

ИЗДАТЕЛЬСТВО МОСКОВСКОГО ВЫСШЕГО ТЕХНИЧЕСКОГО УЧИЛ.

НА ДОМ
НЕ ВЫДАЕТСЯ

P 140226

ФИЗИЧЕСКИЙ ПРАКТИКУМ МВТУ

ЧАСТЬ I

РАБОТА № 2

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЛОТНОСТИ ТВЕРДЫХ ТЕЛ ПИКНОМЕТРОМ

РАБОТА № 3

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЛОТНОСТИ ЖИДКОСТИ
ПРИ ПОМОЩИ ПИКНОМЕТРА

РАБОТА № 5

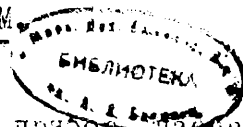
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЛОТНОСТИ ТЕЛ ВЗВЕШИВАНИЕМ НА
ГИДРОСТАТИЧЕСКИХ ВЕСАХ ПО МЕТОДУ ТАРИРОВАНИЯ



МОСКВА 1929

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЛОТНОСТИ ТВЕРДЫХ

ТЕЛ ПИКНОМЕТРОМ



Для определения массы тела служит прибор, называемый весями, главной частью которых является равноплечий рычаг /коромысло/.

Если под действием приложенных к концам такого рычага двух параллельных сил - рычаг находится в равновесии - силы, приложенные к нему - равны. Такими силами могут быть, например, веса двух тел.

При помощи весов можно достичь равенства веса испытуемого тела с весом другого тела, масса которого известна.

На основании 2-го закона Ньютона мы знаем, что сила / в данном случае вес тела / измеряется произведением массы тела m на ускорение силы тяжести g : $P=mg$, а так как ускорение силы тяжести в данном месте есть величина постоянная, то узнав, что вес одного тела равен весу другого тела, можно сказать, что и массы этих тел равны между собой.

Итак, взвешивание есть способ определения массы тела сравнением его веса с весом тела, масса которого принята за единицу.

При взвешивании употребляют набор разновесок, представляющих доли или кратные грамма. Наиболее часто встречающийся набор состоит из следующих разновесок:

0.01-0.01-0.01-0.02-0.05-0.1-0.1-0.2-0.5-1-1-2-5-10-10-20-50-100-100 и т.д. грамм.

Комбинируя различные разновески, можно составить все промежуточные числа.

Разновески меньше 0.01 гр. /1 сантиграмма/ не употребляют вследствие неудобства обращения с ними. Для определения тысячных и десятитысячных долей грамма пользуются рейтером /рис.1/, представляющим из себя проволочную петлю с ушком, вес которой обычно равен 0.01 гр.

При помощи особого приспособления рейтер помещают на одно из плеч коромысла. В зависимости от того, на каком расстоянии от середины коромысла находится рейтер, он соответствует

140228-230

Проект 1985

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЛОТНОСТИ

той или иной доле своего веса, положенной на чашку весов.

Для отсчета положения рейтера каждое плечо коромысла разделено на 10 или 50 равных частей.

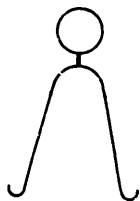


Рис. 1.

УСТРОЙСТВО ВЕСОВ.

Главной частью весов является коромысло, через середину которого проходит стальная призма, одно из ребер которой, опирающееся на агатовую пластинку, прикрепленную к колонке весов, служит осью вращения коромысла.

На равных расстояниях от ребра средней призмы на обоих концах коромысла укреплено по призме, обращенных ребрами вверх, они служат опорами для чашек.

При равновесии коромысло должно занимать горизонтальное положение. О положении коромысла судят по стрелке, прикрепленной к коромыслу и направленной вниз. Конец этой стрелки движется перед шкалой, укрепленной внизу колонки. Шкала обычно имеет 20 равных делений, при чем среднее деление шкалы удобно считать за 10-ое.

