

Взвешивайте правильно



Советы и рекомендации
Учет внешних факторов
Сокращение ошибок
Точность результатов

Руководство

Правила взвешивания на лабораторных весах

METTLER TOLEDO

Правила взвешивания на лабораторных весах

Введение	5
Выбор места установки весов	6
Работа с весами	8
Воздействие физических факторов	12
Технические термины	20
Эффективный подход к взвешиванию (GWP® – Good Weighing Practice™)	28

Введение

Взвешивание — одна из наиболее частых операций, выполняемых в лаборатории. Современные микровесы, полумикровесы, аналитические и прецизионные весы достигли такого уровня совершенства, что для их установки не требуется специальных помещений.

Технологический процесс в области электроники позволил во многом упростить работу с весами и значительно сократить время взвешивания. Кроме того, теперь весы можно легко интегрировать в любой производственный процесс.

Несмотря на достигнутый прогресс, неблагоприятным факторам окружающей среды по-прежнему нужно уделять достаточно внимания. К числу таких факторов обычно относятся физические воздействия, которые влияют на показания аналитических весов и микровесов. Эти эффекты не могут быть скомпенсированы весами, так как связаны с реальным изменением веса (например, вследствие медленного испарения или поглощения влаги). Это могут быть также силы, действующие на чашу весов или взвешиваемый образец (например, магнитные поля, электростатические разряды), которые интерпретируются весами как изменение веса.

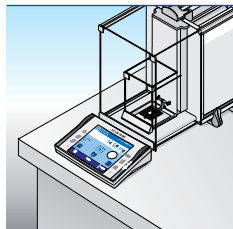
Цель настоящего руководства — рассказать о наиболее важных факторах, которые необходимо учитывать в процессе работы с лабораторными весами для получения точных и воспроизводимых результатов взвешивания.

После рассмотрения кратких рекомендаций по выбору места установки весов и правил эксплуатации весов мы более подробно рассмотрим влияние помех и внешних условий на процесс измерения. Большинство этих воздействий проявляется в медленном изменении показаний веса (т. н. дрейф).

Правильная интерпретация технических данных также играет важнейшую роль в оценке результатов взвешивания, поэтому в конце приведено пояснение технических терминов, использованных в данном тексте.

Выбор места установки весов

Точность и воспроизводимость результатов взвешивания напрямую зависят от места установки весов. Для выбора наилучших условий работы весов соблюдайте следующие рекомендации:



Весовой стол должен быть

- Устойчивым (лабораторный стол, каменная плита, специализированный весовой стол).

Весовой стол не должен прогибаться и качаться при работе, должен в минимальной степени передавать вибрации.

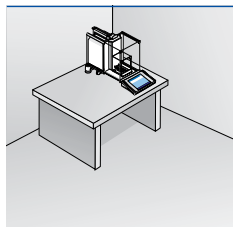
- Немагнитным (не используйте стальные плиты).
- Защищенным от электростатических зарядов (не должно быть пластика или стекла).
- Закреплен на полу или прикреплен к стене.

Весовой стол должен стоять или на полу или крепиться к стене, но одновременно к стене и к полу (в этом случае стол будет передавать вибрации и от стены и от пола).

- Отдельно выделен для весов.

Место установки и весовой стенд не должны прогибаться и должны быть достаточно устойчивыми, чтобы показания весов не изменялись, когда кто-то прислонится к столу. Не подкладывайте мягкие коврики под весы, такие как пищевые пленки.

Лучше располагать весы непосредственно над ножками стола, так как эта область в наименьшей степени подвержена вибрациям.



Рабочее помещение

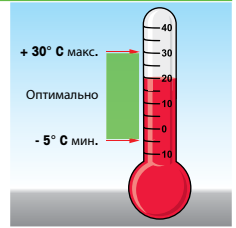
- Малый уровень вибраций
- Защита от сквозняков

Устанавливайте стол для взвешивания в углу комнаты. В этих областях здания уровень вибраций наименьший. В идеале помещение для весов должно располагаться в комнате с раздвижными дверями, что позволит снизить влияние от движения дверей.

Температура

- По возможности поддерживайте в помещении постоянную температуру. Температура влияет на результаты взвешивания! (температурный дрейф показаний: 1-2 ppm/°C).
- Не производите взвешивание вблизи радиаторов или окон.

