



# **МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**

**к лабораторной работе № 2**

**на тему «Определение плотностей  
несмешивающихся жидкостей в сообщающихся  
сосудах»**

**по курсу «Механика жидкости и газа»**

## СОДЕРЖАНИЕ

1. Краткая теоретическая часть.
  2. Цель работы.
  3. Порядок выполнения виртуальной лабораторной работы.
  4. Пример выполнения работы.
  5. Результаты работы.
    - 5.1. Экспериментальная часть.
    - 5.2. Расчетная часть.
- Титульный лист.
- Библиографический список.

# 1. КРАТКАЯ ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

## Определение плотности жидкости в сообщающихся сосудах

Опыт 2. Определение плотности одной из двух несмешивающихся жидкостей в сообщающихся сосудах.

Представим себе U - образную трубку жидкостного дифманометра, как два сообщающихся вертикальных цилиндрических сосуда. Если в трубку налита однородная жидкость, которая находится в равновесии под действием сил поверхностного давления и тяжести, то в точках, находящихся в сосудах на одном и том же расстоянии от свободной поверхности, давление, согласно основному уравнению гидростатики, будет одинаково.

Плоскость, проходящая через точки с одинаковым единичным гидростатическим давлением, называется поверхностью уровня или поверхностью равного давления. Для рассматриваемого случая поверхностью равного давления будет любая горизонтальная плоскость, проведённая через объём жидкости в обоих сосудах.

Пусть в сообщающиеся сосуды налита однородная жидкость плотностью  $\rho$  (рис. 2.1, а). Если давление на свободные поверхности в обоих сосудах одинаково, то эти поверхности будут лежать на одной горизонтали. Если же эти давления не одинаковы, то уровень свободной поверхности в сосуде с большим давлением опустится, а в другом сосуде повысится. По прекращению движения жидкости из одного сосуда в другой наступит её равновесие, т.е. сила давления на свободную поверхность жидкости в сосуде А будет уравновешена силой тяжести столба жидкости в сосуде Б (рис. 2.1, б).

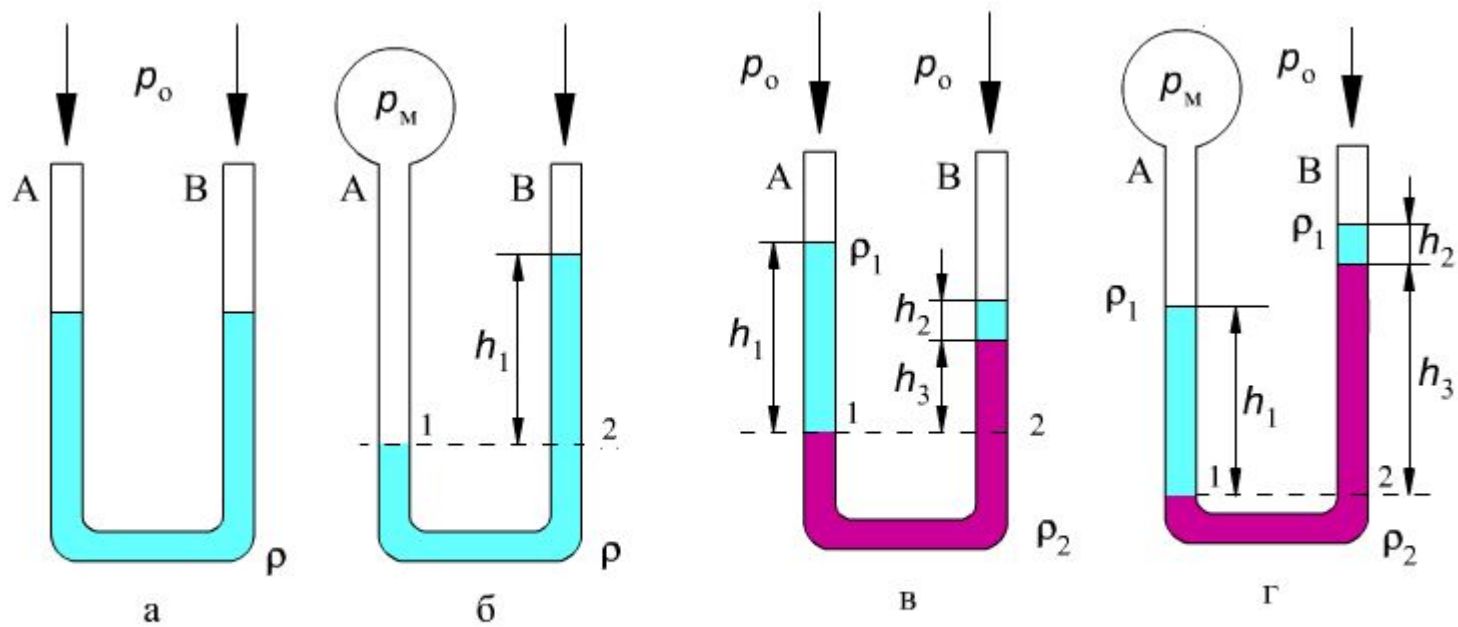


Рис. 2.1. Примеры взаимного расположения жидкостей в сообщающихся сосудах.

Абсолютное давление  $p_1$  будет равно сумме манометрического давления  $\rho gh$  и атмосферного  $p_0$ , а давление  $p_2$  будет определяться суммой гидростатического  $\rho gh$  и атмосферного  $p_0$ . Учитывая, что жидкость находится в покое,  $p_0 + p_m = \rho gh + p_0$  или  $p_m = \rho gh$ . Разность давлений на свободные поверхности сообщающихся сосудов будет определяться величиной  $\rho gh$ , а разность уровней свободных поверхностей будет определять разность действующих на них давлений, выраженную высотой столба жидкости:

$$h = \frac{p_1 - p_2}{\rho g} = \frac{p_m}{\rho g}.$$

Так как давление на одном и том же уровне одинаково, то давления в точках 1 и 2 будут также равны, т.е.:  $p_1 = p_2$ .

Рассмотрим теперь сообщающиеся сосуды, в которые налиты две несмешивающиеся жидкости (рис. 2.1, в). Давление на свободную поверхность жидкостей в каждом из сосудов будем считать одинаковым и равным:  $p_0$ .

Лёгкая жидкость плотностью  $\rho_2$ , при этом чётко обозначатся границы раздела этих жидкостей.

Проведём горизонтальную плоскость через поверхность раздела двух жидкостей в левом сосуде и пересечём этой плоскостью правый сосуд. Возьмём на этой плоскости две точки 1 и 2 (рис.2.1, в) и определим в них абсолютное давление:

$$p_1 = p_0 + \rho_1 g h_1;$$

$$p_2 = p_0 + \rho_1 g h_2 + \rho_2 g h_3.$$

Так как жидкость неподвижна, то  $p_1 = p_2$  и:

$$p_0 + \rho_1 g h_1 = p_0 + \rho_1 g h_2 + \rho_2 g h_3;$$

или:

$$\rho_1 g h_1 = \rho_1 g h_2 + \rho_2 g h_3.$$

Если плотность  $\rho_1$  известна, то, измерив уровни жидкости  $h_1$ ,  $h_2$  и  $h_3$ , можно определить плотность  $\rho_2$ .

Если же давление на свободную поверхность жидкости сосудов А и Б неодинаково (рис.2.1, г), то абсолютное давление в т. 1 и т. 2 будет таким:

$$p_1 = p_0 + p_m + \rho_1 g h_1;$$

$$p_2 = p_0 + \rho_1 g h_2 + \rho_2 g h_3.$$

Откуда:

$$p_m = \rho_1 g h_1 - (\rho_1 g h_2 + \rho_2 g h_3).$$

## 2. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

1. Определить плотности двух несмешивающихся жидкостей №1 и №2, считая, что вторая жидкость в сообщающемся сосуде - вода.

