
ОТДѢЛЕНІЕ 4.

О движеніи жидкостей.

ГЛАВА ДЕВЯТАЯ.

ОБЪ ИСТЕЧЕНИИ ЖИДКОСТЕЙ ЧРЕЗЪ ОТВЕРСТІЯ, ВЪ
СТѢНКАХЪ СОСУДОВЪ СДѢЛАННЫХЪ.

§ 89. Представимъ себѣ стеклянный сосудъ съ тонкимъ не большимъ отверстіемъ въ днѣ: жидкость начнетъ вытекать слѣдующимъ образомъ. — Частицы жидкости, непосредственно надъ отверстіемъ находящіяся, прежде всѣхъ придутъ въ движеніе (фиг. 46) начиная падать по силѣ тяжести и свободнаго на нихъ давленія цѣлой массы; за ними придутъ въ движеніе другія. Легко представить себѣ, что не всѣ частицы жидкости будутъ двигаться одинакимъ,

образомъ. Частицы, прямо надъ отверстіемъ находящіяся, будутъ стремиться перпендикулярно къ отверстию со скоростію, зависящею отъ высоты паденія. Боковыя частицы будутъ имѣть косвенное движеніе, и при томъ замедленное сопротивленіемъ и трѣніемъ о стѣнки тонкаго отверстія: оттого внизу замѣтно углубленіе къ отверстию. Скорость стремленія слѣдующихъ слоевъ становится уже меньше и боковое движеніе не столько уклоняется отъ горизонтальной поверхности жидкости, такъ что почти не замѣтно никакого углубленія въ срединѣ. Такимъ образомъ горизонтальная поверхность понижается безъ особеннаго измѣненія до извѣстнаго разстоянія отъ дна; послѣ чего вліяніемъ течения къ отверстию образуется въ срединѣ надъ отверстіемъ сосуда воронкообразное углубленіе.

§ 90. Въ слѣдствіе косвеннаго движенія частицъ жидкости, находящейся не прямо надъ отверстіемъ происходитъ то, что струя вытекающей воды суживается на нѣкоторомъ разстояніи отъ отверстія. А когда кончится вліяніе косвеннаго движенія и жидкость будетъ предоставлена одному паденію, то струя отъ сопротивленія воздуха и уменьшенія сѣщенія между частицами жидкости будетъ разширяться, или разсыпаться.

§ 91. Количество жидкости, вытекающей въ данное время t зависитъ отъ величины отверстія $= a$, и скорости истеченія. Въ этомъ случаѣ не прини-

мается въ расчетъ суживаніе струи на извѣстномъ разстояніи отъ дна сосуда. Означивъ скорость истеченія чрезъ v , получимъ слѣдующее выраженіе для количества жидкости, $k=avt$.

Взявъ же во вниманіе суживаніе струи, уменьшающее количество вытекающей жидкости въ отношеніи 62: 100, получимъ:

$$k = \frac{62 \cdot avt}{100} = \frac{5}{8} avt.$$

Входящая здѣсь величина v зависитъ отъ силы тяжести и высоты жидкости въ сосудѣ; и именно $v = \sqrt{2gh}$, (§ 58), гдѣ h означаетъ высоту жидкости въ сосудѣ, g силу тяжести. — И такъ съ уменьшеніемъ высоты будетъ уменьшаться скорость истеченія, а вмѣстѣ съ тѣмъ и количество вытекающей жидкости, —

§ 92. Приставивъ къ отверстию цилиндрическую трубочку, которой длина не больше 4 діаметровъ отверстия, и вода можетъ намачивать стѣнки ея; то количество вытекающей жидкости значительно увеличится. Если же приставить коническую трубочку съ широкимъ отверстіемъ книзу, то еще больше увеличится количество вытекающей жидкости. Понятно, что струи жидкости, намачивающей стѣнки трубочки, скользя по ихъ направленію, увлекаютъ за собою другія, такъ что это направленіе движенія сообщается даже и частицамъ, въ сосудѣ находящимся; а чѣмъ менѣ косвеннаго движенія, тѣмъ

свободнѣе паденіе, и количество вытекающей жидкости больше. Приставляемыя къ отверстию трубочки для увеличенія количества вытекающей жидкости, называются *придаточными*.

§ 93. Если жидкость будетъ вытекать чрезъ боковое отверстіе, то происходитъ параболическая струя. Пусть въ сосудѣ АВ (фиг. 47) постоянно поддерживается вода на высотѣ CD; а въ боку сдѣлано отверстіе O на разстояніи $OD = h$ отъ поверхности. Жидкость вытекаетъ чрезъ отверстіе O со скоростію, $v = \sqrt{2gh}$. Съ этою скоростію струя воды должна бы двигаться по направленію ON равномерно (§ 14), ежели бы не дѣйствовала тяжесть. И такъ на массу воды, вытекающую въ какое нибудь мгновеніе, дѣйствуютъ двѣ силы, — одна равномерная, другая равномерно-ускорительная, отчего и происходитъ паденіе воды параболическою струею (§ 61). Примѣръ — теченіе воды изъ бочки; фонтаны во многихъ садахъ. Можно даже устроить и машину параболическаго движенія жидкостей, сходную съ машиною параболическаго движенія твердыхъ тѣлъ.

§ 94. Если сдѣлано отверстіе вверхъ, но такъ, чтобы вода находилась значительно выше этого отверстія, то она будетъ подниматься вверхъ въ видѣ фонтана. (фиг. 48). Если бы не было воздуха, и не дѣйствовала тяжесть, то вода поднялась бы *равною струею* до такой высоты, на которой на-

ходится вода въ резервуаръ. Отъ сопротивленія же воздуха, дѣйствія тяжести и обратнаго паденія частицъ одной на другую, фонтанъ никогда не достигаетъ высоты резервуара, и чѣмъ выше подымается, тѣмъ больше разбивается и падаетъ брызгами.

§ 95. Выше мы упомянули, что боковое давленіе жидкостей удерживается въ равновѣсіи сопротивленіемъ стѣнокъ. Ежели же сдѣлано небольшое отверстіе въ одной изъ стѣнокъ, то давленіе въ этомъ мѣстѣ уничтожается; а на противоположную остается во всей силѣ; отчего сосудъ, или трубочка можетъ повернуться, или подвинуться въ направленіи этого давленія, тогда какъ струя воды вытекаетъ по противоположному. — Любопытно видѣть это явленіе на *Зегнеровомъ колесѣ*, приводимомъ въ движеніе истеченіемъ жидкости чрезъ отверстія въ трубочкахъ. На оси *AB* (фиг. 49) вѣртится длинная жестяная трубка, къ которой внизу приделано нѣсколько горизонтальныхъ трубочекъ, на обонхъ концахъ каждой два отверстія въ противоположныя стороны. Когда наливаютъ воду въ вертикальную трубку, она, входя въ горизонтальное колесо приводитъ его въ движеніе, и струи составляютъ водяное колесо.

§ 96. *Теченіе жидкостей по каналамъ и рѣкамъ.* Если къ резервуару воды въ мѣстѣ истока приделана будетъ водопроводная труба, то надобно обращать вниманіе, будетъ ли эта труба горизонтальная

или наклоненная, длинная или короткая. Вообще теченію воды по трубамъ и каналамъ представляютъ препятствія отъ тренія и сопротивленія боковъ, особливо чѣмъ дальше отъ начала истока, тѣмъ медленнѣе становится теченіе; въ горизонтальной трубѣ можетъ и прекратиться теченіе, если она слишкомъ длинна. — Для преодоленія не обходимыхъ препятствій тренія и сопротивленія нужно дать водопроводу нѣсколько наклоненное направленіе. Тогда вода, катясь по наклоненной плоскости пріобрѣтаетъ такую скорость, съ которою движущаяся жидкость преодолеваетъ препятствія и вытекаетъ въ постоянномъ количествѣ. Въ рѣкахъ встрѣчается больше препятствій, нежели въ каналахъ: неровность дна, разширеніе и сближеніе береговъ, и неправильная ихъ форма. У береговъ теченіе медленнѣе, нежели въ срединѣ; тому причиною треніе между твердыми тѣлами и жидкостію. И въ самой срединѣ, на днѣ и при поверхности медленнѣе также отъ тренія объ дно и отъ не посредственнаго прикосновенія съ воздухомъ. Въ известномъ разстояніи отъ поверхности воды теченіе ея быстрѣе. —

§ 97. Приложение различныхъ свойствъ жидкостей въ состояніи равновѣсія и движенія къ устройству и употребленію безчисленныхъ машинъ составляетъ весьма любопытной предметъ *Гидравлики*.