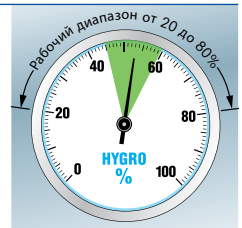
Весы МЕТТЛЕР ТОЛЕДО со встроенной функцией «ФАСТ» (Полностью автоматическая технология калибровки) способны компенсировать практически любой температурный дрейф. Именно поэтому функция «ФАСТ» должна быть всегда включена.



Атмосферная влажность

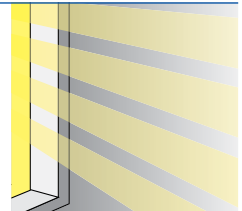
- Относительная влажность воздуха (% RH) должна находиться в пределах от 45 до 60%. Не следует проводить взвешивание, если относительная влажность выходит за пределы диапазона от 20 до 80%.

При работе с микровесами рекомендуется постоянно следить за влажностью в помещении. Любые изменения должны корректироваться всегда, когда это возможно.



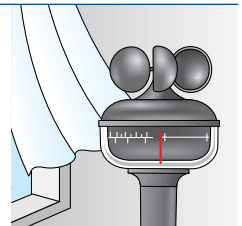
Освещение

- По возможности, размещайте весы у стены без окна. Прямой солнечный свет (тепловое излучение) влияет на результаты взвешивания.
- Не размещайте весы вблизи осветительных приборов во избежание воздействия теплового излучения. В первую очередь это касается ламп накаливания. Используйте лампы дневного света.



Воздух

- Не устанавливайте весы на пути прохождения воздушных потоков кондиционеров воздуха или устройств, оборудованных вентиляторами, например компьютеры или большое лабораторное оборудование.
- Весы должны устанавливаться на достаточном расстоянии от радиаторов отопления. Наряду с тепловым излучением возле них часто возникают сильные воздушные потоки.
- Не устанавливайте весы рядом с дверью.
- Избегайте установку весов вблизи мест, где часто ходят сотрудники. Они могут создавать нежелательные воздушные потоки в месте взвешивания.



Работа с весами

Микро-, полумикро-, аналитические и прецизионные весы — это измерительные приборы высокой точности. Для получения надежных результатов взвешивания соблюдайте следующие рекомендации.

Включение

- Никогда не отключайте весы от источника питания и держите их всегда включенными. Это позволит обеспечить весам необходимое тепловое равновесие.
- Отключение весов выполняется нажатием клавиши на дисплее (на некоторых устаревших моделях — клавиши "Тара"). В этом случае весы переходят в ждущий режим. Электронные компоненты при этом находятся под напряжением, и периода прогрева не требуется.

СОВЕТ: При первом включении весов их рекомендуется прогреть. Время прогрева зависит от модели весов :

- До 12 часов для микровесов.
- Около 6 часов для полумикровесов и аналитических весов.
- Приблизительно 3 часа для прецизионных весов.

Помимо этих рекомендаций, всегда выдерживайте минимальное время, указанное в руководстве пользователя.

Установка по уровню

- Периодически проверяйте уровень весов.

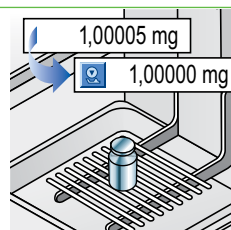
Убедитесь в том, что пузырек располагается в центре индикатора уровня. Для выравнивания весов используйте регулируемые опоры. После корректировки уровня необходимо выполнить калибровку весов. Описание процедуры можно найти в руководстве по эксплуатации весов.

- СОВЕТ:** Для того чтобы гарантировать правильную установку весов по уровню и протоколировать выполняемые операции в соответствии с требованиями, GxP¹⁾ рекомендуется использовать весы серии Excellence Plus со встроенной функцией контроля уровня «LevelControl».

¹⁾ Надлежащая лабораторная практика GLP и надлежащая производственная практика GMP

Настройка (калибровка)

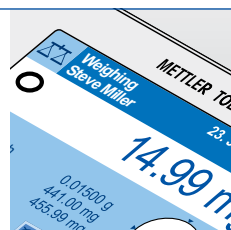
- Регулярно выполняйте настройку весов, особенно
 - При первом использовании весов.
 - При установке весов в новом месте.
 - После настройки уровня весов.
 - После значительных изменений температуры, влажности или давления воздуха.



