



# РУКОВОДСТВО ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ КОМПЛЕКТ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПЛОТНОСТИ AD-1653

По вопросам продаж и поддержки обращайтесь:

Архангельск (8182)63-90-72  
Астана +7(7172)727-132  
Белгород (4722)40-23-64  
Брянск (4832)59-03-52  
Владивосток (423)249-28-31  
Волгоград (844)278-03-48  
Вологда (8172)26-41-59  
Воронеж (473)204-51-73  
Екатеринбург (343)384-55-89  
Иваново (4932)77-34-06  
Ижевск (3412)26-03-58  
Казань (843)206-01-48

Калининград (4012)72-03-81  
Калуга (4842)92-23-67  
Кемерово (3842)65-04-62  
Киров (8332)68-02-04  
Краснодар (861)203-40-90  
Красноярск (391)204-63-61  
Курск (4712)77-13-04  
Липецк (4742)52-20-81  
Магнитогорск (3519)55-03-13  
Москва (495)268-04-70  
Мурманск (8152)59-64-93  
Набережные Челны (8552)20-53-41

Нижний Новгород (831)429-08-12  
Новокузнецк (3843)20-46-81  
Новосибирск (383)227-86-73  
Орел (4862)44-53-42  
Оренбург (3532)37-68-04  
Пенза (8412)22-31-16  
Пермь (342)205-81-47  
Ростов-на-Дону (863)308-18-15  
Рязань (4912)46-61-64  
Самара (846)206-03-16  
Санкт-Петербург (812)309-46-40  
Саратов (845)249-38-78

Смоленск (4812)29-41-54  
Сочи (862)225-72-31  
Ставрополь (8652)20-65-13  
Тверь (4822)63-31-35  
Томск (3822)98-41-53  
Тула (4872)74-02-29  
Тюмень (3452)66-21-18  
Ульяновск (8422)24-23-59  
Уфа (347)229-48-12  
Челябинск (351)202-03-61  
Череповец (8202)49-02-64  
Ярославль (4852)69-52-93

# Содержание

<b>Приветствие</b> .....	<b>3</b>
Оптимальные условия для выполнения измерений .....	3
<b>1. Комплектность</b> .....	<b>4</b>
<b>2. Принцип измерения плотности.</b> .....	<b>5</b>
Плотность .....	5
Удельный вес.....	5
Использование закона Архимеда для измерения плотности .....	5
Плотность твёрдого тела .....	6
Плотность жидкости .....	6
<b>3. Факторы возникновения ошибок .</b> .....	<b>6</b>
Плавучесть воздуха .....	6
Температура жидкости .....	6
Объём поплавка .....	6
Влияние проволоки .....	7
Поверхностное натяжение .....	7
Пузырьки .....	7
<b>4. Измерение плотности .</b> .....	<b>8</b>
4.1. Сборка комплекта модели HR-202, 300, серии GH, HR-I .....	8
4.2. Сборка комплекта модели HR-60/120/200 .....	9
4.3. Сборка комплекта серии GR. ....	10
<b>5. Калибровка нулевой точки.</b> .....	<b>11</b>
<b>6. Измерение плотности твёрдого тела.</b> .....	<b>12</b>
<b>7. Измерение плотности жидкости.</b> .....	<b>14</b>
Сборка комплекта.....	14
Измерение плотности жидкости .....	15

## Приветствие

### Благодарим Вас за покупку!

Это инструкция по использованию комплекта для измерения плотности. Использование AD-1653 с электронными весами (серии GH, GR, HR, HR-i) позволяет легко измерить плотность твердых тел и жидкостей.

Перед началом использования внимательно прочтите инструкцию.

## Оптимальные условия для выполнения измерений

- Этот комплект позволяет измерять плотность или удельный вес твердых тел или жидкостей. Однако, на результаты измерений может влиять большое количество факторов, это может вызвать появление ошибок.
- Не используйте комплект для измерения плотности или удельного веса химически активных субстанций.
- После использования комплекта, очистите все поверхности и удалите ржавчину и окиси.
- Весы являются высокоточным прибором, поэтому избегайте ударов и перегрузок.
- Во время измерений поддерживайте постоянную температуру воздуха, воды и образца.