Когда весы не работают, а также во время накладывания и снятия разновесов и взвешиваемого тела, коромысло должно быть приподнято так, чтобы призма не спиралась на подставку. Для этого весы снабжены особым приспособлением, который называется „арретир“ и состоит из подвижной рамки, под шеей которой коромысло опирается на нее и призма отходит от подставки. В хороших весах приподнимаются также и сережки с чашками.

Арретирование весов производится поворотом по часовой стрелке головки, находящейся впереди шкафы весов, в который обычно помещаются весы для предохранения их от движений воздуха и пыли. Передняя стенка шкафы, а иногда и боковые, делается подъемной.

Для передвижения рейтера через правую стенку проходит подвижной стержень, имеющий на внутреннем конце крючек, которым можно захватывать и передвигать рейтер.

ПРАВИЛА ОБРАЩЕНИЯ С ВЕСАМИ.

При взвешивании необходимо строго соблюдать следующие

правила:

1. Накладывать и снимать взвешиваемое тело, разновески и рейтер при арретированных весах.
2. Не нагружать весы свыше допустимой предельной нагрузки.
3. Брать разновески только пинцетом.
4. Тяжелые тела и разновески помещать по середине чашек.
5. Арретировать и освобождать коромысло плавно. Если равновесие еще не достигнуто, арретир опускают осторожно настолько, чтобы возможно было заметить, которая из чашек перетягивает и тогда же снова необходимо арретировать весы.
6. Во время качаний арретировать весы в тот момент, когда стрелка проходит через среднее деление шкалы.

ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ ВЕСОВ.

Чувствительностью весов называют угол отклонения коромысла при прибавке на одну из чашек, на которых лежат равные грузы, перегрузка в 1 *сгр* или в 1 *мгр* в зависимости от конструкции весов.

Чувствительность C весов зависит от длины L плеч коромысла, его веса Q и расстояния d центра тяжести коромысла от точки опоры, именно $C = \frac{L}{Q \cdot d}$

Эта формула применима в том случае, когда ребра всех 3-х призм коромысла лежат в одной плоскости. В действительности это условие в точности никогда не соблюдается и, кроме того, относительное положение призм изменяется с изменением нагрузки вследствие прогиба коромысла - в общем случае чувствительность зависит от нагрузки.

Изменяя величину d , т.е. перемещая центр тяжести коромысла, можно изменять чувствительность весов. Для этого на стрелке весов имеется передвижной груз, перемещением которого меняют чувствительность весов.

Способ взвешивания может быть значительно упрощен, если наперед известна чувствительность весов при различных нагрузках.

На практике удобнее под чувствительностью H разукрепить тот перегрузок, который необходимо добавить для отклонения стрелки на 1 деление.

Для определения чувствительности H весов поступают следующим

ним образом:

1. Определяют „нулевую точку” весов, т.е. точку равновесия ненагруженных весов:

Это будет то деление шкалы, где должна была бы остановиться стрелка весов, когда они перестанут качаться. В виду того, что весы могут вследствие трения остановиться, не дойдя до нулевой точки, последнюю определяют из качаний.

Опускают арретир и наблюдают отклонения стрелки, отмечая точки поворота. Запись отсчетов начинают после того, как коромысло сделало несколько колебаний. Обычно отмечают 5 последовательных точек поворота - 3, когда стрелка останавливается слева, и 2 - справа, при чем десятые доли деления отсчитывают на глаз. Левое деление шкалы обычно считают за 0, среднее за 10 и правое за 20.

Запись ведут так:

	Точки поворота			Среднее	Нулевая точка.
Слева	8.2	8.5	8.8	8.5	= 9.75
Справа	11.2	10.8		11.0	

т.е. берут среднее из 1, 3 и 5 точек поворота и среднее из 2 и 4. Среднее из полученных средних и будет нулевой точкой - e_0 .

