



ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ ПО БИОЛОГИИ

Цифровая лаборатория Архимед 4.0

Лабораторные работы по биологии

Содержание

Введение.....	5
1. Лабораторная работа «Потеря воды наземными растениями. Испарение»	6
2. Лабораторная работа «Ток воды в побегах и листьях наземных растений. Определение скорости подъема воды по ксилеме листа растения»	10
3. Лабораторная работа «Ток воды в побегах и листьях наземных растений. Определение скорости всасывания растениями воды из колбы»	12
4. Лабораторная работа «Измерение скорости фотосинтеза с помощью датчиков давления»	15
5. Лабораторная работа «Измерение скорости фотосинтеза с помощью датчика кислорода»	19
6. Лабораторная работа «Влияние интенсивности света на скорость фотосинтеза»	22
7. Лабораторная работа «Исследование влияния освещенности на скорость фотосинтеза с помощью датчиков кислорода»	26
8. Лабораторная работа «Влияние концентрации CO ₂ на скорость фотосинтеза»	30
9. Лабораторная работа «Интенсивность дыхания прорастающих семян».....	34
10. Лабораторная работа «Биологический катализ. Разложение H ₂ O ₂ в присутствии энзима каталазы»	38
11. Лабораторная работа «Воздействие энзимов на пищу: разложение яичного белка в присутствии фермента пепсина»	42
12. Лабораторная работа «Процесс скисания молока».....	46
13. Лабораторная работа «Спиртовое брожение в дрожжах»	49
14. Лабораторная работа «Теплокровные и холоднокровные животные»	53
15. Лабораторная работа «Нарушение кровообращения при наложении жгута»	56
16. Лабораторная работа «Выделительная и терморегуляторная функция кожи» ...	58
17. Лабораторная работа «Регуляция температуры тела человека – потеря тепла потоотделением: измерение потеряннного тепла на кончиках пальцев»	61
18. Лабораторная работа «ЭКГ и дыхание в спокойном состоянии и после физических упражнений»	64
19. Лабораторная работа «Исследование влияния городских зеленых зон на температуру и относительную влажность окружающей среды»	69
20. Лабораторная работа «Влияние естественной вентиляции (аэрации) на климат внутри помещения»	72
21. Лабораторная работа «Определение абиотических условий под камнями с помощью датчиков температуры и освещенности»	74
22. Лабораторная работа «Определение абиотических условий под камнями с помощью датчиков температуры и влажности»	77

Введение

Цифровые лаборатории «Архимед» – новое поколение школьных естественнонаучных лабораторий для проведения лабораторных работ, демонстраций, исследований в области физики, биологии и химии. В отличие от предыдущих версий, основой лаборатории Архимед 4.0 является портативный специализированный регистратор данных USB Link. USB Link – это мощный и, в то же время, очень маленький и простой интерфейс датчиков, который можно подключить к USB-порту любого компьютера.

Комплект документации, который вы получаете в составе лаборатории «Архимед» по биологии, содержит две книги.

1. Справочное пособие включает в себя следующие разделы:

- руководство пользователя USB Link – специализированного регистратора данных;
- руководство пользователя MultiLab – расширенной версии программы, предназначенной для настольного компьютера;
- описание датчиков лаборатории.

2. Описание экспериментов по биологии. Эта книга сейчас перед вами. Описание каждого эксперимента содержит:

- краткую информацию об изучаемом явлении и цель лабораторной работы;
- оборудование и материалы;
- схему установки;
- порядок подготовки эксперимента;
- порядок проведения эксперимента;
- методику анализа полученных данных;
- дополнительные задания.



Внимание! Перед тем как приступать к проведению экспериментов, обязательно прочитайте Справочное пособие! Обратите особое внимание на методы обработки и анализа данных, изложенные в главе «Руководство пользователя программы MultiLab» в разделах «Отображение данных» и «Анализ данных».

Правила подключения датчиков

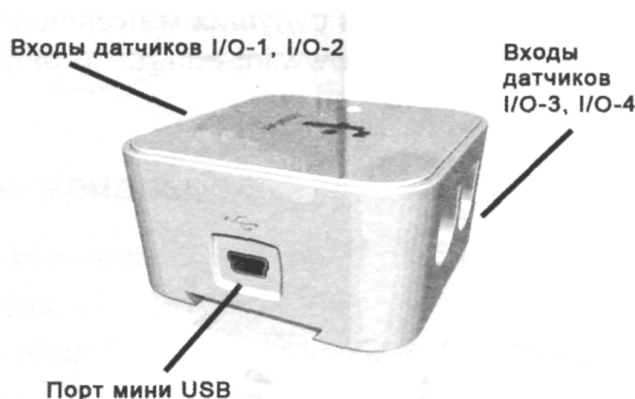


Рисунок 1. Внешние соединения регистратора данных USB Link

1. Входы для подключения датчиков

Разъёмы Входа/Выхода (I/O) датчиков обозначены на корпусе USB Link соответственно как I/O-1, I/O-2, I/O-3 и I/O-4. Эти разъёмы предназначены для подключения датчиков.

Все 4 разъёма можно задействовать одновременно.

Чтобы подключить датчик к регистратору данных USB Link, необходимо использовать один из кабелей mini-din. Один конец кабеля вставляют в разъём регистратора данных – стрелкой вверх, а другой конец кабеля вставляют в датчик – стрелкой вниз.

Если используется только один датчик, его следует подключить к входу 1. Если используются два датчика, их подключают к разъёмам 1 и 2, и так далее.

Примечание

Перед подключением кабеля mini-din к регистратору данных или к датчикам, необходимо удостовериться в том, что штекеры сориентированы правильно, в противном случае контакты разъёмов могут быть повреждены.

2. Разъём мини USB для подключения к компьютеру

Чтобы установить USB соединение между регистратором данных и компьютером, нужно подключить разъём USB Тип В к регистратору данных USB Link и разъём USB Тип А – к компьютеру.

Электропитание регистратора данных USB Link

При подключении к компьютеру через кабель мини USB, регистратор данных USB Link начинает получать электропитание от компьютера через его USB порт. При этом для работы регистратора данных не требуется никакого внешнего источника питания. После установления USB соединения регистратор начинает работать и на его корпусе загорается зелёный светодиодный индикатор питания.

Примечание

При установлении USB соединения с ноутбуком, работающим от аккумулятора, он будет разряжаться гораздо быстрее, чем при обычном режиме работы.

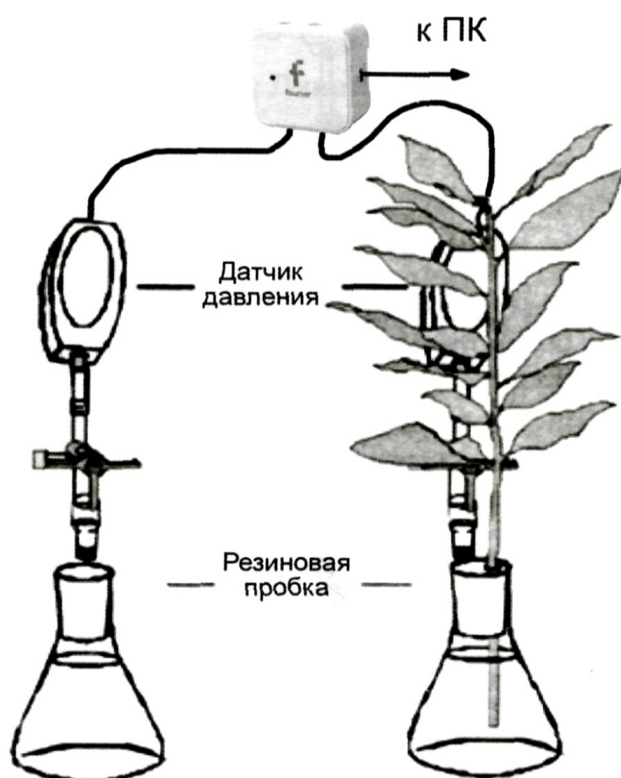
Описанные в этой книге эксперименты, безусловно, не исчерпывают возможностей цифровой лаборатории «Архимед». Учитель вместе со своими учениками может разработать другие, еще более интересные лабораторные работы. Мы приглашаем вас к сотрудничеству: присылайте нам описания ваших исследований, уроков, файлы своих проектов – и вы станете соавторами будущих методических пособий и страничек веб-сайта лаборатории «Архимед» (<http://www.int-edu.ru/> в разделе Каталог/цифровые лаборатории). Наш адрес: int@int-edu.ru

1. Лабораторная работа «Потеря воды наземными растениями. Испарение»*

Более 90 % воды, забираемой из земли корнями растений, в конечном итоге попадают в атмосферу. Большая ее часть испаряется с поверхности листьев. Количество воды в растениях непрерывно пополняется – благодаря своим уникальным смачивающим свойствам вода поступает по капиллярным каналам от корней к листьям через ксилему, основную водопроводящую ткань растений.

В этом эксперименте степень испарения оценивается по количеству воды, поглощенной побегом растения, срез которого помещен в закрытый сосуд, заполненный водой. «Высасывание» воды из закрытого сосуда приводит к тому, что давление воздуха над поверхностью воды снижается. Таким образом, об изменении объема воды можно судить по изменению давления воздуха над ней.

Схема экспериментальной установки





Оборудование и материалы

- Персональный компьютер
- Регистратор данных USB Link
- Датчик давления (2 шт.)
- Соединительные провода для датчиков
- Штатив для крепления датчиков
- Трехходовый кран (2 шт.)
- Колба лабораторная (250 мл) с резиновой пробкой (2 шт.)

* Если в школе есть цифровые лаборатории по физике, можно воспользоваться датчиками давления, которые входят в комплект.

5. Начинайте регистрацию данных. Для этого нажмите кнопку **Пуск**  на панели инструментов MultiLab. Показания датчиков будут отображаться на экране в виде графика.
6. В ходе эксперимента следите за изменением давления в сосудах.
7. Остановите регистрацию, нажав кнопку **Стоп**  на панели инструментов MultiLab.
8. Сохраните полученные результаты, нажав кнопку **Сохранить** .

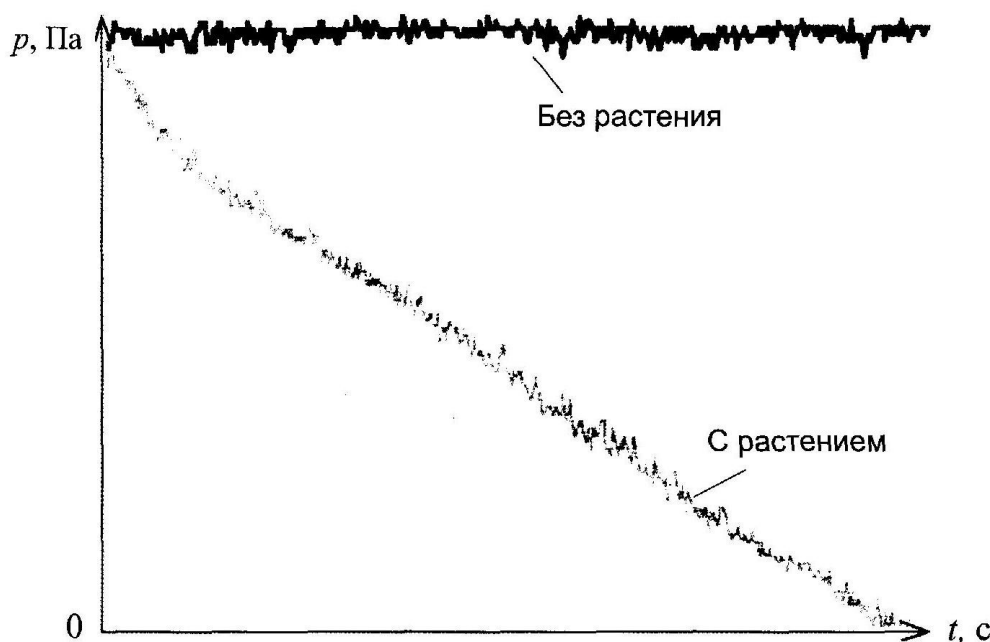
Анализ результатов эксперимента

1. Если график оказался слишком «шумным», то есть искаженным помехами, рекомендуем выполнить его сглаживание. Для этого нажмите на панели инструментов графика кнопку **Сгладить** .
2. Чтобы оценить эффект испарения, сравните графики давления в сосуде с растением и в контрольном сосуде (без растения). Постройте при помощи *Мастера анализа* график разности давлений.
3. Найдите скорость испарения. Выделите двумя курсорами участок графика, соответствующий спуску, и в меню **График** выберите команду **Отрезать**. Затем нажмите на главной панели инструментов кнопку **Линейное приближение** .

В окне графика появится график, представляющий собой линейную аппроксимацию выбранного участка графика, а на панели под окном графика – формула, соответствующая этому графику.

Наклон построенной прямой, то есть коэффициент при линейном члене в полученной формуле, дает значение скорости испарения.

Пример графика, построенного в этом эксперименте:



Вопросы

1. Почему в данном эксперименте необходим контрольный сосуд с водой?
2. Каково влияние света на скорость всасывания воды в эксперименте? Будет ли в темноте скорость меняться так же, как на свету?
3. Каким образом повышение влажности повлияет на скорость всасывания воды? Поясните свой ответ.

4. Почему в этом эксперименте используется растение с большой поверхностью листьев?
5. Как повлияет покрытие вазелином нижней части листьев на процесс испарения?

Дополнительные задания

1. Разработайте схему эксперимента для изучения влияния света на скорость потери воды растением.
2. Изучите, как влияют ветер и влажность на скорость всасывания воды.
3. Изучите, как влияет покрытие листьев вазелином на скорость всасывания воды.
4. Изучите, как влияет площадь поверхности листьев на скорость потери воды. Выбирайте растения с разным числом листьев разного размера.

2. Лабораторная работа «Ток воды в побегах и листьях наземных растений».

Определение скорости всасывания растениями воды из колбы

Вода поглощается корнями растений из почвы и распределяется по всему растению. Этот ток воды называется транспирацией. Разные факторы участвуют в подъеме воды против силы тяжести.

Корневое и осмотическое давление. Вода поступает в корневые клетки благодаря осмотическому давлению, создаваемому разницей в содержании воды внутри корневых клеток и в окружающей почве. Под действием осмотического давления вода двигается вверх по растению за счет ее неодинакового содержания в нижних и верхних частях растения.

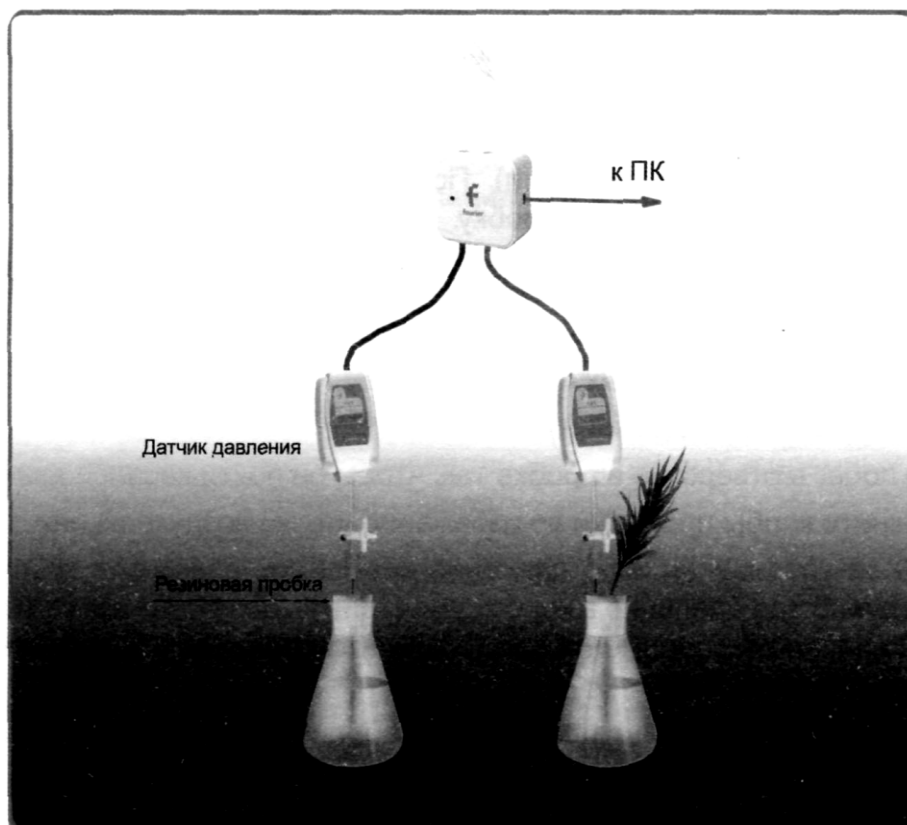
Капиллярные силы. В узких трубках вода поднимается, преодолевая силу тяжести, с помощью капиллярных сил. Капиллярные силы становятся заметными при движении воды в очень узких трубках, например по ксилемным сосудам растений. В этом случае движение воды по ним является результатом противодействия двух сил и возникает, когда силы прилипания молекул воды к поверхности стенки сосуда преобладают над силами взаимного притяжения между молекулами воды.

Тяга, вызванная испарением. Это основная движущая сила транспорта воды по растению. Вода испаряется с листьев через устьица, что понижает ее содержание в этой части растения. В результате осмотического давления, вода потечет к устьицам.

CO₂, необходимый для фотосинтеза, попадает в листья через устьица. Интенсивнее всего фотосинтез происходит в дневное время, при этом устьица раскрываются для поглощения CO₂. Это приводит к увеличению потери воды во внешнюю среду.

Более 90% воды, поглощенной корнями, в конечном счете испаряется растением в атмосферу.

Схема экспериментальной установки



Оборудование и материалы

- Персональный компьютер
- Регистратор данных USB Link
- Датчики давления (2 шт.)
- Колба лабораторная, 250 мл (2 шт.)
- Побег или куст сельдерея
- Трехходовые краны (3 шт.)
- Силиконовые трубки (4 шт.)
- Медицинская игла № 23 (2 шт.)

Подготовка эксперимента


1. Запустите программу MultiLab.
2. Подсоедините один датчик давления к **Входу 1 (I/O-1)**, другой к **Входу 2 (I/O-2)** регистратора данных USB Link.
3. Смонтируйте оборудование, как указано выше на схеме экспериментальной установки.

Иглу от шприца пропустите через пробку насквозь. К ее верхнему концу присоедините через короткую силиконовую трубку трехходовый кран. К крану через другую силиконовую трубку подсоедините датчик давления. Установите кран так, чтобы он открывался вертикально. В этом положении воздух проходит через кран. Чтобы перекрыть проход воздуху, поверните кран так, чтобы отверстие оказалось горизонтальным.

4. Нажмите кнопку **Настройка регистратора**  на основной панели инструментов программы MultiLab и установите параметры измерения регистратора:

Частота:	Каждую секунду
Замеры:	2000

Проведение эксперимента

1. Проводите эксперимент в хорошо проветриваемом помещении. Если можно, поместите установку поближе к окну.
2. Выберите побег или куст с большой поверхностью листьев (много мелких листьев или растение с большими листьями). Поверхность стебля должна быть гладкой, чтобы его легко было вставлять в пробку.
3. Прodelайте в пробке отверстие, чуть меньшее по диаметру, чем толщина стебля.
4. Наполните обе колбы водой.
5. Для начала регистрации данных нажмите кнопку **Пуск** .
6. Отслеживайте показания давления.
7. Поместите побег в отверстие в пробке так, чтобы он почти касался дна колбы.
8. Плотно заткните колбы пробками во избежание утечки воздуха из них.
9. Если после закупоривания колб давление повысится, поверните краны, чтобы выпустить воздух. Тогда давление в колбах уменьшится до уровня атмосферного (около 100 кПа). До начала эксперимента убедитесь, что давление в колбах поддерживается на уровне атмосферного.
10. Когда в процессе эксперимента давление стабилизируется, прекратите запись данных и начните заново.

3. Лабораторная работа «Ток воды в побегах и листьях наземных растений. Определение скорости подъема воды по ксилеме листа растения»

Вода поглощается корнями растений из почвы и распределяется по всему растению. Этот ток воды называется транспирацией. Разные факторы участвуют в подъеме воды против силы тяжести.

Корневое и осмотическое давление. Вода поступает в корневые клетки благодаря осмотическому давлению, создаваемому разницей в содержании воды внутри корневых клеток и в окружающей почве. Под действием осмотического давления вода движется вверх по растению за счет ее неодинакового содержания в нижних и верхних частях растения.

