

## АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЯ ПЛОТНОСТИ ВЕЩЕСТВА (МЕТОДИЧЕСКАЯ РАЗРАБОТКА ЗАНЯТИЯ В РАМКАХ УРОЧНОЙ И ВНЕУРОЧНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ)

*Дьячкова Ирина Владимировна,  
учитель физики  
МБОУ Школы № 10 «Успех» г. о. Самара*

Данное занятие проводится после изучения темы «Простые механизмы». Его ценность заключается в возможности наиболее глубокого осмысления обучающимися физического понятия плотности вещества, правила моментов, закона Архимеда и применения изученного теоретического материала для решения практических задач.

На занятии создается ситуация проблемного диалога, способствующие наиболее качественно восприятию учебного материала и возможности дальнейшего самостоятельного применения этого материала на практике. Учащиеся будут задействованы в различных видах деятельности: решении качественных задач, сравнении полученных практических результатов с теоретическими значениями, анализе полученных результатов и формировании соответствующих выводов. Все этапы урока способствуют достижению предметных и метапредметных результатов.

### **Целевая группа / время реализации:**

- обучающиеся 7–8-х классов, занимающиеся в физико-математическом кружке, продолжительность 80 минут;
- обучающиеся 7-х классов в рамках урочной деятельности (для классов с углубленным изучением физики), продолжительность 80 минут;
- обучающиеся 7-х общеобразовательных классов для дифференциации процесса обучения.

**Тип урока** – урок повторения и обобщения.

**Цель урока** – создать проблемную ситуацию, приводящую к пониманию необходимости поиска альтернативного способа решения поставленной задачи.

### **Задачи урока:**

- закрепить знания учащихся по темам: «Плотность», «Простые механизмы», «Закон Архимеда»;
- познакомить с альтернативными способами определения плотности вещества;
- развивать познавательные умения и навыки, умение работать в группе, паре;
- содействовать в понимании практической значимости тем «Плотность вещества», «Правило моментов», «Закон Архимеда»;
- развивать способности обучающихся к самостоятельному исследованию;
- продолжить формирование умений решать расчетные физические задачи, анализировать информацию, формулировать выводы;
- воспитывать самостоятельность учащихся, повысить мотивацию к обучению.

### **Планируемые результаты обучения**

**Личностные:** формирование самостоятельности в процессе обобщения изученного материала и при проведении практических работ, развитие интеллектуальных способностей учащихся.

### **Метапредметные:**

*коммуникативные:*

- интегрирование в группу сверстников и построение продуктивного взаимодействия и сотрудничества со сверстниками и взрослыми;
- умение выражать свои мысли;
- умение слушать, задавать вопросы, формулировать собственное мнение;

*познавательные:*

- выделять и формулировать познавательную цель;
- анализировать информацию, представленную в виде таблиц, графиков;

*регулятивные:*

- формировать целеполагание как постановку учебной задачи;
- планировать свои действия в соответствии с поставленной задачей и условиями ее реализации.

*Предметные:*

- обобщить основные понятия тем «Масса. Плотность», «Простые механизмы», «Сила Архимеда»;
- научиться рассчитывать плотность вещества с использованием нетипового оборудования.

### **Практическая работа № 1. Определение плотности проволоки (уровень 1).**

**Оборудование:** кусок жесткой одножильной проволоки в изоляции длиной около 50 см, весы с разновесами (или электронные весы), мензурка, линейка, нить, бутылка вместимостью 1,5 л с водой плотностью  $1 \text{ г/см}^3$ , штатив с лапкой.

**Форма работы на занятии:** фронтальная, индивидуальная, работа в парах.

**Цель:** определить плотность проволоки в изоляции.

**Задача:** имея в распоряжении кусок жесткой одножильной проволоки в изоляции длиной около 50 см, весы с разновесами, мензурку, линейку, нить, бутылку вместимостью 2 л с водой плотностью  $1 \text{ г/см}^3$ , штатив, определить плотность проволоки в изоляции.

**Ход работы.**

Обучающиеся предлагают стандартный способ определения плотности с использованием мензурки и весов. Для этого измеряют объем воды в измерительном цилиндре до и после погружения в него проволоки. Массу находят с помощью весов. Рассчитывают плотность как отношение массы к полученному значению объема проволоки.

### **Практическая работа № 2. Определение плотности проволоки (уровень 2).**

**Важно:** мензурка и весы исключаются из набора оборудования, и предлагается найти плотность проволоки при помощи оставшегося оборудования.

