

# Гидростатика.

## Задачи региональных этапов.

старший преподаватель кафедры физики СУНЦ  
НГУ и НГУ Юлдашева М.Р.

## «Тур маслом не испортишь»

9 класс, региональный этап 2009 – 2010

Предложите способ, благодаря которому с помощью предложенного оборудования можно определить плотность растительного масла. Соберите экспериментальную установку. Выполните необходимые измерения. Для получения большей точности повторите эксперимент не менее 5 раз. Результаты занесите в таблицу. Приведите полученное значение  $\rho$ .

Примечание: Плотность воды  $\rho_0 = 1000 \text{ кг/м}^3$ .

**Оборудование:** Прозрачный цилиндрический сосуд, ёмкость с водой, прозрачная пластиковая трубочка, пластиковая линейка, скотч, ёмкость с растительным маслом, шприц, бумажные салфетки для поддержания в чистоте рабочего места.

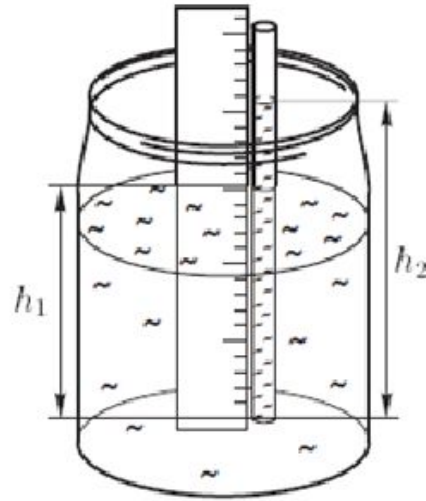
## Тур маслом не испортишь

- Условие равновесия

$$P_0 + \rho_0 g h_1 = P_0 + \rho g h_2$$

- Получена формула:

$$\rho = \rho_0 h_1 / h_2$$



			Макс.балл	баллы
	Рисунок установки с описанием		2	
	Теория (формулы для давления масла и воды у нижнего края трубочки)		2	
	Получена формула для плотности масла $\rho = \rho_0 h_1 / h_2$		1	
	Серия измерений:	$\geq 7$	3	
		$\geq 5$	2	
		$\geq 3$	1	
	График $h_1$ от $h_2$		2	
	Получено $\rho$ из графика		1	
	Получено среднее значение $\rho$		1	
	Оценена погрешность		1	
	Результат (0.85 – 0,93 г/см <sup>3</sup> )		1	
	Вывод (результат с учетом погрешности...)		1	
	<b>Сумма</b>		<b>15</b>	

*Примерные критерии оценивания*

Приведён рисунок установки с её описанием .....	2
Записаны формулы для давления масла и воды у нижнего края трубочки..	3
Получена формула для плотности масла.....	2
Проведена серия из 5 измерений .....	4
Если серия состоит из 4 измерений .....	3
Если серия состоит из 3 измерений .....	2
Если серия состоит из 2 измерений .....	1
Если серия состоит из 1 измерения .....	0
Приведены средние значения плотностей .....	2
Результат попал в границы от 0,85 г/см <sup>3</sup> до 0,93 г/см <sup>3</sup> .....	2
Если полученное значение $\rho$ не попало в указанные границы.....	0

# «Плотность подсолнечного масла»

10, 11 класс, регион 2010 – 11

В данном эксперименте Вам предстоит измерить плотность  $\rho_m$  подсолнечного масла. Для этого отметьте на пробирке уровень  $A$ , выше которого площадь поперечного сечения пробирки остаётся постоянной. Примем точку  $A$  за начало отсчёта.

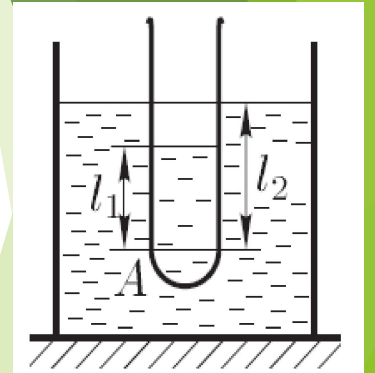
Налейте в пробирку немного воды и поместите её в сосуд с водой (рис.). Воды в пробирке должно быть столько, чтобы она плавала вертикально.

Пусть уровень жидкости внутри пробирки, отсчитываемый от точки  $A$  вверх, равен  $l_1$ , а уровень воды в сосуде, отсчитываемый от той же точки  $A$  —  $l_2$ .