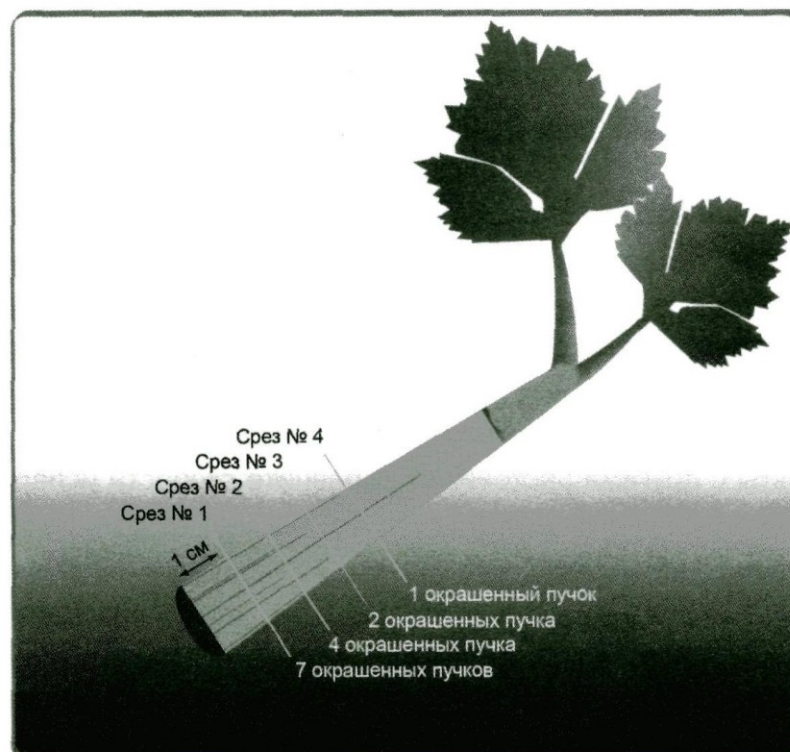
Капиллярные силы. В узких трубках вода поднимается, преодолевая силу тяжести, с помощью капиллярных сил. Капиллярные силы становятся заметными при движении воды в очень узких трубочках, например по ксилемным сосудам растений. В этом случае движение воды по ним является результатом противодействия двух сил и возникает, когда силы прилипания молекул воды к поверхности стенки сосуда преобладают над силами взаимного притяжения между молекулами воды.

Тяга, вызванная испарением. Это основная движущая сила транспорта воды по растению. Вода испаряется с листьев через устьица, что понижает ее содержание в этой части растения. В результате осмотического давления вода потечет к устьицам.

CO₂, необходимый для фотосинтеза, попадает в листья через устьица. Интенсивнее всего фотосинтез происходит в дневное время, при этом устьица раскрываются для поглощения CO₂. Это приводит к увеличению потери воды во внешнюю среду.

Более 90% воды, поглощенной корнями, в конечном счете испаряется растением в атмосферу.

В эксперименте исследуется скорость подъема воды по ксилеме листа сельдерея (*Arium graveolens*); процесс сопровождается окрашиванием листа метиленовой синькой, добавленной в источник воды.



Оборудование и материалы

- Колба лабораторная, 250 мл (3 шт.)
- Листья сельдерея (минимум 3 шт.)
- Метиленовая синька
- Увеличительное стекло
- Острое бритвенное лезвие или скальпель

Подготовка эксперимента

1. Налейте в каждую из трех колб по 100 мл 1%-го водного раствора метиленовой синьки. Пометьте колбы номерами от 1 до 3.
2. Обрежьте 1 см от основания черешка каждого листа. Листья должны быть максимально похожими по ширине, длине и числу мелких листьев.

Анализ результатов эксперимента

1. Подготовьте таблицу, и внесите в нее полученные результаты:

Высота (см)					
Число окрашенных пучков на сечении					

2. Для каждого листа вычислите среднюю высоту, на которую поднялась краска.
3. Умножьте среднюю высоту на число окрашенных ксилемных пучков:
 - для среза с одним пучком – высота 5 см: $5 \text{ см} \times \text{один пучок} = 5 \text{ см}$;
 - для среза с тремя пучками – высота 4 см: $4 \text{ см} \times \text{три пучка} = 12 \text{ см}$;
 - для среза с пятью пучками – высота 3 см: $3 \text{ см} \times \text{пять пучков} = 15 \text{ см}$.
4. Сложите полученные значения высоты: 32 см.
5. Разделите полученную величину на общее число пучков: 9.
6. Средняя высота, достигнутая водой за 5 минут: 3,5 см.
7. Прделайте такие же вычисления для двух других листьев.
8. Вычислите среднюю скорость подъема воды в трех листьях и выразите ее в см в минуту.

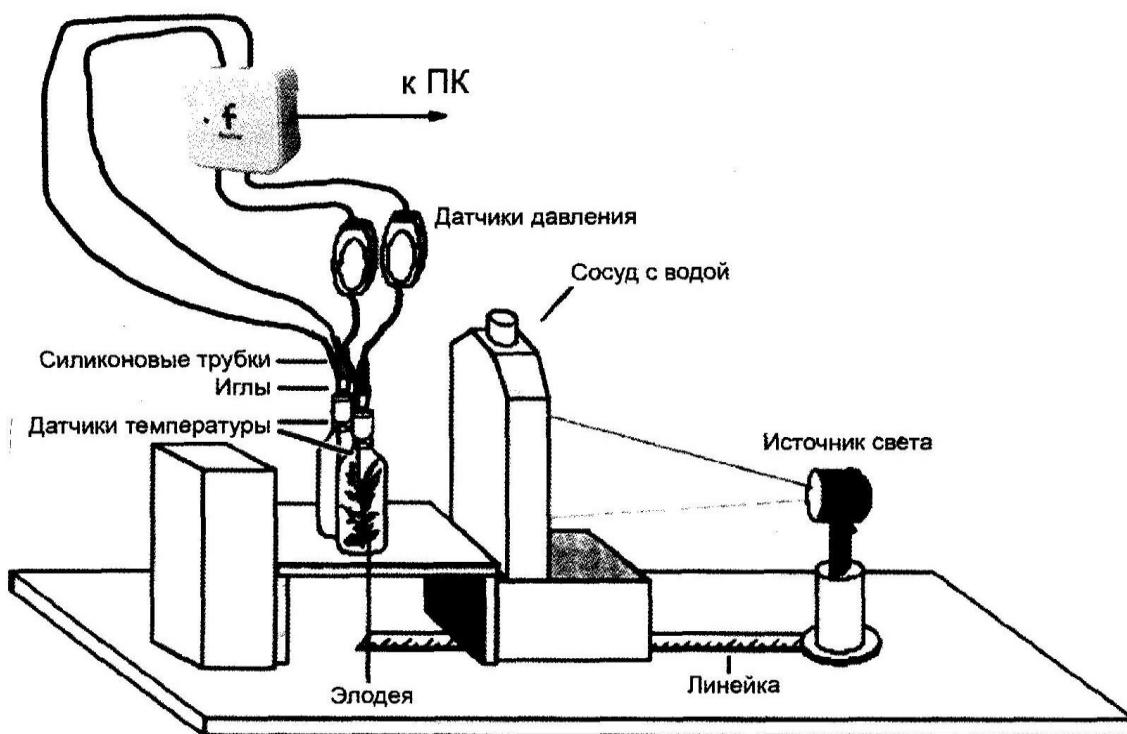
4. Лабораторная работа «Измерение скорости фотосинтеза с помощью датчиков давления»*

Фотосинтез – это фундаментальный процесс, в ходе которого образуются органические вещества, углеводороды, из неорганических соединений – воды и диоксида углерода. В ходе этого процесса происходит выделение молекулярного кислорода. Свет, поглощаемый организмами, такими, например, как хлорофилл в зеленых растениях, является источником энергии для фотосинтеза.

При оптимальном соотношении интенсивности света, концентрации диоксида углерода и температуры скорость фотосинтеза зависит от площади поверхности и массы растения.

В этом эксперименте мы контролируем скорость фотосинтеза в элодее канадской путем измерения с помощью датчиков давления скорости образования кислорода.

Схема экспериментальной установки



Оборудование и материалы

- Персональный компьютер
- Регистратор данных USB Link
- Датчик давления (2 шт.)
- Датчик температуры (2 шт.)
- Соединительные провода для датчиков
- Штатив для крепления датчиков
- Элодея канадская – 20 г свежих растений
- Лампа с отражателем 150 Вт
- Колба лабораторная, 50 мл, с резиновой пробкой (2 шт.)
- Медицинская игла № 23 (2 шт.)

* Если в школе есть цифровые лаборатории по физике, можно воспользоваться датчиками давления, которые входят в комплект.

- Siliconовая трубка короткая (2 шт.)
- Плоский сосуд (стеклянный или пластиковый) объемом 1 л
- Раствор бикарбоната натрия (пищевой соды) 0,5 %

Подготовка эксперимента

1. Смонтируйте оборудование в соответствии со схемой экспериментальной установки.
2. Следите, чтобы колбы были плотно закрыты резиновыми пробками. Каждую колбу заполните 0,5 %-м раствором бикарбоната. Между поверхностью раствора и пробкой должен оставаться небольшой объем воздуха.



Пропустите через пробки иглы (№ 23) таким образом, чтобы их кончики немного выходили из пробок (как на рисунке).

К противоположному концу иглы, расположенному сверху пробки, прикрепите датчик давления с помощью короткого куска трубки.

3. Свежую ветку элодеи массой около 20 г нарежьте на куски такой длины, чтобы они могли свободно поместиться в колбу. Разместите эти куски в колбе, обеспечив им максимальный уровень освещенности.
4. В качестве источника света используйте лампу с отражателем мощностью 150 Вт. Установите лампу на расстоянии 25 см от колб.

Для предохранения колб от перегрева расположите между ними и источником света сосуд, содержащий 1 л воды.

5. Для контроля температуры поместите в каждую колбу по датчику температуры. Для этого во всех пробках сделайте отверстие диаметром 4 мм.
6. Подключите USB Link к USB порту ПК. Подключите датчики температуры: один к **Входу 1 (I/O-1)**, другой – к **Входу 2 (I/O-2)** и датчики давления: один к **Входу 3 (I/O-3)**, другой – к **Входу 4 (I/O-4)** регистратора данных USB Link. Запустите программу MultiLab на ПК.

7. В программе MultiLab установите параметры измерений, открыв окно настроек при помощи кнопки **Настройка регистратора**  :



Частота:	Каждую секунду
Замеры:	5000

Проведение эксперимента

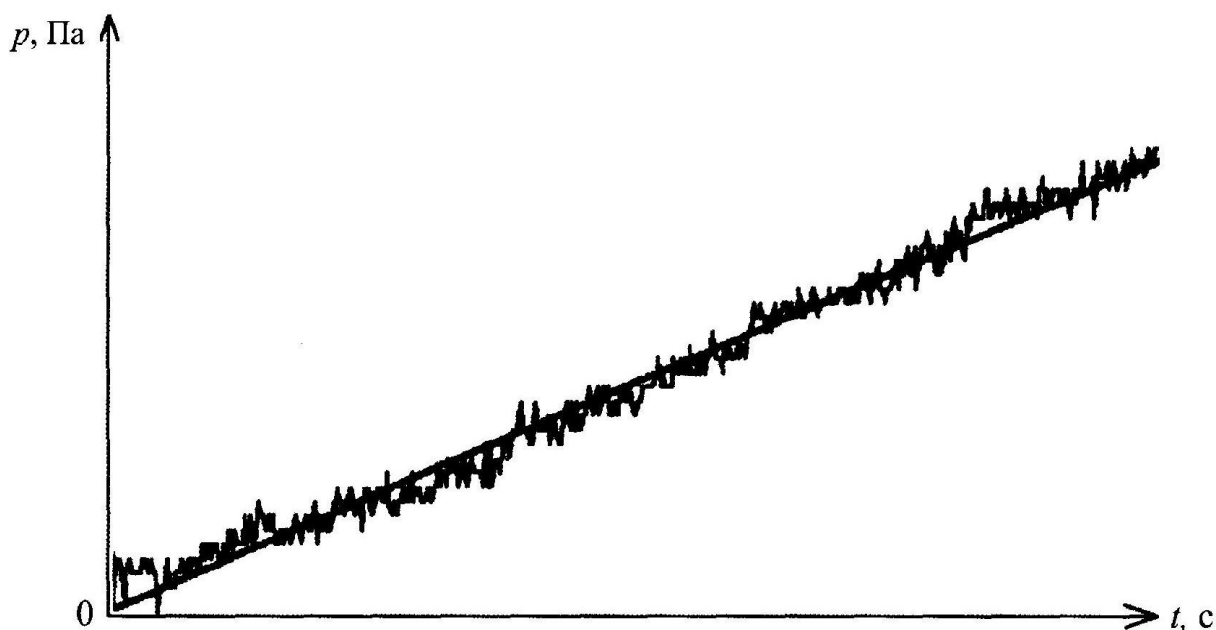
1. Эксперимент выполняется с двумя колбами, одна из которых является контрольной. Добавьте 20 г свежей элодеи в одну из колб.
2. Поместите расположенные рядом друг с другом колбы перед источником света так, чтобы они были освещены одинаково.
3. Рекомендуется до начала эксперимента колбу с элодеей освещать в течение 5 минут. В результате раствор насытится кислородом и его выход можно будет измерять сразу после запуска эксперимента. В противном случае показания датчиков начнут меняться с задержкой.

4. Закройте колбы пробками – давление в них сразу повысится. Установите в них атмосферное давление, отсоединив трубку от датчика и затем снова присоединив ее. Убедитесь, что до начала эксперимента давление в колбах остается на уровне атмосферного.
5. Начинайте регистрацию данных. Для этого нажмите кнопку **Пуск**  на панели инструментов MultiLab. Показания датчиков будут отображаться на экране в виде графика.
6. Продолжайте измерения параметров фотосинтеза около 8 минут, затем остановите регистрацию, нажав кнопку **Стоп**  на панели инструментов MultiLab.
7. Следите в ходе эксперимента за температурой воды в сосуде. Если она начнет резко увеличиваться (более 5 градусов за 5 минут), остановите регистрацию (см. п. 6) и поменяйте воду в колбе с элодеей.
8. Сохраните полученные результаты, нажав кнопку **Сохранить** .

Анализ результатов эксперимента

1. Если график оказался слишком «шумным», то есть искаженным помехами, рекомендуем выполнить его сглаживание. Для этого нажмите на панели инструментов графика кнопку **Сгладить** .
2. Чтобы оценить эффект фотосинтеза, сравните графики давления в сосуде с растением и в контрольном сосуде (без растения). Постройте при помощи *Мастера анализа* график разности давлений.
3. Посредством двух курсоров выделите линейный участок графика и выберите в меню **График** инструмент **Отрезать**. Вы увидите отдельно вырезанный участок графика, а в *Карте данных* откроется список **Вырезанные данные**. Поместите курсор на график и нажмите кнопку **Линейное приближение** . Наклон построенной прямой, то есть коэффициент при линейном члене в полученной формуле, дает значение искомой скорости.

На рисунке представлен график разности давлений и аппроксимирующая его прямая.



Вопросы

1. Как давление газа, регистрируемое в эксперименте, связано с процессом фотосинтеза?
2. Зачем нужна контрольная колба?
3. Можно использовать контрольные системы двух типов: одна представляет собой только раствор бикарбоната, а вторая содержит дополнительно сваренные кусочки листьев элодеи. В чем различие этих двух контрольных систем?
4. Как резкое увеличение температуры воды в сосудах может повлиять на скорость фотосинтеза?

Дополнительные задания

1. Скорость фотосинтеза зависит от нескольких факторов: массы элодеи, концентрации бикарбоната натрия, интенсивности света. Как каждый из этих факторов влияет на скорость реакции?
2. Разработайте схему эксперимента, который позволит исследовать влияние каждого из факторов посредством представленной экспериментальной установки. Повторите эксперимент с удвоенной массой растения, более мощным источником света и т.д.

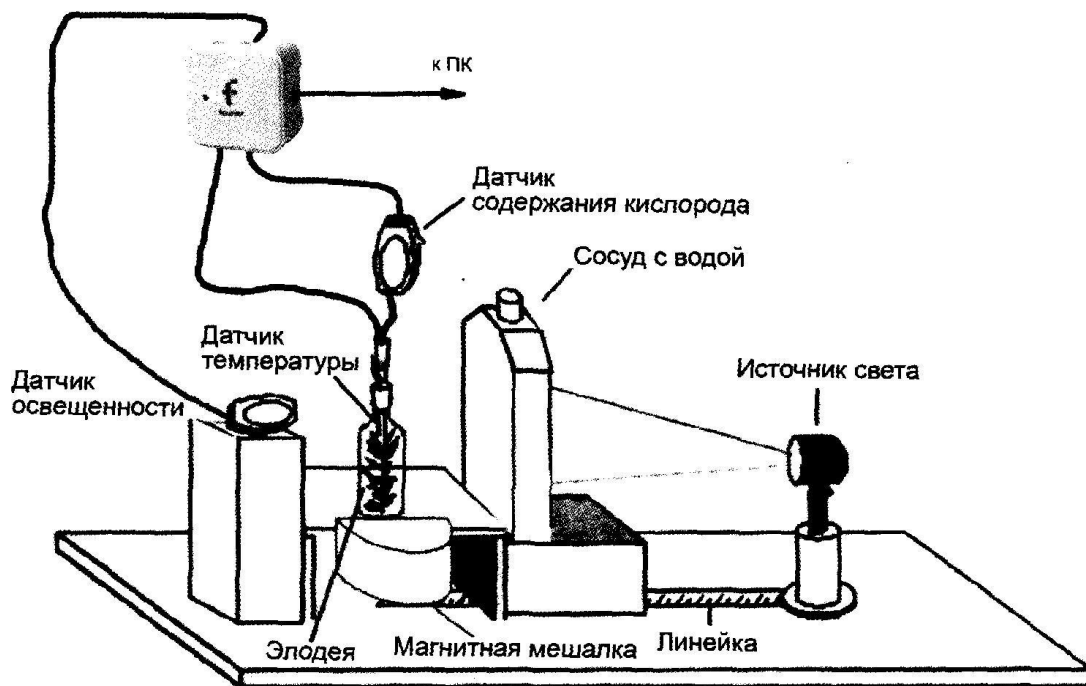
5. Лабораторная работа «Измерение скорости фотосинтеза с помощью датчика кислорода»

Фотосинтез – фундаментальный процесс, в ходе которого из неорганических веществ таких как вода и диоксид углерода, образуются органические вещества – углеводороды. В ходе данного процесса происходит выделение молекулярного кислорода. Свет, поглощаемый пигментами фотосинтезирующих организмов, например хлорофиллом зеленых растений, является источником энергии для этого процесса.

При оптимальных параметрах освещенности, концентрации диоксида углерода и температуре скорость фотосинтеза зависит от площади и массы растения, подверженного воздействию света.

В этом эксперименте мы контролируем скорость фотосинтеза в элодее канадской путем измерения скорости выделения кислорода с помощью датчика содержания кислорода (в режиме растворенного кислорода).

Схема экспериментальной установки



Оборудование и материалы


- Персональный компьютер
- Регистратор данных USB Link
- Датчик освещенности
- Датчик содержания кислорода
- Датчик температуры
- Соединительные провода для датчиков
- Элодея канадская – 20 г свежих растений
- Лампа с отражателем, 150 Вт
- Колба лабораторная коническая, 250 мл
- Дистиллированная вода, 1 л
- Магнитная мешалка
- Плоский сосуд (стеклянный или пластиковый) объемом 1 л

Подготовка эксперимента

1. Соберите экспериментальную установку в соответствии с вышеприведенной схемой. Заполните лабораторную колбу дистиллированной водой и погрузите в нее свежий росток элодеи (примерно 20 г). Установите колбу на магнитную мешалку. Электрод датчика кислорода одним концом вставьте в колбу так, чтобы его мембрана (нижняя часть) оказалась вблизи магнитной мешалки.


Источник света разместите за колбой. Для освещения элодеи применяется лампа с отражателем мощностью 150 Вт, установленная на расстоянии 25 см от колбы.


Для предохранения колбы от перегрева поместите между ней и источником света плоский сосуд с водой.

1. Подключите USB Link к USB порту ПК. Подключите датчик температуры к **Входу 1 (I/O-1)**, датчик содержания кислорода – к **Входу 2 (I/O-2)** и датчик освещенности – к **Входу 3 (I/O-3)** регистратора данных USB Link.
2. Запустите MultiLab на ПК.
3. В программе MultiLab установите параметры измерений, открыв окно настроек при помощи кнопки **Настройка регистратора**  :



Частота:	Каждую секунду
Замеры	5000

Проведение эксперимента

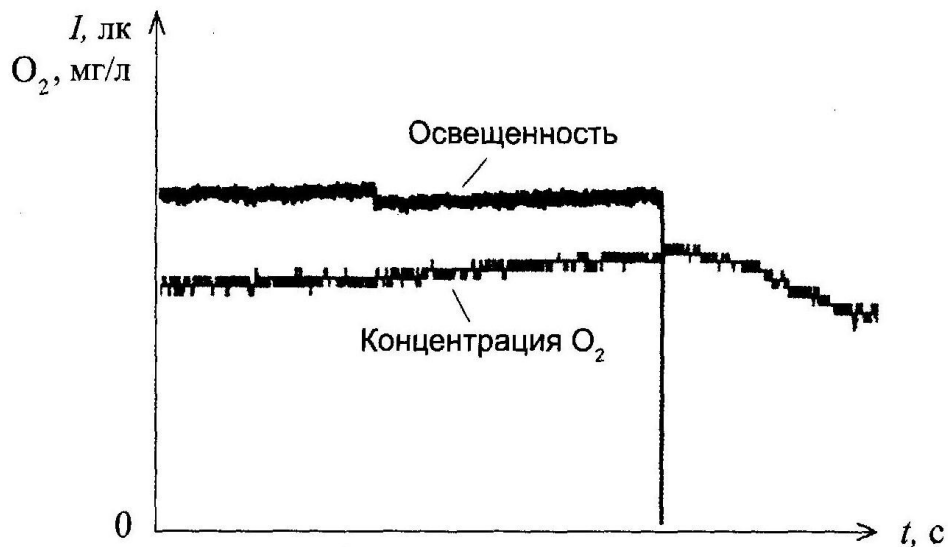
1. Начинайте регистрацию данных. Для этого нажмите кнопку **Пуск**  на панели инструментов MultiLab. Показания датчиков будут отображаться на экране в виде графика.
2. Включите источник света и магнитную мешалку. Следите за показаниями датчика кислорода.
3. Примерно через полчаса выключите свет и закройте колбу, чтобы на растение не попадал свет.

