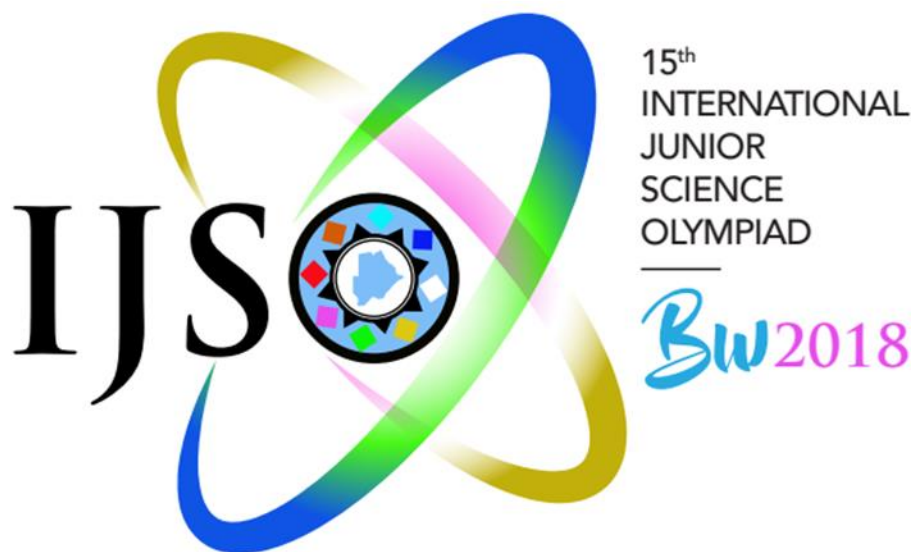


15<sup>я</sup> МЕЖДУНАРОДНАЯ ЕСТЕСТВЕННОНАУЧНАЯ ОЛИМПИАДА ЮНИОРОВ

IJSO-2018



**Discovery, Innovation and Environment**

**Практический тур**

**– Задания –**

8 декабря 2018

**НЕ ПЕРЕВОРАЧИВАЙТЕ**

**эту страницу до свистка.**

**В противном случае вы будете наказаны**

**1. У вас есть 10 минут, чтобы прочитать «ПРАВИЛА ПРОВЕДЕНИЯ ЭКЗАМЕНА», «ИНСТРУКЦИЮ ЭКЗАМЕНУЮЩЕГОСЯ» и «ПРАВИЛА ПОЛЬЗОВАНИЯ КАЛЬКУЛЯТОРОМ» на страницах 1-3.**

**2. НЕ НАЧИНАЙТЕ** отвечать на вопросы до свистка «СТАРТ». **В противном случае вы будете наказаны**



---

## ПРАВИЛА ТЕСТИРОВАНИЯ

1. Вам **НЕ** разрешается приносить с собой в аудиторию для тестирования что-либо кроме лекарств и личных медицинских принадлежностей
2. Вы должны сесть за отведённым вам столом.
3. Перед началом тура убедитесь в наличии на вашем столе ручки, калькулятора, черновика, которые вам предоставили организаторы олимпиады.
4. **НЕ** начинайте эксперимент до стартового свистка.
5. Вам запрещается покидать аудиторию в течение всего тура, за исключением случаев возникновения опасности, когда вы должны покинуть аудиторию в сопровождении волонтера или кого-либо из сопровождающих.
6. **НЕ** отвлекайте других участников экспериментального тура. Если вам потребуется помощь, поднимите руку и дежурный придёт вам на помощь.
7. Вы можете задавать вопросы и обсуждать эксперимент **ТОЛЬКО** с членами своей команды. Вы должны оставаться на своём месте до окончания тура, даже если вы закончили эксперимент.
8. В конце отведённого на тур времени вы услышите свисток «СТОП». Запрещается писать что-либо в листах ответов после этого сигнала. Аккуратно сложите листы ответов и письменные принадлежности на вашем столе. **НЕ** покидайте помещение прежде, чем будут собраны листы ответов.



