
ОТДѢЛЕНІЕ 2.

О движеніи твердыхъ тѣлъ.

ГЛАВА ПЯТАЯ.

О СВОБОДНОМЪ ПАДЕНІИ ТѢЛЪ, ИЛИ РАВНОМѢРНО-
УСКОРИТЕЛЬНОМЪ ДВИЖЕНІИ.

§ 55. Сила тяжести заставляетъ тѣла двигаться равномерноускорительнымъ образомъ; съ каждымъ мгновеніемъ падающее тѣло приближается къ центру ея дѣйствія; а намъ уже извѣстно, что съ уменьшеніемъ разстоянія сила тяжести увеличивается, слѣдовательно понятно, что скорость паденія тѣла должна увеличиваться каждое мгновеніе. Изъ опытовъ найдено, что приращеніе скорости въ каждую единицу времени одинаково, такъ, что пространства, проходимыя падающимъ тѣломъ въ каждую от-

дѣльную единицу, времени составляютъ арифметическую прогрессию нечетныхъ чиселъ 1, 3, 5, 7, 9, и т. д. Это одинъ законъ паденія тѣлъ. Изъ него видно, что приращеніе скорости постоянно, и равно двойному пространству, проходимому тѣломъ въ первую единицу времени. Это постоянное приращеніе скорости, равняющееся по наблюденіямъ 30 пар. фут. въ 1", служитъ мѣрою величины силы тяжести. Въ первую секунду тѣло проходитъ 15 пар. фут.

Другой законъ паденія тѣлъ состоитъ въ томъ, что пространства, проходимыя тѣломъ въ данное время паденія, относятся между собою, какъ квадраты временъ. Зная первый законъ, легко уже вывести изъ него второй; т. е. стоитъ только сложить пространства, проходимыя тѣломъ въ отдѣльныя единицы времени, чтобы определить пространство, соответствующее цѣлому времени паденія. Такимъ образомъ составитъ рядъ чиселъ 1, 4, 9, 16 и т. д. и легко замѣтить, что каждое изъ этихъ пространствъ есть квадратъ соответствующаго ему времени.

§ 56. Опытами, производимыми на Атвудовой машинѣ легко убѣдиться въ законахъ равномерно-ускорительнаго движенія.

Атвудова машина (фиг. 26.) состоитъ изъ деревянной полосы въ нѣсколько футовъ длиною, раздѣленной по всей длинѣ на равныя части, про-

тивъ каждого отдѣленія стоятъ по порядку цифры 0, 1, 2, 3, 4, и т. д. На этой полосѣ есть подвижное мѣдное кольцо и мѣдная подставка. Деревянная полоса укрѣпляется на деревянномъ подножii, а сверху упирается въ дощечку, на которой находится система колесъ, расположенныхъ слѣдующимъ образомъ. На двухъ парахъ колесъ, приставленныхъ до половины одно къ другому, покоится ось среднего колеса; по окружности этого колеса проходитъ шелковинка, на концахъ которой привѣшены гири, или не большіе мѣдные цилиндрики, свободно движущіеся вдоль деревянной полосы. Чтобы верхняя дощечка могла держаться съ своимъ приборомъ, она подперта двумя подставками, и весь снарядъ имѣетъ видъ, представляемый чертежемъ, (фиг. 26.) Съ боку, или отдѣльно находится при этой машинѣ маятникъ. Опытъ производится слѣдующимъ образомъ. Цилиндрики, висящіе на шелковой нити всегда находятся въ равновѣсiи; положимъ на одинъ изъ нихъ не большій мѣдный кружокъ въ нѣсколько грановъ вѣсомъ, поставимъ цилиндрикъ противъ 0 дѣленія, пустимъ его, и замѣтивъ это мгновеніе, будемъ считать удары маятника во все время движенія. Передвигая мѣдную четырехугольную пластинку для того, чтобы падающій цилиндрикъ могъ остановиться послѣ 2, 3, 4 секундъ паденія, и т. д., мы увидимъ, что этимъ временамъ соответствуютъ про-

странства 4, 9, 16 и т. д. Такимъ образомъ находится непосредственно второй законъ паденія тѣлъ.

Другой опытъ. На цилиндрикъ кладутъ мѣдную пластинку, которой длина больше діаметра кольца, сквозь которое проходитъ цилиндрикъ. Отодвинувъ кольцо на известное пространство, пустимъ цилиндрикъ съ его тяжестью; онъ будетъ двигаться равномерно ускорительнымъ образомъ, пока пройдетъ это пространство, положимъ, въ 3 секунды. При прохождѣ сквозь кольцо, пластинка останется на немъ; послѣ чего дѣйствіе тяжести прекратится и цилиндрикъ будетъ двигаться равномерно со скоростью, пріобрѣтенною во время паденія. Опытъ показываетъ, что этотъ цилиндръ въ слѣдующія 3 секунды проходить двойное противъ прежняго пространство.

§ 57. Зная массу мѣдныхъ цилиндриковъ и на-
кладываемого кружка, можно вычислить скорость,
которую пріобрѣтаетъ тѣло въ концѣ 1-й секунды
своего паденія. Пусть общая масса цилиндриковъ =
190 гранамъ, кружокъ вѣситъ 10 грановъ, и вмѣ-
стѣ проходятъ $1\frac{1}{2}$ фута въ первую секунду; въ
этомъ случаѣ количество движенія

$$(190 + 10) \frac{3}{2} = 300 \text{ (§ 29).}$$

Пусть искомая скорость свободно падающаго круж-
ка будетъ = g , количество движенія = $10g$. И такъ
 $10g = 300$; откуда $g = 30$ фут.

Слѣдовательно всякое тѣло въ первую секунду проходитъ 15 футовъ. Эта величина выводится и изъ теоріи качаній маятника.

§ 58. На основаніи законовъ свободнаго паденія имѣемъ слѣдующія выраженія.

1.) для пространства s , пройденнаго во время t

$$s = \frac{1}{2} g t^2 = 15 t^2$$

2.) для скорости, пріобрѣтенной въ концѣ времени t

$$v = \frac{2s}{t} = \sqrt{2gs}.$$

3.) для пространства x , пройденнаго въ послѣднюю секунду времени t

$$x = \frac{1}{2} g (2t - 1) = 15 (2t - 1).$$

Посредствомъ сихъ формулъ легко разрѣшить слѣдующія задачи.

Задача 1. Сколько футовъ тѣло пройдетъ въ $\frac{1}{4}$ минуты? Отвѣтъ. 3375 фут.

Задача 2. Сколько футовъ пробѣжитъ тоже тѣло въ послѣднюю секунду своего паденія, т. е. въ 15ю? Отвѣтъ 435 фут.

Задача 3. Вычислить глубину пещеры, въ которую брошенъ камень, и звукъ дошелъ чрезъ $7\frac{1}{2}$ секундъ. (Здѣсь надобно сказать, что звукъ проходитъ въ одну секунду круглымъ числомъ 1000 фут.)

Пусть t означаетъ время паденія камня до дна пещеры, t' , время, которое нужно звуку, чтобы пройти чрезъ пещеру. По этому

$$t+t'=7\frac{1}{2} \dots \dots (1).$$

Означимъ чрезъ s глубину пещеры; то по закону паденія тѣлъ

$$s = 15t^2$$

по закону распространенія звука

$$s = 1000t'$$

$$\text{Слѣдовательно} \quad 15t^2 = 1000t' \dots \dots (2).$$

Рѣшивъ квадратное уравненіе (1) и (2) съ двумя неизвѣстными, найдемъ

$$t = 6, 8 \text{ секундъ}$$

$$t' = 0, 7 \text{ секундъ}$$

а глубина пещеры около 700 футовъ.