Не говоря о водяныхъ мельницахъ, которыхъ устройство и дѣйствіе можетъ быть предметомъ цѣ-

лыхъ сочиненій, описаніе самыхъ обыкновенныхъ гидравлическихъ машинъ заняло бы слишкомъ много мѣста въ столь краткомъ сочиненіи, каковъ нашъ курсъ Физики. Напр. *гидравлическій прессъ* основанъ на удивительной силѣ давленія воды; *Монгольфьеровъ таранъ* подымаетъ воду силою обратнаго напора; *Архимедовъ винтъ* гонитъ воду вверхъ въ спиральномъ возвышеніи силою центрального движенія. —



ОТДѢЛЕНІЕ 5.

*Объ упругихъ жидкостяхъ и въ особенности
о воздухѣ.*



ГЛАВА ДЕСЯТАЯ.

ТЯЖЕСТЬ И УПРУГОСТЬ ВОЗДУХА.

§ 98. Подъ именемъ упругихъ жидкостей разумѣются всѣ воздухообразныя тѣла. Сюда принадлежать: воздухъ, различные газы, (какъ то: водородъ, кислородъ, угольная кислота, хлоръ и пр.) и пары. Отличительное свойство воздухообразныхъ тѣлъ есть способность расширяться и занимать большее пространство. Отъ дѣйствія посторонней силы они сжимаются; а когда она перестанетъ дѣйствовать, опять расширяются. Свойство, по которому воздухообразныя тѣла выдерживаютъ извѣстную силу

давленія, называется *упругостію*. Нѣкоторыя изъ воздухообразныхъ тѣлъ при всякомъ на нихъ дѣйствіи посторонней силы сохраняютъ свою упругость; другія же отъ сильнаго давленія, или отъ уменьшенія теплоты теряютъ свою упругость, и изъ газообразнаго состоянія переходятъ въ капельныя жидкости. Посему всѣ воздухообразныя тѣла, называемыя вообще газами, раздѣляются на два рода газовъ: на *газы постоянно упругіе*, и *газы, измѣняющіе свое состояніе*. Къ первому роду принадлежатъ: воздухъ, кислородъ, водородъ, азотъ, и пр. Ко второму — водяные пары, которые отъ уменьшенія теплоты тотчасъ превращаются въ воду, газъ угольной кислоты, который по наблюденіямъ *Тилорье* (*Thilorier* — 1834) можно превращать въ капельную жидкость и даже твердое тѣло, и множество другихъ газовъ.

§ 99. Всѣ физическія явленія воздухообразныхъ тѣлъ зависятъ отъ двухъ причинъ: отъ *силы тяжести*, которая свойственна всѣмъ тѣламъ безъ исключенія, и отъ *силы упругости*.

О воздухѣ.

§ 100. Воздухъ *тяжелъ*. Доказательства *тяжести воздуха*. Взять стеклянный шаръ вмѣстѣ съ воздухомъ, какъ онъ есть и свѣсить его; потомъ вытянуть изъ шара воздухъ посредствомъ пневма-

тической машины, или воздушного насоса, и опять свѣситъ ; опытъ показываетъ, что стеклянный шаръ безъ воздуха вѣситъ меньше, нежели съ воздухомъ въ первомъ случаѣ. Излишекъ вѣса шара въ первомъ случаѣ показываетъ, что воздухъ тяжелъ.

§ 101. Ежели же воздухъ имѣетъ вѣсъ, то долженъ обнаруживать и *давленіе* на всѣ тѣла (§ 16). Сила давленія воздуха видна изъ слѣдующаго опыта. Вытягивая воздухъ изъ подъ колокола воздушнаго насоса мы не въ состояніи сдвинуть колокола съ мѣста, оттого, что наружный воздухъ обнаруживаетъ сильное давленіе на стѣнки колокола. Замѣтимъ кстати, что мы носимъ на плечахъ своихъ столбъ цѣлой атмосферы, которой давленіе считаютъ въ 31000 фунтовъ. Мы не чувствуемъ этого страшнаго давленія по *силѣ сопротивленія и упругости* воздуха, заключающагося въ нашемъ тѣлѣ.

§ 102. *Упругость воздуха.* Это свойство видно изъ слѣдующаго простаго опыта. Положимъ подъ колоколъ воздушнаго насоса смятый, завязанный крѣпко пузырь, съ извѣстною на немъ тяжестію: по мѣрѣ вытягиванія воздуха изъ подъ колокола, пузырь будетъ раздуваться и подымать тяжесть силою упругости воздуха, въ немъ заключающагося. Чѣмъ больше подымается тяжести, тѣмъ больше упругость воздуха. Изъ этого можно заключить, что *упругость воздуха пропорціональна давленію*. Последнѣе точнѣе докажемъ это положеніе.

§ 103. Можно разрѣшать и сгущать воздухъ; въ первомъ случаѣ уменьшается, а во второмъ увеличивается упругость и сила давленія. Снарядъ, посредствомъ котораго разрѣжаютъ воздухъ, называется *воздушнымъ насосомъ*, или *пневматическою машиною*, а посредствомъ котораго сгущается воздухъ, называется *сгнетательнымъ насосомъ*.

§ 104. *Воздушный насосъ* состоитъ изъ двухъ мѣдныхъ цилиндровъ внутри которыхъ находятся поршни съ зубчатыми стержнями. Между стержнями вставлено зубчатое колесо, которое, движась на оси помощію рукоятки, одинъ стержень подымаетъ, а другой опускаетъ. Цилиндры сообщаются съ тарелкою воздушнаго насоса посредствомъ трубочки. Тарелкою же называется кругъ, находящійся на подставкѣ; въ срединѣ его отверстіе, которымъ оканчивается вышеупомянутая трубочка; на тарелку ставятъ стеклянный колоколъ. Въ основаніи обоихъ цилиндровъ есть клапаны, открывающіеся вверхъ; и въ поршняхъ есть отверстія, прикрытыя сверху клапанами. — Воздушный насосъ дѣйствуетъ слѣдующимъ образомъ: на тарелку ставятъ колоколъ, отдѣляя такимъ образомъ нѣкоторую часть воздуха; потомъ поворачиваютъ рукоятку, подымая и опуская ее. Остановимся, когда подняли въ первый разъ рукоятку, положимъ въ правую сторону: колесо повернется въ ту же сторону и подыметъ стержень праваго цилиндра; пространство между основаніемъ

его и поршнемъ увеличилось; воздухъ, устремляется изъ подъ колокола чрезъ трубочку въ правый цилиндръ, открываетъ вверхъ клапанъ, и занимаетъ большее противъ прежняго пространство. Повернемъ теперь рукоятку внизъ: опускающійся поршень давить на воздухъ, который упругостію своею открываетъ не большой клапанъ въ поршень, и выходитъ изъ цилиндра. И такъ отъ одного поворота рукоятки стало уже меньше воздуха подъ колоколомъ. Въ то время, когда опустили рукоятку, колесо повернулось въ лѣвую сторону, подняло стержень лѣваго цилиндра, отъ чего и увеличилось въ немъ пространство отъ основанія до поршня; воздухъ устремляется въ оное, поднимая клапанъ въ днѣ цилиндра, и расширяется. Поворачивая опять въ правую сторону рукоятку, мы опускаемъ поршень лѣваго цилиндра, сдавливаемъ воздухъ, который открываетъ клапанъ поршня и выходитъ наружу. Такимъ образомъ еще уменьшилось воздуху. Повернутая снова въ правую сторону рукоятка подняла поршень праваго цилиндра, пространство въ немъ увеличилось и воздухъ устремился туда; отъ обращенія рукоятки въ противную сторону воздухъ выдавливается наружу сквозь клапанъ поршня. Чрезъ нѣсколько поворотовъ рукоятки воздухъ значительно разрѣдится подъ колоколомъ.

