

МИНИСТЕРСТВО ЗДРАВООХРАНЕНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ  
БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ МЕДИЦИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
КАФЕДРА МЕДИЦИНСКОЙ И БИОЛОГИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ

**А. С. СТРЕБКОВ**

# **ОПРЕДЕЛЕНИЕ МАССЫ ТЕЛА НА ВЕСАХ**

Учебно-методическое пособие



Минск БГМУ 2015

УДК 53.08(075.8)  
ББК 22.3 я73  
С84

Рекомендовано Научно-методическим советом университета в качестве  
учебно-методического пособия 17.09.2014 г., протокол № 1

Р е ц е н з е н т: канд. физ.-мат. наук, доц. М. В. Гольцев

**Стребков, А. С.**  
С84 Определение массы тела на весах : учеб.-метод. пособие / А. С. Стребков. – Минск :  
БГМУ, 2015. – 16 с.

ISBN 978-985-567-197-9.

Введены понятия массы и веса тела, пояснены их существенные различия, представлена класси-  
фикация весов в соответствии с ГОСТами, рассмотрены принципы действия некоторых типов весов,  
предложен один из вариантов лабораторной работы, подобраны вопросы для самоконтроля.

Предназначено для студентов 1-го курса фармацевтического факультета.

УДК 53.08(075.8)  
ББК 22.3 я73

---

Учебное издание

**Стребков Алексей Семенович**

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ МАССЫ ТЕЛА НА ВЕСАХ**

Учебно-методическое пособие

Ответственный за выпуск В. Г. Лещенко

Редактор О. В. Лавникович

Компьютерная верстка А. В. Янушкевич

Подписано в печать 18.09.14. Формат 60×84/16. Бумага писчая «Снегурочка».

Ризография. Гарнитура «Times».

Усл. печ. л. 0,93. Уч.-изд. л. . Тираж 50 экз. Заказ 262.

Издатель и полиграфическое исполнение: учреждение образования

«Белорусский государственный медицинский университет».

Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,

распространителя печатных изданий № 1/187 от 18.02.2014.

Ул. Ленинградская, 6, 220006, Минск.

**ISBN 978-985-567-197-9**

© Стребков А. С., 2015

© УО «Белорусский государственный  
медицинский университет», 2015

## МОТИВАЦИОННАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕМЫ

**Общее время занятий:** 3 часа.

Весы используются во всех областях деятельности. Они бывают различного вида. Разделение на виды объясняется тем, что нельзя одними весами узнать точный вес разных грузов.

В торговой сфере, например, существуют торговые, чекопечатающие, товарные, технические, фасовочные и другие весы. Бывают также счетные, карманные, лабораторные, аналитические, ювелирные, платформенные, балочные, палетные, подвесные, крановые, монорельсовые, механические, автомобильные весы, весы-рокля, весы-тележка, весы для животных и др.

Сложно переоценить важность весов для медицинских работников, ведь по массе тела пациента можно судить о его предрасположенности к определенным заболеваниям. Важны весы и для фармацевтов, которым для приготовления лекарственных препаратов необходимо смешивать вещества с точностью порой до микрограммов. Очевидно, что важно уметь не только работать с весами, но и выбирать нужные.

**Цель занятия:**

- научиться правильно выбирать весы для измерения массы того или иного тела;
- получить навыки работы с электронными портативными лабораторными весами.

**Задачи занятия:**

- выучить понятия массы и веса тела, узнать их фундаментальные отличия;
- ознакомиться с классификацией весов;
- рассмотреть принципиальные схемы и принципы работы основных типов весов;
- определить массу образцов на электронных портативных лабораторных весах.

**Требования к исходному уровню знаний.** Для полного усвоения темы необходимо из школьного курса физики повторить понятие инерции, рычага, всемирный закон тяготения.

**Контрольные вопросы из смежных дисциплин:**

1. Что называется инерцией? Как звучит второй закон Ньютона?
2. Сформулируйте всемирный закон тяготения. Где он применяется?
3. Что называется рычагом? Какие виды рычагов вам известны? Что называется моментом силы? Назовите условия равновесия рычагов.

**Контрольные вопросы по теме занятия:**

1. Масса, эталон единицы массы, единицы измерения. Виды массы.
2. Весы. В чем отличие массы от веса? Классификация весов.
3. Простейшие рычажные и пружинные весы. Крутильные весы.
4. Электротензометрические весы.
5. Электронные лабораторные весы.

