

Краевой конкурс образовательных практик для педагогических работников  
**«Интеграции в обучении: компетенции будущего»**  
Управление общего и профессионального образования администрации  
Чайковского городского округа Пермского края  
Муниципальное бюджетное общеобразовательное учреждение  
«Средняя общеобразовательная школа №10»  
**(Новый образовательный центр)**

Методическое пособие  
**«Организация лабораторного практикума и исследований по предметам естественнонаучного цикла с помощью цифровой лаборатории AFS™»**

*(Из опыта работы с цифровой лабораторией AFS™ по интеграции естественнонаучных дисциплин)*

**Автор:**

Пархоменко Надежда Степановна,  
учитель биологии МАОУ «СОШ №10»  
(НОЦ)

Чайковский, 2023.

## Аннотация

Данное пособие содержит учебно-методический комплекс по организации работы с *AFS™*, или *ЛЭК* – лабораторным экспериментальным комплексом для учащихся 10-11 классов в образовательном учреждении. В лабораторный комплекс входят УИОД LabQuest (устройство измерения и обработки данных) и датчики. Данный комплекс позволяет проводить интересные эксперименты не только в классе, но и за его пределами. Используется при изучении естественных наук. Результаты измерений можно обрабатывать как непосредственно во время работы, так и сохранять в памяти УИОД для продолжения исследований на базе ПК.

В данной работе подробно раскрыта методика организации работы учащихся с одним из датчиков – датчиком содержания кислорода.

Автор представляет свой опыт работы и раскрывает возможности использования данного оборудования, прежде всего на уроке при организации лабораторных работ, при организации исследовательской деятельности, при подготовке к ЕГЭ. Тематика лабораторных работ выходит за рамки одного предмета и раскрывается возможность интеграции биологии, физики и химии.

В данном пособии представлена транспредметная интеграция через осуществление образовательной практике по исследовательской деятельности,

В пособии представлены лабораторные работы, разработанные автором, методики и тематики исследовательских работ, результаты их выполнения. В пособии размещены тематические тесты и подборки вопросов, которые помогут подготовиться к ЕГЭ по заявленным темам.

Пособие адресовано учащимся средней и старшей школы, учителям – предметникам, а также педагогам, сопровождающих учащихся в ИД в школе.

## Пояснительная записка

- В 2010 году в городе Чайковский открылся Новый образовательный центр (НОЦ) – школа, в которой учатся старшеклассники из Чайковского муниципального района. Ведущим видом деятельности для старшеклассников является проектная и исследовательская деятельность, в НОЦе она является обязательной и приоритетной. Осуществляется в рамках предмета «Индивидуальный проект».

Этот вид деятельности является универсальным и направлен на получение следующих метапредметных результатов: умение ставить цели, определять пути по их достижению, планировать способы деятельности, осваивать методики, презентовать полученные результаты и др.

Одним из средств достижения данных результатов являются цифровые лаборатории AFS™, или **ЛЭК - лабораторные экспериментальные комплекты**, которыми оснащены кабинеты биологии, химии и физики.

ЛЭК - набор оборудования для проведения лабораторных экспериментальных работ по учебному предмету, являются одними из самых современных информационных источников, способных обеспечить достижение учащимися высоких результатов. Освоение подобных источников развивает информационные и экспериментальные навыки учащихся. Любая лабораторная работа или урок с использованием ЛЭК позволяет учащемуся на занятии конструировать, развивает у него навыки самостоятельной исследовательской работы.

Лабораторные работы с использованием цифровой лаборатории позволяют перейти от методов, воспроизводящих явление, к исследовательским методам изучения биологических процессов.

Применение AFS™ повышает мотивацию учащихся к изучению предметов естественнонаучного цикла, в том числе и на проектно-исследовательском уровне, способствует более ранней профессиональной ориентации учащихся, развивает логику учащихся, позволяет устанавливать причинно-следственные связи, тренирует навыки учащихся по выполнению инструкций, описывающих

реальные экспериментальные действия. Таким образом, в процессе самостоятельных экспериментальных действий с использованием цифровой лаборатории происходит коррекция и развитие определенных личностных качеств учащихся, что и является, по большому счету, основной целью обучения.

Ценность и актуальность данных наработок заключается в их транспредметности и интегральности, так как:

- повышают уровень знаний учащихся по нескольким предметам, который проявляется в глубине усваиваемых понятий, закономерностей за счет их многогранной интерпретации с использованием сведений интегрируемых наук: биологии, химии, физики, экологии;
- рассматривают учебный материал с позиции ведущих идей и достижений, устанавливают естественные взаимосвязи между изучаемыми проблемами;
- способствуют росту познавательного интереса учащихся, проявляемого в желании соединить работу на уроке, во внеурочное время и при подготовке к государственной аттестации;
- включают учащихся в творческую деятельность, результатом которой могут быть их собственные изобретения и исследования, являющиеся отражением личностного отношения к тем или иным явлениям и процессам.
- помогают сформировать научную картину мира с позиции естественнонаучных дисциплин.

Третий год применяем Программное обеспечение (ПО) LabQuest Application, устройство измерения и обработки данных (УИОД) LabQuest Vernier и ряд цифровых датчиков. Результаты работы были обобщены и были оформлены в виде пособия занятий по развитию исследовательских навыков.

В представленном пособии раскрываем возможности использования УИОД (устройство измерения и обработки данных) (фото 1) и датчика содержания кислорода (фото 2): на уроках при проведении лабораторных работ,

во внеклассной работе при написании учебно-исследовательских работ; при подготовке к ЕГЭ.

