



**ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
«СЕВЕРО-ОСЕТИНСКИЙ МЕДИЦИНСКИЙ КОЛЛЕДЖ»  
МИНИСТЕРСТВА ЗДРАВООХРАНЕНИЯ РСО-АЛАНИЯ**

**МЕТОДИЧЕСКАЯ РАЗРАБОТКА ПРАКТИЧЕСКОГО ЗАНЯТИЯ**

***Учебная дисциплина: «ФИЗИКО – ХИМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ  
АНАЛИЗА И ТЕХНИКА ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ»***

**ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 13**

**Тема**

**ИЗМЕРЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ И ПЛОТНОСТИ РАСТВОРОВ**

**Цели занятия:**

**Образовательные:**

- Формирование практических умений в профессиональной деятельности.

**Развивающие:**

- Развитие речи, внимания, мышления, умения анализировать, обобщать, оценивать.
- Формирование умений и навыков практического характера.
- Развитие способности к имитации и навыков работы в сотрудничестве.

**Воспитывающие:**

- Способствовать формированию интереса студентов к предмету, воспитывать умение доказывать свое мнение.
- Воспитание культуры общения.
- Воспитывать чувство ответственности за результаты работы.

- Способствовать воспитанию чувства взаимодействия и сотрудничества.
- Создание условий для развития социального опыта будущего специалиста.

**Тип занятия:** сообщение новых знаний.

**Вид занятия:** практическое занятие.

**Метод обучения:** методика актуализации знаний.

**Форма организации:** групповая.

**Средства технической поддержки работы:** таблицы, муляжи, мультимедийные средства обучения

№	Структурные элементы	Содержание занятия	Методы
1	Введение в тему	Приветствие	Монолог
2	Мотивация учебной деятельности	Прослушивание диалога	Монолог Тестирование
3	Решение ситуационной задачи	Выбор правильного решения по предложенной ситуации	Кейс - метод
4	Рефлексия	Высказывание собственного мнения о проделанной работе	Обмен мнениями

### План занятия:

1. Организационный момент.
2. Мотивация учебной деятельности.
  - Сообщение темы и целей.
3. Организация самостоятельной работы студентов:
  - Инструктаж по проведению практического занятия.
  - Выдача методических указаний.
  - Выполнение задания.
  - Проверка выполненных работ, обсуждение допущенных ошибок и их коррекция.
4. Домашнее задание.
5. Рефлексия.

## **Ход занятия:**

1. Организационный момент.
2. Мотивация учебной деятельности:
  - Сообщение темы и целей урока.
  - План занятия для студентов.
  - Опрос студентов.
3. Организация самостоятельной работы студентов.
4. Проверка выполненных работ, обсуждение допущенных ошибок и их коррекция.
5. Домашнее задание.

## Измерение температуры

В международной системе единиц (СИ), основной единицей измерения температуры является Кельвин (К). Кельвин – единица измерения температуры по термодинамической температурной шкале. В соответствии с Международной практической температурной шкалой используется также шкала Цельсия, её единицей является градус Цельсия (°C), по размеру равный Кельвину. Шкалы Цельсия и Кельвина сдвинуты на 273,15 единиц:

$$t(^{\circ}\text{C}) = T(\text{K}) - 273,15. \quad (7.1)$$

Температуру измеряют при помощи термометров. В химических лабораториях для большинства исследований применяют dilatометрические термометры (рисунок 7.1), принцип действия которых основан на изменении объема рабочего тела (преимущественно жидкости) с изменением температуры. Они представляют собой стеклянные трубки с капилляром внутри и с резервуаром, заполненным, в зависимости от назначения, различными жидкостями. Изменение объема жидкости отмечается по перемещению мениска столбика жидкости в капиллярной трубке. В лаборатории чаще всего используют ртутные термометры для измерения температуры в пределах от минус 30 до 600 °C, спиртовые – от минус 65 до плюс 65 °C [2].