## ПОНЯТИЯ МАССЫ И ВЕСА

**Масса** ( $m$ ) (от греч. μάζα) — скалярная физическая величина, являющаяся одной из семи основных в Международной системе единиц (СИ). Основной единицей измерения массы в СИ является килограмм (кг), также используются его производные: миллиграмм ( $10^{-6}$  кг), микрограмм ( $10^{-9}$  кг) и др. Существуют и внесистемные единицы измерения: тонна (1000 кг), центнер (100 кг), пуд (16,38 кг), фунт (453,59237 г), унция ( $\frac{1}{16}$  фунта), карат (0,2 грамма).

За 1 кг принят вес цилиндрической гири, сделанной из сплава 90 % платины и 10 % иридия, диаметр и высота которой составляют 39,17 мм (рис. 1). Этот эталон единицы массы хранится в Международном бюро мер и весов в городе Севр (предместье Парижа, Франция).



Рис. 1. Эталон единицы массы

В физике различают:

- инертную массу, как меру инертности тела;
- гравитационную массу, как меру гравитационного взаимодействия тел.

*Инертная масса* характеризует инертность тела и фигурирует в формулировке второго закона Ньютона, определяя ускорение, которое тело приобретает под действием приложенной силы:  $a = F/m$ . Если произвольная сила в инерциальной системе отсчета одинаково ускоряет разные исходно неподвижные тела, этим телам приписывают одинаковую инертную массу.

*Гравитационная масса* показывает, с какой силой тело взаимодействует с внешними гравитационными полями. Фактически эта масса в современной метрологии определяется взвешиванием.

Из школьного курса физики известен всемирный закон тяготения: сила взаимодействия между двумя материальными точками прямо пропорциональна их массам и обратно пропорциональна квадрату расстояния между ними:

$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2},$$

где  $F$  — сила взаимодействия,  $m_1$  и  $m_2$  — массы первой и второй материальных точек,  $r$  — расстояние между ними, а  $G$  — гравитационная постоянная ( $G = 6,67384 \cdot 10^{-11} \text{ Н} \cdot \text{м}^2/\text{кг}^2$ ).

Предположим, что тело лежит на поверхности Земли. Земля и тело притягиваются друг к другу с силой

$$F = G \frac{Mm}{R^2},$$

где  $M$  и  $R$  — масса и радиус Земли (постоянные табличные величины), а  $m$  — масса тела, причем  $G \frac{M}{R^2} = 9,8 \text{ Н/кг} = g$ .

И сила притяжения тела Землей примет вид:  $F = mg$ .

Следует различать понятия массы тела и веса тела. **Масса** — это характеристика, которая для данного тела неизменна, а **вес тела** — сила, с которой тело действует на опору (подвес).

**Весы** — устройство или прибор для определения массы тел взвешиванием, т. е. измерением действующей на него силы тяжести.

**Вес** — это сила (в СИ измеряется в ньютонах — Н), с которой тело действует на опору или подвес. Вес приложен к опоре (подвесу), он может изменяться при движении тела. Вес тела  $F = mg = P$  (если тело с весами покоятся относительно Земли) может быть определен как через сравнение с эталонной массой (как в рычажных весах), так и через измерение силы, с которой тело действует на опору или подвес.

## КЛАССИФИКАЦИЯ ВЕСОВ

В соответствии с ГОСТом 29329–92 весы классифицируют по сфере применения, классу точности, методу монтажа, типу взвешивающего устройства, классу грузоприемного устройства, методу уравнивания, типу отсчитывающего устройства.

Рассмотрим классификацию весов:

1. В зависимости от сферы использования устройства взвешивания подразделяются на следующие:

- торговые;
- бытовые;
- товарные;
- лабораторные (медицинские);

- фасовочные;
- портативные;
- другие.

2. В зависимости от *класса точности*:

- со средним классом точности;
- с обычным классом точности.

Для лабораторных весов действует ГОСТ 24104-01, согласно которому класс точности лабораторных весов: средний, высокий и специальный.

3. В зависимости от *типа уравнивающего механизма*:

- механические;
- электронные (электромеханические).

4. В зависимости от *метода уравнивания*:

- с уравниванием автоматического типа;
- с уравниванием полуавтоматического типа;
- с уравниванием неавтоматического типа.

5. В зависимости от *типа отсчитывающего устройства*:

- с отсчетным устройством аналогового типа (стрелочные);
- с отсчетным устройством дискретного типа (цифровая индикация).

## ПРИНЦИПЫ ДЕЙСТВИЯ НЕКОТОРЫХ ВЕСОВ

**Рычажные весы** бывают двух видов: равноплечие и неравноплечие. Они построены по принципу равновесия рычагов. Рычаг представляет собой стержень, вращающийся вокруг точки опоры под действием сил, приложенных в двух других точках. Различают рычаги равноплечие и неравноплечие (рис. 2). У равноплечевого рычага опора находится на равном расстоянии от точек приложения сил. Взвешивание заканчивается, когда рычаг приходит в состояние равновесия. Неравноплечие рычаги имеют различное соотношение плеч: 1 : 2, 1 : 4, 1 : 5, 1 : 10 и т. д.