§ 105. Для узнанія степени разрѣженія воздуха придѣлывается длинная стеклянная трубочка, кото-

рой одинъ конецъ находится въ сообщеніи съ тарелкою и воздухомъ подъ колоколомъ, а другой опущенъ въ сосудъ съ ртутью. По мѣрѣ разрѣженія воздуха подъ колоколомъ, разрѣжается воздухъ и въ трубочкѣ; наружный же давить на ртуть въ сосудъ и гонить ее вверхъ до тѣхъ поръ, пока столбъ ртути не уравниваетъ давленія наружнаго воздуха. Ежели воздухъ совершенно вытянуть, то высота столба ртути будетъ означать давленіе атмосферы. Скажемъ напередъ, что эта высота должна быть равна 28 пар. дюймамъ. Никогда нельзя разрѣдить воздуха до такой степени, чтобъ ртуть поднялась въ трубочкѣ на 28 д. Принаровненіе длинной трубочки и сосуда со ртутью не со всѣмъ удобно. Для избѣжанія сего неудобства, по основанію столика проводятъ еще трубочку, въ сообщеніи съ упомянутою прежде, и въ концѣ ея укрѣпляютъ не большую изогнутою стеклянную трубочку, которой верхній конецъ запаянъ; внутри ея ртуть и ни сколько нѣтъ воздуха; трубочку называютъ *елатерометромъ*. Пока не вытянуть еще воздухъ изъ подъ колокола; то ртуть стоитъ въ рукавѣ *cd*, наполняя оный до верху, потому что воздухъ не пускаетъ въ другой рукавъ. По мѣрѣ же разрѣженія — меньше сопротивленія, и ртуть понижается въ рукавѣ *dc*, переходя по немногу въ рукавъ *cb*. Наибольшая степень разрѣженія будетъ тогда когда ртуть станетъ на ровной высотѣ въ рука-

вахъ dc и cb ; между d и ртутью — безвоздушное пространство, следовательно и по другую сторону ртути, въ рукавахъ fb и ba безвоздушное пространство, равнымъ образомъ и подъ колоколомъ. Но какъ уже замѣтили мы нельзя разрѣдить воздуха до такой степени. Воздушный насосъ изобрѣтенъ Магдебургскимъ Бургомистромъ *Отто Герике* въ 1654 году.

§ 106. Съ воздушнымъ насосомъ производятъ слѣдующіе опыты, доказывающіе давленіе и упругость воздуха.

1.) Стекланный цилиндръ, или стаканъ безъ дна, стянутый съ одного конца пузыремъ, будучи поставленъ на тарелку воздушнаго насоса, хлопаетъ отъ разрыва пузыря.

2.) Взвѣшиваютъ воздухъ.

3.) Магдебургскія полушарія. Это суть два мѣдныя полушарія, приставляемыя одно къ другому; изъ нихъ вытягиваютъ воздухъ, послѣ чего нельзя разнять ихъ. Магдебургскими называются они по мѣсту изобрѣтенія. *Отто Герике*, открывшій дѣйствіе воздушнаго насоса, приготовилъ два огромныхъ полушара, и желая показать жителямъ города Магдебурга удивительную силу давленія воздуха пригласилъ ихъ посмотреть на свои полушарія, вытянулъ изъ нихъ воздухъ, запрягъ къ нимъ по обѣ стороны нѣсколько паръ лошадей, и полушарія не оторвались. (*Ottonis de Guericke exper. nova magd. de vacuo spatio. Amst. 1672*).

4.) Стекло тѣло съ тонкими стѣнками разрывается подъ колоколомъ; для предосторожности употребляется металлическая сѣтка.

4.) Ртуть проходитъ сквозь пальму въ видѣ дождя.

6.) Поднятіе тяжести пузыремъ.

7.) Фонтаны подъ высокимъ колоколомъ. (§ 115.) (фиг. 51).

8.) Паденіе тѣлъ въ безвоздушномъ пространствѣ.

§ 107. *Сгнетательный насосъ* состоитъ изъ металлическаго цилиндра *CD*, (фиг. 52.) внутри котораго, плотно прилегая къ стѣнкамъ, движется поршень *a*, вмѣстѣ съ стержнемъ *b*; въ верхней части цилиндра сдѣлано небольшое отверстіе, чрезъ которое можетъ входить наружный воздухъ. Поршень *a*, поднятый сначала вверхъ, опускаютъ внизъ, воздухъ, вошедшій въ цилиндръ сдавливается и сгущается на днѣ. Ежели сильно подавить рукоятку стержня, то отъ упругости сжатого воздуха, поршень какъ будто отскочитъ. Кусочикъ труту, положенный на днѣ насоса загорится отъ сильнаго сжатія воздуха. Ежели въ днѣ сгнетательнаго насоса сдѣлать небольшое отверстіе, прикрыть снаружи клапаномъ: то посредствомъ такого насоса можно сгущать воздухъ въ разныхъ приборахъ. (см. § 115, с)

§ 108. *Измѣреніе упругости воздуха. Мариоттовъ законъ.* Берется стеклянная изогнутая трубочка *ABCD*, (фиг. 53.) которой короткій конецъ плотно запаянъ; потомъ наливается столько ртути, что-

бы можно было ею наполнить нижній конец трубочки до E и F . Через это воздухъ въ короткомъ рукавѣ будетъ отдѣленъ отъ наружнаго; а какъ онъ находится съ нимъ въ равновѣсїи, то и упругость ихъ одинакова. Чтобы сжать воздухъ въ короткомъ рукавѣ въ половину пространства EF , надобно прилить въ длинный рукавъ ртути на 28 д.; сжатый въ половинное пространство воздухъ выдерживаетъ такимъ образомъ двойное давленіе — столба ртути и столба атмосферы, надъ нимъ находящагося; упругость его вдвое больше прежней. Сожмемъ еще воздухъ отъ F' до F'' на $\frac{1}{3}$ пространства $F'C$: для этого надобно прилить еще столбъ ртути въ 28 д. Такимъ образомъ воздухъ, сжатый въ пространство $F''C$ втрое меньшее FC , выдерживаетъ силою упругости своей тройное давленіе — двухъ столбовъ ртути и столба атмосферы, или трехъ столбовъ атмосферы. И такъ, чѣмъ больше воздухъ сжимается, тѣмъ больше упругость его, и, изъ предыдущаго видно, что *упругость воздуха пропорціональна давленію*. А какъ съ сжатіемъ воздуха въ меньшее пространство увеличивается и плотность его, то выходитъ слѣдующее положеніе: *плотность воздуха пропорціональна давленію*. Въ этомъ состоитъ *Маріоттовъ законъ*. — Пусть p означаетъ давленіе атмосферы, ρ плотность, а k постоянное отношеніе; то Маріоттовъ законъ выразится слѣдующею формулою $p = k\rho$.

§ 109. Говоря объ упругости воздуха мы не однократно упомянули, и какъ будто объ извѣстномъ уже обстоятельстве, что *давленіе столба ртути въ 28 пар. дюймовъ и давленіе цѣлой атмосферы одно и тоже*. Справедливости этого замѣчанія, или лучше открытію этой важной истины Физика обязана *Торичелли*, ученику Галлилея. Погружая длинную стеклянную трубочку, полную ртути открытымъ отверстіемъ въ сосудъ со ртутью, онъ замѣтилъ, что ртуть сначала упадаетъ, а потомъ подымается, тѣмъ выше, чѣмъ меньше воздуху вверху ея. Ежели тамъ совершенно безвоздушное пространство, то ртуть останавливается на 28 пар. дюймахъ, и выше нейдетъ. Это явленіе онъ приписалъ силѣ давленія атмосфернаго воздуха, и вмѣстѣ съ тѣмъ нашелъ мѣру давленія цѣлой атмосферы. Онъ первый устроилъ приборъ, служащій для измѣренія давленія воздуха и назвалъ его *барометромъ* (1643). Первымъ слѣдствіемъ сего открытія было истинное объясненіе, почему вода не подымается въ насосахъ выше 32 футовъ. Ртуть въ $13\frac{1}{2}$ разъ тяжелѣе воды; слѣдовательно, по закону равновѣсія разнородныхъ жидкостей, столбъ воды долженъ быть въ $13\frac{1}{2}$ разъ выше столба ртути въ 28 д., что и составляетъ около 32 фут. И такъ вода подымается въ насосахъ на 32 фута тою же силою атмосфернаго давленія, какъ и ртуть на 28 д.; а не потому, чтобы далѣе она боялась пустоты, какъ думали до того време-

ни. Открытіе барометра уничтожило ни на чемъ не основанное мнѣніе, что будто *природа боится пустоты*. Смѣлая истина разогнала ложный страхъ невѣдѣнія и указала удивленному уму, какъ не далеки отъ самыхъ явленій простыя ихъ причины.

§ 110. *Барометръ* есть приборъ, посредствомъ котораго измѣряется давленіе атмосферы. Онъ состоитъ изъ стеклянной трубочки, не короче 28 пар. д.; одинъ конецъ ея запаянъ, а чрезъ другой наполняется ртутью. Изъ трубочки и изъ ртути, въ ней находящейся выгоняють весь воздухъ, такъ что вверху трубочки должно быть безвоздушное пространство, которое называется *Торичеллиевою пустотою*. Наполненную и приготовленную такимъ образомъ трубочку опрокидываютъ въ сосудъ съ ртутью, вставляютъ въ деревянную, или какуюнибудь другую оправу, на которой по длинѣ трубочки дѣлають дѣленіе на дюймы и линіи. Чтобы ртуть не разливалась изъ сосуда, куда погружается трубочка, сосудъ закрываютъ крышкою, оставляя только проходъ для воздуха. Бѣльшія подробности понятіе могутъ быть изложены при изустномъ объясненіи на самомъ барометрѣ.

