



О. Герике

1602—1686

Опыты с пустотой

Дискуссия относительно существования пустого пространства, развернувшаяся в середине XVII в., имела своим следствием не только опровержение представлений перипатетиков о «боязни пустоты», присущей природе, но также и изобретение ряда физических приборов, ставших впоследствии важнейшими инструментами физиков-экспериментаторов. Среди этих приборов особое место занимает воздушный насос, в усовершенствованном виде широко используемый и в наши дни. Изобретателем первого насоса является немецкий естествоиспытатель О. Герике.

Отто Герике родился 20 ноября 1602 г. в Магдебурге в обеспеченной семье. Он получил хорошее образование: с 1617 по 1626 г. Герике учился праву в университетах Лейпцига, Гельмштедта и Йены, а затем слушал лекции по математике и инженерному делу в Лейпциге, после чего совершил длительное путешествие по Франции и Англии. По возвращении на родину он был избран членом городского совета и много сил отдавал строительству и укреплению Магдебурга. В 1631 г. в ходе Тридцатилетней войны (1618—1648) Магдебург был разрушен, и Герике пришлось покинуть город. В течение десяти лет он выполнял обязанности инженера сначала в Эрфурте, находясь на службе у шведского короля, а затем в Саксонии. В эти же годы он занимался дипломатической деятельностью, которая во многом способствовала возрождению Магдебурга и заключению выгодного для города соглашения о его послевоенном статусе. За заслуги перед Магдебургом в 1646 г. Герике был избран его бургомистром. Он занимал этот пост в течение 30 лет. В 1666 г. Герике был возведен в дворянское достоинство. В 1681 г. он переехал из Магдебурга в Гамбург, где и провел последние годы жизни. Умер Герике 11 мая 1686 г.

Несмотря на большую занятость государственными и дипломатическими обязанностями, Герике на протяжении всей жизни интересовался вопросами естествознания. Его частые поездки по делам службы способствовали получению информации о работах

других ученых и распространению сведений о его собственных опытах.

Особенно остро со студенческих времен Герику волновала проблема пространства. Одним из аспектов этой проблемы был вопрос о существовании пустого пространства. Размышляя над ним, Герику решил проверить на опыте теорию Декарта, согласно которой все пространство заполнено материей. Так возникла идея его первых экспериментов по получению «пустоты», которые в конечном счете привели к созданию насоса. Используя насос, он поставил множество оригинальных опытов, доказав, в частности, что птицы и животные в безвоздушном пространстве гибнут, что колокольчик, помещенный в откачанный сосуд, перестает звенеть, что воздух занимает весь предоставленный ему объем, и т. д. Особенностью экспериментов Герику была их наглядность и убедительность, что с особой силой проявилось в истории с «магдебургскими полушариями».

Опыты Герику были многочисленны и разнообразны. Он, например, сконструировал и построил водяной барометр, с помощью которого с 1660 г. вел метеорологические наблюдения. Герику был создателем первой электростатической машины. Она представляла собой шар из серы, насаженный на горизонтальную ось, при касании которого рукой во время его вращения можно было добиться гораздо большей электризации, чем традиционным методом натирания кусочка янтаря.

Следует отметить, что Герику рассматривал свои пневматические и электрические опыты не как отдельные любопытные наблюдения, а в рамках общих представлений о системе мира. Эти представления были для XVII в. весьма смелыми. Будучи убежденным сторонником учения Коперника, Герику стремился обосновать гипотезу о множественности обитаемых миров и считал, что свойства пустого пространства независимы от божественного промысла.

Из-за большой занятости Герику не смог сам описать свои опыты. Это сделал (с его согласия) профессор математики Вюрцбургской академии иезуит К. Шотт в нескольких книгах, опубликованных в 1657—1664 гг. Именно в описании Шотта опыты Герику стали известны другим ученым и, в частности, побудили Бойля поставить опыты по исследованию свойств газов. В 1663 г. Герику подготовил свое описание экспериментов, как уже известных по книгам Шотта, так и новых. Однако его книга «Новые, так называемые магдебургские, опыты о пустом пространстве» увидела свет лишь в 1672 г. Этот труд стал одним из символов экспериментальной науки Нового времени.

