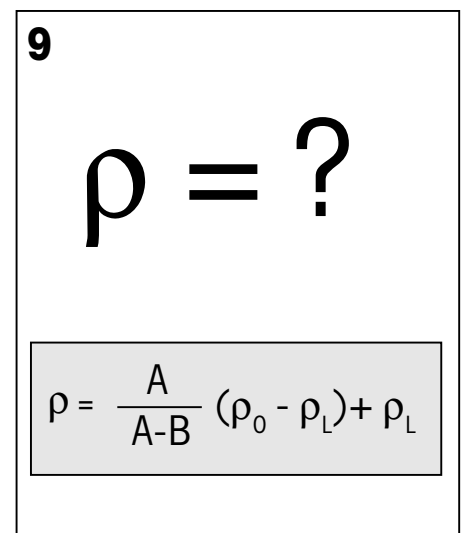
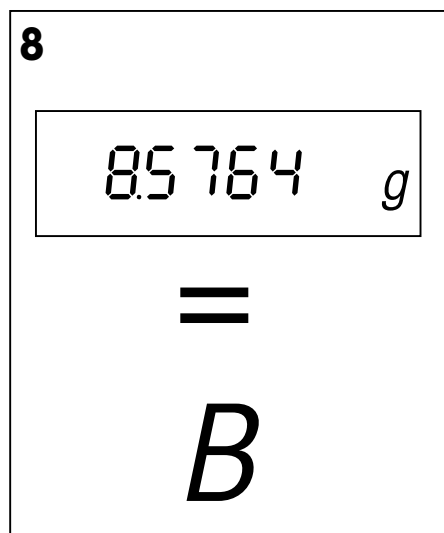
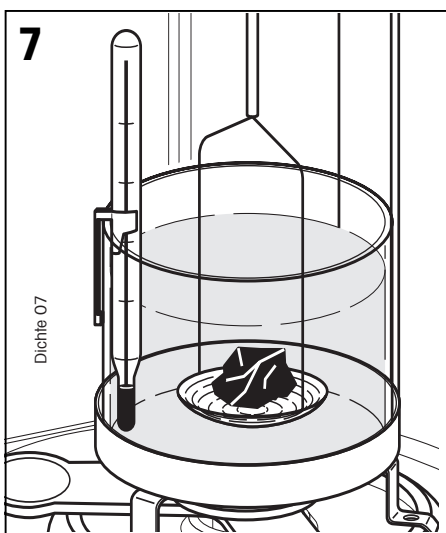
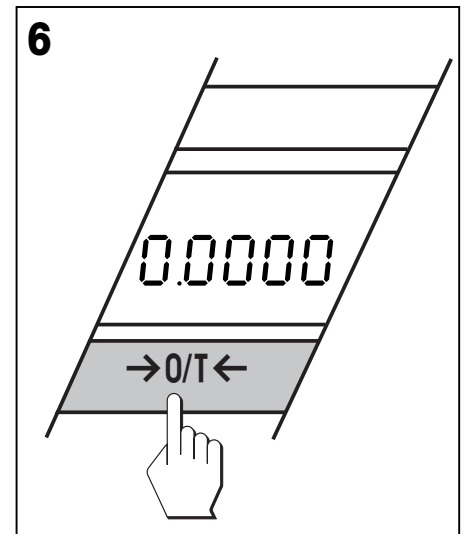
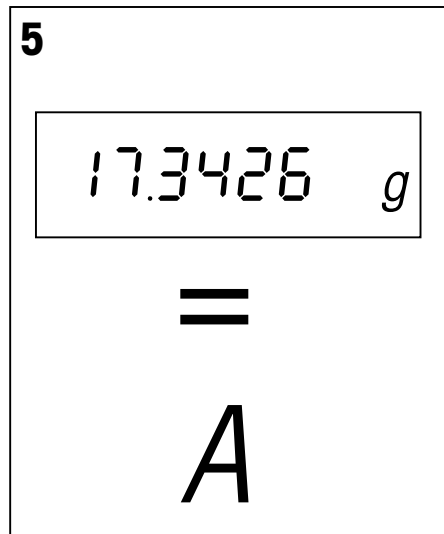
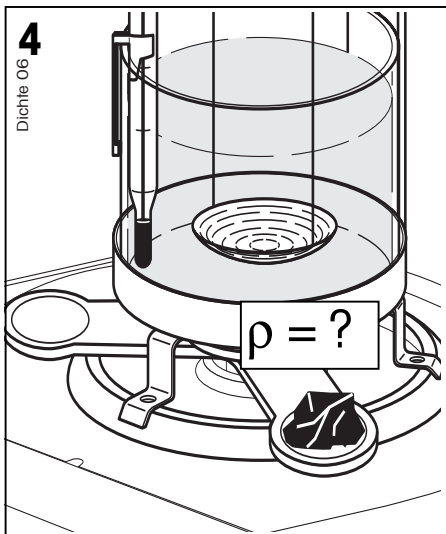
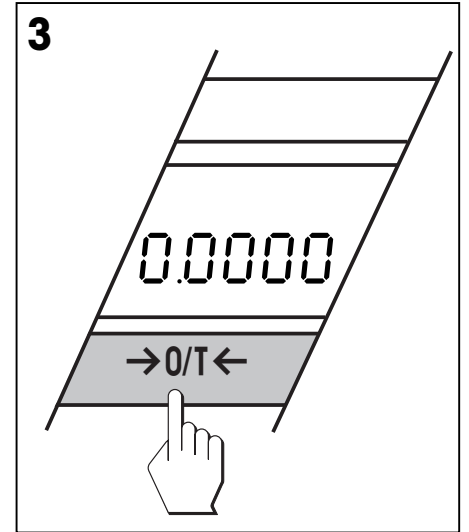
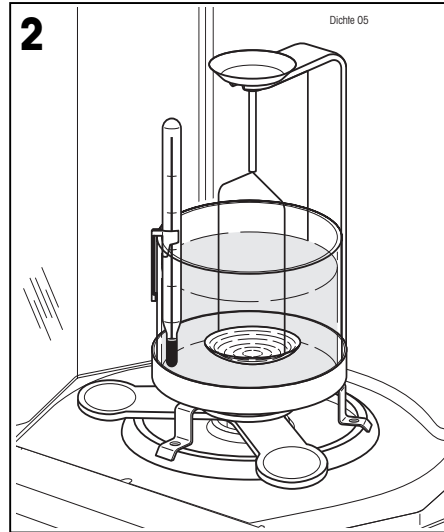
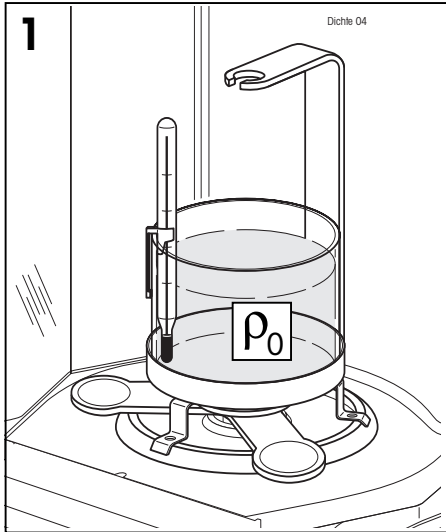