# 1. Комплектность



Поплавок  
00: B44342A



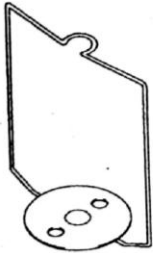
Проволока  
00: B49799



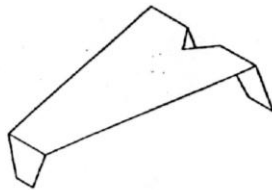
Крючок для полавка  
04: C42200



Термометр  
00: B44813A



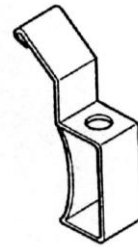
Штатив чашки  
09: B31161A



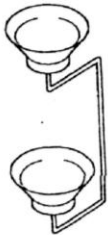
Подставка для мензурки  
04: B31158



Мензурка  
10: PYLEX-300ml



Зажим для термометра  
10: 1-608-02



Чашка  
PM: 1653-1



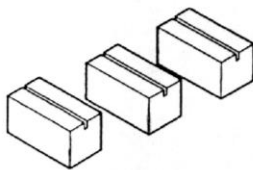
Приспособление для  
FX 05: C42219



Приспособление для  
HX 05: C42220



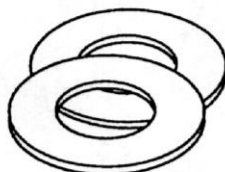
Пинцет  
10: SHIKAYO



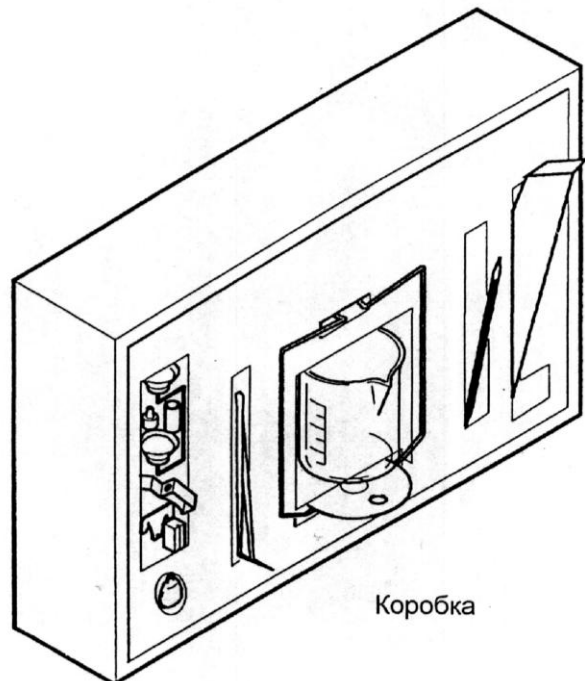
Разделители  
подставки для мензурок  
05: C42223



Гиря для весов HR  
малая (A)  
04: B48920



Гиря для весов HR  
большая (B)  
04: C43701



Коробка

**! После использования храните комплект в коробке**

## **2. Принцип измерения плотности**

### **Плотность**

Плотность – это отношение массы вещества к его объёму.

$$\rho = \frac{M}{V}$$

(единица измерения: г/см<sup>3</sup> и т.д.)

$\rho$  - плотность

$M$  – масса

$V$  – объём

### **Удельный вес**

Удельный вес – это отношение плотности вещества к плотности чистой воды (при этом объём воды равен объёму образца вещества) при температуре 4 °С и давлении 1013.25 гПа.

$$S = \frac{M}{V \times \rho_4}$$

(нет единицы измерения)

$S$  – удельный вес

$M$  – масса

$V$  – объём

$\rho_4$  – плотность воды при  $t=4$  °С (0.99997 г/см<sup>3</sup> ~ 1.000 г/см<sup>3</sup>)

## **Использование закона Архимеда для измерения плотности**

### **Закон Архимеда**

Погруженное в жидкость твёрдое тело теряет в своей массе столько, сколько весит объём вытесненной им жидкости. Подъёмная сила – это плавучесть.