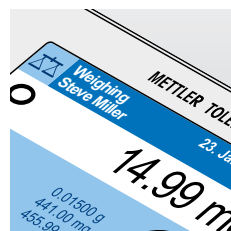
- СОВЕТ:** Если вам необходима автоматическая калибровка после изменения температуры, то имеет смысл приобрести весы со встроенной функцией «ФАСТ», в которых калибровка выполняется
- автоматически. При использовании этих моделей можно увеличить интервал между периодическими тестированиями весов.

Считывание показаний

- Перед каждым взвешиванием убедитесь в том, что весы показывают точно ноль. При необходимости выполните тарирование, чтобы избежать ошибок.
- Считывайте результат только после того, как маленький кружок в верхнем левом углу исчезнет. Результат взвешивания можно считывать, когда гаснет индикатор нестабильности.

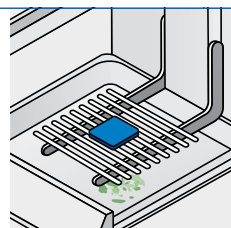


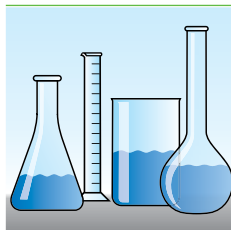
- СОВЕТ:** В весах серии Excellence Plus усовершенствован детектор стабильности показаний. На этих весах нестабильные значения отображаются на дисплее **синим** цветом. После стабилизации показания будут отображаться **черным** цветом и кружок в верхнем левом углу исчезнет. Это позволяет быстрее, безопаснее и надежнее считывать результат взвешивания.



Чашка весов

- Всегда размещайте образец строго в центре весовой чашки. Это позволит избежать ошибок угловой нагрузки.
- При работе с микровесами и полумикровесами после относительно длительного перерыва (>30 мин), необходимо сначала кратковременно нагрузить чашу весов, чтобы устранить «эффект первого взвешивания».





Сосуд/контейнер для взвешивания

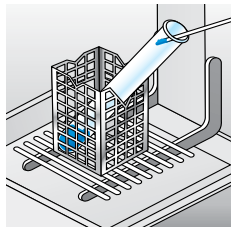
- Подбирайте сосуды минимальных размеров.
- Избегайте использования весовых емкостей из пластика, если атмосферная влажность падает ниже уровня 30–40%. В этих условиях они могут накапливать электростатический заряд.

Материалы-диэлектрики, например стекло и пластик, склонны к накоплению электростатического заряда. Это может существенно исказить результат взвешивания. Поэтому необходимо применять соответствующие корректирующие действия (дополнительную информацию см. на с. 14: Электростатические заряды).

- Температура весовой емкости и взвешиваемого образца должна совпадать с температурой окружающей среды. Разность температур может привести к возникновению воздушных потоков, искажающих результат взвешивания (см. с. 7: Температура).

После извлечения весовой емкости из сушильной печи или посудомоечной машины дайте ей остыть в течение некоторого времени перед установкой на весы.

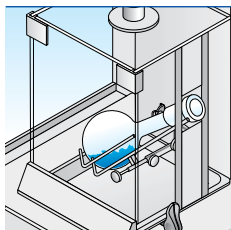
Держатель контейнеров
«ErgoClip Basket».



- По возможности старайтесь не прикасаться руками к весовой емкости, размещая ее в весовой камере. Это может изменить температуру и влажность воздуха в камере, что окажет неблагоприятное воздействие на процесс измерений.



СОВЕТ: Для быстрого и безошибочного дозирования применяются различные держатели (см. рисунки).



Круглодонная колба на
специальных держателях
контейнеров «ErgoClip Flask»
и «MinWeigh Door».