В ходе эксперимента контролируйте температуру в сосуде с водой с помощью датчика температуры. Если она резко возрастет (более, чем на 5 градусов за 5 минут), остановите регистрацию, нажав кнопку **Стоп**  на панели инструментов MultiLab и поменяйте воду (температуру воды проверяйте термометром).

Анализ результатов эксперимента

1. Если график оказался слишком «шумным», то есть искаженным помехами, рекомендуем выполнить его сглаживание. Для этого нажмите на панели инструментов графика кнопку **Сгладить** .
2. Определите скорость изменения концентрации кислорода на двух участках графика, соответствующих двум этапам эксперимента – с включенным и выключенным освещением. Для этого сначала для одного, а затем и для другого участка выберите посредством двух курсоров линейный участок графика, затем в меню **График** выберите инструмент **Отрезать**. Вы увидите отдельно вырезанный участок графика, а в *Карте данных* откроется список **Вырезанные данные**. Поместите курсор на график и нажмите кнопку **Линейное приближение** .
3. Повторите определение скорости фотосинтеза (п. 2) для участка, соответствующего второму этапу эксперимента – с выключенным освещением.

На рисунке представлены полученные в ходе эксперимента графики зависимости освещенности и количества растворенного кислорода от времени:



Вопрос

Как добавка бикарбоната натрия может повлиять на процесс фотосинтеза?

Дополнительное задание

Повторите этот эксперимент с вдвое большей массой элодеи, более мощным источником света и т.д.

6. Лабораторная работа «Влияние интенсивности света на скорость фотосинтеза»*

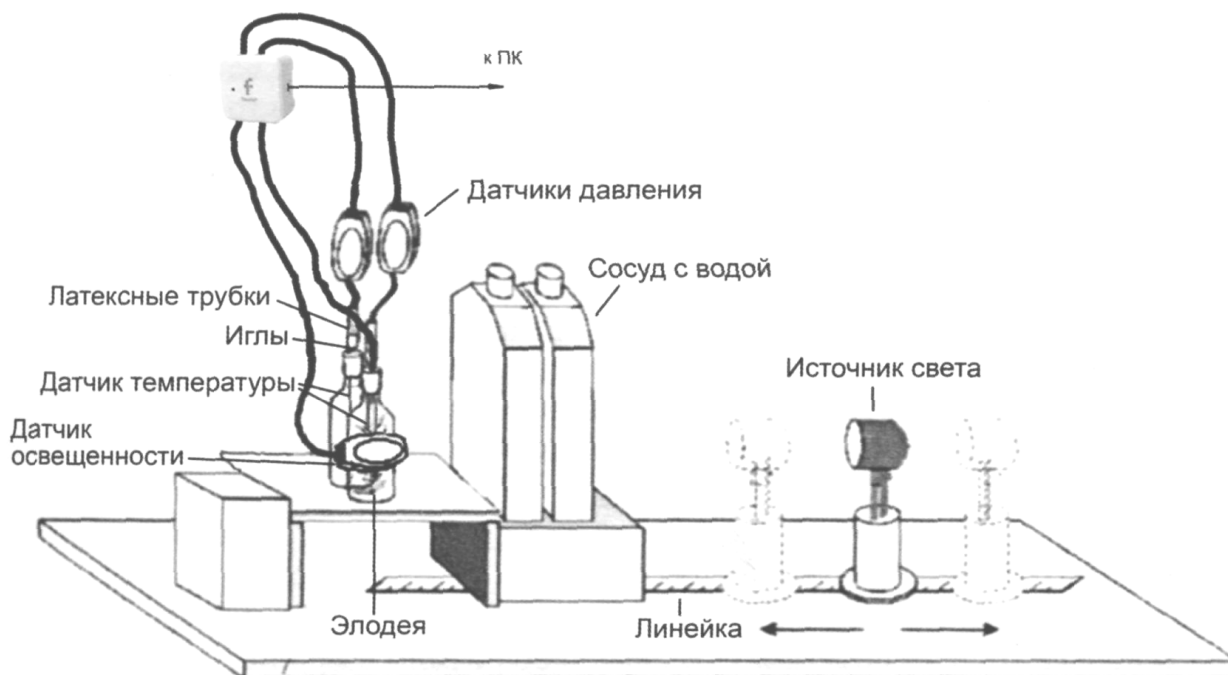
1. Скорость фотосинтеза зависит от интенсивности света, поглощаемого частями организма, участвующего в этом процессе.
2. Интенсивность света на определенном удалении от источника света обратно пропорциональна квадрату расстояния до него:

$$I = k \frac{1}{R^2}.$$

Здесь I – интенсивность света, R – расстояние до источника, k – коэффициент пропорциональности.

В этом эксперименте интенсивность света изменяется при размещении источника света на разных расстояниях от экспериментальной системы.

Схема экспериментальной установки




Оборудование и материалы

- Персональный компьютер
- Регистратор данных USB Link
- Датчик давления (2 шт.)
- Датчик освещенности
- Датчик температуры
- Соединительные провода для датчиков
- Элодея канадская – 20 г свежих растений
- Лампа с отражателем, 150 Вт
- Стекланный сосуд, 50 мл, с резиновой пробкой (2 шт.)

* Если в школе есть цифровые лаборатории по физике, можно воспользоваться датчиками давления, которые входят в комплект.


- Медицинские иглы № 23 (2 шт.)
- Силиконовая трубка
- Штатив
- Плоский сосуд (стеклянный или пластиковый) объемом 1 л (2 шт.)

Подготовка эксперимента

1. Смонтируйте оборудование в соответствии со схемой экспериментальной установки.
2. Разместите датчик освещенности рядом с колбами, направив его на источник света, как показано на рисунке.
3. Отверстие датчика расположите точно напротив центра источника света.
4. Прочно закрепите датчик в выбранном положении.
5. Разместите датчик освещенности рядом с колбами, направив его на источник света, как показано на рисунке
6. Подключите USB Link к USB порту ПК. Подключите датчик освещенности к **Входу 1 (I/O-1)**, датчик температуры – к **Входу 2 (I/O-2)** и датчики давления один – к **Входу 3 (I/O-3)**, другой – к **Входу 4 (I/O-4)** регистратора данных USB Link. Запустите MultiLab на ПК.
7. В программе MultiLab установите параметры измерений, открыв окно настроек при помощи кнопки **Настройка регистратора** 

Частота:	Каждую секунду
Замеры:	5000

Проведение эксперимента

1. Поскольку эксперимент продолжается достаточно долго (около 45 минут), необходимо между источником света и колбами установить два плоских сосуда с водой объемом 1 л каждый. Скорость фотосинтеза измеряется при пяти разных расстояниях источника света от колб. Рекомендуемый диапазон расстояний составляет от 20 до 45 см.
2. Эксперимент выполняется с двумя колбами, одна из которых является контрольной. Добавьте 20 г свежей злodeи в одну из колб.
3. Поместите в колбу с злodeей датчик температуры. Следите за изменением температуры воды в ходе эксперимента. В случае ее резкого возрастания (более 5 градусов за 5 минут) остановите эксперимент и поменяйте воду в сосудах.
4. Установите расположенные рядом колбы перед источником света так, чтобы они были освещены одинаково. Рекомендуется до начала эксперимента бутылку с злodeей освещать в течение 5 минут. В результате раствор насытится кислородом и его выход можно будет измерять сразу после запуска эксперимента. В противном случае показания датчиков начнут меняться с задержкой.
5. Положите линейку между центром источника света и колбами, чтобы измерять расстояние.
6. Начинайте регистрацию данных. Для этого нажмите кнопку **Пуск**  на панели инструментов MultiLab. Показания датчиков будут отображаться на экране в виде графика.
7. Закройте колбы пробками – давление в них сразу повысится. Установите в них атмосферное давление, отсоединив трубку от датчика, а затем снова надев ее. Убедитесь, что до начала эксперимента давление в колбах оставалось на уровне атмосферного.

8. Регистрируйте скорость фотосинтеза около 8 минут.

Через 8 минут выключите свет, расположите источник света на другом расстоянии и снова включите его.




Источник света в процессе работы сильно нагревается, поэтому не касайтесь его незащищенными руками при перемещении в новое положение.



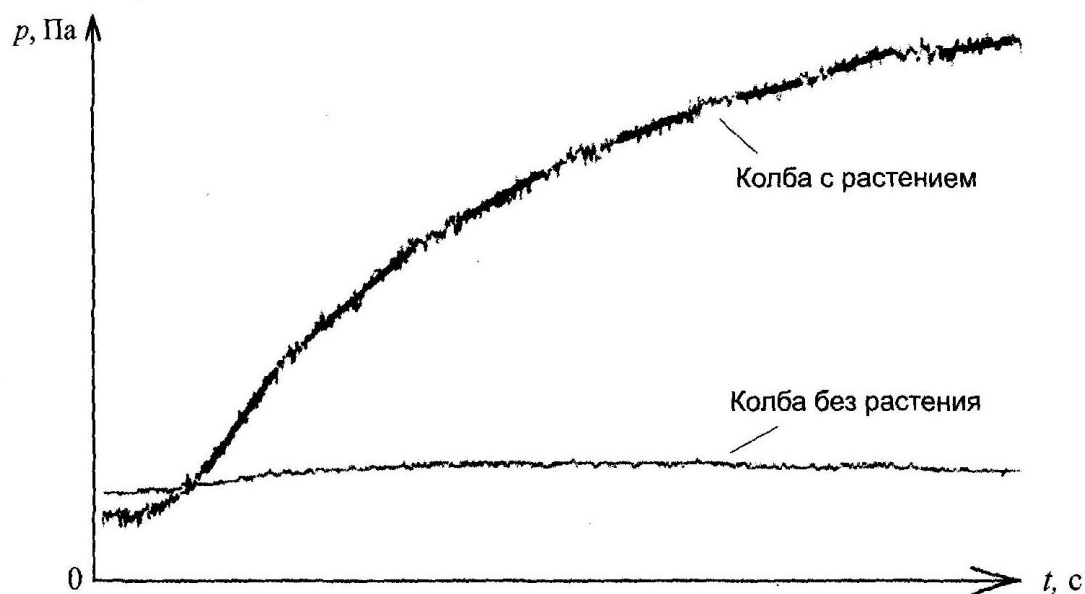
Не трогайте колбы в ходе эксперимента, чтобы не менять условий эксперимента.

Повторите опыты при двух–трех разных расстояниях до источника.

Анализ результатов эксперимента

1. Если график оказался слишком «шумным», то есть искаженным помехами, рекомендуем выполнить его сглаживание. Для этого нажмите на панели инструментов графика кнопку **Сгладить** .
2. Чтобы оценить эффект фотосинтеза, сравните графики давления в сосуде с растением и в контрольном сосуде (без растения). Постройте при помощи *Мастера анализа* график разности давлений.
3. На графике имеется ряд линейных участков, каждый из которых отвечает определенному расстоянию от колб до источника света.
4. Посредством двух курсоров отметьте участок графика, соответствующий первому расстоянию от колб до источника света, а в меню **График** выберите инструмент **Отрезать**. Вы увидите отдельно вырезанный участок графика, а в *Карте данных* откроется список **Вырезанные данные**. Поместите курсор на график и нажмите кнопку **Линейное приближение** .
5. Проведите линейную аппроксимацию (см. п. 3, 4) каждого такого участка.

Примерный вид графика зависимости давления от времени и участки с линейной аппроксимацией (яркие отрезки):



Заполните таблицу:

№ эксперимента	Расстояние от источника света (см)	Наклон аппроксимирующих прямых	Интенсивность света (лк)
1			
2			
3			
4			
5			

Вопросы

1. Как изменяется интенсивность освещения в этом эксперименте?
2. Почему нужна контрольная колба при выполнении эксперимента?
3. Каково влияние интенсивности света на скорость процесса фотосинтеза:
 - для всего ли диапазона измерений скорость зависит от интенсивности света;
 - в каком диапазоне интенсивности свет является лимитирующим фактором процесса?
4. Какое влияние на результаты эксперимента может оказать рост температуры в колбах?

Дополнительные задания

1. Проверьте влияние длины волны света на фотосинтез. Для этого поставьте между колбами и источником света соответствующий фильтр (синий, зеленый, красный). Изготовьте для колб специальный бокс, защищающий их от посторонних источников света.
2. Как увеличение массы элодеи повлияет на скорость фотосинтеза при ограниченных значениях интенсивности света? Разработайте схему эксперимента для проверки своих предположений.

7. Лабораторная работа «Исследование влияния освещенности на скорость фотосинтеза с помощью датчиков кислорода»

Фотосинтез – это фундаментальный процесс, в ходе которого образуются органические вещества (углеводороды) из неорганических соединений (воды и диоксида углерода). В ходе этого процесса происходит выделение молекулярного кислорода. Свет, поглощаемый хлорофиллом в зеленых растениях, является источником энергии для фотосинтеза.

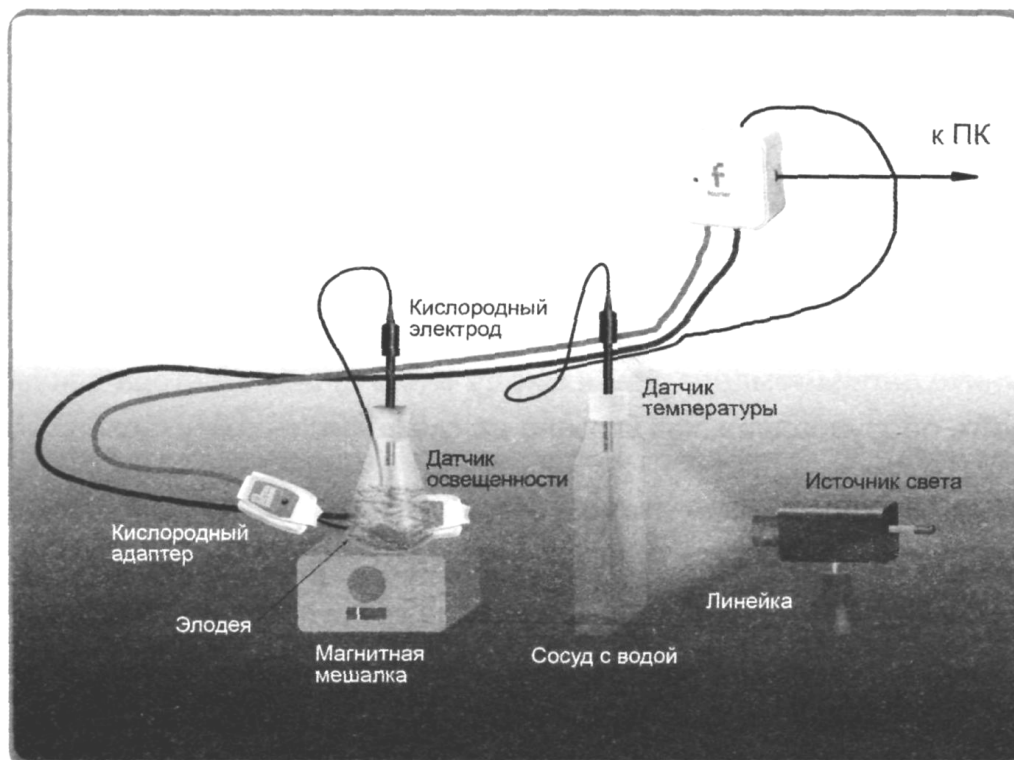
При оптимальном соотношении концентрации диоксида углерода и температуры, скорость фотосинтеза зависит от интенсивности света, поглощенного фотосинтезирующими частями растения. Интенсивность света на разных расстояниях от источника света обратно пропорциональна квадрату этого расстояния:

$$I = k \frac{1}{R^2},$$

где I – интенсивность света, R – расстояние до источника, k – коэффициент пропорциональности.

В этом эксперименте мы изменяем интенсивность света, меняя расстояние между источником и экспериментальной установкой. Скорость фотосинтеза при разных интенсивностях света определяется по концентрации выделяемого кислорода.

Схема экспериментальной установки



Оборудование и материалы



- Персональный компьютер
- Регистратор данных USB Link
- Датчик кислорода
- Датчик температуры (–25 °С–+110 °С)
- Датчик освещенности (0–300 клкс)

- Штатив для крепления датчиков
- Лампа с отражателем, 150 Вт
- Колба лабораторная, 50 мл, с резиновой пробкой
- Плоский сосуд (стеклянный или пластиковый) объемом 1 л
- Элодея канадская – 9 г свежих растений
- Раствор бикарбоната 0–2%

Условия проведения эксперимента

- Скорость фотосинтеза может зависеть от состояния растений и времени года. Поэтому перед измерением зависимости скорости фотосинтеза от интенсивности освещения рекомендуется провести эксперимент при оптимальных условиях освещения (расстояние между источником света и колбой – 20 см) и концентрации бикарбоната натрия (0,5–1%).
- Содержание кислорода в воздухе над раствором бикарбоната с растениями измеряется датчиком кислорода в диапазоне 25%.
- Чтобы скорость фотосинтеза была приемлемой, надо иметь в колбе около 5 мл свободного пространства (этого объема должно быть достаточно, чтобы вместить кончик датчика кислорода).
- Держите кончик датчика кислорода над раствором.
- Колбу плотно закройте пробкой, чтобы избежать утечки кислорода.
- При измерении интенсивности света, падающего на растения, датчик света надо расположить за колбой.
- Для предотвращения нагревания раствора, которое может сказаться на скорости фотосинтеза, плоский сосуд помещается между источником света и колбой.

Подготовка эксперимента

1. Запустите программу MultiLab.
2. Подсоедините датчик кислорода (в диапазоне 25%) к **Входу 1 (I/O 1)** регистратора данных USB Link.
3. Подсоедините датчик освещенности к **Входу 2 (I/O 2)** регистратора данных USB Link.
4. Подсоедините датчик температуры к **Входу 3 (I/O 3)** регистратора данных USB Link.
5. Смонтируйте оборудование, как указано на схеме экспериментальной установки.
6. В программе MultiLab нажмите кнопку **Настройка регистратора**  на основной панели инструментов. Уберите флажок **Автоматический Выбор Датчика**, выберите в меню для **Входа 1** датчик **Кислорода O₂ 0–25%**.
7. Нажмите кнопку **Настройка регистратора**  на основной панели инструментов программы MultiLab. Настройте регистратор данных как показано ниже:

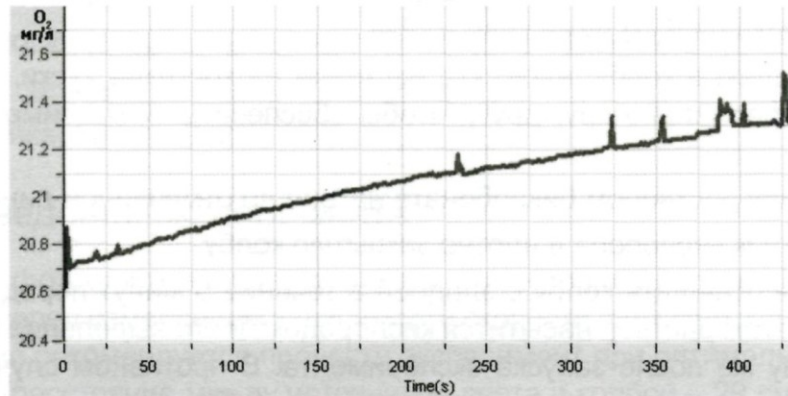
Частота:	Каждую секунду
Замеры:	5000

Проведение эксперимента

1. В этом эксперименте скорость фотосинтеза измеряется при разных концентрациях раствора бикарбоната натрия. Выберите 4–5 значений концентраций в пределах 0–2%. Начните эксперимент с концентрации 0,5%.

4. Повторите шаги 1 и 3 для каждого линейного участка графика.

Пример графика, полученного в данном эксперименте:



5. С помощью курсора снимите с графика освещенности данные по интенсивности света и внесите их в следующую таблицу:

№ эксперимента	Расстояние от источника света (см)	Наклон прямой	Интенсивность света
1			
2			
3			
4			

6. В программе PlanMaker постройте график, описывающий связь между интенсивностью света и скоростью фотосинтеза (определите наклон прямой).

7. Повторите шаги 1–5 для каждой концентрации раствора бикарбоната натрия в пределах от 0% до 2%.

Вопросы

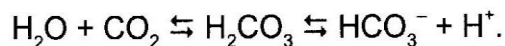
1. Каким образом мы меняем освещенность в этом эксперименте?
2. Опишите, как влияет освещенность на скорость фотосинтеза?
3. Для всех ли измеряемых интервалов освещенности скорость фотосинтеза зависит от освещенности?
4. Каковы границы значения освещенности, в пределах которой свет является определяющим фактором для процесса фотосинтеза?
5. Каковы возможные последствия повышения температуры в колбе во время эксперимента?