Закон Архимеда используется при измерении плотности образца с помощью AD-1653 и электронных весов.

### **Плотность твёрдого тела**

Плотность твёрдого тела можно рассчитать, зная массу образца на воздухе и в жидкости, а также плотность жидкости.

$$\rho = \frac{A}{A - B} \times \rho_0$$

$\rho$  – плотность образца

$A$  – масса образца в воздухе

$B$  – масса образца в жидкости

$\rho_0$  – плотность жидкости

## Плотность жидкости

Плотность жидкости можно рассчитать, зная объём поплавка, а также массу поплавка в воздухе и в жидкости.

$$\rho = \frac{A - B}{V} + d$$

$\rho$  – плотность жидкости

A – масса поплавка в воздухе

B – масса поплавка в жидкости

V – объём поплавка

d – плотность воздуха ( $\sim 0.001$  г/см<sup>3</sup>)

## 3. Факторы возникновения ошибок

Существует несколько факторов, которые могут отразиться на точности измерения плотности.

### Плавучесть воздуха

- Когда измеряется плотность жидкости, подъёмная сила (0.0010 – 0.0014г/см<sup>3</sup>) воздействует пропорционально объёму жидкости.
- Плавучесть воздуха на 1 см<sup>3</sup> определяется по формуле:

$$d(\text{г/см}^3) = \frac{0.0012932}{1 + 0.0036728 \times t(^{\circ}\text{C})} \times \frac{P(\text{гПа})}{1013.2}$$

t – температура воздуха (°C)

P – давление воздуха (гПа)

- В случае если результаты измерений рассчитываются с точностью до трех знаков после запятой, к результату добавляется 0.001 г/см<sup>3</sup>, чтобы компенсировать ошибку плотности воздуха.

### Температура жидкости

- При измерении плотности твёрдого тела, плотность жидкости изменяется одновременно с изменением температуры.
- Определите плотность жидкости, сопоставив её температуру со значениями, приведенными в Таблице 1 для дистиллированной воды (или значениями, приведенными в других справочных материалах для других жидкостей).

### Объём поплавка

- Погрешность измеренного значения объёма поплавка составляет  $\pm 0.01$  см<sup>3</sup>.

## Влияние проволоки

- Когда твёрдое тело помещается на чашку весов, которая затем опускается в жидкость с целью измерения плотности, происходит подъём поверхности жидкости. В это время проволока (диаметром 1мм), соединяющая верхнюю и нижнюю чашки, подвержена плавучести, значение которой равно массе поднятой жидкости. При подъёме поверхности жидкости на 1мм величина плавучести, воздействующая на проволоку, составляет около 0.8 мг. Чтобы минимизировать ошибку измерения, вызванную плавучестью, отрегулируйте размер образца таким образом, чтобы подъём поверхности жидкости не был таким высоким, либо выполните математическую корреляцию.
- При измерении плотности жидкости на результат измерения влияет опущенная в жидкость проволока, на которую подвешен образец (диаметр проволоки 0.2мм). Если проволока опущена на 10мм, то величина плавучести, воздействующая на неё, составляет приблизительно 0.3 мг. Однако этим значением можно пренебречь, т.к. при расчёте плотности жидкости оно делится на объём поплавка.

## Поверхностное натяжение

- При измерении плотности твёрдого тела, на чашку между проволокой (диаметром 1 мм) и поверхностью жидкости воздействует сила поверхностного натяжения равная приблизительно 5 мг.
- Сила поверхностного натяжения может быть уменьшена до величины равной  $\approx 1$  мг путём добавления поверхностно-активного агента (напр., капли жидкости, используемой для проявки фотоплёнки).

Добавив 0.1 мл поверхностно-активного агента (плотностью  $1.2 \text{ г/см}^3$ ) на 200 мл воды, можно увеличить плотность воды приблизительно на  $0.0001 \text{ г/см}^3$ .

- При измерении плотности жидкости, проволока диаметром 0.2 мм оказывает воздействие с силой приблизительно равной 1 мг. Однако этой величиной можно пренебречь, поскольку она делится на объём поплавка.