б/ На правую чашку кладут перегрузок, напр. в 1 *cgr* или велят рейтер на первое деление, что соответствует перегрузке в 1 *mgr*. и снова определяют положение равновесия e_1 тем же способом, как и нулевую точку. Перегрузок в 1 *cgr* или 1 *mgr* следовательно дает отклонение на $|e_0 - e_1|$ делений. Для отклонения весов на 1 деление шкалы нужно было бы положить

$$n_0 = \frac{1}{(e_0 - e_1)} \text{ cgr или mgr}$$

с/ Кладут на обе чашки весов по 10 гр. и снова определяют положение равновесия e'_0 . Затем добавляют на правую чашку 1 *cgr* или 1 *mgr* и определяют положение равновесия e'_1 . Чувствительность при нагрузке в 10 *gr* будет $n_{10} = \frac{1}{e'_0 - e'_1}$

д/ То же делают, нагружая обе чашки весов равными грузами в 20, 50, 100 и т.д. грамм и определяют по прежнему соответствующие чувствительности n_{20} , n_{50} , n_{100} и т.д. при этих нагрузках.

е/ Строят график, показывающий зависимость чувствительности весов от нагрузки. Для этого по оси абсцисс откладывают

нагрузку, а по оси ординат соответствующую чувствительность Π .

ВЗВЕШИВАНИЕ.

Даже в лучших весах плечи коромысла не равны, вследствие чего применяют способы взвешивания, исключающие ошибку на неравенство плеч коромысла.

1. Определяют нулевую точку e_0 .

2. Тело кладут на левую чашку и приблизительно уравнивают его разновесками так, чтобы тело перетягивало. Пусть вес разновесков в этом случае $P_1 gr$.

3. Определяют точку равновесия e_1 для этого случая, при чем оказывается $e_1 > e_0$.

4. Добавляют на правую чашку, пользуясь рейтером - $p gr$ так, чтобы разновески начали перетягивать и снова определяют точку равновесия e_2 для этого случая, когда разновесков больше, чем нужно: - $e_2 < e_0$.

5. Вычисляют вес тела, рассуждая следующим образом: вес разновесков в первом случае $P_1 gr$ меньше веса тела, так как $e_1 > e_0$. Прибавка $p gr$ перемещает точку равновесия с e_1 на e_2 , т.е. на $|e_1 - e_2|$ делений. Так как $e_2 < e_0$, то вес разновесков $|P_1 + p| gr$ во втором случае больше, чем вес тела. Вес тела P' заключается между P_1 и $|P_1 - p| gr$. Необходимо было добавить не $p gr$ меньше.

Чтобы вычислить, какую долю от $p gr$ необходимо было прибавить, рассуждают так: прибавка $p gr$ передвигает точку равновесия на $|e_1 - e_2|$ делений. Необходимо было прибавить не $p gr$, а столько, чтобы точка равновесия с e_1 переместилась в e_0 , т.е. на $|e_1 - e_0|$ делений, тогда вес разновесок как раз был бы равен весу тела.

Итак:

на $|e_1 - e_2|$ делений передвигают точку равновесия $P gr$
 " $|e_1 - e_0|$ " передвинет " " $X gr$

$$\text{Откуда } \frac{X}{P} = \frac{e_1 - e_0}{e_1 - e_2} \quad \text{или } X = p \cdot \frac{e_1 - e_0}{e_1 - e_2}$$

Следовательно вес разновесков, уравнивающий взвешиваемое тело, будет:

$$P' = P_1 + p \cdot \frac{e_1 - e_0}{e_1 - e_2}$$

Перенеся взвешиваемое тело на правую чашку, производят вторичное взвешивание по предыдущему, находят вес P'' и из обеих

полученных весов берут среднее: - это и будет вес тела.