---

### **ИНСТРУКЦИЯ ДЛЯ ПРАКТИЧЕСКОГО ТУРА**

1. После стартового свистка у вас будет 15 минут для того, чтобы прочитать текст задания. В это время НЕ разрешается проводить эксперимент и отвечать на вопросы в задании.
2. Через 15 минут после второго свистка вам можно будет начать эксперимент и отвечать на вопросы в задании. С этого момента у вас есть 3 часа для того, чтобы закончить работу.
3. Используйте ТОЛЬКО выданные вам ручку и карандаш.
4. Общее количество экспериментов – 3. Проверьте, что у вас есть полный комплект заданий (19 страниц, страница с 4 по 19) и листов ответов (24 страницы включая титульную). Поднимите руку если чего-либо не хватает.
5. Проверьте, что ваши имена, коды и название страны есть на листах ответов и подпишите каждую комплект листов ответов. Поднимите руку если чего-либо не хватает.
6. Внимательно прочитайте методику эксперимента и задания к ней и запишите ваши ответы в лист ответов.
7. Если на листе ответов указаны единицы измерений вы должны привести свой ответ в этих единицах измерений.
8. Всегда проводите свои вычисления если для них есть предоставленное место. При отсутствии вычислений баллы не начисляются.
9. Вы должны записать итог ответ с соответствующим числом значащих цифр.
10. При проведении эксперимента на вас должны быть надеты халат и очки.



### ИНСТРУКЦИЯ ПО ПОЛЬЗОВАНИЮ КАЛЬКУЛЯТОРОМ

1. Включение: нажмите **ON/C**.
2. Выключение: нажмите **2ndF** **ON/C**.
3. Очистка данных: нажмите **ON/C**.
4. Сложение, вычитание, умножение и деление

Пример 1)  $45 + \frac{285}{3}$

**ON/C** 45 **+** 285 **÷** 3 **=** 140.

Пример 2)  $\frac{18 + 6}{15 - 8}$

**ON/C** ( 18 **+** 6 **)** **÷** ( 15 **-** 8 **)** **=**  
3.428571429

Пример 3)  $42 \times (-5) + 120$

**ON/C** 42 **×** 5 **+/-** **+** 120 **=** -90.

**ON/C** 42 **×** ( **-** 5 **)** **+** 120 **=** -90.

5. Экспоненты

Пример 1)  $8.6^{-2}$

**ON/C** 8.6 **y<sup>x</sup>** 2 **+/-** **=** 0.013520822

Пример 2)  $6.1 \times 10^{23}$

**ON/C** 6.1 **×** 10 **y<sup>x</sup>** 23 **=**  $6.1 \times 10^{23}$

6. Чтобы удалить число или функцию, переместите курсор к числу или функции, которые вы хотите удалить и нажмите **DEL**. Если курсор находится справа от числа или функции клавиша **DEL** будет работать как «backspace».

**НЕ переворачивайте страницу,  
пока не прозвучит стартовый свисток.  
В противном случае, вы будете наказаны**



15ая Международная Естественно  
научная олимпиада юниоров  
Университет Ботсваны  
8 декабря 2018

**Экспериментальный тур**

Время: 3 часа

Баллы: 40

**Страница 4**

## **ВВЕДЕНИЕ**

В последние десятилетия население Земли стремительно увеличивалось. В условиях постоянного роста потребности в пище, особое значение приобретают питательные вещества растительного происхождения. Стремясь всесторонне подойти к проблеме растительного сырья, современная пищевая инженерия работает над улучшением различных качеств продуктов растительного происхождения, а не только их питательной ценности. Растительные масла, к примеру, могут использоваться как эмульгаторы или возобновляемые источники энергии, пигменты растений могут служить пищевыми красителями или использоваться при изготовлении солнечных батарей, органические кислоты могут выступать в качестве консервантов или способствовать усвоению углеводов. Исследования в этой области позволяют уменьшить зависимость Человечества от ископаемых ресурсов.

Предлагаемые эксперименты дают возможность вам самим исследовать свойства некоторых продуктов растительного происхождения.



## **ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА ПО БИОЛОГИИ**

Число баллов [13,4 балла]

### **Эксперимент I: Использование тонкослойной хроматографии для определения пигментов растений**

Тонкослойная хроматография (ТСХ) – это метод, используемый для определения веществ в биологических экстрактах. Как и другие хроматографические методы, ТСХ основана на принципе дифференциального разделения компонентов смеси. Однако, в отличие от других видов хроматографии, ТСХ проще, дешевле, обладает высокой чувствительностью и занимает меньше времени.

