



АРХИМЕД  
СТЭВИН  
ГАЛИЛЕЙ  
ПАСКАЛЬ

# НАЧАЛА ГИДРОСТАТИКИ

АРХИМЕД  
СТЭВИН  
ГАЛИЛЕЙ  
ПАСКАЛЬ

ПЕРЕВОД И ПРИМЕЧАНИЯ  
А. Н. ДОЛГОВА

Библиотека кафедры  
гидромеханики МГУ

ПАСКАЛЬ

ТРАКТАТ

О РАВНОВЕСИИ ЖИДКОСТЕЙ

TRAITEZ  
DE  
L'EQUILIBRE  
DES LIQUEURS,  
ET  
DE LA PESANTEUR  
DE LA  
MASSE DE L'AIR:

contenant l'explication des causes de divers  
effets de la nature qui n'avoient point esté  
bien connus jusques-icy, & particuliere-  
ment de ceux que l'on avoit attribuez à  
l'horreur du Vuide.

Par Monsieur PASCAL.



A PARIS,

chez WILLAUME DESPREZ, Imp. & Lib. ordin.  
à Paris, rue S. Jacques, à S. Prosper & aux trois Vecus,  
à vis la porte du cloistre des Mathurins.

M. DC. XCVIII.

AVEC PRIVILEGE DU ROY.

*Факсимиле титульной страницы трактатов Паскаля о равновесии жидкостей и весе массы воздуха в издании 1698 г.*

## ГЛАВА I

### О ТОМ, ЧТО ЖИДКОСТИ ИМЕЮТ ВЕС, СООТВЕТСТВУЮЩИЙ ВЫСОТЕ ИХ СТОЯНИЯ <sup>1</sup>

Если прикрепить к стене несколько сосудов, один такой, как на фигуре первой, другой наклонный, как на второй, затем более широкий, как на третьей, потом узкий, как на четвертой, затем такой, который представляет собою не что иное как узкую трубку, примыкающую внизу к широкому, но не имеющему почти высоты сосуду, как на фигуре пятой, наполнить все их водой до одинаковой высоты, сделать у всех внизу одинаковые отверстия, каковые закрыть пробками, чтобы удержать воду, то опыт покажет, что нужна одинаковая сила для того, чтобы воспрепятствовать этим пробкам выпасть, хотя вода в этих различных сосудах находится в весьма различных количествах. Происходит это потому, что вода имеет одинаковую высоту во всех сосудах, и мерой указанной силы является вес воды, содержащейся в первом сосуде, однородном по своей форме. И если это количество воды весит сто фунтов, то нужна сила в сто фунтов, чтобы удерживать каждую из пробок, даже и у пятого сосуда, хотя вода, заключенная в нем, не весит и одной унции (фиг. I—V).

Чтобы проверить это точно, надо закрыть отверстие пятого сосуда круглым куском дерева, обернутым прядью, как поршень насоса, каковой кусок должен входить в отверстие и проходить через него с такой точностью, чтобы не застревать и в то же время препятствовать выходу воды, затем прикрепить к середине этого поршня нитку, которая проходила бы через эту тонкую трубку, привязать ее к одному плечу коромысла весов, а на другое плечо повесить груз в сто фунтов; тогда мы увидим полное равновесие этого груза в сто фунтов с водой в тонкой трубке, каковая вода весит одну унцию; если же хотя немного уменьшить груз в сто фунтов, то вес воды опустит поршень, а следовательно, и то плечо коромысла весов, к которому он прикреплен, и поднимет то, на котором висит груз немного менее ста фунтов..

Если эта вода замерзнет, и лед, как то в действительности обычно бывает, не пристынет к сосуду, то, чтобы удержать его в равновесии, достаточно будет иметь на другом плече коромысла весов всего лишь одну унцию; если же приблизить к сосуду огонь, от которого лед растает, то понадобится уже сто фунтов, чтобы удержать в равновесии тяжесть этого льда, расплавленного в воду, хотя мы располагаем всего только одной унцией ее.

То же произойдет, если отверстия, которые закрываются пробками, будут сбоку или же в верхней части сосудов; проверить это будет еще легче, именно, следующим образом.

Надо взять сосуд, закрытый со всех сторон, сделать в верхней части его два отверстия, одно очень узкое, а другое более широкое, и укрепить над тем и другим трубки такого же размера, как и отверстия; если вставить теперь в широкую трубку поршень, а в тонкую налить воды, то легко видеть, что на поршень надо будет положить большой груз, чтобы вес воды в тонкой трубке не вытолкнул его вверх, подобно тому как в первых опытах нужна была сила в сто фунтов, чтобы воспрепятствовать выталкиванию поршня вниз, когда и отверстие находилось внизу. Если бы отверстие находилось сбоку, то нужна была бы такая же сила, чтобы вес воды не вытолкнул поршень в сторону (фиг. VI).

И если бы трубка, заполненная водой, была во сто раз шире или во сто раз уже, но вода стояла бы во всех случаях на одной высоте, то всегда понадобился бы один и тот же груз, чтобы уравновесить воду; как только груз этот будет уменьшен, вода опустится и поднимет уменьшенный груз.

#### ПРАВИЛО О СИЛЕ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ УДЕРЖАНИЯ ВОДЫ

Если же налить воду в трубку на двойную высоту, то для уравнивания воды понадобится действие на поршень двойного груза; точно так же, если сделать отверстие, в которое вставлен поршень, вдвое большего размера, то надо будет удвоить и силу, необходимую для удержания удвоенного поршня. Отсюда видно, что сила, нужная для того, чтобы воспрепятствовать воде вытекать из отверстия, пропорциональна высоте стояния воды, а не ширине сосуда, и что мерой этой силы всегда является вес воды, заключающейся в колонне ее, с высотой, равной высоте стояния воды, и основанием, равным величине отверстия.

То, что я сказал о воде, относится и ко всем другим видам жидкостей.

## ГЛАВА II.

**ПОЧЕМУ ЖИДКОСТИ ИМЕЮТ ВЕС,  
СООТВЕТСТВУЮЩИЙ ВЫСОТЕ ИХ СТОЯНИЯ**

Из всех этих примеров видно, что тонкий столбик воды удерживает в равновесии большой груз; остается показать, какова причина этого увеличения силы; мы сделаем это на следующем опыте.