Итак для определения веса тела, необходимо делать по 2 взвешивания, но можно сделать только один раз двойное взвешивание, в дальнейшем ограничиваться лишь одним взвешиванием, вводя соответствующую поправку. Обозначим длину левого плеча L , правого R . Когда тело находилось на левой чашке, мы имели $PL = PR$, здесь P вес тела, когда тело на правой чашке $P'L = PR$, отсюда

$$P = \sqrt{P'P''} = P' \sqrt{\frac{P''}{P'}},$$

но так как $\frac{R}{L} = \sqrt{\frac{P''}{P'}}$

то $P = P' \sqrt{\frac{R}{L}}$

Проедлав один раз двойное взвешивание, находим P'' и P' , вычисляем $\frac{R}{L}$ по указанной формуле, в случае же если P'' и P' мало отличаются друг от друга, можно взять $\frac{R}{L} = 1 + \frac{P'' - P'}{2P'}$

Если теперь возьмем другое тело и при взвешивании его на левой чашке найдем вес $P_1' = P_1$, то вес тела будет

$$P_1 = P_1' \sqrt{\frac{R}{L}} \dots (a)$$

ПЛОТНОСТЬ. Если, взять несколько тел одинакового объема и из различных веществ, то масса этих тел оказывается различной и зависящей от некоторой величины, характерной для каждого данного вещества и называемой плотностью этого вещества.

За единицу плотности принимает плотность такого вещества, единица объема которого содержит единицу массы.

В системе CGS, где за единицу массы принят 1 грам, а за единицу объема 1 cm^3 , единицей плотности, следовательно, будет плотность воды при 4°C .

Плотность пропорциональна массе m тела и обратно пропорциональна его объему V , т.е.

$$d = \frac{m}{V} \dots (1)$$

Таким образом в системе CGS плотность измеряется массой в gr , содержащейся в 1 cm^3 .

Если мы возьмем $V \text{ cm}^3$ воды при 4°C , то ее масса будет $V \text{ gr}$ и в правой части формул./1/ будем иметь отношение масс.

Так как отношение масс двух тел равно отношению их весов, то формула /1/ принимает вид:

$$d = \frac{P}{P_1} \dots (2)$$

где P - вес тела, P_f - вес воды в объеме тела.

В этом случае плотность может быть определена, как отношение веса тела к весу воды в объеме тела и часто называется удельным весом.

Формула /2/ показывает, что для определения плотности какого либо тела необходимо знать вес P этого тела и вес P_f воды в объеме тела.

Одним из наиболее точных способов определения плотности является способ ПИКНОМЕТРА.

Пикнометр представляет собой флакон той или иной формы с притертой стеклянной пробкой, в которой сделан узкий канал с меткой, что даст возможность всегда устанавливать уровень жидкости в пикнометре на одной высоте /рис.2/.

Удобную форму представляет пикнометр /рис.3/, имеющий два горла, в одно из которых вставлен на штифт термометр, а другое представляет узкую трубку с меткой; до которой наполняют пикнометр.



Рис. 2.

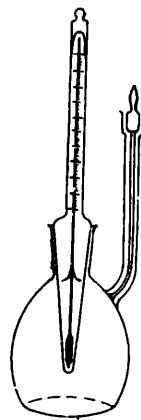


Рис.3.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЛОТНОСТИ ТВЕРДОГО ТЕЛА.

Пусть вес испытуемого тела P , вес пикнометра с водой P_1 и вес пикнометра с водой и погруженным в нее телом P_2 .

Тогда вес P_1 воды, вытесненной телом, будет

$$P_1 = p_1 - (p_2 - P) = p_1 - p_2 + P$$

Откуда плотность тела

$$d = \frac{P}{P_1} = \frac{P}{p_1 + P - p_2} \dots (2)$$

ПОРЯДОК ОПЫТА.