## Пузырьки

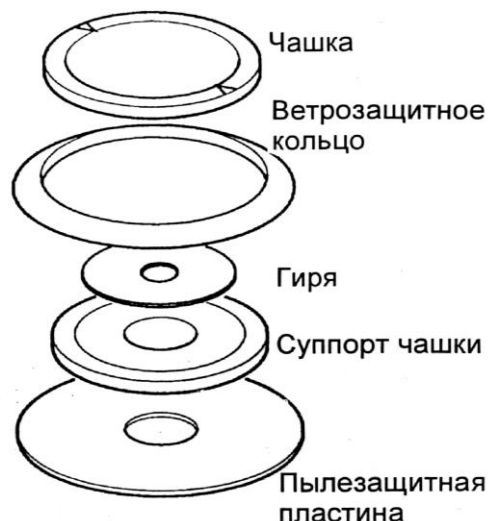
- Плавучесть пузырьков диаметром 1 мм составляет приблизительно 0.5мг. Липучесть пузырьков зависит от формы образца и материала, из которого он изготовлен. Проводите измерения, учитывая характеристики пузырьков.
- При измерении плотности твёрдого тела, можно добавить поверхностно-активный агент с целью уменьшения поверхностного натяжения и влияния пузырьков.

## 4. Измерение плотности

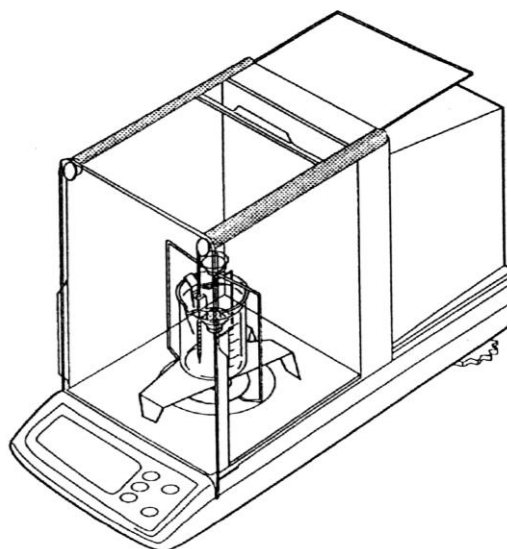
- Выполните сборку комплекта, как описано в нижеприведенной процедуре. Обратите внимание на то, что процедура сборки зависит от модели весов, которые используются в комбинации с AD-1653.

### 4.1. Сборка комплекта модели HR-202 и HR-300, серии GH / HR-i

1. Снимите с весов чашку, гирю, держатель чашки, ветрозащитный щиток и пылезащитную пластину.
2. Поместите штатив чашки (комплекта для измерения плотности) на весы.
3. Если вы используете HM202 и HR202, поместите маленькую гирю из комплекта на штатив.
4. Установите подставку для мензурки таким образом, чтобы она не касалась штатива чашки, и поместите упоры подставки для мензурки под ножки подставки, таким образом, чтобы ножки подставки вошли в отверстия в упорах.
5. Закрепите зажим термометра на мензурке и вставьте термометр в отверстия зажима.
6. Налейте жидкость (дистиллированную воду и т.п.) – с известным значением удельного веса – в мензурку и закрепите мензурку на подставке.
7. Установите чашку на штатив.
8. Отрегулируйте количество жидкости таким образом, чтобы образец был погружен в жидкость приблизительно на 10 мм (образец помещается на нижнюю чашку - в жидкость).
9. Теперь подготовка к измерениям завершена. Процедура измерений описана в гл. 6, 7.
10. Если на дисплее появится сообщение – E или ----, откалибруйте весы.



Серия  
GH,  
HR-i





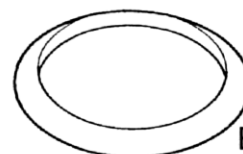
## 4.2. Сборка комплекта модели HR-60 /120 / 200

- Используйте весы HR с открытым верхним стеклом.

