

Ярославский государственный педагогический
университет им. К. Д. Ушинского

Лаборатория механики

Лабораторная работа № 4

Точное взвешивание

Ярославль
2026

Оглавление

1. Теоретическое введение	3
2. Общие сведения	3
3. Описание аналитических весов АД-200	3
4. Правила обращения с весами	4
5. Порядок выполнения работы	6
6. Контрольные вопросы	10

Лабораторная работа № 4

Точное взвешивание

Приборы и принадлежности: аналитические весы, разновес, взвешиваемые тела.

1. Теоретическое введение

Всякое взвешивание можно производить с известной степенью точности, причём степень точности взвешивания зависит от весов и от общих методов взвешивания. Прежде, чем приступить к взвешиванию, необходимо, предварительно определить, с какой степенью точности нужно определить вес данного тела.

Аналитические весы применяются в том случае, когда нужно произвести взвешивание с большой степенью точности.

2. Общие сведения

Аналитические весы — это равноплечные, коромысловые (рычажные) весы, допускающие взвешивание с точностью до 0,2–0,3 мг.

Весы применяются в лабораториях научно-исследовательских учреждений и заводских лабораториях при производстве различных количественных анализов.

При взвешивании тел на рычажных весах мы сравниваем силу, с которой масса взвешиваемого тела притягивается к Земле силой притяжения к Земле эталонной массы. Так как эталоном при этом является масса, то фактически взвешивание на рычажных весах сводится к определению массы. Но известно, что в любой точке земной поверхности вес тел пропорционален их массе ($P = mg$). В этом смысле операцию сравнения масс, выполняемую на рычажных весах можно назвать взвешиванием.

3. Описание аналитических весов АД-200

Основной частью весов является коромысло (6), опирающееся через призму (2) на агатовую пластинку, укрепленную на колонке (5) весов.

На концах коромысла закреплены малые опоры призмы (4) на которых подвешена через особые подвески чашки весов (12). Отсчет производится по световой шкале (11), (3) — воздушные успокаивающие демпферы.

Весы снабжены встроенными в них миллиграммовыми гирями — (9) от 10 до 990 мг, навешиваемых на пластинку, скрепленную вместе с правой серьгой весов.

Управление этими гирями производится с помощью вращающихся лимбов (8-9). При вращении малого лимба происходит накладывание или снятие десятков миллиграммов, при вращении большого лимба происходит накладывание или снятие сотен миллиграммов.

Вращение лимбов происходит независимо друг от друга.