Дополнительные задания

1. Скорость фотосинтеза может быть измерена путем отслеживания выделяемого в раствор кислорода. Датчик кислорода должен быть настроен как DO_2 (растворенный кислород), и для равномерного распределения кислорода в растворе следует использовать магнитную мешалку. При настройке DO_2 несколько измерений для разных длин световых волн невозможны. Необходимо менять растворы перед каждым новым измерением на другой длине волны.
2. Исследуйте влияние длины световой волны на фотосинтез. Воспользуйтесь соответствующими фильтрами (синим, зеленым, красным) между источником света и сосудом с водой. Окружите сосуды картоном, чтобы избежать проникновения света из других источников.
3. Как зависит скорость фотосинтеза от массы элодеи?
4. Разработайте эксперимент для проверки ваших предположений.

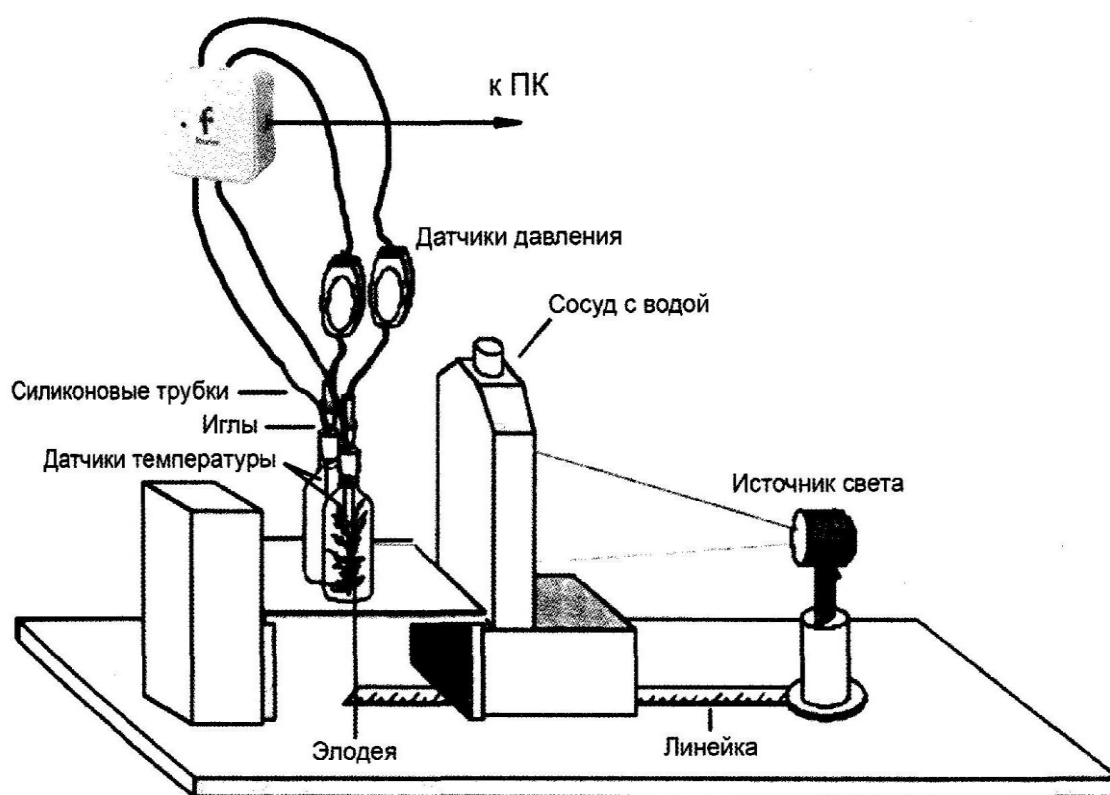
8. Лабораторная работа «Влияние концентрации CO_2 на скорость фотосинтеза»*

1. В реакции фотосинтеза CO_2 восстанавливается до органического углерода.
2. Основным источником CO_2 , расходуемого в процессе фотосинтеза, – атмосферный воздух, в котором содержится до 0,3 % CO_2 . При растворении CO_2 в воде протекает следующая реакция:



3. В ходе этой реакции образуются ионы бикарбоната, поставляющие CO_2 для реакции фотосинтеза. В этом эксперименте мы будем измерять скорость фотосинтеза при различных концентрациях CO_2 .

Схема экспериментальной установки




Оборудование и материалы

- Персональный компьютер
- Регистратор данных USB Link
- Датчик давления (2 шт.)
- Датчик температуры (2 шт.)
- Соединительные провода для датчиков
- Элодея канадская – 20 г свежих растений
- Лампа с отражателем, 150 Вт
- Стекланный сосуд, 50 мл, с резиновой пробкой (2 шт.)
- Медицинская игла № 23 (2 шт.)

* Если в школе есть цифровые лаборатории по физике, можно воспользоваться датчиками давления, которые входят в комплект.


- Силиконовая трубка
- Плоский сосуд (стеклянный или пластиковый) объемом 1 л
- Раствор бикарбоната натрия (4–5 различных концентраций в диапазоне 0,5–2 %)


Подготовка эксперимента

1. Смонтируйте оборудование в соответствии со схемой экспериментальной установки.
2. Две прозрачные стеклянные колбы плотно закройте резиновыми пробками так, чтобы между поверхностью раствора и пробкой оставался небольшой объем воздуха.
3. Подготовьте 4–5 емкостей (не менее 50 мл) с раствором бикарбоната разной концентрации (в диапазоне 0,5–2 %).
4. Свежее растение элодеи массой около 20 г разрежьте на части такой длины, чтобы их можно было разместить в колбе. Уложите эти части в колбу параллельно друг другу. Обеспечьте условия для их максимальной освещенности.
5. В качестве источника света воспользуйтесь лампой с отражателем мощностью 150 Вт, установив ее на расстоянии 25 см от колб.
6. Для предохранения колб от перегрева установите между ними и источником света плоский сосуд, содержащий 1 л воды.
7. В ходе эксперимента контролируйте температуру воды в сосудах с помощью датчиков температуры.
8. Подключите USB Link к USB порту ПК. Подключите датчик температуры: один к **Входу 1 (I/O-1)**, другой – к **Входу 2 (I/O-2)** регистратора данных USB Link. Подключите датчики давления: один к **Входу 3 (I/O-3)**, другой – к **Входу 4 (I/O-4)** регистратора данных USB Link. Запустите MultiLab на ПК.
9. В программе MultiLab установите параметры измерений, открыв окно настроек при помощи кнопки **Настройка регистратора**  :

Частота:	Каждую секунду
Замеры:	5000

Проведение эксперимента

1. В этом эксперименте скорость фотосинтеза измеряется при различных значениях концентрации раствора бикарбоната. Выберите 4 или 5 различных концентраций бикарбоната в диапазоне 0,5–2 %. Начните эксперимент с концентрацией раствора 0,5 %.
2. Эксперимент выполняется с двумя колбами, одна из которых является контрольной, а другая содержит 20 г свежей элодеи канадской.
3. Поместите обе расположенные рядом колбы перед источником света так, чтобы они были освещены одинаково.
4. Рекомендуется до начала эксперимента колбу с растением освещать в течение 5 минут. В результате раствор насытится кислородом и его выход можно будет измерять сразу после запуска эксперимента. В противном случае показания датчиков начнут меняться с задержкой.
5. Начинайте регистрацию данных. Для этого нажмите кнопку **Пуск**  на панели инструментов MultiLab. Показания датчиков будут отображаться на экране в виде графика.
6. Закройте колбы пробками – давление в них сразу повысится. Установите в них атмосферное давление, отсоединив трубку от датчика и затем снова надев ее. Убедитесь, что перед началом эксперимента давление в колбах было на уровне атмосферного.



7. Поскольку эксперимент продолжается достаточно долго (около 45 минут), поместите между источником света и колбами плоский сосуд с водой емкостью 1 л.
8. В ходе эксперимента следите за температурой воды в сосуде с растением. Если она начнет резко увеличиваться (более 5 градусов за 5 минут), остановите регистрацию, нажав кнопку **Стоп**  на панели инструментов MultiLab, и поменяйте воду в экранном сосуде.
9. Регистрируйте скорость фотосинтеза около 8 минут.
10. Сохраните результаты измерений.
11. Вылейте раствор бикарбоната натрия из обеих колб и залейте в них раствор с другой концентрацией. Возобновите регистрацию данных.



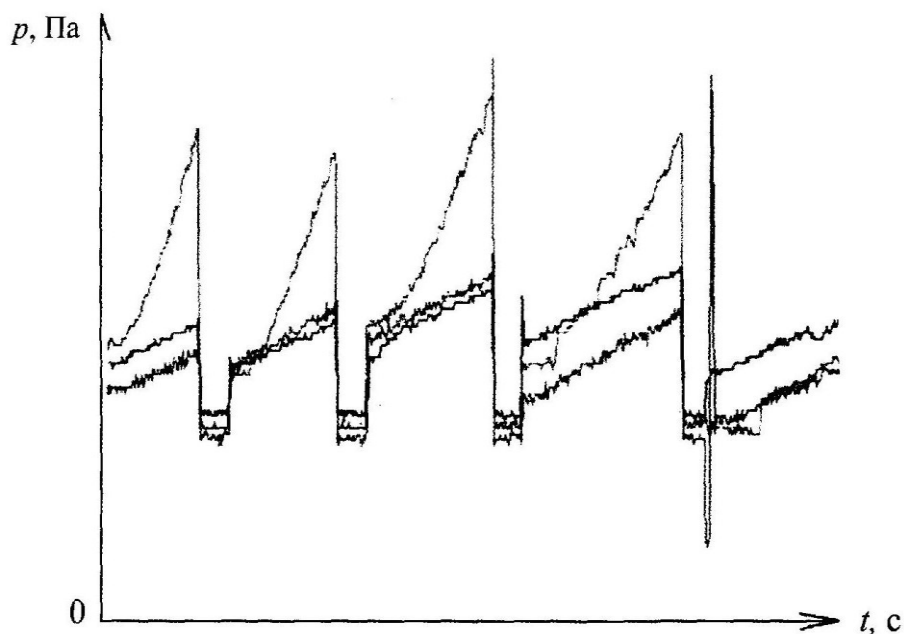
Сохраняйте одни и те же части элодеи канадской на протяжении всего эксперимента.

Повторите п. 5–10 не менее четырех раз, каждый раз используя раствор с другой концентрацией бикарбоната.

Анализ результатов эксперимента

1. Если график оказался слишком «шумным», то есть искаженным помехами, рекомендуем выполнить его сглаживание. Для этого нажмите на панели инструментов графика кнопку **Сгладить** .
2. Чтобы оценить эффект фотосинтеза, сравните графики давления в сосуде с растением и в контрольном сосуде (без растения). Постройте при помощи *Мастера анализа* график разности давлений.
3. На графике этого эксперимента имеется ряд линейных участков, отвечающих различным концентрациям раствора. Посредством двух курсоров выберите участок графика, соответствующий первой концентрации раствора, а в меню **График** выберите инструмент **Отрезать**. Вы увидите отдельно вырезанный участок графика, а в карте данных откроется список **Вырезанные данные**. Поместите курсор на график и нажмите кнопку **Линейное приближение** .
4. Проведите линейную аппроксимацию (см. п. 3) каждого такого участка.

Примерный вид графика зависимости давления от времени при разных концентрациях бикарбоната натрия:



заполните таблицу:

№ эксперимента	Расстояние от источника света (см)	Наклон аппроксимирующих прямых	Интенсивность света (лк)
1			
2			
3			
4			
5			

5. Постройте график зависимости скорости фотосинтеза (наклонов участков графика давления) от концентрации бикарбоната.

Вопросы

1. Какую роль играет в этом эксперименте контрольная колба?
2. Как концентрация бикарбоната влияет на скорость фотосинтеза?
3. Как может повлиять увеличение температуры раствора в колбах на скорость фотосинтеза?
4. Какой эффект будет вызывать добавление частей элодеи:
 - при низкой концентрации бикарбоната натрия;
 - в насыщенном растворе бикарбоната натрия?

Дополнительные задания

Исследуйте, какое влияние на скорость фотосинтеза оказывает уменьшение интенсивности света при низкой концентрации бикарбоната натрия. Разработайте схему эксперимента по проверке своих предположений.

9. Лабораторная работа «Интенсивность дыхания прорастающих семян»

Процесс прорастания – очень энергоемкий. Необходимая энергия получается в результате клеточного дыхания при разложении питательных веществ (углеводов, жиров и других органических молекул), запасенных в семенах. При дыхании потребляется кислород и выделяется CO_2 .

Интенсивность дыхания сухих семян очень низка. Добавление к сухим семенам воды сначала приводит к выделению газов, хранящихся в семенах, что никак не связано с дыханием. Но по мере повышения содержания воды в семенах, интенсивность дыхания существенно увеличивается.

Наблюдая за потреблением кислорода при прорастании семян, можно отметить несколько стадий: сначала семена набухают от проникающей в них воды. На этой стадии потребление кислорода растет очень быстро.

При набухании в семенах начинают развиваться корни и побеги. На этой стадии потребление кислорода стабилизируется. Оно снова усиливается по мере развития ростка и удлинения корней и побегов.

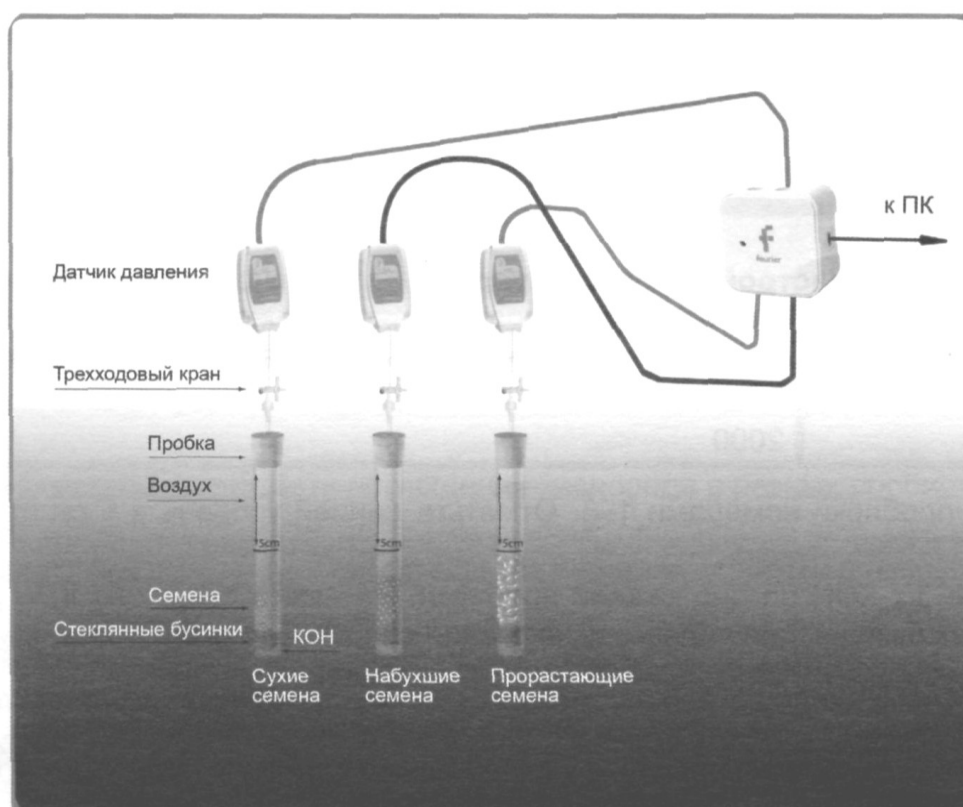
Наконец, когда на ростке начинают развиваться листья, потребление кислорода уменьшается, так как на этой стадии энергетические запасы семени истощены.

Скорость прорастания и интенсивность дыхания зависят от абиотических факторов, включая температуру, уровень содержания кислорода и CO_2 , освещенность.

В этом эксперименте мы будем сравнивать скорость потребления кислорода прорастающими семенами у набухших и сухих семян с помощью датчиков давления.

KOH (едкий калий) используется для связывания CO_2 , выделяемого при дыхании. Так как CO_2 тяжелее воздуха, он оседает на дно пробирки и вступает в реакцию с KOH . Таким способом предотвращается накопление CO_2 в пробирке. Следовательно, единственной причиной изменения давления в ней при дыхании семян будет изменение содержания кислорода.

Схема экспериментальной установки



Оборудование и материалы

- Персональный компьютер
- Регистратор данных USB Link
- Датчик давления 150–1150 мбар (3 шт.)
- Трехходовый кран (3 шт.)
- Силиконовая трубка короткая (3 шт.)
- Пробирка лабораторная, 50 мл, (3 шт.)
- Резиновая пробка (3 шт.)
- Медицинская игла № 20 (3 шт.)
- Стекланные бусинки
- Семена (горох или фасоль) – 60 сухих семян, 45 набухших семян, 35 прорастающих семян
- Сухой КОН, 9 г

Проведение эксперимента

1. Запустите программу MultiLab.
2. Подсоедините датчики давления к входам датчиков регистратора данных USB Link: **Вход 1 (I/O-1), Вход 2 (I/O-2) и Вход 3 (I/O-3)**.
3. Смонтируйте оборудование, как указано на схеме экспериментальной установки.



Медицинскую иглу № 20 пропустите сквозь пробку так, чтобы ее острие немного выступало снизу.



К верхнему концу иглы присоедините посредством короткой силиконовой трубки трехходовый кран. Датчик давления присоедините к крану через другую силиконовую трубку.

Поверните кран так, чтобы его отверстие было расположено вертикально. В таком положении через кран будет проходить воздух. Чтобы перекрыть воздушный поток, поверните кран так, чтобы его отверстие стало горизонтальным.



4. Нажмите кнопку **Настройка регистратора**  на основной панели инструментов программы MultiLab. Настройте регистратор данных как показано ниже:

Частота:	Каждую секунду
Замеры:	2000

5. Пометьте пробирки номерами 1–3. Отметьте линией уровень в 5 см от верха пробирок.
6. Поместите 3 г КОН на дно каждой пробирки. Насыпьте сверху на КОН достаточно стекланных бусинок для полного исключения соприкосновения КОН и семян.
7. Взвесьте пробирки.
8. Поместите в одну пробирку сухие семена, во вторую – набухшие семена, в третью – проросшие семена до отмеченного на пробирках уровня. Подсчитайте количество семян в каждой пробирке и взвесьте пробирки.

9. Плотно закупорьте пробирки пробками с вставленными в них иглами во избежание утечки воздуха из пробирок и попадания в них воздуха извне. Подсоедините к иглам краны и датчики. Если давление в пробирках меняется после закупоривания пробирок пробками, откройте кран и впустите в пробирки воздух, чтобы давление внутри пробирки сравнялось с атмосферным (около 100 кПа). Для прекращения доступа воздуха в пробирки закройте кран. Перед началом эксперимента убедитесь, что давление внутри пробирок поддерживается на уровне атмосферного.
10. Для начала регистрации данных нажмите кнопку **Пуск**  на основной панели инструментов программы MultiLab. Следите за регистрируемыми данными давления в MultiLab.
11. Нажав кнопку **Стоп**  в верхней панели инструментов, остановите запись данных.
12. После начала эксперимента, по мере того как давление в пробирках стабилизируется, остановите запись данных и начните сначала. Наблюдайте за изменениями давления в пробирках во время эксперимента.
13. Сохраните свои данные, нажав кнопку **Сохранить** .

Анализ результатов эксперимента

- Используйте линейное приближение для анализа каждой полученной прямой:
 - С помощью кнопки **Включить первый курсор**  выберите график.
 - Нажмите кнопку **Линейное приближение**  на основной панели инструментов. Уравнение аппроксимирующей прямой появится в информационном окне внизу окна графика.
 - Наклон прямой дает измеренное значение скорости изменения давления из-за потребления кислорода.
 - Используемые единицы измерения скорости изменения давления *кПа в секунду*.
 - Умножьте полученное значение скорости (наклона) на 60 для определения скорости изменения давления (кПа) в минуту.
- Сравните наклоны, полученные для всех пробирок.
- Определите массу семян в каждой пробирке.
- Вычислите скорость изменения давления на грамм массы семени.

Вопросы

- Опишите кривые, построенные для трех пробирок. Насколько стабильны результаты, получаемые в ходе эксперимента? Похожи ли они между собой?
- В какой пробирке потребление кислорода было самым интенсивным? Самым медленным?
- Объясните разницу в скорости поглощения кислорода в разных пробирках.
- Сравните значения скорости на грамм массы, полученные для каждой пробирки. Меняются ли одновременно относительные значения скорости в разных пробирках?
- Почему мы выражаем изменения в потреблении кислорода в скорости этого изменения на грамм массы.
- Как повлияет увеличение температуры на скорость поглощения кислорода в каждой из пробирок?

7. Как повлияет понижение температуры на скорость поглощения кислорода в каждой из пробирок?
8. От каких других факторов может зависеть поглощение кислорода?

Дополнительные задания

1. Следите за скоростью поглощения кислорода семенами во время прорастания с помощью датчика кислорода.
2. Проведите эксперимент с семенами других растений.
3. Исследуйте влияние температуры на прорастание семян.
4. Разработайте эксперимент, аналогичный выполненному, для проверки своих предположений.