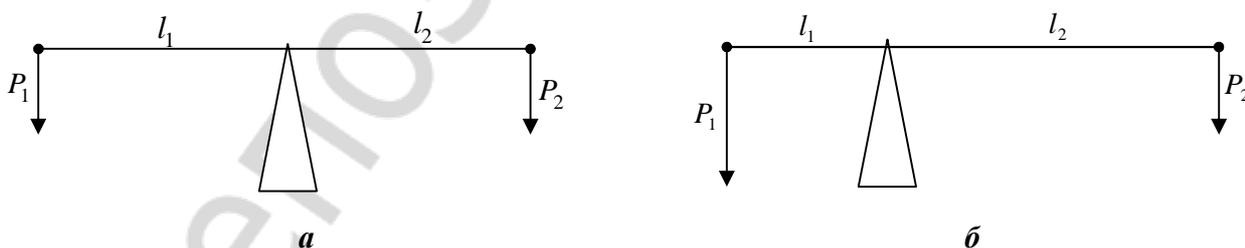


Рис. 2. Рычаги:  
а — равноплечий; б — неравноплечий

На рисунке буквами  $l$  обозначены плечи, а  $P$  — нагрузка. Чтобы рычаги находились в равновесии, должно выполняться следующее условие:  
 $P_1 l_1 = P_2 l_2$ .

Если  $l_1 = l_2$  (равноплечий рычаг), то  $P_1 = P_2$ ; если  $l_1 \neq l_2$ , то  $P_2 = P_1 \frac{l_1}{l_2}$ .

Простейшие рычажные весы представляют собой равноплечий рычаг (коромысло) с подвешенными к нему чашками для гирь и товара. О равновесии таких весов судят по показаниям стрелки, перемещающейся по шкале на угол, пропорциональный углу отклонения коромысла.

Современные рычажные весы имеют более сложную конструкцию. Они состоят из грузоприемного, указательного устройства, рычажного механизма и приспособлений для установки и регулировки. Эти части собраны на общем основании (корпусе), конструкция которого зависит от типа и назначения весов. Грузоприемные устройства (площадки, чашки, ковши, лотки, платформы) предназначены для укладки взвешиваемых товаров. Указательные (отсчетные) устройства (коромысловые гирные и шкальные, циферблатные и оптические) необходимы для визуального определения результатов взвешивания. Недостатком коромысловых устройств является трудоемкость процесса взвешивания, его невысокая скорость, недостаточная наглядность результатов взвешивания.

**Пружинные весы** — ручной прибор для измерения веса или массы, ручной динамометр, как правило, предназначенный для бытового применения. Данные весы представляют собой достаточно жесткую пружину, которая помещается в корпус со шкалой. К пружине прикрепляется стрелка. Пока к пружине не приложено усилие, т. е. не подвешен измеряемый груз, она находится в сжатом состоянии. Под действием силы тяжести пружина растягивается ( $F = k\Delta x = mg$ , где  $k$  — жесткость пружины,  $\Delta x$  — абсолютное удлинение пружины), соответственно, и стрелка перемещается по шкале. По положению стрелки можно узнать вес взвешиваемого груза.

Пружинные весы могут оснащаться дополнительно системой вращающихся шестеренок, что позволяет точнее измерять массу предметов. Последние модели бытовых весов делают электронными. На Земле тело массой 1 кг имеет вес 9,81 Н. Иногда ручные пружинные весы называют безменом.

В **крутильных (торсионных) весах** чувствительным элементом служит упругая нить или спиральные пружины. Нагрузка определяется по углу закручивания нити (пружины), который пропорционален создаваемому нагрузкой крутильному моменту. Коромысло подвешено на горизонтальной кварцевой или металлической нити-растяжке, которая натянута между двумя поворотными втулками и служит одновременно осью коромысла и упругим измерительным элементом. При определении массы уравновешивающий момент создается закручиванием упругой нити, а показания весов считываются с лимбов, связанных с передней рукояткой (рис. 3). Для взвешивания тел, масса которых превышает верхний предел измерения, используют миллиграммовые гири.