### 3. ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ ВИРТУАЛЬНОЙ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ № 1

Для заливки жидкостей №1 и №2 в сообщающиеся сосуды А и В нажимайте соответствующие кнопки "пуск" и "стоп", при этом кнопки "стоп" дублируются клавишами "a" и "s" кейборда. Замеры высот столбиков жидкостей в сосудах проводятся при помощи горизонтальной линии плоскости АВ и вертикальной измерительной линейки. И плоскость, и линейка перемещаются по экрану с помощью левой кнопки мыши, кроме того, линейка перемещается клавишами со стрелками, расположенными на кейборде.

Обратите внимание на установленную размерность делений вертикальной измерительной линейки -  $\times 10$  см. Это означает, что общая длина её составляет  $6 \times 10 = 60$  сантиметров.

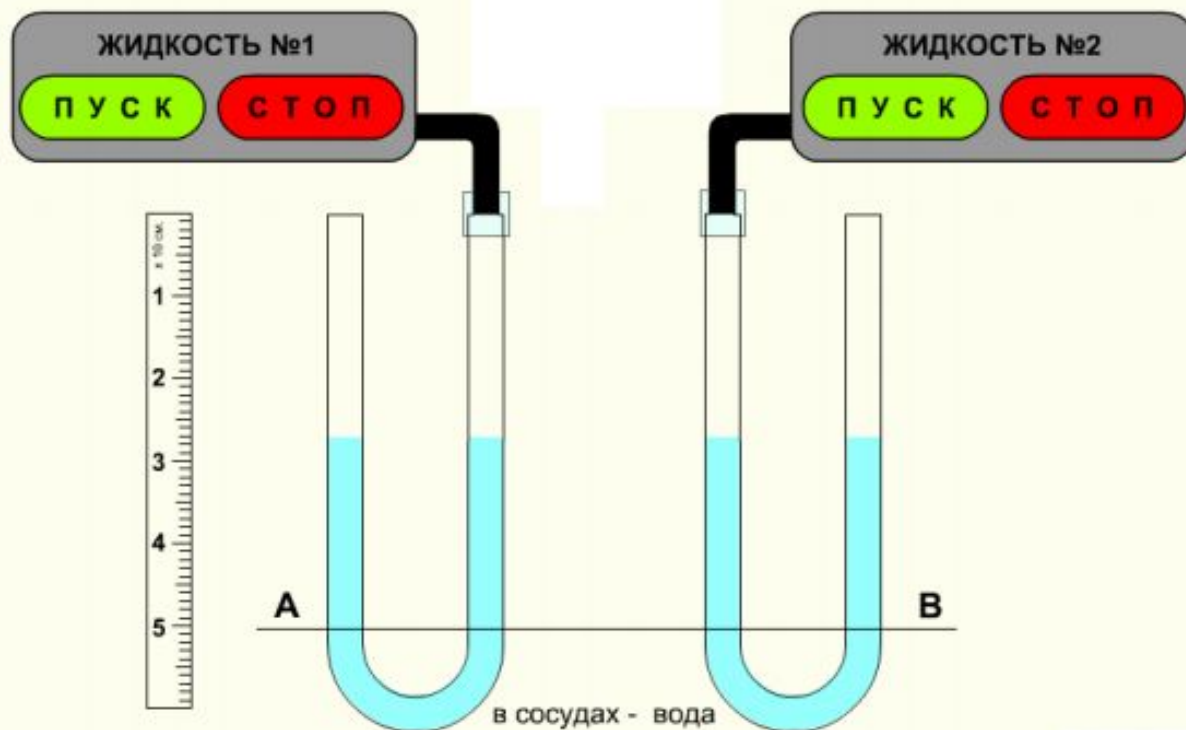
В процессе работы, для повышения точности отсчёта показаний линейки Вы свободно можете увеличивать масштаб экрана и перемещать его содержимое при помощи левой кнопки мыши, для этого на любом месте экрана правой кнопкой мыши вызовите соответствующее меню и выберите пункт "Zoom in". Вернуться в обычный режим можно снова вызвав то же меню и выбрав пункт "Show All".

Для обеспечения достоверности результатов каждый опыт следует повторить не менее трёх раз и вывести среднее значение плотности жидкостей №1 и №2.

Приводить работу в исходное состояние необходимо при помощи специальной кнопки "сброс".

## 4. Пример выполнения работы

Исходное состояние виртуальной лабораторной работы

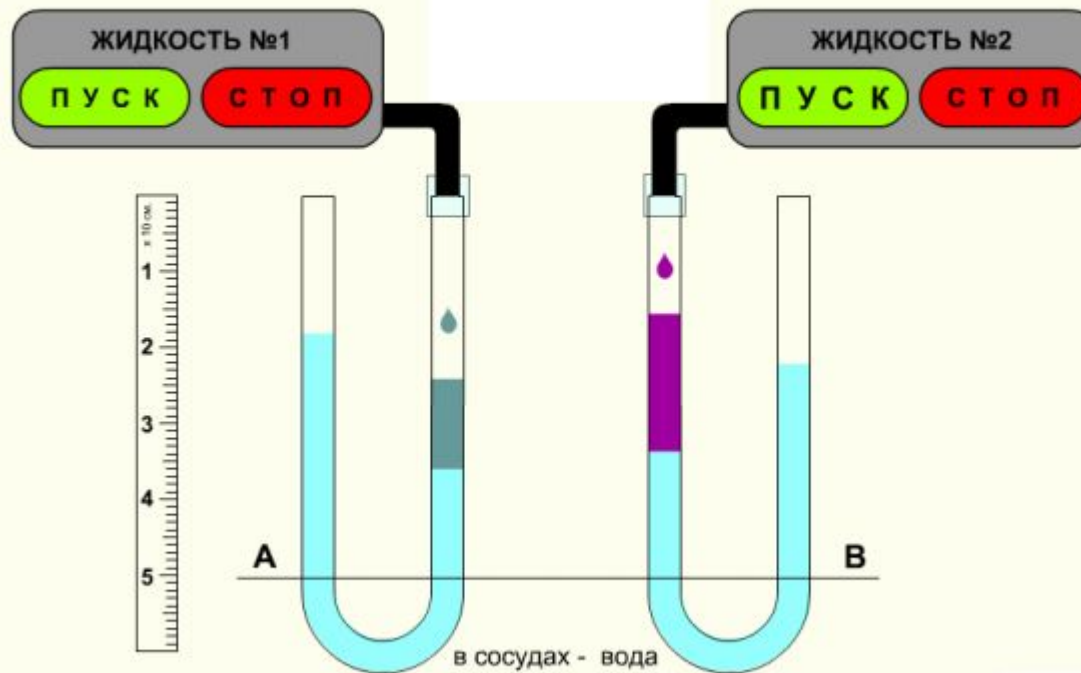


Лаб. №2. Определение плотности несмешивающихся жидкостей.

Рис.2.2.