10. Лабораторная работа

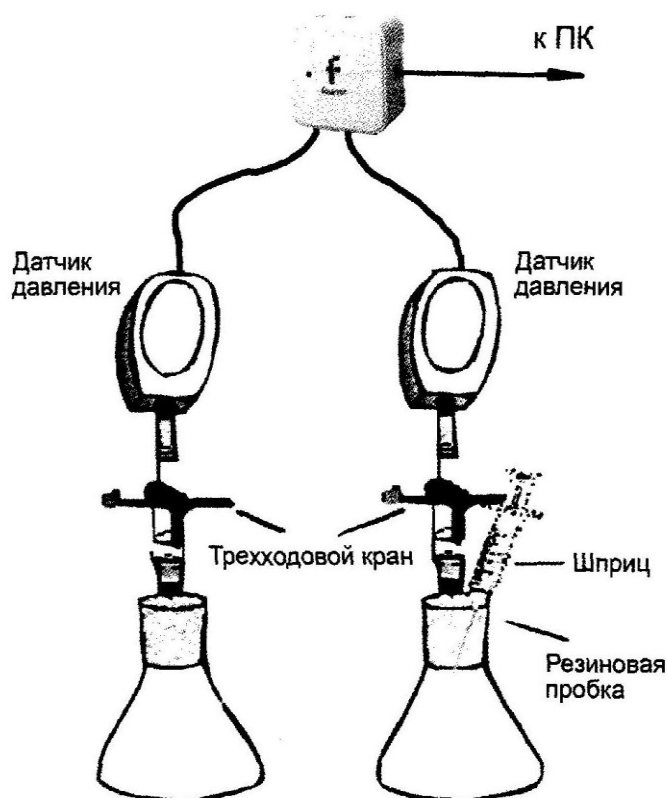
«Биологический катализ. Разложение H_2O_2 в присутствии энзима каталазы»*

Когда трехпроцентный раствор H_2O_2 выливают для дезинфекции на рану, перекись водорода разлагается с образованием пузырьков кислорода. В результате наблюдается бурное шипение раствора H_2O_2 . Компонентом, ответственным за эту реакцию, является энзим под названием «каталаза», который выступает в качестве биологического катализатора. Природное назначение этого энзима состоит в том, чтобы препятствовать накоплению перекиси водорода в теле живого организма, так как это может разрушить ткани тела. Перекись водорода образуется в теле в ходе реакции окисления с участием O_2 .

Каталаза присутствует в избытке в тканях многих живых организмов: микроорганизмов, животных и растений.

В этом эксперименте мы исследуем выход кислорода из раствора H_2O_2 в присутствии дрожжей, используя для этого датчики давления.

Схема экспериментальной установки



Оборудование и материалы

- Персональный компьютер
- Регистратор данных USB Link
- Датчик давления (2 шт.)
- Соединительные провода для датчиков
- Стеклоанная колба, 10 мл, (2 шт.)

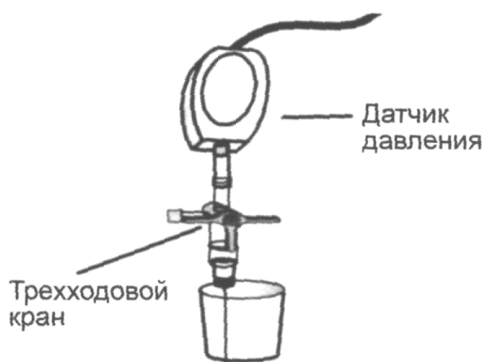
* Если в школе есть цифровые лаборатории по физике, можно воспользоваться датчиками давления, которые входят в комплект.

- Резиновая пробка для колбы (2 шт.)
- Одноразовый шприц (2 мл)
- Медицинская игла № 23 (2 шт.)
- Короткая силиконовая трубка (3 шт.)
- 3%-й раствор H_2O_2
- Сухие дрожжи, 1 г

Подготовка эксперимента


1. Смонтируйте оборудование в соответствии со схемой экспериментальной установки.

Пропустите иглу через резиновую пробку таким образом, чтобы ее кончик немного выступал за пределы поверхности пробки.




К концу иглы, выступающему над пробкой, присоедините через отрезок силиконовой трубки трехходовой кран (один патрубок служит для заполнения водой). Датчик давления подсоедините к крану через другой короткий отрезок трубки.


В одну из пробок вставьте дополнительную иглу. Шприц, заполненный 3%-м раствором H_2O_2 , будет присоединен к этой игле позже.

2. Подключите USB Link к USB порту ПК. Подключите датчик давления ко входам датчиков регистратора данных USB Link **Вход 1 (I/O-1)** и **Вход 2 (I/O-2)**. Запустите MultiLab на ПК.
3. В программе MultiLab установите параметры измерений, открыв окно настроек при помощи кнопки **Настройка регистратора**  :



Частота:	Каждую секунду
Замеры:	500

Проведение эксперимента

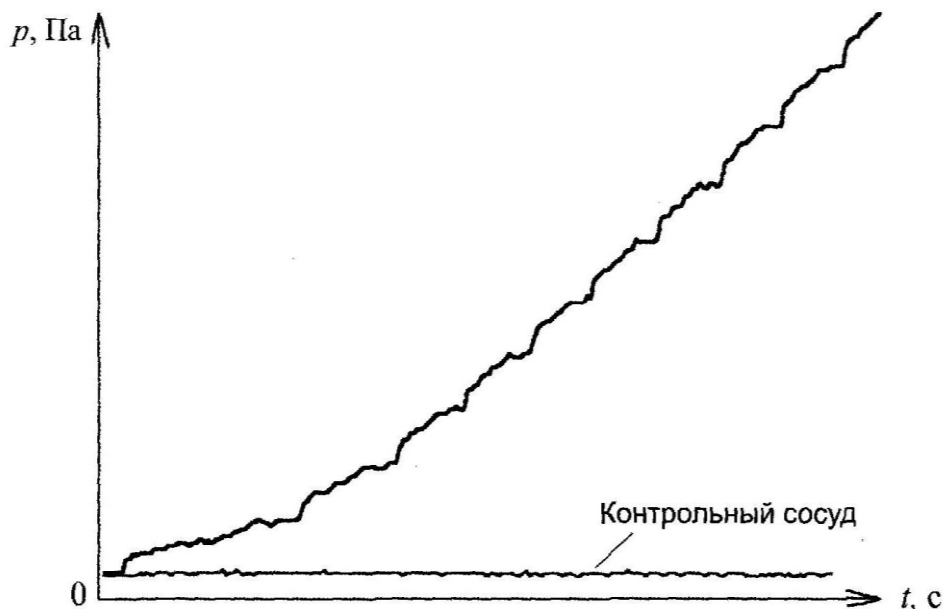
1. Возьмите 1 г сухих дрожжей, растворите их в 50 мл воды и затем хорошо перемешайте, чтобы получить однородный раствор.
2. Наберите в шприц 2 мл 3 %-го раствора H_2O_2 .
3. Пометьте колбы цифрами 1 и 2.
4. Добавьте 8 мл воды и 2 мл 3 %-го раствора H_2O_2 в колбу 1.
5. Добавьте 4 мл воды и 4 мл раствора дрожжей в колбу 2. Слегка помешайте раствор.
6. Плотнo закройте колбы резиновыми пробками.
7. К колбе 2 подсоедините шприц, заполненный 3%-м раствором H_2O_2 , воспользовавшись дополнительной иглой в резиновой пробке.
8. Начинайте регистрацию данных. Для этого нажмите кнопку **Пуск**  на панели инструментов MultiLab. Показания датчиков будут отображаться на экране в виде графика.

9. Следите на мониторе компьютера за уровнем давления.
10. Установите ручки кранов, присоединенных к пробкам обеих колб, в положение, при котором давление в них станет равным атмосферному (около 100 кПа).
11. Введите в колбу 2 раствора H_2O_2 и сразу поверните ручки кранов на обеих колбах так, чтобы перекрыть поступление воздуха.
12. Следите на экране карманного компьютера за изменением давления в ходе эксперимента.
13. Остановите регистрацию, нажав кнопку **Стоп**  на панели инструментов MultiLab.

Анализ результатов эксперимента

1. Если график оказался слишком «шумным», то есть искаженным помехами, рекомендуем выполнить его сглаживание. Для этого нажмите на панели инструментов графика кнопку **Сгладить** .
2. Чтобы оценить эффект выделения кислорода, сравните графики давления в сосуде с перекисью и в контрольном сосуде (без перекиси). Постройте при помощи *Мастера анализа* график разности давлений в экспериментальной и контрольной колбе.
3. Проведите линейную аппроксимацию графика разности давлений. Посредством двух курсоров отметьте линейный участок графика, в меню **График** выберите инструмент **Отрезать**. Вы увидите отдельно вырезанный участок графика, а в *Карте данных* откроется список **Вырезанные данные**. Поместите курсор на график и нажмите кнопку **Линейное приближение** . Наклон построенной прямой, то есть коэффициент при линейном члене в ее формуле, дает значение скорости разложения перекиси водорода.

Примерный вид графика зависимости давления от времени



Вопросы

1. Как величина давления, возникающего в ходе эксперимента, связана со скоростью разложения H_2O_2 ?
2. Сравните изменение давления в обеих колбах. Изменилось ли оно в колбе 1? В колбе 2? Объясните различие.
3. Какая из колб является контрольной?
4. Зачем нужна контрольная колба в этом эксперименте?

5. Как называется эффект, связанный с добавлением раствора дрожжей в экспериментальные колбы?
6. Какой компонент дрожжей ответственен за наблюдаемый эффект? Как это можно доказать?
7. Как увеличение количества дрожжей может повлиять на скорость реакции?
8. Как рост температуры в колбах может повлиять на скорость разложения H_2O_2 ?

Дополнительные задания

1. Увеличивайте количество дрожжей в реагирующей смеси и следите за изменением хода реакции в каждом случае.
Определите скорость реакции в каждом эксперименте.
2. Сравните влияние дрожжевой каталазы с влиянием других веществ – куриной или коровьей печени, картофельного пюре.
3. Измените концентрацию раствора H_2O_2 , добавляемого в реагирующую смесь. Сравните влияние концентрации реагентов на скорость реакции с влиянием катализатора.
4. Проследите за изменением температуры в ходе реакции. Рассчитайте изменение скорости реакции разложения H_2O_2 при изменении температуры.
5. Запустите параллельно три системы: контрольную, одну с веществом, содержащим каталазу, и одну с химическим катализатором.
6. Оцените количество каталазы в различных тканях путем сравнения их воздействия на скорость реакции с воздействием промышленной каталазы.

11. Лабораторная работа «Воздействие энзимов на пищу: разложение яичного белка в присутствии фермента пепсина»

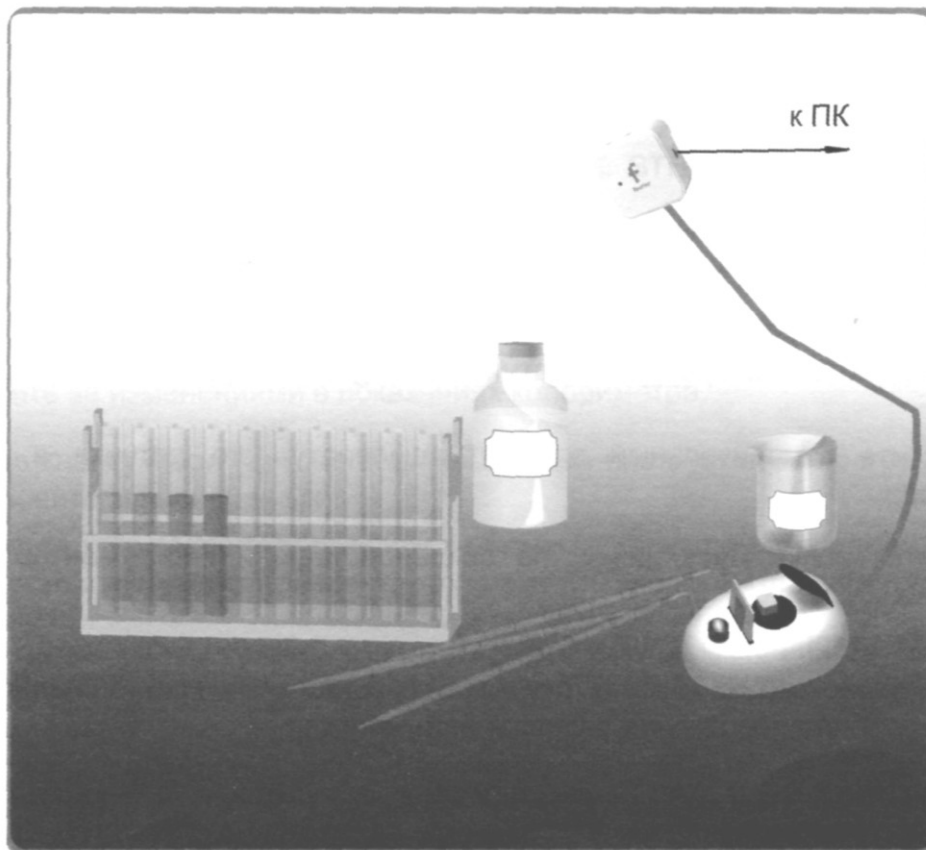
Пепсин, трипсин и химотрипсин – ферменты, разлагающие белки, присутствующие в нашей пище. Каждый из этих ферментов расщепляет белки в определенных участках, и это приводит к разделению белков на короткие пептиды и аминокислоты, которые легко впитываются поверхностью кишечника.

Пепсин производится в слизистом покрытии желудка. Он секретируется в неактивной форме (трипсиноген) и позже конвертируется в активную форму (пепсин) при очень низких значениях pH (1,0–3,0). Эти значения pH оптимальны для работы пепсина.

Пепсин используется в приготовлении сыра и других содержащих белки продуктов.

В этом эксперименте разложение яичного белка в присутствии пепсина отслеживается с помощью колориметра. Сначала яичный белок нагревается до получения мутного раствора. По мере разложения раствор становится прозрачным.

Схема экспериментальной установки



Оборудование и материалы

- Персональный компьютер
- Регистратор данных USB Link
- Датчик температуры (–25 °C–+110 °C)
- pH-метр
- Газовая горелка
- Колориметр
- Колба лабораторная, 400–600 мл

- Подставка с 10 пробирками
- Пипетки на 1 и 5 мл
- 0,2 N раствора HCl, 100 мл
- Один яичный белок
- Раствор пепсина, 20 мл



Возьмите порошок пепсина и разведите его в дистиллированной воде. Для оптимальной активности фермента его концентрация может варьировать в пределах между 0,1% и 0,5%.

Подготовка эксперимента


1. Запустите программу MultiLab.
2. Колориметр, рН-метр и датчик температуры будут последовательно подключаться к **Входу 1 (I/O-1)** регистратора данных USB Link.
3. Смонтируйте оборудование, как указано на схеме экспериментальной установки.
4. Нажмите кнопку **Настройка регистратора**  на основной панели инструментов программы MultiLab. Настройте регистратор данных как показано ниже:








Частота:	Каждую секунду
Замеры:	500

Проведения эксперимента


1. Приготовьте раствор яичного белка:
 - Добавьте 40 мл дистиллированной воды к 10 мл яичного белка.
 - Быстро размешайте и профильтруйте.
 - Подсоедините температурный датчик к **Входу 1 (I/O-1)** регистратора данных USB Link.
 - Поместите измерительный элемент температурного датчика в полученный раствор.
 - Нажмите кнопку **Пуск**  на основной панели инструментов программы MultiLab.
 - Следите за графиком температуры.
 - Нагрейте раствор до 55–60 С° (не выше) при постоянном помешивании до помутнения раствора (состояние разведенного молока).
 - Нажав кнопку **Стоп**  на верхней панели инструментов программы MultiLab, остановите запись данных.

Полученный раствор будет материалом для проведения эксперимента. Сохраните его в маленькой пробирке.

2. Откалибруйте колориметр:
 - Подсоедините колориметр к **Входу 1 (I/O-1)** регистратора данных USB Link.
 - Используйте красный фильтр.
 - Приготовьте контрольный раствор: добавьте 1 мл фермента к 3 мл дистиллированной воды.
 - Налейте контрольный раствор в кювету и поместите ее в колориметр. Хорошо закройте крышку.
 - Нажмите кнопку **Пуск** .

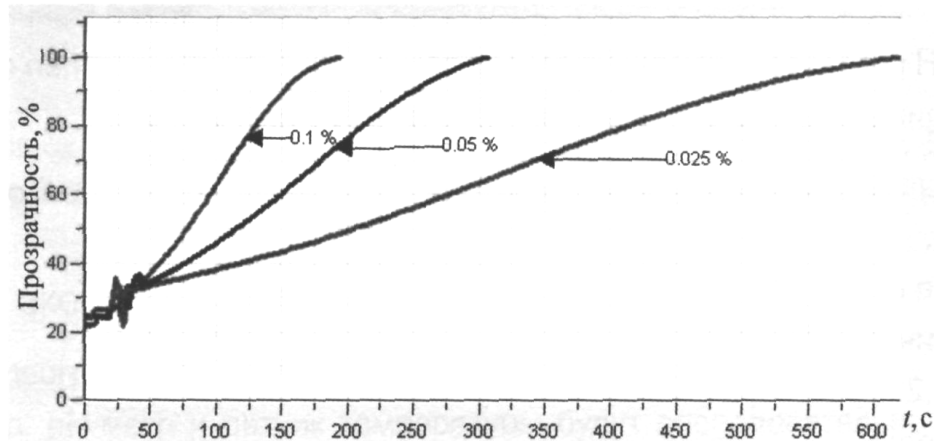
- Следите за колориметрическим графиком, поворачивая ручку до тех пор, пока не достигните 100% прозрачности.
 - Нажав кнопку **Стоп**  на верхней панели инструментов, остановите запись данных.
3. Измерьте pH раствора с помощью pH-метра:
- Подсоедините pH-метр к входу регистратора данных USBLink.
 - Нажмите кнопку **Пуск**  на основной панели инструментов программы MultiLab.
 - Добавьте в пробирку:
 - 2,4 мл яичного белка;
 - 0,6 мл 0,2 N раствора HCl;
 - 1,0 мл воды.
 - Если необходимо, отрегулируйте pH раствора, изменяя объем добавляемого 0,2 N раствора HCl (pH раствора должно быть в пределах 2,0–3,0 pH).
 - Нажав кнопку **Стоп**  на верхней панели инструментов программы MultiLab, остановите запись данных.
4. Измерьте скорость разложения белка:
- Добавьте в кювету 2,4 мл яичного белка и 0,6 мл 0,2 N раствора HCl.
 - Подсоедините колориметр к входу регистратора данных USB Link.
 - Нажмите кнопку **Пуск**  .
 - Добавьте в кювету 1 мл раствора фермента.
 - Хорошо перемешайте содержимое кюветы и сразу же поместите ее в колориметр.
 - Плотно закройте крышку.
 - Следите за изменениями в показаниях колориметра.
 - Нажав кнопку **Стоп**  на верхней панели инструментов программы MultiLab, остановите запись данных.
 - Добавьте к полученному графику значение концентрации фермента, используя для этого инструмент **Комментарии**: нажмите кнопку **Включить первый курсор**  , затем кнопку **Новый комментарий** в нижнем меню инструментов. В поле редактирования введите концентрацию фермента и нажмите кнопку **ОК**.
 - Отредактируйте название графика с помощью команды **Редактирование графика** из меню **График** главного меню программы MultiLab.
5. Сохраните свои данные, нажав кнопку **Сохранить**  .
6. Повторите шаги 4–5, по меньшей мере с 2–4 разными концентрациями фермента.

Анализ результатов эксперимента

1. Скорость разложения белка вычисляется по скорости изменения цвета раствора.
2. Примените линейное приближение к кривой для каждой концентрации фермента (или субстрата):
 - С помощью курсоров выберите нужный участок.
 - Нажмите кнопку **Линейное приближение**  на основной панели инструментов. Аппроксимирующее уравнение появится в информационном окне внизу окна графика.

- Наклон построенной прямой дает значение результирующей скорости реакции.

Пример графиков, полученных в таком эксперименте при разных концентрациях фермента:



Вопросы

1. Как полученные кривые отображают связь между концентрацией фермента (или субстрата) и скоростью разложения белка?
2. Как влияет повышение концентрации фермента на скорость разложения белка?
3. Как влияет повышение концентрации субстрата на скорость разложения белка?
4. Как вы думаете, какой будет скорость разложения другого белка под воздействием пепсина?
5. Как повлияет изменение pH на скорость разложения яичного белка пепсином?