В состав установки для тонкослойной хроматографии входят: пластинки для ТСХ, камера и подвижная фаза. Используются готовые пластинки для ТСХ, покрытые тонким слоем неподвижной фазы. Слой неподвижной фазы имеет одинаковую толщину по всей площади пластинки. Пластинки для ТСХ находятся в камере для ТСХ, содержащей подвижную фазу. Подвижная фаза представляет собой растворитель (или смесь растворителей), который не содержит примесей и химически инертен по отношению к исследуемому образцу. Она способствует разделению компонентов исследуемой смеси в процессе ее движения по пластинке. По завершении процесса вертикального разделения компонентов смеси (которые будут выглядеть как пятна), можно посчитать для каждого из них величину фактора удержания  $R_f$  по следующей формуле:

$R_f = (\text{расстояние, пройденное компонентом}) / (\text{расстояние, пройденной подвижной фазой})$

Поскольку эта величина для каждого компонента постоянна, она может быть использована для его идентификации. В растительных экстрактах таким способом можно определять виды пигментов и наличие вторичных метаболитов. Эти вещества обычно присутствуют в растениях и находятся в составе растительных экстрактов в виде смеси. Однако, каждый из них имеет свое уникальное значение  $R_f$  которое позволяет выявить присутствие каждого из них в смеси.

Предоставленные вам растворы А-Д являются экстрактами из разных растений. **Используя метод ТСХ и предложенную ниже методику, определите компоненты смесей А-Д.**



## Предоставленные материалы и оборудование

- 1 Одна пластинка для ТСХ
2. Карандаш
3. Капилляры 10 мкл (4 штуки в чашке Петри)
4. Четыре образца (A-D)
5. Камера для ТСХ (банка) с крышкой, содержащая подвижную фазу (циклогексан, петролейный эфир, этилацетат, ацетон, метанол)
6. Линейка
7. Резиновые перчатки
8. Бумажные полотенца

## Ход работы

### *Обратите внимание:*

- *В вашем распоряжении только одна пластинка ТСХ. Проводите все действия с ней максимально аккуратно.*
- *Черная полоса на капилляре отмечает объем в 10 мкл.*
- *Наносите надписи на пластинку только карандашом.*
- *Прикасайтесь к пластинке для ТСХ только в перчатках*
- *Старайтесь не вдыхать пары растворителей, открывая и закрывая банку.*

1. Поместите пластинку для ТСХ на чистую поверхность (бумажное полотенце). Проведите карандашом на пластинке две линии – одну на расстоянии 1,5 см от одного конца (нижний конец), другую на расстоянии 1 см от другого конца (верхний конец). Не вставляя пластинку в камеру, проверьте, входит ли она в нее.
2. На нижней линии поставьте карандашом 4 точки на расстоянии 1 см друг от друга (крайние точки должны находиться на расстоянии 0,75 см от бокового края пластинки). Карандашом напишите напротив каждой точки буквы от А до D. См. Рисунок 1.
3. С помощью капилляра перенесите примерно 5 мкл образца А в соответствующую точку на пластинке. Переносить образец следует капля за каплей. **Давайте каждой капле подсохнуть, прежде чем нанесете другую.** Необходимо, чтобы пятно образца на пластинке не превысило в диаметре 0,75 см. Повторите процедуру для точек В-D. Если капиллярная трубка сломалась, немедленно попросите заменить ее.



Рисунок 1: Пластинка ТСХ с точками нанесения образца

4. После этого, аккуратно поместите пластинку в камеру, содержащую подвижную фазу, стороной с образцами к себе
5. **Плотно** закройте камеру крышкой и наблюдайте, как фронт растворителя движется вверх по вашей пластинке.
6. Когда подвижная фаза достигнет линии в верхней части пластинки, достаньте пластинку из камеры, положите на бумажное полотенце и дайте подсохнуть.
7. Используйте свою пластинку ТСХ и данные из Таблицы 1 для того, чтобы ответить на вопросы, предложенные ниже
8. Позовите наблюдателя, чтобы он сфотографировал вашу пластинку и поставил подпись на листе ответов
- 9.

