗ, М.—Л., 1927, стр. 211—216.
5. Там же, стр. 212.
6. Там же, стр. 213.
7. Там же, стр. 214—215.
8. Fr. Hauksbee, A Description of the Apparatus for making Experiments on the Refractions of Fluids: With a Table of the Specifick Gravities, Angles of Observations, and Ratio of Refractions of several Fluids. «The Philosophical Transaction», vol. XXVII (1710), p. p. 204—207; То же Fr. Hauksbee, Physico-Mechanical Experiments on various Subjects. 2. Ed. London, 1719, p. p. 289—293.
9. Hr. Wolf, Allerhand nützliche Versuche, dadurch zu genauer Erkäntniss der Natur und Kunst der Weg gebähnet wird... Anderer Theil, Halle, 1722, ss. 477—486.
10. Протоколы заседаний Конференции Императорской Академии Наук с 1725 по 1803 г., т. II, СПБ, 1899, стр. 266.
11. Архив Академии наук СССР (ААН), фонд 3, опись 1, № 162, л. 83.
12. Там же, л. 84; То же, фонд 3, опись 1, № 521, 17 февраля 1752 г.
13. Там же, л. 85; То же, фонд 3, опись 1, № 1150.
14. Там же, л. 85 об.
15. Там же, лл. 86, 86 об.
16. Там же, лл. 87, 87 об.
17. Протоколы, т. II, стр. 362.
18. ААН, фонд 20, опись 1, № 3, лл. 227—230.
19. Там же, л. 151 об.; «Вопросы философии», 1948, № 1 (3), стр. 382—383.
20. Там же, л. 153 об.; «Вопросы философии», 1948, № 1 (3), стр. 386—387.
21. Там же, фонд 20, опись 1, № 4, л. 18; М. В. Ломоносов, Сочинения, т. VII, Изд-во АН СССР, Л., 1934, стр. 417.
22. Там же, л. 41 об.; Соч., т. VII, стр. 442.
23. Там же, стр. 49; Соч., т. VII, стр. 449.
24. W. H. Wollaston, A method of examining refractive and dispersive powers by prismatic reflection. The Philosophical Transaction; Vol. 92 (1802) II, p. p. 365—380.



Nova methodus observandi refractiones radiorum in omni genere pellucidorum corporum.

§. 1.

Ante duodecim et quod excurrit annos fundato ~~et exstructo~~ ædificato et instructo amplius nebul. ad sequiora experimenta detinenda ~~instructa~~ laboratorio ~~Chymico~~ academico, ~~ducta sua~~ ductaque, in id præsertim animum intendi, ut præter lectiones Chymicas, et experimenta, quibus in multiformem corporum inquirit, ~~tu~~ solet, ~~id~~ quidquid per leges geometricas et physicas determinari posset, adhibitis ~~sua~~ novis modis explorarem, tentarem ~~quæ cæpi~~ et hac methodo saltem viam ad concinnandam Chymiam physicam reludarem. ~~Principium tandem ad simplex et ~~[illegible]~~ ~~[illegible]~~ ~~[illegible]~~.

§. 2.

Præcipua causa et obstaculum maximum fuit magna tarda instrumentorum confectio, quæ per annos absolvi non potuit. Hinc tædio expectationis motus aliquantum cessante Chymiam vitrariam amplexus, præsertim autem in calorum naturalium explorandum incubui. Quod hac in re feci pro ~~[illegible]~~ ingenio, ex nova theoria

Рис. 1. Первый лист рукописи Ломоносова «Новый метод наблюдения преломления лучей во всякого рода прозрачных телах» (Архив АН СССР).

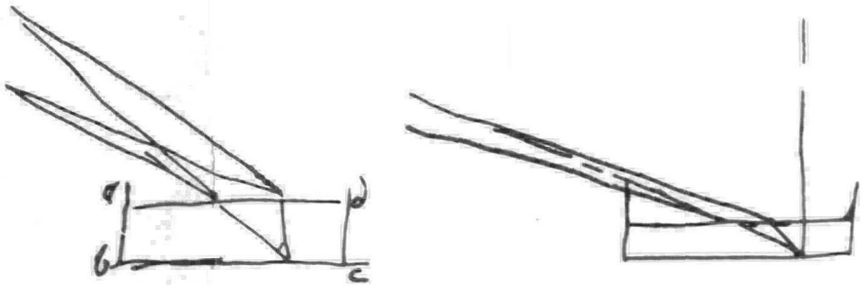


Рис. 2. Собственноручные рисунки Ломоносова преломления света в прозрачных телах (Архив АН СССР).

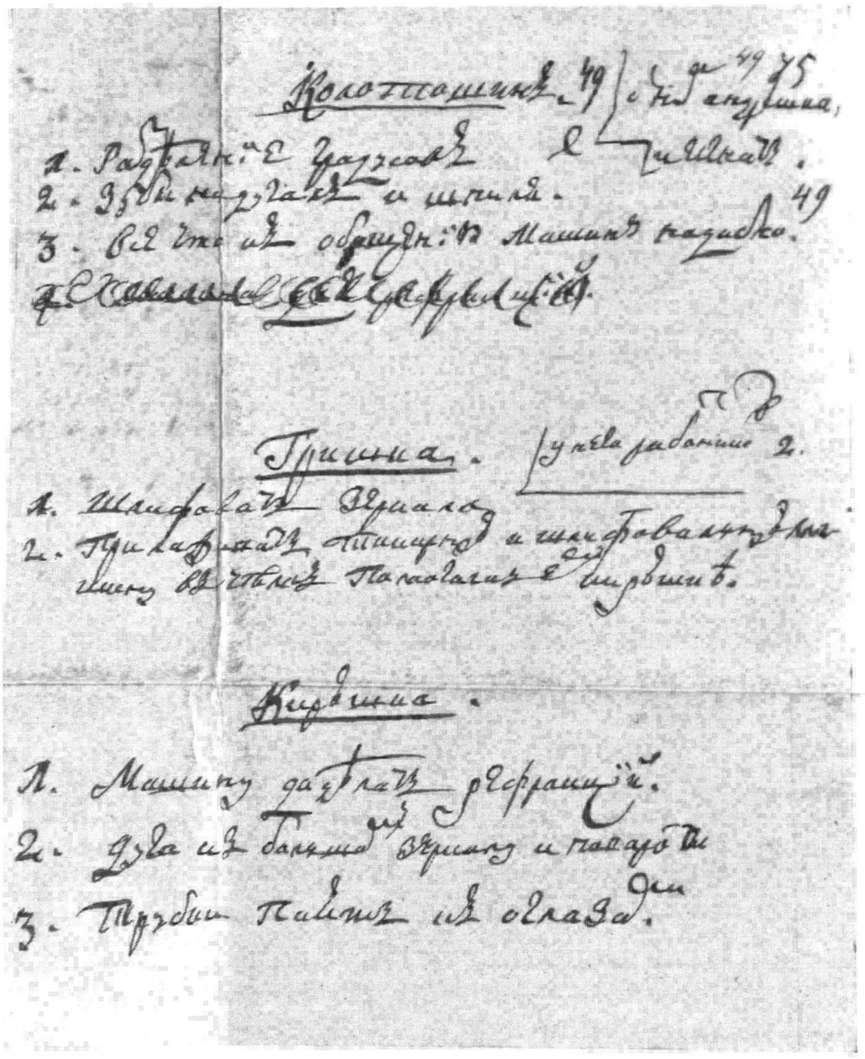


Рис. 3. Страница рукописи Ломоносова «Химические и оптические записки» с упоминанием его «машины для рефракции». (Архив АН СССР).