**Оборудование:** кусок жесткой одножильной проволоки в изоляции длиной около 50 см, линейка деревянная, нитки, бутылка вместимостью 1,5 л с водой плотностью  $1 \text{ г/см}^3$ , штатив с лапкой.

**Задача:** определить среднюю плотность жесткой проволоки в изоляции и без неё (плотность металла) методом гидростатического взвешивания.

В данном эксперименте измерения проводятся методом гидростатического взвешивания (данный прием может использоваться для подготовки к экспериментальным турам олимпиад по физике).

**Теоретическая справка для учащихся.**

*Гидростатическое взвешивание* – метод определения плотности, использующий закон Архимеда. Определение плотности методом гидростатического взвешивания осуществляют по результатам двух измерений массы исследуемого предмета. Сначала в воздушной среде, затем в жидкости, с известной собственной плотностью. Плотность воды известна с большой точностью для различных температур.

**Математическая модель опыта.**

Определим положение центра масс линейки. Он может не находиться в центре линейки. Почему? (Задайте вопрос детям.) Для этого подвесим линейку с помощью нити и штатива. Добьемся, перемещая нить, ее горизонтального положения.

Измерение массы прямым измерением в данном опыте невозможно, следовательно, из условия равновесия рычага можно вывести соотношение плотностей жидкости и тела, минуя измерение массы. Для этого необходимо произвести два измерения для составления системы двух уравнений.

При взвешивании в воздухе моток провода уравнивается свободным концом линейки (рис. 1). При погружении в воду равновесие достигается при новом положении точки подвеса, так как вес провода уменьшается за счет силы Архимеда.

Центр масс линейки сместиться не может, и направление, и величина силы тяжести на линейку постоянна и приложена к центру тяжести линейки (рис. 2).

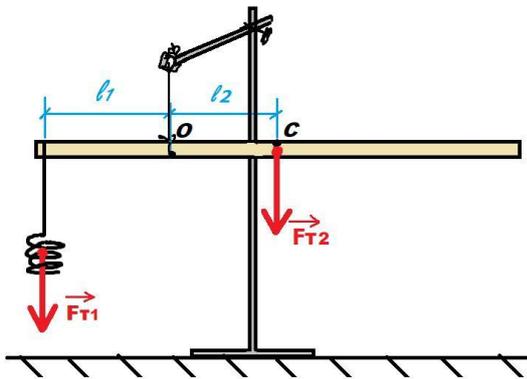


Рис. 1. Равновесие линейки в воздухе

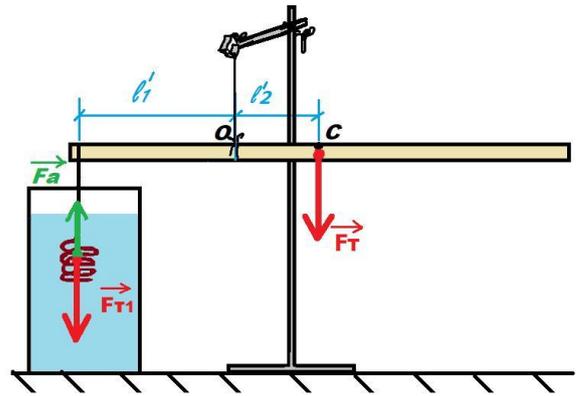


Рис. 2. Равновесие линейки при погружении проволоки в воду

**Вывод формулы для вычисления плотности материала.**

Условие равновесия линейки с проволокой до погружения в воду (рис. 1):

$$\frac{F_1}{F_2} = \frac{l_2}{l_1} \frac{m_{\text{пр}}g}{m_{\text{л}}g} = \frac{l_2}{l_1} \frac{\rho_{\text{пр}}V}{m_{\text{л}}} = \frac{l_2}{l_1} \rho_{\text{пр}}Vl_1 = m_{\text{л}}l_2 \tag{1}$$

Условие равновесия линейки с проволокой после погружения в воду (рис. 2):

$$\frac{F'_1}{F'_2} = \frac{l_2}{l_1} \frac{(\rho_{\text{пр}} - \rho_{\text{ж}})Vg}{m_{\text{л}}g} = \frac{l_2}{l_1} (\rho_{\text{пр}} - \rho_{\text{ж}})Vl_1 = m_{\text{л}}l_2 \tag{2}$$

Разделим (1) на (2), сократив V и m<sub>линейки</sub>

$$\frac{\rho_{\text{пр}}l_1}{(\rho_{\text{пр}} - \rho_{\text{ж}})l'_1} = \frac{l_1}{l'_1}$$