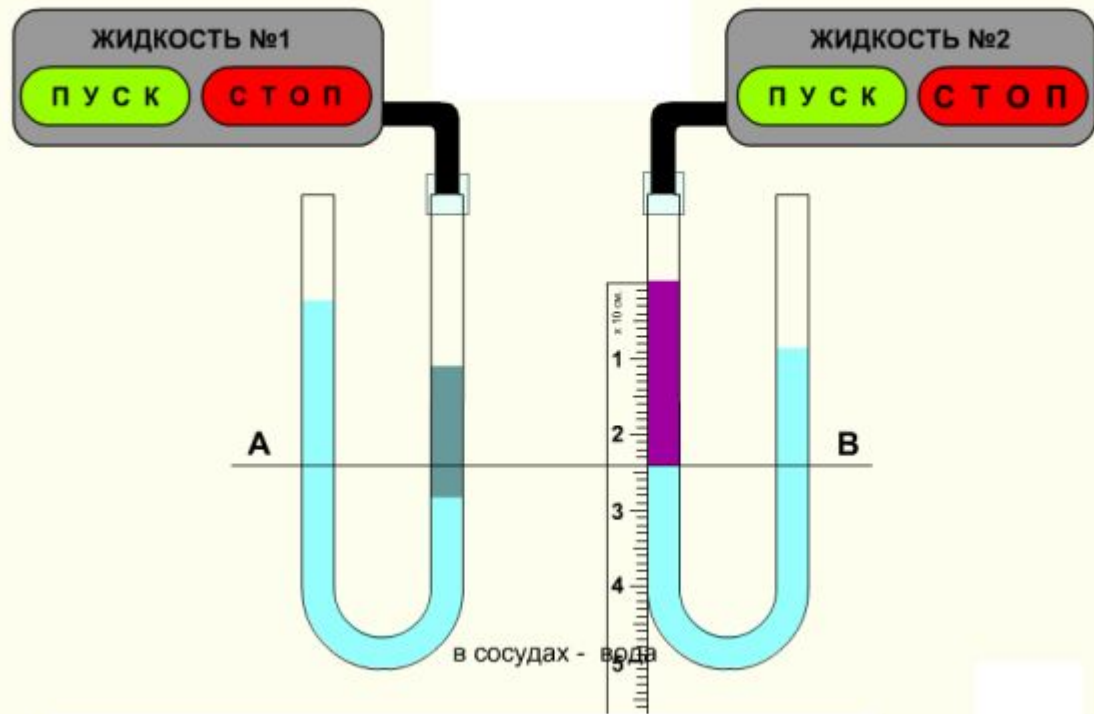
Режим добавления жидкостей №1 и №2 при нажатых кнопках  
«пуск»



Лаб. №2. Определение плотности несмешивающихся жидкостей.

Рис.2.3.

## Измерение высоты столба жидкости №2



Лаб. №2. Определение плотности несмешивающихся жидкостей.

Рис.2.4.

## 5. РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ

Ниже приведены результаты выполнения работы в 10 вариантах. Необходимо выбрать свой вариант. Выполнить расчеты и отправить отчет по лабораторной работе в «Гиперметод».

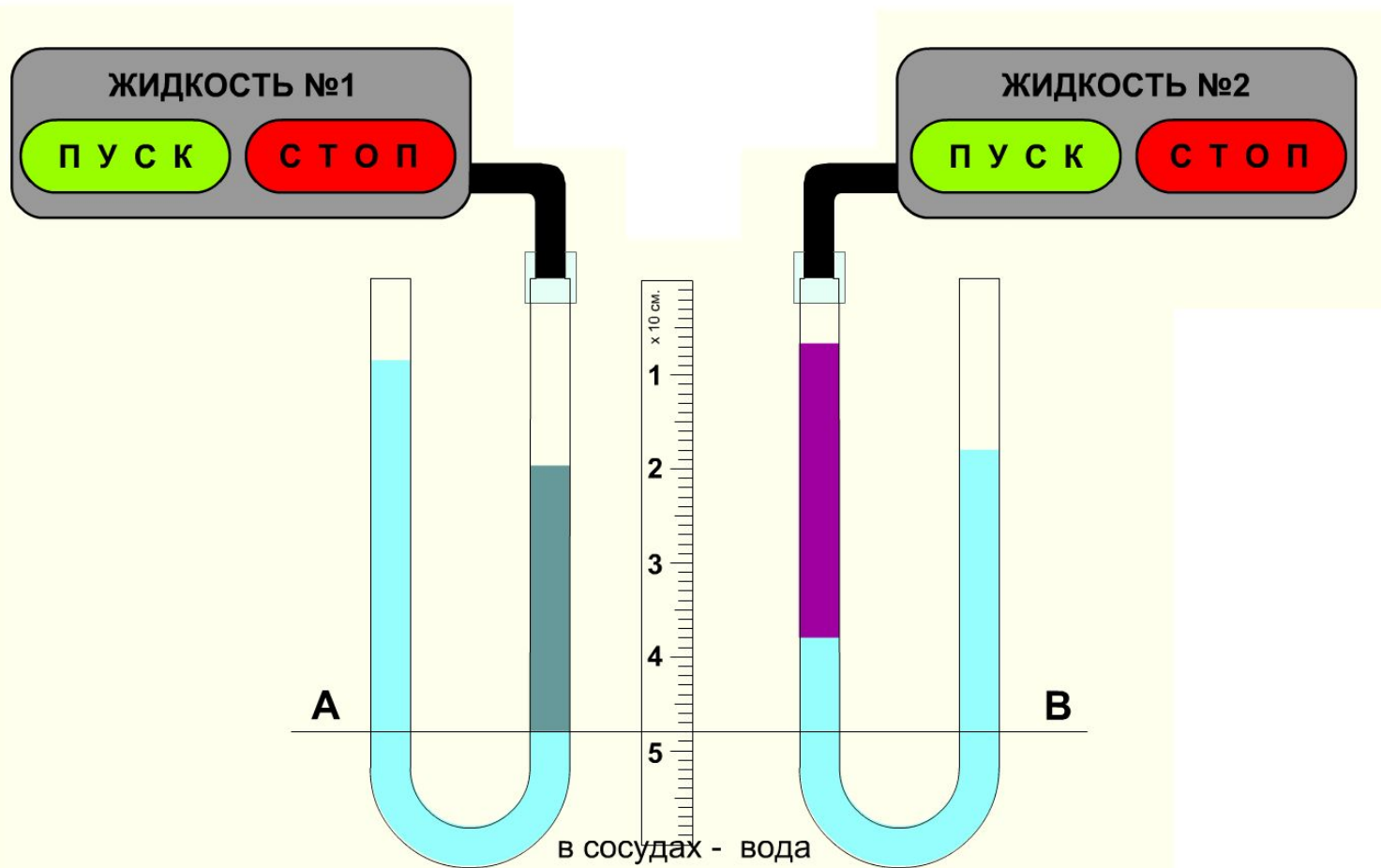
Отчет включает в себя:

- Титульный лист.
- Цель работы.
- Краткую теоретическую часть.
- Порядок выполнения работы.
- Результаты работы – экспериментальная часть.
- Расчетная часть.
- Выводы