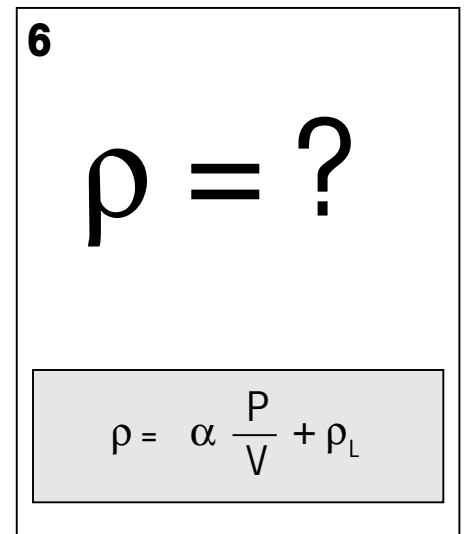
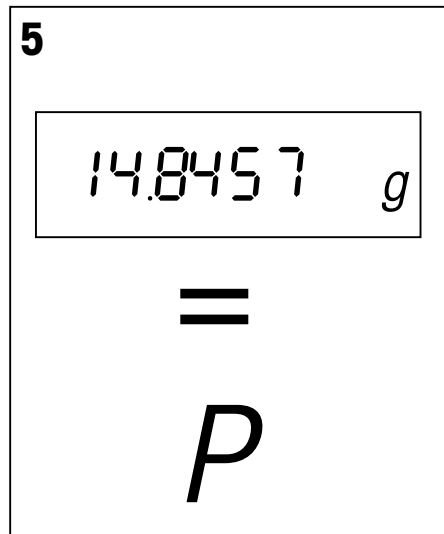
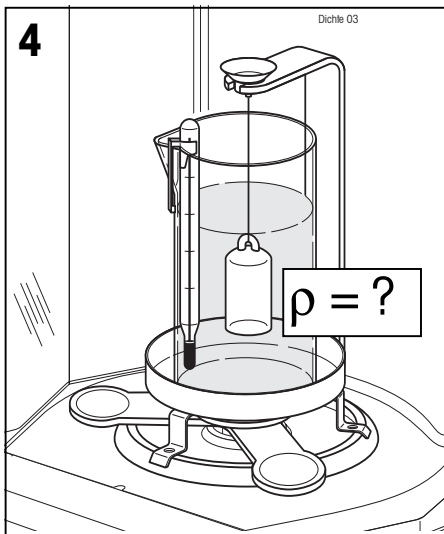
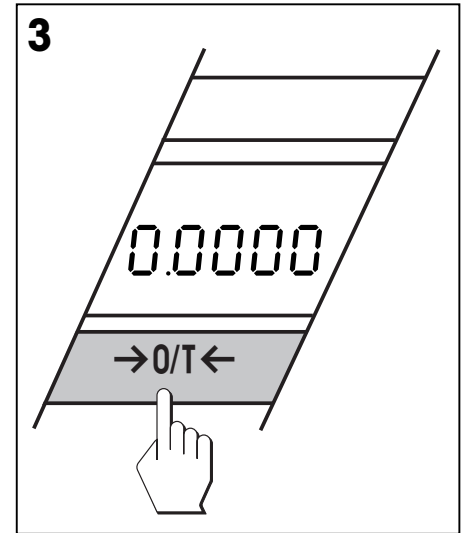
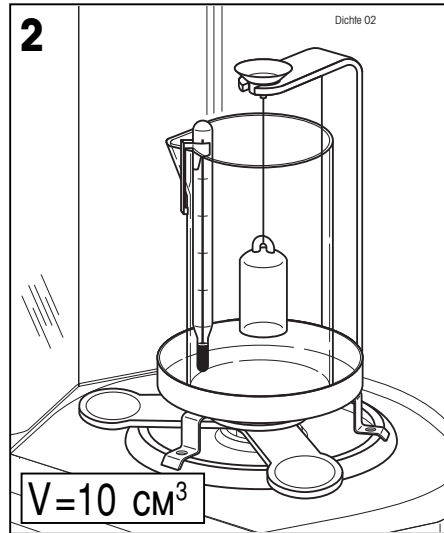
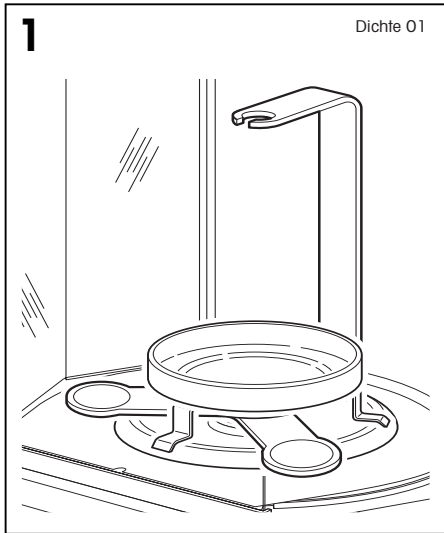
Определение плотности твердых тел

