Ареометр своими руками: плотность и солёность воды

Лабораторная работа «Конструирование ареометра»: ученики делают ареометр из трубочки, градуируют его в растворах соли известной плотности и определяют плотность «пробы». Урок связывает условие плавания тел с измерением плотности жидкостей и солёности морской воды.

Физика · 7 класс | 45 минут | план урока

План урока

Связь с программой

Предмет, класс	Тема программы
Физика, 7	««Действие жидкости и газа на погружённое в них тело. Выталкивающая (архимедова) сила. Закон Архимеда. Плавание тел…»; лабораторная работа «Конструирование ареометра или конструирование лодки и определение её грузоподъёмности»»
Физика, 7	«Предметные результаты: характеризовать принципы действия технических устройств «(в том числе: … манометр, высотомер, поршневой насос, ареометр)»»

ПРЕДМЕТНЫЕ
Объяснять условие плавания тела и принцип действия ареометра; изготавливать и градуировать ареометр; определять плотность жидкости по глубине погружения; связывать плотность раствора с содержанием соли.

МЕТАПРЕДМЕТНЫЕ
Планировать эксперимент, работать со справочной таблицей, проверять закономерность расчётом, оценивать погрешность измерения.

ЛИЧНОСТНЫЕ
Аккуратность и честность в измерениях; интерес к тому, как исследуют свойства природных вод.

Оборудование: На группу: пластиковая трубочка для коктейля (или узкая лёгкая пробирка), пластилин, несколько канцелярских скрепок для груза, перманентный маркер, линейка, высокий узкий стакан или мерный цилиндр, бумажные полотенца. Растворы поваренной соли с массовой долей 4 %, 10 % и 20 % (готовит учитель, стаканы подписаны) и «проба» без подписи — раствор с массовой долей соли около 5 %. На доске — таблица плотностей растворов NaCl.

Ход урока

0–4 Мотивация
«Как, не взвешивая и не измеряя объём, за секунду узнать плотность молока, раствора или морской воды?» Показать заводской ареометр (если есть) или его фото. Ответ — прибор, который всегда плавает.

4–12 Теория
Условие плавания: $F_A = mg$, плавающее тело вытесняет жидкость, масса которой равна массе тела. Для трубки постоянного сечения S: $\rho S h = m$, откуда $h = m : (\rho S)$ — чем плотнее жидкость, тем меньше глубина погружения. Груз внизу — для устойчивости.

12–30 Лабораторная работа
Опыт 1: изготовление ареометра, отметки в воде и в растворах соли 4 %, 10 %, 20 % (плотности — по таблице), измерение глубины погружения, определение плотности «пробы».

30–38 **Обработка**
Задание 1: проверка закона ρh = const, расчёт плотности «пробы» по формуле $\rho = \rho_в h_в : h$, оценка массовой доли соли по таблице, оценка погрешности.

38–43 **Обсуждение**
Задание 2 (устно): солёность морей и плотность воды; почему судно с тем же грузом в море сидит мельче, чем в реке. Можно показать игру «Грузовой кораблик» про грузовую марку.

43–45 **Итог, домашнее задание**
Вывод: ареометр — это плавающее тело с градуированной шкалой; плотность раствора соли растёт с содержанием соли. Домашнее задание.

Вопросы классу и ожидаемые ответы

При каком условии тело плавает?
Ответ: Когда выталкивающая сила равна силе тяжести. Для этого средняя плотность тела должна быть не больше плотности жидкости: тело погружается ровно настолько, чтобы масса вытесненной жидкости равнялась его массе.

Почему в солёной воде ареометр погружается меньше, чем в пресной?
Ответ: Масса ареометра та же, а плотность раствора больше: ту же массу жидкости он вытесняет меньшим объёмом, то есть меньшей глубиной погружения.

Почему у ареометра большие значения плотности на шкале внизу, а маленькие — вверху?
Ответ: Чем плотнее жидкость, тем меньше погружение и тем ниже по трубке оказывается поверхность жидкости — значит, отметки больших плотностей ближе к грузу.

Зачем груз помещают в нижний конец трубки?
Ответ: Чтобы ареометр плавал вертикально и не опрокидывался: центр тяжести должен быть как можно ниже.

По таблице плотность раствора NaCl 10 % — 1,071 г/см³, 20 % — 1,148 г/см³. Как плотность зависит от содержания соли?
Ответ: Растёт почти пропорционально: каждый процент соли увеличивает плотность примерно на 0,007–0,008 г/см³. Поэтому по плотности можно оценить, сколько соли в воде.