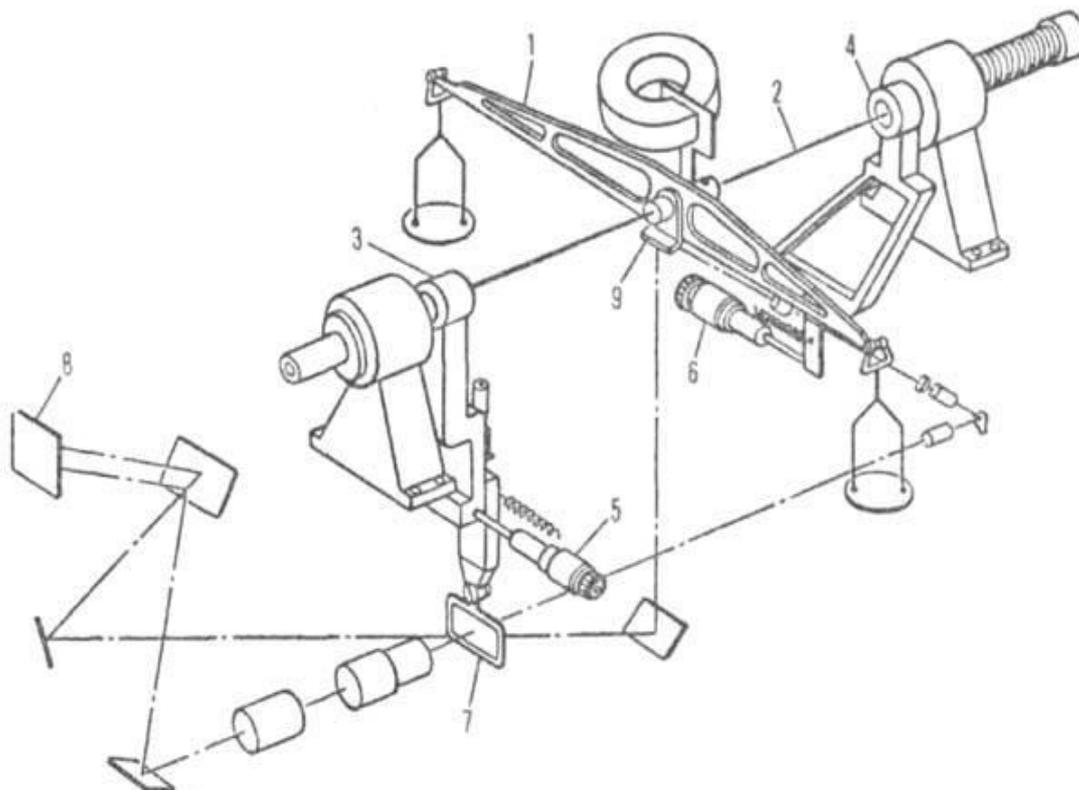


Рис. 3. Крутильно-равноплечие весы:

1 — коромысло; 2 — нить-растяжка; 3, 4 — втулки; 5, 6 — рукоятки; 7 — проекционная шкала; 8 — экран; 9 — зеркало

Действие **электротензометрических весов** основано на преобразовании деформации упругих элементов (столбиков, пластин, колец), воспринимающих силовое воздействие нагрузки, в изменение электрического сопротивления. Преобразователями служат высокочувствительные проволочные тензометры, приклеенные к упругим элементам. Как правило, электротензометрические весы применяются для взвешивания больших масс.

**Гидравлические весы** по устройству аналогичны гидравлическому прессу. Отсчет показаний производится по манометру, градуированному в единицах массы.

В лабораторной практике все шире применяются весы (в особенности **аналитические**) со встроенными гирями и именованными проекционными шкалами (рис. 4). Они имеют, как и простые весы, коромысло с одной опорной и двумя грузоприемными призмами, к которым посредством подушек и серег подвешены грузоприемные чашки (площадки), траверсы для встроенных миллиграммовых гирь (весы аналитической группы с комплектом гирь до полной нагрузки не получили распространения). Коромысло изготовлено из алюминиевого сплава или чугуна, призмы и подушки — из агата, корунда или высокотвердой стали. Для уменьшения износа и предупреждения поломок призм и подушек весы оборудуются арретиром, ограничивающим амплитуду колебаний коромысла, и изолиром, с помощью которого призмы отделяются от подушек.