Таблица 1: Пигменты растений и значения их  $R_f$ , определенные в аналогичном эксперименте

Пигмент	Величина $R_f$
i) Ксантофилл 2	0.15
ii) Ксантофилл 1	0.28
iii) Рутин	0.34
iv) Хлорофилл b	0.42
v) Галловая кислота	0.54
vi) Хлорофилл a	0.59
vii) Феофитин	0.81
viii) Каротин	0.98





## Вопросы

### **НЕ ПИШИТЕ ЗДЕСЬ ОТВЕТЫ. ИСПОЛЬЗУЙТЕ ЛИСТЫ ОТВЕТОВ**

**I-1. [7,15 балла]** В таблице на листе ответов зарисуйте все пятна, которые вы найдете на своей пластинке, отдельно для каждого трека от А до D. Там же посчитайте для каждого из пятен значения  $R_f$  и запишите их в таблицу. Затем установите соответствия между пятнами и пигментами из Таблицы 1, используя для их обозначения соответствующие им римские цифры.

Обратите внимание, что не все пигменты ваших образцов представлены в Таблице 1.

**I-2. [1,0 балл, 0,25 за каждое]** Какие из следующих утверждений относительно образца D на вашей пластинке правильны, а какие – нет? Поставьте крестики в соответствующие клетки на листе ответов.

Утверждение	Да	Нет
Он разделился на отдельные пигменты, не такие, как на других треках.		
Он разделился на отдельные пигменты, такие же, как на других треках.		
Он не двигался вместе с подвижной фазой.		
Он не содержит никаких пигментов.		

**I-3. [1,0 балл, 0,25 за каждое]** Какие из следующих утверждений правильны, а какие – нет? Поставьте крестики в соответствующие клетки на листе ответов.

Камера для ТСХ (банка) должна быть плотно закрыта, чтобы ...

Утверждение	Да	Нет
предотвратить испарение подвижной фазы.		
не вдыхать запах реагентов, входящих в состав подвижной фазы.		
защищать содержимое от пыли.		
понижить давление внутри банки.		



**I-4. [1,75 балла, 0,25 за каждый]** Укажите на листе ответов, какие из перечисленных факторов могут повлиять на значение  $R_f$  вещества.

Фактор	Влияет на $R_f$	Не влияет на $R_f$
Полярность вещества		
Расстояние, пройденное растворителем (подвижной фазой)		
Размер пластинки для ТСХ		
Тип неподвижной фазы		
Объем образца		
Размер камеры		
Цвет вещества		

**I-5. [0,25 балла]** Какой из перечисленных пигментов двигался по пластинке ТСХ медленнее других? Запишите соответствующую букву в квадрат на листе ответов.

- A. Хлорофилл *a*
- B. Ксантофилл 1
- C. Феофитин
- D. Хлорофилл *b*

**I-6. [1,0 балл, 0,25 за каждое]** На листе ответов отметьте крестиками, какие из приведенных утверждений верны, а какие – нет.

Вещество в нашем эксперименте медленнее других движется по пластинке ТСХ, потому что...

Утверждение	Да	Нет
оно менее полярно, чем другие.		
оно более гидрофильно, чем другие.		
оно имеет большую молекулярную массу, чем другие.		
оно имеет большую концентрацию, чем другие.		

**I-7 [0,25 балла]** Будут ли величины  $R_f$  другими, если будет изменено соотношение полярных и неполярных растворителей в составе подвижной фазы? Запишите букву, соответствующую правильному ответу в квадрат на листе ответов.

- A. Да
- B. Нет



**I-8 [1,0 балл, 0,25 за каждое]** Отметьте в таблице на листе ответов, может ли, теоретически, каждый из перечисленных ниже факторов ухудшить результаты проведенного эксперимента.

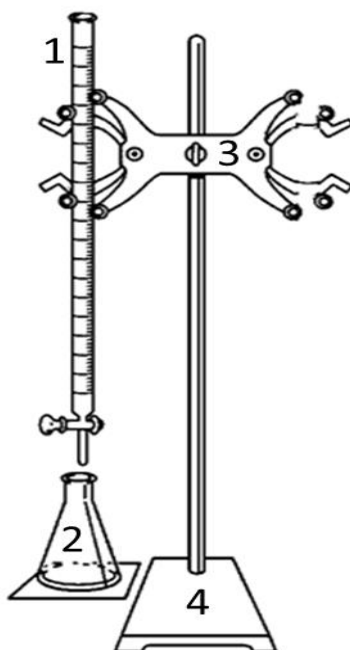
Фактор	Может	Не может
Отсутствие крышки у банки (камеры).		
Количество подвижной фазы в камере для ТСХ		
Географическое положение места проведения эксперимента		
Нахождение нескольких пластинок в одной камере		

## ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА ПО ХИМИИ

Число баллов [13,3]

### Эксперимент II: Определение содержания кислоты в растворе

Целью этого эксперимента является определение концентрации некоторой фруктовой кислоты и изучение ее свойств. Основным компонентом фруктовой вытяжки является слабая кислота, содержание которой можно определить по ее реакции с основанием. Обозначим эту фруктовую кислоту НА. Кислота НА является одноосновной и имеет молярную массу 60 г/моль. Прежде чем определить концентрацию фруктовой кислоты в растворе, вам необходимо стандартизовать раствор гидроксида натрия по его реакции с щавелевой кислотой известной концентрации (0,100 моль/л). Обратите внимание, что щавелевая кислота является двухосновной, обозначим ее  $H_2X$ .



**Рис. II-1:** Установка для титрования

1. Бюретка, 2. Коническая колба, 3. Держатель 4. Штатив



**Оборудование:**

- a. Две стеклянные пипетки
- b. Стеклянная воронка
- c. Пипетатор
- d. 3 Стакана
- e. Керамическая плитка
- f. Мерный цилиндр объемом 100 мл
- g. Капельница с фенолфталеином
- h. Бумажное полотенце
- i. Промывалка с дистиллированной водой

**Методика эксперимента**

**Стандартизация NaOH**

1. Используя 10 мл пипетку, поместите 10,0 мл 0,100 моль/л раствора щавелевой кислоты в коническую колбу объемом 250 мл.
2. Добавьте 2-3 капли фенолфталеина.
3. Титруйте раствором NaOH до конечной точки титрования.
4. Повторите (пункты 1-3) до получения сходящихся результатов.

**Титрование раствора фруктовой кислоты**

5. Используя градуированную пипетку, поместите 4,0 мл раствора фруктовой кислоты в коническую колбу объемом 250 мл.
6. Добавьте примерно 50 мл дистиллированной воды в ту же коническую колбу.
7. Добавьте 2-3 капли фенолфталеина.
8. Титруйте стандартизованным раствором NaOH до конечной точки титрования.
9. Повторите (пункты 5-8) до получения сходящихся результатов.



### Вопросы

**НЕ ПИШИТЕ ЗДЕСЬ ОТВЕТЫ. ИСПОЛЬЗУЙТЕ ЛИСТЫ ОТВЕТОВ**

#### Стандартизация NaOH

**II-1a [3,5 балла]** На листе ответов запишите объем раствора NaOH (в мл) использованный для стандартизации.

Запишите объем раствора NaOH (в мл), пошедшего на стандартизацию				
	Титрование 1	Титрование 2	Титрование ....	Титрование .....
Исх. объем	.....	.....	.....	.....
Кон. объем	.....	.....	.....	.....
Об. на титр.	.....	.....	.....	.....
Средний объем NaOH	.....мл			

**II-1b. [0,25 балла]** Запишите уравнение реакции взаимодействия щавелевой кислоты ( $H_2X$ ) с NaOH

**II-1c [0,5 балла]** Рассчитайте концентрацию NaOH в растворе



### Титрование раствора фруктовой кислоты

**II-2 [3,5 балла]** На листе ответов запишите использованный объем NaOH (мл).

Запишите объем раствора NaOH (в мл), пошедшего на титрование				
	Титрование 1	Титрование 2	Титрование ....	Титрование .....
Исх. объем	.....	.....	.....	.....
Кон. объем	.....	.....	.....	.....
Об. на титр.	.....	.....	.....	.....
Средний объем NaOH	.....мл			

**II-3 [0,25 балла]** Запишите уравнение реакции взаимодействия фруктовой кислоты (HX) с NaOH

**II-4 [0,5 балла]** Определите, сколько моль NaOH пошло на титрование

**II-5 [1,0 балла]** Определите массу (в г) фруктовой кислоты в растворе

**II-6 [0,5 балла]** Считая плотность раствора фруктовой кислоты равной 1,005 г/мл, определите массу (в г) 4 мл раствора.