METTLER TOLEDO



Определение плотности жидкостей

METTLER TOLEDO



P706039

Технические характеристики и комплект поставки прибора могут быть изменены

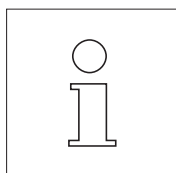
Содержание

1.	Введение	3
1.1	Предварительная информация	3
1.2	Дополнительное программное обеспечение для весов моделей AG/PG/PG-S, используемое при определении плотности	3
1.3	Стандартный комплект поставки	4
2.	Подготовка весов к работе с комплектом для определения плотности	5
3.	Принцип определения плотности	6
4.	Определение плотности твердых тел	6
4.1	Метод измерения	6
4.2	Порядок измерения плотности	7
4.3	Повышение точности результатов	9
5.	Определение плотности жидкостей	10
5.1	Метод измерения	10
5.2	Порядок измерения плотности	10
5.3	Повышение точности результатов	12
6.	Дополнительная информация	12
6.1	Влияющие факторы	12
6.2	Таблица плотности для дистиллированной воды	14
6.3	Таблица плотности для этанола	15

1. Введение

1.1 Предварительная информация

МЕТТЛЕР ТОЛЕДО благодарит вас за приобретение комплекта для определения плотности. Этот комплект, используемый совместно с весами производства МЕТТЛЕР ТОЛЕДО, позволяет определять плотность твердых тел и жидкостей.



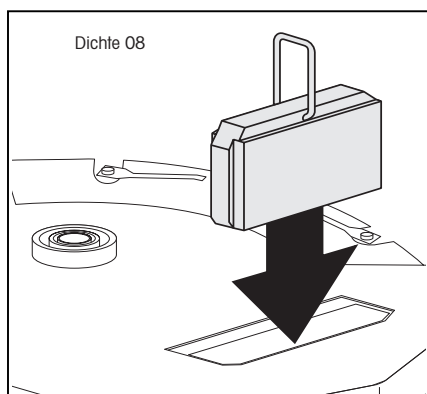
В настоящем руководстве по эксплуатации описан порядок работы с комплектом для определения плотности. См. также руководство и краткую инструкцию по эксплуатации весов.



Соблюдайте все указания по мерам безопасности, приведенные в руководстве по эксплуатации весов.

1.2 Дополнительное программное обеспечение для весов моделей AG/PG/PG-S, используемое при определении плотности

Все вычисления, необходимые для определения плотности, можно выполнять с помощью обычного калькулятора. Однако намного быстрее и удобнее эти вычисления выполняются с помощью **дополнительного прикладного ПО для определения плотности (238491)**. Это программное обеспечение можно использовать только с весами моделей AG/PG/PG-S.



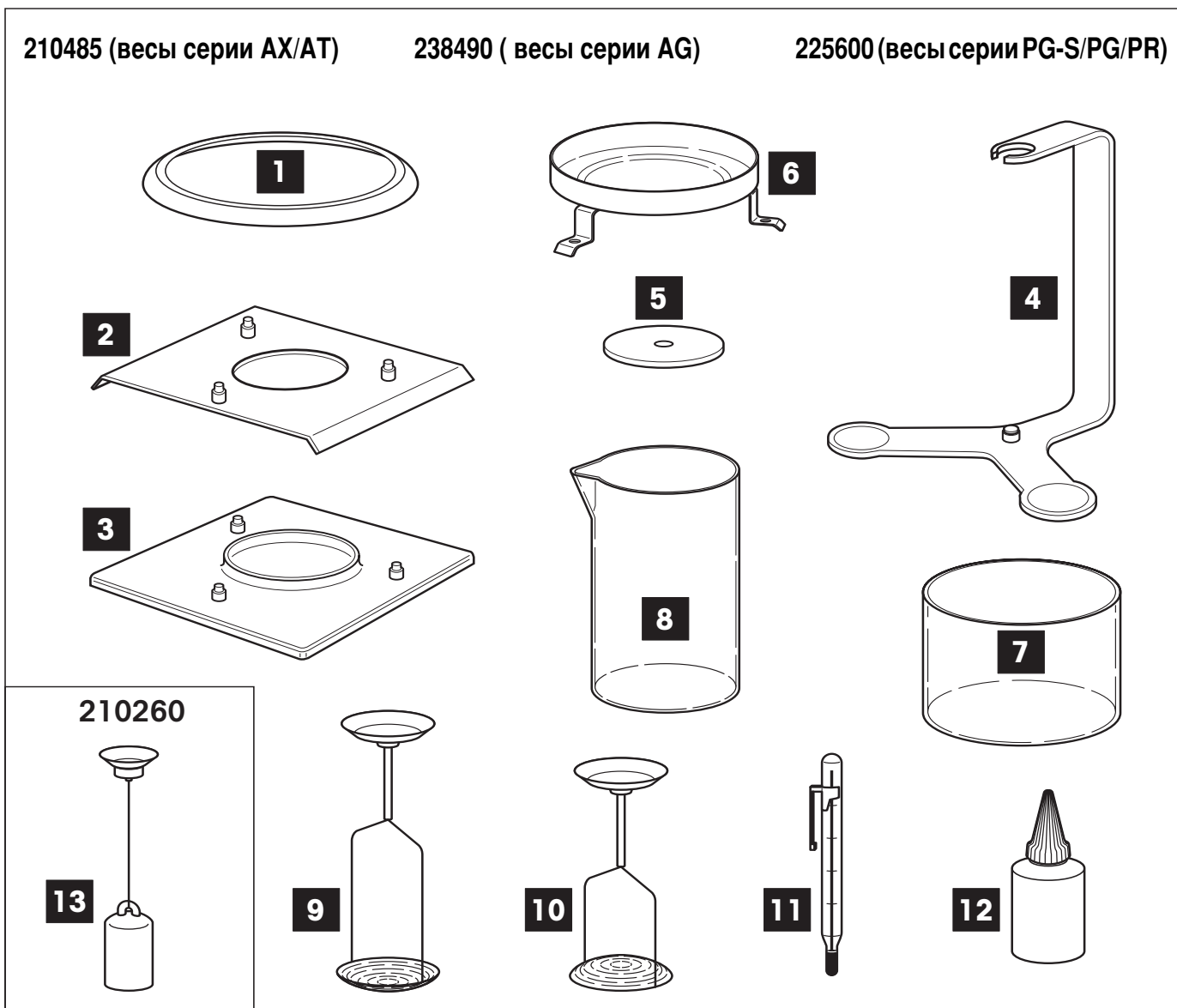
Дополнительное ПО поставляется на **кассете прикладного ПО**, которая вставляется в разъем весов модели AG/PG/PG-S.