1. Определяют вес P испытуемого тела двойным взвешиванием.
2. Наполняют пикнометр дистиллированной водой до метки, ставят его на весы и на ту же чашку кладут испытуемое тело. Определяют общий вес тела и пикнометра с водой - $|p_1 + P|$, пользуясь формулой $|a|$, отмечая в то же время температуру воды.
3. Вводят в пикнометр испытуемое тело, приводят уровень воды к прежней метке при помощи пипетки с оттянутым концом и определяют вес пикнометра с водой и погруженным в нее телом p_2 /пользуясь формулой $|a|$. Тогда вес воды, вытесненной телом

$$P_1 = p_1 + P - p_2$$

ПРИМЕЧАНИЕ. Для удаления пузырьков воздуха, прилипших к твердому телу, надо встряхнуть несколько раз пикнометр с помещенным в него твердым телом.

4. Определив P и P_1 , вычисляют по формуле $|2|$ плотность d испытуемого тела.

ПРИВЕДЕНИЕ К ВОДЕ ПРИ 4°С И ПУСТОТЕ.

Пусть:

Объем испытуемого тела, а следовательно и объем вытесненной воды V

Плотность воды при температуре опыта . . . δ /из табли/

Плотность воздуха λ /так же/.

Тело весит P_{gr} , теряя при взвешивании в воздухе $V\lambda$, следовательно вес тела в пустоте будет $P + V\lambda$. Вес вытесненного телом объема воды P_1 , потеря в весе при взвешивании в воздухе $V\lambda$ - следовательно вес в пустоте вытесненного объема воды будет $P_1 + V\lambda$.

Так как плотность воды δ , то объем вытесненной воды будет

$$V = \frac{P_1 + V \cdot \lambda}{\delta} \quad \text{или} \quad V = \frac{P_1}{\delta - \lambda}$$

Если бы вода была при 4°C , т.е. при температуре наибольшей плотности, тем же числом $V = \frac{P_1}{\delta - \lambda} \text{ gr}$ выразился бы и вес ее.

Таким образом:

Вес испытуемого тела в пустоте $P + V \cdot \lambda$
 Вес воды в объеме тела при 4°C $\frac{P_1}{\delta - \lambda}$

Следовательно плотность d испытуемого тела, приведенная к пустоте и к воде при 4°C , будет:

$$d = \frac{P + V \cdot \lambda}{\frac{P_1}{\delta - \lambda}} = \frac{P}{P_1} (\delta - \lambda) + \lambda$$

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЛОТНОСТИ ЖИДКОСТИ.

Если вес пикнометра известен, то можно определить веса равных об'емов испытуемой жидкости и воды и вычислить по формул. $d = \frac{P}{P_1}$ плотность испытуемой жидкости, где P — вес испытуемой жидкости, P_1 — вес равного об'ема воды.

ПОРЯДОК ОПЫТА.

1. Определяют вес пустого пикнометра — P_0 двойным взвешиванием.

2. Наполняют пикнометр до метки испытуемой жидкостью и определяют общий вес пикнометра с жидкостью — P_1 , пользуясь формулой /а/. Излишек жидкости выбирает при помощи пипетки с оттянутым концом.

Тогда вес испытуемой жидкости в об'еме пикнометра:

$$P = P_1 - P_0$$

3. Промыв пикнометр, наполняют его до той же метки дистиллированной водой и определяют общий вес пикнометра с водой — P_2 , пользуясь формулой /а/. Тогда вес воды в об'еме пикнометра:

$$P_1 = P_2 - P_0$$

4. Определив P и P_1 , вычисляют плотность d по вышеприведенной формуле.

ПРИМЕЧАНИЕ. Перед взвешиванием пустого пикнометра его необходимо просушивать. Для этого берут изогнутую стеклянную трубку, один конец которой оттянут, на другой надета резиновая груша от пульверизатора. Надев пикнометр на оттянутый конец, подгреваем изогнутую часть на газовой горелке и то же время прогоняем грушей воздух.

ПРИВЕДЕНИЕ К ВОДЕ ПРИ 4°С И ПУСТОТЕ.