**НОВЫЙ ВИД МАШИНЫ  
ДЛЯ УВЕЛИЧЕНИЯ СИЛ**

Если сосуд, наполненный водою и закрытый со всех сторон, имеет два отверстия, одно во сто раз больше другого, которые прикрыты точно пригнанными к ним поршнями, то один человек, надавливающий на малый поршень, уравновесит силу ста человек, надавливающих на поршень во сто раз больший, и преодолет силу девяносто девяти (фиг. VII).

И каково бы ни было отношение этих отверстий, всегда, когда силы, приложенные к поршням, относятся друг к другу, как отверстия, то силы эти будут в равновесии. Отсюда следует, что сосуд, наполненный водою, является новым принципом механики и новой машиной для увеличения сил в желаемой степени, потому что при помощи этого средства человек сможет поднять любую предложенную ему тяжесть.

Надо признать, что в этой новой машине проявляется тот же постоянный закон, который наблюдается и во всех прежних, как то: рычаге, блоке, бесконечном винте и т. д., и который заключается в том, что путь увеличивается в той же пропорции, как и сила. Ибо очевидно, что если одно из этих отверстий во сто раз больше другого, то человек, который давит на малый поршень и опускает его на дюйм, вытолкнет другой поршень лишь на одну сотую часть дюйма. В самом деле этот толчок происходит вследствие непрерывности воды, соединяющей один поршень с другим и обуславливающей то, что один поршень не может двигаться, не толкая другого; поэтому, когда малый поршень продвинется на один дюйм, то вода, которую он вытеснил, встретит, толкая другой поршень, отверстие во сто раз большее и займет по высоте лишь сотую часть дюйма. Таким образом путь относится к пути, как сила к сиде. Это можно даже принять за истинную причину указанного явления, так как ясно, что



совершенно безразлично, заставить ли сто фунтов воды пройти путь в один дюйм или один фунт воды — путь в сто дюймов; и если фунт воды так связан со ста фунтами ее, что сто фунтов не могут сдвинуться на один дюйм, без того чтобы не передвинуть один фунт на сто дюймов, то они необходимо должны находиться в равновесии, ибо один фунт имеет столько же силы, чтобы заставить сто фунтов сделать путь в один дюйм, сколько сто фунтов для того, чтобы заставить один фунт сделать путь в сто дюймов.

Для еще большего пояснения можно добавить, что вода под этими двумя поршнями сжата одинаково, потому что, если один поршень несет груз в сто раз больший, чем другой, то зато он касается и во сто раз большего числа частиц воды, так что каждый поршень давит одинаково; следовательно, все частицы должны быть в покое, ибо нет никакого основания, почему бы одна должна была уступать другой. Таким образом если сосуд, наполненный водой, имеет только одно отверстие, размером, например, в один дюйм, в которое вставлен поршень, нагруженный весом в один фунт, то вес тот вследствие непрерывности и жидкого состояния воды оказывает давление вообще на все части сосуда; а чтобы определить, какое давление испытывает каждая часть, — вот правило: каждая часть, размером, как и отверстие, в один дюйм, подвергается такому же давлению, как если бы на нее действовал груз в один фунт (не считая веса воды, о котором я здесь не говорю, так как я имею в виду только груз на поршне), потому что именно этот вес в один фунт давит на поршень, находящийся в отверстии; и каждая часть сосуда, большая или меньшая по размеру, испытывает большее или меньшее давление, соответствующее в точности ее величине, независимо от того, находится ли она против отверстия, сбоку, далеко или близко, потому что непрерывность и жидкое состояние воды уравнивает и делает безразличными эти обстоятельства. Таким образом нужно, чтобы материал, из которого сделан сосуд, имел во всех своих частях достаточное сопротивление, чтобы выдержать все эти усилия. Если сопротивление какой-нибудь части будет меньше, то она лопнет; если больше, то она окажет нужное противодействие; однако излишек прочности в данном случае будет бесполезным. Точно так же, если сделать новое отверстие в этом сосуде, то, чтобы остановить воду, которая из него польется, необходима будет сила, равная тому сопротивлению, которое эта часть должна оказывать, т. е.

сила в один фунт, если это отверстие таково же по величине, как и первое.

Вот еще доказательство, которое будет понятно только одним геометрам и может быть опущено другими.

Я принимаю за принцип, что никогда тело не движется под действием своего веса без того, чтобы центр тяжести его не понижался. Отсюда я вывожу, что два поршня, изображенные на фиг. VII, находятся в равновесии.

Действительно, их общий центр тяжести лежит в точке, которая делит линию, соединяющую их частные центры тяжести, в отношении их весов; пусть теперь эти поршни, если только это возможно, сдвинутся; при этом их пути будут относиться между собою, как мы уже показали, обратно их весам. Но если отыскать общий центр тяжести их для этого второго положения, то он окажется в том же точно месте, как и в первом случае, потому что он всегда лежит в точке, которая делит линию, соединяющую их частные центры тяжести, в отношении их весов; таким образом вследствие параллельности направлений их путей он всегда будет находиться на пересечении двух линий, соединяющих центры тяжести их в двух положениях. Следовательно, общий центр тяжести будет в той же точке, как и прежде, и потому два этих поршня, рассматриваемые как одно тело, должны бы были сдвинуться без понижения их общего центра тяжести; это однако противоречит принципу, и потому они сдвинуться не могут, а должны оставаться в покое, т. е. в равновесии, что и требовалось доказать.

Этим методом я доказал в небольшом Трактате по механике причину всех увеличений сил, которые имеют место во всяких других механических приборах, изобретенных до сего времени. Ибо я нахожу повсюду, что неравные грузы, находящиеся в равновесии и обуславливающие выгоду применения машин, располагаются благодаря самому устройству этих последних таким образом, что общий центр тяжести грузов не может никогда понизиться, какое бы положение они ни занимали. Отсюда следует, что они должны оставаться в покое, т. е. в равновесии.

Итак, примем за несомненную истину, что, если в сосуде, наполненном водою, имеются отверстия, к которым приложены силы, пропорциональные их площадям, то силы эти находятся в равновесии. В этом и состоит основание и смысл равновесия жидкостей, несколько примеров которого мы сейчас приведем.

**ЭТОТ НОВЫЙ МЕХАНИЧЕСКИЙ ПРИБОР  
ПОВОЛЯЕТ ПОНЯТЬ, ПОЧЕМУ ЖИДКОСТИ  
ИМЕЮТ ВЕС, СООТВЕТСТВУЮЩИЙ  
ВЫСОТЕ ИХ СТОЯНИЯ**

Этот механический прибор для увеличения сил, если хорошо понять его сущность, выявляет причину, по которой жидкости имеют вес, соответствующий высоте их стояния, а не ширине сосудов, во всех случаях, о которых мы говорили выше.