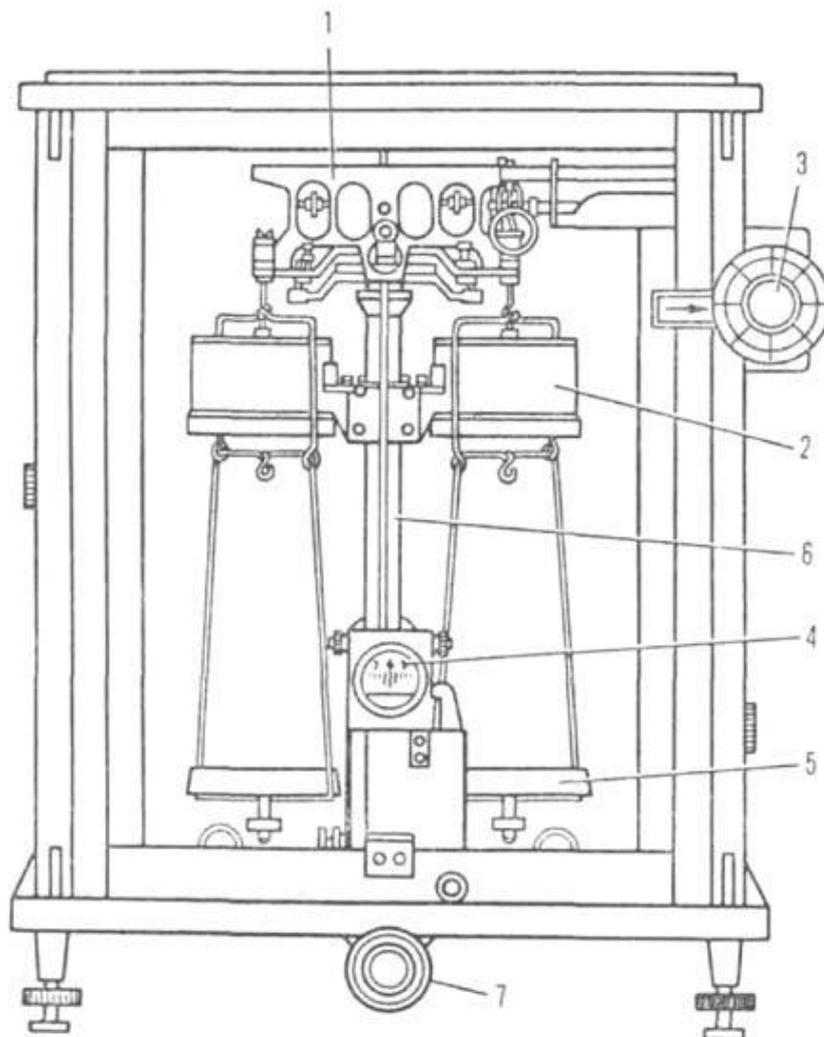


Рис. 4. Равноплечие трехпризменные лабораторные весы аналитической группы:  
 1 — коромысло; 2 — успокоитель; 3 — рукоятки механизма наложения встроенных гирь с оцифрованными лимбами; 4 — экран с изображением проекционной шкалы; 5 — грузоприемная чашка; 6 — колонка; 7 — рукоятка арретира-изолира

Применение встроенных гирь не только упрощает и ускоряет взвешивание, но и повышает точность весов, поскольку погрешности определения масс гирь вследствие их малости не учитываются. Специальная именованная шкала, которая проецируется на матовый экран оптической системой весов, позволяет уменьшить угол отклонения коромысла, повысить точность отсчета, используя нониус, и исключает необходимость в определении цены деления при взвешивании разных по массе тел.

Современные лабораторные весы (аналитические и др.) снабжаются рядом устройств для повышения точности и скорости взвешивания: успокоителями колебаний коромысла (воздушными или магнитными); дверцами, при открытии которых почти не возникает потоков воздуха; тепловыми экранами; механизмами наложения и снятия встроенных гирь; автоматически действующими механизмами для подбора встроенных гирь при уравнивании весов.

**Электронные лабораторные весы** (рис. 5). Современный этап развития характеризуется применением в них для создания уравновешивающей силы (момента) электрических силовозбудителей с электронной системой автоматического регулирования, обеспечивающей возвращение измерительной части весов в исходное положение равновесия.