В пособие вошли следующие материалы:

1. Авторские методические разработки лабораторных работ:

✓ «Изучение каталитической активности каталазы в живых и вареных тканях» (Приложение №1);

✓ «Изучение влияния спектрального состава света на интенсивность фотосинтеза по количеству выделившегося кислорода» (Приложение № 2);

✓ «Изучение влияния интенсивности освещения на интенсивность фотосинтеза по количеству выделившегося кислорода» (Приложение № 3);

✓ «Изучение влияния температуры на интенсивность дыхания холоднокровных животных на примере майских жуков» (Приложение № 4);

✓ «Сравнение интенсивности дыхания теплокровных и холоднокровных животных» (Приложение №5);

✓ «Изучение дыхания проросших и не проросших семян на примере фасоли и пшеницы» (Приложение №6);

2. Отчеты по выполнению лабораторных работ и фотоотчет, демонстрирующий этапы проведения экспериментов (Приложение №7);

3. Исследовательские работы учащихся, выполненные с помощью AFST<sup>™</sup> и датчика содержания кислорода (Приложение № 8,9), а также презентации, сопровождающие публичную защиту данных работ (Приложение № 10,11).

3. Перечень тем исследовательских работ с использованием датчика кислорода (Приложение №12).

4. Подборка тренировочных заданий для подготовки к ЕГЭ по заявленным темам (Приложение №13).

## Методические рекомендации по использованию пособия

Устройство измерения и обработки данных LabQuest - это специализированное портативное электронно-вычислительное устройство, обладающее широкими функциональными возможностями. Предназначено для непосредственной автоматической цифровой обработки сигналов в режиме реального времени.

Устройство позволяет осуществлять операции аналогового и цифрового ввода-вывода сигналов с различных измерительных устройств (датчиков) и обмен данными с внешними устройствами. LabQuest может использоваться автономно (без подключения к ПК) или как интерфейс для ПК. Используя программно-аппаратный комплекс, учащиеся работают с информацией в разных видах ее отображения: график, таблица, цифровые данные. Лабораторные работы, проведенные с помощью цифровых датчиков, позволяют получить экспериментальные подтверждения теоретических основ биологии. При этом, результаты автоматизированы, освобождается время для обработки и анализа экспериментальных данных.

В 10 классе при изучении темы «Белки» была проведена лабораторная работа «Изучение каталитической активности каталазы в живых и вареных тканях». (*Приложение №1*). Данная работа посвящена изучению свойств одного из белков-ферментов - **каталазы**, а также определению факторов, влияющих на ее ферментативную активность. Фермент каталаза катализирует расщепление пероксида водорода ( $H_2O_2$ ) с образованием молекул воды и кислорода. Концентрация каталазы измерялась по скорости разложения пероксида водорода и по количеству кислорода, выделяемого в этой реакции. Количество кислорода определяли с помощью УИОД LabQuest Vernier и датчика содержания  $O_2$ .

При выполнении лабораторной работы учащиеся используют инструктивную карточку, в которой описан порядок работы с датчиком, общие сведения о ферментах, предложен бланк для выполнения отчета и вопросы для обсуждения (*Приложение №1*).

Из-за ограниченности времени рамками урока целесообразно проводить работу в группах с разными образцами растительных и животных тканей. Данные каждой группы заносятся в общую таблицу (Приложение № 1, фото 3-6).

На уроках физики учащиеся изучают уравнение идеального газа, которое можно воспользоваться при вычислении скорости протеканий реакции. На основании полученных величин составляется ряд активности ферментов, учащиеся делают выводы о количестве ферментов в разных образцах тканей, выявляются факторы, влияющие на работу этих белков. Таким образом, использование ЛЭК позволили интегрировать биологию и физику для получения метапредметных результатов.

Уравнение состояния идеального газа  $p \cdot V_M = R \cdot T$ . Преобразуя данную формулу, получили итоговую, по которой и производили вычисления количества выделившегося кислорода. Ниже представлены произведенные учащимися преобразования:

$$p \cdot V_M = R \cdot T, \text{ где:}$$

$p$ -давление,

$V_M$ - молярный объем,

$R$ - универсальная газовая постоянная, численно равная 8.31 Дж/(моль\*К)

$T$  - абсолютная температура, К

Из уравнения состояния идеального газа, представленного выше, нам известно, что:  $V_M = R \cdot T / p$

$$R = 8.31 \text{ Дж}/(\text{моль} \cdot \text{К})$$

$$T = 295 \text{ К}$$

$$P = 764 \text{ мм РТ.ст.} / 7.5 \sim 101.9 \text{ кПа}$$

$$V_M = 8.31 \cdot 295 / 101.9 = 24.06 \text{ л/моль}$$

---

Рассчитаем скорость выделения  $O_2$  по формуле:

$$U_{\text{ср}} = \frac{(n_2(O_2) - n_1(O_2))}{t \cdot V}$$

$$n_{\text{I}}(\text{BO}_3) = \frac{V}{V_M}$$

$$m_{\text{I}}(\text{BO}_3) = n_{\text{I}}(\text{BO}_3) / M_{\text{BO}_3} = \frac{V * M(\text{BO}_3)}{V_M}$$

$$m_{\text{I}}(\text{O}_2) = m(\text{BO}_3) * \omega_1 = \frac{V * M(\text{BO}_3) * \omega_1}{V_M}$$

$$n_{\text{I}}(\text{O}_2) = m(\text{O}_2) / M(\text{O}_2) = \frac{V * M(\text{BO}_3) * \omega_1}{M(\text{O}_2) * V_M}$$

$$m(\text{BO}_3 - \text{O}_2) = m(\text{BO}_3) - m(\text{O}_2) = \frac{V * M(\text{BO}_3)}{V_M} - \frac{V * M(\text{BO}_3) * \omega_1}{V_M} = \frac{V * M(\text{BO}_3) * (1 - \omega_1)}{V_M}$$

$$m_{\text{II}}(\text{BO}_3) = m(\text{BO}_3 - \text{O}_2) / (1 - \omega_2) = \frac{V * M(\text{BO}_3) * (1 - \omega_1)}{(1 - \omega_2) * V_M}$$

$$m_{\text{II}}(\text{O}_2) = m_{\text{II}}(\text{BO}_3) * \omega_2 = \frac{V * M(\text{BO}_3) * (1 - \omega_1) * \omega_2}{(1 - \omega_2) * V_M}$$

$$n_{\text{II}}(\text{O}_2) = m_{\text{II}}(\text{O}_2) / M(\text{O}_2) = \frac{V * M(\text{BO}_3) * (1 - \omega_1) * \omega_2}{M(\text{O}_2) * (1 - \omega_2) * V_M}$$

$$U_{\text{p. ср.}} = \left( \frac{V * M(\text{BO}_3) * (1 - \omega_1) * \omega_2}{M(\text{O}_2) * (1 - \omega_2) * V_M} - \frac{V * M(\text{BO}_3) * \omega_1}{M(\text{O}_2) * V_M} \right) * \frac{1}{V * t} = \frac{(\omega_2 - \omega_1)}{(1 - \omega_2)} * \frac{M(\text{BO}_3)}{t * M(\text{O}_2) * V_M}$$