Так, на фиг. VI видно, что вода в маленькой трубке уравнивает поршень, нагруженный ста фунтами; действительно, нижний сосуд является сам по себе сосудом, наполненным водою и имеющим два отверстия; к одному из них примыкает большой поршень, а к другому — вода в трубке, являющаяся в сущности таким же поршнем и имеющая собственный вес, который и должен уравнивать вес другого поршня, если их веса относятся между собою, как площади соответствующих отверстий.

Так же и на фиг. V вода в тонкой трубке находится в равновесии с грузом в сто фунтов, потому что нижний сосуд, широкий, но небольшой по высоте, является сосудом, закрытым со всех сторон, наполненным водою и имеющим два отверстия, — одно внизу, широкое, где находится поршень, и другое — наверху, узкое, где помещена маленькая трубка. Вода в такой трубке является, собственно говоря, поршнем, имеющим собственный вес и уравнивающим другой вследствие пропорциональности весов и площадей отверстий, а также того обстоятельства, что, как уже указывалось выше, совершенно безразлично, расположены ли эти отверстия друг против друга или нет.

Отсюда видно, что вода в этих трубках играет ту же роль, как и медные поршни того же веса, ибо медный поршень, весящий одну унцию, будет точно так же находиться в равновесии с грузом в сто фунтов, как и маленький столбик воды, весящий одну унцию.

Таким образом причина того явления, что небольшой груз уравнивает груз более тяжелый, которое наблюдается во всех этих примерах, лежит не в том, что тела, которые весят так мало и которые уравнивают гораздо более тяжелые, сами состоят из жидкого вещества.

Действительно, это не было непременно условием во всех опытах, потому что и там, где маленькие медные поршни уравнивали более тяжелые, оказывалось то же самое.

Причина состоит в том, что вещество, которое содержится в сосудах и заполняет их от одного отверстия до другого, — жидкое, ибо это именно обстоятельство является общим для всех примеров. Это и есть истинная причина такого увеличения силы.

Точно так же, если в примере на фиг. V, вода, находящаяся в маленькой трубке, замерзнет, а вода, находящаяся в широком нижнем сосуде, останется жидкой, то понадобится сто фунтов, чтобы удержать вес этого льда. Если же замерзнет вода, находящаяся в нижнем сосуде, то независимо от того, замерзнет ли вода в другом сосуде или останется жидкой, понадобится только одна унция, чтобы уравновесить ее.

Отсюда кажется становится вполне ясным, что жидкое состояние тела, простирающегося от одного отверстия до другого, является причиной увеличения сил. Это и есть основание тому, что, как мы уже говорили, сосуд, наполненный водой, представляет собою механический прибор для увеличения сил.

Перейдем к другим явлениям, причину которых открывает нам эта машина.

### ГЛАВА III

#### ПРИМЕР И ПРИЧИНЫ РАВНОВЕСИЯ ЖИДКОСТЕЙ

Пусть сосуд, наполненный водой, имеет два отверстия, к каждому из которых приделана трубка; если в последние налить воды до одинаковой высоты, то оба столба жидкости будут в равновесии (фиг. VIII).

Так как высоты столбов жидкости одинаковы, то веса их будут относиться между собою, как их толщины, т. е. как площади отверстий. Объемы воды, находящейся в этих трубках, явятся как бы двумя поршнями, веса которых пропорциональны площадям отверстий, почему, согласно предыдущим доказательствам, оба столба воды и будут в равновесии.

**ПОЧЕМУ ВОДА ПОДНИМАЕТСЯ  
ТАКЖЕ ВЫСОКО, КАК ЕЕ ИСТОЧНИК**

Отсюда следует, что, если наливать воду только в одну из этих трубок, то она будет поднимать воду в другой, до тех пор пока та не достигнет одинаковой с ней высоты; после этого оба столба жидкости останутся в равновесии, потому

что это будут два поршня, имеющие веса, пропорциональные площадям отверстий.

Это есть причина, по которой вода поднимается так же высоко, как ее источник.

**ЭТИ ОПЫТЫ МОЖНО ПРОИЗВОДИТЬ,  
ЛИШЬ НАПОЛНЯЯ СОСУД ДО ОТВЕРСТИЯ ТРУБОК  
ЖИДКОСТЬЮ, БОЛЕЕ ТЯЖЕЛОЙ**

Если в трубки налить различные жидкости, например воду в одну и ртуть в другую, то обе эти жидкости придут в равновесие, когда их высоты станут пропорциональны их весам, т. е. когда высота столба воды будет в четырнадцать раз больше высоты столба ртути, потому что ртуть сама весит в четырнадцать раз больше, чем вода. Это будут два поршня, один из воды, а другой из ртути, веса которых пропорциональны площадям отверстий.

И даже если трубка с водой будет во сто раз тоньше, чем та, где находится ртуть, то этот маленький столбик воды удержит в равновесии всю большую массу ртути, лишь бы он был в четырнадцать раз больше по высоте.

Все, что мы говорили до сего времени о трубках, должно относиться и к сосудам, каковы бы они ни были, правильной формы или нет, потому что здесь имеет место то же равновесие. Так что, если вместо тех двух трубок, которые мы представляли себе примкнутыми к отверстиям, приставить к последним два так же плотно примыкающих сосуда, которые будут в некоторых местах широкими, в других узкими или наконец совсем неправильными по форме, и наполнить их жидкостями до указанной нами высоты, то последние будут находиться в равновесии и в этих неправильных трубках, точно так же, как и в правильных. Причина этому та, что давление жидкостей соответствует только высоте их стояния, но не ширине сосудов.

И доказать это очень легко, вписав в тот и другой сосуд несколько маленьких правильных трубок; тогда на основании только что доказанного будет видно, что две из этих вписанных трубок, соответствующие одна другой в обоих сосудах, находятся в равновесии. И все трубки одного сосуда будут в равновесии со всеми трубками другого. Те, кто привык к геометрическим вписываниям и описываниям, поймут это без малейшего затруднения; другим же, менее сведущим, доказать это будет очень трудно, по крайней мере геометрическим путем.