Обозначим:

Об'ем пикнометра, а следовательно и об'ем испытуемой жидк. — воды V

Плотность воды при температуре опыта δ

Плотность воздуха λ

Испытуемая жидк-сть, как и вода, теряет в своем весе при взвешивании в воздухе . . . $K\lambda$

Вес испытуемой жидкости в пустоте . . . $P + V \cdot \lambda$

Вес воды в пустоте . . . $P_1 + V \cdot \lambda$

Вес воды в объеме пикнометра, если ее плотность δ

$$V \cdot \delta = P_1 + V \cdot \lambda$$

Следовательно объем воды $V = \frac{P_1}{\delta - \lambda}$

Если $\frac{P_1}{\delta - \lambda}$ объем воды в cm^3 , то тем же числом σ выразится и вес этого объема воды, если она взята при $4^\circ C$.

Таким образом:

Вес испытуемой жидкости в пустоте $P + V \cdot \lambda$

Вес такого же объема воды в пустоте при $4^\circ C$. $\frac{P_1}{\delta - \lambda}$

Откуда плотность:

$$d = \frac{P}{P_1} (\delta - \lambda) + \lambda$$

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЛОТНОСТИ ТЕЛ ВЗВЕШИВАНИЕМ НА ГИДРОСТАТИЧЕСКИХ ВЕСАХ ПО МЕТОДУ ТАРИРОВАНИЯ.

1. ПЛОТНОСТЬ. Если взять несколько тел одинакового объема V из различных веществ, то масса этих тел оказывается различной и зависящей от некоторой величины, характерной для каждого данного вещества и называемой плотностью этого вещества.

За единицу плотности принимают плотность такого вещества, единица объема которого содержит единицу массы.

В системе CGS, где за единицу массы принят 1 gr., а за единицу объема 1 см³, единицей плотности, следовательно, будет плотность воды при 4° C.

Плотность d пропорциональна массе m тела и обратно-пропорциональна его объему V , т.е.

$$d = \frac{m}{V} \dots \dots (1)$$

Таким образом в системе CGS плотность измеряется массой в gr., содержащейся в 1 см³.

Если мы возьмем V см³ воды при 4° C, то ее масса будет V gr и в правой части фор./1/ будем иметь отношение масс.

Так как отношение масс двух тел равно отношению их весов, то формула /1/ принимает вид:

$$d = \frac{P}{P_1} \dots \dots (2)$$

где P - вес тела, P_1 - вес воды в объеме тела.

В этом случае плотность может быть определена, как отношение веса тела к весу воды в объеме тела и часто называется удельным весом.

Формула /2/ показывает, что для определения плотности какого либо тела необходимо знать вес P этого тела и вес P_1 воды в объеме тела.

Существует несколько способов для определения веса воды в объеме тела: одним из таких способов является способ, осно-

зависит от закона Архимеда, который гласит, что „всякое тело, погруженное в жидкость, испытывает кажущуюся потерю в весе, равную весу вытесненной телом жидкости.“ Следовательно, вес воды в объеме тела можно определить по потере телом веса в воде.

1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЛОТНОСТИ ТВЕРДЫХ ТЕЛ.

Гидростатические весы обычно имеют укороченную правую чашку с крючком внизу, на который привешивается на тонкой проволоке испытуемое тело /рис.1/.

Для гидростатического взвешивания могут быть приспособлены и обычно употребляемые в лабораториях весы. Для этого на доску весов над правой чашкой ставят скамеечку *S* /рис.2/ и

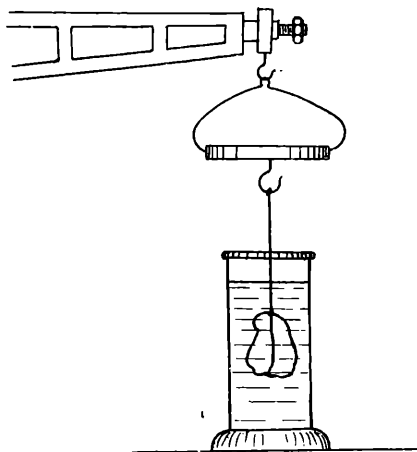


Рис.1.