Где t- время реакции,

$n_{\text{I}}$ - кол-во в-ва в начале реакции,

$n_{\text{II}}$ - кол-во в-ва по завершении реакции,

$M_{\text{BO}_3}$  - молярная масса воздуха, численно равная 29 г/моль

$M(\text{O}_2)$ -молярная масса кислорода, численно равная 32 г/моль

V-объем воздуха в колбе, численно равный 0,25 л

$\omega_1$ - массовая доля кислорода в воздухе в начале реакции,

$\omega_2$ - массовая доля кислорода в воздухе в конце реакции,

$V_M$ - молярный объем, численно равный 24,06 л/моль (расчеты выше)

m- масса вещества или смеси в-в

$$U_{\text{p. ср.}} = 0.000026 * ((w_2 - w_1) / (1 - w_2))$$

После выполнения лабораторной работы учащимся предлагаются вопросы и тематические КИМы по теме «Белки. Ферменты», предназначенные для подготовки к ЕГЭ и отработки данной темы (Приложение №13).

Особую сложность вызывает у старшеклассников изучение такой темы как «Фотосинтез» - одна из ключевых тем в биологии, так как процессы, происходящие в листьях растений, визуально невидимы, поэтому их трудно представить. Именно фотосинтез составляет основу энергообмена всей биосферы. Интенсивность фотосинтеза зависит от многих факторов: температуры окружающей среды, интенсивности освещения, содержания углекислого газа в воздухе.

Представленная лабораторная работа «Изучение влияния спектрального состава света на интенсивность фотосинтеза по количеству выделившегося кислорода» (*Приложение №2, Приложение № 5 фото 7,8*) изучает влияние красных, синих и зеленых лучей видимой части светового спектра на активность процессов фотосинтеза, а именно на количество выделившегося при этом кислорода. Интересно изучение данной темы на уроках биологии и физики, так как объяснять происходящих при фотосинтезе процессов необходимо с позиции этих наук. Учащиеся узнают, что растения не реагируют на ультрафиолетовые (коротковолновые) и инфракрасные (длинноволновые) лучи, а используют видимую часть солнечного спектра, при котором происходит фотосинтез. Поскольку выделение кислорода начинается не сразу, то возможно на уроке продемонстрировать результаты заранее подготовленного эксперимента или организовать работу в группах с использованием каждой группой одного из предложенных светодиодов.

Данные заносятся в таблицу «Бланка отчета», по полученным результатам строится график зависимости количества выделившегося кислорода от длины волны солнечного спектра. Здесь учащимся понадобятся знания, полученные на физике и химии о спектральном анализе видимой части солнечного спектра, его влиянии на хлорофилл растений.

Для обработки полученных результатов используется уравнение расчета скорости протекания реакций по количеству кислорода до и после проведения эксперимента.

Аналогично проводится лабораторная работа «Изучение влияния интенсивности освещения на скорость фотосинтеза по количеству выделившегося кислорода» (Приложение №3). Данная работа демонстрирует влияние на фотосинтетическую активность растений не только спектрального состава света, но и интенсивность освещения. Для этого используем настольные лампы разной мощностью: 40 Вт, 60 Вт, 100 Вт.

Результаты, полученные только при естественном освещении, помогут учащимся сделать выводы о сбалансированности процессов дыхания и фотосинтеза у растений.

Проверить и закрепить свои знания по теме «Фотосинтез» учащиеся могут, ответив на вопросы и решив тематические тесты (Приложение № 13).

Следующая лабораторная работа посвящена изучению дыхания — общее свойство всех живых организмов - «Изучение дыхания проросших и не проросших семян на примере фасоли и пшеницы» (Приложение №6). Клеточное дыхание относится к процессу преобразования химической энергии органических молекул в непосредственно потребляемую организмами форму. Глюкоза может полностью окисляться, если доступно достаточное количество кислорода. В зеленых частях растений обнаружить процесс дыхания сложно, поскольку на свету активно осуществляется процесс фотосинтеза — образование из углекислого газа и воды органических веществ. Демонстрация этого процесса, становиться возможным, используя датчик содержания кислорода. Изменение содержания кислорода наблюдали на семенах фасоли и пшеницы. Для этого изучалось дыхание у непроросших (сухих), набухших и проросших семенах. Кроме этого учащимся предлагается изучить зависимость между размерами семян, температурой прорастания и скоростью дыхания.

Возможно изучение дыхания и на примере животных: «Изучение влияния температуры на интенсивность дыхания холоднокровных животных на примере майских жуков» (Приложение №4) и «Сравнение интенсивности дыхания теплокровных и холоднокровных животных» (Приложение №5). Данные работы раскрывают взаимосвязь интенсивности дыхания и интенсивности

обмена веществ у холоднокровных (лягушки, майские жуки) и теплокровных организмов (хомячки, мыши).

Возможности ЛЭЖ были использованы и при написании учебно-исследовательских работ (*Приложения № 9,10*). Так, например, при написании одной из работ, мы предположили, что в листьях растений, растущих у дороги к осени накопится большое количество токсичных веществ выхлопных газов, которые приведут к разрушению ферментов листьев, и как следствие, к снижению активности каталазы. Проверке данной гипотезы посвящена работа «Активность фермента каталазы в листьях деревьев как биоиндикационный показатель загрязнения окружающей среды», «Изучение зависимости активности фермента каталазы в листьях деревьев от автотранспортной нагрузки в разных точках города Чайковский».