Пример оформления титульного листа представлен в конце презентации

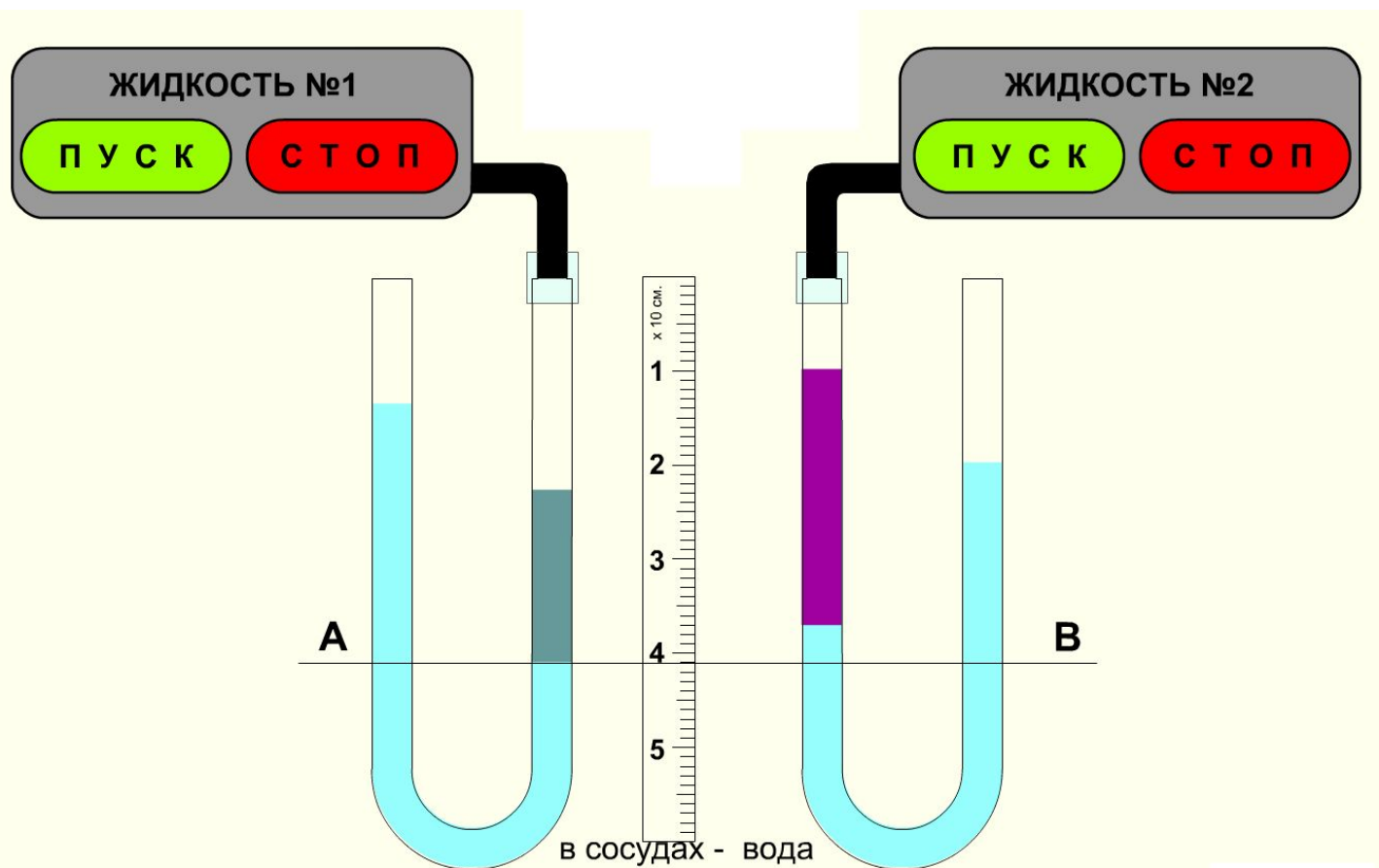
## 5.1. Экспериментальная часть

### ВАРИАНТ 1



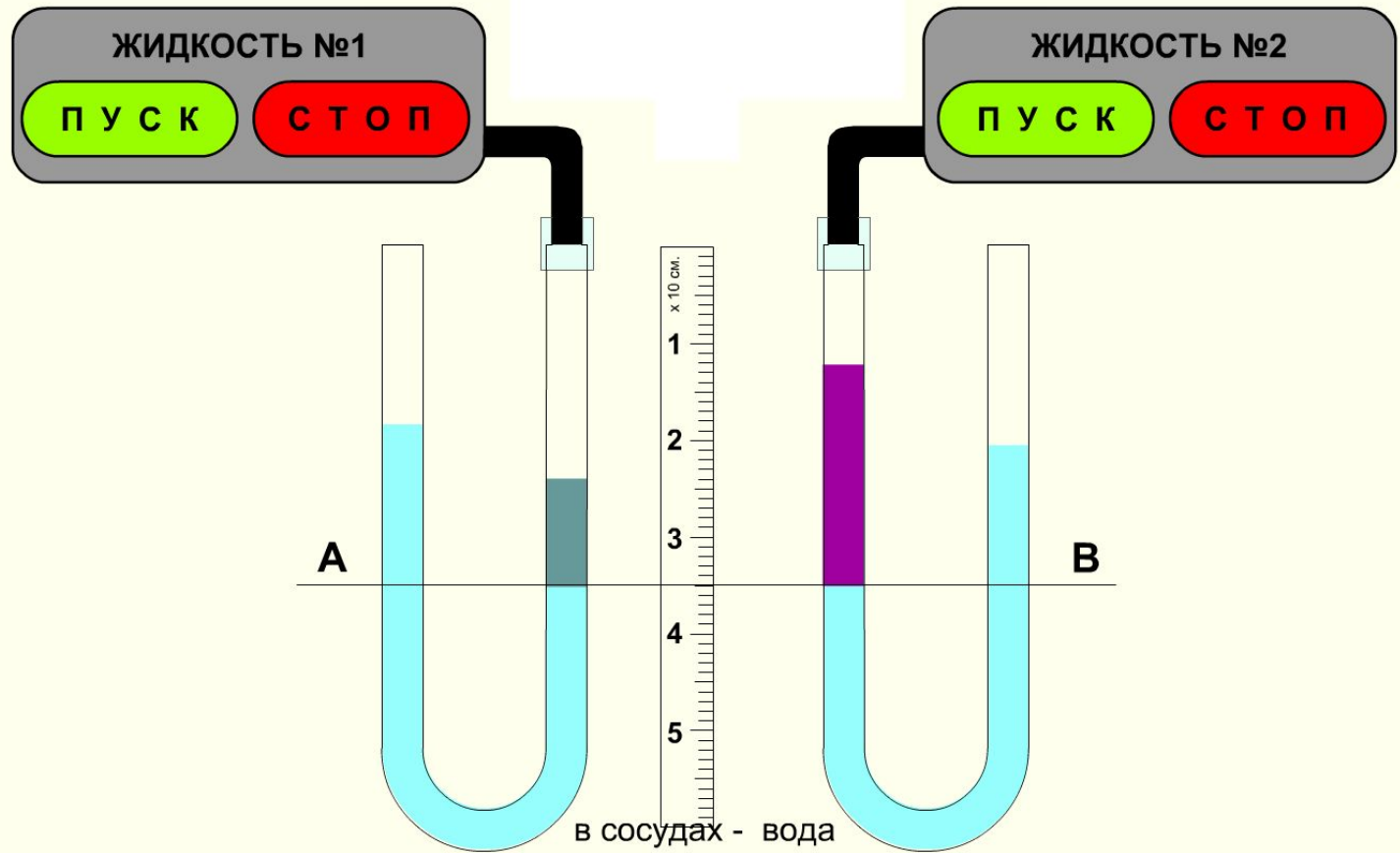
Лаб. №2. Определение плотности несмешивающихся жидкостей.