Задача 4. Если бы луна пала, то во сколько бы времени она прошла 15 фут? Ответъ въ одну минуту. Въ отношеніи къ землѣ вообще

$$s = \frac{1}{2}g t^2$$

$$\text{въ отношеніи къ лунѣ} \quad s = \frac{1}{2}g' t'^2$$

откуда

$$gt^2 = g't'^2$$

но

$$g' = \frac{g}{3600} \quad (\S 18.)$$

слѣд.

$$t' = 60 t$$

а какъ t въ нашемъ примѣрѣ равно одной секундѣ, то $t = 1$ минутъ.

§ 59. *Движеніе по наклонной плоскости.* Изъ законовъ равновѣсія наклонной плоскости нашли

мы, что сила и тяжесть относятся между собою какъ высота къ длинѣ. Следовательно, ежели не будетъ равнодѣйствующей, тѣло покатится сообразно дѣйствию ускорительной силы; но какъ она меньше силы тяжести, то дѣйствіе ихъ въ одно время будетъ различно, какъ въ отношеніи пространства, такъ и пріобрѣтенной скорости. Возставимъ изъ A перпендикуляръ AN , линія BN будетъ означать пространство, которое пройдетъ тѣло, движась по наклоненной плоскости въ то же время, какъ свободно падая пройдетъ пространство BA . Скорость пріобрѣтенная въ концѣ пути по наклоненной плоскости будетъ равна той, которую пріобрѣтаетъ тѣло въ концѣ BA свободнаго паденія.

ГЛАВА ШЕСТАЯ.

О СЛОЖНОМЪ ДВИЖЕНІИ.

§ 60. Отъ соединенія дѣйствія силъ, производящихъ равномѣрноускорительное движеніе и равномѣрное происходить различнаго рода сложныя движенія.

1. Параболическое.

§ 61. Когда тѣло бросается вверхъ съ равномѣрною силою по какому нибудь направленію, въ та-

комъ случаѣ происходитъ *параболическое движеніе*, т. е. брошенное тѣло описываетъ кривую линію, извѣстную подъ именемъ *параболы*. Это движеніе происходитъ слѣдующимъ образомъ. Пусть aB (фиг. 27.) представляетъ направленіе равномернаго движенія; ab , bc , cd , *etc.*, суть равныя пространства, которыя тѣло должно бы проходить въ каждую единицу времени. Разложимъ силу aB на двѣ другія, дѣйствующія подъ прямымъ угломъ, на aC и на aD . Тогда ab разложится на двѣ силы, на bg и ag , изъ которыхъ одна дѣйствуетъ вертикально, а другая горизонтально.) Горизонтальная сила остается неизмѣнною во все время движенія брошеннаго тѣла. Вертикальная же сила каждое мгновеніе будетъ претерпѣвать измѣненіе отъ силы тяжести, которой дѣйствіе будетъ обнаруживаться тѣмъ, что въ первое мгновеніе она заставитъ брошенное вверхъ тѣло упасть, или понизиться на извѣстное пространство; во второе мгновеніе еще отвлечетъ на три такихъ пространства, въ третіе еще на 5 пространствъ и т. д. Это будетъ продолжаться до тѣхъ поръ, пока сила тяжести во все не уничтожитъ вертикальную силу, которая должна была поднять его на извѣстную высоту, послѣ чего тѣло начнетъ падать къ землѣ. И такъ въ первое мгновеніе брошенное тѣло придетъ не въ точку b , а въ точку b' . Во второе мгновеніе, когда дѣйствуютъ силы ag' и cg' , тѣло не придетъ въ точку c , а бу-

детъ отвлечено силою тяжести въ точку c' . Въ третье мгновеніе по той же причинѣ придетъ въ точку d' , вмѣсто d , въ четвертое оно достигнетъ наибольшей высоты своей въ точку B' . Въ этой точкѣ сила тяжести уничтожаетъ вертикальную силу, съ которою тѣло было брошено вверхъ. Но горизонтальная сила продолжаетъ свое дѣйствіе (§ 14) по прежнему; такимъ образомъ въ точкѣ B' на тѣло дѣйствуютъ двѣ силы, прежняя горизонтальная и сила тяжести, которая заставляетъ тѣло падать внизъ. Въ первое мгновеніе дѣйствуетъ сила $B'h$ и сила тяжести $B'k$, слѣдовательно тѣло пойдетъ по діагонали этихъ силъ $B'h'$. Во второе мгновеніе тѣло повинуется горизонтальной силѣ $h'l$, а силою тяжести отвлекается на три пространства внизъ, и такъ пойдетъ по направленію $h'l'$. Въ третье мгновеніе дѣйствуетъ та же горизонтальная сила, а тяжесть отвлекаетъ тѣло на 5 пространствъ внизъ; слѣдовательно тѣло пойдетъ опять по діагонали. Такимъ образомъ тѣло будетъ падать столько же, времени, сколько подымалось вверхъ и упадетъ въ точку a' , описавъ кривую линію *параболу*. Линія aa' , называется длиною параболы, или *разстояніемъ метанія*. Величина этого разстоянія зависитъ отъ силы, съ которою бросается тѣло и угла BaD подъ которымъ бросается тѣло.

Метаніе бомбъ и ядеръ представляетъ примѣръ параболическаго движенія. Мячикъ, брошенный въ

вверхъ во время равномернаго движенія лодки падаетъ въ лодкѣ на то же мѣсто. Есть особенный приборъ, показывающій параболическое движеніе. Четыреугольная доска (фиг. 28.) стоитъ вертикально на подставкѣ; возлѣ нижнихъ угловъ доски приделаны мѣшечки изъ тафты; въ одномъ изъ нихъ шарикъ слоновой кости, который выскакиваетъ оттуда силою удара, сообщаемого ему молоточкомъ, дѣйствующимъ на пружинѣ по извѣстному направленію; вылетѣвшій шарикъ описываетъ параболу возлѣ доски и попадаетъ въ другой мѣшечекъ. На доскѣ нарисованы прямыя линіи, означающія направленіе удара, и соотвѣтствующія имъ параболическія. Не большая колясочка движется равномерно въ жолобкѣ и выбрасываетъ изъ себя шарикъ; онъ опять попадаетъ въ нее.

2. Маятникъ.

§ 62. Подъ именемъ *маятника* разумѣется всякое твердое тѣло, повѣшенное на не растяжимой нити, и совершающее качанія одновременно въ одну и другую сторону.

Пусть въ точкѣ *A* (фиг. 29.) прикрѣпленъ маятникъ *AB*. Пока дѣйствуетъ на него тяжесть, онъ принимаетъ вертикальное положеніе; будучи же, выведенъ изъ него на какой нибудь уголъ онъ начинаетъ двигаться, и движеніе его извѣстно подъ именемъ *качанія маятника*.