В ходе исследования было выявлено, что скорость выделения кислорода снижается в листьях деревьях, растущих на улицах с высокой автотранспортной нагрузкой. Таким образом, активность каталазы в тканях организмов может служить показателем степени загрязнения окружающей среды. Полученные в ходе исследования данные можно использовать для характеристики стрессоустойчивости деревьев к городским условиям с разным уровнем автотранспортной нагрузки и рекомендовать их для использования в озеленении улиц города и пришкольного участка (*Приложение №9*).

Об эффективности использования представленного материала можно судить по возможности трансляции предложенного опыта. Для этого заявленные методические разработки и пособия были апробированы в школе. Благодаря их использованию, учителя, начинающие осваивать AFS™, увидели перспективу использования данной лаборатории в своем предмете. В школе сформировалась команда творческих учителей естественнонаучного цикла, активно использующих современное оборудование.

Работая в НОЦ, который является Федеральной стажировочной площадкой, представила наработанный материал и провела серию мастер-класс для педагогов Южного куста Пермского края и Удмуртии. Разработки

лабораторных работ, методики исследовательских работ, были помещены на диск и переданы для пользования присутствующим учителям. Было отмечено, что представленный материал ценен и возможен для трансляции в других ОУ.

Результативность работы в этом направлении была отмечена Благодарственным письмом ГБУ ДПО «Институт развития образования Пермского края» за эффективную работу по внедрению и реализации в образовательной деятельности на старшей ступени инновационных форм, методов, механизмов индивидуализации образования.

Выполненные учащимися исследования и представленные результаты были высоко оценены членами жюри городской НПК и рекомендованы для участия на краевом уровне не только в секции «Биология», но и секциях «Химия» и «Физика» (2020-2023гг).

Возможности использования ЛЭК были продемонстрированы перед выпускниками 9 классов во время работы творческой мастерской на «Дне открытых дверей», муниципальной ярмарке учебных мест, муниципальной методической конференции «Метапредметность для школы и для жизни. Поиск ответов на актуальные вопросы».

В заключении важно отметить, что представленный материал может быть интересен и актуален для всех педагогов, культивирующих современные приемы и методы в своей деятельности, не зависимо от преподаваемого предмета. В поисках эффективных методов работы каждый учитель выбирает путь, который позволил бы повысить интерес к предмету, получить высокий результат обучения. Использование программно-аппаратного комплекса AFST™ позволяет «оживить» само содержание предмета, усилить его экспериментальную составляющую.

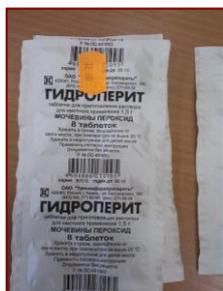
Лабораторный экспериментальный комплект AFST™ на основе цифровых средств обработки данных имеет широкие возможности (Приложение №13), поэтому работа по изучению возможностей лабораторного экспериментального комплекса будет продолжена с другими датчиками.

**Лабораторная работа №1.**  
**«Изучение каталитической активности каталазы**  
**в живых и вареных тканях»**

**Бланк отчета**

.....(ФИО, класс)

Фермент каталаза катализирует расщепление пероксида водорода ( $H_2O_2$ ) с образованием молекул воды и кислорода.  $2H_2O_2 = 2H_2O + O_2$ . Этот фермент находится в растительных и животных тканях.



**Ферменты (определение)–**

**Цель данной работы (глагольное существительное)–**

**Задачи (глаголы неопределенной формы):**

- 1.
- 2.
- 3.

**Проблема (вопрос, на который надо ответить в ходе эксперимента)**

**Объект изучения (предмет или явление, на которое направлено исследование)–**

**Предмет (сторона, свойство объекта)–**

**Номер пробы и какая ткань взята для опыта:**

**Скорость выделения  $O_2$  будем вычислять по формуле:**

**$U_p = (V_M * (\omega_2 - \omega_1) / t) / 100\%$  , где:**

$V_M$ - молярный объем, численно равный 22.4 л/моль,

$t$ - время проведения эксперимента,

$\omega_1$ - процентное содержание кислорода в воздухе в начале эксперимента,

$\omega_2$ - процентное содержание кислорода в воздухе в конце эксперимента

**Гипотезы (предполагаем, возможно):**

**Оборудование:**

## Результаты исследований и их объяснение:

*Таблица, отражающая количество кислорода до и после опыта*

№ пробы	Тип ткани	Содержание кислорода, %		разница показателей, %	№ порядка по активности
		до опыта	после опыта		
<b>Животные ткани</b>					
<b>1</b>	вареное мясо				
<b>2</b>	сырое мясо				
<b>3</b>	вареная рыба				
<b>4</b>	сырая рыба				
<b>5</b>	печень				
<b>6</b>	Яйцо сырое				
	Яйцо вареное				
<b>Растительные ткани</b>					
<b>5</b>	вареный картофель				
<b>6</b>	сырой картофель				
<b>7</b>	вареная капуста				
<b>8</b>	сырая капуста				
<b>9</b>	сырая морковь				
<b>10</b>	вареная морковь				
<b>11</b>	сырая свекла				
<b>12</b>	вареная свекла				

**Сделайте вывод об активности и содержании ферментов, ответив на следующие вопросы:**

1. В каких тканях – растительных или животных – активнее ферменты?
2. В каких тканях – сырых или вареных – активнее ферменты? Как вы объясните результат?
3. Какие факторы влияют на активность ферментов?

**Домашнее задание: ответьте на вопросы ЕГЭ части С:**

1. Что из себя представляют ферменты?
2. Каково значение ферментов? Назовите области применения ферментов.
3. Подумайте, почему перексид водорода используют для дезинфекции ран, ссадин и полости рта.
4. В чем заключается специфичность действия ферментов?
5. В чем заключается нейрогуморальная регуляция выделения желудочного сока?