1. Постепенно наливая в пробирку воду, снимите зависимость  $l_2$  от  $l_1$ .
2. Постройте на миллиметровой бумаге график данной зависимости.
3. Вылейте из пробирки воду и проведите аналогичные действия для подсолнечного масла.
4. Выведите аналитически зависимость  $l_2$  от  $l_1$  для произвольной жидкости плотностью  $\rho$  в пробирке.
5. Используя экспериментальные данные, вычислите плотность  $\rho_m$  подсолнечного масла.
6. Оцените погрешность полученного вами результата.

Примечание. Плотность воды  $\rho_0 = 1000 \text{ кг/м}^3$ . Плотность подсолнечного масла  $\rho_m$  находится в пределах 850-980  $\text{кг/м}^3$ .

Оборудование. Пробирка с наклеенной на внешнюю поверхность миллиметровой бумагой, ёмкость для жидкости, вода, подсолнечное масло, миллиметровая бумага для построения графиков.



## Решение:

Рассмотрим пробирку с налитой в неё жидкостью плотности  $\rho$ , плавающую в сосуде с водой. Пусть внутренняя и внешняя площади поперечного сечения равны соответственно  $S_1$  и  $S_2$ . Обозначим за  $V_1$  и  $V_2$  внутренний и внешний объёмы части пробирки, расположенной ниже точки  $A$ , выбранной в качестве начала отсчёта. Запишем условие равновесия пробирки:

$$Mg + \rho(S_1 l_1 + V_1)g = \rho_0(V_2 + S_2 l_2)g,$$

где  $M$  — масса пустой пробирки.

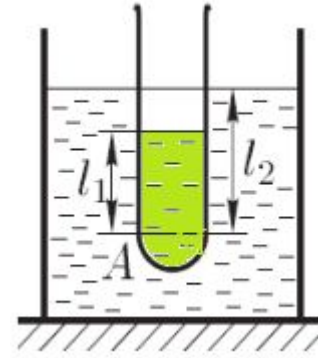
Отсюда получим:

$$l_2 = \frac{\rho S_1}{\rho_0 S_2} \cdot l_1 + \frac{M + \rho V_1 - \rho_0 V_2}{\rho_0 S_2} = a \cdot l_1 + b, \quad (5)$$

где  $a$  и  $b$  — некоторые константы, не зависящие от  $l_1$  и  $l_2$ .

Нальём в пробирку воду и снимем зависимость  $l_2$  от  $l_1$ . Построим на миллиметровой бумаге соответствующий график. Как видно из формулы (5), эта зависимость линейна. По угловому коэффициенту определяем отношение  $S_1/S_2$ :

$$a_0 = \frac{\rho_0 S_1}{\rho_0 S_2} = \frac{S_1}{S_2}.$$



Повторим эксперимент, заполняя пробирку подсолнечным маслом. Построим график полученной зависимости. По угловому коэффициенту графику вычислим плотность  $\rho_M$  масла:

$$a_M = \frac{\rho_M S_1}{\rho_0 S_2} = a_0 \cdot \frac{\rho_M}{\rho_0}.$$

Окончательно получаем:

$$\rho_M = \frac{a_M}{a_0} \cdot \rho_0.$$

Оценим погрешность найденного значения:

$$\Delta \rho_M = \rho_M \cdot \left( \frac{\Delta a_M}{a_M} + \frac{\Delta a_0}{a_0} \right).$$

Погрешности  $\Delta a_1$  и  $\Delta a_2$  оценим из графиков.

## «Плотность подсолнечного масла»

### *Критерии оценивания*

Выведена формула (1), связывающая величины $l_2$ и $l_1$ .....	2
Заполнена таблица экспериментальных данных для воды:	
не меньше пяти измерений .....	2
сделано от двух до пяти измерений .....	1
Построен график зависимости $l_2$ от $l_1$ для воды .....	2
Вычислен коэффициент $a_0$ .....	1
Заполнена таблица экспериментальных данных для масла:	
не меньше пяти измерений .....	2
сделано от двух до пяти измерений .....	1
Построен график зависимости $l_2$ от $l_1$ для масла .....	2
Вычислен коэффициент $a_M$ .....	1
Определена плотность масла	
в пределах 10% от истинного значения .....	2
в пределах 20% от истинного значения .....	1
Разумная оценка погрешности измерения плотности подсолнечного масла ..	1

## «По стопам Архимеда»

*9, 10 класс, регион 2011-2012*

Найдите плотности материалов, из которых сделаны чайная ложка и пластмассовая трубка. Опишите методы измерения масс и объемов исследуемых тел. Приведите необходимые расчетные формулы. Плотность воды  $\rho = 1,00 \text{ г/см}^3$ .