- А – цилиндрическая с развернутым краем;
  - Б – цилиндрическая без отгиба;
  - В – остродонная (центрифужная);
  - Г – с взаимозаменяемыми конусными шлифами;
  - Д – с конусным шлифом и отводной трубкой
- Рисунок 7.1 – Термометр стеклянный жидкостный

При работе с ртутным термометром следует соблюдать следующие правила:

- нельзя нагревать термометр выше предельной температуры, указанной на шкале термометра;

- отсчет показаний термометра следует производить только после того, как в рабочую жидкость, температуру которой измеряют, будет погружен весь шарик ртути;

- при измерении температуры жидкости выше 100 °С стеклянный термометр нельзя помещать в уже нагретую среду или резко охлаждать после проведения измерения. Из-за резкого перепада температур стекло термометра может лопнуть. Нагревать термометр следует вместе со средой;

- при отсчете показаний термометра по шкале глаз должен находиться на одной линии с уровнем ртути;

- нельзя класть термометр на твердые предметы (кафельное покрытие стола, металлические предметы);

- при резком охлаждении разогретого ртутного термометра ртутный столбик может разорваться. Восстановить такой термометр можно осторожным нагревом до его максимальной температуры, ртуть, дойдя до конца капилляра, соединится в месте разрыва;

- после измерения, остывший термометр необходимо вытереть и поместить в футляр для хранения или штатив [14].

Стеклянные жидкостные термометры отличаются высокой точностью, простотой устройства и дешевизной. Однако стеклянные термометры хрупки и, как правило, не ремонтпригодны.

В последнее время всё популярнее становятся электронные (цифровые) термометры (рисунок 7.2).



Рисунок 7.2 – Термометр стеклянный

жидкостный

Принцип их действия – измерение температуры посредством встроенного в них специального чувствительного датчика. Результат измерений отображается на дисплее в цифровом виде. Электронные термометры позволяют измерять температуру в широком диапазоне от  $-196$  до  $+500$  °С. К несомненным плюсам этого вида термометров конечно же отнесется безопасность, хорошая точность и удобство считывания показаний

### Определение плотности

Определение плотности газов, жидкостей и твердых веществ осуществляется с целью исследования свойств веществ, идентификации и определения степени их чистоты, определения концентрации двухкомпонентных растворов спиртов, кислот и оснований.

Плотность однородного вещества  $\rho$  - физическая величина, равная отношению массы  $m$  вещества к занимаемому им объему  $V$ :

$$\rho = m/V$$

Единицей плотности в Международной системе единиц (СИ) является килограмм на кубический метр; в единицах СГС плотность выражается в граммах на кубический сантиметр.

Относительная плотность вещества - величина, равная отношению его плотности к плотности некоторого другого вещества при определенных физических условиях. Такими стандартными веществами служат вода при

температуре 3,98 °С и нормальном атмосферном давлении (760 мм рт. ст., или 1013 гПа) или сухой воздух при 20 °С и нормальном атмосферном давлении:

$$d = \rho/\rho_0$$

где  $\rho$  - плотность данного вещества,  $\rho_0$  - плотность стандартного вещества.

Относительная плотность - безразмерная величина. Относительную плотность жидкости принято относить к температуре 20 °С и к плотности воды при 3,98 °С (4°С). В этом случае относительная плотность обозначается  $d_{20}^4$ .

В тех случаях, когда плотность жидкости по условиям опыта определяют не при 20 °С, а при другой температуре  $t$ , ее значение  $d_t^4$  может быть пересчитано на нормальное значение по формуле:

$$d_4^{20} = d_4^t + a (t - 20)$$

где  $d_4^t$  - относительная плотность исследуемой жидкости при температуре испытания  $t$ °С;  $a$  - средняя температурная поправка на 1 °С, находящаяся по табл. 14.