На твердое тѣло маятника, находящееся въ точкѣ C , дѣйствуютъ двѣ силы: сила тяжести, которая бы заставила его падать вертикально внизъ, и сила нити AC , удерживающая его всегда въ одномъ разстояніи отъ постоянной точки A . Означимъ силу тяжести линією CD , а силу, дѣйствующую на него изъ точки A всегда одинакимъ образомъ, чрезъ EC . Діагональ параллелограма этихъ силъ CF будетъ означать направленіе движенія маятника въ первое мгновеніе. Такимъ образомъ маятникъ будетъ находится въ AF . Въ точкѣ F опять дѣйствуютъ тяжесть и прежняя постоянная сила; первую означимъ чрезъ FD' , вторую чрезъ EF ; по діагонали параллелограма этихъ силъ маятникъ перейдетъ изъ F въ G . Точно такимъ же образомъ маятникъ придетъ въ точку H , и наконецъ въ B , гдѣ приметъ вертикальное положеніе. Здѣсь сила нити уничтожаетъ всю силу тяжести, почему маятникъ долженъ бы прийти въ покой; но во время паденія своего по кривой линіи отъ точки C до B , маятникъ двигался ускорительнымъ образомъ, следовательно скорость пріобрѣтенная имъ въ продолженіе всего этого времени заставитъ его двигаться далѣе и маятникъ перейдетъ въ точку H' . Такимъ образомъ онъ будетъ двигаться до тѣхъ поръ, пока сила тяжести, начинающая опять на него дѣйствовать не уничтожитъ всей пріобрѣтенной имъ скорости. Время, въ которое сила тяжести уничто-

жасть всю пріобрѣтенную скорость, разумѣется, должно быть равно тому времени, въ которое маятникъ пріобрѣлъ ту скорость, падая отъ точки *С* до *В*. Слѣдовательно маятникъ подымется на такую же высоту, съ какой падалъ, и придетъ въ точку *С'*. Отсюда опять начнетъ падать обратнымъ путемъ, и ускорительнымъ образомъ до точки *В*, откуда подымется укоснительнымъ движеніемъ до точки *С*. Такимъ образомъ маятникъ будетъ качаться отъ точки *С* до *С'*, и обратно до тѣхъ поръ, пока какая нибудь посторонняя сила не остановитъ. Время которое употребляетъ маятникъ, чтобы пройти дугу *СВС'*, называется *временемъ качанія маятника*. Если это движеніе совершается въ секунду, такой маятникъ называютъ *секунднымъ*.

§ 63. Изъ предыдущаго видно, что время качанія маятника зависитъ отъ длины маятника и силы тяжести. Время качаній одного и того же маятника въ различныхъ мѣстахъ земной поверхности должно быть различно. Въ такомъ случаѣ времена качаній маятника будутъ находиться въ обратномъ отношеніи квадратныхъ корней изъ силы тяжести, соотвѣтствующей каждому мѣсту.

Времена качаній маятниковъ различной длины въ одномъ мѣстѣ находятся въ прямомъ отношеніи квадратныхъ корней изъ длины маятниковъ. Если два маятника различной длины совершаютъ въ одно время свои качанія, въ различныхъ мѣ-

стахъ поверхности земной; то длины этихъ маятниковъ должны находиться въ прямомъ отношеніи силы тяжести, соотвѣтствующей каждому мѣсту.

Всѣ эти законы движенія простаго маятника, не выходящаго изъ вертикальнаго положенія больше 10 градусовъ, выражаются формулою:

$$t = \pi \cdot \sqrt{\frac{r}{g}}$$

гдѣ t означаетъ время качанія маятника, r — длину его, g — дѣйствіе тяжести въ томъ мѣстѣ, гдѣ маятникъ находится, π отношеніе окружности круга къ діаметру.

§ 64. Изъ предыдущей формулы, измѣненной для секунднаго маятника, т. е. положивъ $t = 1$, найдетъся сила тяжести

$$g = \pi^2 \cdot r$$

Зная длину секунднаго маятника какого нибудь мѣста, найдемъ въ числахъ силу тяжести, соотвѣтствующую сему мѣсту. Напр. для С. Петербурга $r = 3,06$ пар. фут. и $g = 30,2$ фут.

§ 65. Маятники бываютъ простые и сложные. Подъ именемъ простаго, или математическаго маятника разумѣется такой маятникъ, въ которомъ не растяжимая нить принимается безъ всякой тяжести, а тяжесть линзы, или движущагося тѣла маятника принимается сосредоточенною въ одной точкѣ. Изъ сего слѣдуетъ, что въ употребленіи не мо-

жеть быть простых маятниковъ, а сложные, т. е. такіе, которыхъ нить состоитъ изъ одного, или нѣсколькихъ металлическихъ прутьевъ, и линза есть всегда тяжелое тѣло съ острыми краями.

3. Центральное движеніе.

§ 66. Подъ именемъ *центрального движенія* разумѣется такое движеніе, которое происходитъ отъ дѣйствія двухъ силъ, изъ которыхъ одна дѣйствуетъ равномерно въ прямомъ направленіи, а другая постоянно притягиваетъ къ центру своего дѣйствія.

Пусть линія AN (фиг. 30.) означаетъ прямолинейное дѣйствіе равномерной силы; положимъ, что изъ точки C постоянно дѣйствуетъ другая сила. Отъ взаимнаго дѣйствія той и другой силы должно произойти то, что тѣло не будетъ двигаться ни по тому, ни по другому направленію, а въ первое мгновеніе пойдемъ по линіи AA' , которая есть діагональ параллелограмма силъ AB и AD . Въ точкѣ A' дѣйствуетъ опять равномерная сила $A'B'$ и притягательная сила $D'A'$, тѣло перейдетъ въ точку A'' , послѣ въ A''' , и далѣе будетъ продолжать свое движеніе вокругъ точки C . Путь движущагося такимъ образомъ тѣла будетъ сомкнутая кривая линія — кругъ, или эллипсисъ.

Сила, постоянно притягивающая тѣло къ центру своего дѣйствія, называется *центростремительною*; сила же первоначальнаго равномернаго движенія,

или сила, отвлекающая движущееся тѣло отъ центра называется *центробѣжною*. Смотри по свойству этихъ силъ, центральное движеніе бываетъ равномерное, или ускорительное.

Примѣръ центрального движенія представляетъ праща, которою бросаютъ камни. Грязь отскакиваетъ отъ колесъ по касательной линіи. Ежели стаканъ съ водою скоро перевернуть, то вода не выльется. Лошадь запряжена подѣ большое колесо, укрѣпленное на перекладинѣ своею осью такъ, что при движеніи лошади оно вертится, свѣшиваясь всякой разъ до земли, то на ту, то на другую сторону. Если два человека сядутъ на это колесо; то не могутъ долго выдержать вращательнаго движенія.

§ 67. Матеріальная точка A (фиг. 31), движась по кругу равномернымъ образомъ, перешла въ весьма малое время t въ точку A' ; повинувшись же одной центростремительной силѣ, она въ это время прошла бы пространство AD . Означивъ чрезъ p дѣйствіе силы центростремительной, будемъ имѣть (§ 58,2).

$$p = \frac{2AD}{t^2}$$

такъ какъ малая дуга AA' можетъ быть принята за хорду, то

$$AD = \frac{AA'^2}{2r},$$

слѣд.

$$p = \frac{AA'^2}{r \cdot t^2}$$

Означивъ скорость равномернаго движенія точки А чрезъ v , будемъ имѣть

$$AA' = v \cdot t. \quad \text{и слѣд.}$$

$$p = \frac{v^2}{r}$$

Пусть T будетъ время цѣлаго періода движенія по окружности $2\pi r$, тогда скорость $v = \frac{2\pi \cdot r}{T}$

$$\text{а} \quad p = \frac{4\pi \cdot r}{T^2},$$

А какъ во время центральнаго движенія нить СА натягивается центробѣжною силою, которая, не позволяя точкѣ А падать къ центру, отвлекаетъ ее на разстояніе $A'B = AD$; то дѣйствія силъ центростремительной и центробѣжной равны, потому и центробѣжная сила, которую назовемъ F выразится чрезъ

$$F = \frac{v^2}{r} = \frac{4\pi \cdot r}{T^2}$$

Увеличивъ рад. круга, получимъ центробѣжную силу

$$F' = \frac{4\pi \cdot r'}{T'^2}$$

Откуда слѣдуетъ, что центробѣжныя силы при одинаковомъ вращательномъ движеніи находятся въ отношеніи радіусовъ.

Если движется не матеріальная точка, а тѣло массы m , тогда

$$F = \frac{4m \cdot r \cdot \pi^2}{T^2}, \quad F' = \frac{4m' \cdot r' \cdot \pi^2}{T'^2}$$

и тогда центробѣжныя силы

$$F: F' = \frac{m \cdot r}{T^2} : \frac{m' \cdot r'}{T'^2}$$

Ежели $r=r'$, $T=T'$, то центробѣжныя силы пропорціональны массамъ.