Почему корабль, выйдя из реки в море, немного всплывает?
Ответ: Плотность морской воды больше (1030 кг/м³ против 1000 кг/м³), а вес судна прежний — для равновесия достаточно вытеснить меньший объём воды. Поэтому допустимая осадка судна в пресной и морской воде разная.

Почему самодельный ареометр не отличит пресную воду от очень слабо солёной?
Ответ: Разница плотностей мала (у раствора 1 % — 1,005 г/см³), а глубину погружения мы измеряем с точностью около 1 мм. Нужен более длинный и тонкий ареометр или заводской прибор.

Домашнее задание: Сделать дома ареометр из карандаша с кусочком пластилина на конце. Измерить глубину его погружения в стакане воды и в стакане раствора соли (столовая ложка соли на стакан воды) и рассчитать плотность раствора по формуле урока. Ответить письменно: где на шкале вашего ареометра оказалась бы отметка для подсолнечного масла и почему.

Опыты

Ничего не пробовать на вкус, посуду — на поднос, после работы вымыть руки. Особые меры — в каждом опыте.

7 класс 20 минут

Опыт 1. Конструирование и градуировка ареометра

Нужно: трубочка для коктейля, пластилин, скрепки, маркер, линейка, высокий узкий стакан, вода, растворы NaCl 4 %, 10 %, 20 % и «проба», бумажные полотенца

1. Закрыть один конец трубочки пластилином и вложить внутрь две-три скрепки как груз. Опустить трубочку в стакан с водой: она должна плавать вертикально и погружаться больше чем наполовину; при необходимости добавить или убрать скрепку.
2. Отметить маркером уровень воды на трубочке — это деление «1,000 г/см³». Вынуть трубочку и измерить линейкой глубину погружения $h_в$ — от нижнего конца до отметки.
3. Вытереть трубочку и по очереди опустить в растворы соли 4 %, 10 % и 20 %; отметить уровни, подписать плотности из таблицы (1,027; 1,071; 1,148 г/см³) и измерить глубины погружения.
4. Опустить ареометр в «пробу», отметить уровень и найти плотность двумя способами: по шкале и по формуле $\rho = \rho_в \cdot h_в : h$.

Что увидим и почему: Чем больше соли в растворе, тем больше его плотность и тем меньше погружается ареометр: отметки для растворов лежат ниже отметки для воды. Для трубочки постоянного сечения произведение ρh остаётся постоянным, поэтому плотность «пробы» можно рассчитать по одной отметке для воды. Самодельный прибор уверенно различает растворы, плотности которых отличаются на несколько сотых г/см³.

⚠ Техника безопасности

- Растворы соли не пробовать на вкус; при попадании в глаза промыть водой и сообщить учителю.
- Стакан ставить на поднос, пролитую воду сразу вытереть: мокрый пол скользкий.
- Скрепки и пластилин не брать в рот; после работы вымыть руки, растворы сливает учитель.

Задания с данными

Ключи раскрываются по кнопке — задания удобно показывать на доске.

Задание 1 учебные данные

Задание 1. Обработка измерений самодельного ареометра

Учебные результаты одной группы; плотности растворов NaCl — настоящие, из справочной таблицы. Трубочка постоянного сечения.

Глубина погружения ареометра

Жидкость	Глубина погружения h, мм	Плотность по таблице, г/см³
Вода	120	1,000
Раствор NaCl 4 %	117	1,027
Раствор NaCl 10 %	112	1,071
Раствор NaCl 20 %	105	1,148
«Проба» без этикетки	116	?

1. Проверьте закономерность ρh = const: вычислите произведение ρh для четырёх известных жидкостей.
2. Найдите плотность «пробы» по формуле $\rho = \rho_в \cdot h_в : h$.
3. Оцените по таблице плотностей растворов NaCl массовую долю соли в «пробе». Плотность какой жидкости из таблицы учебника близка к плотности «пробы»?
4. Глубину измеряли с точностью 1 мм. Какую ошибку в плотности это даёт? Можно ли этим ареометром отличить пресную воду от раствора с 1 % соли (1,005 г/см³)?