**ТАБЛИЦА 14. Температурные поправки при определении плотности**

Относительная плотность	Поправка $a$	Относительная плотность	Поправка $a$	Относительная плотность	Поправка $a$
0,810—0,820	0,000752	0,860—0,870	0,000686	0,910—0,920	0,000620
0,820—0,830	0,000738	0,870—0,880	0,000673	0,920—0,930	0,000607
0,830—0,840	0,000725	0,880—0,890	0,000660	0,930—0,940	0,000594
0,840—0,850	0,000712	0,890—0,900	0,000647	0,940—0,950	0,000581
0,850—0,860	0,000699	0,900—0,910	0,000633		

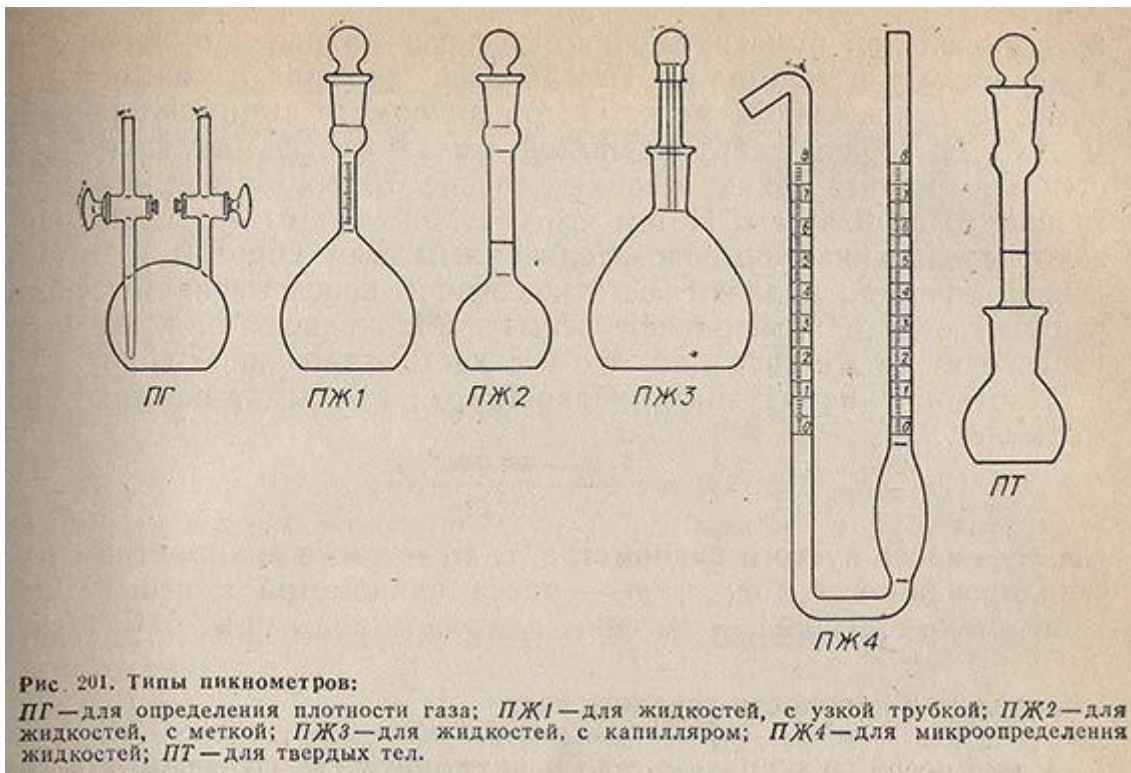
Относительная плотность является одной из важнейших физико-химических характеристик веществ (особенно жидкостей), наряду с температурой плавления и кипения.

Плотность веществ определяют с помощью пикнометров, ареометров и гидростатических весов.

### **Определение плотности с помощью пикнометров**

Пикнометрами можно определять плотность газов, жидкостей и твердых тел. Это стеклянные тонкостенные сосуды с меткой на горловине или с капиллярным отверстием в пробке, закрывающей горловину пикнометра. Пикнометры для определения плотности газов имеют несколько иную форму (рис. 201).