## ВАРИАНТ 2



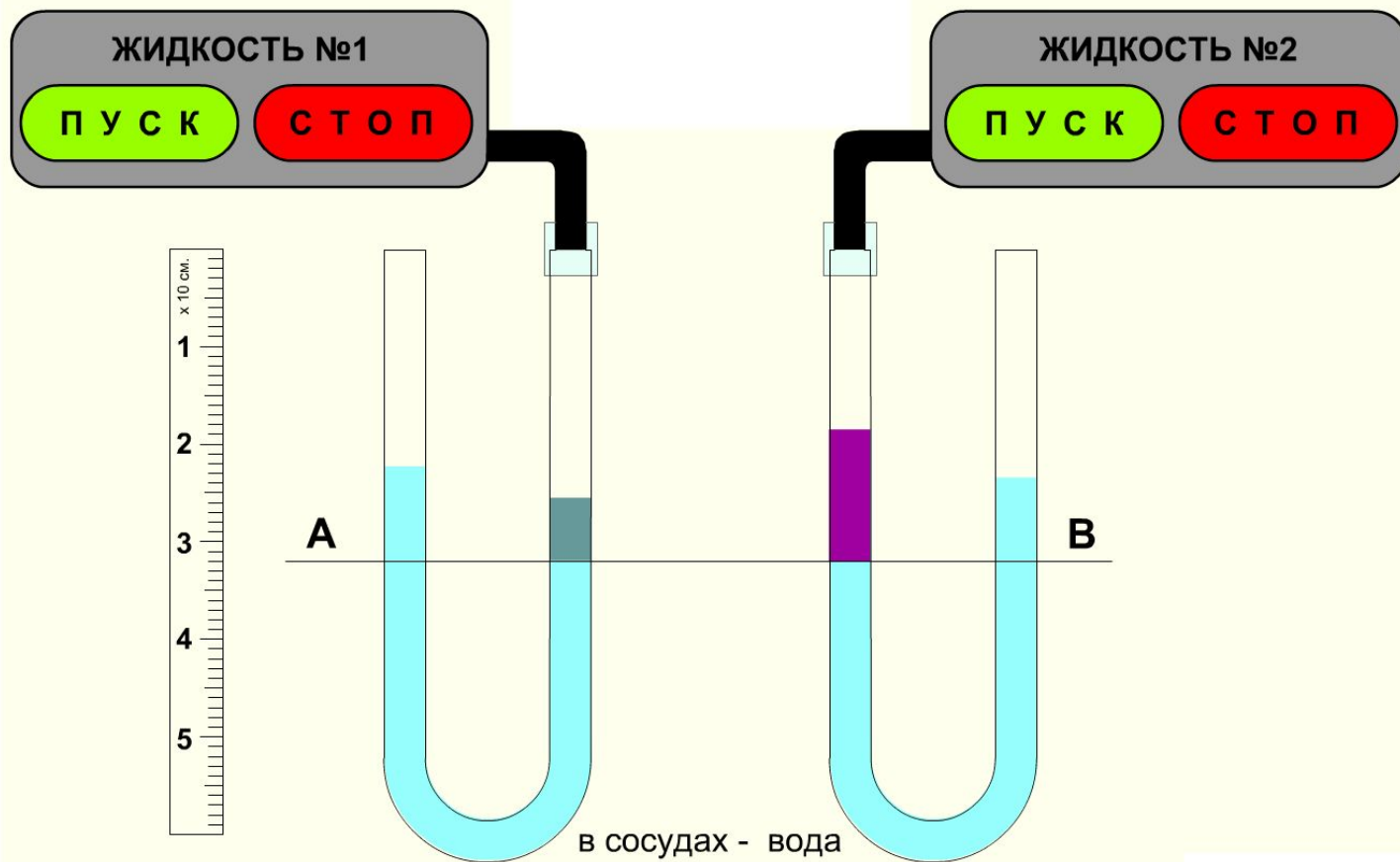
**Лаб. №2.** Определение плотности несмешивающихся жидкостей.

# ВАРИАНТ 3



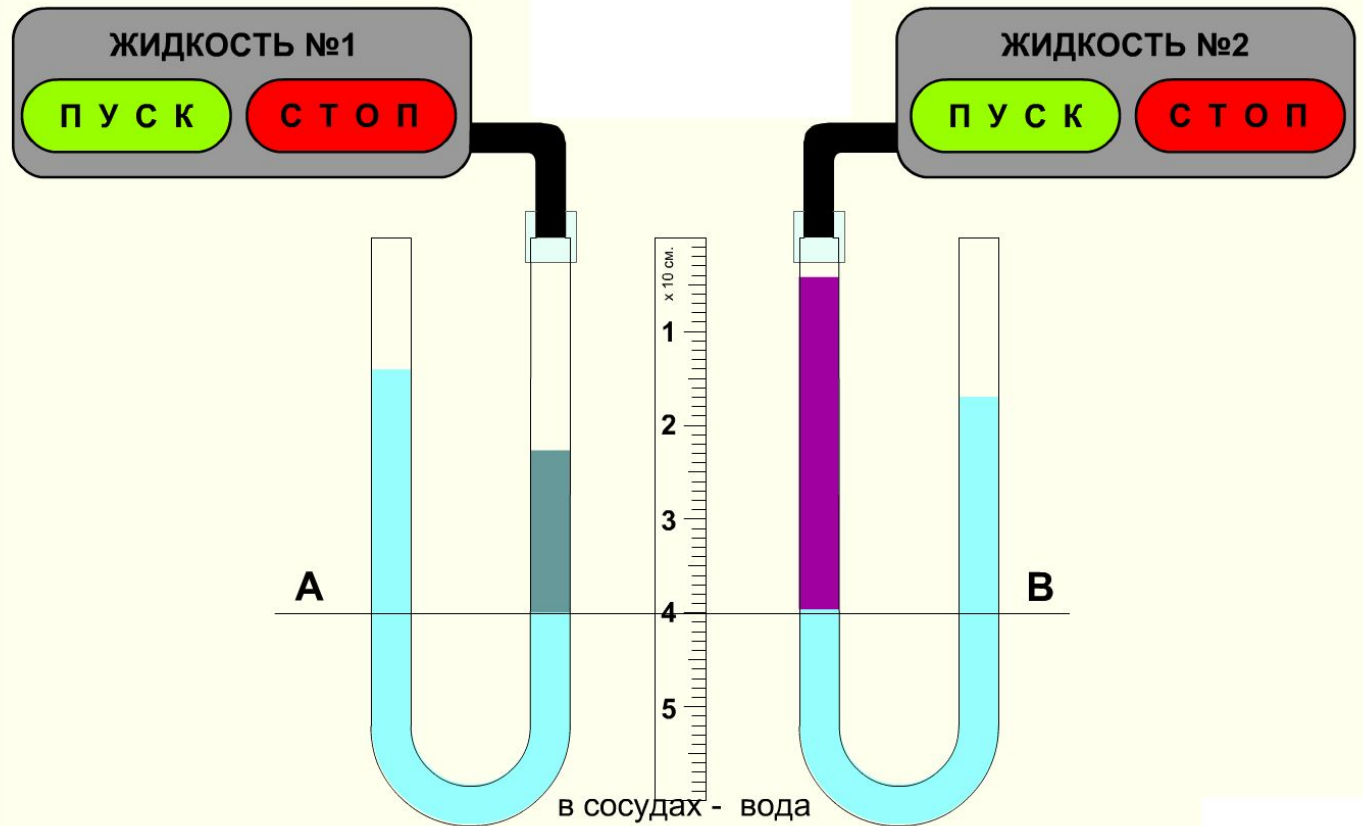
Лаб. №2. Определение плотности несмешивающихся жидкостей.

## ВАРИАНТ 4



Лаб. №2. Определение плотности несмешивающихся жидкостей.