Новые, так называемые магдебургские, опыты...

Глава II

Первый опыт создания пустоты путем извлечения воды

Когда я размышлял о беспредельности пространства и о том, что оно должно быть всюду, я придумал следующий опыт.

Винная или пивная бочка наполнена водой и со всех сторон прочно закупорена, так чтобы в нее не мог проникнуть наружный воздух. К нижней части бочки прикреплена металлическая трубка, с помощью которой можно извлекать воду. Тогда вода вследствие собственной тяжести должна опускаться и оставлять над собой в бочке пространство, свободное от воздуха и вследствие этого от всякого другого вещества.

Чтобы продемонстрировать справедливость этих соображений, я приготовил латунную трубу *abc* [рис. 25], которая используется при пожарах, со штоком *c* или *f*, тщательно обработанным поршнем *g* [так чтобы воздух не находил места по бокам для выхода или входа]. К трубе были прикреплены два кожаных клапана, из которых внутренний *a* или *d* на крышке трубы должен был способствовать поступлению воды, а внешний *b* — ее стоку. После установки трубы [посредством железных колец, снабженных четырьмя ушками *e*] в нижней части бочки я попытался извлечь из нее воду. Однако прежде чем вода последовала за поршнем, лопнули железные обручи и болты, с помощью которых труба была прикреплена к бочке.

Тем не менее усилия вовсе не были безнадежными. После того как недостатки установки были устранены посредством использования более прочных болтов, трое сильных мужчин, тянувших за шток, смогли наконец извлечь через верхний клапан следующую за поршнем воду.

Воздух проникает через дерево.

При этом, однако, во всех частях бочки слышался шум, как будто вода сильно кипела, и это продолжалось до тех пор, пока бочка вместо извлеченной воды не заполнилась воздухом.

Этот недостаток нужно было как-то исправить. Для этого была приобретена меньшая бочка, которую поместили внутри большой. Теперь, после того как трубка с более длинным заостренным концом была пропущена через стенки обеих бочек, я смог наполнить эту меньшую бочку водой, уплотнить отверстие, затем наполнить водой и большую бочку и начать работу заново. На этот раз уже удалось извлечь воду из меньшей бочки, и на месте воды, без сомнения, осталось пустое пространство.

Вода проникает через дерево.

Однако после того как через несколько дней работа была прекращена и все вокруг было спокойно, из бочки стал слышаться меняющийся время от времени звук, похожий на тихое ще-



Рис. 25

бетание певчих птиц. Это продолжалось почти три полных дня.

Когда же после этого открыли отверстие меньшей бочки, то оказалось, что ее большая часть заполнена воздухом и водой. Тем не менее часть ее все же была пустой, поскольку немного воздуха проникло в бочку во время ее вскрытия.

Вследствие трения воды возникает немного воздуха.

Все были удивлены тем, как вода попала в бочку, которая была со всех сторон так тщательно зашпаклевана и закупорена. Наконец, на основе многократно повторенных опытов я сделал вывод, что вода, находящаяся под большим давлением, просачивается через дерево и что из-за сжатия и возникающего при просачивании через дерево трения из воды в бочке всегда одновременно выходит немного воздуха [что впоследствии, вероятно, также следует учитывать]. Бочка, однако, не может быть полностью заполнена воздухом вследствие сопротивления, которое дерево оказывает [его] прохождению. При снятии давления прекращается также и просачивание воздуха и воды. Следовательно, в опыте была получена как бы наполовину откачанная бочка. <...>

Глава IV

**Устройство специальной машины, предназначенной
для создания пустоты**

Поскольку воздух исключительно тонкое тело, он невероятно быстро проходит через все отверстия и заполняет промежутки, какими бы малыми они ни были, и всегда некоторое количество воздуха незаметно проходит как мимо краев поршней, так и че-

рез клапаны. Поскольку невозможно установить поршень или вентиль настолько тщательно, чтобы они препятствовали любому проникновению воздуха, я построил несколько машин [так, я изготовил приспособление, с помощью которого можно было окружить воздушный насос как сверху, так и снизу водой], впервые описанных в неподобном патером Каспаром Шоттом в его книге «Гидравлико-пневматическое искусство», а затем в первой книге его «Удивительной техники» и названных «магдебургскими диковинами».