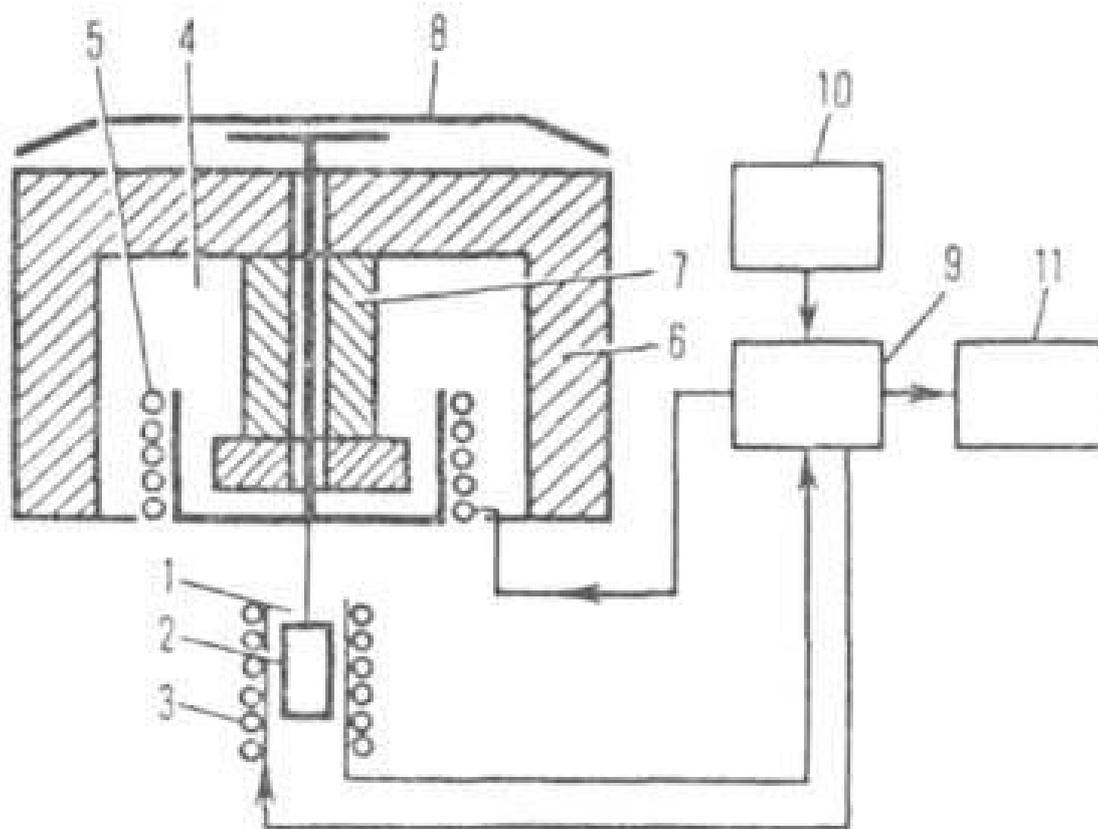


Рис. 5. Электронные лабораторные весы:

1 — датчик; 2 — сердечник; 3 — катушки датчика; 4 — силовозбудитель; 5 — катушки силовозбудителя; 6 — постоянный магнит; 7 — стержень; 8 — грузоприемная чашка; 9 — электронный блок; 10 — источник питания; 11 — цифровое отсчетное устройство

Система автоматического регулирования электронных лабораторных весов включает в себя датчик в виде дифференциального трансформатора. Его сердечник закреплен на измерительной части, он перемещается в смонтированной на основании весов катушке с двумя обмотками, выходное напряжение которых подается в электронный блок. Применяют также датчики в виде электронно-оптических устройств с зеркалом на измерительной части, направляющим луч света на дифференциальный фотоэлемент, подсоединенный к электронному блоку. При отклонении измерительной части весов от исходного положения равновесия взаимное положение элементов датчика изменяется, и на выходе электронного блока появляется сигнал, содержащий информацию о направлении и величине отклонения. Этот сигнал усиливается и преобразуется электронным блоком в ток, который подается в катушку силовозбудителя, закрепленную на основании весов, и взаимо-

действует с постоянным магнитом на измерительной части. Последняя благодаря возникающей противодействующей силе возвращается в исходное положение. Ток в катушке силовозбудителя измеряется цифровым микроамперметром, проградуированным в единицах массы.

В электронных лабораторных весах с верхним расположением грузоприемной чашки используется аналогичная схема автоматического уравновешивания, но постоянный магнит силовозбудителя смонтирован на стержне, несущем чашку, или связан с этим стержнем рычагом.

Электронные лабораторные весы автоматически подготавливаются к взвешиванию нажатием на кнопку или педаль управления. При этом на измерительную часть весов накладывається встроенная контрольная гиря. Если создаваемая ею нагрузка не соответствует показаниям весов, автоматически вводятся поправки, учитывающие температуру воздуха, дрейф нуля, а также погрешности установки весов по уровню. Подготовку весов можно повторять в ходе работы, каждый раз устраняя влияние текущих изменений внешних воздействий.

Электронные лабораторные весы с микропроцессорными и вычислительными блоками обладают большей, чем механические весы, устойчивостью к колебаниям основания. Микропроцессорное устройство многократно измеряет ток в катушке силовозбудителя и вычисляет осредненное значение массы, практически независимое от помех, вызываемых малыми колебаниями основания, а при больших колебаниях подает предупредительный сигнал. В память микропроцессорного блока, встроенного в весы, заложены постоянные программы: подготовки к работе, проверки на функционирование, компенсации тарной нагрузки. Помимо этого, к весам может быть подключен блок программного управления и обработки данных с банком типовых программ (например, определение массы образца в различных единицах измерения, подсчет количества исследуемых образцов, определение суммарной массы, процентное взвешивание).