**Оборудование:** ёмкость с водой, линейка, полиэтиленовая трубка, ложка чайная, нитка капроновая.



## Решение:

- ▶ Находим центр масс линейки (он не обязательно будет в середине шкалы линейки).
- ▶ Линейка кладется на край стола так, чтобы один её конец выступал на несколько см. К концу линейки ниткой крепим ложку и находим положение равновесия (когда линейка вот-вот опрокинется).

$$m_{\text{лож}} = \frac{Ml_1}{x_1} = 1.0M$$

- ▶ Затем находим положение равновесия линейки с ложкой, погруженной в воду (метод гидростатического взвешивания).

$$m_{\text{лож.в}} = \frac{Ml_2}{x_2} = 0.63M$$

- ▶ Опыт повторяем с трубкой. Поскольку трубка не тонет, для её полного погружения в воду к ней необходимо прикрепить ложку.
- ▶ Знание нового положения равновесия на грани опрокидывания позволяет узнать среднюю плотность трубки и ложки, а отсюда вычислить плотность трубки.

## «По стопам Архимеда»

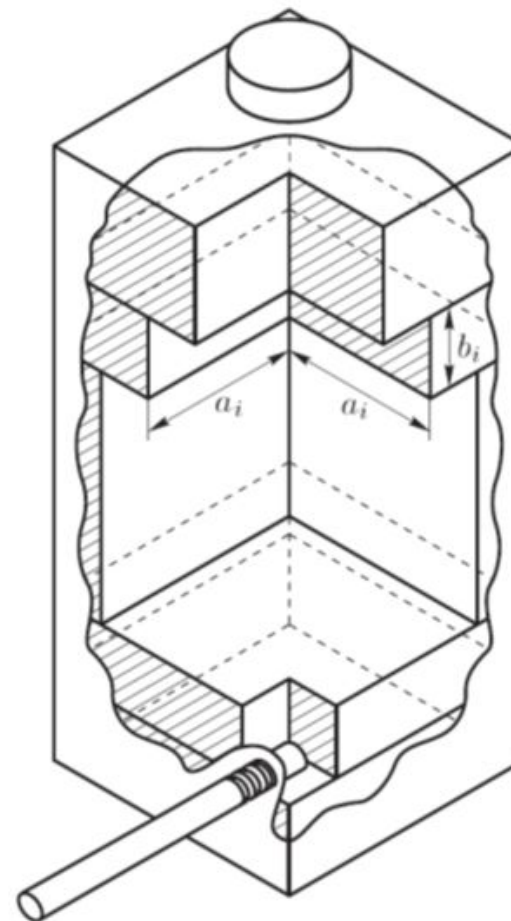
Критерии оценивания:	Макс.	
Описание способа нахождения плотности методом гидростатического взвешивания (теория)	3 балла	
Нахождение плотности ложки (методом гидростатического взвешивания)	3 балла	
Нахождение средней плотности трубки с ложкой методом гидростатического взвешивания (идея + эксперимент)	1+3 балла	
Определение плотности материала трубки	3 балла	
Наличие (указание) погрешностей измерений	2 балла	
	Сумма: 15	

# «Черный ящик»

*регион 2009-10, 9, 10 классы*

Известно, что внутри «чёрного ящика» находятся несколько вставок с вертикальными вырезами квадратного сечения (рис. Найдите длину стороны выреза  $a_i$  и высоту  $b_i$  каждой вставки начиная с уровня, на котором в коробку вставлена трубочка. Прodelайте ваши измерения повторно. Оцените погрешности измерений.

**Оборудование.** «Чёрный ящик» (коробка из-под сока со вставленной трубочкой от коктейля), шприц на 20 мл, миллиметровая бумага, скотч, вода.



# **Определение внутреннего диаметра иглы**

*заключительный этап 2007, 10 класс*

Определите диаметр канала иглы шприца.

**Оборудование:** Шприц, игла от шприца, секундомер, нить, груз, вода, салфетка.

## Определение внутреннего диаметра иглы

	Критерии оценивания:	Макс.	
	Метод определения диаметра через скорость струи и время вытекания	2	
	Метод определения скорости струи через высоту подъема	2	
	Измерение высоты подъема струи с помощью нити	2	
	Определение длины нити по периоду колебаний	2	
	Определение скорости струи	2	
	Определение объема и времени его вытекания	2	
	Получение верного численного значения диаметра	3	
	Сумма:	15	

**СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!**