Поскольку эти машины было сложно перевозить, а мой всемогущий и могущественный господин, курфюрст Бранденбургский, мой благосклонный повелитель, пожелал увидеть эти эксперименты [которые вышеупомянутый патер Шотт назвал магдебургскими], я изготовил описываемое ниже устройство.

1. Была выкована железная тренога *abcdf* [рис. 26, *a*], высотой примерно в 2 локтя, опоры которой наверху прикрепляются к железному кольцу *bc* [рис. 26, *a*, *b*], а внизу с помощью железных болтов *afd* [рис. 26, *a*] — к полу.

2. В качестве воздушного насоса *gh* [рис. 26, *a*, *в*] следует взять латунную пожарную трубу так, как мы это описали в гл. II, а именно со свинцовым кольцом *y* наверху.

3. На этой верхней части *y* следует расположить латунную крышку *mn* [рис. 26, *a*], снабженную трубкой *n* [в которую с помощью кранов могут быть вставлены подлежащие полной откачке сосуды], укрепленную тремя болтами. Предварительно между ними следует поместить кожаное кольцо.

4. В середине с внутренней или внешней стороны эту крышку необходимо снабдить кожаным клапаном, так что поршень *h* со штоком *f* при опускании может вытягивать воздух или воду из откачиваемого сосуда в насос *gh*, а при подъеме — выводить их наружу через клапан *z* [рис. 26, *z*].

5. К-изготовленному из свинца ранту воздушного насоса следует прикрепить медный сосуд *xx* [рис. 26, *a*], предназначенный для наполнения водой.

6. Насос *ugh* [рис. 26, *б*] вместе с прикрепленным к нему сосудом ставится на треногу, причем продевается через отверстие *e* кольца *bc* [рис. 26, *б*], и затем прикрепляется к ее свинцовому ранту тремя железными болтами.

7. Чтобы нижний конец насоса не двигался, там устанавливается железное кольцо *kk* [рис. 26, *a*], которое с помощью таких же болтов крепится к трем лапкам *ooo*, стягивающим треногу.

8. К одной из ног треноги в точке *w* приделан железный рычаг *awh* [рис. 26, *a*], который можно поднимать и опускать вокруг штифта *w*.

9. С рычагом соединяется железный стержень *wt*, который, в свою очередь, в точке *t* связан с деревянным штоком *fh* [рис. 26, *д*]. Шток снабжен массивным поршнем *h* так, что с помощью этих деталей может быть приведен в действие.