§ 68. При вращеніи земли около оси, тѣла, на поверхности ея находящія, описываютъ большіе, или меньшіе круги, смотря по широтѣ мѣста. По этому центробѣжная сила подъ экваторомъ наибольшая; у самыхъ полюсовъ $=0$. — Удерживаются же тѣла на поверхности земной потому, что сила тяжести, которая въ семъ случаѣ сила заступаетъ мѣсто силы центростремительной, въ $289=17^2$ разъ больше силы центробѣжной. Это отношеніе между тяжестью и центробѣжною силою найдется изъ

$$\frac{g}{F} = \frac{g \cdot T^2}{4\pi \cdot r^2}$$

подставивъ въ этомъ выраженіи

$$T = 24^h = 86400^s; r = 860 \text{ геогр. миль}$$

$$\pi = 3.14; g = 30 \text{ пар. фут.}$$

Задача. На какомъ разстояніи отъ поверхности земной сила тяжести и сила центробѣжная будутъ равны? Пусть искомое разстояніе $= nr$, центробѣжная сила, соответствующая этому разстоянію $= F'$, а сила тяжести $= g'$. При поверхности же земной одна изъ этихъ силъ $= F$, другая $= g$.

И такъ мы имѣемъ слѣдующія выраженія

$$F = \frac{4\pi \cdot r^2}{T^2}, \quad F' = \frac{4\pi \cdot r \cdot (1+n)^2}{T^2}$$

$$g = 289 F; \quad g = g' \cdot (1+n)^2$$

а какъ по условію должно быть

$$F' = g',$$

$$\text{то} \quad \frac{g}{(1+n)^2} = \frac{4\pi \cdot r^2}{T^2} (1+n) = F \cdot (1+n).$$

$$g = F \cdot (1+n)^3.$$

$$\text{и наконецъ} \quad (1+n) = \sqrt[3]{289} = 6, 6$$

$$n = 5, 6$$

И такъ на разстояніи слишкомъ пяти съ половиною радіусовъ земныхъ сила центробѣжная сравнивается съ силою тяжести.

Дальше сего предѣла всякая матеріальная частица будетъ отрываема центробѣжною силою и уносима изъ сферы земной. Основываясь на этомъ предположеніи Лапласъ опредѣлилъ крайній предѣлъ нашей Атмосферы, — сей часъ нами выведенный.

§ 69. Разные роды центрального движенія объясняются на центральной машинѣ. На концахъ століка, стоящаго на трехъ ножкахъ находятся деревянные кружки (фиг. 32.), по жолобамъ которыхъ обвивается веревка; одинъ изъ нихъ приводится рукояткою въ вращательное движеніе; вмѣстѣ съ нимъ движутся и прочіе со всеми приборами, которые къ нимъ привинчиваются. Эти приборы суть:

1.) 2 медные круга (фиг. 32, *a*) на одной оси, перпендикулярные другъ къ другу; они суживаются.

2.) Медные шарики, продѣтые на проволоку. (фиг. 32, *b*.) Ежели масса ихъ одинакая и они поставлены въ равномъ разстояніи отъ центра, то остаются въ равновѣсіи. Если же нарушится которое нибудь условіе, или равенство разстоянія, или массъ; то шарики отскакиваютъ въ сторону. Изъ этихъ опытовъ слѣдуетъ, что центробѣжная сила пропорціональна массѣ тѣла, и увеличивается съ радиусомъ круга, описываемаго вращающимся тѣломъ. (§ 67).

3.) Колясочка удерживается посредствомъ блока вертикальною тяжестію въ извѣстномъ разстояніи отъ центра вращенія. (фиг. 32. *c*.) При движеніи тяжесть подымается вверхъ, а коляска удаляется отъ центра по горизонтальной плоскости раздѣленной на пропорціональныя части.

4.) Тяжелыя тѣла подымаются, а легкія опускаются. На кружкѣ двѣ трубочки (фиг. 32, *d*), въ которыхъ разнородныя жидкости, напр. въ одной ртуть и вода, въ другой вода и пробковой шарикъ. При вращательномъ движеніи, въ первой трубочкѣ ртуть поднимается, а вода опускается; во второй—пробковой шарикъ внизу.

§ 70. Движеніе планетъ, солнечную систему составляющихъ есть эллиптическое, т. е. всякая планета, притягиваемая дѣйствіемъ солнца, описываетъ

эллипсисъ, въ одномъ изъ фокусовъ котораго находится солнце. 17^{ти} лѣтнимъ наблюденіямъ Кеплера обязана Астрономія открытіемъ законовъ движенія планетъ. Этихъ законовъ три, и они извѣстны подь именемъ Кеплеровыхъ.

1. Площади, описываемыя радіусомъ векторомъ планетъ и кометъ во время движенія около солнца пропорціональны временамъ.

2. Орбиты планетъ и кометъ суть коническія сѣченія, въ фокусъ которыхъ находится солнце.

3. Квадраты временъ обращенія планетъ около солнца пропорціональны кубамъ большихъ осей ихъ орбитъ.

Ньютонъ свелъ эти три закона въ одинъ законъ всеобщаго тяготѣнія, состоящій въ томъ, что всѣ свѣтилы небесныя обнаруживаютъ притяженіе другъ на друга въ обратномъ отношеніи квадратовъ разстояній, и прямомъ массъ; и что солнце есть источникъ притягательной силы, дѣйствующей на всю нашу солнечную систему.

Исторія наукъ представляетъ намъ много великихъ истинъ, открытыхъ по поводу маловажныхъ обстоятельствъ, обратившихъ вниманіе гениальнаго человека. Это оказывается самымъ разительнымъ образомъ въ отношеніи къ предмету, нами разсматриваемому. Яблоко, упавшее съ дерева, возлѣ котораго стоялъ Ньютонъ, родило мысль о законѣ все-

общаго тяготѣнія. Яблоко упало по силѣ притяженія, обнаруживаемаго землею на всякое тѣло, на ея поверхности находящееся. Тѣла падаютъ и въ значительномъ отъ нея разстояніи. Продолжимъ это разстояніе до луны; она вращается около земли, по причинѣ дѣйствія силы центростремительной и центробѣжной. Что же это за центростремительная сила? Неужели она должна быть особенная сила, независящая отъ силы тяжести? Огромность разстоянія не оправдываетъ предположенія новой силы; слѣд. и на луну должна дѣйствовать таже сила земнаго притяженія, которое заставляетъ падать къ ней тѣла, при поверхности ея находящіяся. И вычисленіе дѣйствія силы тяжести на луну (приведенное нами выше, §§. 18. 58.) доказываетъ совершенную справедливость подобнаго наведенія. А какъ земля и всѣ планеты вращаются около солнца, то солнце должно быть источникомъ силы центростремительной, что очевидно и изъ Кеплерова закона о площадяхъ, которыхъ вершина въ центрѣ солнца. — Кромѣ того сила притяженія свойственна всякой матеріи; слѣд. центростремительная сила всѣхъ планетъ и кометъ должна быть таже сила притяженія, какъ и сила тяжести на поверхности земной; и третій Кеплеровъ законъ показываетъ, что притягательная сила солнца обратно пропорціональна квадрату разстоянія. А именно: пусть r и r' означать силы притяженія солнца въ разстояніи r и r'

на массы m и m' , а T и T' времена обращенія около солнца; тогда

$$r : r' = \frac{mr}{T^2} : \frac{m'r'}{T'^2}$$

по третьему же закону Кеплера

$$T^2 : T'^2 = r^3 : r'^3$$

слѣд.

$$r : r' = \frac{m}{r^2} : \frac{m'}{r'^2}$$

И такъ притяженіе и законъ дѣйствія онаго всеобщіи. Ньютонъ назвалъ силу всеобщаго притяженія — всеобщимъ тяготѣніемъ, а законъ, по которому оно дѣйствуетъ закономъ всеобщаго тяготѣнія: въ немъ сливается тройственность Кеплеровыхъ законовъ. —

ОТДѢЛЕНІЕ 3.