Если опустить в реку трубку с загнутым нижним концом, наполненную ртутью, таким образом, чтобы верхний конец ее выступал из воды, то ртуть частично выльется, и уровень ее понизится до некоторой высоты; далее он понижаться уже не будет и останется в таком положении, при котором высота ртути будет составлять четырнадцатую часть высоты воды над загнутым концом. Таким образом, если высота воды над загнутым концом составляет четырнадцать футов, то уровень ртути будет падать до тех пор, пока не достигнет высоты всего в один фут над загнутым концом, на каковой высоте он и остановится; вес ртути, действующий внутри, будет уравниваться весом воды, действующим снаружи трубки, потому что жидкости эти имеют высоты стояния, пропорциональные их весам, ширина же их для равновесия безразлична. По той же причине совершенно безразлично, будет ли загнутый конец широким или нет, а равно мало или много воды давит на него (фиг. IX).

Точно так же, если опускать трубку глубже, то ртуть поднимается, потому что вес воды становится большим, и наоборот, если ее поднимать, то ртуть падает, так как вес ее превышает вес воды. Если трубку наклонять, то ртуть поднимается, до тех пор пока не достигнет необходимой высоты, уменьшенной наклоном трубки, ибо наклоненная трубка не имеет той высоты, как стоящая отвесно.

То же самое происходит в обыкновенной трубке, т. е. и не загнутой. Если такую трубку, открытую сверху и снизу, наполнить ртутью и опустить в реку так, чтобы верхний конец ее выступал из воды, а нижний конец отстоял от уровня воды на четырнадцать футов, то ртуть будет вытекать, до тех пор пока высота ее не станет равной одному футу; и так она останется висеть под действием веса воды. Почему это происходит, легко понять; действительно вода, касаясь ртути снизу, а не сверху, стремится вытолкнуть ее кверху, как поршень, причем это усилие тем больше, чем больше высота воды. Так как вес этой ртути имеет столько же силы, чтобы упасть, сколько вода, чтобы вытолкнуть ее кверху, то все и остается уравновешенным (фиг. X).

Если бы в трубке не было ртути, то ясно, что вода вошла бы в нее и поднялась на высоту четырнадцати футов, т. е. до уровня ее в реке. Так как однако фут ртути весит столько же, сколько эти четырнадцать футов воды, место которых он занял, то естественно, что он держит воду в таком же равновесии, как держали его эти четырнадцать футов воды.

Если же опустить трубку в воду настолько, что верхний конец ее погрузится, то вода войдет в трубку, и ртуть вытечет: так как вода весит столько же внутри, как и снаружи трубки, то ртуть останется без необходимого для ее удержания противовеса.

#### ГЛАВА IV

### О РАВНОВЕСИИ ЖИДКОСТИ И ТВЕРДОГО ТЕЛА

Теперь мы дадим примеры равновесия воды и массивных тел, например медного массивного цилиндра. Его можно заставить плавать в воде следующим образом.

Надо взять очень длинную трубку, например в двадцать футов, которая расширялась бы к нижнему концу наподобие так называемой воронки; этот нижний конец должен быть круглым; в него надо вставить медный цилиндр, обточенный с такой точностью, чтобы он мог входить и выходить в отверстие этой воронки и перемещаться в ней, однако так, чтобы вода совершенно не могла проходить между ним и стенками воронки; таким образом он будет служить поршнем. Опуская цилиндр вместе с воронкой в реку так однако, чтобы конец трубки выступал из воды, держа трубку в руке и предоставляя медный цилиндр самому себе, мы увидим, что этот массивный цилиндр не падает, а остается подвешенным, потому что вода касается его снизу, а не сверху, ибо она не может войти в трубку; таким образом вода толкает его кверху совершенно так же, как в предыдущем примере она толкала ртуть, и притом с такой же силой, с какой медный груз стремится упасть; и оба эти противоположные усилия уравниваются. Правда для достижения такого эффекта нужно, чтобы груз был глубоко в воде, дабы последняя имела необходимую для уравнивания меди высоту; если например цилиндр имеет высоту в один фут, то нужно, чтобы от уровня воды до основания цилиндра было девять футов, так как медь сама по себе весит в девять раз больше воды; если же вода не будет иметь достаточной высоты, что произойдет например если вынимать трубку из воды, то вес таковой уменьшится, и цилиндр упадет; если, наоборот, опустить трубку глубже, чем следует, например на двадцать футов, то не только цилиндр не сможет упасть под действием своего веса, но понадобится еще употребить большое усилие, чтобы его отделить и извлечь из воронки, так как вес воды

толкает его кверху с силой, соответствующей высоте ее в двадцать футов. Если же пробить трубку, то вода войдет в нее и будет давить на цилиндр одинаково как сверху, так и снизу; тогда под действием своего веса он упадет, как и ртуть в другом примере, ибо не будет больше противовеса, который бы его поддерживал (фиг. XI).

Если трубка, которую мы только что описали, будет изогнута, и мы вставим в нее деревянный цилиндр, а затем опустим весь прибор в воду так, чтобы верхний конец по-прежнему выступал из воды; то дерево не поднимется, хотя вода и будет его окружать; наоборот, оно войдет глубже в трубку, потому что вода касается его сверху, а не снизу; так как она сама не может войти в трубку, то она давит на дерево всем своим весом вниз, а отнюдь не вверх, ибо она не касается его снизу (фиг. XII).

Если бы цилиндр этот находился как раз на уровне воды, т. е. был погружен лишь настолько, чтобы вода не стояла над ним, а сам он не выступал бы из воды, то он не мог бы быть вытолкнут весом воды ни кверху, ни книзу, потому что она не касается его ни сверху, ни снизу; не имея возможности войти в трубку и соприкасаясь с ним лишь с боков. Вследствие этого он не поднимется, так как его ничто не поднимает, а, наоборот, упадет, но лишь под действием своего собственного веса (фиг. XIII).

Если бы нижний конец трубки был повернут в сторону, наподобие посоха, туда вставлен цилиндр, и все это опущено в воду так, чтобы верхний конец трубки попрежнему выступал из воды, то вес воды втолкнул бы цилиндр сбоку внутрь трубки, потому что вода не касается его с противоположной стороны. И действовать таким образом она будет с тем большей силой, чем больше ее высота.

## ГЛАВА V

### О ТЕЛАХ, КОТОРЫЕ СОВЕРШЕННО ПОГРУЖЕНЫ В ВОДУ

Мы видели выше, что вода выталкивает кверху тела, которых она касается снизу, что она толкает книзу те, которых касается сверху, и что она толкает в сторону те, которых касается с противоположной стороны. Отсюда легко заключить, что когда тело полностью погружено в воду, то вода, касающаяся его сверху, снизу и со всех сторон, стремится толкать его и кверху, и книзу, и во все стороны. Но так как высота воды является мерилем той силы, которую



она проявляет во всех этих давлениях, то очень легко видеть, какое из этих усилий должно преобладать.