Подробную информацию о дополнительном ПО для определения плотности можно получить у дилеров МЕТТЛЕР ТОЛЕДО.

1.3 Стандартный комплект поставки

Комплект для определения плотности твердых веществ состоит из позиций, показанных на следующем рисунке (1–12).

Для определения плотности жидких веществ, помимо основного комплекта, дополнительно требуется грузик объемом 10 мл (210260), также показанный на рисунке (13).

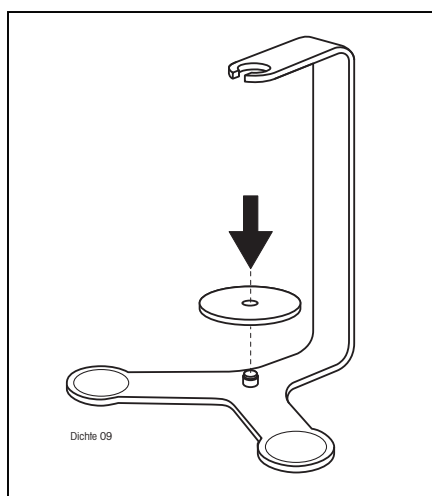


- | | |
|---|--|
| 1 Защитный экран для весов модели AG | 8 Стекланный стакан 60 мм |
| 2 Защитный экран для весов модели AX/AT | 9 Держатель для неплавучих образцов |
| 3 Защитный экран для весов модели PG-S/PG/PR | 10 Держатель для плавучих образцов |
| 4 Кронштейн | 11 Точный термометр |
| 5 Выравнивающая шайба | 12 Смачивающее вещество |
| 6 Подставка | 13 Грузик объемом 10 мл (210260) |
| 7 Стекланный стакан 80 мм | |

2. Подготовка весов к работе с комплектом для определения плотности

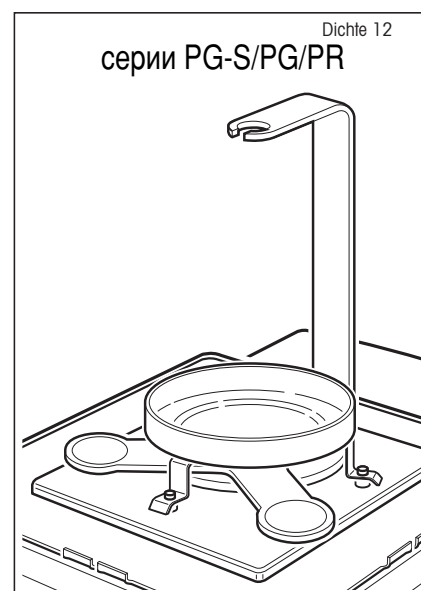
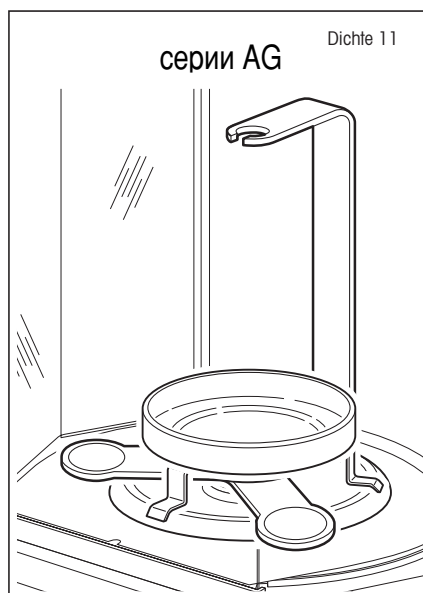
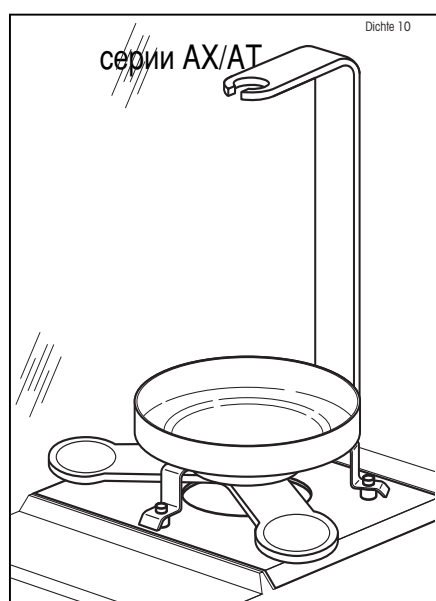
Подготовка весов к работе с комплектом для определения плотности может быть выполнена очень быстро. Необходимые операции описаны в этом разделе. На рисунках в нижней части страницы показаны весы, подготовленные для измерения плотности.

- Снимите грузоприемную платформу.
- Установите защитный экран (1), (2) или (3) из комплекта для определения плотности.
- Установите кронштейн (4) в держатель грузоприемной платформы. Выровняйте кронштейн относительно центра весов.



- **Установка выравнивающей шайбы**
Для всех весов серии AG, а также для весов моделей AX304, AX504, AX504DR и AT400, AT460
 Установите выравнивающую шайбу (5) на центрирующий штифт кронштейна (см. рисунок).
- Установите подставку (6) на защитный экран. Выровняйте подставку, чтобы ее передняя опора располагалась точно по центру между чашками кронштейна.

Комплект для определения плотности, установленный на весах:



Если весы были выключены и отсоединены от сети электропитания, перед повторным включением **необходимо удалить** кронштейн и установить грузоприемную платформу.