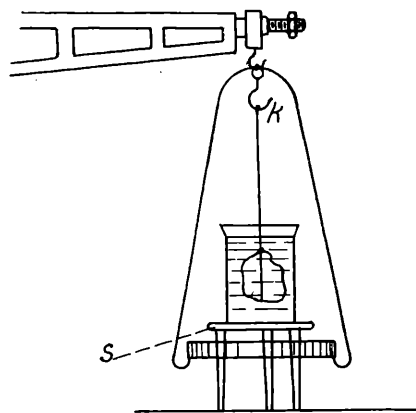


Рис.2.

подвешивают испытуемое тело на тонкой проволоке к крючку „К“, который обычно имеется у большинства весов.

В случае, если отношение плеч коромысла отличается от единицы, взвешивание делается по методу тарирования. Взвешиваемое тело и разновесы помещаются последовательно на одну и ту же чашку, противоположная нагружается тарой /дробью/ до установления равновесия. В этой задаче все взвешивания делаются по методу тарирования.

ПОРЯДОК ОПЫТА.

1. Подвешивают к крючку правой чашки тонкую проволоку с приготовленной на нижнем конце ее петлей для укрепления исп-

туемого тела.

Под проволочную петлю подводят стакан с водой так, чтобы вся петля была погружена в воду. Испытуемое тело кладут на ту же чашку и уравнивают весы тарой на левой чашке.

Сняв тело, заменяют его разновесками, вес которых и будет равен весу P тела в воздухе.

Снимают разновески с правой чашки, подвешивают испытуемое тело на проволочной петле и, погрузив его в стакан с водой, удаляют все прилипшие к нему пузырьки воздуха.

Для достижения равновесия необходимо на правую чашку положить такое количество разновесок, которое по величине равно потере в весе тела в воде, т.е. весу P_f воды в объеме данного тела.

Во время взвешивания необходимо следить, чтобы все тело было погружено в воду и не касалось стенок и дна стакана.

3. Определив P и P_f вычисляют плотность d по фор./2/.

ПРИВЕДЕНИЕ К ВОДЕ ПРИ 4° С И ПУСТОТЕ.

Так как взвешивание было произведено в воздухе и температура воды была отлична от 4° С, необходимо ввести в полученное для плотности значение поправки, приняв во внимание потерю веса при взвешивании в воздухе и сделав приведение к воде при 4° С.

Для подсчета указанных поправок положим, что при температуре опыта:

V — об'ем тела

d_t — его плотность

δ — плотность воды /см.таблицы/

v — об'ем разновесков

S — плотность разновесков

λ — плотность воздуха / λ берется из таблиц/.

Испытуемое тело теряет в весе столько, сколько весит вытесняемый им об'ем воздуха, т.е. $V\lambda$, следовательно его вес в воздухе будет: $(V.d_t - V.\lambda) = V(d_t - \lambda)$

Рассуждая аналогично относительно веса разновесков, равного весу тела, найдем:

$$(v.S - v.\lambda) = v.S(1 - \frac{\lambda}{S}) = p.(1 - \frac{\lambda}{S})$$

Вес тела равен весу разновесков, следовательно:

$$V(d_t - \lambda) = \rho(1 - \frac{\lambda}{S}) \dots \dots (3)$$

При погружении в воду тело теряет в весе $V \delta \text{ gr}$ и следовательно вес тела в воде будет $V(d_t - \delta) \text{ gr}$.