Действительно прежде всего ясно, что так как вода имеет одинаковую высоту по отношению ко всем божовым поверхностям тела, то она давит на них одинаково, и потому тело это не получит никакого сдвига ни в какую сторону, подобно флюгеру, находящемуся под действием двух одинаковых ветров; но так как вода имеет большую высоту по отношению к нижней поверхности тела, чем к верхней, то ясно, что она будет более толкать его вверх, чем вниз; а так как разность этих высот воды равна высоте самого тела, то легко понять, что вода будет толкать его более кверху, чем книзу, с силой, равной весу объема воды, занимаемого телом (фиг. XV).

**ТЕЛО, НАХОДЯЩЕЕСЯ В ВОДЕ,  
УРАВНОВЕШИВАЕТСЯ РАВНЫМ ОБЪЕМОМ ВОДЫ**

Таким образом тело, погруженное в воду, поддерживается такой же силой, как если бы оно находилось на одной чашке весов, другая чашка которых нагружена объемом воды, равным объему тела.

**ОТСЮДА СЛЕДУЕТ,  
ЧТО НЕКОТОРЫЕ ТЕЛА В НЕЙ ПАДАЮТ**

Отсюда ясно, что если тело сделано из меди или из иного вещества, которое весит больше, чем вода в том же объеме, то оно падает, потому что вес его превосходит тот, который его уравнивает.

**ДРУГИЕ ПОДНИМАЮТСЯ ИЗ НЕЕ**

Если тело сделано из дерева или другого вещества, более легкого, чем вода в том же объеме, то оно поднимается в ней со всей той силой, на которую вес воды превосходит вес тела.

**НЕКОТОРЫЕ ЖЕ  
НЕ ПОДНИМАЮТСЯ И НЕ ОПУСКАЮТСЯ**

Если же оно весит столько же, сколько и вода, то оно не падает и не поднимается, как воск, который держится в воде приблизительно около того места, куда его опустили.

Отсюда следует, что ведро из колодца нетрудно поднимать, пока оно находится в воде, и что вес его ощущается только тогда, когда оно начинает из нее выходить; равным образом и ведро, полное воска, нетрудно было бы под-

нимать, пока оно находится в воде. Это не значит, что вода, равно как и воск, имеет в воде иной вес, нежели в воздухе; это только указывает, что, находясь в воде, они имеют противовес, который они теряют, будучи вынутыми из нее; подобным же образом нетрудно поднять одну чашку весов, нагруженную ста фунтами, если другая весит столько же.

**МЕДЬ ВЕСИТ В ВОЗДУХЕ  
БОЛЬШЕ, ЧЕМ В ВОДЕ**

Далее ясно, что если медь погружена в воду, то она становится весящей менее как раз на вес равного ей объема воды, так что, если в воздухе она весит девять фунтов, то в воде она весит только восемь, ибо вода в том же объеме, создающая противовес, весит один фунт; в морской же воде медь будет весить еще меньше, потому что морская вода весит больше приблизительно на одну сорок пятую часть.

**ДВА ТЕЛА, НАХОДЯЩИЕСЯ В РАВНОВЕСИИ  
В ВОЗДУХЕ, УТРАЧИВАЮТ ЕГО В ВОДЕ**

По той же причине, если два тела, одно из меди, другое из свинца, равного веса и следовательно разного объема, — ибо меди для того же веса требуется большее количество, — положить на чашки весов, то они будут в равновесии; но если весы эти опустить в воду, то тела не будут уже больше находиться в равновесии, потому что каждое из них встретит противовес объема воды, равного его собственному объему; а так как объем меди больше, чем объем свинца, то первый будет иметь больший противовес, и потому вес свинца перетянет.

**И ДАЖЕ В СЫРОМ ВОЗДУХЕ**

Точно так же пусть два груза из разного материала приведены в полное равновесие с предельной степенью точности, которую только люди могут достигнуть; если они находятся в равновесии, когда воздух очень сух, то они потеряют его, когда воздух станет сырým.

**ВОДА ТОЛКАЕТ СВОИМ ВЕСОМ ВСЕ ТЕЛА,  
НАХОДЯЩИЕСЯ В НЕЙ, КВЕРХУ, А НЕ КНИЗУ**

По той же причине, когда человек находится в воде, то вес ее вовсе не толкает его книзу; наоборот, он толкает его кверху; но человек весит больше, чем вода, а потому

он в воде опускается, однако с гораздо меньшей стремительностью, чем в воздухе, так как этому противодействует равный ему объем воды, который весит почти столько же, сколько он сам; если бы человек весил ровно столько же, сколько вода, то он плавал бы. Поэтому, отталкиваясь от земли или делая малейшее усилие против воды, человек поднимается и плавает. В грязевые ванны человек вовсе не может погрузиться; если же его туда погружают, то он поднимается сам по себе.

Равным образом, когда мы купаемся в ванне, нам не составляет никакого труда поднять руку, пока она находится в воде; но когда мы вынем ее оттуда, то почувствуем, что она весит много, потому что она более не имеет того противовеса в виде равного объема воды, который был у нее, пока она находилась в воде.

#### КАК ТЕЛА ПЛАВАЮТ

Наконец тела, которые плавают на воде, весят как раз столько, сколько и вода, место которой они занимают, потому что вода, касаясь их снизу, а не сверху, толкает их только вверх.

Вот почему свинцовая пластинка, имеющая выпуклую форму, плавает; благодаря своей форме она занимает в воде большее место по сравнению с тем, которое она заняла бы, будучи массивной. В последнем случае она заняла бы в воде место, равное объему материала, из которого она сделана: а этого было бы недостаточно, для того чтобы ее уравновесить.

#### ГЛАВА VI

### О СЖИМАЕМЫХ ТЕЛАХ, НАХОДЯЩИХСЯ В ВОДЕ

Из всего того, что я изложил, видно, каким образом вода действует на все находящиеся в ней тела, давя на них со всех сторон; отсюда легко вывести, что если в воду будет погружено сжимаемое тело, то она должна будет сжать его по направлению к центру; действительно она это сделает, как это будет видно из следующих примеров.

