

А.А. Луцевич, кандидат педагогических наук, доцент
кафедры методики преподавания физики БГПУ;

Ч.М. Федорков, кандидат педагогических наук,
доцент кафедры общей и теоретической физики БГПУ

Определение плотности вещества гидростатическим методом

Курс физики как в школе, так и в вузе занимает особое место, поскольку является основой современного научно-технического прогресса. Сам процесс изучения физики оказывает большое влияние на развитие личности обучаемого: повышает его активность, стимулирует познавательную деятельность, развивает творческое мышление, формирует самостоятельность, волю и трудолюбие.

При этом известно, что физика как фундамент всего естествознания является, в первую очередь, наукой экспериментальной. И по мере развития физической науки ее экспериментальные методы не только совершенствуются, но и увеличиваются количественно, что создает условия и возможности более эффективно проводить сравнение полученных результатов измерения и делать по ним более достоверные выводы. Поэтому современный прогресс физической науки обусловлен именно практической стороной физических исследований [1].

В связи с этим ознакомление учащихся и студентов с методами научного познания стало общепризнанной задачей школы и вуза. Программные требования к физическим знаниям указывают на необходимость формирования у учащихся экспериментальных умений и навыков. При этом следует учитывать тот факт, что не все экспериментальные методы физики могут стать объектом изучения в школе или в вузе. Однако процесс по формированию умений экспериментальной деятельности может осуществляться не только в процессе изучения программного материала, но и

в результате дополнительной или самостоятельной работы. А при наличии эффективных критериев отбора учебного материала один метод (эксперимент) может быть заменен другим более интересным и познавательным.

Понятие плотности вещества является одним из простейших понятий физики. И в плане теоретического и практического ознакомления с ним учащиеся встречаются уже в 6 классе, когда методом взвешивания и измерения объема тела определяется плотность твердого тела [2]. Дальнейшее экспериментальное изучение плотности вещества продолжается в студенческой лаборатории [3]. При этом следует помнить, что учебный эксперимент по своей материальной оснащенности и точности во многом уступает научному исследованию.

В дополнение ко всем имеющимся в настоящее время методам определения плотности вещества (твердого, жидкого, газообразного) мы предлагаем метод, который позволяет определять плотность вещества твердых тел, не тонущих в жидкости, и газов. В основе этого метода лежит гидростатическое погружение тела в жидкость с известной плотностью. При этом с помощью динамометра определяется сила натяжения нити, которая удерживает тело в жидкости (рис.1).

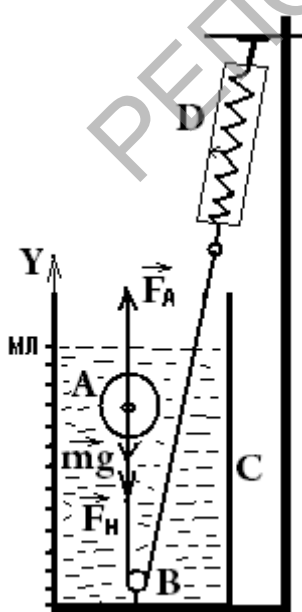


Рис. 1

Условие равновесия тела определяется равенство:

$$\vec{F}_A + \vec{F}_n + m\vec{g} = 0.$$

В проекции на ось Y:

$$F_A - F_n - mg = 0.$$

С учетом, что сила Архимеда $F_A = \rho_0 g V$, получаем

$$\rho_0 g V - F_n - mg = 0,$$

где ρ_0 – плотность жидкости, m и V – масса и объем исследуемого тела. С последнего равенства имеем

$$m = \frac{\rho_0 g V - F_n}{g}. \quad (1)$$

Плотность вещества, из которого изготовлено исследуемое тело, определяется равенством:

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{\rho_0 g V - F_n}{g V} = \rho_0 - \frac{F_n}{g V}. \quad (2)$$

Таким образом, для определения плотности вещества твердого тела, плавающего в жидкости, требуется измерить его объем V и силу натяжения нити F_n .