Вес разновесков, уравновешивающих тело в воде по предыдущему:

$$\rho_1(1 - \frac{\lambda}{S})$$

Откуда
$$V(d_t - \delta) = \rho_1(1 - \frac{\lambda}{S}) \dots \dots (4)$$

Чтобы найти вес вытесненной воды, вычтем из /3/ выражение /4/:

$$V(\delta - \lambda) = (\rho - \rho_1)(1 - \frac{\lambda}{S}) \dots \dots (5)$$

Разделив /3/ на /5/, имеем:

$$\frac{d_t - \lambda}{\delta - \lambda} = \frac{\rho}{\rho - \rho_1} \quad \text{или} \quad d_t = \frac{\rho}{\rho - \rho_1} (\delta - \lambda) + \lambda$$

где $\rho = P$ есть вес тела, а $\rho - \rho_1 = P_1$, т.е. равно весу воды в объеме тела.

Следовательно плотность
$$d_t = \frac{P}{P_1} \cdot (\delta - \lambda) + \lambda \dots \dots (6)$$

Обычно дают плотность d_0 при 0° , которую можно вычислить, зная коэффициент объемного расширения α тела $d_0 = d_t(1 + \alpha t)$

II. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЛОТНОСТИ ЖИДКОСТЕЙ.

Для определения плотности жидкости, согласно фор./2/, необходимо знать веса равных объемов испытуемой жидкости и воды.

Гидростатическое взвешивание дает возможность, погружая одно и то же тело в испытуемую жидкость и в воду, определить по потере веса тела, веса равных объемов испытуемой жидкости и воды.

Любое тело подходящего размера, тонущее и нерастворяющееся в воде и испытуемой жидкости, может служить для этой цели. В виду того, что необходимо знать температуры жидкостей во время опыта, удобнее в качестве погружаемого тела брать корсткий и толстый термометр.

ПОРЯДОК ОПЫТА.

1. Подвешивают тело к крючку правой чашки весов и уравнивают его тарой, накладывая ее на левую чашку.

2. Подбодя под тело стакан с водой, устанавливают его на такой высоте, чтобы все тело было погружено в воду и не касалось стенок и дна стакана. Прилипшие к телу пузырьки воздуха удаляют.

Вследствие потери телом в весе в воде, равновесие нарушается и, чтобы его восстановить, добавляют на правую чашку весов P_1 gr - это и будет вес воды в объеме тела.

3. Убрав стакан с водой, тело вытирают и погружают в стакан с испытуемой жидкостью, определяя по предыдущему по потере в весе - вес P испытуемой жидкости в объеме тела.

4. Определив P и P_1 , вычисляют плотность по формуле/2/.

ПРИВЕДЕНИЕ К ВОДЕ ПРИ 4°C И ПУСТОТЕ.

Положим, что при температуре опыта:

V - об'ем тела

D - его плотность

d_t - плотность испытуемой жидкости

δ - " " воды

V - об'ем разновесков

S - плотность "

λ - " " воздуха /берется из таблиц/.

Рассуждая так же, как и при выводе формулы /6/, имеем:

вес тела в воздухе . . .	$V(D - \lambda)$
" " " воде	$V(D - \delta)$
" " " испытуемой жидкости .	$V(D - d_t)$

Тело теряет в весе:

в испытуемой жидкости: $V(D - \lambda) - V(D - d_t) = V(d_t - \lambda)$

в воде: $V(D - \lambda) - V(D - \delta) = V(\delta - \lambda)$

Если P - вес разновесков при уравнивании тела в испытуемой жидкости, а P_1 - при уравнивании в воде, то:

$$V(d_t - \lambda) = P \left(1 - \frac{\lambda}{S}\right)$$

$$\text{и } V(\delta - \lambda) = P_1 \left(1 - \frac{\lambda}{S}\right)$$

Разделив первое выражение на второе, имеем:

$$d_t = \frac{P}{P_1} \cdot (\delta - \lambda) + \lambda$$

Если известен коэффициент об'емного расширения α жидкости, то плотность ее при 0 будет $d_0 = d_t(1 + \alpha t)$.