Если мехи, имеющие довольно длинную трубку, например в двадцать футов, опущены в воду так, что конец трубки выступает из нее, а маленькие отверстия с одной стороны мехов заткнуты, то открыть эти мехи в воде будет трудно, тогда как в воздухе они открываются без труда; проис-

ходит это потому, что вода сжимает мехи со всех сторон; если же применить всю необходимую силу и открыть мехи, то как только сила эта ослабнет, они стремительно захлопнутся (вместо того, чтобы оставаться открытыми, как это было бы в воздухе) по причине действия веса массы воды, который на них давит. И чем глубже погружены мехи, тем труднее их открыть, потому что надо преодолевать большую высоту воды (фиг. XIV).

Точно так же, если вставить трубку, длиной в двадцать футов, в отверстие мешка, обвязать мешок кругом конца этой трубки, налить в нее ртути, до тех пор пока мешок не наполнится ею, и опустить все это в чан с водой так, чтобы конец трубки выступал из воды, то можно будет заметить, что ртуть поднимется в трубке на некоторую высоту; происходит это по той причине, что вес воды давит на мешок со всех сторон; вследствие этого и ртуть, заключающаяся в нем, испытывает давление, одинаковое во всех точках, за исключением тех, которые лежат в месте входа трубки (потому что вода не имеет туда доступа, ибо трубка, выступающая из воды, препятствует этому) и выталкивается с тех мест, где она испытывает давление по направлению к тем, где его нет; таким образом она поднимается в трубке до той высоты, на которой она весит столько же, сколько и вода снаружи трубки (фиг. XVI).

Здесь происходит то же самое, как если бы сжимать мешок руками; тогда можно без труда заставить жидкость, заключающуюся в нем, подняться в трубке; и ясно, что вода, окружающая мешок, давит на него точно таким же образом.

По той же причине, если человек поставит себе на колено конец стеклянной трубки, длиной в двадцать футов, и погрузится в таком положении в чан, полный воды, причем верхний конец трубки будет выступать из воды, то тело его вздуется в том месте, которое находится у отверстия трубки, и там образуется большая опухоль, причиняющая боль, как будто на тело поставлена кровососная банка. Происходит это потому, что вес воды сжимает его тело со всех сторон за исключением той части, которая находится у отверстия трубки, и которой вода не может достигнуть, так как трубка препятствует входу ее туда; тело как бы сдвигается с тех мест, где оно подвергается давлению, к тому, где такового нет; и чем больше высота воды, тем больше эта опухоль. Если воду удалить, то опухоль пропадет; то же произойдет, если налить в трубку воды, потому что

вес ее будет действовать на эту часть так же, как и на другие, и в этом месте не должно образоваться опухоли, как ее не образуется в других (фиг. XVII).

Явление это вполне сходно с предыдущим, так как в одном случае ртуть, а в другом — тело человека, будучи сжаты во всех своих частях за исключением тех, которые находятся у отверстий трубок, вталкиваются в эти последние, поскольку сила веса воды может это сделать.

Если на дно сосуда с водой поместить мешок, в котором находится не очень сильно сжатый воздух, то можно видеть, что он заметно сжимается; по мере же того как мы будем отливать воду, мешок будет постепенно расширяться, так как вес массы воды, находящейся над ним, сжимает его со всех сторон к центру, до тех пор пока упругость этого сжатого воздуха не делается равной весу сжимающей его воды.

Если на дно того же сосуда с водой поместить мешок, наполненный сильно сжатым воздухом, то не будет заметно никакого сжатия. Это не значит однако, что вода его не сжимает, так как противоположное наблюдается с другим мешком, с мешком, где была ртуть, с мехами и во всех других примерах. Это значит только, что вода не имеет силы заметно сжать воздух, потому что он уже и без того очень сжат. То же мы имеем в сильно натянутой пружине, например в арбалете, которую нельзя уже заметно согнуть умеренной силой, тогда как более слабая пружина сжимается ею очень заметно.

И не следует удивляться тому, что вес воды не сжимает заметно мешка, в то время как его можно гораздо заметнее сжать, надавливая на него сверху пальцем, хотя сжимающая сила будет в этом случае меньше той, с которой давит вода. Причина этой разницы заключается в том, что когда мешок находится в воде, то она давит на него со всех сторон, тогда как при нажатии на него пальцем он подвергается давлению только в одной части; а когда на него давят только в одном месте, то в нем без труда получается большое углубление, так как соседние части не сжаты, и среди них легко распределяется то, что удаляется из части, подверженной давлению. Таким образом материя, удаляемая давлением в одном месте, распределяется по всем остальным, и каждое из них получает ее понемногу; благодаря этому в данном месте образуется углубление, которое становится очень заметным по сравнению со всеми окружающими его частями, не имеющими такового.

Если же начать давить на все другие части с той же силой, как и на первую, то каждая из них отдаст то, что получила от первой, и возвратится в свое первоначальное состояние, потому что все они будут сами сжаты так же, как и она. И так как теперь будет иметь место лишь одно общее сжатие всех частей по направлению к центру, то нигде не будет более заметно местного сжатия, и судить об этом общем сжатии можно будет лишь сравнивая объем, занимаемый мешком, с тем, который он занимал ранее; а так как объемы эти очень мало отличаются друг от друга, то разницу эту заметить невозможно. Отсюда видно, каково различие между давлением в одном только месте и общим сжатием всех частей.

Это имеет сходство с телом, у которого сжаты все части за исключением только одной, где образуется вздутие вследствие притока вещества из других частей, как было показано на примере человека в воде с трубкой на колене. Точно так же, если мы начнем сжимать тот же мешок руками, то хотя бы мы и старались касаться каждой его части, всегда какая-нибудь из них останется между пальцами, и здесь образуется большое вздутие. Но если бы можно было произвести давление, распределенное повсюду равномерно, то мешок никогда нельзя было бы сжать заметно, какое бы усилие ни употреблять, при условии, что воздух в нем уже достаточно сильно сжат сам по себе; а это именно и происходит, когда он находится в воде, потому что она объемлет его со всех сторон.

## ГЛАВА VII

### О ЖИВОТНЫХ, КОТОРЫЕ НАХОДЯТСЯ В ВОДЕ

ПОЧЕМУ ВЕС ВОДЫ

НЕ СЖИМАЕТ ИХ ЗАМЕТНО

Все это объясняет нам, почему вода совсем не сжимает животных, находящихся в ней, хотя вообще она и оказывает давление на все тела, окруженные ею, как мы уже доказали это на стольких примерах. Это не значит, что она не давит на животных, но, как мы уже говорили, она, касаясь их со всех сторон, не может вызвать ни вздутия, ни углубления в каком-либо отдельном месте, а производит только общее сжатие всех частей к центру, которое не может быть заметно, если оно невелико, и которое может быть лишь чрезвычайно слабым по причине того, что тело животных очень плотно.