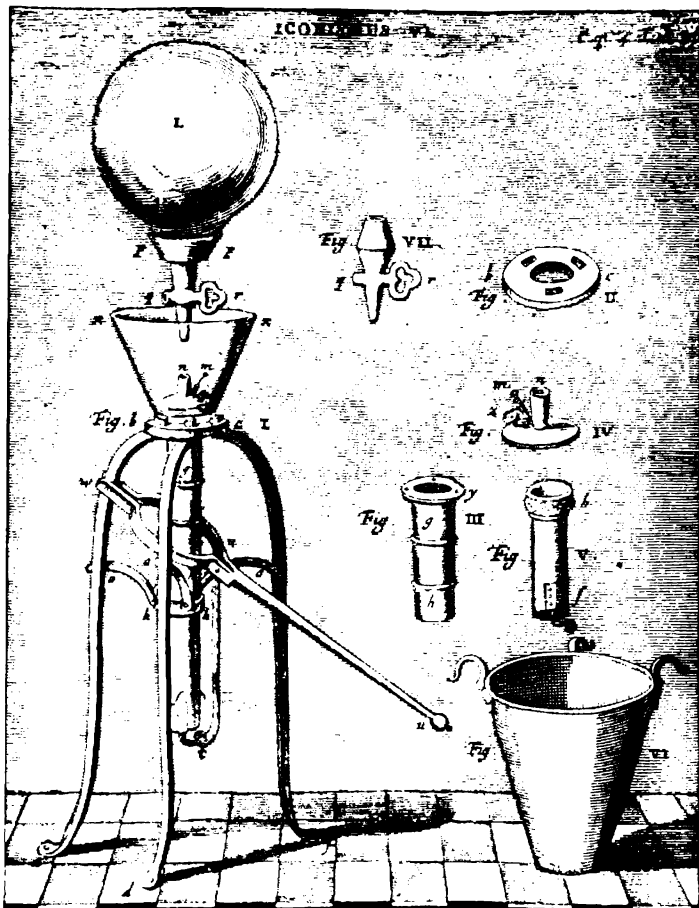


Рис. 26

10. Чтобы при этом снизу и сбоку от поршня в насос не проникал воздух, следует изготовить продолговатый медный сосуд, похожий на котелок [рис. 26, e], который тремя крючками вешается на лапки *ooo* и заполняется водой. Таким образом, нижнее отверстие воздушного насоса внутри *kk*, как и плунжер, и все другие детали с помощью воды могут быть постоянно уплотнены, так что ни сверху, ни снизу не может проходить воздух.

11. Каждое извлечение воздуха, однако, происходит, как правило, вследствие силы его упругости или расширения², так что при движении поршня воздух всегда выходит из откачиваемого сосуда в пустой насос, из которого он постепенно выталкивается. То незначительное количество воздуха, которое остается в откачиваемом сосуде, уже не обладает упругостью, достаточной для того, чтобы открыть кожаный клапан [который в большинстве

случаев снабжен металлической пружиной, чтобы клапан всегда был хорошо закрыт].

Как с помощью специальной трубки могут быть окончательно удалены остатки воздуха.

На крышке *ztn* насоса между клапаном *z* и трубкой *h* можно прикреплять трубочку, снабженную поршнем и штоком с выступом, и с ее помощью открывать и закрывать внутренний клапан. Вследствие этого удается извлекать оставшиеся в сосуде следы воздуха и в конце концов без труда можно достичь веса, свойственного им в насосе. Это устройство, однако, является избыточным, и здесь о нем достаточно лишь упомянуть для любознательных.

Если поршень поднят, то внутри насоса создается пустота.

Из описания этой машины отчетливо следует, что с ее помощью создается пустота, и те трудности, которые обычно считались непреодолимыми, могут быть разрешены. А именно, если рычаг *wai* поднят, то поршень *fh* касается крышки *tn* и насос освобожден от поршня: если поршень опустить, то внутри насоса возникает пустота. В него проникает воздух из сосуда, вследствие чего сосуд становится в конце концов пустым. {...}

Глава XXIII

Опыт, посредством которого показывается, что вследствие давления воздуха два полушария могут быть так прочно соединены, что их не могут оторвать друг от друга шестнадцать лошадей

Я велел изготовить два полушария, или чаши, из меди диаметром около $3/4$ или точно $67/100$ магдебургского локтя [поскольку обычно изготавливаемые вручную сосуды делаются не столь точно, как желательное]. Они хорошо подходят друг к другу и при том одно было снабжено краном, или, скорее, клапаном *H*, с помощью которого извлекается находящийся внутри воздух, а доступ воздуха снаружи может быть предотвращен. {...} Кроме того, чаши следует снабдить железными кольцами *NNNN*, чтобы цеплять к ним лошадей, что видно из рисунка. Далее, я велел сшить кольцо *D* из кожи, пропитанной воском [смешанным со скипидаром], так чтобы оно совершенно не пропускало воздух.