**II-7 [0,5 балла]** Определите долю (масс. %) фруктовой кислоты в растворе.

**II-8 [1,0 балл]** Школьник использовал другой раствор NaOH и на титрование образца того же, что и у вас, раствора фруктовой кислоты пошло 25 мл 0,54 моль/л раствора NaOH. Рассчитайте объем раствора фруктовой кислоты, который использовал школьник.



**II-9 [0,5 балла]** Другой школьник измерил pH вашего раствора фруктовой кислоты, и значение составило 2,75. Используя это значение и ваши данные, определите значение  $pK_a$  фруктовой кислоты.

**II-10a [0,5 балла]** Рассчитайте  $K_b$  сопряженного основания к фруктовой кислоте

**II-10b [0,5 балла]** Рассчитайте pH конечного раствора. Используйте значение  $K_b$  из предыдущего вопроса. Примите, что объем конечного раствора составляет 100 мл

**II-11. [0,3 балла]** Если фенолфталеин недоступен, то какой из перечисленных ниже индикаторов является наиболее подходящим для этого титрования?

Отметьте правильный ответ

Индикатор	$pK_a$	
Метилловый фиолетовый	0,8	
Тимоловый синий	1,6	
Метилловый желтый	3,3	
Бромкрезоловый зеленый	4,7	
Тимоловый синий	8,9	





## **ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА ПО ФИЗИКЕ**

**Количество баллов [13,3 балла]**

### **Эксперимент III: Определение коэффициента вязкости масла**

Вода переливается из одного сосуда в другой легко, а мед – очень медленно. Причина кроется в том, что мед более вязкий. Коэффициент вязкости – это мера внутреннего сопротивления относительного движения потока. Коэффициент вязкости - важный параметр в промышленности. Потоки различных компонентов сырья ограничиваются вязкостью.

Коэффициент вязкости может быть определен путем измерения скорости падения шарика в сосуде с исследуемой жидкостью. Для этого в жидкость опускают шарик и измеряют пройденный им путь и время падения.

### **Оборудование**

- Термометр
- Шарик четырех разных диаметров
- Стеклянная труба, заполненная маслом
- Секундомер
- Линейка
- Стикеры
- Салфетки
- Магнит

### Теоретическая часть

Рассмотрим шарик радиуса  $r$  и плотности  $\rho_s$ , падающий в трубе, заполненной жидкостью плотностью  $\rho_f$  и коэффициентом вязкости  $\eta$  (см. рис. III).

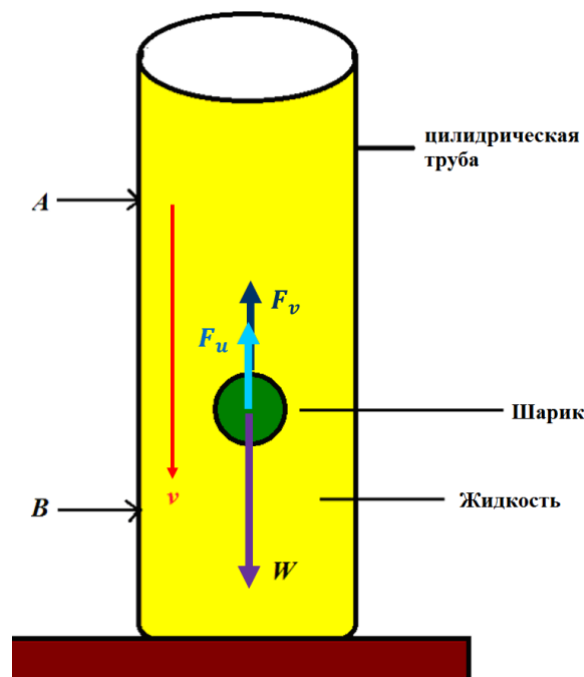


Рисунок III: Шарик радиусом  $r$  падает в жидкости плотностью  $\rho_f$ . Стикеры  $A$  и  $B$  отмечают расстояние, проходимое шариком с установившейся скоростью.

В начальный момент времени шарик имеет направленное вниз ускорение  $a$ , до тех пор пока скорость не станет постоянной. Такая скорость называется установившейся скоростью  $v_t$ . Согласно второму закону Ньютона:

$$ma = W - (F_u + F_v) \quad (1)$$

Где:  $m$  масса шарика;  $W = mg$  сила тяжести;  $F_u = \frac{4}{3}\pi r^3 \rho_f g$  сила Архимеда;

$F_v = 6\pi\eta r v$  сила вязкого трения (для сферы радиуса  $r$ ) пропорциональная скорости  $v$  шарика (формула Стокса).