### Определение плотности жидкостей

Высушенный до постоянной массы и охлажденный до комнатной температуры пикнометр взвешивают с точностью до 0,0002 г, заполняют при помощи маленькой воронки дистиллированной водой немного выше метки (пикнометры типа ПЖ1, ПЖ2 и ПЖ4) или доверху (пикнометр типа ПЖ3). В пикнометре ПЖ3 вода выступает из капилляра, и избыток ее осторожно удаляют фильтровальной бумагой. Пикнометр закрывают пробкой и выдерживают 20 мин в водяном термостате, в котором поддерживают постоянную температуру воды 20 °С с точностью  $\pm 0,1$  °С. При этой температуре уровень воды в пикнометре типа ПЖ1 или ПЖ2 доводят до метки при помощи капиллярной трубки или свернутой в трубку полоски фильтровальной бумаги. Пикнометр снова закрывают пробкой и выдерживают в термостате еще 10 мин, проверяя положение мениска по отношению к метке. Затем пикнометр вынимают из термостата, вытирают снаружи мягкой тканью досуха, оставляют под стеклом аналитических весов в течение 20 мин и взвешивают с точностью до 0,0002 г. Потом его освобождают от воды, высушивают, споласкивая последовательно этиловым спиртом и диэтиловым эфиром, удаляют остатки эфира просасыванием сухого чистого воздуха и



заполняют испытуемой жидкостью, после чего производят те же операции, что и с дистиллированной водой.

Плотность испытуемой жидкости  $\rho_{20}$ , в г/см<sup>3</sup>, вычисляют по формуле:

$$\rho_{20} = \frac{(m_2 - m) 0,99823}{m_1 - m}$$

где  $m$  - масса пустого пикнометра, г;  $m_1$  - масса пикнометра с дистиллированной водой, г;  $m_2$  - масса пикнометра с испытуемой жидкостью, г; 0,99823 - значение плотности воды при 20 °С, г/см<sup>3</sup>.

### Определение плотности твердого тела

Чаще всего взвешивают тело и пикнометр ПТ со вспомогательной жидкостью, налитой в него до требуемого уровня при определенной температуре, опускают тело в пикнометр с жидкостью, устанавливают жидкость на первоначальном уровне при той же температуре и взвешивают пикнометр с телом и жидкостью.

В качестве вспомогательной жидкости используют главным образом воду. Если испытуемое твердое тело растворимо в воде или взаимодействует с ней, то применяют другую жидкость (толуол, ксилол, бензин, керосин, спирт), причем предварительно ее плотность определяют описанным выше способом.

Испытуемое вещество вносят в пикнометр в виде порошка или крупных кристаллов. Для лучшего проникновения жидкости в капиллярные пустоты твердого тела рекомендуется присоединить пикнометр, содержащий испытуемое вещество и вспомогательную жидкость, к вакуумной системе и выдержать при пониженном давлении 30-40 мин.

Возможен и другой порядок определения. В качестве примера приводим определение плотности огнеупорных материалов по ГОСТ 2211-65.

Плотность огнеупоров определяют как отношение массы материала к ее объему без пор.

Пробу, измельченную до крупности зерна 0,063 мм, высушивают при 110 ±5°С до постоянной массы. Навеску материала 5-8 г засыпают в предварительно взвешенный пикнометр для твердых веществ вместимостью 25 мл.

Пикнометр с пробой взвешивают, затем до 1/2 объема наполняют вспомогательной жидкостью. Пикнометр, частично заполненный вспомогательной жидкостью и испытуемым веществом, подвергают вакуумированию не менее 30 мин. Такой же обработке под вакуумом подвергают и вспомогательную жидкость, необходимую для дополнительного заполнения пикнометра. После отключения вакуума пикнометр осторожно дополняют дегазированной вспомогательной жидкостью и помещают в термостат минимум на 30 мин. Температура в термостате должна быть  $20 \pm 0,1^\circ\text{C}$  при насыщении пробы водой и  $20 \pm 0,2^\circ\text{C}$  при использовании ксилола и толуола. Затем уровень жидкости в пикнометре доводят точно до метки, закрывают пикнометр пробкой, вынимают его из термостата, обтирают и взвешивают.