Защитный кожух

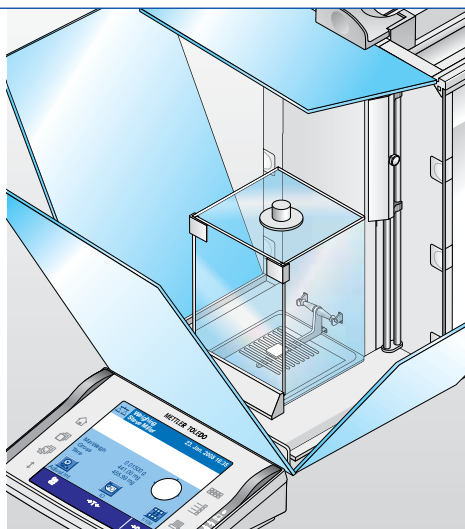
- Открывайте защитный кожух настолько, насколько это необходимо. Это позволит сохранить микроклимат внутри весовой камеры и исключить влияние внешних факторов на результат.
- Настраивайте весы с автоматическим защитным кожухом, например весы серии Excellence Plus, на минимальный зазор при открывании.

СОВЕТ: Для упрощения и повышения точности взвешивания даже в самых неблагоприятных условиях мы рекомендуем использовать специальные принадлежности, входящие в комплект поставки весов серий Excellence и Excellence Plus. Эти весы обеспечат наилучшие результаты даже при взвешивании очень малых количеств образцов с малыми допусками. Специальная дверка для кожуха «MinWeigh Door» рассчитана на использование в боксах или под тягой. Она обладает рядом преимуществ и при использовании в обычных условиях. Использование дверцы позволяет улучшить воспроизводимость примерно на два порядка!

Решетчатая весовая чаша «SmartGrid» настолько эффективно стабилизирует процесс взвешивания, что дверцу защитного кожуха аналитических ($d = 0,1$ мг) весов можно оставлять открытой во время взвешивания.

Уход за весами

- Содержите весовую камеру и чашу весов в чистоте.
- Для взвешивания используйте только чистые емкости.
- Для чистки весов можно применять обычное средство для мойки окон.
- Не используйте ткань, загрязненную сивушными маслами.
- Старайтесь не сметать частицы загрязнений в отверстие.
- Перед началом чистки отсоедините все съемные компоненты, такие как стекла, чаша для взвешивания, поддон.



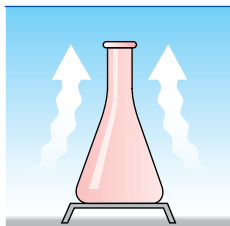
СОВЕТ: Стекла кожухов весов Excellence можно быстро снять и вымыть в посудомоечной машине.

Воздействие физических факторов

Если показания на дисплее весов не стабилизируются, результат медленно возрастает или уменьшается в одном направлении, либо если на дисплее отображаются ошибочные показания, то это зачастую связано с нежелательным воздействием физических факторов. Наиболее частые причины:

- Влияние взвешиваемого образца.
- Влияние на весы факторов окружающей среды.
- Накопление или потеря влаги взвешиваемым образцом.
- Электростатический заряд образцов или емкостей.
- Намагничивание образцов или весовых емкостей.

В следующем разделе мы более подробно рассмотрим эти помехи и их причины, а также рассмотрим корректирующие меры.



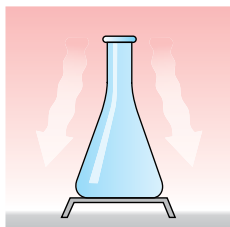
Температура

Проблема

Показания на дисплее постоянно изменяются в одну сторону.

Возможные причины

Весы недостаточно долго подключены к источнику питания.



Разница температур между взвешиваемым образцом и окружающей средой может привести к образованию потоков воздуха вдоль стенок весового контейнера. Поток воздуха вдоль стенок контейнера создает восходящую или нисходящую силу, которая искажает результат взвешивания. Этот эффект называется динамической выталкивающей силой. Этот эффект не исчезнет, пока не будет достигнуто равновесие температур. Действуют следующие правила: Холодный объект кажется тяжелее, теплый — легче. Этот эффект может осложнять процессы дифференциального взвешивания на полумикровесах, микровесах.

Пример

Для проверки динамической выталкивающей силы можно провести следующий эксперимент: Взвесьте коническую колбу или колбу аналогичной формы и запишите показание веса. Поддержите колбу в руке

примерно в течение одной минуты и повторите взвешивание. Из-за более высокой температуры и возникшего температурного градиента колба окажется легче.

(Влага на ваших ладонях не играет никакой роли в возникновении этого эффекта. Иначе взвешиваемый образец был бы тяжелее).