Дѣлають еще *сифонные барометры*, т. е. барометрическая трубочка берется изогнутая, короткій рукавъ остается открытымъ, и на него давить воздухъ, а ртуть подымается въ другомъ рукавѣ. Въ семъ случаѣ высота ртути будетъ считаться отъ

уровня ея въ короткомъ рукавъ. Къ такому барометру придѣлывается подвижная мѣдная линѣйка съ дѣленіемъ; передвигая ея, отсчитываютъ число дюймовъ, соотвѣтствующее высотѣ ртути.

§ 111. Барометръ съ чрезвычайно большою пользою употребляется для измѣренія высоты горъ; надобно знать давленіе атмосферы на различной высотѣ отъ поверхности моря; разность давленія покажетъ разность высоты двухъ мѣстъ. Впрочемъ это было бы въ такомъ случаѣ справедливо, если бы атмосфера на всемъ протяженіи своемъ была одинаковой плотности; тогда каждому дюйму столба ртути соотвѣтствовало бы извѣстное число футовъ, что легко было бы найти изъ наблюденій. Но теорія и наблюденія показываютъ, что *плотность атмосферы съ высотой уменьшается въ геометрической прогрессіи.* (*)

(*) *Доказательство.* Представимъ себѣ атмосферу раздѣленную на множество тонкихъ слоевъ; можно принять, что плотность каждаго слоя отдѣльно будетъ вездѣ одинакова. Назовемъ плотности слоевъ, начиная отъ поверхности земли d, d', d'', d''' etc, вѣсъ каждаго слоя — $p, p', p'' \dots$ etc, давленіе на каждый слой $P, P', P'' \dots$ etc. Тогда имѣемъ

$$\begin{array}{ll} d: d' = p: p' = P: P' \\ \text{или} & P: p = P': p' \\ \text{Откуда} & P: P - p = P': P' - p' \\ \text{но} & P - p = P', P' - p' = P'' \\ \text{слѣд.} & P: P' = P': P'' \\ \text{Откуда} & P'' = \frac{P'}{P} \cdot P' = Q. P' \end{array}$$

Подобнымъ образомъ найдется

$$P''' = \frac{P''}{P'} \cdot P' = Q. P''; P'''' = Q. P''' \quad \text{и т. д.}$$

Такое же отношеніе будетъ и между $d, d', d'', \dots$ etc

Раздѣливъ умственно атмосферу на горизонтальные слои, легко представимъ, что нижній слой будетъ претерпѣвать большее противъ всѣхъ давленіе; второй слой меньше, третій еще меньше и т. д., потому, что надъ каждымъ изъ нихъ будетъ лежать воздуху однимъ слоемъ меньше. Наблюденія барометрическія при восхожденіи на гору показали дѣйствительно, что давленіе атмосферы уменьшается не равномерно съ высотой мѣста. Принявъ въ соображеніе это не равномерное давленіе воздуха, мы не можемъ предполагать одинаковаго числа футовъ, соотвѣтствующаго каждому дюйму уменьшающейся высоты ртути. Въ слѣдующей таблицѣ показано число футовъ для каждой линіи отъ 28" до 20", найденное изъ опыта. Число съ двумя черточками означаетъ дюймы, съ тремя — линіи.

<i>Высота Барометра.</i>	<i>Высота слоя воздуха, въ париж. фут. соотвѣтствующая одной линіи высоты ртути.</i>
..... 28" — 27"	 78
..... 27" — 26"	 81
..... 26" — 25"	 84
..... 25" — 24"	 87
..... 24" — 23"	 91
..... 23" — 22"	 95
..... 22" — 21"	 96,6
..... 21" — 20"	 104,5

Примѣръ. Сдѣлано два наблюденія—при подошвѣ и на вершинѣ горы; внизу барометръ стоялъ на

27". 9", а вверху на 26". 5". Найти высоту горы.
 Ответъ. 9". 78 + 7". 81 = 1269 футовъ.

§ 112. Всякое тѣло, погруженное въ воздухъ теряетъ часть своего вѣса, и именно столько, сколько вѣситъ воздухъ въ объемъ взвѣшиваемаго тѣла. При обыкновенномъ взвѣшиваніи не обращаютъ вниманія на эту потерю, по незначительности вѣса воздуха, вытѣсняемаго тѣломъ, особливо не большого объема.

На основаніи предыдущаго закона можно опредѣлять плотность воздуха на различной высотѣ, и чѣмъ больше вѣсъ воздуха, вытѣсненнаго однимъ и тѣмъ же тѣломъ, тѣмъ больше плотность. Посредствомъ *Манометра* можно удостовѣриться въ томъ, что тѣло большого объема больше вытѣсняетъ воздуху, нежели тѣло меньшаго объема. Поставимъ подъ колоколъ воздушнаго насоса приборъ въ родѣ вѣсовъ съ большимъ пустымъ и не большимъ массивнымъ шарикомъ, находящимися въ равновѣсіи, и вытянемъ воздухъ: большой шаръ перетянетъ. Этотъ приборъ называется *Гериковъ манометръ*.

Посредствомъ *манометра* опредѣляется удѣльный вѣсъ газовъ. Найдемъ вѣсъ воздуха въ объемъ какого нибудь стекляннаго шара (§ 100.); потомъ впустимъ туда другаго газа, и опредѣлимъ вѣсъ его. — Отношеніе вѣса газа къ вѣсу воздуха въ одномъ объемъ показываетъ удѣльный вѣсъ газа. При этомъ надобно означать еще вели-

чину давленія и температуру, потому, что отъ большаго, или меньшаго давленія, высшей, или нисшей температуры зависитъ плотность газа, которая отъ того при одномъ и томъ же объемъ можетъ быть различна. Изъ наблюдений найдено, что водородъ почти въ 14 разъ легче воздуха; а по наблюденіямъ *Біо* и *Араго* воздухъ въ 10462 раза легче ртути. Послѣ этого легко понять, что, если весь воздуха, вытѣсненнаго какимъ нибудь тѣломъ, будетъ превышать весь самаго тѣла, то оно будетъ подыматься вверхъ и летѣть до тѣхъ поръ, пока плотность воздуха въ верхнихъ частяхъ атмосферы не будетъ въ состояніи уравнивать тяжести тѣла.

§ 113. На понятіи объ удѣльномъ весѣ воздуха и газовъ основывается устройство воздухоплавательныхъ шаровъ, или *Монгольфьеровъ*. Такъ они называются потому, что въ первый разъ сдѣланы и пущены были двумя братьями, по имени *Монгольфьеръ*, въ 1783 году. Они сдѣлали большой шаръ изъ полотна, разрѣдили въ немъ воздухъ помощію огня, и наконецъ пустили; онъ поднялся на 6000 фут. Лучше дѣлать шары изъ тафты и обмазывать всю поверхность, и особенно швы лакомъ, приготовленнымъ изъ льнянаго масла, птичьяго клею и терпентиннаго масла. *Гумбольдъ* поднимался на аеростатъ въ Америкѣ слишкомъ на $5\frac{1}{2}$ верстъ; а *Ге-Люссакъ* въ 1804 году выше 21,000 фут. или 6 верстъ.

Примѣръ устройства воздухоплавательнаго шара. Гарнеренъ (Garnerin) сдѣлалъ шаръ, котораго діаметръ равнялся почти 30 ф; а объемъ его 14130 куб. фут. Матерія шара вѣсила 270 фунт; водороду впущено 180 фунт.; и такъ вѣсъ шара = 430 фунт. а онъ вытѣснялъ воздуху 950 фунт; слѣд. $950 - 430 = 520$ фунтовъ есть сила, которою шаръ будетъ подниматься вверхъ.