1. Снимите чашку и ветрозащитное кольцо с весов.
2. Установите штатив чашки на весы и поместите большую и малую гири весов на штатив.
3. Установите подставку для мензурки таким образом, чтобы она не касалась штатива чашки.
4. Установите подставку мензурки таким образом, чтобы она не касалась штатива чашки.
5. Закрепите зажим термометра на мензурке и вставьте термометр в отверстия зажима.
6. Налейте жидкость (дистиллированную воду и т.п.) – с известным значением удельного веса – в мензурку и закрепите мензурку на подставке.
7. Установите чашку на штатив.
8. Отрегулируйте количество жидкости таким образом, чтобы образец был погружен в жидкость приблизительно на 10 мм (образец помещается на нижнюю чашку - в жидкость).
9. Теперь подготовка к измерениям завершена. Процедура измерений описана в гл. 6, 7.
10. Если на дисплее появится сообщение – E или ----, откалибруйте весы.



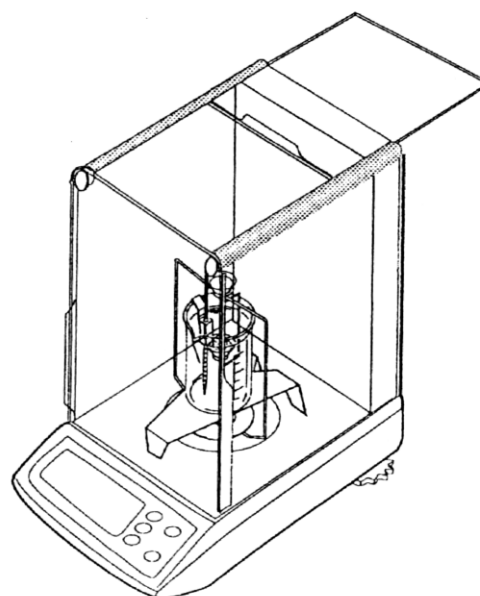
Чашка



Ветрозащитное кольцо



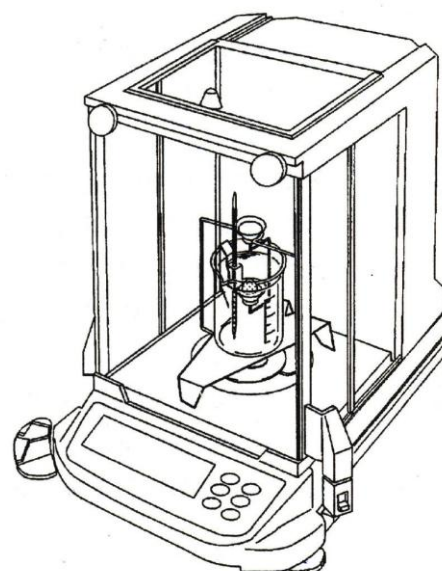
Гири для весов HR (большая и малая)



## 4.3. Сборка комплекта серии GR

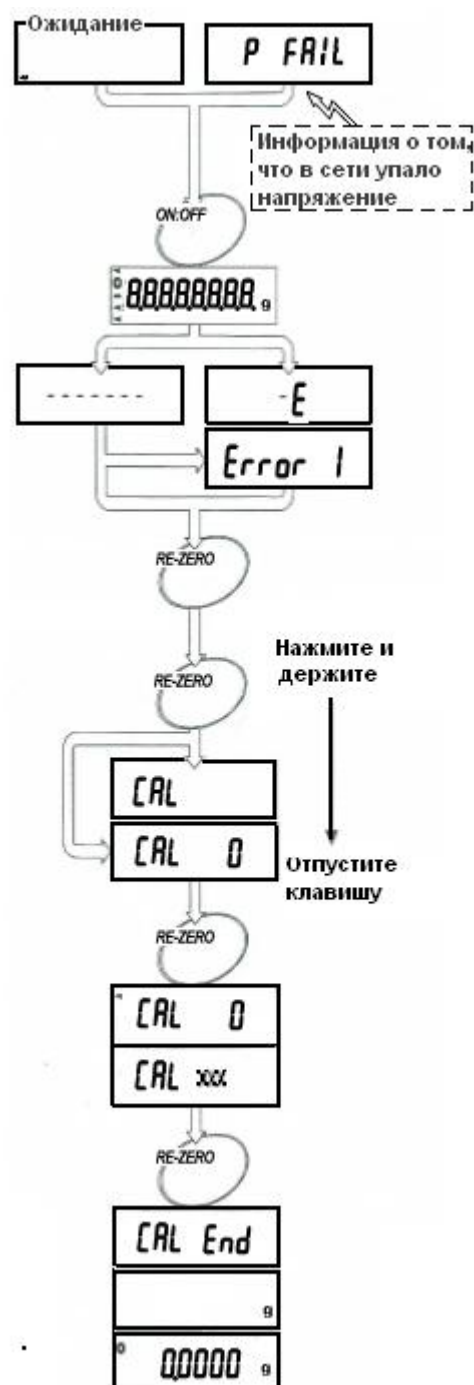
- Используйте весы GR с открытым верхним стеклом.