получим расчетную формулу для определения плотности проволоки:

$$\rho_{\text{пр}} = \rho_{\text{ж}} \frac{l_1 l'_1}{l'_1 l_1 - l_1 l'_1}$$

или

$$\rho_{\text{пр}} = \rho_{\text{ж}} \frac{\frac{l_1}{l_1}}{\frac{l'_1}{l_1} - \frac{l_1}{l'_1}} \tag{3}$$

**Ход работы:**

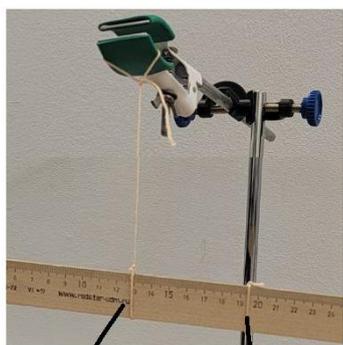
1. Определите центр тяжести линейки для создания из неё рычага. Для этого необходимо найти её середину, привязать тонкую нить и передвигая подвес вдоль линейки, добиться её горизонтального положения. Отметку центра тяжести зафиксировать.

2. Приготовить моток проволоки. Отрезать (откусить кусачками) кусок провода длиной 15–20 см, свернуть его в клубок так, чтобы он свободно проходил в отверстие сосуда с водой. Привязать его тонкой нитью в качестве подвеса.

3. Заполнить сосуд водой так, чтобы при погружении проволоки она не вылилась через край, достаточно заполнить  $2/3$  объёма.

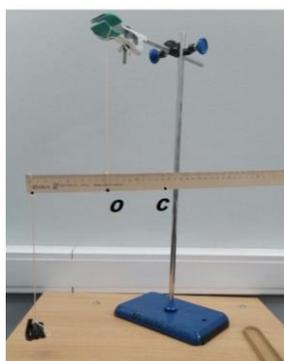
4. Собрать штатив.

На штативе закрепить с помощью держателя лапку.

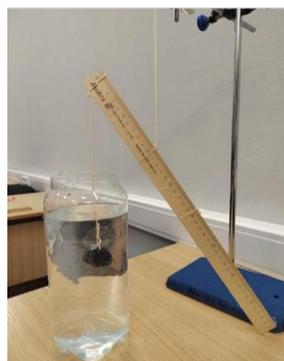


подвес линейки для определения положения равновесия (ось вращения) нить, обозначающая место положения центра тяжести линейки

*Рис. 3.* Подвес линейки и центр тяжести



*Рис. 4.* Равновесие мотка проволоки в воздухе



*Рис. 5.* Нарушение равновесия при помещении мотка проволоки в воду



*Рис. 6.* Нахождение нового положения равновесия мотка проволоки в воде

5. Привязать нить длиной 10–12 см к лапке штатива (рис. 3), другой конец завязать вокруг линейки так, чтобы эту петлю можно было передвигать по линейке, но одновременно она не должна скользить свободно. Левый конец линейки соответствует началу отсчёта (там расположить 0).

6. На левый край линейки подвесить проволоку за нить. Проследить за тем, чтобы нить подвеса проходила через отметку 0. Перемещая нить подвеса, добиться горизонтального расположения линейки (рис. 4).

7. Измерить длины плеч от подвеса проволоки до подвеса линейки  $l_1$  и от центра тяжести линейки до подвеса  $l_2$ .

8. Опустить проволоку в воду, при этом равновесие нарушится (рис. 5) и проволока поднимется вверх. Передвигая нить подвеса линейки, добиться горизонтального положения (рис. 6). Измерить новые значения плеч  $l_1$  и  $l_2$ .

9. Вынуть провод из воды, отвязать, зачистить от изоляции и выполнить пункты 2–7 для провода без изоляции.

10. Записать результат.

**Результаты измерений:**

Полученные учениками результаты измерений (возможные значения):

№	Длина плеча $l_1$ , см	Длина плеча $l_2$ , см	Длина плеча $l_1'$ , см	Длина плеча $l_2'$ , см
	$10,5 \pm 0,1$	$9,0 \pm 0,1$	$13,0 \pm 0,1$	$6,5 \pm 0,1$

По результатам прямых измерений расчетное значение плотности материала провода составляет:

$$\rho_{\text{ср}} = 2400,0 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

Полученные учениками результаты измерений (возможные значения):

№	Длина плеча $l_1$ , см	Длина плеча $l_2$ , см	Длина плеча $l_1'$ , см	Длина плеча $l_2'$ , см
	$11,0 \pm 0,1$	$8,0 \pm 0,1$	$12,0 \pm 0,1$	$7,7 \pm 0,1$