Ключ

1. 120; 120,2; 120,0; 120,5 — практически постоянно, расхождения в пределах точности измерения.
2. ρ = 1,000 × 120 : 116 ≈ 1,034 г/см³ (≈ 1034 кг/м³).
3. Между 4 % (1,027) и 6 % (1,041) — около 5 % соли. Близка к плотности морской воды по таблице учебника (1030 кг/м³).
4. Δρ ≈ ρ · Δh : h = 1 × 1 : 120 ≈ 0,008 г/см³. Разница между пресной водой и 1 %-м раствором — около 0,005 г/см³, меньше ошибки: этот ареометр её не почувствует. Нужна более длинная и тонкая трубка или заводской прибор.

Задание 2

Задание 2. Солёность и плотность морской воды

Солёность — масса солей в граммах на 1 кг морской воды, обозначается ‰ (промилле): 1 ‰ = 0,1 %. Морская соль — смесь солей, но для оценки будем считать, что по плотности морская вода близка к раствору NaCl той же концентрации. Данные о солёности — Большая российская энциклопедия.

Солёность поверхностных вод

Где	Солёность, ‰
Балтийское море	7–8
Мировой океан, в среднем	34,7
Красное море, север (Суэцкий залив)	до 42

1. Переведите солёность каждой воды в проценты.
2. Оцените по таблице плотностей растворов NaCl, какая вода плотнее всех и какая — наименее плотная.
3. Судно с одним и тем же грузом проходит через Балтийское море, открытый океан и север Красного моря. Где его осадка наибольшая, где — наименьшая?
4. Почему у Красного моря солёность выше средней, а у Балтийского — гораздо ниже?

Ключ

1. Балтийское — 0,7–0,8 %; океан — около 3,5 %; север Красного моря — до 4,2 %.
2. Наименее плотная — вода Балтийского моря (меньше, чем у 1 %-го раствора, 1,005 г/см³); океан — около 1,02 г/см³ (между 2 % и 4 %); плотнее всех — север Красного моря (около 1,03 г/см³, как раствор 4 %).
3. Наибольшая осадка — в Балтийском море (вода наименее плотная), наименьшая — на севере Красного моря.
4. Красное море лежит в жарком сухом климате: испарение велико, рек почти нет, поэтому соли накапливаются. В Балтийское море впадает много рек, испарение невелико, а с океаном его соединяют узкие и мелкие проливы, — вода сильно опреснена.

7 класс | 15 минут | лист + ключ

Рабочий лист «Ареометр и плотность жидкости»

ρ воды = 1000 кг/м³ = 1,000 г/см³. Плотности растворов NaCl — по справочной таблице; данные о глубине погружения — учебные.

▼ **Источники фактов и чисел (9)**

- ФРП «Физика» 7 класс: «Выталкивающая (архимедова) сила. Закон Архимеда. Плавание тел»; лабораторная работа «Конструирование ареометра или конструирование лодки и определение её грузоподъёмности»; ареометр — в перечне технических устройств предметных результатов — edsoo.ru
- плотность водных растворов NaCl: 1 % — 1,005; 2 % — 1,012; 4 % — 1,027; 6 % — 1,041; 8 % — 1,056; 10 % — 1,071; 12 % — 1,086; 14 % — 1,101; 20 % — 1,148; 26 % — 1,197 г/см³ — ru.wikipedia.org
- плотность воды — 1000 кг/м³ = 1,000 г/см³; условие плавания: выталкивающая сила равна силе тяжести — учебная константа
- плотность морской воды — 1030 кг/м³; керосина — 800 кг/м³ — учебная константа: таблица плотностей жидкостей в учебнике физики 7 класса
- солёность вод Мирового океана — от 33,0 до 37,0 ‰, в среднем 34,72 ‰ — old.bigenc.ru
- солёность поверхностной водной массы Балтийского моря — обычно 7–8 ‰ — bigenc.ru

- Красное море: небольшой приток пресных вод и интенсивное испарение; на севере (Суэцкий залив) солёность достигает 42 ‰ — наибольшей величины в морях Мирового океана — bigenc.ru
- 1 ‰ = 0,1 %: 7–8 ‰ = 0,7–0,8 %; 34,7 ‰ ≈ 3,5 %; 42 ‰ = 4,2 % — учебная константа (перевод единиц)
- расчёт: каждый процент соли увеличивает плотность раствора примерно на 0,007–0,008 г/см³; разница плотностей воды и 1 %-го раствора — около 0,005 г/см³; оценка для задания 2: вода океана (≈ 3,5 %) — около 1,02 г/см³, север Красного моря (≈ 4,2 %) — около 1,03 г/см³ — расчёт (интерполяция) по таблице плотностей растворов NaCl (ru.wikipedia.org)