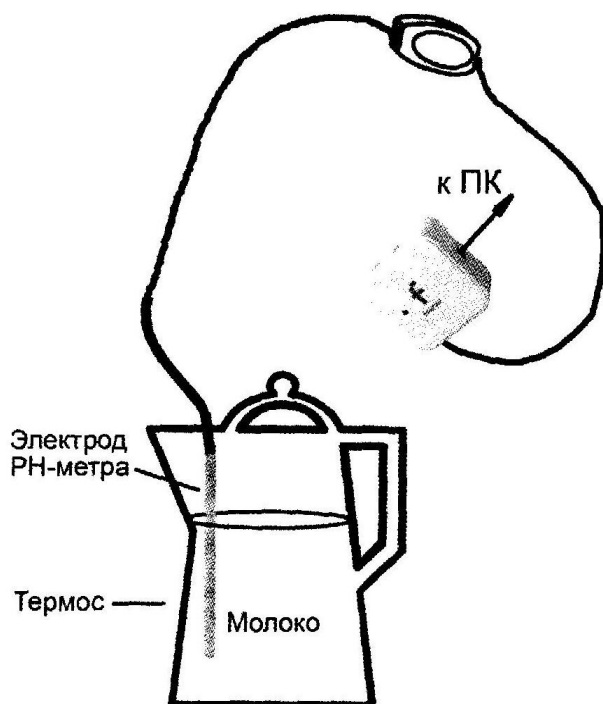
Дополнительные задания

1. Исследуйте влияние pH на активность пепсина в пределах 1–10 pH. Воспользуйтесь буферными растворами либо добавляйте разные объемы 0,2 N раствора HCl или 0,2 N раствора NaCO₃.
2. Исследуйте влияние температуры на активность пепсина. Помещайте сосуд со смесью субстрата и фермента (в оптимальных концентрациях) в водяную баню при различных температурах. Каждые 1–2 минуты доставайте образцы и измеряйте изменение цвета при помощи колориметра.

12. Лабораторная работа «Процесс скисания молока»

1. Молоко стерильно в вымени, но может заразиться бактериями еще до выхода из него, а также в процессе доения животного, транспортировки и хранения молока, в ходе его предварительной обработки.
2. В молоке присутствует две группы бактерий. Первая – это бактерии молочной кислоты, они всегда есть в молоке и используются в процессе его обработки. Вторая группа – анаэробные микроорганизмы coliforms, оптимальная температура размножения которых составляет 37 °С. Coliforms являются индикаторными организмами, указывающими на появление патогенных бактерий, вызывающих быструю порчу молока, брожение лактозы с образованием кислоты и выделением газа, а кроме того, они способны разрушать протеины молока.
3. Пример бактерий, относящихся к данной группе, – *Escherichia coli*.
4. В этом эксперименте мы контролируем изменение pH молока, находящегося в термосе около 30 часов (инкубационный период).

Схема экспериментальной установки




Оборудование и материалы

- Персональный компьютер
- Регистратор данных USB Link
- Датчик pH-метр
- Соединительный провод для датчика
- Термос емкостью 1 литр (с пробкой, позволяющей хорошо загерметизировать провод pH-метра)



Подготовка эксперимента

1. Смонтируйте оборудование в соответствии со схемой экспериментальной установки.
2. Подсоедините датчик к **Входу 1 (I/O-1)** регистратора данных USB Link. Запустите программу MultiLab.


3. В программе MultiLab установите параметры измерений, открыв окно настроек при помощи кнопки **Настройка регистратора**  :

Частота:	Каждую минуту
Замеры:	2000

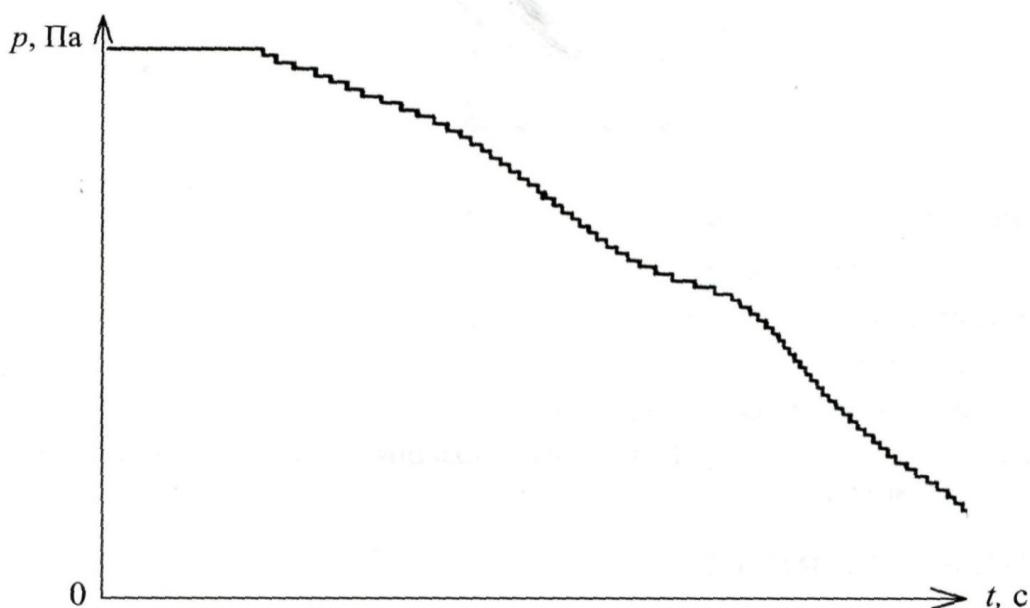
Проведение эксперимента

1. Нагрейте 750 мл молока и остудите его до комнатной температуры.
2. Залейте молоко в термос.
3. Погрузите в молоко электрод датчика рН-метра и закройте термос крышкой так, чтобы не повредить проходящий через пробку кабель электрода.
4. Начинайте регистрацию данных. Для этого нажмите кнопку **Пуск**  на панели инструментов MultiLab. Показания датчиков будут отображаться на экране в виде графика.
5. Через 30 часов остановите регистрацию, нажав кнопку **Стоп**  на панели инструментов MultiLab.

Анализ результатов эксперимента

1. Если график оказался слишком «шумным», то есть искаженным помехами, рекомендуем выполнить его сглаживание. Для этого нажмите на панели инструментов графика кнопку **Сгладить** .
2. Определите среднюю скорость изменения рН за время эксперимента. Посредством двух курсоров выделите линейный участок графика падения рН и в меню **График** воспользуйтесь инструментом **Отрезать**. Далее с помощью *Мастера анализа* проведите линейную аппроксимацию. Наклон построенной прямой, то есть коэффициент при линейном члене в ее формуле, дает значение скорости изменения рН в эксперименте.

Примерный вид графика изменения уровня рН во времени:



Вопросы

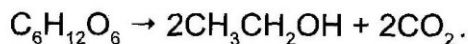
1. Что вызывает снижение рН молока?
2. Наблюдалось ли изменение рН молока с самого начала инкубационного периода?
Если да, то что может быть причиной этого явления?
3. Остается ли скорость изменения рН постоянной в течение всего периода наблюдения?
4. Зачем нужно было нагревать молоко, а затем остужать его до комнатной температуры перед тем, как залить в термос?
5. Какой результат можно получить с непастеризованным молоком в течение того же периода наблюдения?

Дополнительные задания

1. Выполните аналогичный эксперимент с непастеризованным молоком или молоком другого животного (например, козы).
2. Проведите исследование процесса при различных температурах молока.

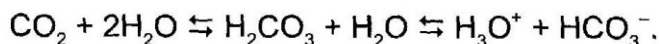
13. Лабораторная работа «Спиртовое брожение в дрожжах»*

Все живые организмы получают при дыхании необходимую для жизнедеятельности энергию за счет окисления органических веществ молекулярным кислородом. В анаэробных условиях (при низкой концентрации кислорода) многие организмы, включая дрожжи, получают энергию в процессе брожения. В ходе спиртового брожения, характерного для большинства видов дрожжей, реакция ферментации начинается с одной молекулы глюкозы, в которой шесть атомов углерода, и заканчивается двумя молекулами этанола, содержащего два атома углерода, и двумя молекулами CO_2 :



Глюкоза Этанол Диоксид углерода

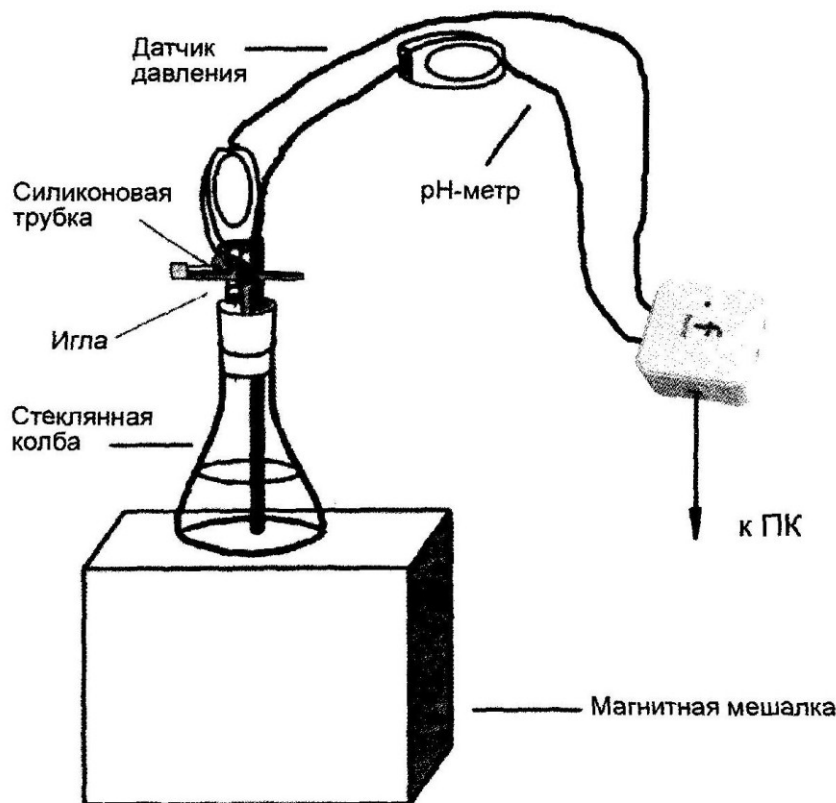
Диоксид углерода, выделяемый в ходе этого процесса, растворяется в воде с образованием угольной кислоты, которая диссоциирует с образованием ионов гидроксония и карбоната водорода:



В растворах кислоты растворимость CO_2 в воде падает и он начинает выделяться в окружающую атмосферу.

В этом эксперименте мы будем контролировать изменение pH с сопутствующим выходом CO_2 в процессе брожения дрожжей.

Схема экспериментальной установки



* Если в школе есть цифровые лаборатории по физике, можно воспользоваться датчиками давления, которые входят в комплект.

Оборудование и материалы

- Персональный компьютер
- Регистратор данных USB Link
- Датчик давления
- Датчик рН-метр
- Соединительные провода для датчиков
- Стеклоянные колбы емкостью 50 мл
- Резиновая пробка
- Игла медицинская № 23 для шприца
- Короткий кусок силиконовой трубки
- Трехходовой кран
- Сухие дрожжи, 1,25 г
- 2 %-й раствор глюкозы, 50 мл
- Магнитная мешалка

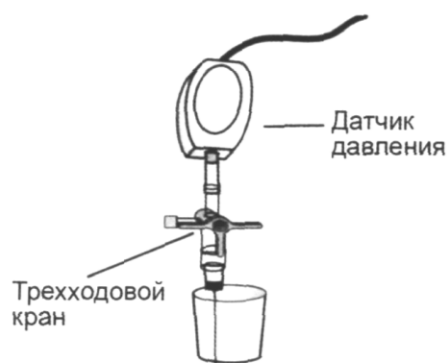
Подготовка эксперимента


1. Соберите экспериментальную установку в соответствии с рисунком.

Медицинскую иглу (№ 23) пропустите сквозь резиновую пробку так, чтобы ее конец немного выступал наружу (см. рисунок).

К концу иглы, выступающей над пробкой, присоедините через отрезок силиконовой трубки трехходовой кран (один патрубок служит для залива воды). Датчик давления подсоедините к крану через другой короткий отрезок трубки.




Проделайте в пробке отверстие, подходящее по размерам для электрода рН-метра, и осторожно вставьте его в это отверстие. Зазор между электродом и пробкой заполните густой смазкой.




2. Подключите USB Link к USB порту ПК. Подключите датчик давления к **Входу 1 (I/O-1)** регистратора данных USB Link. Подключите рН-метр к **Входу 2 (I/O-2)** регистратора данных USB Link. Запустите MultiLab на ПК.
3. В программе MultiLab установите параметры измерений, открыв окно настроек при помощи кнопки **Настройка регистора**  :

Частота:	Каждую секунду
Замеры:	5000

Проведение эксперимента

1. Взвесьте на весах 1,25 г сухих дрожжей и растворите их в 50 мл воды. Хорошо взболтайте смесь, чтобы получить однородный раствор.
2. Налейте 25 мл этого раствора в стеклянную колбу.
3. Добавьте в колбу 25 мл 2%-го раствора глюкозы и начните перемешивать раствор с помощью магнитной мешалки.
4. Плотно закройте колбу подготовленной резиновой пробкой.
5. Начинайте регистрацию данных. Для этого нажмите кнопку **Пуск**  на панели инструментов MultiLab. Показания датчиков будут отображаться на экране в виде графика.
6. Следите на экране за уровнем изменения давления.
7. Соедините при помощи крана полость колбы с атмосферой на время, пока давление в колбе не станет равным атмосферному, затем закройте кран.
8. Остановите регистрацию, нажав кнопку **Стоп**  на панели инструментов MultiLab.
9. Сохраните результаты эксперимента, нажав кнопку **Сохранить** .

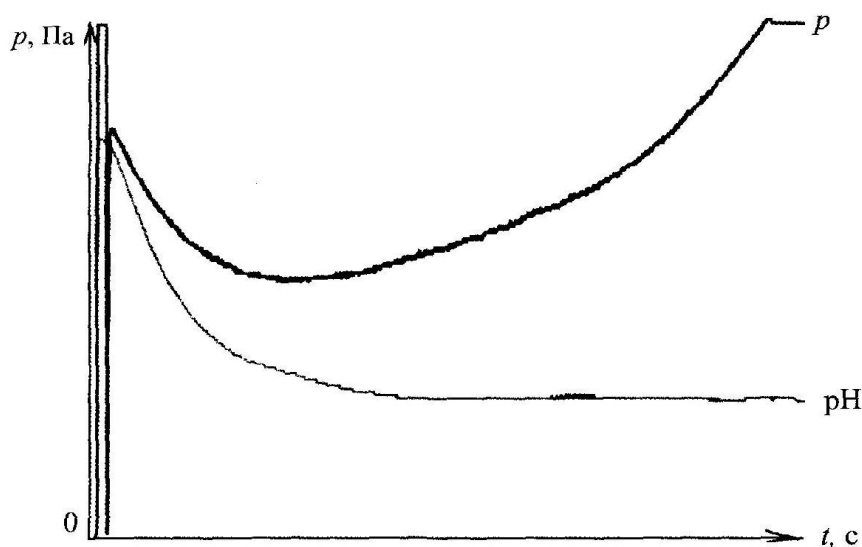
Анализ результатов эксперимента

1. Если график оказался слишком «шумным», то есть искаженным помехами, рекомендуем выполнить его сглаживание. Для этого нажмите на панели инструментов графика кнопку **Сгладить** . Как изменились показания датчиков давления и pH-метра за время эксперимента? Какие значения эти величины имели в начале опыта? Какие в конце? Какова разница между ними?
2. Сравните ход изменения значений pH с изменением давления и ответьте:
 - на какой стадии эксперимента изменения pH были наиболее заметны;
 - на какой стадии эксперимента наблюдались изменения давления;
 - объясните характер изменений значений pH и давления.
3. Определите скорость выделения CO_2 .

Посредством двух курсоров выделите линейный участок графика давления. В меню **Анализ** выберите команду **Линейное приближение**.

Наклон построенной прямой, то есть коэффициент при ее линейном члене, дает значение скорости выделения CO_2 .

Графики, полученные в этом эксперименте:



Вопросы

1. Как давление в колбе связано с образованием CO_2 в процессе ферментации дрожжей?
2. Каков оптимальный диапазон изменения pH для процесса ферментации дрожжей? Обоснуйте свое заключение с помощью результатов эксперимента.
3. Объясните влияние снижения pH на начальном этапе эксперимента на растворение CO_2 в воде. Предложите схему эксперимента для проверки своего предположения.
4. Увеличение температуры в колбе в ходе эксперимента может влиять на скорость выделения CO_2 двумя различными способами: путем изменения скорости ферментации и путем изменения растворимости CO_2 в воде. Объясните эти эффекты.

Дополнительные задания

1. Добавляйте в колбу дрожжи и следите за изменением скорости выделения CO_2 во всех экспериментах.
2. Рассчитайте скорость реакции в каждом дополнительном эксперименте.
3. Проследите влияние концентрации сахарозы на скорость ферментации.
4. Добавьте различные виды шестиуглеродных сахаров (глюкозу, фруктозу, галактозу) для сравнения с дисахаридами (лактозой, сахарозой) и рассчитайте скорость ферментации для каждого случая.
5. Выполните эксперимент по ферментации в буферном растворе (значение pH в нем установите равным 4,0).

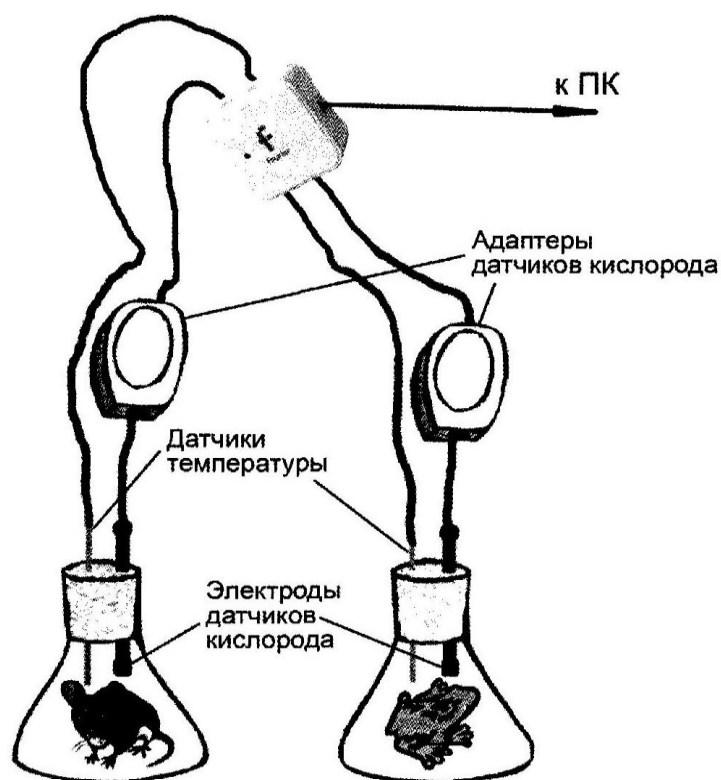
14. Лабораторная работа «Теплокровные и холоднокровные животные»*

У земноводных (холоднокровных животных) трехкамерное сердце, артериальная кровь частично смешивается с венозной, поэтому насыщение тканей и органов кислородом слабое и уровень обмена веществ низкий. У млекопитающих сердце четырехкамерное, артериальная кровь с венозной не смешивается, насыщение тканей кислородом гораздо полнее, так что скорость обменных процессов выше. Такие животные являются теплокровными. Они в меньшей степени, чем холоднокровные, зависят от условий внешней среды, сохраняют активность при низких температурах и потому обитают по всей Земле, в том числе в полярных и высокогорных районах. При недостатке кислорода теплокровные животные могут погибнуть от удушья, поскольку расходуют кислород гораздо быстрее, чем холоднокровные.

Разница в скорости потребления кислорода мышью и лягушкой объясняется тем, что мышь, в отличие от лягушки, – теплокровное животное, и у нее более высокий уровень обмена веществ.

Цель работы – выявить различия в интенсивности теплоотдачи и уровне потребления кислорода у животных равной массы, но разных систематических групп (земноводных и млекопитающих).

Схема экспериментальной установки



Оборудование и материалы

- Стакан химический или колба с герметичной пробкой (2 шт.)
- Датчик температуры (2 шт.)
- Датчик кислорода (2 шт.)
- Соединительные провода для датчиков
- Персональный компьютер

* Если в вашем распоряжении нет ПК по физике, можно воспользоваться датчиками давления, которые входят в комплект.