## Инструктаж по выполнению лабораторной работы

### «Изучение каталитической активности каталазы в живых и вареных тканях»

**Введение.** В клетке постоянно идут тысячи реакций. Если смешать в пробирке органические и неорганические вещества точно в тех же соотношениях, что и в живой клетке, но без ферментов, то почти никаких реакций с заметной скоростью идти не будет. Именно благодаря ферментам реализуется генетическая информация и осуществляется весь обмен веществ. Во всех живых организмах постоянно протекают химические реакции синтеза и распада. Все они сопровождаются особыми химическими веществами – ферментами. Ферменты являются глобулярными белками и действуют как катализаторы — вещества, ускоряющие химические реакции. При этом ферменты не разрушаются и не видоизменяются. Ферменты чрезвычайно эффективны и могут использоваться много раз. Один фермент может катализировать тысячи реакций в каждую секунду.

Изучение свойств ферментов чрезвычайно актуально в последнее время, так как они получили большую популярность во многих отраслях народного хозяйства. Применение ферментных препаратов в ряде отраслей промышленности обеспечивает значительное ускорение технологических процессов, улучшает качество и повышает сортность продуктов, снижает расход сырья, увеличивает выход готовой продукции, улучшает условия труда, повышает его производительность и в ряде производств позволяет перевести технологические процессы на непрерывный поток.

К настоящему времени известно более 2 тыс. ферментов, и их количество продолжает расти. Многие из них выделены из живых клеток и получены в чистом виде.

Данная работа посвящена изучению свойств одного из ферментов - **каталазы**, а также определению факторов, влияющих на ее ферментативную активность. Фермент каталаза катализирует расщепление пероксида водорода ( $H_2O_2$ ) с образованием молекул воды и кислорода.  $2H_2O_2 = 2H_2O + O_2$

Активность каталазы измерялась по скорости разложения пероксида водорода и по количеству кислорода, выделяемого в этой реакции. Количество кислорода определяли с помощью УИОД LabQuest Vernier - устройства измерения и обработки данных и датчика содержания  $O_2$

В начале каталитической реакции не происходит выделения продуктов и концентрация кислорода такая же, как и в атмосфере. Через короткий промежуток времени начинает выделяться кислород с постоянной скоростью. Концентрация кислорода увеличивается прямо пропорционально времени реакции.

По мере разложения пероксида водорода все меньшее его количество может вступать в реакцию, в результате  $O_2$  выделяется с меньшей скоростью.

**Оборудование:** УИОД - устройство измерения и обработки данных, ПО LabQuest App, датчик содержания  $O_2$ , 3 пробирки (18×150 мм), колба (250 мл, входит в комплектацию датчика)

**Реактивы:** 3 %-ный раствор пероксида водорода  $H_2O_2$  (20 мл), дистиллированная вода (20 мл)

Суспензия, содержащая каталазу (50 мл) или навеска тканей

#### Выполнение работы

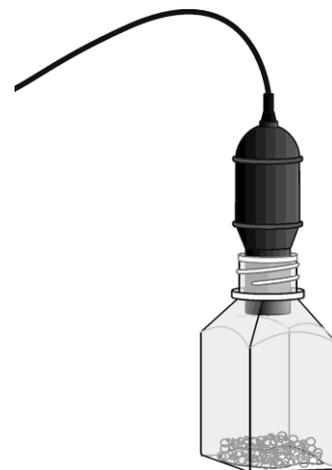
1. Ознакомьтесь с общими правилами техники безопасности проведения практических работ в кабинете биологии.

2. Подготовьте датчик содержания  $O_2$  для проведения опыта.

3. Подключите датчик к УИОД. В меню **Файл** выберите пункт

**Новый**. Если все сделано правильно, датчик определится автоматически, и на экране устройства вы увидите показания датчика.

4. Измените **Частоту** замеров датчика на 0,2 Гц и **Время эксперимента** на 180 с.



5. Установите три пробирки в штативе и обозначьте их цифрами 1, 2 и 3. В каждую пробирку прилейте 5 мл 3 %-ного раствора  $\text{H}_2\text{O}_2$  и 5 мл воды.
6. Начните реакцию катализации. Для этого:
- используя чистую пипетку, добавьте 5 капель суспензии в пробирку № 1;
  - начните отсчет времени, используя секундомер или часы;
  - закройте пальцем отверстие пробирки и дважды переверните ее;
  - влейте содержимое пробирки в чистую колбу;
  - поместите датчик содержания  $\text{O}_2$  в колбу до упора, как показано на рисунке. Датчик должен герметично закрывать колбу, причем это можно сделать без особого усилия;
  - через 30 с запустите процесс измерения. Нажмите кнопку . Сбор данных прекратится автоматически через 180 с.
7. После завершения первого опыта аккуратно удалите датчик содержания  $\text{O}_2$  из колбы. Промойте колбу водой и вытрите бумажной салфеткой.
8. Подберите оптимальную прямую линию, отображающую начальную скорость реакции (угловой коэффициент):
- в меню **Анализ** выберите пункт **Подбор кривой**;
  - в элементе управления **Тип функции** выберите пункт **Линейная**. Если все сделано правильно, рядом с графиком зависимости концентрации кислорода от времени будет построена прямая линия;
  - подтвердите выбор прямой;
  - запишите в таблицу отчета значение углового коэффициента  $m$  для данного графика.
9. Сохраните экспериментальные данные. Нажмите кнопку .
10. Повторите опыт, используя пробирки № 2 и 3:
- добавьте 10 капель раствора, содержащего фермент, в пробирку № 2. Повторите пп. 6—9;
  - добавьте 20 капель раствора, содержащего фермент, в пробирку № 3. Повторите пп. 6—8.
11. Постройте все три графика зависимости на одной координатной плоскости. Для этого в правом углу экрана нажмите кнопку **Все опыты (All Runs)**.
12. Распечатайте полученный результат. Для этого в меню **Файл** выберите пункт **Печать**, затем пункт **График**. Подпишите графики.
13. Сравните полученные результаты. Ответьте на контрольные вопросы.
14. Сделайте вывод и заполните бланк отчета.