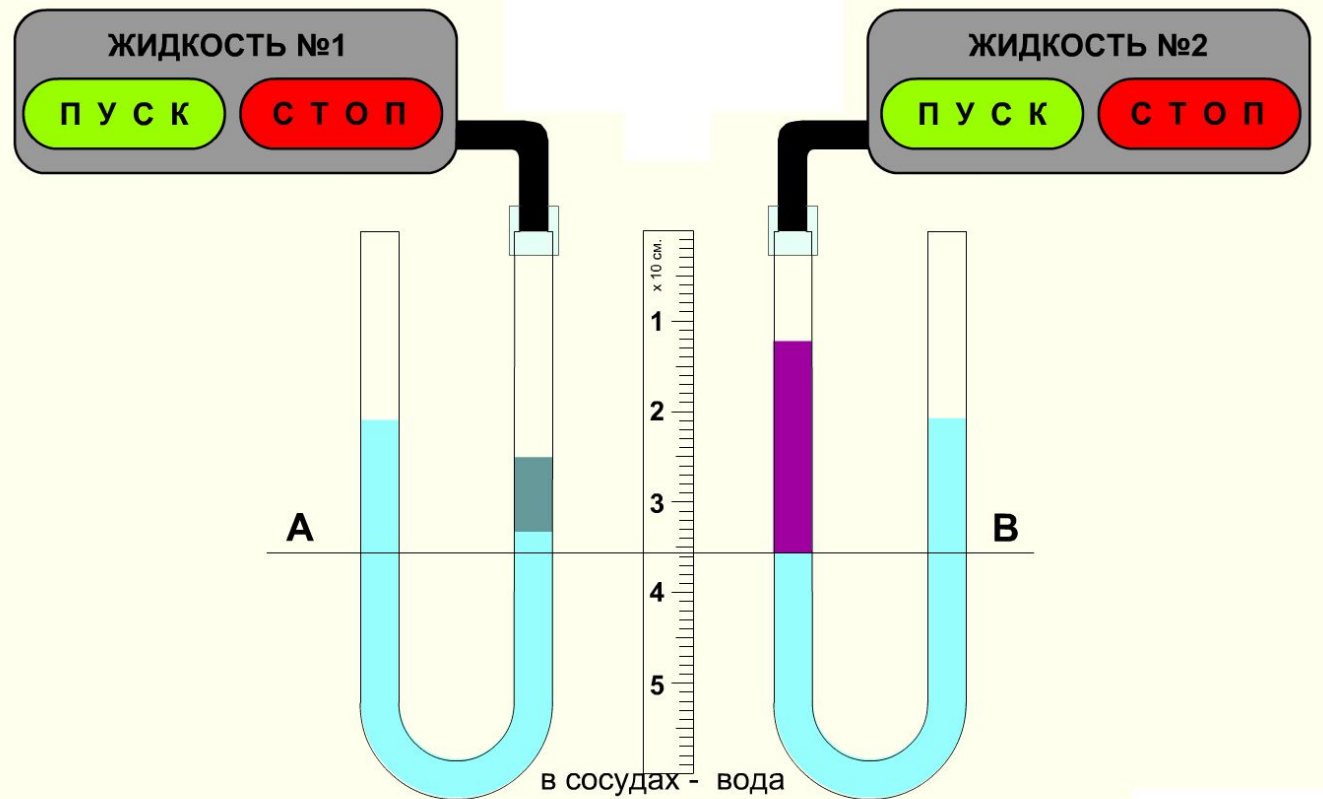
# ВАРИАНТ 5



Лаб. №2. Определение плотности несмешивающихся жидкостей.