Скорость шарика достигает установившегося значения до точки  $A$ , после чего шарик движется равномерно и равнодействующая всех сил равна нулю. Расстояние между точками  $A$  и  $B$  обозначим как  $l$ , а время прохождения этого расстояния  $t$ .

### Инструкция по проведению эксперимента

[1.3 балла]

1. Перед началом проведения эксперимента измерьте температуру масла  $T_b$  и запишите в лист ответов.
2. Используйте стикеры для того, чтобы отметить две горизонтальные линии ( $A$  и  $B$ ) на стеклянной трубе так, чтобы линия  $A$  была на расстоянии 70 см от поверхности жидкости, а линия  $B$  приблизительно на 50 см ниже линии  $A$ .
3. Измерьте расстояние  $l$  между точками  $A$  и  $B$  и запишите результат в лист ответов.
4. Предложите метод измерения среднего диаметра шариков одного размера, используя линейку, позволяющий получить диаметр с наибольшей точностью. Опишите ваш метод в листе ответов, используя только рисунки.
5. Используя ваш метод, определите средний диаметр каждого из четырех разных размеров шариков и запишите значения в таблицу III-1 в листе ответов.
6. Осторожно опустите один из шариков в жидкость вдоль оси симметрии цилиндра (контролируйте, что шарик не находится возле стенок сосуда во время движения между точками  $A$  и  $B$ ).
7. Измерьте время  $t$  прохождения шариком расстояния  $l$  между метками  $A$  и  $B$  и запишите результат в соответствующую таблицу.
8. Повторите пункты 6 и 7, используя шарики того же диаметра для того, чтобы получить три значения времени (магнит может быть использован для того, чтобы доставать шарики со дна цилиндра). Попросите о помощи, если это необходимо.
9. Повторите пункты с 6 по 8 для шариков трех других диаметров.
10. Измерьте температуру масла  $T_a$  после окончания всего эксперимента и запишите ее значение в лист ответов.

*Вам могут потребоваться следующие константы:*

Плотность жидкости  $\rho_f = 871,4 \text{ кг/м}^3$ .

Плотность шарика  $\rho_s = 7\,717 \text{ кг/м}^3$ .

Ускорения свободного падения  $g = 9,81 \text{ м/с}^2$ .

**Вопросы (результаты измерений и их анализ)**

**НЕ ПРИВОДИТЕ ОТВЕТЫ ЗДЕСЬ. ИСПОЛЬЗУЙТЕ ЛИСТ ОТВЕТОВ**

**III-1 [5,0 баллов]** Вычислите среднее время,  $d^2$  и  $v_t$  для каждого набора шариков и запишите их в таблицу III-1 в листе ответов.

**Table III-1: Результаты эксперимента**

Диаметр шариков		Диаметр в квадрате	Время прохождения расстояния $l$				Установившаяся скорость	
#	$d$ (мм)	$d$ (м)	$d^2$ (м <sup>2</sup> )	$t_1$ (с)	$t_2$ (с)	$t_3$ (с)	Среднее время (с)	$v_t$ (м/с)
1								
2								
3								
4								

**III-2 [3,0 балла]** Постройте график зависимости  $v_t$  (ось  $y$ ) от  $d^2$  (ось  $x$ ) и через полученные точки проведите наилучшую прямую линию на миллиметровой бумаге в листе ответов.

**III-3 [1,5 балла]** Определите угловой коэффициент графика. Укажите точки, которые были использованы для вычисления этого коэффициента. Запишите ваш ответ в подходящих единицах.

**III-4 [1,0 балл]** Следующая формула для установившейся скорости  $v_t$  может быть получена из уравнения (1):

$$v_t = C \frac{d^2}{\eta} \quad (2)$$

где  $C = 3\,731 \text{ кг м}^{-2}\text{с}^{-2}$ . Запишите в листе ответов аналитическое выражение для константы  $C$ , выразив ее через  $g$ ,  $\rho_s$ ,  $\rho_f$ .

**III-5 [1,5 балла]** Используя угловой коэффициент, определите коэффициент вязкости масла  $\eta$ , используя подходящие единицы измерения.