§ 114. Изъ предыдущаго видно, что воздухъ оказываетъ значительное сопротивленіе какъ падающимъ такъ и движущимся въ немъ тѣламъ. Вода, вылитая изъ стакана разлетается каплями, фонтаны брызжутъ мелкимъ дождемъ отъ сопротивленія воздуха. Приборъ извѣстный подъ названіемъ водянаго молотка основанъ на ударѣ воды въ безвоздушномъ пространствѣ. Это есть стеклянная довольно длинная трубочка съ шарикомъ на концѣ; ее наполняютъ до половины водою, потомъ подогреваютъ, чтобы выгнать весь воздухъ, который и выходитъ въ узкое отверстіе шарика; потомъ закрываютъ. Держа трубочку въ рукѣ, и, переливая воду съ одного конца на другой, слышимъ рѣзкій звукъ, какъ будто отъ удара молоточка. Оттого и приборъ получилъ названіе *водянаго молотка*. — *Парашютъ* (Parachûte), или особеннаго рода зонтикъ есть изобрѣтеніе Гарнерена, помощію котораго, можно спускаться съ значительной высоты,

и предохранить себя от паденія; зонтикъ поддерживается сопротивленіемъ воздуха.

§ 115. На законахъ давленія и упругости воздуха основано дѣйствіе слѣдующихъ приборовъ: Ливера, Сифона, Геронова шара и фонтана, водяныхъ насосовъ, воздухострѣльнаго ружья, и проч.

а.) *Ливеръ* есть длинная трубочка, къ одному концу разширенная цилиндромъ; есть у нея ручка, за которую можно держать (фиг. 54). Употребляютъ для того, чтобы изъ бочки достать воды, или вина. Длиннымъ и узкимъ концемъ спускаютъ въ отверстіе бочки; чрезъ другой конецъ вытягиваютъ воздухъ: жидкость, по причинѣ большого давленія воздуха внѣ ливера входитъ въ него. Вынимая ливеръ изъ бочки, закрываютъ верхнее его отверстіе пальцемъ; а когда отымутъ палецъ, жидкость потечетъ.

б.) *Сифонъ* (фиг. 55.) есть искривленная трубочка; однимъ концемъ погружаютъ въ жидкость, а чрезъ другой вытягиваютъ воздухъ, и жидкость переливается.

с.) *Героновъ шаръ* есть стеклянный сосудъ въ видѣ шара, въ него наливается воды до половины. Чрезъ отверстіе проходитъ узкая трубочка почти до самаго дна, и чрезъ нее вдуваютъ воздухъ, который, проходя сквозь воду, скопляется вверху, давить на нее и гонить въ трубочку, изъ которой она бьетъ *фонтаномъ*. Героновъ шаръ можно ставить подъ колоколъ воздушнаго насоса. Въ большемъ раз-

мѣръ Героновъ шаръ есть жестяная ваза (фиг. 56), съ трубочкою внутри, къ ней привинчивается сгнетательный насосъ, и помощію его стгущается воздухъ въ вазѣ. По отнятіи насоса привинчиваютъ придаточныя трубочки различной формы, чрезъ которыя вода бьетъ разнообразными фонтанами.

d.) *Героновъ фонтанъ* (фиг. 57) состоитъ изъ двухъ жестяныхъ сосудовъ *a* и *b* и верхней тарелки *cd*. Отъ нея идетъ трубочка сквозь сосудъ *a* въ сосудъ *b* почти до самого дна. Сосудъ *b* сообщается съ сосудомъ *a* помощію трубочки *f*, которая входитъ въ него выше половины. Въ нижній сосудъ наливаютъ воду посредствомъ трубочки *e*, она сдавливаетъ воздухъ, который устремляется въ трубочку *f* и давитъ на воду сосуда *a*; ей некуда дѣться, и она бьетъ фонтаномъ чрезъ трубочку *g*.

e.) *Воздухострѣльное ружье* состоитъ изъ трехъ частей, которыя привинчиваются одна къ другой. Этѣ части суть: дуло, куда вкладывается пуля; курокъ съ пружинкою, упирающеюся въ клапанъ приклада, въ которомъ стгущается воздухъ помощію сгнетательнаго насоса. Когда спустимъ курокъ, пружинка откроетъ клапанъ въ прикладѣ и стгущенный воздухъ, устремляясь къ дулу, выбьетъ пулю.

f.) *Всасывающій насосъ*, или обыкновенный насосъ. Посредствомъ его поднимаютъ, или, какъ говорится, качаютъ воду. Онъ состоитъ изъ цилиндра, котораго часть *BD* (фиг. 58.) погружается въ

воду; въ C клапанъ, открывающійся кверху. Внутри цилиндра AB движется рукояткою k , на стержнѣ h поршень f ; въ немъ небольшое отверстіе gg ; съ боку трубка L для теченія воды въ подставленный сосудъ. При дѣйствіи коромысломъ k внизъ, подымается поршень и пространство въ цилиндрѣ увеличивается; отъ этого воздухъ разширится и сдѣлается рѣже; за то наружный будетъ сильнѣе давить на воду и погонитъ ее чрезъ клапанъ въ насосъ. Такимъ образомъ наберется значительное количество воды въ нижней части насоса. Подымемъ коромысло k ; поршень опустится, сдавитъ воду, которая, закрывъ клапанъ c , должна будетъ пройти сквозъ отверстіе поршня и наполнить часть насоса вверху. Опуская опять коромысло k , увеличимъ пространство efg ; воздухъ сдѣлается тамъ рѣже, а наружный погонитъ воду чрезъ клапанъ въ насосъ. При поднятіи рычага опустится поршень и продавитъ ее сквозъ свое отверстіе вверху. Отъ нѣсколькихъ поворотовъ внизъ и вверху достаточно наберется воды въ насосъ, и она польется чрезъ трубку.

g.) Сгнетательный, или сдавливающий насосъ отличается отъ предъидущаго тѣмъ, что въ немъ поршень цѣлый (фиг. 59), и когда его опускаютъ внизъ, то вода отъ силы давленія устремляется въ боковую трубку, открываетъ клапанъ, и занимаетъ часть ея. Если вмѣсто боковой трубки приделанъ

будетъ другой такой же насосъ, и поршни ихъ будутъ приводимы въ движеніе однимъ рычагомъ, укрѣпленнымъ между насосами: то изъ такого насоса можно сдѣлать употребленіе для пожарной трубы. Фиг. (59.) представляетъ разрѣзь модели пожарной трубы. Понятно какимъ образомъ дѣйствіемъ обоихъ насосовъ вода набирается въ резервуаръ *RS*, и вгоняется въ трубу *pg*. Воздухъ, заключающійся вверху резервуара *RS*, и сжимаемый скопляющеюся въ немъ водою способствуетъ не прерывному теченію струи слѣдующимъ образомъ. Вода вбирается въ насосы въ то время, когда въ котормъ нибудь изъ нихъ поднять поршень, и проходить въ резервуаръ чрезъ клапанъ, когда этотъ поршень сдавливаетъ ее; но какъ между поднятіемъ того и другаго поршня проходитъ часть времени; то струя воды и можетъ пресѣчься. Въ этотъ то промежутокъ времени воздухъ, обнаруживая давленіе на воду, гонитъ ее въ трубу, и струя дѣлается не прерывною.

h.) Волшебная лейка, волшебное сито, и прочіе подобные приборы.

В. СИЛА СЦЬПЛЕНІЯ.

§ 116. *Сцѣпленіе* есть сила взаимнаго притяженія частицъ, составляющихъ физическія тѣла. Назовемъ для краткости притяженіе частицъ въ какомъ нибудь тѣлѣ *внутреннимъ сцѣпленіемъ*, а притяженіе тѣлъ одного къ другому — *внѣшнимъ*.

ГЛАВА ОДИНАДЦАТАЯ.

ВНУТРЕННЕЕ СЦЬПЛЕНІЕ.

§ 117. Явленіе внутреннего сцѣпленія обнаруживается въ троякомъ состояніи тѣлъ различными свойствами ихъ, которыя мы рассмотрѣли въ предъ-

идущемъ отдѣль. Различная сила сцѣпленія въ твердыхъ, капельно-жидкихъ и воздухообразныхъ тѣлахъ должна безъ сомнѣнія зависѣть отъ формы и расположенія первоначальныхъ частицъ матеріи, или атомовъ. Но какъ мы ничего обстоятельнаго и удовлетворительнаго не знаемъ ни о величинѣ и формѣ атомовъ, ни о взаимномъ ихъ соединеніи и дѣйствіи: то излишне было бы впускаться въ теоретическія изслѣдованія (*) о силѣ сцѣпленія; а потому ограничимся лучше нѣкоторыми свѣдѣніями собранными опытомъ относительно дѣйствія этой силы въ твердыхъ, жидкихъ и воздухообразныхъ тѣлахъ.