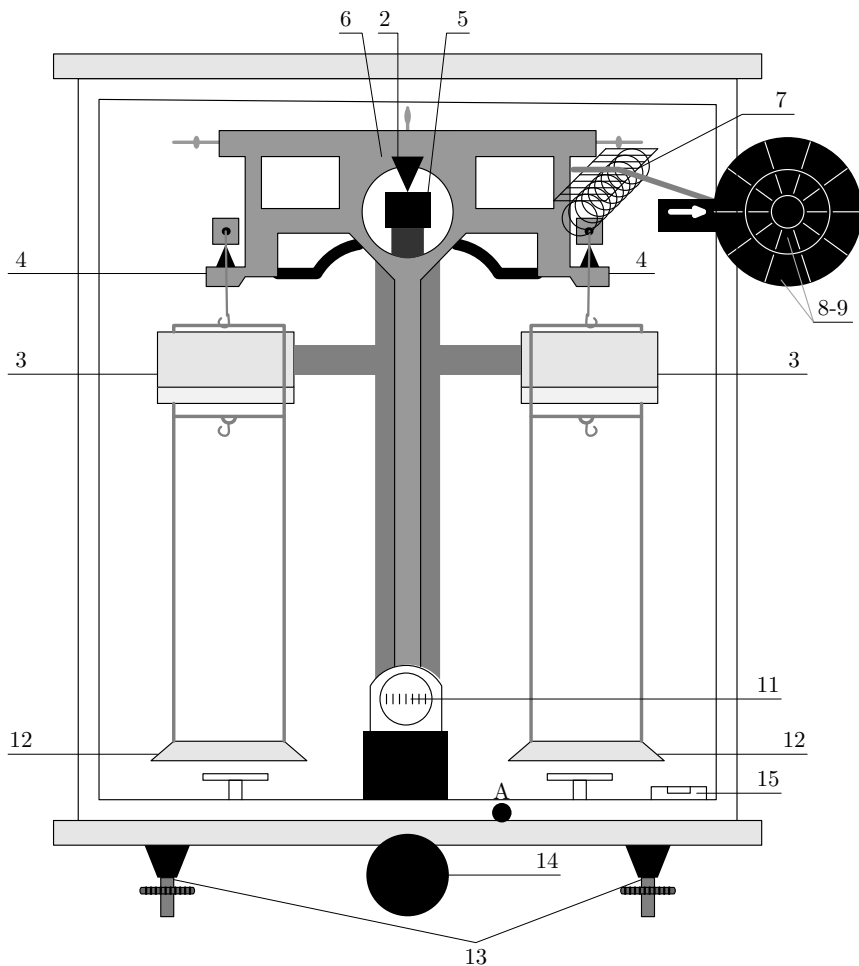
Включение и выключение (арретирование) весов осуществляется поворотом ручки (14). Весы имеют две регулирующие ножки (13), с помощью которых весы устанавливаются горизонтально по уровню (15).

4. Правила обращения с весами

При обращении с весами необходимо соблюдать следующие правила:

1. Пока весы не арретированы, нельзя класть на чашки или снимать с них грузы (не следует даже прикасаться к чашкам), нельзя производить перестановку рейтера на коромысле весов.
2. Грузы на чашки накладывать следует так, чтобы общий центр тяжести грузов приходился, по возможности, по середине чашки.
3. Нельзя брать разновески руками: для этого служит пинцет. Мелкие плоские разновески (подразделения грамма) берут пинцетом за загнутые уголки, (к весам АД-200).
4. Снимая разновески с весов, следует их класть непременно в ящик, каждую на свое место.
5. Не следует освобождать вполне коромысла, пока чашки еще мало уравновешены; его освобождают настолько, чтобы можно было судить которая из чашек легче, замечая, куда отклоняется стрелка: после этого тотчас арретируют коромысло и прибавляют или убавляют разновески.
6. Освобождать и арретировать коромысло всегда следует медленно и плавно.

СХЕМА АНАЛИТИЧЕСКИХ ВЕСОВ



Основные части весов: коромысло (6); агатовая пластина (5), укрепленная на колонке весов; малые опоры призмы (4), на которых через особые подвески подвешены чашки весов (12); воздушные успокаивающие демпферы (3); световая шкала (11); рейтеры — миллиграммовые гирьки (7) от 10 мг до 990 мг; лимбы (8 и 9), с помощью которых производят управление рейтерами; арретир (14); регулирующие ножки (13); уровень (15).

7. Если чашки качаются маятникообразно, то их следует прежде всего успокоить прикосновением листа бумаги к их краю и уже только после этого вполне освободить коромысло.
8. При наблюдении качания весов дверцы их непременно должны быть закрытыми.
9. Не следует надолго оставлять грузы на чашках, в особенности, когда весы не арретированы. При окончании взвешивания весы надо арретировать, нагрузку снять и закрыть дверцы.

5. Порядок выполнения работы

Перед взвешиванием нужно:

- установить нулевую точку весов,
- определить чувствительность и цену деления весов.