Если бы она касалась только одного места тела или же всех, за исключением одного, то при условии значительной высоты действие ее было бы заметно, как это мы уже видели выше; но так как она давит на тело повсюду, то ничего и не проявляется.

#### ПОЧЕМУ МЫ НЕ ЧУВСТВУЕМ ВЕСА ВОДЫ

Отсюда легко перейти к причине, по которой животные, находящиеся в воде, не чувствуют ее веса.

Действительно боль, которую мы чувствуем, когда что-нибудь давит нас, велика, если давление велико, потому что сжатая часть обескровливается, и мясо, нервы и другие части, составляющие ее, сдвигаются с их естественного места, а такое насилие не может происходить без боли. Но если давление невелико, например когда касаются пальцем кожи так легко, что та часть, до которой дотрагиваются, не обескровливается, ее мясо и нервы не сдвигаются с места, и вообще не происходит никакого изменения, то не должно испытываться и чувствительной боли; если же нас касаются таким образом во всех точках тела, то мы не должны чувствовать от подобного легкого давления никакой боли.

А это именно и происходит с животными, находящимися в воде; вес ее в действительности оказывает на них давление, но такое малое, что оно ни в каком случае не ощущается, по только что рассмотренной причине. В самом деле, так как ни одна часть тела их не сжата, не обескровлена, ни один нерв, вена или мясо не сдвинуты с места, ибо раз все находится под одинаковым давлением, то нет причины, почему они должны сдвинуться к какому-нибудь одному месту, а не другому, и наконец все остается без изменения, то следовательно тело не должно испытывать ощущения боли.

Пусть не удивляются тому, что животные не ощущают вовсе веса воды, но тем не менее чувствуют, если на них нажать сверху пальцем, хотя в этом случае нажим происходит с меньшей силой, чем это делает вода. Причина этой разницы та, что, находясь в воде, они сжаты ею вообще со всех сторон, тогда как при нажиме на них пальцем они подвергаются давлению только в одной какой-нибудь части; а мы показали, что эта разница и есть причина, вследствие которой можно произвести заметное сжатие прикосновением конца пальца, тогда как вес воды не производит заметного

сжатия, хотя бы он и был больше во сто раз; так как ощущение всегда пропорционально давлению, то эта же разница и является причиной того, что животные чувствуют прикосновение нажимающего на них пальца, но не вес воды.

Таким образом истинная причина, которая обуславливает, что животные в воде не ощущают веса ее, состоит в том, что они сжаты со всех сторон одинаково.

Точно так же, если заключить червяка в тесто и мять последнее в руках, то червяка никогда нельзя ни раздавить, ни повредить, ни даже сжать, потому что он будет подвергаться давлению во всех точках. Следующий опыт подтвердит это; надо взять стеклянную трубку, заткнутую снизу и налитую до половины водой, бросить туда три вещи: небольшой мешок, надутый до половины воздухом, другой— надутый полностью, и муху (которая в тепловатой воде живет так же хорошо, как и в воздухе) и вставить в эту трубку поршень, доходящий до воды. Если нажимать на этот поршень с какой угодно силой, например накладывая на него в большом количестве грузы, то произойдет следующее: сжатая вода будет давить на все, что в ней находится; при этом мягкий мешок сожмется очень заметно, а твердый не будет вовсе сжат, как будто нет ничего, что бы на него давило; то же будет и с мухой; последняя не будет испытывать никакой боли под действием этого большого веса, и можно будет видеть, что она свободно и быстро прогуливается вдоль стекла и даже улетает, будучи освобожденной из этой тюрьмы.

Не надо иметь много знаний, чтобы извлечь из этого опыта выводы, совпадающие с ранее доказанным.

В самом деле ясно, что этот вес давит, поскольку он может, на все тела.

Ясно, что он сжимает мягкий мешок. Следовательно он давит также и на тот, который находится рядом, потому что та же причина действует как в одном, так и в другом случае; но из опыта видно, что на последнем не проявляется никакого сжатия.

Отчего же происходит эта разница, и откуда она может получиться, как не от того единственного обстоятельства, которым мешки отличаются друг от друга, и которое состоит в том, что один мешок весь полон сжатым воздухом, накаченным туда с силой, тогда как другой наполнен лишь наполовину? Таким образом мягкий воздух, содержащийся



в одном из мешков, способен к сильному сжатию, другой же не способен, потому что он очень плотен, и сжимающая его вода, окружая его со всех сторон, не может произвести чувствительного сжатия, потому что она давит как бы на образующиеся со всех сторон своды.

Очевидно также, что и животное совсем не сжато; а почему? — Конечно по той же причине, по которой не сжат мешок, сполна заполненный воздухом. И наконец ясно, что животное по той же причине не испытывает никакой боли.

Если поместить на дно той же трубки вместо воды тесто, а в него мешок и ту же муху, сверху же наложить поршень, то, нажимая на него, мы увидим, что произойдет то же самое.

А так как соблюдение условия быть сжатым со всех сторон приводит к тому, что сжатие не может ни ощущаться, ни быть болезненным, то не следует ли согласиться с тем, что это и есть единственная причина того, что вес воды делается неощутимым для животных, находящихся в ней?

Пусть не говорят более, что это потому, что вода невесома сама по себе, ибо она весит повсюду одинаково; или что вес ее отличается от веса твердых тел, ибо всякий вес по природе своей одинаков. Мы имеем уже пример, когда муха переносит вес твердого тела, не ощущая его.

И если мы пожелаем иметь еще что-либо более доказательное, то вынем поршень и нальем в трубку воды, до тех пор пока вода, заменяющая поршень, не будет весить столько же, сколько и сам поршень; нет сомнения, что муха так же не почувствует веса этой воды, как и веса поршня. Откуда однако происходит эта нечувствительность под таким большим весом в этих двух примерах? Оттого ли, что вес этот состоит из воды? Нет, ибо когда вес вызывается плотным телом, происходит то же самое. Признаем же, что это происходит единственно потому, что животное окружено водой, так как только это обстоятельство является общим в обоих примерах. Таким образом в этом и заключается истинная причина явления.

Точно так же, если случится, что вода, находящаяся над этим животным, замерзнет, но так, что над ним останется немного жидкости, и оно будет вполне окружено ею, то и тогда животное не почувствует веса этого льда, как прежде веса воды.

И если вся вода в реке замерзнет за исключением слоя в один фут над дном, то рыбы, которые там плавают, так же не будут чувствовать веса этого льда, как и веса воды, в которую он потом обратится.