§ 118. Для того, что бы нарушить связь между частицами твердыхъ тѣлъ нужна извѣстная сила, которая и будетъ служить мѣрою сцѣпленія; величина же самой силы зависѣть отъ образа ея дѣйствія на тѣло, напр. можно разрывать, разламывать, раздавливать, и проч. Какимъ бы образомъ сила ни дѣйствовала на разрывъ частей, нельзя возстановить прежней связи между ними, потому что ¹⁾ при этомъ происходятъ неровности и число прикасающихся точекъ гораздо меньше; ²⁾ воздухъ тотчасъ занимаетъ промежутки не ровной поверхности и препятствуетъ плоскостному притяженію. Напр. сажень цѣлыхъ дровъ выгоднѣе сажени расколотыхъ. Загладивъ не ровности какимъ нибудь тѣломъ въ жид-

(*) Gehl's phys. Wörterbuch. Tom. 2. Art. Cohäsion, p. 114 — 135.

комъ состояніи, напр. клеємъ, или въ металахъ спайкою, мы можемъ опять крѣпко соединить оторванные части.

§ 119. Результаты безчисленныхъ наблюденій относительно тѣркости тѣлъ собраны въ физическомъ лексиконѣ Гелера (*Gehler's phys. Wörterbuch*, T. 2. Art. *Cohaesion*. p. 135-165); тамъ же означены и всѣ сочиненія, изъ которыхъ можно почерпнуть подробѣйшія свѣдѣнія объ этомъ предметѣ. Изложимъ вкратцѣ о дѣйствіи на сцѣпляемость твердыхъ тѣлъ посредствомъ разрыва, разлома и давленія.

§ 120. *Разрывъ*. На обоихъ концахъ какого нибудь тѣла дѣйствуютъ силы въ противоположную сторону. *Ейтельвейнъ* слѣдующимъ образомъ опредѣлялъ твердость различныхъ родовъ дерева. Пусть *aa* (фиг. 60) будетъ брусъ дерева; оба конца его захвачены желѣзными кольцами *b, b*, изъ которыхъ нижнее прикрѣпляется цѣпью къ не подвижной деревянной перекладинѣ *A*, а верхнее приведено въ сообщеніе съ желѣзною же цѣпью висячаго не равноплечаго рычага *B CD*. На длинномъ плечѣ рычага привѣшивается тяжесть, которою и разрываютъ связь частицъ изслѣдуемаго рода дерева. Рычагъ прикрѣпленъ винтомъ вверху станка *A EF*. *Мушенбрекъ* (*Muschenbroek*) дѣлалъ множество подобныхъ опытовъ надъ параллелепипедами изъ различнаго вещества.

Напр. (*) параллелепипедъ въ 0,02 квад. дюйм.

изъ плавленнаго желѣза разрывается отъ	1930 фунт.
„ мѣди	600
„ свинцу	25
„ . . . кованаго желѣза	1367
„ мѣди	1100
„ . . . пластованнаго свинцу	98
„ каменной стали	2835
„ мягкой стали	2211
„ . . . слоновой кости	127
„ . . . дубоваго дерева	316
Пергаментъ въ 1 д. шириною	86
Толстая голландская бумага	12
человѣческій волосъ	2

Металлы и многія другія тѣла, особливо мягкія, растягиваются передъ разрывомъ, отчего діаметръ ихъ суживается, и нужно меньше силы, чтобы разорвать ихъ. Опредѣленіе силы, которою бы можно было разорвать веревку, канатъ, и пр. затрудняется многими побочными обстоятельствами (скручиваніе, уклоненіе волоконъ отъ прямого направленія, треніе, и пр.) Опыты показываютъ, что сухой канатъ больше выдерживаетъ силы, нежели мокрый, равнымъ образомъ и крѣпкое скручиваніе не выгодно для прочности каната.

§ 121. *Разломъ.* Для этого полоса, или пруть какого нибудь тѣла укрѣпляется на двухъ концахъ своихъ, или кладется на двѣ подставки, въ середи-

(*) Parrot. Grandriss der theor. Phys. 1. Th. p. 48-50.

нѣ привѣшпваютъ тяжесть, величина которой и опредѣляетъ силу сцѣпленія даннаго дѣла. Для сравненія берутъ другое тѣло такой же длины, ширины и толщины; отношеніе тяжестей, разламывающихъ тотъ и другой пруть, показываетъ большую, или меньшую силу сцѣпленія частицъ ихъ, или относительную твердость. Найдено, что сила, которую можетъ выдержать деревянный параллелепипедъ одинаковой плотности, находится въ прямомъ содержаніи ширины и квадрата толщины и обратномъ длины.

Замѣчаніе Камюсъ-де-Мезьера (Camus-de-Mézières) о крѣпости балокъ заслуживаетъ особенное вниманіе. Сила, которую можетъ выдержать балка, подпертая на обоихъ концахъ въ горизонтальномъ положеніи, значительно увеличивается, ежели по разрѣзу балки, чрезъ всю толщину ея вбить клинъ изъ твердаго дерева. Основываясь на этомъ можно бы употреблять складныя балки, т. е. состоящія изъ двухъ частей, которыя концами вкладываются одна въ другую. Тогда бы не было надобности употреблять цѣлыя, длинныя балки, а сила была бы больше.

§ 122. *Давленіе и ударъ.* На пруть или полосу какого нибудь тѣла, поставленные въ вертикальномъ положеніи накладываютъ тяжести; отъ чего въ извѣстномъ мѣстѣ частицы сперва выходятъ въ сторону, потомъ разсцѣпляются и палочка разла-

мывается. Сила противодействующая давлению прямо пропорциональна поперечному разрыву и обратно квадрату длины. Сюда же принадлежит и действие молотомъ на металлы и другія тѣла. Металлическія частицы, расходясь въ сторону отъ удара молота, растягиваются и дѣлаются ковкими.

§ 123. Изъ наблюденій Мушенбрека и другихъ видно, что металлы имѣютъ гораздо большую твердость, нежели дерево. Но въ одномъ и томъ же металлѣ сила сцѣпленія бываетъ различна, будетъ ли онъ кованъ, или плавленъ. Равнымъ образомъ сырое и сухое дерево представляютъ различную степень сцѣпляемости.

Теплота есть одна изъ важныхъ причинъ производящихъ измѣненіе силы сцѣпленія. Отъ теплоты тѣла разширяются и переходятъ изъ одного состоянія въ другое, превращаясь изъ твердыхъ въ капельно-жидкія, изъ жидкихъ въ воздухообразныя тѣла. Внезапное охлажденіе, только что нагрѣтаго и расплавленнаго тѣла, производитъ особенный родъ сцѣпляемости между частицами *хрупкость*.

§ 124. Изъ наблюденій надъ дѣйствіемъ сказанныхъ силъ, и прочихъ обстоятельствъ, можно вывести то различіе въ твердыхъ тѣлахъ, которое они представляютъ, раздѣляясь на упругія, мягкія, жесткія, тягучія, хрупкія, ломкія, и проч.

Упругими тѣлами называются такія, которыя при дѣйствіи вѣншей на нихъ силы измѣняютъ

свою форму, а потомъ опять принимаютъ ее, когда перестанетъ дѣйствовать на нихъ сила. Возстановленіе фигуры упругаго тѣла производить то, что напр. резиновый мячъ отскакиваетъ отъ полу; струна дрожить и качается; шарикъ слоновой кости, ударяясь о гладкую поверхность, едва покрытою масломъ оставляетъ на ней круглое пятно, и пр. Величина силы, выводящей частицы какого нибудь тѣла на извѣстное разстояніе, опредѣляетъ степень упругости этаго тѣла; длина же разстоянія, на которое выдвигается, или выходитъ каждая частица, составляетъ предѣлъ упругости тѣла, за которымъ нарушается сцѣпленіе и тѣло разрывается. Ежели бы тѣло послѣ дѣйствія на него силы, совершенно приходило въ прежнее свое положеніе, или безъ всякой перемѣны выдерживало продолжительное дѣйствіе силы, такое тѣло было бы совершенно упруго. Опыты показываютъ, что нѣтъ ни одного совершенно упругаго тѣла, равно нѣтъ ни одного тѣла совершенно не упругаго, или *мягкаго*.

Мягкимъ тѣломъ обыкновенно называютъ такое тѣло, которое удерживаетъ форму, данную ему какою нибудь постороннею силою. Ни одно тѣло не остается впрочемъ совершенно въ томъ положеніи, въ которое приведено дѣйствовавшею на него силою; частицы болѣе или менѣе возвращаются назадъ, стараясь притти въ прежнее положеніе.

Ковкія и тягучія тѣла указываютъ на особенное свойство тѣла растягиваться въ извѣстномъ направленіи и до извѣстной степени.