Массу высушенного пикнометра, а также пикнометра, заполненного вспомогательной жидкостью, определяют заранее. Плотность пробы  $\rho$ , в г/см<sup>3</sup>, вычисляют с точностью до 0,001 г/см<sup>3</sup> по формуле:

$$\rho = \frac{m\rho_{\text{ж}}}{m - (m_1 - m_2)}$$

где  $m$  - масса пробы, г;  $m_1$  - масса пикнометра с пробой и жидкостью, г;  $m_2$  - масса пикнометра с жидкостью, г;  $\rho_{\text{ж}}$  - плотность вспомогательной жидкости при  $20^\circ\text{C}$ , г/см<sup>3</sup> (для воды  $\rho = 0,998$  г/см<sup>3</sup>).

Плотность вспомогательной жидкости вычисляют по формуле:

$$\rho_{\text{ж}} = \frac{(m_2 - m_3) 0,998}{m_1 - m_3}$$

где  $m_1$  - масса сухого пикнометра, г;  $m_3$  - масса пикнометра с водой, г;  $m_2$  - масса пикнометра с жидкостью, г.

### **Определение плотности жидкости ареометрами (денсиметрами)**

Применение ареометров (денсиметров) для определения относительной плотности жидкостей основано на законе Архимеда.

Ареометр представляет собой стеклянную трубку, расширенная (нижняя) часть которой заполнена балластом - чистой и сухой металлической дробью, залитой слоем смолы с температурой плавления не ниже  $80^\circ\text{C}$ . Благодаря балласту во время измерения плотности ареометр находится в вертикальном положении. На

верхней части нанесена шкала. Чем меньше плотность жидкости, тем глубже погружается в нее ареометр, поэтому верхние деления шкалы соответствуют наименьшей, а нижние - наибольшей плотности. Отсчет показаний производится по нижнему мениску.

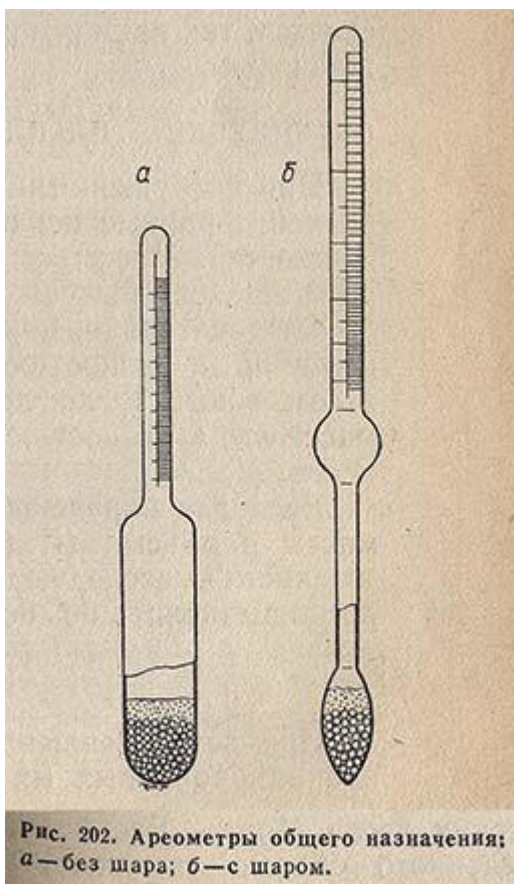


Рис. 202. Ареометры общего назначения:  
а — без шара; б — с шаром.

Стеклянные ареометры общего назначения, предназначенные для измерения плотности жидкости, выпускаются со шкалами, градуированными в единицах плотности, а ареометры для измерения содержания веществ в двухкомпонентных растворах - со шкалами, градуированными в процентах растворенного вещества (по объему или по массе).

Выпускаются также ареометры специального назначения: для нефти, для морской воды, молока, для определения концентрации сухих веществ в сахаросодержащих веществах (сахарометры), для определения крепости водно-спиртовых растворов (спиртометры) и др. На шкалах специальных ареометров нанесены деления, показывающие концентрации раствора в процентах (по объему или по массе).

Сифонные ареометры используют в частности для измерения плотности электролита в аккумуляторах. Ареометр состоит из стеклянного сосуда

цилиндрической или грушевидной формы. На верхнюю часть сосуда плотно насаживается резиновый шар, на нижнюю - резиновая трубка. Внутри стеклянного сосуда помещен маленький ареометр. Сжав предварительно резиновый шар, опускают резиновую трубку в аккумулятор. При разжимании шара в стеклянный сосуд всасывается электролит в количестве достаточном, чтобы ареометр мог свободно плавать.

