

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЯЗКОСТИ ЖИДКОСТИ ВИСКОЗИМЕТРОМ ГЕССА.

Цель работы: 1) ознакомиться с измерением вязкости жидкости вискозиметром Гесса,
2) исследовать зависимость вязкости жидкости от концентрации,
3) построить график этой зависимости.

Принадлежности: вискозиметр Гесса, растворы жидкостей разных концентраций.

Теоретическая часть.

1. Вязкость жидкости. Уравнение Ньютона для вязкой жидкости.
2. Ньютоновские и неньютоновские жидкости. Кровь как неньютоновская жидкость.
3. Формула Пуазейля.
4. Гидравлическое сопротивление. Общее сопротивление системы сосудов, соединённых последовательно или параллельно.
5. Методы определения вязкости жидкости: капиллярный, метод Стокса, ротационный.

Одним из способов измерения коэффициента вязкости жидкостей является метод капиллярного вискозиметра Гесса.

Устройство прибора: Вискозиметр ВК-4 (рисунок 3) представляет собой капиллярный вискозиметр, предназначенный для измерения коэффициента вязкости крови и рассчитанный на очень небольшое количество жидкости и состоит из двух

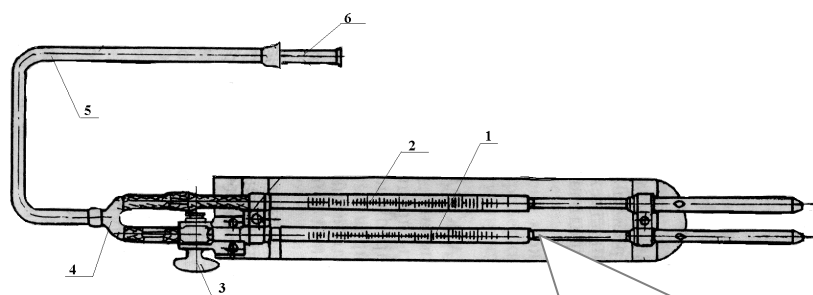


Рисунок 3

градуированных пипеток 1 и 2, укрепленных на общей подставке. Внутри пипеток проходят капилляры строго одинаковых диаметров. Одна из пипеток снабжена краном 3. После того как в эту пипетку набрана вода, служащая эталонной жидкостью, кран закрывается, что

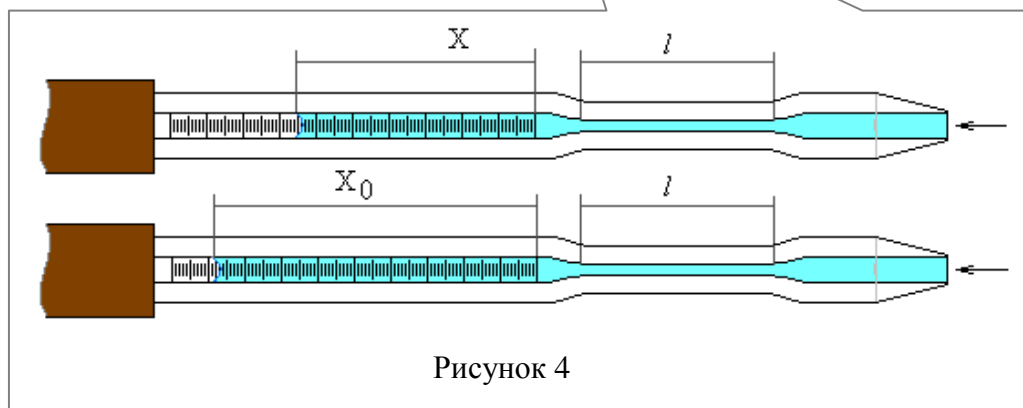


Рисунок 4

позволяет набрать исследуемую жидкость во вторую пипетку, не изменяя уровень набранной воды. Обе пипетки соединены с тройником 4, от которого идет резиновая трубка 5 со СТЕКЛЯННЫМ СТЕРИЛЬНЫМ НАКОНЕЧНИКОМ 6, КОТОРЫЙ ВЫДАЕТСЯ.

Путем всасывания воздуха две жидкости – одна эталонная, другая исследуемая – протекают через два капилляра длины l (рисунок 4). Поскольку параметры капилляров и разности давлений одинаковы, из формулы Пуазейля следует, что

$$Q_0/Q = \eta/\eta_0$$

С другой стороны, $Q_0 = SX_0$; $Q = SX$, где S – площадь поперечного сечения приемного капилляра, а X и X_0 – высота его наполнения исследуемой и эталонной жидкостями. В итоге получаем

$$Q_0/Q = X_0/X = \eta/\eta_0,$$

или

$$\eta = \eta_0 X_0/X$$

Последняя формула является рабочей.