3. Принцип определения плотности

Плотность образца ρ определяется как отношение массы образца m к его объему V .

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

В международной системе СИ в качестве единицы измерения плотности используется кг/м^3 . Однако в лабораторной практике удобнее пользоваться величиной г/см^3 .

При измерении плотности часто используют **закон Архимеда**; определение плотности с помощью описываемого комплекта и весов также основано на этом законе. Согласно этому закону, вес любого твердого тела, погруженного в жидкость, уменьшается на величину, равную весу вытесненной жидкости.

Процедура определения плотности по закону Архимеда **различна для твердых и жидких веществ**.

4. Определение плотности твердых тел

4.1 Метод измерения

Плотность твердых образцов определяется путем погружения их в жидкость с известным значением **плотности** ρ_0 (в качестве жидкости обычно используют воду или этанол). Вначале определяется вес образца в воздушной среде (A), а затем – в рабочей жидкости (B). Используя эти два значения веса, плотность ρ образца можно рассчитать по формуле:

$$\text{Плотность: } \rho = \frac{A}{A-B} (\rho_0 - \rho_L) + \rho_L$$

$$\text{Объем: } V = \alpha \frac{A-B}{\rho_0 - \rho_L}$$

ρ = Плотность образца

A = Вес образца в воздухе

B = Вес образца в рабочей жидкости

ρ_0 = Плотность рабочей жидкости

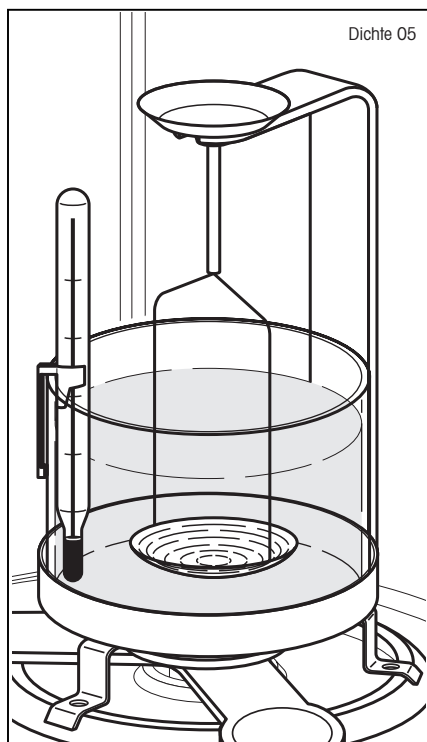
ρ_L = Плотность воздуха ($0,0012 \text{ г/см}^3$)

α = Поправочный коэффициент ($0,99985$),

учитывающий выталкивающую силу, действующую в воздухе на калибровочный груз.

4.2 Порядок измерения плотности

Для определения плотности твердых образцов используйте стеклянный стакан (7) и один из двух держателей: для неплавучих образцов (9) или для плавучих образцов (10).



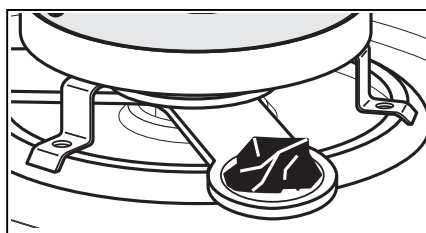
Подготовьте весы для определения плотности (установите защитный экран, кронштейн, выравнивающую шайбу и подставку), как описано в разделе 2.

Укрепите термометр (11) на краю низкого стакана (7). Установите стакан на подставку и заполните его рабочей жидкостью (с известным значением плотности ρ_0 , обычно используют дистиллированную воду или этанол). Жидкость должна покрывать погруженный в нее образец слоем толщиной не менее 1 см.

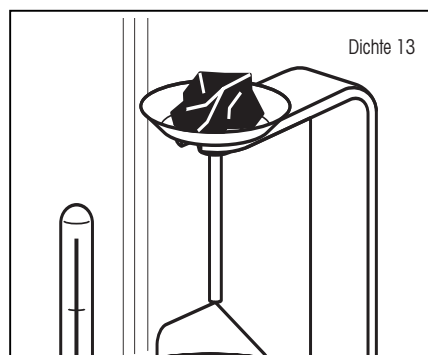
Установите на кронштейн соответствующий держатель (9) или (10) (на рисунке слева показан держатель для неплавучих образцов).

На погруженной в жидкость части держателя **не должно быть воздушных пузырьков** (для удаления пузырьков можно покачать держатель или воспользоваться мягкой кисточкой).

Закройте дверцы защитного кожуха весов и выполните тарирование весов.

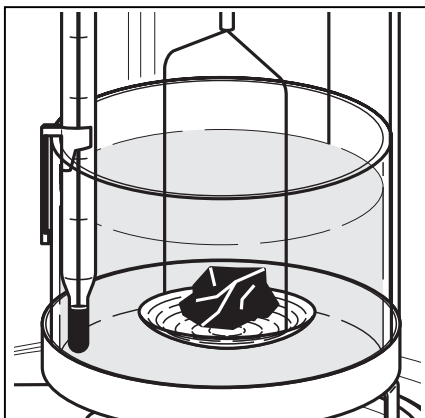


Поместите образец в одну из двух чашек кронштейна (4). Дождитесь стабилизации показаний весов (индикатор нестабильности должен погаснуть) и запишите значение веса образца в воздухе (A).

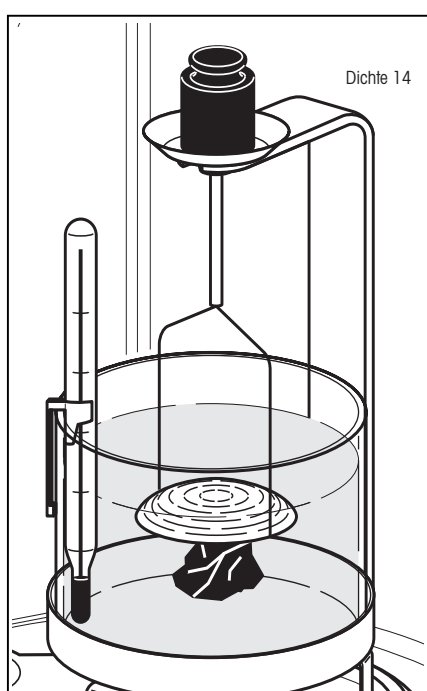


Примечание.