## Лабораторная работа №2

### «Изучение влияния спектрального состава света на интенсивность фотосинтеза по количеству выделившегося кислорода»

#### Бланк отчета

.....(ФИО, класс)

#### Оборудование:



**Фотосинтез** (*определение*)–

**Условия, влияющие на протекание фотосинтеза**

**Фазы фотосинтеза и их главные результаты**

**Цель данной работы** (*глагольное существительное*)–

**Задачи** (*глаголы неопределенной формы*):

- 1.
- 2.
- 3.

**Проблема** (*вопрос, на который надо ответить в ходе эксперимента*)

**Объект изучения** (*предмет или явление, на которое направлено исследование*)–

**Предмет** (*сторона, свойство объекта*)–

**Номер пробы и какая ткань взята для опыта:**

**Гипотезы** (*предполагаем, возможно*):

- 1.

**Рассчитайте скорость выделения  $O_2$  по формуле:**

$$U_p = (V_M * (\omega_2 - \omega_1) / t) / 100\% , \text{ где:}$$

$V_M$ - молярный объем, численно равный 22.4 л/моль,

$t$ - время проведения эксперимента,

$\omega_1$ - процентное содержание кислорода в воздухе в начале эксперимента,

$\omega_2$ - процентное содержание кислорода в воздухе в конце эксперимента.

Заполните таблицу

Номер группы	Солнечный спектр	Количество выделившегося кислорода	Скорость протекания реакции	Номер в ряду фотосинтетической активности
Группа №2	освещение настольной лампой + <b>красные лучи</b>			
Группа №3	освещение настольной лампой + <b>синие лучи</b>			
Группа №4	освещение настольной лампой + <b>зеленые лучи</b>			

**Постройте график зависимости количества выделившегося кислорода от длины световой волны**



**Ряд фотосинтетической активности в зависимости от спектрального состава света**

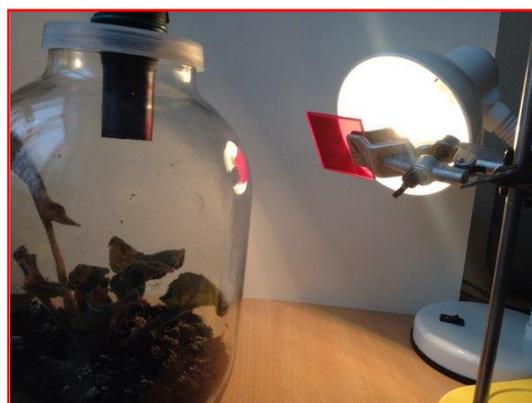
*(от наименьшего к наибольшему)*

**Вывод**

**Инструктаж по выполнению лабораторной работы**

**«Изучение влияния спектрального состава света**

**на интенсивность фотосинтеза по количеству выделившегося кислорода»**



В основе изучения зависимости фотосинтезирующей активности растений от длины световой волны лежит метода определения количества выделившегося кислорода с помощью датчика кислорода.

### Оборудование

- УИОД – устройство для измерения и обработки данных (Приложение 1, фото №1)
- Программное обеспечение LabQuest App
- Датчик содержания O<sub>2</sub>
- Красные, синие, зеленые светофильтры
- Трехлитровая банка с посаженным растением

### Ход работы

11. Ознакомьтесь с общими правилами техники безопасности проведения практических работ в кабинете биологии.
12. Подготовьте датчик содержания O<sub>2</sub> для проведения опыта.
13. Подключите датчик к УИОД. В меню **Файл** выберите пункт **Новый**. Если все сделано правильно, датчик определится автоматически, и на экране устройства вы увидите показания датчика.
14. Измените **Частоту** замеров датчика на 1 Гц и **Время эксперимента** на 360 с.
15. Расставьте банки и обозначьте их цифрами 1, 2 и 3 согласно схеме опыта (таблица 1).
16. Подключите светодиоды.
17. Поместите датчик содержания O<sub>2</sub> в колбу до упора, как показано на рисунке. Датчик должен герметично закрывать банку, причем это можно сделать без особого усилия.
18. Через 30 с запустите процесс измерения. Нажмите кнопку . Сбор данных прекратится автоматически через 360 с. Задайте время проведения эксперимента.
19. Заполните таблицу и сравните полученные результаты, сделайте выводы об интенсивности фотосинтеза, постройте график зависимости количества выделившегося кислорода в зависимости от длины волны.

### Общие сведения о фотосинтезе

Зеленые части растений обладают способностью к фотосинтезу. В процессе фотосинтеза используется световая энергия для преобразования углекислого газа и воды в углеводы и другие органические соединения, при этом выделяется кислород. Этот процесс можно записать в виде реакции



Фотосинтез происходит в хлоропластах — органоидах растительной клетки, которые содержат хлорофилл — зеленый растительный пигмент, способный улавливать световую энергию и преобразовывать ее в энергию АТФ. Благодаря процессу фотосинтеза в атмосфере Земли накопился свободный кислород, который в дальнейшем стал использоваться аэробными организмами для процесса дыхания.

### **История изучения интенсивности фотосинтеза**

Впервые интенсивность фотосинтеза в различных лучах спектра исследовал физик В. Добени, показавший в 1836г., что скорость фотосинтеза в зеленом листе зависит от характера лучей. Методические погрешности при проведении эксперимента привели его к неправильным выводам. Ученый поместил отрезок побега элодеи в пробирку с водой срезом вверх, освещал пробирку, пропуская солнечный свет через цветные стекла или окрашенные растворы, и учитывал интенсивность фотосинтеза по количеству пузырьков кислорода, отрывающихся с поверхности среза за единицу времени. Добени пришел к выводу, что интенсивность фотосинтеза пропорциональна яркости света, а наиболее яркими лучами в то время считались желтые. Этой же точки зрения придерживался и Джон Дрепер (1811–1882), который изучал интенсивность фотосинтеза в различных лучах спектра, испускаемых спектроскопом.