Корректирующие меры

- Никогда не взвешивайте образцы сразу же после извлечения из сушильного шкафа или холодильника.
- Следует обязательно выдерживать образец для акклиматизации к температуре лаборатории и камеры взвешивания.
- Берите образцы пинцетом.
- Не дотрагивайтесь руками до внутренней поверхности камеры взвешивания.
- Выбирайте емкости для образцов с малой площадью поверхности.

Поглощение/испарение влаги

Проблема

Показания на дисплее постоянно изменяются в одну сторону.

Возможные причины

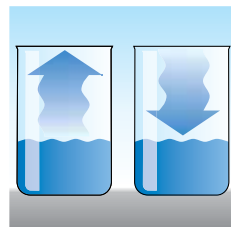
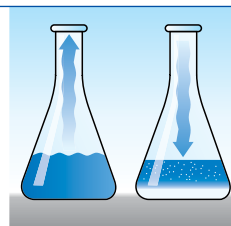
Вы измеряете потерю массы летучих веществ (например, испарение воды) или увеличение веса гигроскопичных взвешиваемых образцов (поглощение влаги воздуха).

Пример

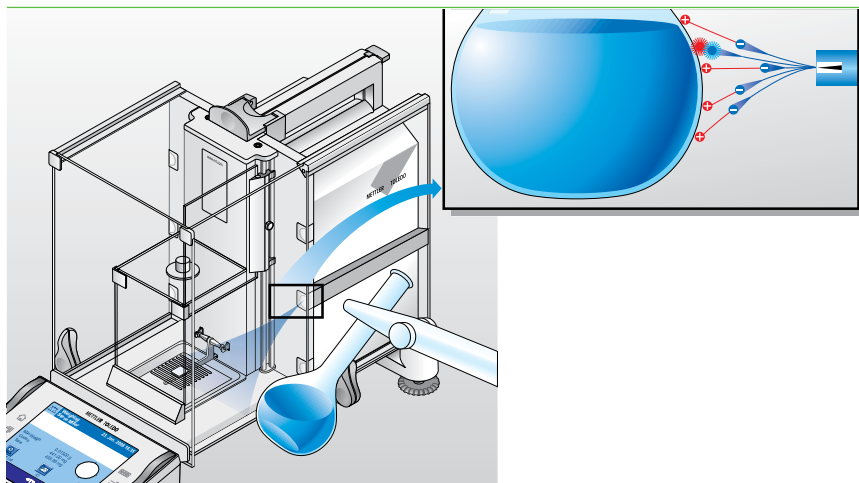
Этот эффект можно наблюдать при взвешивании спирта или силикагеля.

Корректирующие меры

Используйте чистые и сухие емкости для взвешивания. Не допускайте загрязнения или попадания капель воды на чашу для взвешивания. Используйте емкости с узким горлышком и закрывайте их крышками или пробками. Не устанавливайте колбы с круглым основанием на пробковые или картонные подставки. Эти материалы могут накапливать или отдавать значительные объемы влаги. Нейтральными в этом отношении являются металлические треугольные держатели или приспособления «ErgoClips» для весов серий Excellence и Excellence Plus.



При использовании емкостей с широким горлом повышается риск возникновения погрешностей измерения вследствие испарения или конденсации.



Электростатика

Проблема

Результаты взвешивания одного и того же образца не совпадают. Регистрируемый дисплеем вес не стабилен. Плохая воспроизводимость результатов.

Возможные причины

Накопление электростатического заряда емкостью для взвешивания или образцом. Материалы с низкой электропроводностью, например стекло, пластмасса, порошковые или гранулированные вещества, могут накапливать и удерживать электростатический заряд длительное время (в течение нескольких часов). Это происходит в основном при трении в процессе приготовления или транспортировки материалов. Вероятность возникновения этого эффекта повышается в условиях сухого воздуха при влажности менее 40%.

Ошибки при взвешивании возникают вследствие взаимодействия образца и окружающей среды. Эти взаимодействия фиксируются микро-, полумикро- и аналитическими весами и приводят к описанным проблемам при взвешивании.

Пример

Пронаблюдать эффект можно при взвешивании стеклянного или пластикового сосуда, натертого шерстяной тканью.

Корректирующие меры

- Повышение атмосферной влажности.

Проблема электростатического заряда особенно проявляется в зимнее время в отапливаемых помещениях. В помещениях с кондиционированием воздуха можно настроить кондиционер на поддержание относительной влажности на уровне 45-60%.