1. Снимите чашку и ветрозащитное кольцо с весов.
2. Установите штатив чашки на весы и поместите большую и малую гири весов на штатив.
3. Установите подставку для мензурки таким образом, чтобы она не касалась штатива чашки.
4. Установите подставку мензурки таким образом, чтобы она не касалась штатива чашки.
5. Закрепите зажим термометра на мензурке и вставьте термометр в отверстия зажима.
6. Налейте жидкость (дистиллированную воду и т.п.) – с известным значением удельного веса – в мензурку и закрепите мензурку на подставке.
7. Установите чашку на штатив.
8. Отрегулируйте количество жидкости таким образом, чтобы образец был погружен в жидкость приблизительно на 10 мм (образец помещается на нижнюю чашку - в жидкость).
9. Теперь подготовка к измерениям завершена. Процедура измерений описана в гл. 6,7.
10. Если на дисплее появится сообщение – E или ----, откалибруйте весы.



## 5. Калибровка нулевой точки

1. Выключите дисплей после подключения сетевого адаптера. Убедитесь, что чашка весов пуста.
  2. Нажмите клавишу ON/OFF, чтобы включить весы. Если на дисплее появляется сообщение **E**, или - - - -, вам необходимо выполнить калибровку нулевой точки.
  3. Нажмите клавишу RE-ZERO.
  4. Нажмите и удерживайте клавишу RE-ZERO до тех пор, пока на дисплее весов находится сообщение **CAL**. Весы входят в режим калибровки.
  5. Нажмите клавишу RE-ZERO. Весы измеряют нулевую точку. Избегайте воздействия неблагоприятных внешних условий, которые могут вызвать ошибки калибровки.
  6. Нажмите клавишу RE-ZERO. Калибровка нулевой точки завершена. Весы возвращаются в режим взвешивания.
- Если в начале измерений на дисплее весов появится сообщение **E** или - - - -, выполните калибровку нулевой точки.

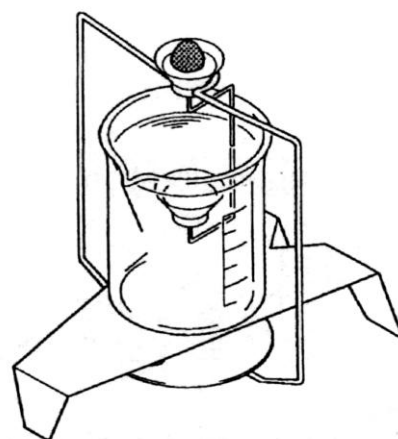


## 6. Измерение плотности твердого тела

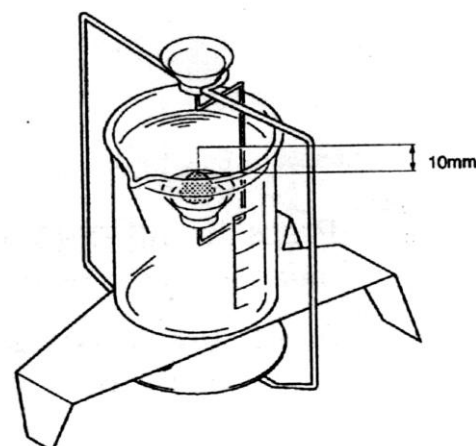
Плотность твердого тела получают путем расчета среднего результата измерений.