При взвешивании в воздухе **образцов весом более 20 г** помещайте их в верхнюю чашку держателя (при взвешивании таких образцов в боковых чашках кронштейна могут возникать погрешности).



Уберите образец из чашки, закройте дверцы защитного кожуха и выполните тарирование весов. После этого поместите образец в держатель (9). На образце не должно быть воздушных пузырьков (для удаления пузырьков воспользуйтесь мягкой кисточкой).



Примечание.

При взвешивании **твердых образцов с плотностью менее 1 г/см^3** используйте **держатель для плавучих образцов (10)**; он удерживает взвешиваемый образец под поверхностью рабочей жидкости. Если выталкивающая образец сила превышает вес держателя, в верхнюю чашку держателя необходимо поместить дополнительный груз.

После установки дополнительного груза необходимо выполнить тарирование весов и повторить взвешивание образца сначала в воздухе (А), а затем в рабочей жидкости (В).

Дождитесь стабилизации показаний весов и запишите значение веса (В) (вес образца в рабочей жидкости).

После этого определите плотность образца ρ по приведенной выше формуле.

4.3 Повышение точности результатов

Выполнение следующих рекомендаций способствует повышению точности результатов **при определении плотности твердых образцов.**

Влияние температуры

Влиянием температуры на плотность твердых веществ обычно можно пренебречь. Но поскольку определение плотности твердых образцов выполняется в соответствии с законом Архимеда путем взвешивания их в рабочей жидкости, необходимо учитывать ее температуру, т. к. температурный коэффициент плотности жидкостей может достигать величины порядка от 0,1 до 1 % на °С. Это может приводить к ошибке уже в третьем разряде результата.

Для получения точных результатов при определении плотности рекомендуется всегда учитывать температуру рабочей жидкости. Соответствующие значения плотностей можно определить из справочной литературы. Таблицы плотности дистиллированной воды и этанола при различных температурах приведены также в разделе 6 настоящего руководства.

Влияние поверхностного натяжения рабочей жидкости

"Увеличение" веса держателя в результате смачивания его элементов рабочей жидкостью может достигать 3 мг.

Поскольку держатель остается погруженным в жидкость при обоих взвешиваниях твердого образца (при взвешивании в воздухе и в рабочей жидкости), и перед каждым взвешиванием выполняется тарирование весов, влиянием поверхностного натяжения можно пренебречь.

Для достижения максимально возможной точности используйте несколько капель смачивающего вещества (12).

5. Определение плотности жидкостей

5.1 Метод измерения

Плотность жидкостей определяется с помощью грузика известного **объема**. Грузик сначала взвешивается в воздухе, а затем в жидкости, плотность которой необходимо определить. Зная результаты двух взвешиваний, плотность жидкости ρ можно определить по следующей формуле:

$$\text{Плотность: } \rho = \alpha \frac{A-B}{V} + \rho_L$$

С помощью электронных весов можно определить вес вытесненной грузиком жидкости P ($P = A-B$), т. е. величину выталкивающей силы, в результате чего предыдущая формула примет вид:

$$\rho = \alpha \frac{P}{V} + \rho_L$$

ρ = Плотность жидкости

A = Вес грузика в воздухе

B = Вес грузика в жидкости

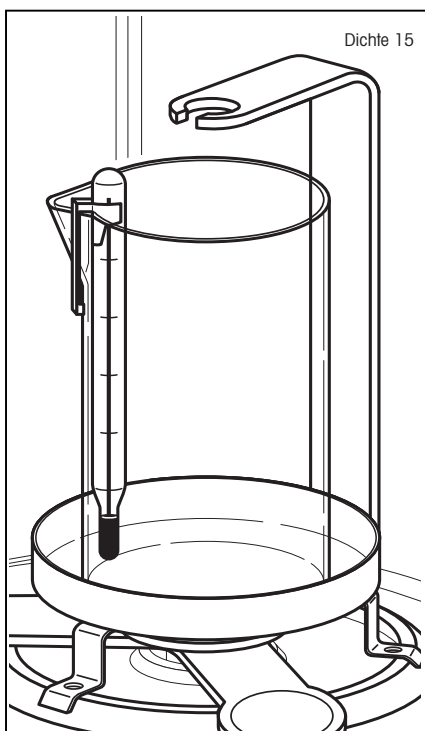
V = Объем грузика

ρ_L = Плотность воздуха (0,0012 г/см³)

α = Поправочный коэффициент (0,99985), учитывающий выталкивающую силу, действующую в воздухе на калибровочный груз

P = Вес вытесненной жидкости ($P = A-B$).

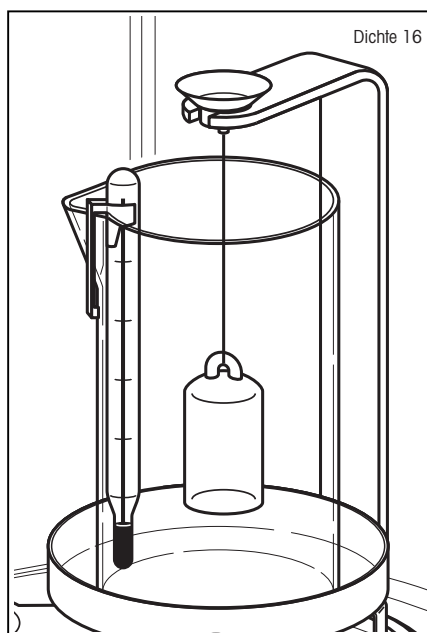
5.2 Порядок измерения плотности



Для измерения плотности жидкостей используйте высокий стеклянный стакан (8) и грузик (13).