При измерении плотности испытуемую жидкость помещают в стеклянный цилиндр для ареометров и при температуре жидкости 20 °С осторожно опускают в нее чистый сухой ареометр, на шкале которого предусмотрена ожидаемая величина плотности. Ареометр не выпускают из рук до тех пор, пока не станет очевидным, что он не тонет; при этом необходимо следить, чтобы ареометр не касался стенок и дна цилиндра. Отсчет производят через 3-4 мин после погружения по делению на шкале ареометра, соответствующему нижнему мениску жидкости (при отсчете глаз наблюдателя должен быть на уровне мениска). В случае определения плотности темноокрашенных жидкостей отсчет допускается производить по верхнему мениску.

Определение ареометром плотности летучих веществ не допускается, так как при энергичном испарении снижается температура жидкости.

### **Определение плотности гидростатическим взвешиванием**

При погружении тела последовательно в разные жидкости оно вытеснит равные по объему, но разные по массе количества этих жидкостей. Массы этих объемов прямо пропорциональны плотностям жидкостей.

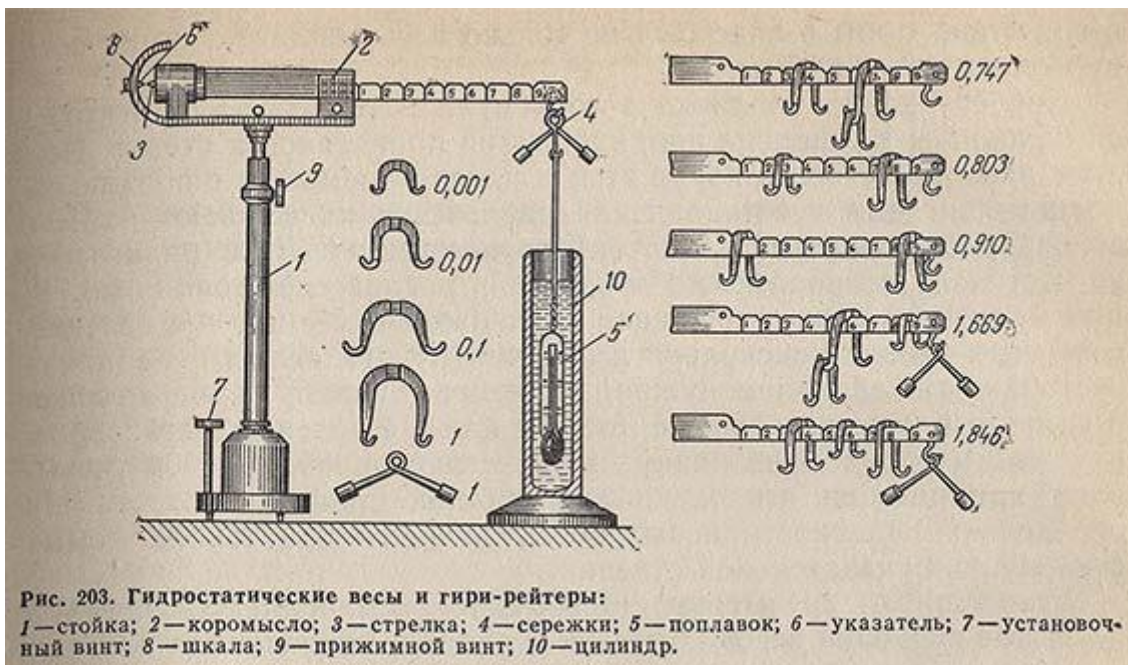
Следовательно, тело массой  $m$  в воде будет иметь кажущуюся массу  $m_1$ , а разность  $m - m_1$  будет равна массе вытесненной этим телом воды. В другой жидкости тело будет иметь кажущуюся массу  $m_2$ , а разность  $m - m_2$  будет равна массе вытесненной жидкости.