Хрупкими тѣлами называются такія тѣла, которыя при дѣйствіи силы въ одномъ мѣстѣ разламываются и разрываются по всемъ направленіямъ. Напр. стекло. *Болонскія сткланки и стекляшныя слезки* суть ни иное что, какъ не большая масса стекла, вылитая въ форму сткланки, или сферической поверхности и потомъ вдругъ охлажденная. Ежели отломить не большой кусочикъ болонской сткланки, вся она разлетится мгновенно на мелкія частицы. Стекло сначала расплавленное, а потомъ внезапно охлажденное и обдѣланное въ какой нибудь формѣ, (напр. въ видѣ квадрата, круга, треугольника и пр.) представляетъ особенное расположеніе частицъ, дѣлающее стекло не во всѣ стороны одинако упругимъ. На этомъ основаны особенныя явленія преломленія свѣта.

Ломкимъ тѣломъ называется такое, которое разбивается вдругъ на множество не правильныхъ частей. Это значитъ, что связь между частицами тѣла различна; а это приводитъ къ заключенію, что расположеніе и форма ихъ должны быть различны.

§ 125. Изъ всего предъидущаго можно вывести то общее заключеніе, что всякая посторонняя сила, дѣйствующая на тѣла, производитъ перемѣну въ расположеніи частицъ и тѣмъ нарушаетъ взаимную

ихъ связь. Извѣстное расположеніе частицъ тѣла естественно должно обнаруживаться различнымъ образомъ въ свойствахъ и явленіяхъ каждаго тѣла; и можно, кажется, сказать, что разнообразныя явленія, тѣлами производимыя заключаются въ различномъ внутреннемъ расположеніи ихъ частицъ.

§ 126. *Объ упругости твердыхъ тѣлъ въ особенностяхи.* Къ упругимъ тѣламъ принадлежать струны обыкновенныя и металлическія, стальные пружины, шарики слоновой кости, и проч. Частицы упругаго тѣла, при дѣйствіи на него силы, находятся въ дрожательномъ движеніи. Эти дрожанія, или качанія частицъ упругихъ тѣлъ бываютъ поперечныя и продольныя, и оба вмѣстѣ. Напр. натянутая струна, будучи приподнята въ которомъ нибудь мѣстѣ, качается вверхъ и внизъ; эти качанія замѣтны и для глаза. Продольныя качанія происходятъ тогда, когда поведемъ по длинѣ ея смычкомъ, или чѣмъ нибудь. Ежели пружину, которой одинъ конецъ прикрѣпленъ, а другой оставленъ свободнымъ, вывести изъ горизонтальнаго положенія, то она будетъ качаться долго вверхъ и внизъ, притомъ частицы ея совершаютъ и продольныя качанія. Такимъ образомъ здѣсь и поперечныя и продольныя качанія имѣютъ мѣсто въ одно время.

§ 127. Стальное кольцо, ударенное въ одномъ концѣ діаметра, сжимается и на другомъ. Гравезандъ дѣлалъ опытъ слѣдующимъ образомъ. Въ

кольцо по діаметру есть жолобокъ, въ который возль самага кольца кладется шарикъ слоновой кости; отъ удара по наружной сторонѣ кольца, шарикъ бѣжитъ по жолобу, и достигнувъ другаго конца, возвращается назадъ съ такою же силою. Это значитъ, что кольцо сжалось и на другомъ концѣ. И массивный упругій шарикъ долженъ сжаться на обоихъ концахъ діаметра, въ направленіи котораго подѣйствовала сила. Отъ сообщеннаго удара частицы раздвигаются въ сторону (§ 122), дѣйствуютъ такимъ же образомъ на сосѣднія и удаляются отъ центра, разширяясь по направленію діаметра, перпендикулярнаго къ тому, по направленію котораго произошелъ ударъ. Отъ такого діаметральнаго разширенія частицы другаго полушарія должны сжаться, иначе можетъ нарушиться связь между движущимися частицами одного полушарія и не движущимися другаго. Это обстоятельство обоюднаго сжатія упругихъ шариковъ въ діаметральномъ направленіи весьма важно въ теоріи столкновенія, или удара упругихъ шариковъ. *Опытъ*: на крючкахъ въ плоскости ABCD (фиг. 61.) виситъ нѣсколько равныхъ шариковъ слоновой кости такъ, что они прикасаются одинъ къ другому. Отведя крайній шарикъ на какой нибудь уголъ, произведемъ ударъ, при чемъ замѣтимъ, что другой крайній шарикъ отскочитъ, а между ними находящіеся не тронутся съ мѣста.

§ 128. *Объ ударъ упругихъ и неупругихъ тѣлъ.*
(см. любую Физику и Механику Поасссона).

ГЛАВА ДВѢНАДЦАТАЯ.

ВНѢШНЕЕ СЦѢПЛЕНИЕ.

§ 129. Полированные плитки мраморныя, стеклянныя, металлическія, приставленныя одна къ другой, требуютъ значительной силы, чтобы оторвать ихъ. Напротивъ другія тѣла, какъ то дерево, известь и проч. держатся крѣпко, когда прикасаются шероховатыми поверхностями. По гладкой поверхности шероховатія тѣла скользятъ, а на шероховатой удерживаются. Жидкости имѣютъ значительную силу сцѣпленья какъ между собою, такъ и съ твердыми и воздухообразными тѣлами. Двѣ капли воды, ртути, и проч., приближенныя одна къ другой сливаются въ одну. Опустимъ гладкую стеклянную, или металлическую плитку на поверхность воды, то плитка пристанетъ къ ней и потребна нѣкоторая сила, чтобы оторвать плитку отъ воды. Опытъ производится слѣдующимъ образомъ. Берутъ вѣсы, и на одной сторонѣ, вмѣсто чашечки привѣшиваютъ плитку (фиг. 62.), потомъ подставляютъ

сосудъ съ водою, или другою жидкостію, такъ что бы плитка прикасалась къ поверхности жидкости. На вѣсовую чашечку накладываютъ гирекъ; отъ постепеннаго прибавленія плитка отрывается наконецъ отъ жидкости. При чемъ замѣчаемъ, что вся поверхность плитки подернута слоемъ воды, масла, и пр.; это доказываетъ силу сѣпленія между твердымъ и жидкимъ тѣломъ. При поднятіи плитки отъ поверхности жидкости замѣчаемъ, что подымается значительное количество жидкости, масса которой съ боковъ вогнута; она-то собственно и разрывается, что доказываетъ силу сѣпленія между частицами жидкости. Напр. не разрывная масса воды, льющейся по ступенямъ каскадовъ представляетъ примѣръ сѣпляемости воды. Чтобы оторвать плитку величиною въ квадратный дюймъ, то нужно отъ

Воды	55 грановъ.
деревяннаго масла	46
спирту	33
ртути	497

Не однѣ однородныя, но и разнородныя жидкости имѣють между собою сѣпленіе въ большой, или меньшей степени. Напр.

Вода и дерев. масло	42 грана.
вода и ртуть	180.
дерев. масло и спиртъ	32.
дерев. масло и ртуть	110.

§ 130. Въ газообразныхъ тѣлахъ очевиднѣе сила

сцѣпленія съ твердыми и жидкими тѣлами. Воздухъ отдѣляется пузырьками изъ жидкости поставленной въ стаканъ подъ колоколъ воздушнаго насоса, собирается на поверхности и пристаетъ къ стѣнкамъ.

§ 131. Между твердыми и жидкими тѣлами большая или, меньшая сила сцѣпленія (*) обнаруживается тѣмъ, что однѣ жидкости *намачиваютъ твердыя тѣла*, а другія *не намачиваютъ ихъ*. Это происходитъ отъ того, что однѣ жидкости имѣютъ значительную силу сцѣпленія съ твердыми тѣлами, а въ другихъ собственная сила сцѣпленія больше, нежели съ твердыми тѣлами. Такъ вода намачиваетъ стекло, а ртуть не намачиваетъ; оттого вода при маломъ наклоненіи стакана льется черезъ край по стакану; ртуть можно удержать на флеровомъ ситѣ; сухая иголка, осторожно положенная на поверхности воды не потонетъ. Веревоочная машина Вера основана на силѣ сцѣпленія жидкостей съ твердымъ тѣломъ, и состоитъ въ слѣдующемъ (фиг 63). Широкая плоская веревка АВ проходитъ чрезъ два валика pq и $p'q'$, будучи приводима въ движеніе, что означено стрѣлками. Въ сосудѣ CD вода, которою веревка намачивается; приставшія частицы воды поднимаются вмѣстѣ съ веревкою, и частию остаются въ верхнемъ сосудѣ EF. Обернувъ веревку АВ

(*) Gehler's phys. Wörterbuch. Tom. 1. Art. Adhäsion.