При проведении эксперимента по определению плотности газа рекомендуется использовать воздушный шарик (или его подобие) с наименьшей массой оболочки. В этом случае в равенстве (1) $m = m_g + m_o$, где m_g – масса газа в воздушном шарике, m_o – масса оболочки шарика. Следовательно масса газа внутри оболочки шарика будет равна $m_g = \frac{\rho_0 g V - F_n}{g} - m_o$, а его плотность

$$\rho_g = \frac{\rho_0 g V - F_n - m_o g}{g V}. \quad (3)$$

При этом объемом оболочки V_o можно пренебречь, т.к. объем газа $V_g \gg V_o$.

С целью определения степени точности предложенного метода измерения плотности вещества был проведен проверочный эксперимент. В мерный сосуд C (рис.1), в котором находилась вода, помещался деревянный брусок A . С помощью нити, соединенной с динамометром D , и закрепленного на дне сосуда блока B брусок удерживался в воде в состоянии покоя. Разность уровней воды в мерном сосуде при погружении в него исследуемого тела определяла объем V бруска, а показание динамометра – силу натяжения F_n нити. Точность шкалы мерного сосуда составляла 1мл, динамометр Бокушинского позволял определять силу натяжения нити с точностью до 0,1Н. При расчетах плотность воды принималась равной $\rho_0 = 1000 \text{ кг/м}^3$, ускорение свободного падения $g = 9,8 \text{ м/с}^2$. Полученные результаты проверочного эксперимента представлены в виде таблицы 1.

Таблица 1 – Результаты проверочного эксперимента по определению плотности вещества гидростатическим методом.

№ п/п	Сорт древесины	V,мл	F _н ,Н	ρ ,кг/м ³	ρ_T ,кг/м ³	δ ,%
1.	Сосна	168	0,8	514	520	~1
2.	Береза	280	0,4	854	880	~3
3.	Дуб	400	1,0	745	760	~2

При определении плотности газа (воздуха) был использован воздушный шарик массой $m_0=3,40$ г, наполненный воздухом до объема $V=698$ мл. При этом показание динамометра составляло $F_n=6,8$ Н. Расчеты по формуле (3) показали, что плотность воздуха $\rho_r=1,035$ кг/м³. В тоже время согласно табличных данных [4] плотность воздуха при 20⁰С и нормальном атмосферном давлении $\rho_r=1,205$ кг/м³. Сравнение значения плотности, полученного экспериментально, с табличным показывает, что относительная погрешность измерения составляет $\delta \approx 14\%$. В случае учебных экспериментов такой разброс результатов допускается. В случае же определения плотности твердых тел относительная погрешность составляла в среднем $\delta \approx 2\%$ (табл.1).

Таким образом, предложенный метод определения плотности вещества может быть использован в качестве лабораторной работы или как дополнительное творческое задание проблемного характера.

И в заключение. Если в воздушный шарик (или его аналог) поместить жидкость, плотность которой меньше плотности воды (бензин, керосин, масло касторовое, масло подсолнечное, скипидар, сливки и т.д.), то при определенной аккуратности проведения эксперимента можно измерить их плотности предложенным методом.

Литература

1.Вольштейн С.Л. и др. Методы физической науки в школе: Пособие для учителя / С.Л.Вольштейн, С.В.Позойский, В.В.Усанов; Под ред. С.Л.Вольштейна.- Мн.:Нар.асвета,1988.-144с.

2.Исаченкова Л.А. Рабочая тетрадь по физике для 6 класса: Теория. Упражнения. Домашние задания: пособие для учащихся общеобразоват. учреждений с рус. яз. обучения /Л.А.Исаченкова, И.Э. Слесарь. – Минск: Аверсэв, 2008.-111с.

3.Общая физика. Практикум: учеб. пособие / В.А.Бондарь и др; под общ. ред. В.А.Яковенко.- Минск: Выш. шк.,2008.-572с.

4.Енохович А.С. Справочник по физике и технике: учеб. пособие для учащихся.- 3-е изд., перераб. и доп.-М.:Просвещение,1989.-224с.

РЕПОЗИТОРИЙ БГПУ