- Использование антистатических комплектов.

Устанавливайте емкость для взвешивания в металлический контейнер.

- Подберите другие емкости для взвешивания.

Пластик и стекло быстро заряжаются, поэтому их применение нежелательно. Лучше использовать металлические емкости.

- Используйте антистатические пистолеты.

При этом помните, что доступные в продаже изделия помогают не во всех случаях.

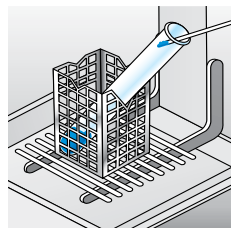
- Используйте внешние или встраиваемые антистатические комплекты, предлагаемые компанией МЕТТЛЕР ТОЛЕДО.

Примечание. Весы и следовательно весовая чаша должны быть постоянно заземлены. Во всех весах МЕТТЛЕР ТОЛЕДО с трехконтактными электрическими вилками заземление обеспечивается автоматически.



СОВЕТ: Держатель контейнеров «ErgoClip Basket» отлично снимает статическое электричество и тем самым исключает возникновение описанных проблем с пробирками и колбами.

Держатель контейнеров
«ErgoClip Basket».



Магнетизм

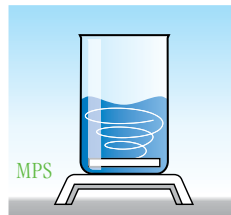
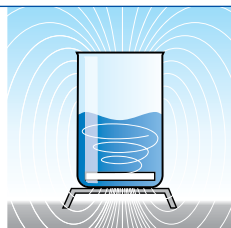
Проблема

Масса взвешиваемого образца зависит от местоположения на весовой чаше. Плохая воспроизводимость результатов, но показания весов при этом стабильны.

Возможные причины

Вы взвешиваете магнитный материал. Магнитные материалы взаимно притягиваются. Возникающие при этом дополнительные силы неверно интерпретируются весами как нагрузка.

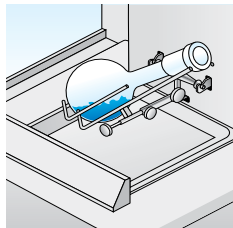
Практически все предметы, изготовленные из железа (стали), отличаются сильной магнитной проницаемостью (ферромагнетизмом).



Корректирующие меры

По возможности нейтрализуйте магнитные силы. Для этого помещайте взвешиваемый образец в емкость, например из материала на основе никелевого сплава. Поскольку магнитная сила уменьшается с увеличением расстояния, образец можно расположить подальше от весовой чаши, установив его на немагнитной подставке (например, лабораторный стакан или алюминиевые опоры). Для этого можно также использовать нижний подвес весов. Возможность взвешивания под весами является стандартной для большинства лабораторных весов МЕТТЛЕР ТОЛЕДО. С целью минимизации этого эффекта в весах МЕТТЛЕР ТОЛЕДО использованы немагнитные материалы там, где это возможно.

Держатель контейнеров «ErgoClip Flask» для весов серий Excellence и Excellence Plus.



- ❗ **СОВЕТ:** Для взвешивания магнитных образцов среднего и крупного размера на прецизионных весах мы рекомендуем использовать антимагнитную грузоприемную чашку MPS (Magnetic Protection System). Для аналитических весов рекомендуется использовать треугольный держатель, увеличивающий расстояние между образцом и чашей для взвешивания. Для весов серий Excellence и Excellence Plus для этого предлагается специальный держатель «ErgoClips».



Статическая выталкивающая сила воздуха

Эффект

Результаты взвешивания образца в воздухе и в вакууме отличаются.

Причина: "Тело, погруженное в жидкость или газ, теряет в своем весе столько, сколько весит вытесненная им среда" (Закон Архимеда) Этим законом можно объяснить, почему судно остается на плаву, воздушный шар поднимается или почему на вес образца влияет атмосферное давление.

Взвешиваемый образец находится в воздушной среде. Плотность воздуха равна примерно $1,2 \text{ кг/м}^3$ (в зависимости от температуры и атмосферного давления). Выталкивающая сила взвешиваемого образца таким образом равна $1,2 \text{ кг/м}^3$.

Пример

Если поместить калибровочную гирю весом 100 г в лабораторном стакане на рычажные весы и затем добавить воды в идентичный лабо-