Роль хлорофилла в процессе фотосинтеза доказал выдающийся российский ботаник и физиолог растений К.А. Тимирязев. Проведя в 1871–1875 гг. серию опытов, он установил, что зеленые растения наиболее интенсивно поглощают лучи красной и синей части солнечного спектра, а не желтые, как это считалось до него. Поглощая красную и синюю часть спектра, хлорофилл отражает зеленые лучи, из-за чего и кажется зеленым.

Поглощенная хлорофиллом световая энергия принимает участие в реакциях первого и второго этапов фотосинтеза; реакции третьего этапа являются темновыми, т.е. происходит без участия света. Измерения показали, что процесс восстановления одной молекулы кислорода требует минимум восьми квантов световой энергии. Таким образом, максимальный квантовый выход фотосинтеза, т.е. число молекул кислорода, соответствующее одному кванту поглощенной растением световой энергии, составляет  $1/8$ , или 12,5%.

**Объяснение механизма фотосинтеза.** Р. Эмерсон с сотрудниками определили квантовый выход фотосинтеза при освещении растений монохроматическим светом различной длины волны. При этом установлено, что выход остается постоянным на уровне 12% в большей части видимого спектра, но резко снижается вблизи дальней красной области. Это снижение у зеленых растений начинается при длине волны 680 нм. При длине больше 660 нм свет поглощает только хлорофилл *a*; хлорофилл *b* имеет максимум поглощения света при 650 нм, а при 680 нм практически свет не поглощает. При длине волны больше, чем 680 нм, квантовый выход фотосинтеза может быть доведен до максимальной величины 12% при условии, что

растение одновременно будет освещаться также светом с длиной волны 650 нм. Иначе говоря, если свет, поглощаемым хлорофиллом *a* дополняется светом, поглощаемый хлорофиллом *b*, то квантовый выход фотосинтеза достигает нормальной величины. Усиление интенсивности фотосинтеза при одновременном освещении растения двумя лучами монохроматического света различной длины волны по сравнению с его интенсивностью, наблюдаемой при раздельном освещении этими же лучами, получило название *эффекта Эмерсона*. У зеленых растений такими вспомогательными пигментами являются каротиноиды и хлорофилл *b*, у красных водорослей – каротиноиды и фикоэритрин, у синезеленых – каротиноиды и фикоцианин, у бурых водорослей – каротиноиды и фукоксантин.

Позже было обнаружено, что хлорофилл *a* присутствует в живой клетке в виде форм с различными спектрами поглощения и различными фотохимическими функциями. Одна форма хлорофилла *a*, максимум поглощения у которой соответствует длине волны 700 нм, принадлежит к пигментной системе, получившей название *фотосистема I*, вторая форма хлорофилла *a* с максимумом поглощения 680 нм, принадлежит к фотосистеме II. В растениях была открыта фотоактивная пигментная система, особенно сильно поглощающая свет в красной области спектра. Она начинает действовать уже при ничтожной освещенности. Кроме того, известна и другая регуляторная система, которая избирательно поглощает и использует для фотосинтеза синий цвет. Эта система работает при достаточно сильном свете.

Установлено также, что фотосинтетический аппарат одних растений в значительной степени использует для фотосинтеза красный свет, других – синий.

## Лабораторная работа №3

### «Изучение влияния температуры на интенсивность дыхания холоднокровных животных на примере майских жуков»

Всех животных по отношению к температуре окружающей среды делят на две группы: *гомойотермные* (теплокровные) животные и *пойкилотермные* (холоднокровные) животные. У них существует зависимость между температурой окружающей среды и интенсивностью обмена веществ. Проследить изменение интенсивности обмена веществ у холоднокровных организмов можно, наблюдая за интенсивностью их дыхания. Дыхание — это процесс обмена веществ, при котором сложные органические вещества, в том числе углеводы, распадаются. При аэробных условиях в результате дыхания образуется углекислый газ, вода и выделяется химическая энергия:



**Цель данной работы** (глагольное существительное)

**Задачи** (глаголы неопределенной формы)

**Проблема** (вопрос, на который надо ответить в ходе эксперимента)

**Объект изучения** (предмет или явление, на которое направлено исследование)

**Предмет** (сторона, свойство объекта)

**Гипотезы** (предполагаем, возможно)

**Оборудование:**



#### Результаты исследований и их объяснение

Таблица, отражающая количество кислорода при дыхании у майских жуков

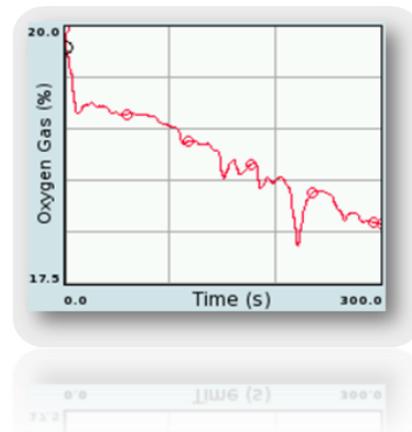
Номер пробы	насекомое	содержание кислорода до опыта	содержание кислорода после опыта	разница	ряд активности
<i>Интенсивность дыхания жуков при комнатной температуре</i>					
1.					
<i>Интенсивность дыхания жуков под настольной лампой</i>					
4.					

**Вывод:**

1. При какой температуре скорость поглощения кислорода была наибольшей?
2. Как это связано с внутренней температурой тела холоднокровных организмов?
3. Как влияет температура на интенсивность дыхания майских жуков? Как это соотносится с вашим прогнозом?
4. Какие факторы могут повлиять на результаты данного опыта? Что бы вы предложили для их устранения?