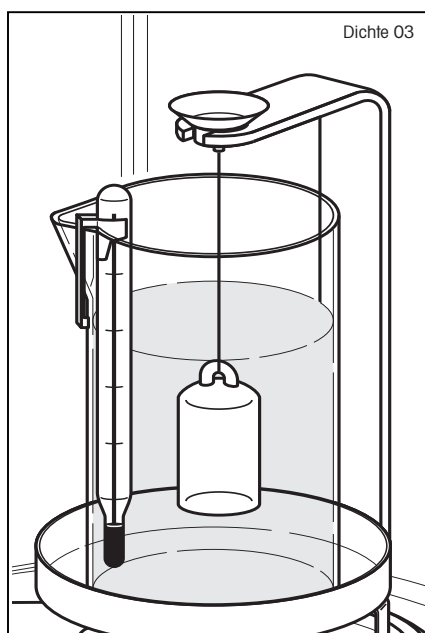
Подготовьте весы для определения плотности (установите защитный экран, кронштейн, выравнивающую шайбу и подставку), как описано в разделе 2.

Установите пустой высокий стакан (8) точно в центр подставки и закрепите на краю стакана термометр (11).



Подвесьте грузик (13) на кронштейне и убедитесь, что он не касается стенок стакана или термометра.

Выполните тарирование весов.



Налейте в стакан жидкость, плотность которой необходимо определить (уровень жидкости должен быть приблизительно на 1 см выше верхней точки грузика). На грузике не должно быть воздушных пузырьков (для удаления пузырьков воспользуйтесь мягкой кисточкой).

Дождитесь стабилизации показаний весов (индикатор нестабильности должен погаснуть) и запишите значение веса P (вес вытесненной жидкости).

Рассчитайте плотность жидкости ρ (при температуре, считанной по шкале термометра) по вышеприведенной формуле.

5.3 Повышение точности результатов

Выполнение следующих рекомендаций способствует повышению точности результатов **при определении плотности жидкостей**.

Погрешность объема грузика

Дополнительный грузик 210260, который рекомендуется использовать при определении плотности жидкостей, соответствует требованиям законодательства Германии в области мер и весов (ЕО 13–4, параграф 9.21). Погрешность определения плотности воды при температуре 20°C за счет неточности определения объема грузика 210260, включая нижнюю часть проволочного подвеса, не превышает $\pm 0,0005$ г/см³.

6. Дополнительная информация

В этом разделе рассматриваются факторы, негативно влияющие на точность результатов измерений. Кроме того, в этом разделе приведены таблицы плотности дистиллированной воды и этанола при различных температурах.

6.1 Оказывающие влияние факторы

Помимо температуры, выталкивающей силы воздуха и поверхностного натяжения жидкостей на точность результатов измерений могут влиять следующие факторы:

- Глубина погружения в жидкость держателя или грузика
- Воздушные пузырьки
- Пористость твердых образцов

Глубина погружения в жидкость держателя или грузика

Грузик, используемый при **определении плотности жидкостей**, подвешивается на платиновой проволоке диаметром **0,2 мм**. В воде на эту проволоку действует **выталкивающая сила, соответствующая приблизительно 0,3 мг на 10 мм погруженной части проволоки**.

Пример. Если верхняя часть грузика находится на глубине 10 мм от поверхности жидкости, длина погруженной части проволоки составит приблизительно 40 мм. Если плотность жидкости близка к 1, величина выталкивающей силы, действующей на погруженную часть проволоки, составит 1,2 мг. По сравнению с выталкивающей силой, соответствующей объему 10 см³ (= объем грузика), ошибка будет пренебрежимо малой и не нуждается в коррекции.

При **определении плотности твердых образцов** в жидкость погружаются элементы держателя, состоящие из двух проволок **диаметром 0,7 мм каждая**. Если плотность жидкости равна 1, **величина выталкивающей силы составит приблизительно 0,4 мг на миллиметр глубины погружения**.

При взвешивании твердых образцов в воздухе держатель погружен в жидкость на такую же глубину. Следовательно, выталкивающая сила, действующая на держатель, остается постоянной, и ее можно не учитывать. Это будет справедливо при условии, что **уровень жидкости** между двумя измерениями веса **остается неизменным** (изменением уровня жидкости из-за погружения образца обычно можно пренебречь).

Воздушные пузырьки

При работе с жидкостями, имеющими слабую смачивающую способность (например, вода без добавки смачивающего вещества), на погруженных элементах (твердый образец, грузик, держатель) могут оставаться воздушные пузырьки, создающие дополнительную выталкивающую силу и, тем самым, влияющие на результаты измерений. Пузырек воздуха диаметром 1 мм создает выталкивающую силу 0,5 мг, а при диаметре пузырька 2 мм выталкивающая сила составит уже 4 мг. Для предотвращения образования воздушных пузырьков рекомендуются следующие **профилактические меры**:

- Подвергайте обезжириванию устойчивые к растворителям твердые образцы
- Регулярно очищайте держатели и грузик, не прикасайтесь руками к погружаемым элементам комплекта
- При первом погружении осторожно встряхивайте держатель или грузик, чтобы удалить воздушные пузырьки
- Остающиеся пузырьки удалите с помощью мягкой кисточки
- Используйте смачивающее вещество, входящее в комплект, или отдельно приобретенные ПАВ (изменением плотности дистиллированной воды при добавлении смачивающего вещества можно пренебречь).

Пористость твердых образцов

При погружении в жидкость пористых образцов обычно не удается полностью удалить воздух из пор. Это приводит к ошибкам при взвешивании образцов, поэтому плотность пористых образцов может быть определена только приблизительно. **Весы моделей АХ содержат специальное программное обеспечение для определения плотности пористых образцов.**