После того как это кольцо было проложено между чашами, я прижал их друг к другу и быстро выкачал из них воздух. {...} Я убедился, с какой силой были соединены чаши, между которыми находилось такое кольцо. Сжатые давлением окружающего воздуха, они соединялись так прочно, что шестнадцать лошадей либо совсем не могли их разорвать, либо могли это сделать с большим усилием. Когда же, наконец, благодаря напряжению всех сил чаши удалось разъединить, то возник шум, похожий на звук ружейного выстрела.

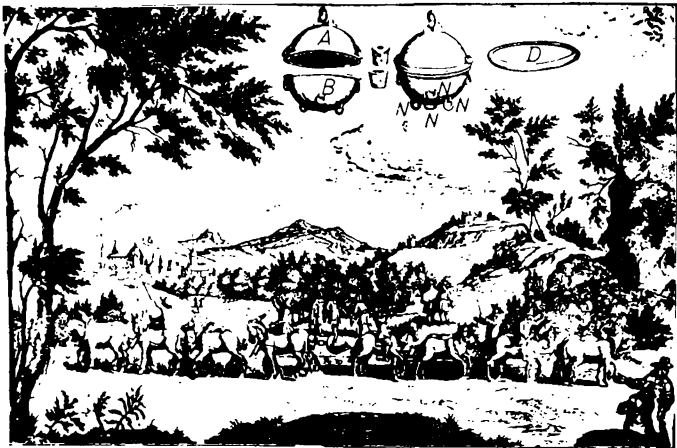


Рис. 27

После пропускания воздуха чаши могут быть легко разделены.

Однако как только мы, открывая кран *H*, предоставим доступ воздуху, чаши могут быть разделены или оторваны друг от друга вручную. Чтобы знать точно, насколько велик вес, столь сильно сдвливающий полушария, необходимо определить вес воздушных цилиндров, диаметр которых составляет $67/100$ магдебургского локтя. Мы выбрали здесь именно этот пример с той целью, чтобы по возможности облегчить понимание опыта.

Давление, которое соединяет чаши.

Вес этих цилиндров оказывается равным 2686 или 2687 фунтам, откуда следует, что давление воздуха прижимает одну из чаш к другой с силой 2686 фунтов. Другая оказывает равное противодействие. Поэтому восемь лошадей с одной стороны должны создать силу тяги 2686 фунтов для отрыва чаши, точно так же как восемь лошадей с другой стороны с той же силой тяги 2686 фунтов должны удалить вторую чашу.

Хотя восемь лошадей и могут без особого труда сдвинуть с места телегу, нагруженную 2686 фунтами, все-таки в данном случае использование тяги затруднено, поскольку сила лошадей направлена против всего столба воздуха и, так сказать, в большей степени против природы, чем при перемещении груза с помощью телеги.

Как они могут быть оторваны друг от друга с помощью груза.

Отсюда следует, что когда чаши подвешены и на нижнем конце закреплен груз 2686 фунтов, то нижняя чаша может быть оттянута и оторвана от верхней посредством этого веса [рис. 28]. Следует лишь отметить [так как давление воздуха становится то больше, то меньше], что этот вес также изменяется в соответствии с состоянием воздуха. Следовательно, этот вес

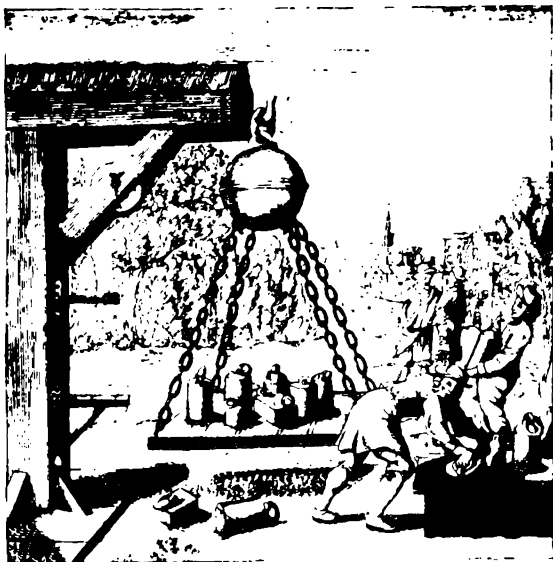


Рис. 28

представляет [конечно, сообразно размерам или, вернее сказать, основанию соответствующих цилиндров] полную массу небес.