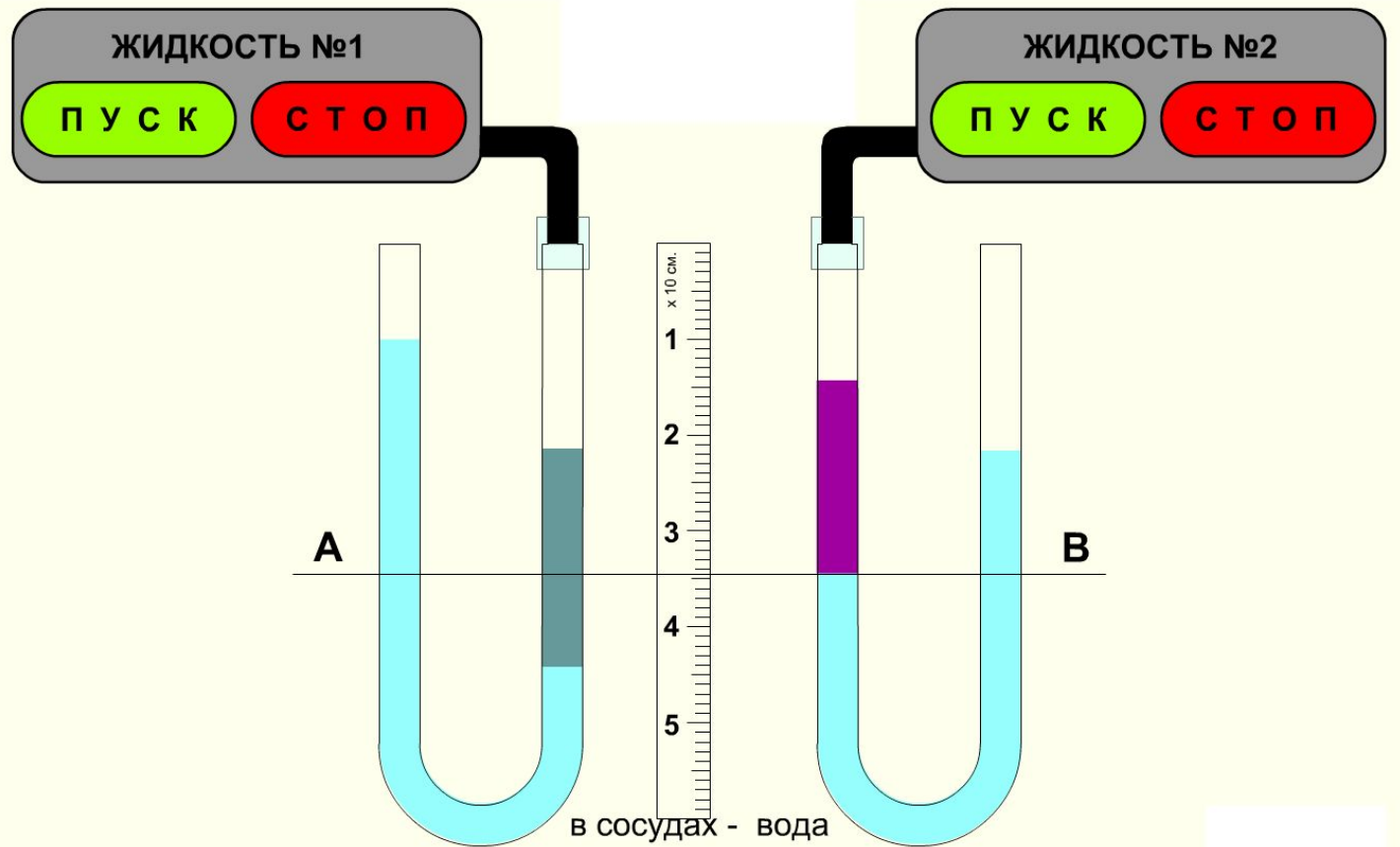


# ВАРИАНТ 6



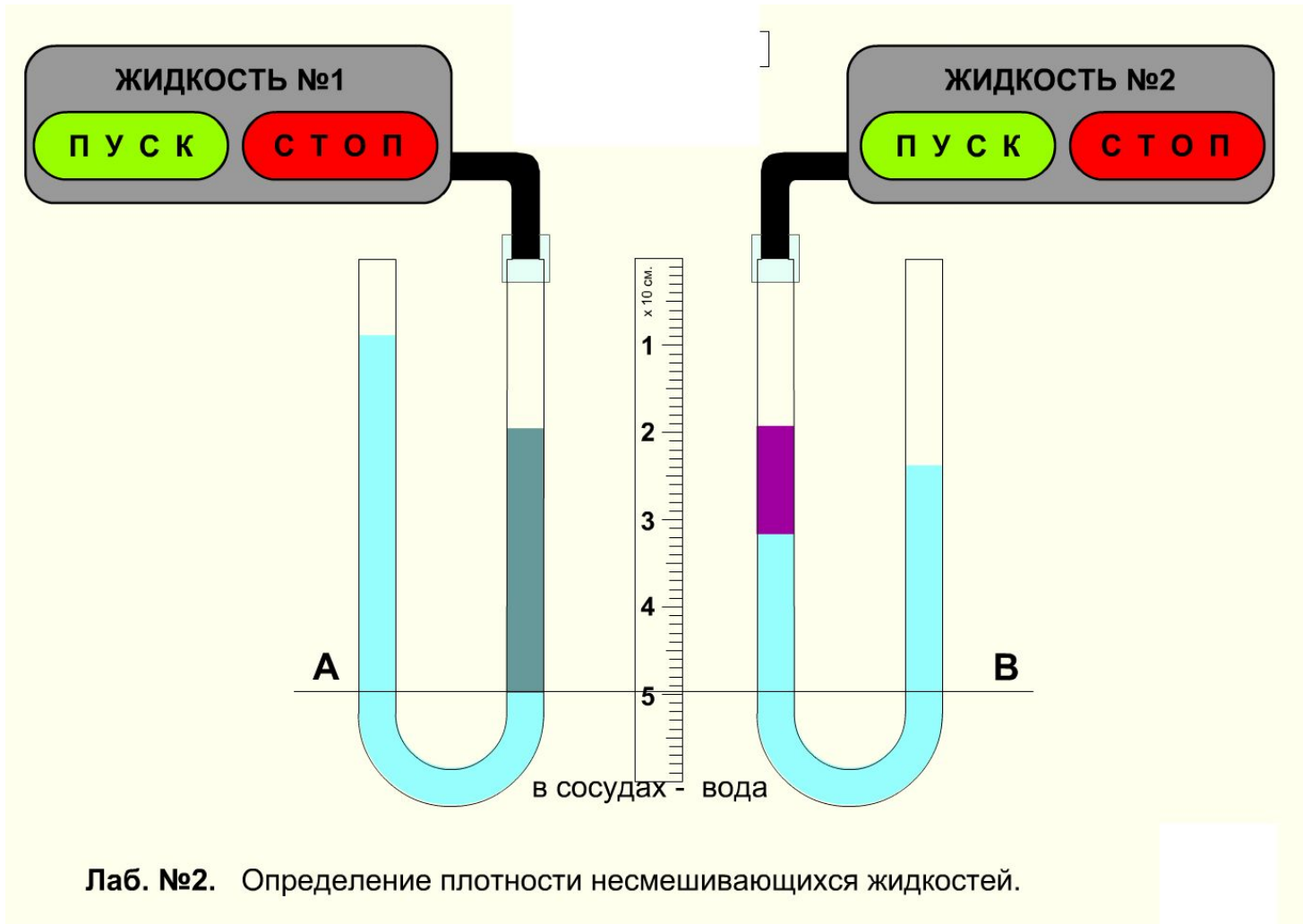
Лаб. №2. Определение плотности несмешивающихся жидкостей.

# ВАРИАНТ 7

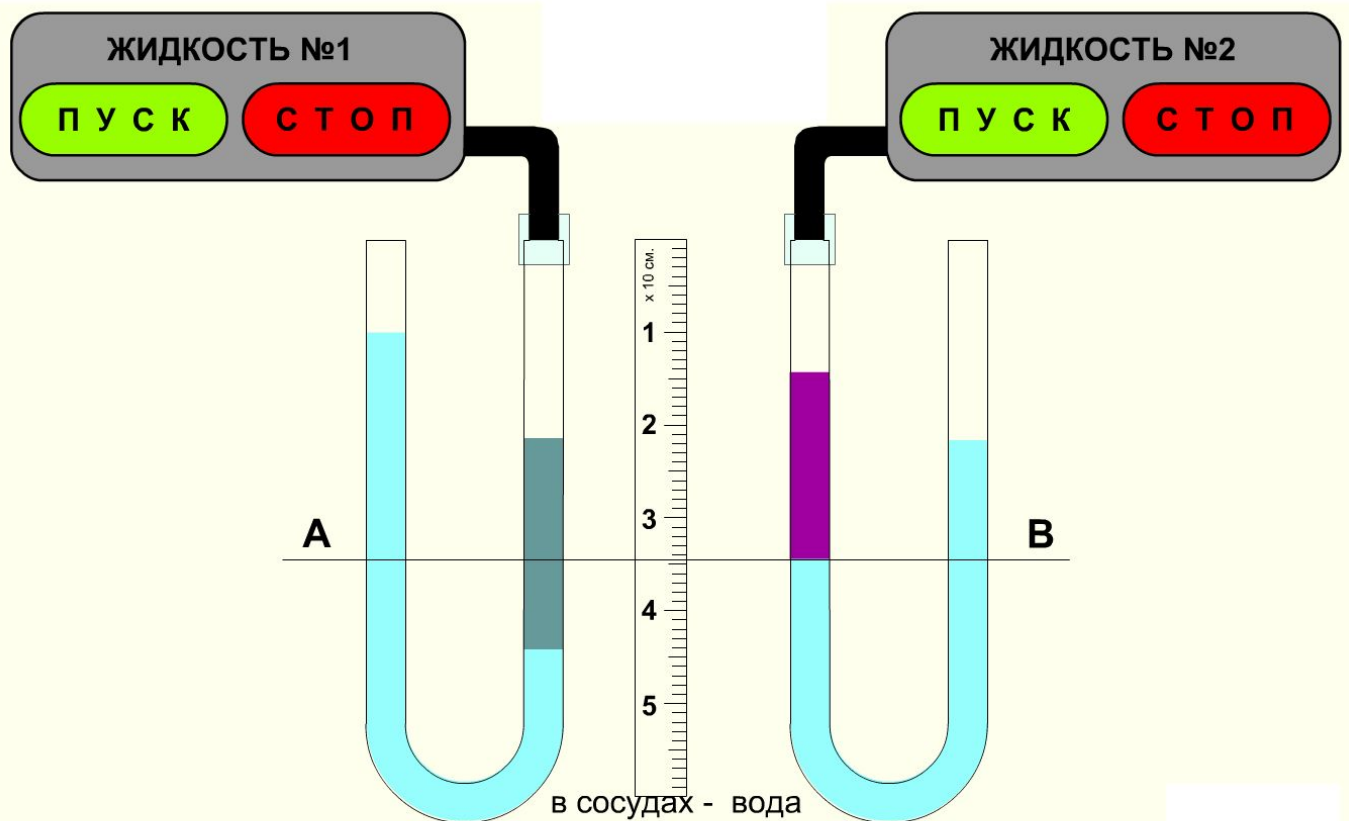


Лаб. №2. Определение плотности несмешивающихся жидкостей.