Практическая часть.

1. Освободите стерильный наконечник от марли и вставьте в резиновую трубку вискозиметра. Наконечник возьмите в рот.
2. Наберите эталонную жидкость в капилляр с краном вискозиметра до нулевой отметки и перекройте кран.
3. Наберите исследуемую жидкость во второй капилляр вискозиметра до нулевой отметки и положите вискозиметр в горизонтальное положение.
4. Исследуйте высоту поднятия жидкости X при фиксированной высоте X_0 эталонной жидкости. Для этого, откройте кран и осторожно втягивайте ртом воздух из обеих пипеток. Оба столба жидкости будут двигаться с разными скоростями вдоль капилляров. Прекратите втягивать воздух, когда дистиллированная вода пройдет путь от половины до трех четвертей первой пипетки. Опыт повторите по три раза с каждой концентрацией. Результаты измерений занесите в четвёртый и пятый столбцы таблицы 1.
5. Вычислите коэффициент по формуле

$$\eta = \eta_0 \frac{X_0}{X},$$

где η - коэффициент вязкости исследуемой жидкости, η_0 - коэффициент вязкости дистиллированной воды ($\eta_0=1$ сантиПуаз) рассчитайте вязкости исследуемых концентраций и заполните шестой столбец таблицы 1.

6. Вычислите абсолютные погрешности измерений $\Delta\eta$. Для этого:

- дайте оценку среднему квадратическому отклонению средней величины:

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (|\eta - \bar{\eta}|^2)}{n(n-1)}},$$

- при доверительной вероятности $\alpha = 95\%$ и определите коэффициент Стьюдента по специальным таблицам

$$t_{n,\alpha} =$$

- вычислите абсолютные погрешности измерений:

$$\Delta\eta = t_{n,\alpha} \cdot S_{\eta} =$$

Покажите процесс вычислений хотя бы для одного случая.

7. Округлите и запишите результаты измерений:

$$\text{при } C = 10\% \quad \eta = \bar{\eta} \pm \Delta\eta =$$

$$\text{при } C = 20\% \quad \eta = \bar{\eta} \pm \Delta\eta =$$

$$\text{при } C = 50\% \quad \eta = \bar{\eta} \pm \Delta\eta =$$

8. Вычислите относительные погрешности измерений и результат запишите в столбец 11 таблицы.

$$E = \frac{\Delta\eta}{\eta} \cdot 100\% \tag{8}$$

9. Постройте график зависимости среднего коэффициента вязкости от концентрации: $\bar{\eta} = f(C, \%)$
10. Сделайте вывод.

Контрольные вопросы.

1. Дайте понятие вязкости жидкости. Укажите единицы измерения.
2. Запишите уравнение Ньютона для вязкой жидкости.
3. Дайте понятие ньютоновским и неньютоновским жидкостям. Поясните, почему кровь является неньютоновской жидкостью.
4. Выведите и проанализируйте формулу Пуазейля.
5. Дайте понятие гидравлическому сопротивлению. Укажите единицы измерения.
6. Проанализируйте общее сопротивление системы сосудов, соединённых последовательно; параллельно.
7. Перечислите методы определения вязкости жидкости. Каким методом определяется вязкость крови?
8. Поясните, каким методом определяется вязкость жидкости в данной лабораторной работе. Получите расчётную формулу в данной лабораторной работе.
9. Получите формулу для определения вязкости жидкости в методе падающего шарика (в методе Стокса).

Замечание: при рейтинговой системе обучения для получения высокого балла при сдаче теории по лабораторной работе необходимо выводить формулы и анализировать закономерности.

Литература:

1. Материал лекций.
2. А.Н. Ремизов Медицинская и биологическая физика, М., «Высшая школа», 2001.
3. Н.М. Ливенцев Курс физики т.1, М., «Высшая школа», 1978.
4. В.Ф. Антонов, А.М. Черныш и др. Биофизика, М., «Владос», 2000.
5. В.Ф. Антонов, А.В. Коржуев Физика и биофизика, «Гэотар-мед», 2004.
6. Н.И. Губанов, А.А. Утепбергенов Медицинская биофизика, М., «Медицина», 1978.

C, %	N	η_0 , сП	X_0 , см	X, см	η_i , сП	$\bar{\eta}$, сП	$ \eta_i - \bar{\eta} $, сП	$\frac{ \eta_i - \bar{\eta} ^2}{(\text{сП})^2}$	$S_{\bar{\eta}}$, сП	E,100%
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
10	1									
	2									
	3									
сумма	-		-	-	-					
25	1									
	2									
	3									
сумма	-		-	-	-					
50	1									
	2									
	3									
Сумма	-		-	-	-					