Итак животные в воде не чувствуют ее веса не потому, что давление сверху производится водою, а потому, что они окружены водою.

ПРИМЕЧАНИЕ  
К „ТРАКТАТУ О РАВНОВЕСИИ  
ЖИДКОСТЕЙ“  
ПАСКАЛЯ

Работа Паскаля, касающаяся равновесия жидкостей, вышла из печати впервые в 1663 г., т. е. через год после его смерти, вместе с работой, посвященной давлению воздуха, под заглавием: «*Traitez de l'équilibre des liqueurs et de la pésanteur de la masse de l'air*».

Из предисловия к этим работам, содержащего... «объяснение причин, которые побудили опубликовать эти два трактата после смерти Паскаля, и историю различных опытов, в них описываемых», видно, что они написаны самим Паскалем, который «очень любил краткость» и заменил ими задуманный и частью составленный им большой трактат о давлении воздуха, от которого сохранились лишь немногие отрывки. Оба указанных трактата были впоследствии переизданы. Так, для перевода мы воспользовались отдельным изданием их, выпущенным в Париже в 1698 г.; в первом полном собрании сочинений Паскаля (*Pascal, Oeuvres, Paris, 1779*) они помещены в томе IV.

Трактат о весе массы воздуха подводит итоги длительным работам Паскаля по изучению атмосферного давления, начатым им в 1644 г., когда до него впервые дошли сведения об опыте Торичелли. Первые результаты своих исследований в этом направлении он опубликовал в маленькой работе «*Expériences nouvelles touchant le vuide*», Paris, 1647 г. В сентябре 1648 г., его зятем Ф. Перье были произведены по просьбе Паскаля известные наблюдения над изменением барометрического давления при восхождении на гору Пюи де Дом в Оверне, опубликованные Паскалем под заглавием: «*Récit de la grande expérience de l'équilibre des liqueurs, projetée par le Sieur B. Pascal, pour l'accomplissement du Traité qu'il a promis dans son abbregé touchant le vuide, et faite par le Sieur F. P. en une des plus hautes Montagnes d'Auvergne, appelée vulgairement le Puy de Domme*», 1648.

Работы Паскаля над давлением воздуха продолжались и далее. Одновременно вел свои наблюдения и Перье (см. «*Récit des observations faites par Monsieur Perier continuellement jour par jour, pendant les années 1649, 1650 et 1651 en la ville de Clermont en Auvergne*» etc.). Однако ин-

интерес Паскаля к физико-математическим занятиям постепенно падал, и с 1653 г. он прекратил их вовсе.

Трактаты о равновесии жидкостей и весе массы воздуха написаны Паскалем в 1651—1653 гг., причем основные положения первого трактата используются во втором, как это и отмечено в нашем «Введении»; оба трактата сопровождаются и общим заключением, которое касается, однако, лишь вопросов о давлении воздуха.

В издании 1698 г., которым мы пользовались для перевода, помимо указанных двух трактатов Паскаля содержатся отрывки из не дошедшей до нас более обширной работы его на ту же тему, оба упомянутых выше «*Récits*», а также заметка «*Nouvelles expériences faites en Angleterre, expliquées par les principes établis dans les deux Traitez précédens*» etc.

Из всего этого материала мы приводим лишь «*Traité de l'équilibre des liqueurs*», так как в остальных работах не содержится каких-либо данных, непосредственно отвечающих нашей цели. В частности нет их и в «*Récit de la grande expérience de l'équilibre des liqueurs*» etc., чего можно было бы ожидать по заглавию, так как эта работа сполна посвящена описанию опытов над изменением барометрического давления.

Полный перевод помещаемого здесь трактата о равновесии жидкостей был выполнен покойным инж. В. Н. Степановым и обработан мною. Вследствие чрезвычайной ясности изложения текст этого трактата Паскаля совершенно не нуждается в каких-либо пояснительных замечаниях.

*Figures du Traité de l'équilibre des Liquides.*

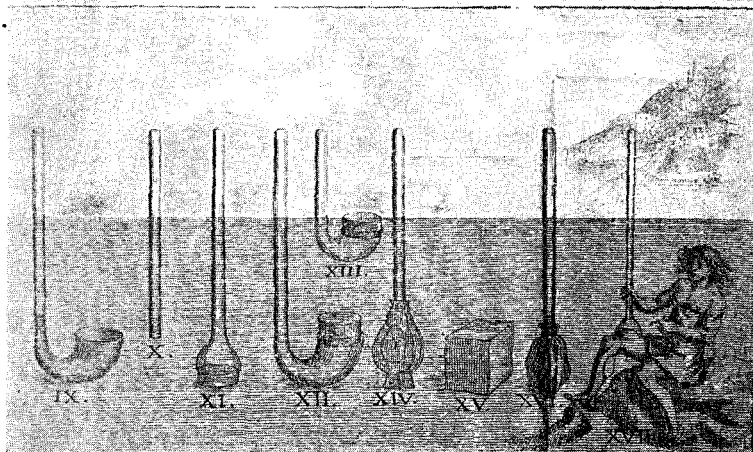
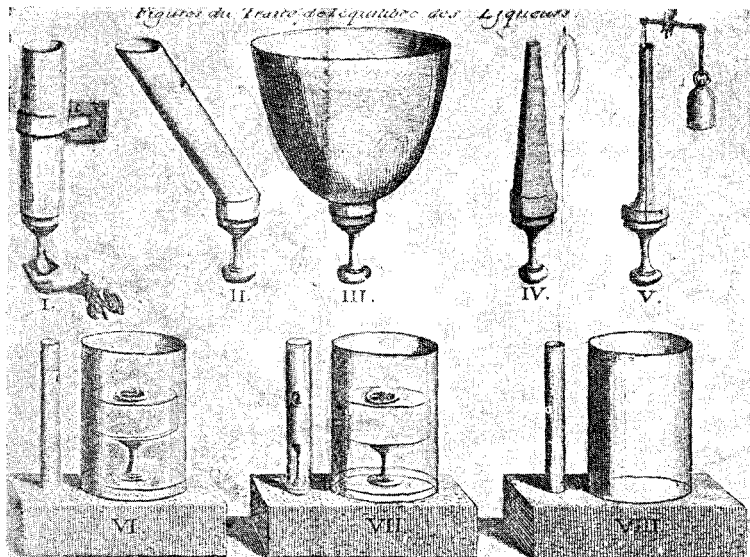


Таблица рисунков к „Трактату о равновесии жидкостей“ Паскаля