Все типы весов характеризуются:

- предельной нагрузкой — наибольшей статической нагрузкой, которую могут выдерживать весы без нарушения их метрологических характеристик;
- ценой деления — разностью значений массы, соответствующих двум соседним отметкам шкалы;
- пределом допускаемой погрешности взвешивания — наибольшей допускаемой разностью между результатом одного взвешивания и действительной массой взвешиваемого тела;
- допускаемой вариацией показаний — наибольшей допускаемой разностью показаний весов при неоднократном взвешивании одного и того же тела.

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА

**Тема работы:** «Определение массы тела на электронных портативных лабораторных весах».

**Цель работы:** изучить основные типы весов, ознакомиться с их принципами работы, научиться определять массу образцов, производить процентное взвешивание и счет образцов по эталонной группе.

**Оборудование:** электронные портативные лабораторные весы, эталонная гиря 200 г, наборы образцов разной массы.

**Порядок выполнения работы.** В данной работе мы будем использовать портативные электронные лабораторные весы (рис. 6).

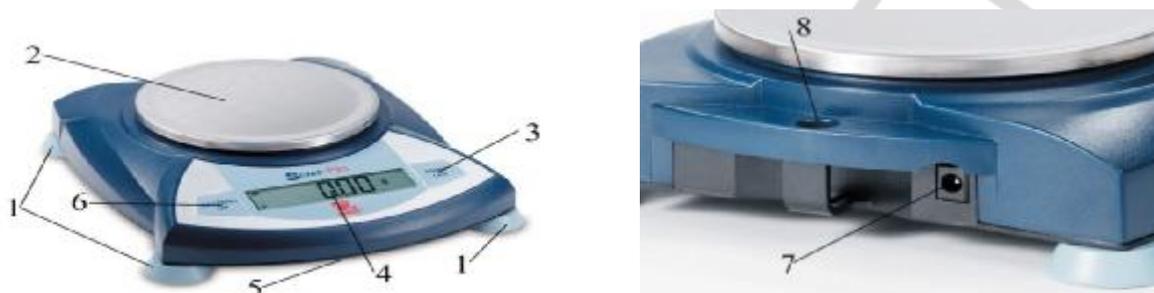


Рис. 6. Портативные электронные лабораторные весы:

1 — опоры (для установки весов в горизонтальной плоскости); 2 — съемная грузоприемная платформа; 3 — клавиша PRINT Unit (выбор единиц измерения, переход между пунктами меню); 4 — дисплей; 5 — переключатель (установлен в нижней части весов, блокирует некоторые функции меню); 6 — клавиша ON/ZERO Off (включение/выключение, установка нуля, вызов меню и сохранение настроек); 7 — разъем питания; 8 — ампула уровня (индикатор горизонтального положения весов)

### I. Подготовка весов к работе.

1. Для правильной работы весов необходимо их выставить в строго горизонтальной плоскости. Для этого выберите ровную поверхность и вращением опор (1) добейтесь, чтобы пузырек в ампуле уровня (8) занял положение строго в центре окружности.

2. Подключите адаптер питания к сети.

3. Кратковременным нажатием на клавишу ON/ZERO Off (6) включите весы.

4. Удостоверьтесь в их исправности. Удерживая клавишу PRINT Unit, добейтесь, чтобы в правом углу дисплея появился символ «g».

5. Для выключения весов нажмите и удерживайте клавишу ON/ZERO Off (6) в течение порядка трех секунд.

6. Переместите переключатель (5) в положение, соответствующее снятию блокировки работы с меню (символ открытого замка). Это необходимо для вызова меню.

7. Нажмите и удерживайте клавишу ON/ZERO Off не менее пяти секунд. На экране появится надпись «MENU», затем «C.A.L.» (калибровка). Чтобы провести установку нуля, необходимо подтвердить данную функцию кратковременным нажатием клавиши ON/ZERO Off (принять). На экране появится символ «0», затем «200». Установите на платформу калибровочную гирю, нажмите ON/ZERO Off, дождитесь, пока на весах не появится надпись «done», снимите гирю.

## II. Взвешивание образцов.

1. Произведите поочередное взвешивание предлагаемых образцов, результаты занесите в таблицу.

№ образца	$m_i$ , г	$\Sigma m_i$ , г	$m_{max}$ , г	$\frac{m_i}{m_{max}} \cdot 100\%$	%
1					
2					
3					

2. Произведите выборку массы тары. Поместите пустую тару на платформу весов, при этом весы покажут массу тары. Кратковременно нажмите ON/ZERO Off, после чего обнулится результат. Для проверки тару можно снять и убедиться, что без нее показание весов отрицательное. Поместите в тару образцы и установите на платформу весов. Результат запишите. Очистите платформу и кратковременным нажатием ON/ZERO Off обнулите результат.