Равновѣсіе капельныхъ жидкостей.

ГЛАВА СЕДЬМАЯ.

РАВНОВѢСІЕ ОДНОРОДНЫХЪ И РАЗНОРОДНЫХЪ
ЖИДКОСТЕЙ.

§ 71. *Подвижность* частицъ составляетъ отличное свойство жидкостей (§ 5.). По этому жидкости, повинаясь свободно всякой посторонней силѣ, не имѣють своей опредѣленной формы, а принимаютъ форму того сосуда, въ которомъ заключены. Капельныя жидкости не сжимаемы. Этимъ отличаются онѣ отъ воздухообразныхъ тѣлъ, которыя сжимаются и разширяются. Изъ подвижности частицъ жидкостей и силы тяжести можно вы-

вести всѣ явленія, которыя представляютъ намъ жидкости (*).

§ 72. Давленіе, обнаруживаемое на какую нибудь частицу жидкости распространяется одинакимъ образомъ во всѣ стороны. Опытъ. Сосудъ наполненъ водою (фиг. 33.) и плотно закрыть сверху пузыремъ; въ боку его привинчивается изогнутая, довольно длинная стеклянная трубочка, которую можно приводить въ различное положеніе. Стоить только подавить пальцомъ и вода войдетъ въ трубочку, какое бы положеніе она ни имѣла. — Другой опытъ. Если надавить воды въ шаръ, на поверхности котораго много отверстій, то вода брызнетъ вдругъ во всѣ стороны. Примѣръ этого можно видѣть въ различныхъ придаточныхъ трубочкахъ фонтановъ.

§ 73. Вода въ сосудахъ и не большихъ бассейнахъ представляетъ горизонтальную поверхность. Пусть *ABCD* (фиг. 34) будетъ горизонтальный разръзъ жидкости; давленіе частицъ жидкости въ этой

(*) Опыты Колладона и Штурма показываютъ, что капельныя жидкости отъ сильнаго давленія сжимаются, но весьма мало въ сравненіи съ своимъ объемомъ. Описаніе прибора, названнаго *сильніезометромъ*, и опытовъ, относящихся къ сжатію воды, можно читать въ *Ann. de Ch. et de Ph.* XXXV. 113. Колладонъ и Штурмъ нашли, что сжатіе перегнанной и свободной отъ воздуха воды, при 0°, отъ давленія одной атмосферы составляетъ 0,000048 объема.

плоскости уничтожается 1) не подвижностію стенок сосуда и 2) взаимнымъ дѣйствіемъ одинакого давленія другъ на друга. Остается дѣйствующею одна сила тяжести, которая удерживаетъ всѣ частицы въ равномъ разстояніи отъ центра своего дѣйствія, по сему поверхность жидкости должна бы быть сферическою; но въ маломъ объемѣ кривизна исчезаетъ и поверхность кажется горизонтальною. Ежели бы какая нибудь сила нарушила равновѣсіе жидкости, поднявъ однѣ частицы выше другихъ, то этѣ частицы стали бы обнаруживать давленіе на всѣ прочія, кругомъ находящіяся; выдавливая однѣ, сами стали бы опускаться, а другія въ это время будутъ подыматься. Такое колебаніе отъ различнаго давленія будетъ продолжаться до тѣхъ поръ, пока не сравняются всѣ вертикальныя давленія; или *поверхность жидкости не сдѣлается горизонтальною*. Объяснимъ это на чертежѣ. Возьмемъ для разсмотрѣнія двѣ точки a и a' . Разложимъ силу взаимнаго дѣйствія частицъ aa' на ab и ba' . Горизонтальное дѣйствіе ихъ уничтожается взаимностію, остается сила ab , которая не перестанетъ обнаруживать своего дѣйствія до тѣхъ поръ, пока не будетъ равнаго противодѣйствія въ вертикальномъ направленіи частицы a' . Когда уравновѣсятся всѣ давленія, жидкость приметъ горизонтальную поверхность и будетъ находиться въ равновѣсіи.

Въ большихъ вмѣстелищахъ, какъ напр: озерахъ,

моряхъ и на всей поверхности земли вода дѣйствительно имѣетъ видъ сферической поверхности, держась въ равновѣсіи силою тяжести. — До предѣловъ горизонта поверхность воды кажется ровною и гладкою, потому что на этомъ пространствѣ, не значительномъ въ сравненіи съ разстояніемъ дѣйствія силы тяжести, исчезаетъ кривизна.

§ 74. Изъ предыдущаго видно, что жидкость, заключенная въ сосудъ, обнаруживаетъ извѣстное давленіе какъ на дно сосуда, такъ и на бока его.

§ 75. *Давленіе на дно сосуда.* Величина давленія на дно сосуда зависитъ отъ величины дна, или площади его, отъ высоты жидкости и плотности ея. — Принимая плотность воды за 1, величина давленія ея на дно цилиндрическаго сосуда будетъ равняться площади основанія, умноженной на высоту .

а) Пусть *ABCD* (фиг. 35.) будетъ цилиндрическій сосудъ, въ которомъ вода стоитъ въ равновѣсіи на высотѣ *BD*. Горизонтальное давленіе всей жидкости уничтожается равенствомъ взаимнаго давленія частицъ, лежащихъ на одной горизонтальной плоскости. Вообразимъ рядъ частицъ жидкости въ вертикальномъ направленіи. Частица *m* подлежитъ дѣйствію тяжести; частицу *m'*, находящуюся непосредственно подъ нею, можно разсматривать какъ подставку, на которую сила тяжести частицы *m* обнаруживается давленіемъ. Сила тяжести *m'* обнаруживается давленіемъ на *m''*, одинакимъ съ давле-

ніемъ на m' ; слѣдовательно частица m'' претерпѣваетъ двойное давленіе. Надъ частицею m''' будетъ тяготѣть тройное давленіе, и т. д. до послѣдней частицы, лежащей на днѣ, которой давленіе будетъ равно суммѣ давленія каждой частицы отдѣльно. На площади AB покоится столько частныхъ столбовъ, сколько можетъ уложиться частицъ жидкости; посему общее давленіе на дно сосуда будетъ равно суммѣ давленія частныхъ столбовъ; чѣмъ больше площадь дна, тѣмъ и давленіе больше. Слѣд. давленіе на дно цилиндрическаго сосуда равно массѣ ея, имѣющей основаніемъ дно, а высотой высоту сосуда.