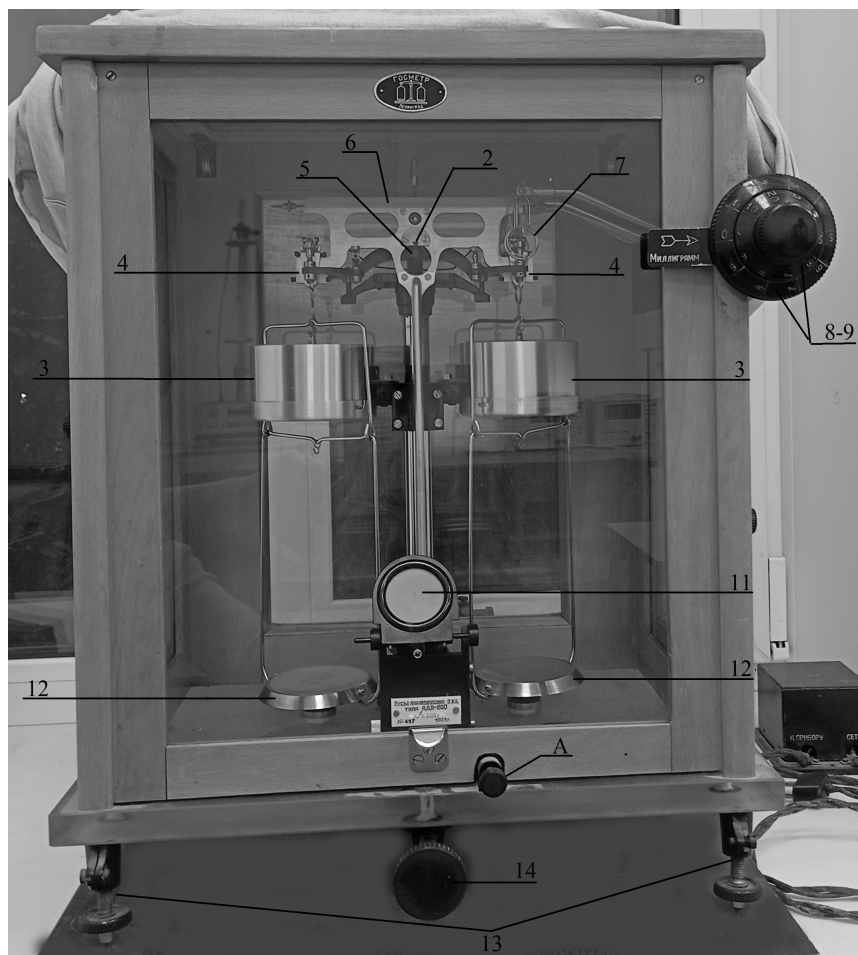
I. Установка нулевой точки весов

Установка нулевого положения (проверка) производится так:

1. Включают освещение шкалы.
2. Проверяют, нет ли нагрузки на чашках (чашки должны быть пустыми, все миллиграммовые гири – рейтеры – должны быть сняты с коромысла, положение лимбов – 0,00).
3. Плавно вращая ручку 14 против часовой стрелки до упора, включают весы.
4. Дождавшись полного прекращения колебаний шкалы, подводят (в случае необходимости) ручкой А указатель под нулевое деление шкалы.

II. Определение чувствительности (цены деления) весов

Чувствительностью весов называется отношение отклонения стрелки шкалы к величине нагрузки: $S = \frac{\ell}{P}$, где ℓ – отклонение шкалы (в дел.), P – величина нагрузки в мг. Обратная чувствительности величина называется **ценой деления шкалы**: $C = \frac{P}{\ell}$. Она равна нагрузке, соответствующей наименьшему делению шкалы.



Чувствительность ненагруженных весов определяют так:

1. После проверки нулевого положения вращения малого лимба на правое плечо коромысла помещается груз в 10 мг ($P = 10$ мг).
2. Включив весы, дожидаются прекращения колебаний шкалы и отсчитывают число делений против указателя на шкале (имеется в виду число наименьших делений).