3. Переход в меню возможен только при включении весов. Отключите весы. Удержанием клавиши ON/ZERO Off не менее пяти секунд войдите в меню. На экране опять появится надпись «C.A.L.». Кратковременными нажатиями клавиши PRINT Unit найдите меню «S.E.T.U.P.», нажатием ON/ZERO Off и PRINT Unit найдите подменю «Total» (в разделе «Mode»), установите позицию «ON». Это включение функции суммирования. Чтобы покинуть меню, выберите «End» и подтвердите выбор. При работе в режиме суммирования загорается индикатор «t», при этом единицами измерения должны быть граммы («g»). Кратковременно нажмите PRINT Unit, после чего появится надпись «total». Установите на платформу первый образец, опять нажмите PRINT Unit и снимите образец с платформы. Установите второй образец, снова нажмите PRINT Unit. Повторите эту операцию для всех образцов. После снятия показания последнего образца на экране появится суммарная масса, которая хранится на табло до снятия последнего образца с платформы. Результат запишите. Нажмите и удерживайте около трех секунд ON/ZERO Off, при этом значение суммарной массы удалится из памяти весов. Выключите весы.

4. Сравните результаты пунктов 1, 2, 3. Сделайте вывод.

### III. Процентное взвешивание.

1. Войдите в меню «U.N.I.T.» и в подменю «Present» (процентное взвешивание) установите «ON». Выйдите из меню.

2. Нажмите и удерживайте клавишу PRINT Unit до тех пор, пока на дисплее не появится символ «%». При кратковременном нажатии ON/ZERO Off на дисплее отображается надпись «CL.-EF», при повторном нажатии — «Put.-EF». Установите эталонный образец на платформу (в качестве эталонного выберите образец максимальной массы из таблицы). Нажатие ON/ZERO Off принимает его, пока отображение идет в единицах массы, еще одно нажатие ON/ZERO Off переводит к процентному взвешиванию. Проведите взвешивание остальных образцов. Результаты занесите в таблицу.

### IV. Счет образцов по эталонной группе.

1. Аналогично п. III.1 установите на дисплее «PC» и подтвердите это нажатием ON/ZERO Off. Далее нажатием PRINT Unit выберите количество единиц (образцов одинаковой массы) в эталонной группе (5, 10, ...). Выбранное количество подтвердите нажатием ON/ZERO Off. Затем в произвольном количестве помещайте образцы на весы. Снимите показания, пересчитайте образцы, сделайте выводы.

## САМОКОНТРОЛЬ УСВОЕНИЯ ТЕМЫ

1. Будет ли одинаковой масса одного и того же тела на поверхности Луны и Земли? Что можно сказать про вес при тех же условиях?

2. Плечи рычажных весов равны 5 и 10 см. На меньшее плечо действует сила, равная 2 Н. Тело какой массы следует положить на чашку большего плеча, чтобы весы достигли равновесия?

3. К концам рычага приложены направленные вниз силы 6 Н и 4 Н. Точка опоры к одному концу рычага на 5 см ближе, чем к другому. Какова длина рычага, если он находится в равновесии?

4. Чему равна жесткость пружины в безмене, которая удлиняется на 5 см, если к ней подвесить груз массой 2,5 кг?

5. В лифте установлен динамометр, на котором подвешено тело массой 1 кг. Что покажет динамометр, если:

а) лифт поднимается вверх с ускорением  $5 \text{ м/с}^2$ ;

б) лифт опускается вниз с ускорением  $5 \text{ м/с}^2$ ?

6. Определить вес летчика массой 100 кг, сидящего в кабине самолета, который движется в горизонтальном направлении с ускорением  $10 \text{ м/с}^2$ . Как направлена эта сила?

## ЛИТЕРАТУРА

### *Основная*

1. *Горский, Ф. К.* Физический практикум с элементами электроники : учеб. пособие / Ф. К. Горский, Н. М. Сакевич. Минск : Выш. шк., 1980. С. 20–24.

### *Дополнительная*

2. *Химическая энциклопедия* / С. С. Щедровицкий [и др.]. М. : Наука, 1986. С. 94–101.

3. *Курс общей физики. Механика* : учеб. для вузов / В. А. Яковенко [и др.]. Минск : Выш. шк., 1993. С. 107–112.

РЕПОЗИТОРИЙ БГМУ

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Мотивационная характеристика темы .....	3
Понятия массы и веса .....	4
Классификация весов .....	5
Принципы действия некоторых весов .....	6
Лабораторная работа.....	12
Самоконтроль усвоения темы.....	14
Литература .....	15

Репозиторий БГМУ