Если для определения плотности применять тело определенной массы и объема (стеклянный поплавок), а в качестве «другой» жидкости - исследуемую, то относительную плотность последней легко вычислить по формуле:

$$\rho = \frac{m - m_2}{m - m_1}$$

При использовании гидростатических весов Мора-Вестфалья, прокальброванных с учетом определенного объема стеклянного поплавка, результат определения плотности не нужно вычислять по формуле; его сразу отсчитывают по взятому разновесу для достижения равновесия весов.

Гидростатические весы состоят из неравноплечего коромысла 2, опирающегося призмой на подушку, которая заделана в вилке раздвижной колонки 1, скрепляемой прижимным винтом 9 и снабженной установочным винтом 7. На одном плече коромысла жестко укреплен постоянный противовес 3 с указателем 6 и шкалой 8, а на другом, при помощи серьги 4, к грузоприемной призме подвешен на тонкой металлической проволоке поплавок 5 с впаянным в него термометром. Плечо коромысла, несущее грузоподъемную призму, разделено на 10 равных частей углубленными нарезам, на которые навешивают специальные гири-рейтеры. Для наливания испытуемой жидкости к весам прилагается специальный стеклянный цилиндр 10. Набор разновесов состоит из нескольких рейтеров: два из них имеют массу, равную массе воды, вытесненной данным поплавком при 20 °С; другие разновески в 10, 100 и 1000 раз меньше.



Определение плотности производят на проверенных весах. Для этого металлические части весов тщательно протирают, а поплавок и проволоку промывают этиловым спиртом и диэтиловым эфиром и просушивают продуванием воздуха.



После этого, не касаясь поплавок и проволоки руками, пинцетом подвешивают их на крючок коромысла весов. С помощью установочного винта 7 колонку с коромыслом устанавливают в равновесие. Колонка при этом должна быть установлена строго вертикально. После установления равновесия весов с подвешенным поплавком в воздухе наливают в стеклянный цилиндр дистиллированную воду с температурой точно 20 °С и опускают поплавок в воду так, чтобы в воде был не только весь поплавок, но и часть проволоки (около 15 мм).

При опускании поплавок в воду нужно следить за тем, чтобы он находился в середине цилиндра, а не прикасался к стенке. При этом равновесие весов нарушится и плечо коромысла с поплавком поднимется. Для восстановления равновесия навешивают на 10-е деление коромысла (на крючок) гирию-единицу. Если равновесие не наступает, то коромысло приводят в равновесие с помощью самой маленькой гири, навешивая ее на 1-е, 2-е, 3-е или 4-е деление, если гирия-единица несколько легче, чем нужно; если гирия-единица несколько тяжелее, чем нужно, то ее навешивают на 9-е деление, а самую маленькую - на 9-е, 8-е, 7-е или 6-е деление. Установленную таким образом величину ошибки в пределах  $\pm 0,0004$  учитывают при помощи отклонений коромысла, производя отсчет при определении плотности испытуемой жидкости при тех же самых отклонениях указательной стрелки. Если ошибка превышает  $\pm 0,0004$ , то весы подлежат ремонту. После проверки весов поплавок и цилиндр высушивают.

В чистый сухой цилиндр осторожно наливают испытуемую жидкость, пока в нее не погрузится поплавок и около 15 мм проволоки, на которую он подвешен. При этом равновесие весов нарушится и плечо с поплавком поднимется. На коромысло постепенно навешивают гири, начиная с самой крупной, пока не наступит равновесие.

Температуру жидкости измеряют или по термометру, впаянному в поплавок, или дополнительным термометром. По достижении равновесия весов и установлении температуры записывают так называемую «видимую» плотность испытуемой жидкости, начиная с гирия-единицы.

«Видимую» плотность  $\rho'$  пересчитывают в действительную плотность  $\rho$  по формуле:

$$\rho_{20}^t = (0,99823 - 0,0012)\rho_v + 0,0012$$

где 0,99823 - значение плотности воды при 20 °С; 0,0012 - значение плотности воздуха при 20 °С и барометрическом давлении 760 мм рт. ст. (1013 гПа).