- Повторяют эти измерения еще несколько раз и вычисляют среднее значение чувствительности ненагруженных весов. (При выключенных весах снять нагрузку, снова поместить, включить весы и, дождавшись прекращения колебаний, сделать отсчет числа деления).

Чувствительность нагруженных весов определяют так:

- При выключенных весах положить на обе чашки гири одинакового веса. Если при этом будет наблюдаться отклонение от нулевого деления вследствие неточного равенства в массе гирь, записать величину отклонения и учесть его при измерениях. Если указатель находится за пределами шкалы, уравновесить гири с помощью лимбов.
- Вращением лимба добавить перегрузок 10 мг и найти дополнительное отклонение шкалы. Вычислить чувствительность.
- Повторить измерения с этими грузами еще несколько раз, каждое измерение начинать с проверки нулевого положения.
- Произвести измерения чувствительности еще с несколькими грузами из перечисленных ниже (по указанию преподавателя).

Результаты измерений занести в таблицу:

№	Чувствительность ненагруженных весов	Чувствительность нагруженных весов						
		Величина нагрузки						
		1 г	2 г	5 г	10 г	20 г	50 г	100 г
1								
2								
3								
4								
5								
Сумма								
Среднее								

По средним значениям построить график зависимости чувствительности весов от нагрузки.

III. Точное взвешивание

A. Взвешивание монет одинакового достоинства

1. Положить на левую чашку весов при выключенных весах одну из монет, а на правую — соответствующую гирю.
2. Включив весы, определить отклонение шкалы. В случае необходимости с помощью лимба уравновесить монету. Отклонение в пределах шкалы должно быть в стороне положительных делений.
3. Суммируя вес гирь, показания лимбов и отсчет по шкале, вычислить вес монеты. **Цену деления** шкалы желателно брать используя значение **чувствительности при данной нагрузке**. Взвесить еще 4-6 монет такого же достоинства.

ГИРИ БРАТЬ ТОЛЬКО ПИНЦЕТОМ!

4. Арретировать (выключить) весы, снять всю нагрузку. Выключить освещение шкалы.

Результаты взвешивания 5-7 монет одинакового достоинства занести в таблицу и обработать их. Записать истинное значение веса монеты данного достоинства с надежностью 0,95.

	m_i	Δm_i	Δm_i^2
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
Сумма			
Среднее			

Б. Точное взвешивание различных тел

1. Проверить нулевое положение весов.
2. При выключенных весах положить груз на левую чашку. Накладывая на правую чашку разновес и постепенно переходя от больших гирь к меньшим, уравновесить груз с точностью до 1 г.

ПОКА ВЕСЫ НЕ УРАВНОВЕШЕНЫ, ВКЛЮЧАТЬ ИХ НА КОРОТКОЕ ВРЕМЯ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ НАПРАВЛЕНИЯ ОТКЛОНЕНИЯ ШКАЛЫ!

3. После уравновешивания гирями отклонение по шкале должно быть в стороне отрицательных делений (с недогрузкой). После этого вращением лимбов (сначала большого, потом малого) нужно добиться отклонения шкалы в сторону положительных значений и сделать отсчет веса.
4. Выключить весы и снять нагрузку.
5. Взвешивать другие тела по указанию преподавателя, добиваясь затраты меньшего времени.
6. По окончании работы выключить весы и освещение шкалы.

ОТЧЕТ по работе должен содержать таблицу измерения чувствительности, график, вывод о зависимости чувствительности от нагрузки, результаты взвешивания монет различных тел.

6. Контрольные вопросы

1. Что такое нулевая точка весов?
2. Что называется чувствительностью и ценой деления весов? Как они определяются на опыте? Чему равны у изученных весов?
3. Какие основные правила нужно соблюдать при точном взвешивании на аналитических весах АД-200?
4. Взвесить тело неизвестной заранее массы и продемонстрировать полученные навыки.

Литература:

1. Физический практикум под редакцией В.И.Ивароновой.
2. Практикумы по общей физике других авторов.