# ВАРИАНТ 8

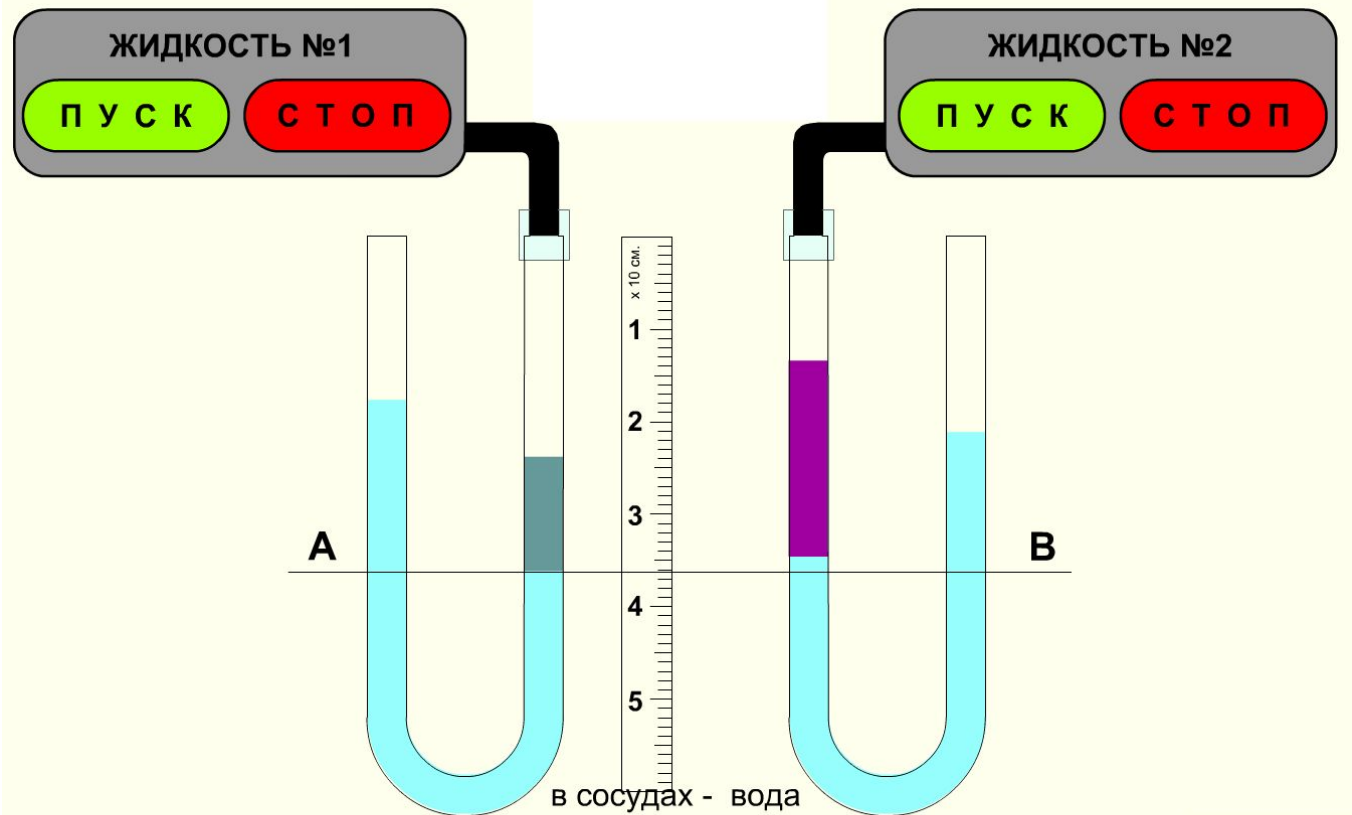


# ВАРИАНТ 9



Лаб. №2. Определение плотности несмешивающихся жидкостей.

# ВАРИАНТ 10



Лаб. №2. Определение плотности несмешивающихся жидкостей.

## 5.2. Расчетная часть

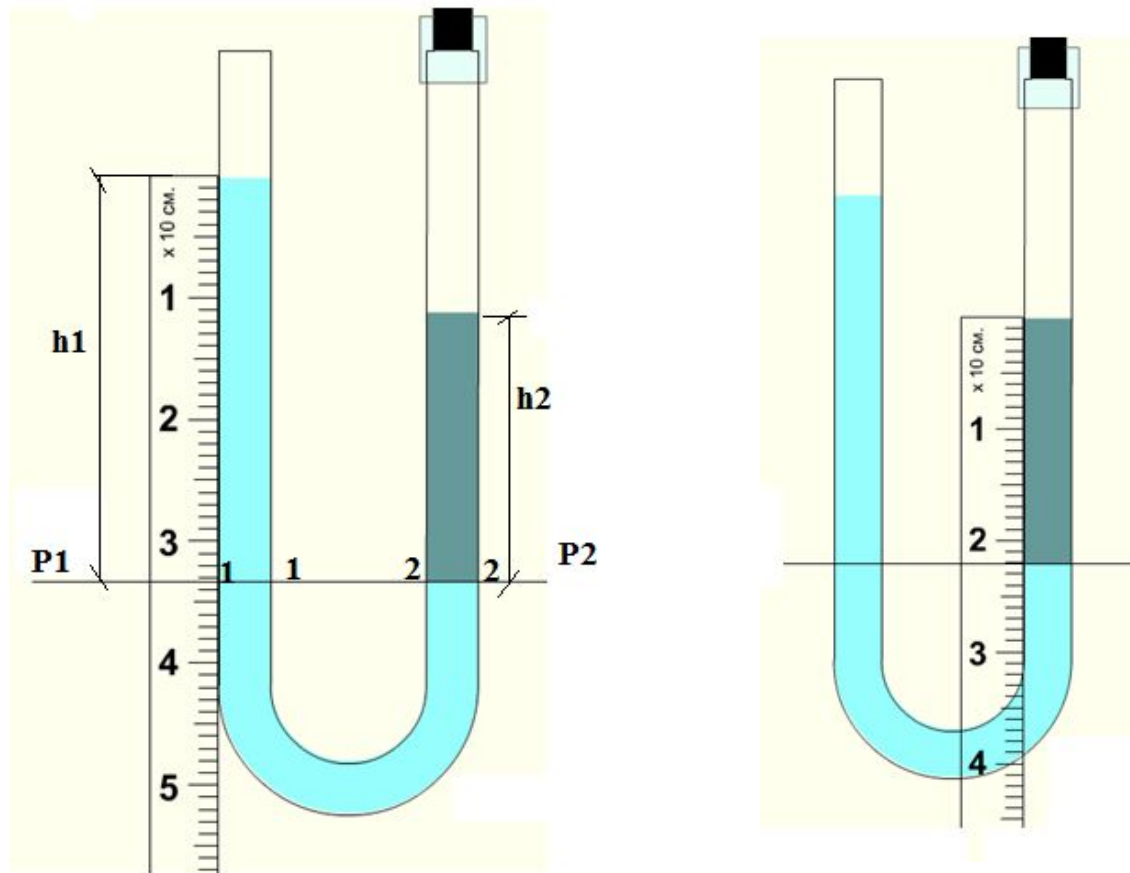


Рис. 2.6. Схема замеров

В горизонтальной плоскости сечения 1-1, в левой части трубки дифманометра, давление  $P_1$ , в горизонтальной плоскости сечения 2-2 – давление  $P_2$ .

Очевидно, что в плоскости сечения 1-2  $P_1 = P_2$ .

$$P_1 = P_0 + h_1 \rho_1 g. \quad P_2 = P_0 + h_2 \rho_2 g.$$

Следовательно  $h_1 \rho_1 g = h_2 \rho_2 g$  или  $h_1 \rho_1 = h_2 \rho_2$

В левой трубке дифманометра – вода.

Для воды при стандартных условиях  $\rho = 1000 \text{ кг/м}^3$ .

Тогда плотность второй жидкости в правой трубке можно рассчитать по формуле

$$\rho_2 = \rho_1 (h_1 / h_2) = 1000 (h_1 / h_2) .$$

По схеме замеров получили  $h_1 = 3,3 \cdot 10 = 33 \text{ см вод.ст.};$

$$h_2 = 2,2 \cdot 10 = 22 \text{ см вод.ст.}$$

$$\rho_2 = \rho_1 (h_1 / h_2) = 1000 \cdot (33/22) = 1500 \text{ кг/м}^3.$$

УрФУ им. первого Президента России Б.Н.Ельцина  
Институт материаловедения и металлургии  
Кафедра металлургии железа и сплавов

## **ОТЧЕТ**

по лабораторной работе № 2  
на тему «Определение плотности несмешивающихся жидкостей  
в сообщающихся сосудах»  
По курсу «Механика жидкости и газа»

Преподаватель

Лозовая Е.Ю.

Студент

— — — — —

Группа \_\_\_\_\_

2015



## **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

**Алексеев Г.В., Бриденко И.И. ВИРТУАЛЬНЫЙ ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ ПО КУРСУ «МЕХАНИКА ЖИДКОСТИ И ГАЗА»: Учеб. Пособие с CD. – СПб.: ЗАО ГИОРД, 2007. –152 с.**