Подопытные животные

- Лабораторная мышь
- Лягушка

(животные должны быть примерно одинаковой массы)

Подготовка эксперимента

1. В пробках просверлите по два отверстия (диаметром 12 мм – для электрода датчика кислорода и 4 мм – для наконечника датчика температуры).
2. В каждую пробку аккуратно вставьте датчик температуры и датчик кислорода. Монтируя датчик кислорода, отвинтите мембранный модуль от мембранного блока. Датчики нужно установить так, чтобы при закрытой пробке датчик кислорода находился у самого дна стакана (поскольку CO_2 тяжелее воздуха), а датчик температуры был приподнят над дном не менее чем на 4–5 см (он не должен касаться животного).
3. Подготовьте к работе датчики кислорода (см. инструкцию к датчикам).
4. Подключите USB Link к USB порту ПК. Подключите датчики температуры к входам датчиков регистратора данных USB Link **Вход 1 (I/O-1)** и **Вход 3 (I/O-3)**. Подключите датчики кислорода ко входам датчиков регистратора данных USB Link **Вход 2 (I/O-2)** и **Вход 4 (I/O-4)**. Запустите MultiLab на ПК.
5. В программе MultiLab установите параметры измерений, открыв окно настроек при помощи кнопки **Настройка регистратора**  :

Частота:	25 замеров/с
Замеры:	5000

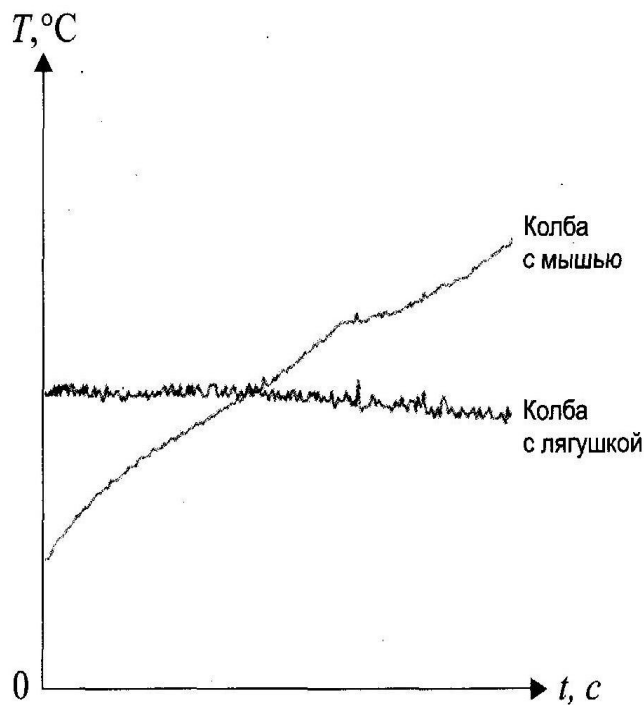
Проведение эксперимента

1. Начинайте регистрацию данных. Для этого нажмите кнопку **Пуск**  на панели инструментов MultiLab. Показания датчиков будут отображаться на экране в виде графика.
2. Поместите в одну колбу мышь, а в другую – лягушку и закройте колбы подготовленными пробками с датчиками (при этом будьте осторожны – не травмируйте животных!).
3. Внимательно следите за состоянием животных. Продолжительность пребывания мыши в закрытой колбе не должна превышать 5 минут. Этим и определяется длительность опыта.
4. Остановите регистрацию данных, нажав кнопку **Стоп**  на панели инструментов MultiLab, откройте стаканы и поместите животных в их клетки.
5. Сохраните полученные результаты, нажав кнопку **Сохранить** .

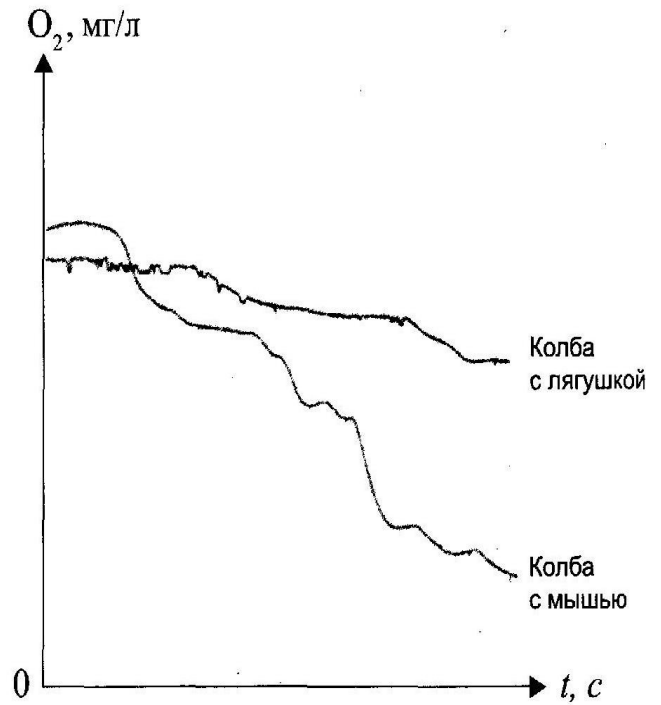
Анализ результатов эксперимента

1. Сравните полученные графики изменения температуры и содержания кислорода в колбах с мышью и лягушкой.
2. Определите температуру и содержание кислорода в начале и в конце каждого опыта. Вычислите разность. Сравните результаты, полученные для обоих животных.

Изменение температуры в колбах



Изменение содержания кислорода в колбах



Вопросы

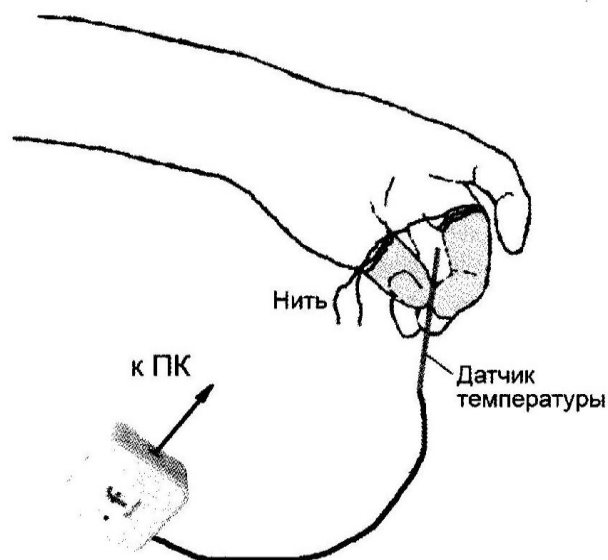
1. Чем объясняется разница в скорости потребления кислорода мышью и лягушкой?
2. Какие отличия во внутреннем строении земноводных и млекопитающих обуславливают теплокровность последних?
3. В чем преимущество теплокровных животных в природе?
4. Какое негативное последствие теплокровности вы отметили в ходе эксперимента?

15. Лабораторная работа «Нарушение кровообращения при наложении жгута»

Наложение жгута («перетяжка») нарушает кровообращение, а следовательно – и тепло-снабжение изолированного органа. При этом также происходит нарушение снабжения тканей кислородом и питательными веществами, снижение оттока продуктов метаболизма. Перетяжка применяется в случае сильных кровотечений для предотвращения потери крови. Однако жгут не следует накладывать надолго, допустимая продолжительность зависит от возраста человека, размера изолированного участка и от температуры окружающей среды. После снятия перетяжки сосуды органа расширяются, чтобы продукты метаболизма, скопившиеся за время изоляции, быстро были выведены из организма.

Цель работы – исследовать терморегуляторную функцию крови и доказать негативное влияние перетяжки на ткани и органы, построить график зависимости температуры кожных покровов от продолжительности наложения перетяжки.


Схема экспериментальной установки



Оборудование и материалы






- Персональный компьютер
- Регистратор данных USB Link
- Датчик температуры
- Прочная (суровая) нить или тонкий шнур длиной около 40–60 см

Подготовка эксперимента


1. Захватите датчик двумя пальцами так, чтобы примерно на длине в 2 см он соприкасался с кожей.
2. Подключите USB Link к USB порту ПК. Подключите датчик температуры к **Входу 1 (I/O-1)** регистратора USB Link. Запустите MultiLab на ПК.
3. В программе MultiLab установите параметры измерений, открыв окно настроек при помощи кнопки **Настройка регистратора**  :

Частота:	10 замеров/с
Замеры:	5000

Проведение эксперимента

1. Начинайте регистрацию данных. Для этого нажмите кнопку **Пуск**  на панели инструментов MultiLab. Показания датчиков будут отображаться на экране в виде графика.
2. Наденьте пакет с датчиками на кисть руки и закрепите его в области запястья с помощью резинового кольца или шнура.
3. Записывайте данные в течение 5–6 минут.
4. Остановите регистрацию, нажав кнопку **Стоп**  на панели инструментов MultiLab, и сохраните данные опыта.
5. Снимите пакет с ладони, извлеките датчики.
6. Возьмите другой пакет и снова соберите установку.
7. Выполните новый опыт (с теми же параметрами).
8. Начинайте регистрацию данных. Для этого нажмите кнопку **Пуск**  на панели инструментов MultiLab. Показания датчиков будут отображаться на экране в виде графика.
9. Наденьте пакет с датчиками на кисть руки и закрепите его в области запястья с помощью резинового кольца или шнура.
10. Включите лампу и приблизьте ее к пакету.
11. Ведите запись данных в течение 5–6 минут.
12. Остановите регистрацию, нажав кнопку **Стоп**  на панели инструментов MultiLab.
13. Сохраните полученные результаты, нажав кнопку **Сохранить** .

Анализ результатов эксперимента

1. Если график оказался слишком «шумным», то есть искаженным помехами, рекомендуем выполнить его сглаживание. Для этого нажмите на панели инструментов графика кнопку **Сгладить** .
2. Откройте файл первого эксперимента. Сравните температуру и влажность в начале и в конце опыта.
3. Откройте файл второго эксперимента. Сравните температуру и влажность в начале и в конце опыта.
4. Сравните влажность в конце первого и второго опытов:

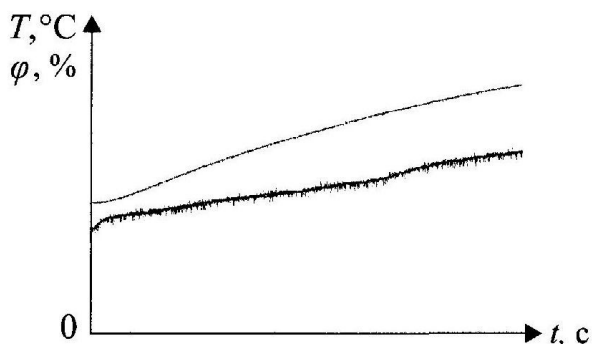


График первого опыта

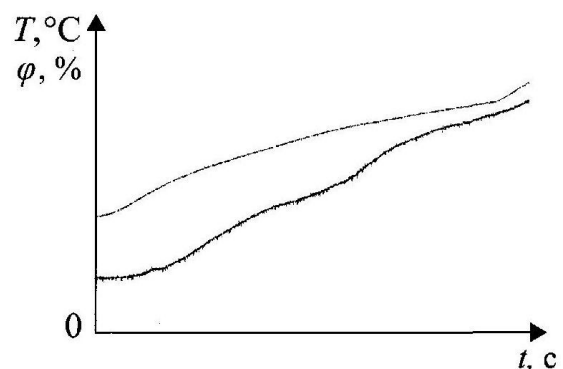


График второго опыта

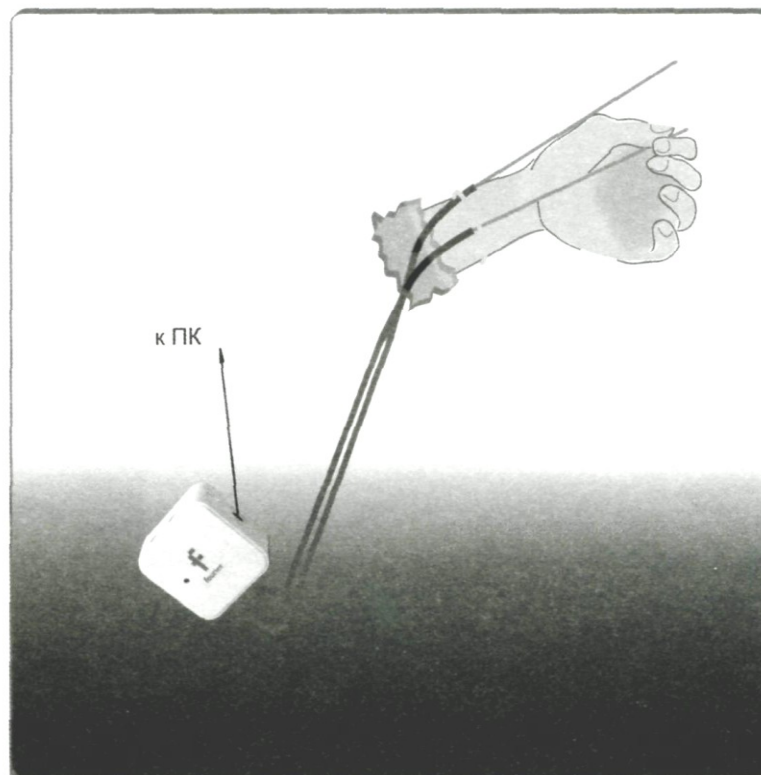
Вопросы

1. Почему повышается температура в пакете в ходе первого опыта?
2. Почему повышается влажность в пакете?
3. Почему во втором опыте влажность увеличивалась быстрее и достигла более высокого значения, чем в первом?
4. Какое значение для организма имеет функция потоотделения?
5. Почему летняя одежда обычно делается из натуральных, а не синтетических тканей?

17. Лабораторная работа «Регуляция температуры тела человека – потеря тепла потоотделением: измерение потерянного тепла на кончиках пальцев»

При высокой температуре окружающей среды температура тела может повышаться. Кровеносные сосуды у поверхности кожи эффективно снижают температуру. Поэтому при повышении температуры тела ток крови в коже интенсифицируется. Для понижения температуры увеличивается и потоотделение. Потоотделение происходит более чем через 3 миллиона потовых желез по всей поверхности тела. Оно необходимо для поддержания нормальной температуры тела, но может привести к обезвоживанию, если испаряемая организмом влага не возвращается, поэтому при высокой температуре окружающей среды необходимо пить много воды. В этом эксперименте мы будем исследовать зависимость потери тепла потоотделением от увеличения температуры тела.

Схема экспериментальной установки



Оборудование и материалы

- Персональный компьютер
- Регистратор данных USB Link
- Датчик температуры, $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ – $+110\text{ }^{\circ}\text{C}$ (2 шт.)
- Герметичный прозрачный пластиковый пакет

Подготовка эксперимента

1. Запустите программу MultiLab.
2. Подсоедините датчики температуры к **Входу 1 (I/O-1)** и **Входу 2 (I/O-2)** регистратора данных USB Link.
3. Смонтируйте оборудование, как указано на схеме экспериментальной установки.

4. В программе MultiLab установите параметры измерений, открыв окно настроек при помощи кнопки **Настройка регистратора**  :

Частота:	Каждую секунду
Замеры:	2000

Проведение эксперимента

1. Зажмите датчик температуры кончиками пальцев правой руки, как показано на схеме экспериментальной установки.
2. Начиная регистрацию данных. Для этого нажмите кнопку **Пуск**  на основной панели инструментов программы MultiLab.
3. Следите за изменениями температуры в пальцах до тех пор, пока температура не стабилизируется (2–3 минуты).
4. Наденьте пакет с датчиками на кисть руки.
5. Закрепите его в области запястья с помощью резинового кольца или шнурка.
6. Записывайте данные изменения температуры в пакете в течение 10 минут.
7. Снимите пакет с руки. Записывайте данные изменения температуры в пакете и на своих пальцах в течение еще 10 минут.
8. Остановите регистрацию, нажав кнопку **Стоп**  на панели инструментов MultiLab.
9. Сохраните данные, нажав кнопку **Сохранить**  на основной панели инструментов программы MultiLab.

Анализ результатов эксперимента

1. С помощью курсоров отметьте изменения температуры, пока рука находится в пакете. Каковы начальные значения температуры? Конечные значения? Разность этих значений?
2. Отметьте направление изменения температуры после снятия пакета.
3. Осмотрите руку сразу после снятия пакета – сухая она или влажная?

Вопросы

1. Как сказывается помещение руки в пакет:
 - на температуре кончиков пальцев;
 - на температуре внутри пакета?
2. Что вызывает изменение температуры кончиков пальцев во время эксперимента?
3. Заметили ли вы изменение влажности своей кожи во время эксперимента? Объясните ваши наблюдения.
4. Почему влажность в пакете уменьшается сразу же после его снятия с руки?
5. Откуда берется вода, скапливающаяся в пакете?
6. Что происходит с водой, скапливающейся в пакете, после его снятия с руки?
7. Какие выводы вы можете сделать из эксперимента относительно:
 - нагревания вашей руки внутри пакета;
 - процесса отдачи тепла вашей рукой после снятия пакета?

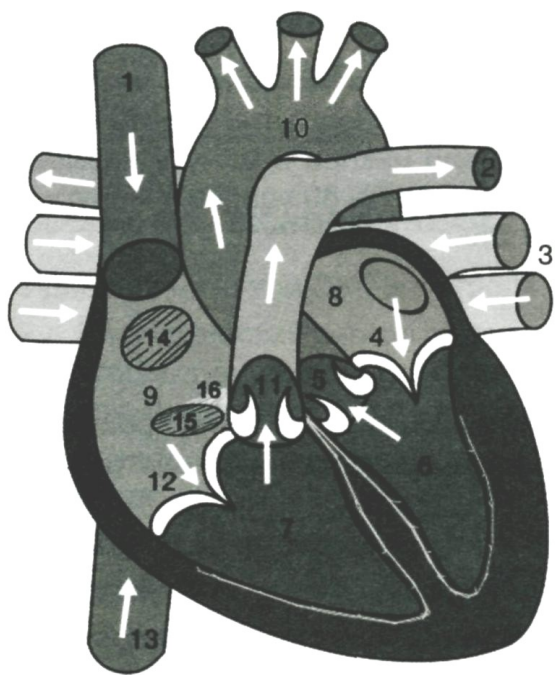
Дополнительные задания

1. Подсоедините дополнительный датчик температуры к своим пальцам. Следите за изменением температуры руки, накрытой и не накрытой пакетом.
2. Сделайте какое-нибудь упражнение, держа руку в пакете, и проследите, как это скажется на температуре.
3. Увеличьте влажность окружающего пространства и проследите, как это скажется на потере тепла.
4. Создайте воздушный поток вблизи своей руки. Сразу же после снятия пакета проследите, как это сказывается на температуре.

18. Лабораторная работа «ЭКГ и дыхание в спокойном состоянии и после физических упражнений»

ЭКГ (электрокардиограмма) – электрическая запись деятельности сердца, процедура, при которой измеряют сокращения сердечной мышцы с помощью электродов, помещенных на различные участки тела. Ионы и молекулы, несущие заряд, участвуют в деполяризации и реполяризации сердечной мышцы. Это – ионы натрия, ионы кальция, ионы хлора и несущие заряд молекулы белков. Суммарный заряд, генерируемый при деполяризации и реполяризации, может быть записан электродами, размещенными на поверхности кожи. Деполяризация сердечной мышцы вызывает ее сокращение.

Клетки сердца, проводящие сигнал, деполяризуются спонтанно. Такая спонтанная деполяризация начинается в верхней стенке правого предсердия, в группе мышечных клеток сердца, которая называется *синусовый узел сердца* (*pacemaker – ритмоводитель*), или *синусно-предсердный узел*. При деполяризации *ритмоводителя* возникает ток заряда, что приводит к деполяризации всех других клеток сердечной мышцы. Волна деполяризации движется от правого предсердия к левому настолько быстро, что оба предсердия сокращаются почти одновременно.



1 – верхняя полая вена; 2 – лёгочный ствол; 3 – лёгочные вены; 4 – митральный клапан; 5 – клапан аорты; 6 – левый желудочек; 7 – правый желудочек; 8 – левое предсердие; 9 – правое предсердие; 10 – аорта; 11 – лёгочный клапан; 12 – трёхстворчатый клапан; 13 – нижняя полая вена; 14 – синусовый узел сердца, ритмоводитель (SA node, pacemaker); 15 – предсердно-желудочковый узел, атриовентрикулярный узел (AV node); 16 – предсердно-желудочковый пучок Гиса (A V bundle, bundle of His); 17 – волокна Пуркинье (Purkinje fibres).

Предсердия и желудочки разделены соединительной тканью, исполняющей роль изоляции на проводках. Деполяризация предсердий не действует на желудочки напрямую. В *правом предсердии* есть другая группа клеток – *атриовентрикулярный узел*. Эти клетки передают деполяризацию предсердия по специальному пучку нервов – *пучку Гиса* – в желудочки. В стенке желудочка располагаются *волокна Пуркинье* – система мышечных волокон, распространяющих деполяризацию по всем частям желудочка одновременно, но с небольшой задержкой. Поэтому между сокращениями предсердий и желудочков возникает короткая пауза. Так как все мышечные клетки соединены друг с другом, волна деполяризации, сокращения и реполяризации распространяется по всей сердечной мышце.

Как только часть сердца оказывается поляризованной, а соседняя часть – деполяризованной, возникает электрический ток, идущий по телу. Он достигает своего максимума, когда поляризованной бывает половина сердца, и уменьшается по мере уменьшения поляризованной части ткани. Изменение этого тока можно измерить, амплифицировать и изобразить графически. ЭКГ представляет сумму всех электрических зарядов сердца,

записанных электродами, расположенными на поверхности тела. Механические сокращения сердца напрямую не измеряются.

Импульс, исходящий из синусно-предсердного узла, вызывает сокращение предсердий и перегоняет кровь в желудочки. После этого нервный сигнал достигает желудочков и они тоже сокращаются. Кровь выходит в аорту и легочную артерию. Заряд клеток сердечной мышцы возвращается к норме, и сердечный цикл повторяется.

Электрокардиограмма

Электрокардиограмма – графическое отслеживание электрических процессов сердца. Типичный рисунок ЭКГ состоит из повторяющихся последовательностей волн, которые поднимаются с горизонтального основания, называемого изоэлектрической линией. Любое отклонение от этой линии обозначает электрическую активность сердца.