б) Возьмемъ сосудъ не правильной формы $ABNE$ (фиг. 36.), и въ немъ давленіе равно площади основанія, умноженной на высоту; слѣд. какъ будто въ сосудѣ столько воды, сколько вмѣщается въ цилиндрической сосудѣ основанія равнаго AB . Понятно, что давленіе на часть дна, соответствующую плоскости EN будетъ пропорціонально основанію EN' и высотѣ жидкости aC . — Не ужели и частица e должна претерпѣвать и обнаруживать такое же давленіе, какъ частица c , когда надъ этою находится столбъ ac , а надъ тою только столбъ de ? Проведемъ изъ d линію db параллельно основанію, и означимъ рядъ частицъ b, b', b'' . Частица b , претерпѣвая давленіе столба ab сообщаетъ оное во всю сторону (§ 72); слѣд. и частица b' претерпѣваетъ такое же давленіе, обнаруживая въ свою очередь дѣй-

ствіе свое на b'' , и т. д. всѣ частицы въ горизонтальномъ направленіи претерпѣваютъ давленіе столба частицъ жидкости, выше ихъ находящихся, не посредственно, или посредственно — все равно. Такимъ образомъ частица d претерпѣваетъ уже давленіе столба жидкости, пропорціональное высотѣ ab ; прибавивъ къ этому давленію давленіе столба de на частицу e , поймемъ, что надъ нею тяготитъ такая же сила давленія, какъ и надъ частицею c , которая непосредственно находится подъ уровнемъ жидкости. Такимъ образомъ общее давленіе на дно сосуда $ABEN$ не будетъ зависимо ни отъ формы его, ни отъ количества жидкости, а единственно отъ высоты: по свойству жидкости всѣ частныя и повидимому различныя давленія равны между собою давленію, зависящему отъ высоты жидкости. Въ точкѣ d сила давленія столба ab вверхъ удерживается сопротивленіемъ стѣнки сосуда; а если бы было здѣсь отверстіе, то вода цѣлою струею вышла бы изъ сосуда помощію этого отверстія.

с.) Представимъ сосудъ $ABCD$ (фиг. 37) въ видѣ усѣченного конуса, обращеннаго широкимъ основаніемъ вверхъ. Давленіе жидкости, не зависимо отъ плотности, будетъ пропорціонально площади основанія и высотѣ жидкости. Ежели вода стоитъ на высотѣ AM , то давленіе равно площади основанія AB , умноженной на высоту AM ; слѣдственно все равно, какъ будто въ сосудѣ столько воды, сколь-

ко въ цилиндрѣ $ABMN$, прочая жидкость неимѣетъ вліянія на давленіе. Мнѣ кажется, это можно изяснить слѣдующимъ образомъ. — Въ горизонтальномъ направленіи во всѣхъ слояхъ давленіе частицъ жидкости находится въ равновѣсіи; рассмотримъ оно въ вертикальномъ. Для сего раздѣлимъ пространство DMA , и NBC на нѣсколько вертикальныхъ столбовъ, $m''a''$, $m'a'$, ma , nb , $n'b'$ и проч. Какъ частица a'' , претерпѣвая давленіе столба $m''a''$ не имѣетъ другой подставки, кромѣ наклоненной плоскости $a''A$; то она должна бы катиться по ней сообразно съ закономъ движенія твердыхъ тѣлъ по наклоненной плоскости; но она встрѣчаетъ частицу a' , лежащую на той же наклоненной плоскости, и потому должна прежде ее сдвинуть. Надъ этою частицею находится столбъ $m'a'$, и она бы должна была катиться по наклоненной плоскости; но ей препятствуетъ частица a , лежащая непосредственно на пути, и подпираемая въ точкѣ A . А именно частица A , которая лежитъ уже на горизонтальной плоскости AB , не можетъ двинуться впередъ по длинѣ ея, въ силу равновѣсія частицъ на той плоскости; кромѣ того надъ частицею A тяготеетъ сила давленія цѣлаго столба AM . — Рядъ частицъ a'' , a' , a , можно представить рядомъ твердыхъ тѣлъ лежащихъ одно возлѣ другаго по длинѣ наклоненной плоскости и не движущихся потому, что поддерживаются значительною тяжестію. И такъ дѣй-

ствіе жидкости въ пространствѣ DMA таково, что въ каждомъ горизонтальномъ слою сохраняется равновѣсіе на общемъ положеніи, т. е. частицы q, q', q'' , находящіяся въ ряду $a''b''$, частицы p', p'' , находящіяся въ ряду $a'b'$ держатся въ равновѣсіи одинакимъ давленіемъ на всей горизонтальной плоскости. Въ вертикальномъ же направленіи частицы a'', a', a , и проч., на которыхъ покоятся столбы $m''a'', m'a', ma$, удерживаются въ покоѣ слѣдующими, лежащими на стѣнкѣ сосуда, до тѣхъ поръ, пока не будетъ свободного вертикальнаго давленія въ цилиндрическомъ пространствѣ $ABNM$. За предѣломъ этого пространства BN , частицы жидкости находятся въ подобныхъ же обстоятельствахъ, какъ и масса AMD ; слѣд. и ея дѣйствіе въ отношеніи къ давленію на дно сосуда уничтожено само собою. И такъ въ сосудахъ, обращенныхъ широкимъ отверстіемъ къверху, давленіе жидкости на дно равно давленію столба жидкости, находящейся только надъ самымъ дномъ.

§ 76. Опытъ подтверждаетъ одинаковость давленія въ цилиндрическомъ и коническомъ сосудахъ, не смотря на различное количество жидкости, вмѣщающейся въ каждомъ изъ нихъ. Паскаль открылъ одинаковость давленія на дно различныхъ сосудовъ, и это явленіе, поражающее какъ бы противорѣчіемъ, извѣстно подъ именемъ *парадокса Паскаля*.— Опытъ состоитъ въ слѣдующемъ: ставятся въ од-

номъ ящикъ три стеклянныхъ сосуда (фиг. 38) — коническій съ широкимъ отверстіемъ кверху, коническій съ узкимъ отверстіемъ кверху, и между ними цилиндрическій. У всѣхъ у нихъ одинакое мѣдное дно, открывающееся внизъ и поддерживаемое съ боку крючкомъ, на который надѣваютъ гирьку. Въсь этой гирьки означаетъ величину давленія на дно въ цилиндрическомъ сосудѣ. И въ прочихъ сосудахъ тотъ же въсь выдерживаетъ давленіе жидкости, налитой въ нихъ до одной высоты.

Или и такъ еще устрояютъ: дно у сосудовъ со всѣмъ выдвижное, виситъ на шнуркѣ, который проводится чрезъ два блока на концахъ рычага; на концѣ шнурка гирьки. Что бы жидкость не вытекла, то съ самаго начала кладутъ гирекъ не определенное число, а потомъ снимаютъ по немногу, такъ что и останется въсь равный давленію жидкости на дно сосуда. Этотъ въсь во всѣхъ сосудахъ одинъ и тотъ же (фиг. 39).

§ 77. На силъ давленія воды основано устройство *Гравезандова гидростатическаго мѣха*. Два кружка составляютъ верхнее и нижнее дно сосуда, окруженнаго крѣпкою кожею; въ верхнемъ кружкѣ есть отверстіе, въ которое вставляется длинная цилиндрическая трубка. Нальемъ въ сосудъ сначала столько воды, сколько вмѣстится до нижняго отверстія трубочки; потомъ положимъ на верхній кружокъ значительную тяжесть; тогда вода подыметься

въ трубочку. Чрезъ это увеличится давленіе жидкости, которое и будетъ противождать давленію наложенной тяжести. Пусть діаметръ верхняго кружка $= 15$ дюйм.; площадь его будетъ $= 176,6$ кв. д.; чтобы сдержать 300 фун., вода должна подняться на $3\frac{2}{3}$ ф. (*s' Gravesand, physices elementa. Tom. 1. p. 415*) Гидравлическій прессъ. Устройство и силу его удобнѣе объяснить на модели, или самой машинѣ.

§ 78. Боковое давленіе на стѣнку сосуда равно вѣсу столба жидкости, у котораго высота равна разстоянію центра тяжести стѣнки сосуда отъ уровня, а основаніе — поверхность стѣнки. Раздѣлимъ жидкость въ кубическомъ сосудѣ ABCD (фиг. 40) на нѣсколько горизонтальныхъ слоевъ, и разсмотримъ давленіе на линію аС. Давленіе на точку а' равно давленію частицъ жидкости въ слое а'б'; давленіе на точку а" вдвое больше, на точку а''' втрое, и т. д. сумма этихъ давленій и составитъ общее давленіе на сторону стѣнки ас. Какой бы формы ни былъ бокъ сосуда для опредѣленія величины давленія, надобно сыскать равнодѣйствующую параллельныхъ силъ, увеличивающихся съ глубиною сосуда въ арифметической прогрессіи. Точка приложенія равнодѣйствующей всѣхъ давленій называется центромъ давленія.