6.2 Таблица плотности для дистиллированной воды

T/°C	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
10.	0,99973	0,99972	0,99971	0,99970	0,99969	0,99968	0,99967	0,99966	0,99965	0,99964
11.	0,99963	0,99962	0,99961	0,99960	0,99959	0,99958	0,99957	0,99956	0,99955	0,99954
12.	0,99953	0,99951	0,99950	0,99949	0,99948	0,99947	0,99946	0,99944	0,99943	0,99942
13.	0,99941	0,99939	0,99938	0,99937	0,99935	0,99934	0,99933	0,99931	0,99930	0,99929
14.	0,99927	0,99926	0,99924	0,99923	0,99922	0,99920	0,99919	0,99917	0,99916	0,99914
15.	0,99913	0,99911	0,99910	0,99908	0,99907	0,99905	0,99904	0,99902	0,99900	0,99899
16.	0,99897	0,99896	0,99894	0,99892	0,99891	0,99889	0,99887	0,99885	0,99884	0,99882
17.	0,99880	0,99879	0,99877	0,99875	0,99873	0,99871	0,99870	0,99868	0,99866	0,99864
18.	0,99862	0,99860	0,99859	0,99857	0,99855	0,99853	0,99851	0,99849	0,99847	0,99845
19.	0,99843	0,99841	0,99839	0,99837	0,99835	0,99833	0,99831	0,99829	0,99827	0,99825
20.	0,99823	0,99821	0,99819	0,99817	0,99815	0,99813	0,99811	0,99808	0,99806	0,99804
21.	0,99802	0,99800	0,99798	0,99795	0,99793	0,99791	0,99789	0,99786	0,99784	0,99782
22.	0,99780	0,99777	0,99775	0,99773	0,99771	0,99768	0,99766	0,99764	0,99761	0,99759
23.	0,99756	0,99754	0,99752	0,99749	0,99747	0,99744	0,99742	0,99740	0,99737	0,99735
24.	0,99732	0,99730	0,99727	0,99725	0,99722	0,99720	0,99717	0,99715	0,99712	0,99710
25.	0,99707	0,99704	0,99702	0,99699	0,99697	0,99694	0,99691	0,99689	0,99686	0,99684
26.	0,99681	0,99678	0,99676	0,99673	0,99670	0,99668	0,99665	0,99662	0,99659	0,99657
27.	0,99654	0,99651	0,99648	0,99646	0,99643	0,99640	0,99637	0,99634	0,99632	0,99629
28.	0,99626	0,99623	0,99620	0,99617	0,99614	0,99612	0,99609	0,99606	0,99603	0,99600
29.	0,99597	0,99594	0,99591	0,99588	0,99585	0,99582	0,99579	0,99576	0,99573	0,99570
30.	0,99567	0,99564	0,99561	0,99558	0,99555	0,99552	0,99549	0,99546	0,99543	0,99540

6.3 Таблица плотности для этанола

T/°C	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
10.	0,79784	0,79775	0,79767	0,79758	0,79750	0,79741	0,79733	0,79725	0,79716	0,79708
11.	0,79699	0,79691	0,79682	0,79674	0,79665	0,79657	0,79648	0,79640	0,79631	0,79623
12.	0,79614	0,79606	0,79598	0,79589	0,79581	0,79572	0,79564	0,79555	0,79547	0,79538
13.	0,79530	0,79521	0,79513	0,79504	0,79496	0,79487	0,79479	0,79470	0,79462	0,79453
14.	0,79445	0,79436	0,79428	0,79419	0,79411	0,79402	0,79394	0,79385	0,79377	0,79368
15.	0,79360	0,79352	0,79343	0,79335	0,79326	0,79318	0,79309	0,79301	0,79292	0,79284
16.	0,79275	0,79267	0,79258	0,79250	0,79241	0,79232	0,79224	0,79215	0,79207	0,79198
17.	0,79190	0,79181	0,79173	0,79164	0,79156	0,79147	0,79139	0,79130	0,79122	0,79113
18.	0,79105	0,79096	0,79088	0,79079	0,79071	0,79062	0,79054	0,79045	0,79037	0,79028
19.	0,79020	0,79011	0,79002	0,78994	0,78985	0,78977	0,78968	0,78960	0,78951	0,78943
20.	0,78934	0,78926	0,78917	0,78909	0,78900	0,78892	0,78883	0,78874	0,78866	0,78857
21.	0,78849	0,78840	0,78832	0,78823	0,78815	0,78806	0,78797	0,78789	0,78780	0,78772
22.	0,78763	0,78755	0,78746	0,78738	0,78729	0,78720	0,78712	0,78703	0,78695	0,78686
23.	0,78678	0,78669	0,78660	0,78652	0,78643	0,78635	0,78626	0,78618	0,78609	0,78600
24.	0,78592	0,78583	0,78575	0,78566	0,78558	0,78549	0,78540	0,78532	0,78523	0,78515
25.	0,78506	0,78497	0,78489	0,78480	0,78472	0,78463	0,78454	0,78446	0,78437	0,78429
26.	0,78420	0,78411	0,78403	0,78394	0,78386	0,78377	0,78368	0,78360	0,78351	0,78343
27.	0,78334	0,78325	0,78317	0,78308	0,78299	0,78291	0,78282	0,78274	0,78265	0,78256
28.	0,78248	0,78239	0,78230	0,78222	0,78213	0,78205	0,78196	0,78187	0,78179	0,78170
29.	0,78161	0,78153	0,78144	0,78136	0,78127	0,78118	0,78110	0,78101	0,78092	0,78084
30.	0,78075	0,78066	0,78058	0,78049	0,78040	0,78032	0,78023	0,78014	0,78006	0,77997

Значения плотности для C₂H₅OH взяты из справочника "American Institute of Physics Handbook".

По вопросам технического обслуживания, пожалуйста, обращайтесь в
Представительства **МЕТТЛЕР ТОЛЕДО** в СНГ:

Меттлер-Толедо ГмбХ

Представительство в СНГ

101000 Москва,

Сретенский бульвар, 6/1, офис 6

Тел.: (095) 921-92-11, 921-49-32, 921-56-66

921-79-05, 921-49-78, 921-92-20

Факс: (095) 921-63-53, 921-78-68

660017 г. Красноярск,

пр-т Мира, д.91, офис 404 Тел.

:(3912) 58-19-40

Факс:(3912) 58-19-43

Меттлер-Толедо Централ Эйша

480009 Алматы, Проспект Абая, 153

Бизнес Центр, офис 9

Тел.: (3272) 50-63-69, 60-88-34

Факс: (3272) 60-88-35



P706039

Технические характеристики и комплект поставки прибора
могут быть изменены.