нѣсколько разъ увидимъ, что въ сосудѣ EF набралось значительное количество воды.

Замѣчательны слѣдующіе опыты Каррадори (*) относительно силы сцѣпленія между твердыми и жидкими тѣлами и жидкостей между собою. 1.) Капля воды остается каплею на стеклянной пластинкѣ; винный спиртъ и эфиръ распространяются по поверхности стекла. 2.) Капля деревяннаго масла распространяется на поверхности воды concentрическими кругами; (замѣтна радужная игра цвѣтовъ); вторая же капля, пущенная по маслу не разстиляется. Если же вмѣсто второй капли масла прольемъ эфирнаго масла, то оно распространяется и гонитъ масло къ краямъ сосуда. 3.) На поверхности ртути всѣ масла распространяются точно также, какъ и на водѣ, но эфирное масло не вытягиваетъ уже деревяннаго, а остается на немъ каплею. 4.) Небольшой кусочекъ камфоры, положенный на воду вертится въ разныя стороны, ежели же воды мало, только на днѣ сосуда тонкой слой, то камфора разгоняетъ отъ себя воду. 5.) На поверхности чистой ртути камфора также вертится, скоро же перестаетъ вертѣться, когда поверхность ртути влажна. 6.) Ежели на воду пущена капля масла, или положенъ кусочекъ листоваго олова; то

(*) Parrot. Grundriss der theor. Phys. Th. 1. 77-85. Ann. de ch. L1. 217.

камфора не движется. 7.) Фосфоръ представляет подобныя явленія. Причина движенія камфоры заключается въ силѣ сцѣпленія между частицами воды, и испареніями камфоры, которыя, распространяясь по поверхности, должны дѣйствовать на не ровный кусочекъ камфоры, увлекать съ собою, или ворочатъ на мѣстѣ. Движенія фосфора, напр., останавливаются, когда образовался слой испареній на поверхности воды или ртути; ежели снять этой слой острымъ ножомъ, то движеніе опять начинается. 8.) Сухая мука расплывается на водѣ, а плаунный порошокъ не расплывается, потому что не намачивается водою. Оттого, посыпавъ на воду плаунаго порошку можно достать на днѣ сосуда лежащую вещь, не замочивъ пальцевъ.

Основываясь на силѣ сцѣпленія можно осторожно налить одну на другую такія жидкости, которыя обыкновенно смѣшиваются химически. Равнымъ образомъ, поступая осторожно можно налить тяжѣйшую жидкость на легчайшую, лишь бы нѣсколько первыхъ капель успѣли распространиться на поверхности легчайшей жидкости, слѣдующія будутъ распространяться уже по закону сцѣпленія однородныхъ жидкостей.

О капиллярности, или волосныхъ явленіяхъ.

§ 131. Подъ именемъ капиллярности разумѣется явленіе, которое состоитъ въ томъ, что нѣкоторыя жидкости въ узкихъ, или волосныхъ трубочкахъ по-

дымаются выше уровня въ большомъ сосудѣ, куда погружена волосная трубочка, а другія жидкости стоятъ ниже своего уровня, напр. вода стоитъ выше, а ртуть ниже. Это основывается въ одномъ случаѣ на ббльшей силѣ сцѣпленія частицъ жидкости съ стекломъ, нежели частицъ жидкости между собою; а въ другомъ случаѣ — на оборотъ.

§ 132. Вода намачиваетъ стѣнки трубочки, слѣдовательно притягивается къ нимъ; а эта сила притяженія уничтожаетъ давленіе, которое бы частицы воды, прилежащія къ стеклу обнаруживали на дно трубочки. Пусть трубочка *abcd* (фиг. 64.) и другая узкая *efgh* находятся въ сообщеніи. Давленіе жидкости въ большой трубчкѣ на дно ея зависитъ отъ высоты *mc*. Для сохраненія равновѣсія однородной жидкости, находящейся въ сообщенныхъ сосудахъ, давленіе жидкости въ трубчкѣ *efgh* должно быть одинако съ давленіемъ жидкости въ трубчкѣ *abcd* на одинакія плоскости. Раздѣлимъ столбъ воды въ трубчкѣ *efgh* на нѣсколько безконечно тонкихъ столбовъ. Столбъ жидкости при поверхности стекла долженъ уравнивать столбъ жидкости *mc*; но какъ верхніе частицы перваго столба обнаруживаютъ меньшее давленіе, нежели частицы прочихъ столбовъ; то равновѣсія между сказанными двумя столбами не можетъ быть до тѣхъ поръ, пока одинъ изъ нихъ не будетъ заключать больше частицъ, и слѣд. не будетъ выше. Возьмемъ слѣдую-

ніе два столба $m'e'$ и $g'e'$ и между ними равновѣсіе нарушается тѣмъ, что частица g' , находясь еще въ сферѣ притяженія стекла, оказываетъ уже меньшее давленіе; сверхъ того и окружающія частицы воды обнаруживаютъ на нее силу сцѣпленія; Обѣ эти силы поднимаютъ ее, а съ нею вмѣстѣ и другія, съ которыми она связана силою сцѣпленія; но какъ притяженіе стекла въ этомъ мѣстѣ меньше нежели возлѣ самой стѣнки, то частица g' будетъ ниже частицы g . Продолжая такимъ образомъ разбирать слѣдующіе столбы, увидимъ, что жидкость должна подняться, и при томъ у краевъ будетъ выше, такъ, что поверхность воды въ волосной трубчкѣ будетъ вогнутая.

Чѣмъ меньше діаметръ, тѣмъ выше стоитъ вода: *высота жидкостей въ волосныхъ трубчкахъ обратно пропорціональна радіусамъ трубочекъ.*

§ 133. Жидкости, не намачивающія стекла, стоятъ въ волосныхъ трубчкахъ ниже уровня и имѣютъ поверхность выпуклую. Представимъ двѣ трубочки, (фиг. 65.) имѣющія сообщеніе, изъ которыхъ одна волосная, другая обыкновенная и напомнимъ ртутью. Какъ ртуть не намачиваетъ стекла, а сила взаимнаго притяженія частицъ ртути больше, нежели между ею и стекломъ, то въ срединѣ трубочки ртуть должна стоять выше, нежели у краевъ; отъ чего происходитъ выпуклая поверхность.

На основаніи общихъ законовъ давленія жидко-

стей, пусть ртуть въ волосной трубкѣ будетъ на той же высотѣ, какъ и въ трубкѣ *abcd*. Раздѣлимъ объ трубочки на нѣсколько вертикальныхъ столбовъ и будемъ сравнивать величину давленія. По силѣ тяжести вертикальное давленіе у всѣхъ у нихъ было бы одно и тоже, не смотря ни на какую форму сосуда, въ которомъ жидкость заключается; въ этомъ отношеніи волосную трубчатку съ выпуклою поверхностію ртути можно принять за такого рода сосудъ. Но къ вертикальному давленію по силѣ тяжести прибавляется еще давленіе, происходящее отъ силы сѣпленія между частицами на не горизонтальной поверхности, а именно: частица g' дѣйствуетъ на g по направленію gg' , которое разложивъ по закону параллелограмма силъ на gh и $g'h$ увидимъ, что на частицу дѣйствуетъ еще сила gh , стремящаяся понизить ее. Такого дѣйствіе всѣхъ частицъ одной на другую, находящихся въ сферѣ сѣпленія и дѣятельности стекла, между горизонтальною линіею pq и кривою $pgg'q$. Изъ сего слѣдуетъ, что столбъ ртути въ волосной трубкѣ долженъ быть ниже уровня въ трубкѣ *abcd*.

§ 134. Къ волоснымъ явленіямъ принадлежать еще слѣдующія.

Ежели двѣ стеклянныя пластинки, соединенныя въ линіи АВ (фиг. 66.), и расходящіяся весьма немного въ горизонтальной плоскости, опустить въ воду; то она поднимется около АВ выше, а дальше

ниже и ниже, такъ что поверхность поднявшейся воды будетъ представлять гиперболу. Въ конической горизонтальной трубчкѣ капля воды подвигается къ вершинѣ, а капля ртути къ основанію. Продолживаніе жидкостей, намачиваніе песку, сахару, поднятіе соковъ въ растеніяхъ, питаніе больныхъ посредствомъ ваннъ, польза купанья, гореніе свѣтъ, лампъ, и пр. все это основывается на дѣйствіи капиллярности.