1. Начинайте измерения, когда температура воды станет стабильной.
2. Нажмите клавишу RE-ZERO, чтобы обнулить дисплей.
3. Поместите образец на верхнюю чашку и запишите его масса на воздухе – А.
4. Нажмите клавишу RE-ZERO, чтобы обнулить дисплей.
5. Поместите образец на нижнюю чашку и запишите его масса в воде.

00000



- Отрегулируйте количество воды таким образом, чтобы образец был погружен в воду приблизительно на 10 мм.
6. Определите плотность воды в зависимости от ее температуры (см. таблицу 1-1).



7. Плотность будет определена:

До 3 знака после запятой:

$\rho$  – плотность образца (г/см<sup>3</sup>)  
 А – масса на воздухе (г)  
 В – Результат измерения (г)  
 $\rho_0$  – плотность воды (г/см<sup>3</sup>)

$$\rho = \frac{A}{B} * \rho_0$$

До 4 и более знаков после запятой:

$d$  – плотность воздуха

$$\rho = \frac{A}{B} * (\rho_0 - d) + d$$

Пример таблицы результатов

Масса на воздухе А (г)	Результат измерений, В (г)	Температура воды (°С)	$\frac{\text{Масса на воздухе } A}{\text{Результат измерений } B} \times \left( \begin{matrix} \text{Плотность} \\ \text{воды} \end{matrix} \right)$ [г/см <sup>3</sup> ]
4,8102	0,5946	26	8,06 (Рассчитанное значение)
		Плотность воды (г/см <sup>3</sup> )	
		0,99678	

Масса на воздухе А, (г)	Результат измерений В, (г)	Температура воды (°С)	Атмосферное давление (Гпа)	$\frac{\text{Масса на воздухе } A[g]}{\text{Результат измерений } B[g]} \times \left( \begin{matrix} \text{Плотн} \\ \text{воды} \end{matrix} - \begin{matrix} \text{Плотн} \\ \text{воздуха} \end{matrix} \right) + \begin{matrix} \text{Плотн} \\ \text{воздуха} \end{matrix}$ [г/см <sup>3</sup> ]
4,8102	0,5946	26	1013	8,055 (рассчитанное значение)
		Плотность воды (г/см <sup>3</sup> )	Плотность воздуха (г/см <sup>3</sup> )	
		0,99678	0,0012	

7. Плотность будет определяться следующим образом:

По трем полученным значениям

По четырем или более значениям

$$\rho = \frac{A}{B} * \rho_0$$

$$\rho = \frac{A}{B} * \left( \rho_0 - d \right) + d$$

где:

ρ – плотность образца (г/см<sup>3</sup>)  
 А – масса образца в воздухе (г)  
 В – масса образца в жидкости (г)  
 ρ<sub>0</sub> – плотность воды (г/см<sup>3</sup>)

d – плотность воздуха (г/см<sup>3</sup>)

**Таблица 1. Плотность воды.**

На уровне моря (1 атмосфера) плотность воды достигает максимального значения при t=3.98 °С (г/см<sup>3</sup>)

°С	+0	+1	+2	+3	+4	+5	+6	+7	+8	+9
0	0.99984	0.99990	0.99994	0.99996	0.99997	0.99996	0.99994	0.99990	0.99985	0.99978
10	0.99970	0.99961	0.99949	0.99938	0.99924	0.99910	0.99894	0.99877	0.99860	0.99841
20	0.99820	0.99799	0.99777	0.99754	0.99730	0.99704	0.99678	0.99651	0.99623	0.99594
30	0.99565	0.99534	0.99503	0.99470	0.99437	0.99403	0.99368	0.99333	0.99297	0.99259