По результатам прямых измерений расчетное значение плотности материала провода составляет:

$$\rho_{\text{ср}} = 8500,0 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

### Практическая работа № 3. Определение плотности проволоки (уровень 3).

**Важно:** на этом этапе из набора оборудования дополнительно исключается нить и штатив.

**Оборудование:** линейка, бутылка с водой, провод в изоляции.



Рис. 7. Равновесие куска провода на краю стакана

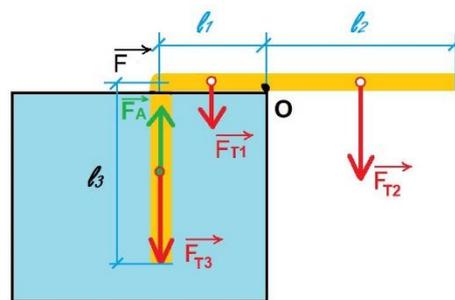


Рис. 8. Схема опыта с точкой опоры на краю стакана

#### Математическая модель.

Поскольку в данном наборе отсутствует рычаг, то провод будет играть роль рычага сам для себя. Для этого его необходимо изогнуть в форме буквы Г вблизи середины, но не обязательно в точке центра тяжести. Опустить один конец в бутылку с воды и найти равновесие рычага (рис. 7).

Точкой опоры является срез пластиковой бутылки или высокого цилиндрического стакана. Бутылка до самого верха заполняется водой, так, чтобы опущенный в воду конец проволоки был погружен до самого сгиба (для упрощения расчетов). Если равновесия добиться не получится, нужно перевернуть рычаг.

Равновесие достигается благодаря выполнению правила моментов для рычага: сила тяжести, действующая на свободный конец провода, и сила Архимеда создают моменты, вращающие рычаг по часовой стрелке, а две силы тяжести, действующие на левый конец, – против.

#### Схема опыта.

На рис. 8 используются следующие обозначения:

O – точка опоры о край сосуда, она же точка вращения,

$l_1$  – длина части провода от точки опоры до сгиба,

$l_2$  – длина свободного конца провода,

$l_3$  – длина погруженной в воду части провода (от сгиба).

**Вывод формулы для вычисления плотности материала  $\rho_{cp}$ .**

$$M_2 + M_A = M_1 + M_3$$

$$m_2 g \frac{l_2}{2} + \rho_{ж} V_3 g l_1 = m_1 g \frac{l_1}{2} + m_3 g l_1$$

Сократим на  $g$  и домножим на 2:

$$m_2 l_2 + 2\rho_{ж} V_3 l_1 = m_1 l_1 + 2m_3 l_1$$

Учитывая, что масса каждого участка провода равны  $m_i = \rho_{cp} l_i S$  и объем погруженного участка равен  $V_3 = l_3 S$ , получаем:

$$\rho_{cp} S l_2 l_2 + 2\rho_{ж} S l_3 l_1 = \rho_{cp} S l_1 l_1 + 2\rho_{cp} S l_3 l_1, \text{ сократим на } S$$

$$\rho_{cp} l_2 l_2 + 2\rho_{ж} l_3 l_1 = \rho_{cp} l_1 l_1 + 2\rho_{cp} l_3 l_1,$$

Откуда следует итоговая формула для расчёта плотности провода в оплётке (средней):

$$\rho_{cp} = \frac{2\rho_{ж} l_3 l_1}{l_1^2 + 2l_1 l_3 - l_2^2}$$

**Ход работы:**

1. Заполнить бутылку (высокий стакан) водой до самого верха.
2. Опустить один край провода в воду и уравновесить его на краю банки, передвигая так, чтобы свободная часть заняла максимально горизонтальное положение.
3. Измерить длину провода в воде  $l_3$ , длину свободного конца  $l_2$  и длину отрезка между точкой опоры и изгибом  $l_1$ .
4. Для увеличения точности (устранения влияния неровного края бутылки в качестве опоры) следует найти положение равновесия на различных участках горлышка.

**Результаты.**

Полученные учениками результаты измерений (возможные значения):

№	Длина плеча $l_1$ , см	Длина плеча $l_2$ , см	Длина плеча $l_3$ , см
	$6,2 \pm 0,1$	$14,5 \pm 0,1$	$19,0 \pm 0,1$

По результатам прямых измерений расчетное значение плотности материала провода составляет:

$$\rho_{cp} = 3400.00 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

**Рефлексия:** обсуждение с учащимися того, чему научились, что понравилось, где полученные методы можно применить, какой из методов точнее.

Предложенное занятие не только обучает, но и стимулирует учащихся к дальнейшему поиску решения практических задач.