## Лабораторная работа №4

### «Сравнение интенсивности дыхания теплокровных и холоднокровных животных на примере хомячков и лягушек»



У холоднокровных животных (земноводные, пресмыкающиеся) температура тела зависит от температуры окружающей среды, и они для увеличения своей внутренней температуры и интенсивности обмена веществ нуждаются в получении тепловой энергии от окружающей среды. Как только внутренняя температура их тела повышается, они становятся способными быстрее преобразовывать питательные вещества в ходе метаболизма и вырабатывать необходимую им энергию.

**Цель данной работы** (глагольное существительное)–

**Задачи** (глаголы неопределенной формы):

**Проблема** (вопрос, на который надо ответить в ходе эксперимента)

**Объект изучения** (предмет или явление, на которое направлено исследование)

**Предмет** (сторона, свойство объекта)

**Гипотезы** (предполагаем, возможно):

**Оборудование:**

#### Результаты исследований и их объяснение:

Номер пробы	животное	содержание кислорода до опыта		содержание кислорода после опыта	разница	ряд активности
<i>Интенсивность дыхания хомячков при комнатной температуре</i>						
1						
<i>Интенсивность дыхания лягушек при комнатной температуре</i>						
3.						

#### **Выводы:**

1. В какой пробе содержание уменьшилось? Почему?
2. Кто дышит интенсивнее?
3. Что произошло с графиками при увеличении температуры окружающей среды?
4. Почему змеи весной выползают на дорогу?
5. Почему земноводные и пресмыкающиеся на зиму впадают в спячку?

## Лабораторная работа №5.

### «Изучение дыхания проросших и не проросших семян на примере фасоли и пшеницы»



Дыхание — общее свойство всех живых организмов. Клеточное дыхание относится к процессу преобразования химической энергии органических молекул в непосредственно потребляемую организмами форму. Глюкоза может полностью окисляться, если доступно достаточное количество кислорода. Этот процесс можно выразить уравнением:



Растения, как и животные, используют дыхание для получения энергии. Однако в зеленых частях растений обнаружить процесс дыхания сложно, поскольку на свету активно осуществляется процесс фотосинтеза — образование из углекислого газа и воды органических веществ. Вместе с тем в корнях, плодах, семенах растений процесс дыхания легко обнаружить.

**Цель данной работы** (*глагольное существительное*)—

**Задачи** (*глаголы неопределенной формы*):

- 1.
- 2.
- 3.

**Проблема** (*вопрос, на который надо ответить в ходе эксперимента*)

**Объект изучения** (*предмет или явление, на которое направлено исследование*)

**Предмет** (*сторона, свойство объекта*)

**Гипотезы** (*предполагаем, возможно*)

**Оборудование:**

## Результаты исследований и их объяснение:

Таблица, отражающая количество кислорода в проросших и не проросших семенах при разной температуре

Номер пробы	растение	содержание кислорода до опыта	содержание кислорода после опыта	разница	ряд активности
1.	сухие семена фасоли				
2.	набухшие семена фасоли				
3.	проросшие семена фасоли				
4.	сухие семена пшеницы				
5.	набухшие семена пшеницы				
6.	проросшие семена пшеницы				

### Вывод:

1. Происходит ли в семенах клеточное дыхание перед прорастанием?
2. Дышат ли сухие семена?
3. Влияют ли размеры семян на интенсивность дыхания?
4. Есть ли подтверждение того, что в горошинах происходило клеточное дыхание?
5. Какое действие оказывает прорастание на интенсивность клеточного дыхания у семян?
6. Почему в проросших горошинах происходит клеточное дыхание?
7. Как температура влияет на дыхание семян?

## Фотоотчет по использованию лабораторного экспериментального комплекса

*Фото 1. УИОД - устройство измерения и обработки данных LabQuest*



*Фото 2. Датчик содержания кислорода*



*Фото 3. Определение содержания кислорода в пробе с сырой капустой*



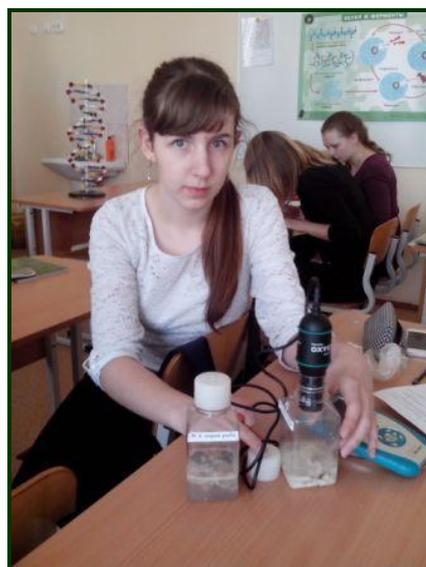
*Фото 4. Определение содержания кислорода в пробе с вареным мясом*



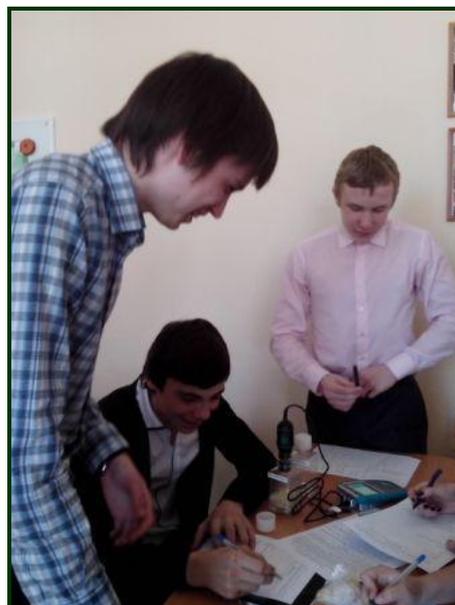
*Фото 5. Определение содержания кислорода в пробе с вареным и сырым картофелем*



*Фото 6. Сравнение содержания кислорода в пробе с вареной и сырой рыбой*



*Фото 6. Определение активности ферментов во фруктах*



*Фото 7. Определение содержания кислорода при фотосинтезе*



*Фото 8. Сохранение результатов исследований в УИОД*