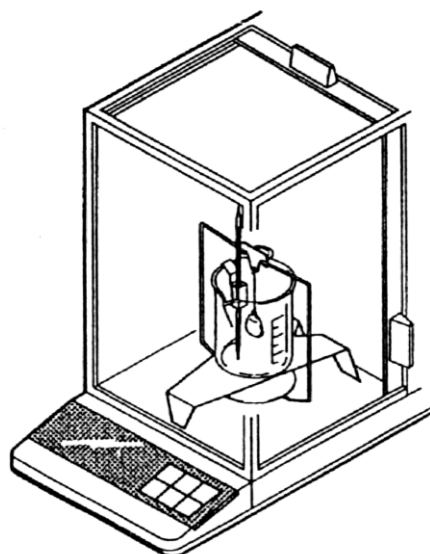
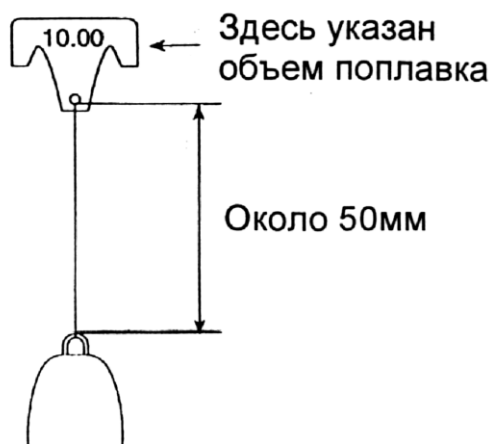
## 7. Измерение плотности жидкости

- Выполните сборку комплекта, как указано в процедуре ниже.

### Сборка комплекта

1. Следуйте процедуре сборки в зависимости от модели используемых весов, вплоть до шага 4 – установка подставки для мензурки.
2. Закрепите держатель термометра на мензурке и вставьте термометр в отверстия держателя.
3. Установите мензурку на подставку.
4. Присоедините поплавков на специальном крючке с помощью проволоки. Длина проволоки приблизительно должна быть равна 50 мм.
5. Повесьте крючок с поплавком на штатив чашки.
6. После того, как значение на дисплее стабилизируется, нажмите клавишу RE-ZERO для обнуления дисплея.

Теперь подготовка к измерениям завершена.





**По вопросам продаж и поддержки обращайтесь:**

Архангельск (8182)63-90-72  
Астана +7(7172)727-132  
Белгород (4722)40-23-64  
Брянск (4832)59-03-52  
Владивосток (423)249-28-31  
Волгоград (844)278-03-48  
Вологда (8172)26-41-59  
Воронеж (473)204-51-73  
Екатеринбург (343)384-55-89  
Иваново (4932)77-34-06  
Ижевск (3412)26-03-58  
Казань (843)206-01-48

Калининград (4012)72-03-81  
Калуга (4842)92-23-67  
Кемерово (3842)65-04-62  
Киров (8332)68-02-04  
Краснодар (861)203-40-90  
Красноярск (391)204-63-61  
Курск (4712)77-13-04  
Липецк (4742)52-20-81  
Магнитогорск (3519)55-03-13  
Москва (495)268-04-70  
Мурманск (8152)59-64-93  
Набережные Челны (8552)20-53-41

Нижний Новгород (831)429-08-12  
Новокузнецк (3843)20-46-81  
Новосибирск (383)227-86-73  
Орел (4862)44-53-42  
Оренбург (3532)37-68-04  
Пенза (8412)22-31-16  
Пермь (342)205-81-47  
Ростов-на-Дону (863)308-18-15  
Рязань (4912)46-61-64  
Самара (846)206-03-16  
Санкт-Петербург (812)309-46-40  
Саратов (845)249-38-78

Смоленск (4812)29-41-54  
Сочи (862)225-72-31  
Ставрополь (8652)20-65-13  
Тверь (4822)63-31-35  
Томск (3822)98-41-53  
Тула (4872)74-02-29  
Тюмень (3452)66-21-18  
Ульяновск (8422)24-23-59  
Уфа (347)229-48-12  
Челябинск (351)202-03-61  
Череповец (8202)49-02-64  
Ярославль (4852)69-52-93