§ 79. Равновѣсіе жидкостей въ сообщенныхъ сосудахъ. Въ гидростатикѣ подъ именемъ однородныхъ жидкостей разумѣются такіа, которыхъ плот-

ность одинакова, хотя бы свойства ихъ были различны. Разнородныя же жидкости суть такія, которыхъ плотность различна.

а.) *Равновѣсіе однородныхъ жидкостей.* Законъ равновѣсія однородныхъ жидкостей состоитъ въ томъ, что сколько бы, и какіе бы ни были сосуды, находящіеся въ сообщеніи, жидкость будетъ во всѣхъ стоять на одной высотѣ. Причина заключается въ равновѣсіи давленія.

б.) *Равновѣсіе разнородныхъ жидкостей.* Ежели нальемъ разнородныхъ жидкостей, не смѣшивающихся между собою химически, напр. воды, ртути, масла и пр., то при условіи равновѣсія, эти жидкости будутъ стоять на различныхъ высотахъ, обратно пропорціональныхъ относительному вѣсу каждой жидкости; т. е. во сколько разъ одна жидкость тяжелѣе другой, во столько разъ высота ея будетъ меньше высоты, на которой стоитъ первая жидкость. На пр: ртуть въ $13\frac{1}{2}$ разъ тяжелѣе воды; по этому столбъ ртути будетъ въ $13\frac{1}{2}$ разъ меньше столба воды. По той же причинѣ столбъ воды въ 32 фута уравнивается съ столбомъ ртути почти въ 28 дюймовъ. Прибавимъ мимоходомъ, что столбъ ртути стоитъ на 28 дюймовъ отъ давленія столба цѣлой атмосферы. И такъ въ самой природѣ всегда находятся въ сообщеніи въ различныхъ вмѣстителяхъ вода, воздухъ, при случаѣ и ртуть, которые сохраняютъ между собою равновѣсіе при сказанномъ ус-

ловіи. — Разнородныя жидкости, заключенныя въ одной стеклянной трубочкѣ, занимаютъ въ ней мѣсто по относительному вѣсу, т. е. тяжелѣйшая жидкость внизу, а легчайшая вверху. Сюда принадлежитъ аппаратъ *четырёхъ стихій*, или *четырёхъ элементовъ*.

ГЛАВА ОСЬМАЯ.

О РАВНОВѢСІИ ЖИДКОСТЕЙ ПРИ ПОГРУЖЕНІИ ВЪ НИХЪ ТВЕРДЫХЪ ТѢЛЪ.

§ 80. *Всякое твердое тѣло, погружаемое въ жидкость, выдавливаетъ ея столько, сколько можетъ помѣститься въ объемъ тѣла; при чемъ оно теряетъ часть своего вѣса, и именно столько сколько въсѣтъ вытѣсненная имъ жидкость.* Этотъ гидростатическій законъ открытъ *Архимедомъ*, потому называется еще и просто *Архимедовымъ закономъ*. Опытъ производится посредствомъ гидростатическихъ вѣсовъ, которые отличаются отъ простыхъ чрезвычайною чувствительностію, и тѣмъ еще, что внизу одной чашечки есть крючекъ, за который прицѣпляютъ погружаемое въ воду тѣло; вмѣсто его въ нашемъ опытѣ будемъ употреблять мѣдный цилиндрикъ. Възвѣсимъ его сначала обыкновеннымъ образомъ въ воздухѣ, и замѣтимъ вѣсъ, положимъ *a*;

потомъ, погрузивъ въ воду, тотчасъ увидимъ, что вѣсъ уменьшился; доложимъ столько гирекъ, сколько нужно для равновѣсія, пожалуй *b*. Послѣ сего возьмемъ такой цилиндрикъ, въ который бы первый совершенно входилъ; слѣдовательно оба они равнаго объема; наполнимъ его водою, прицѣпимъ за крючекъ и свѣсимъ. Вѣсъ воды, заключающійся въ цилиндрикъ, какъ разъ равняется числу гирекъ *b*, означающихъ потерю вѣса тѣла въ водѣ. Изъ сего видно, что тѣло вытѣсняетъ равное по объему своему количество воды, теряя при этомъ столько вѣсу, сколько вѣситъ вытѣсненная имъ вода. — И теоретически, на основаніи давленія жидкостей, можно вывести предъидущей гидростатическій законъ.

Пусть погруженное тѣло будетъ *abcd* (фиг. 41.) и вѣсъ его *P*, при погруженіи въ воду, на него обнаруживается давленіе жидкости *ef.ab*; горизонтальныя давленія взаимно уничтожаются. И такъ цѣлое давленіе на жидкость $= P. + ef.ab$. Но какъ жидкость противодѣйствуетъ снизу вверхъ, и противодѣйствіе ея должно быть равно дѣйствию столба воды *efab* и *abcd*; то разность этихъ давленій будетъ:

$$P + ef.ab - ef.ab - ab.cd = \pm P'$$

$$\text{или } P - ab.cb = \pm P'.$$

знакъ +, когда собственный вѣсъ тѣла больше вѣса воды въ равномъ съ нимъ объемѣ; знакъ -, на оборотъ.

§ 81. *Отношеніе вѣса тѣла къ вѣсу воды въ одинакомъ объемѣ называется удѣльнымъ вѣсомъ.*—
Вообще подѣ именемъ удѣльнаго, или относительнаго вѣса разумѣется отношеніе вѣса одного тѣла къ вѣсу другаго при равныхъ объемахъ. Для избѣжанія безчисленнаго сравненія и сведенія вѣса различныхъ тѣлъ, надобно было избрать одно, съ которымъ бы всѣ сравнивались. Вода представляетъ всѣ возможныя удобства для этого: вода во всякое время подѣ руками, совершенно принимаетъ форму погружаемаго въ нее тѣла, и слѣд. безѣ всякаго затрудненія имѣется два тѣла одинакихъ объемовъ. Вѣсъ воды въ извѣстномъ объемѣ принимается за единицу.

Удѣльный вѣсъ твердыхъ тѣлъ опредѣляется посредствомъ *гидростатическихъ вѣсовъ*, жидкихъ — посредствомъ *ареометровъ*, а воздухообразныхъ — посредствомъ *манометра*. О воздухообразныхъ тѣлахъ упомянемъ въ своемъ мѣстѣ; займемся опредѣленіемъ удѣльнаго вѣса твердыхъ и жидкихъ тѣлъ.

§ 82. *Опредѣленіе удѣльнаго вѣса посредствомъ гидростатическихъ вѣсовъ.* Свѣсимъ изслѣдуемое тѣло въ воздухѣ; погрузимъ потомъ въ воду, и замѣтимъ потерю его вѣса. Раздѣливъ собственный вѣсъ тѣла на потерю въ водѣ, получимъ удѣльный его вѣсъ.



Опредѣленіе удѣльнаго вѣса жидкостей посредствомъ ареометра.

§ 83. Всякое тѣло, будучи погружаемо въ различныя жидкости, въ плотнѣйшую входитъ меньшею массою, а въ рѣдчайшую большею. Разумѣется, при этомъ вытѣсняется различное по объему количество той и другой жидкости, но вѣсъ ея будетъ одинъ и тотъ же. Изъ сего слѣдуетъ, что *чѣмъ больше объемъ погруженной части тѣла, тѣмъ меньше плотность жидкости, и на оборотъ*. Пусть удѣльный вѣсъ, или плотность одной жидкости d , другой d' ; объемъ погруженной части тѣла съ одной жидкости $= v$, въ другой v' ; вѣсъ вытесненной жидкости $= p$. Такъ какъ

$$\begin{aligned} p &= vs, & p &= v's', & \text{то} \\ s: s' &= v': v, \end{aligned}$$

т. е. плотности двухъ различныхъ жидкостей находятся въ обратномъ отношеніи объемовъ погруженной части тѣла.