Что следует понимать под массой небес?

Когда кто-либо пожелает узнать последнее, т. е. вес общей массы воздуха вокруг Земли, то он должен искать его, сначала вычисляя площадь Земли в квадратных милях, затем перевести ее в квадратные локти и далее действовать в соответствии с золотым правилом, как это было разъяснено в предыдущей главе. Так определяется искомый вес.

Земля вместе с воздухом образует особое космическое тело.

В результате следует вывод, что Земля [поскольку окружающий воздух обладает своим собственным весом] есть особенное и само по себе существующее мировое тело, которое сохраняется свободным и не погружено в некую небесную материю или окружено ею.

Комментарий

Перевод с немецкого отрывков из книги О. Герике выполнен Б. В. Булюбашем и С. Р. Филоновичем по изданию: Otto von Guericke's Neue «Magdeburgische» Versuche über den leeren Raum. Leipzig, 1894. Полное название книги Герике впервые изданной в 1672 г. на латинском языке в Амстердаме таково: «Новые, так называемые магдебургские, опыты о пустом пространстве, впервые изданные преосвященным отцом Каспаром Шоттом, членом Общества Иисуса и профессором математики Вюрцбургской Академии; теперь же самим авто-

ром более совершенно изданные и увеличенные другими различными экспериментами, с добавлением надежных сведений о весе воздуха, окружающего Землю; о мировых силах и системе планетного мира, а также о неподвижных звездах и том неизмеримом пространстве, которое как внутри, так и вовне их находится».

¹ Об этом идет речь в гл. I книги.

² Об упругости воздуха Герике подробно говорит в гл. XXXIII.

³ Вот как описывает сам Герике события, связанные с этим знаменитым опытом, в предисловии к книге: «Потом, когда я был послан по государственными делам на Имперский сейм, проведенный в 1654 г. в Регенсбурге, некоторые любители этих вопросов узнали об упомянутых опытах с пустотой и стали настоятельно от меня требовать, чтобы я показал им некоторые из них, что я и попытался, в меру своих возможностей, сделать.

К концу сейма, когда его участники уже начали разъезжаться, случилось так, что мои опыты стали известны Его Императорскому Величеству, курфюрстам и некоторым князьям, которые пожелали посмотреть их до отъезда; отказать этому желанию я не мог, да и не считал должным.

Больше всего они понравились Высочайшему Курфюрсту Иоганну-Филиппу, архиепископу Майнцскому и епископу Вюрцбургскому, и он настоятельно просил меня сделать подобные инструменты. Но так как трудности того времени не позволили мастерам сделать такие же инструменты, он просил меня уступить ему привезенные мною в Регенсбург машины после уплаты их стоимости и даже позаботился, чтобы они были перевезены в Вюрцбургский замок». Отметим, что «машины» Герике сохранились до наших дней.

Литература

- [1] Современное издание сочинения Герике на немецком языке с добавлением его переписки: Otto von Guericke's Neue (sogenannte) Magdeburger Versuche über den leeren Raum, nebst Briefen, Urkunden und anderen Zeugnissen seiner Lebens — und Shaffensgeschichte. Hrsg. von H. Schimank. Düsseldorf, 1968.
- [2] Kaufeld A. Otto von Guericke. Leipzig, 1980.
- [3] Калица С. П. Отто фон Герике — выдающийся физик XVII в. // Природа. 1973. № 3. С. 80—85.
- [4] Овчинников Н. Ф. О натурфилософском и опытном знании. По поводу магдебургских опытов О. Герике // Природа. 1973. № 3. С. 85—87.

Голин Г. М., Филонович С. Р.

Классики физической науки (с древнейших времен до начала XX в.): Справ. пособие. — М.: Высш. шк., 1989. — 576 с.: ил. ISBN 5-06-000058-3