Если же будемъ погружать все тѣло, или известную часть его въ различныя жидкости, то для погруженія въ плотнѣйшую жидкость надобно прибавлять вѣсу: *чѣмъ больше вѣситъ тѣло, или часть его, погруженная въ какую либо жидкость, тѣмъ она плотнѣе, и на оборотъ*. Пусть вѣсъ погружаемой части тѣла будетъ $= P$, объемъ v , удѣльный вѣсъ жидкости d ; въ отношеніи къ другой жидко-

сти тѣ же величины будутъ P , v и d . Такъ какъ

$$P = vd; P' = vd'$$

то
$$\frac{P}{P'} = \frac{d}{d'}.$$

т. е. *плотности жидкостей находятся въ прямомъ отношеніи вѣса погружаемыхъ тѣлъ.*

На этихъ двухъ законахъ равновѣсія жидкостей и твердыхъ тѣлъ основано опредѣленіе удѣльнаго вѣса жидкостей: приспособленныя къ сему плавающія тѣла называются *ареометрами*. Ихъ два рода — одни съ дѣленіемъ, показывающимъ какая часть ареометра погрузилась въ жидкость; другіе съ вѣсомъ, накладываемымъ для того, чтобы *погруженная масса была постоянна*.

§ 84. *Ареометры съ дѣленіемъ*, ихъ называютъ еще *воликами*. Они состоятъ изъ длинной трубочки съ шарикомъ, или цилиндрикомъ, соединяющимся съ другимъ меньшимъ шарикомъ, въ который кладется ртуть, или другое какое тяжелое тѣло, чтобы волчокъ держался вертикально въ устойчивомъ положеніи, (чер. 42). На трубочкѣ сдѣлано дѣленіе, которое и показываетъ докуда погружается волчокъ въ известной жидкости. Эти ареометры употребляются для узнанія степени соляныхъ растворовъ, крѣпости спирту и пр. Напр. ареометръ въ 100 частяхъ чистой воды погружается до известной точки, которую и означимъ. Смѣшаемъ 20 ча-

стей соли съ 80 частями воды, ареометръ станеть въ этой смѣси выше, и эту точку означимъ чрезъ 20, и т. д., и говорится — въ такомъ-то растворѣ 20 процентовъ соли. Равнымъ образомъ обозначается крѣпость спирта и различныхъ винъ, въ которыхъ есть примѣсь воды, или другихъ жидкостей.

§ 85. *Ареометръ съ вѣсомъ* (фиг. 43.) состоитъ изъ пустаго жестянаго цилиндра съ тонкою шейкою, на которой находится тарелочка. Для того, чтобы ареометръ имѣлъ устойчивое вертикальное положеніе въ жидкости, придѣлываютъ внизу шарикъ, куда кладутъ какую нибудь тяжесть, — напр. дробь, или ртути. На шейкѣ есть отмѣтка, до которой погружаютъ ареометръ въ жидкость. Если жидкость плотнѣе, то накладываютъ на чашечку такое число гирекъ, отъ котораго бы ареометръ погрузился до этой точки. Вѣсъ ареометра извѣстенъ однажды на всегда — P . И такъ, пусть для погруженія ареометра въ чистой водѣ нужно прибавить на тарелочку гирекъ вѣсомъ p ; для погруженія до той же точки въ другой жидкости, которой плотность d , нужно прибавить p' : плотность жидкости найдется слѣдующимъ образомъ

$$d = \frac{P+p'}{P+p}.$$

Такого устройства ареометръ называется Фаренгейтовымъ.

§ 86. Никольсонъ прикрѣпилъ внизу этого

ареометра (фиг. 44,) не большую чашечку съ дугою, на которой она свободно повертывается. Съ помощію этой придѣлки ареометръ можно употреблять для опредѣленія удѣльнаго вѣса и твердыхъ тѣлъ, особливо въ томъ случаѣ, когда нѣтъ вѣсовъ. Погрузимъ ареометръ до постоянной его точки, потомъ снимемъ нѣсколько гирекъ и положимъ вмѣсто ихъ тѣло, котораго удѣльный вѣсъ хотимъ найти. Ясно, что ежели ареометръ въ обоихъ случаяхъ будетъ погружаться до одной и той же точки, то количество снятыхъ гирекъ будетъ означать вѣсъ замѣстившаго ихъ тѣла; — пусть онъ будетъ $= a$. Снимемъ тѣло съ тарелочки, и положимъ его въ чашечку подъ водою; ареометръ подымется изъ воды, потому что тѣло потеряетъ часть своего вѣсу; доложимъ гирекъ столько, сколько нужно, чтобъ ареометръ стоялъ въ водѣ на постоянной точкѣ. Вновь доложенное число гирекъ $= b$, означаетъ потерю вѣса тѣла въ водѣ. Отсюда удѣльный вѣсъ тѣла $= \frac{a}{b}$. Для опредѣленія удѣльнаго вѣса тѣлъ, которыя легче воды; напр, пробки, дерева, и пр. стоитъ только перевернуть чашечку вверхъ дномъ; дно ея не пуститъ ни пробки, ни дерева всплыть; оставаясь же такимъ образомъ въ водѣ, они будутъ вытѣснять столько воды, сколько можетъ вмѣститься въ ихъ объемъ.

§ 87. Ежели вѣсъ вытѣсняемой воды меньше вѣ-

са самого тѣла, то оно погружается на дно, ежели равенъ, то куда ни положи тѣло, вездѣ находится въ равновѣсїи, ежели же больше, тогда тѣло не тонетъ, а плаваетъ въ водѣ. Такимъ образомъ можно и тяжелѣйшее воды тѣло заставить плавать, стоитъ только дать ему такой объемъ, при которомъ оно вытѣсняло бы воды больше, нежели сколько само вѣситъ. — На этомъ основано плаваніе кораблей, паромовъ, гидростатическая игрушка, называемая *Картезіевымъ бѣсикомъ*. (фиг. 45.) Въ стеклянномъ сосудѣ, наполненномъ водою, и закрытомъ пузыремъ находится куколка, которая плаваетъ вверхъ; въ боку куколки есть дырочка, чрезъ которую входитъ вода, если подавить пузырь, и куколка опускается внизъ, потому что сдѣлалась тяжелѣе, а какъ скоро отнѣмуть палецъ отъ пузыря, куколка подымается вверхъ.

Къ тяжелому тѣлу можно прибавить легкое значительнаго объема, и оба вмѣстѣ будутъ плавать: на этомъ основано употребленіе пузырей при плаваніи, пробковыя платья, и проч.

§ 88. Прилагается не большая таблица удѣльнаго вѣса, или плотности нѣкоторыхъ твердыхъ и жидкихъ тѣлъ.

<i>Названіе тѣлѣ.</i>	<i>Плотность въ отношеніи къ водѣ.</i>	<i>Названіе тѣлѣ.</i>	<i>Плотность въ отношеніи къ водѣ.</i>
Платина	21.	Сухой дубъ . .	1,6.
Золото	19.	Красное дерево.	1,06.
Ртуть	13,5.	Кленъ	0,75.
Свинецъ	11.	Пробка	0,24.
Мѣдь	9.	Спиртъ	0,8.
Олово	7,3.	Фосфоръ	1,8.
Стекло зеркаль- ное	2,4.	Сѣра	2.
Flintglas	3,2.	Сѣрная кислота.	1,8.
Серебро	10.	Терпентинное масло	0,8.