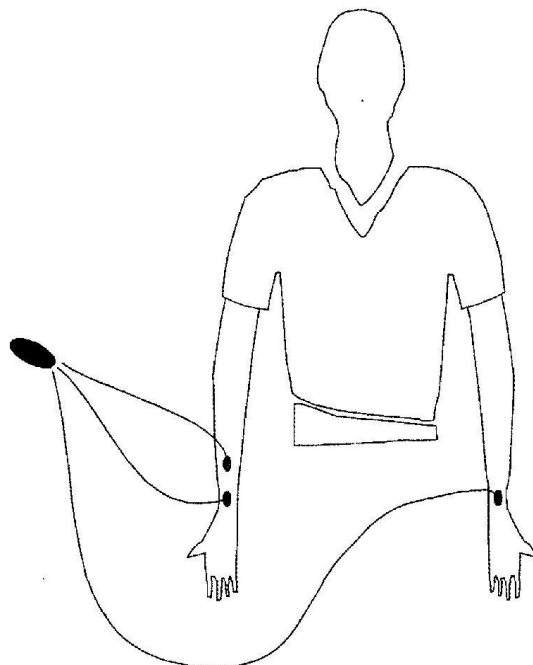
Пять основных отклонений на ЭКГ помечаются буквами P, Q, R, S, T. Один сердечный цикл – это группа волн, начинающихся волной P, затем идет комплекс волн QRS и в конце – волна T. Волна P соответствует деполяризации предсердий и их сокращению. Комплекс QRS состоит из трех волн. Первая отрицательная волна – Q, за ней следует положительная волна R. Комплекс заканчивается отрицательной волной S. Комплекс QRS соответствует деполяризации желудочков и их сокращению. Реполяризация предсердий происходит во время деполяризации желудочков. Поэтому волны, отвечающие реполяризации предсердий, на ЭКГ не прослеживаются. Последняя волна – T, обычно положительна и соответствует реполяризации желудочков.

Скелетные мышцы также производят электрическую энергию, которую тоже можно заметить на ЭКГ, если вы во время записи пошевелите рукой. Последовательность от волны P до волны T представляет один сердечный цикл. Число циклов в минуту называется частотой сердечных сокращений и, как правило, составляет 70–80 ударов в минуту в состоянии покоя. Обычная продолжительность частей ЭКГ:

- P-R интервал – 0,12–0,20 с;
- QRS интервал – менее 0,1 с;
- Q-T интервал – менее 0,38 с.

Так как в условиях активной деятельности организму нужен кислород для производства энергии, частота вдохов–выдохов, а также объем воздуха при дыхании существенно увеличиваются во время физических упражнений.


Схема подсоединения датчиков



Оборудование и материалы



- Персональный компьютер
- Регистратор данных USB Link
- ЭКГ датчик, 0–5 В
- ЭКГ электроды (3 шт.)
- Спирометр (датчик дыхания), ± 315 л/мин

Подготовка эксперимента

1. Запустите программу MultiLab.
2. Подсоедините ЭКГ датчик к **Входу 1 (I/O-1)** регистратора данных USB Link.
3. Подсоедините спирометр к **Входу 2 (I/O-2)** регистратора данных USB Link.
4. В меню **Регистратор** выберите команду **Калибровка датчиков**. В открывшемся окне в поле **Выбор датчика** выберите **Спирометр** и нажмите ОК. Затем в окне **Свойства датчика** в списке измерений отметьте только чекбокс **Спирометр л/мин**.
5. Смонтируйте оборудование, как указано на схеме экспериментальной установки.
6. Нажмите кнопку **Настройка регистратора**  на основной панели инструментов программы MultiLab. Настройте регистратор данных как показано ниже:

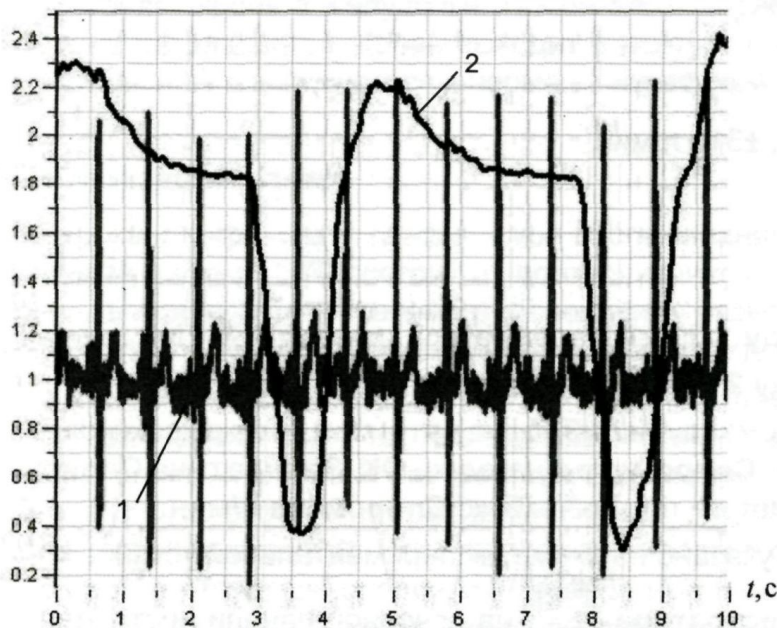
Частота:	100 замеров в секунду
Замеры:	5000

Проведение эксперимента

1. Присоедините три ЭКГ электрода:
 - Электрический сигнал от сердца на поверхности тела очень слаб, поэтому важно, чтобы электроды плотно контактировали с кожей. Очистите кожу в местах присоединения электродов влажной салфеткой.
 - Выньте электроды из упаковок. Надежно прикрепите первый электрод к правой кисти.
 - Второй электрод прикрепите несколькими сантиметрами выше первого.
 - Поместите третий электрод на внутреннюю сторону левой кисти.
 - Располагайте каждый электрод на внутренней стороне руки (ближе к телу), чтобы провода от него отходили наружу и не мешали.
 - Подсоедините прищепки датчиков к электродам.
 - Подсоедините провода, помеченные RA, к электроду на правой руке, а LA – на левой.
2. Поднесите спирометр ко рту и начните дышать только через рот, чтобы спирометр аккуратно измерял количество воздуха при дыхании.
3. Займите удобное положение и не двигайтесь во время записи ЭКГ.
4. Нажмите кнопку **Пуск**  на основной панели инструментов MultiLab.
5. После завершения измерений сохраните свои данные, нажав кнопку **Сохранить** .
6. Выполните несколько физических упражнений и повторите шаги 4–5.

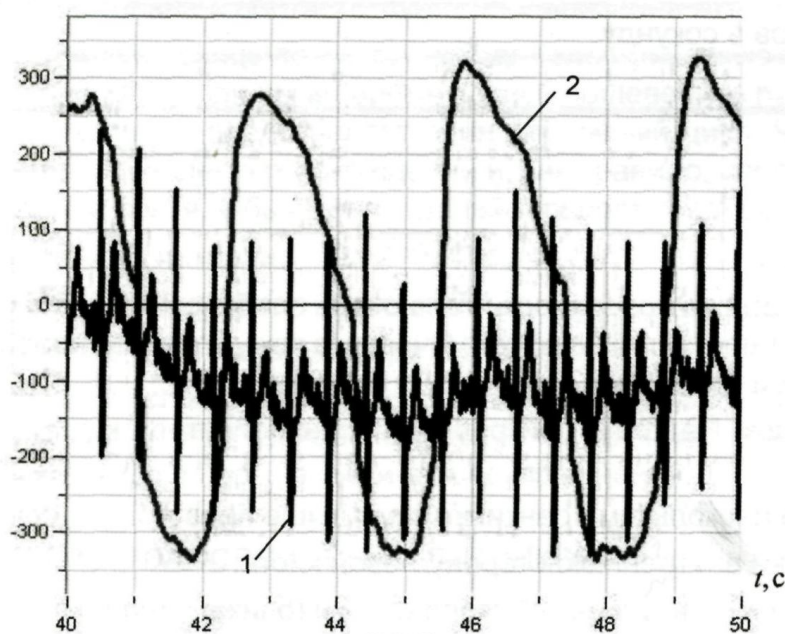
Анализ результатов эксперимента

Образцы графиков, полученных в таком эксперименте:



Графики ЭКГ и спирометрии
в покое:

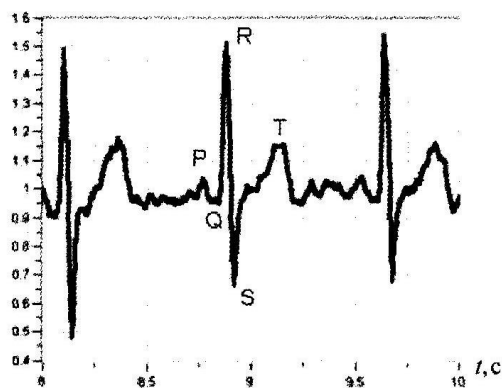
1 – ЭКГ, 2 – спирометрия



Графики ЭКГ и спирометрии
после нагрузки:

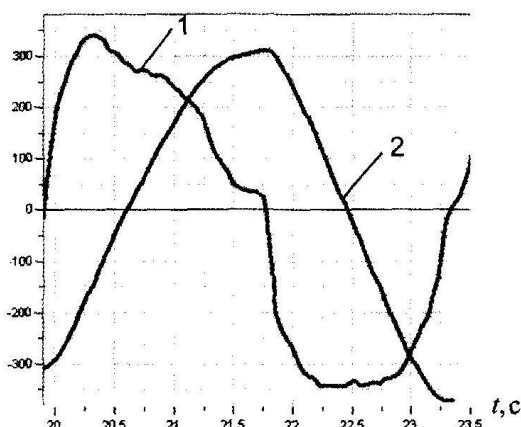
1 – ЭКГ, 2 – спирометрия

1. Вычислите частоту сердцебиения в покое и после упражнений. С помощью инструментов **Включить первый курсор** и **Включить второй курсор** определите временной интервал 10 сердечных циклов.
2. Исходя из первого графика можно вычислить частоту сердцебиения в покое следующим образом:
период сердечных сокращений $\Delta t = 9,6/13 = 0,83$ с, тогда
частота сердцебиения $= (1/\Delta t) \times 60 = 0,74 \times 60 = 81$ ударов/мин.
3. Аналогично из данных второго графика (после физических упражнений):
период сердечных сокращений $\Delta t = 10,0/18 = 0,56$ с, тогда
частота сердцебиения $= (1/\Delta t) \times 60 = 1,80 \times 60 = 108$ ударов/мин.
4. С помощью курсоров определите параметры ЭКГ в покое и после упражнений и занесите их в таблицу.



Участок ЭКГ	Время – в покое (с)	Время – после упражнений (с)	Обычная длительность участка (с)
P-R			0,120–0,200
QRS			Менее 0,100
Q-T			Менее 0,380

5. Вычислите количество сокращений на один цикл дыхания в покое и после упражнений. Каковы ваши выводы?
6. Вычислите частоту дыхания в покое и после упражнений.
7. Вычислите объем своего дыхания в покое и после упражнений:
 - Установленная единица измерения спирометра – в л/мин. Для определения объема воздуха в одном дыхательном цикле надо вычислить интеграл в одном дыхательном цикле, установив в качестве единицы л/с. Нажмите **Регистратор** в главном меню программы MultiLab и выберите команду **Калибровка датчика**. В открывшемся окне выберите **Спирометр** и нажмите ОК. Затем в окне **Свойства датчика** в списке измерений отметьте только чекбокс **Спирометр л/сек**. Повторите шаги 2–5 из раздела «Порядок проведения эксперимента» этого раздела описания.
 - С помощью курсоров выберите половину дыхательного цикла.
 - Нажмите пункт **Анализ** в главном меню, а затем выберите опции **Интеграл**.
 - Площадь участка равняется объему вдыхаемого воздуха (см. рисунок ниже).



Один цикл дыхания и объем легких
(1 – спирометр, 2 – объем воздуха)

Дополнительные задания

1. Попробуйте получить свои ЭКГ и параметры дыхания при других положениях тела (стоя, сидя, лежа).
2. Попытайтесь измерить различия между своими параметрами и параметрами ваших друзей. Во время упражнений не переутомляйтесь.
3. Сравните параметры дыхания и ЭКГ молодых и пожилых людей.

19. Лабораторная работа

«Исследование влияния городских зеленых зон на температуру и относительную влажность окружающей среды»

Города, в которых из-за роста окружающей температуры и снижения относительной влажности создаются неблагоприятные климатические условия, образуют так называемые «тепловые острова». Однако исследования показывают, что городские парки и зеленые лужайки способствуют заметному улучшению городского климата. Наличие растительности приводит к снижению температуры, увеличению относительной влажности воздуха и повышению климатической комфортности, особенно в районах с жарким климатом. В этом эксперименте исследуется температура и влажность воздуха внутри и около городских парков.


Оборудование и материалы

- Ноутбук
- Регистратор данных USB Link
- Датчик температуры
- Датчик влажности
- Защитный кожух для датчиков (прочная небольшая коробка)
- Соединительные провода для датчиков
- Деревянный или пластиковый шест длиной 180 см
- Крупномасштабная карта исследуемого района

Подготовка эксперимента

Примечание

Этот эксперимент проходит в полевых условиях, так что ноутбук работает от аккумулятора. При установлении USB соединения с ноутбуком, работающим от аккумулятора, он будет разряжаться гораздо быстрее, чем при обычном режиме работы. Перед началом проведения эксперимента необходимо убедиться, что зарядки аккумулятора хватает на время, необходимое для проведения эксперимента.

1. Поместите датчики температуры и влажности внутрь защитного кожуха.
2. Закрепите кожух на конце шеста.
3. Подключите USB Link к USB порту ноутбука. Подключите датчик температуры к Входу 1 (I/O-1) регистратора данных USB Link. Подключите датчик влажности к Входу 2 (I/O-2) регистратора данных USB Link. Запустите MultiLab на ноутбуке.
4. В программе MultiLab установите параметры измерений, открыв окно настроек при помощи кнопки **Настройка регистратора**  :

Частота:	Вручную
Замеры:	500



Проведение эксперимента

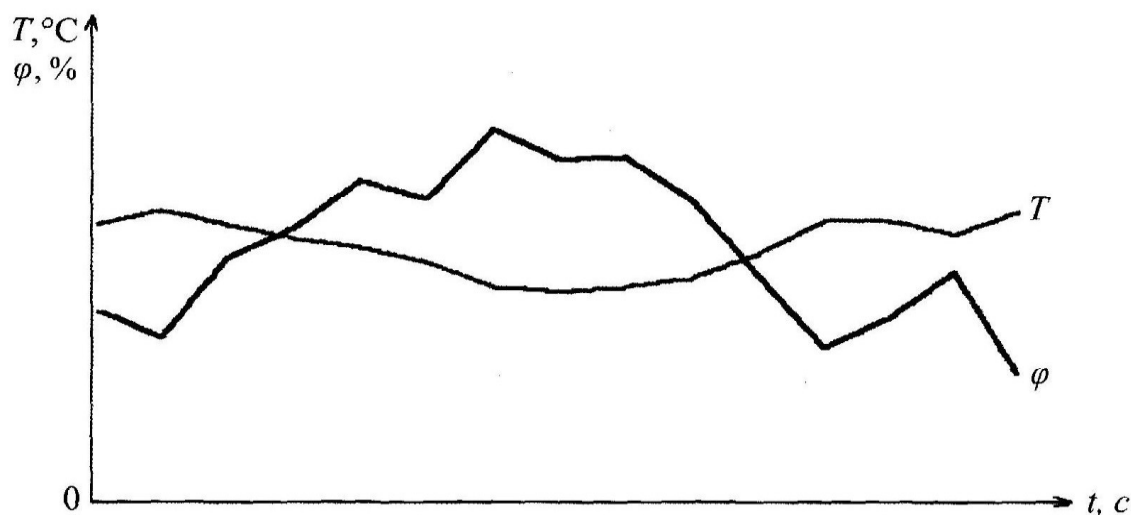
1. Нанесите на карту линию маршрута, который проходит через городские кварталы к какой-нибудь из границ зеленой зоны города и пересекает ее центральную часть.

Эта линия не обязательно должна быть прямой, она может идти, например, вдоль дороги. Важно, чтобы в зеленой зоне маршрут пересекал участки растительности, то есть травяные газоны, или проходил вблизи деревьев.


2. На пути следования маршрута выберите несколько «остановок», где вы будете проводить измерения. Эти остановки должны располагаться на примерно равных расстояниях друг от друга в различных зонах города (в районах застройки и в зеленой зоне):



3. Начинайте регистрацию данных. Для этого нажмите кнопку **Пуск**  на панели инструментов MultiLab. Показания датчиков будут отображаться на экране в виде графика.
4. Подойдите к пункту «Остановка № 1». Подождите 60 с и выполните первое измерение. Данные о температуре и влажности на этой «остановке» появятся на экране.
5. Подойдите к пункту «Остановка № 2». Также подождите 60 с и выполните второе измерение.
6. Повторите в ручном режиме процедуру записи показаний датчиков для каждой остановки: выждите 60 с и выполняйте регистрацию данных.
7. Остановите регистрацию, нажав кнопку **Стоп**  на панели инструментов MultiLab и сохраните данные опыта. Вернитесь в лабораторию или классную комнату



Анализ результатов эксперимента

1. Если график оказался слишком «шумным», то есть искаженным помехами, рекомендуем выполнить его сглаживание. Для этого нажмите на панели инструментов графика кнопку **Сгладить** .
2. Рассмотрите график и сравните кривую изменения влажности с температурной кривой. Существует ли корреляция между ними?
3. Проанализируйте данные о температуре и влажности для каждой «остановки» с учетом ее характерных особенностей – наличия травы, деревьев и др. Сравните результаты для различных категорий «остановок».

Вопросы

1. Как городские парки влияют на температуру и влажность?
2. Обсудите влияние городских парков на климат окружающих их городских кварталов. Сравните их климат с климатом более удаленных от парка районов города.
3. Какое различие в температуре и относительной влажности вы обнаружили в зависимости от характера газона в городских парках (песок, трава, кустарник, почва под высокими деревьями, почва под деревьями с плотной кроной)? Какой тип газона вызывает самое существенное снижение температуры?
4. От каких дополнительных факторов, кроме парков, зависит температура и влажность воздуха на «остановках»? Влияет ли ориентация улиц, различие в характере их покрытия, доступ морского (речного) воздуха и т.д.?
5. Каким образом вы можете поддержать усилия местных властей в их деятельности по развитию парковых зон? Как убедительнее объяснить важность таких действий для улучшения климатического комфорта, какие дополнительные аргументы вы можете предоставить?

Дополнительные задания

1. Измерьте разность температуры на солнечной и теневой стороне улицы.
2. Сравните измерения на одном и том же маршруте и на одних и тех же «остановках» в разные времена года и в разное время дня, чтобы исследовать климатические изменения в зависимости от этих факторов.

20. Лабораторная работа

«Влияние естественной вентиляции (аэрации) на климат внутри помещения»

Климат внутри помещений зависит от параметров здания (размер, ориентация, строительные материалы, расположение проемов) и его вентиляции. Вентиляция определяется скоростью ветра и размерами и расположением проемов (дверных и оконных). Эффективная вентиляция может понижать температуру в помещении и повышать комфортность. В этом эксперименте исследуется влияние естественной вентиляции на климат внутри помещений.


Схема экспериментальной установки

Экспериментальная установка представляет собой треногу, установленную в центре исследуемого помещения, с укрепленными на ней датчиками, которые подключены к регистратору данных USB Link.

Оборудование и материалы

- Ноутбук
- Регистратор данных USB Link
- Датчик температуры, $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ – $+110\text{ }^{\circ}\text{C}$
- Датчик влажности
- Тренога

Подготовка эксперимента

1. Выберите помещение (кабинет), в котором есть хотя бы два оконных или дверных проема, выходящих в разные стороны.
2. Установите треногу в центре помещения.
3. Разместите на треноге датчики на высоте 1–1,5 м.
4. Закрепите ноутбук и подключенный к нему регистратор данных USB Link на треноге или рядом с ней.
5. Запустите программу MultiLab.
6. Подсоедините датчик влажности к **Входу 1 (I/O-1)** регистратора данных USB Link.
7. Подсоедините датчик температуры к **Входу 2 (I/O-2)** регистратора данных USB Link.
8. Нажмите кнопку **Настройка регистратора**  на основной панели инструментов программы MultiLab. Запрограммируйте регистратор:

Частота:	Каждую секунду
Замеры:	100

Проведение эксперимента

1. Перед началом сбора данных держите двери и окна в исследуемом помещении закрытыми как минимум 1 час.
2. Нажмите кнопку **Пуск**  на основной панели инструментов программы MultiLab.
3. Через полчаса откройте окна и двери.
4. Подождите 40 минут и нажмите кнопку **Стоп** .
5. Сохраните свои данные, нажав кнопку **Сохранить** .

Анализ результатов эксперимента

С помощью курсоров исследуйте кривые климатических параметров и ответьте на следующие вопросы:

- в какой момент кривые стабилизируются;
- какие изменения наблюдаются на каждой кривой;
- на какой стадии изменения становятся заметными;
- какие кривые стабилизируются и когда это происходит?

Вопросы

1. Как влияет температура на влажность?
2. Как влияет проветривание на температуру внутри помещения?
3. Какие выводы можно сделать на основании полученных данных о воздействии проветривания на климат внутри помещения:
 - в какой степени естественная вентиляция может понижать температуру в помещении;
 - сколько времени нужно проветривать помещение, чтобы температура в нем понизилась?
4. Какое помещение в вашей школе по своему расположению лучшее для проветривания? Объясните свой ответ.

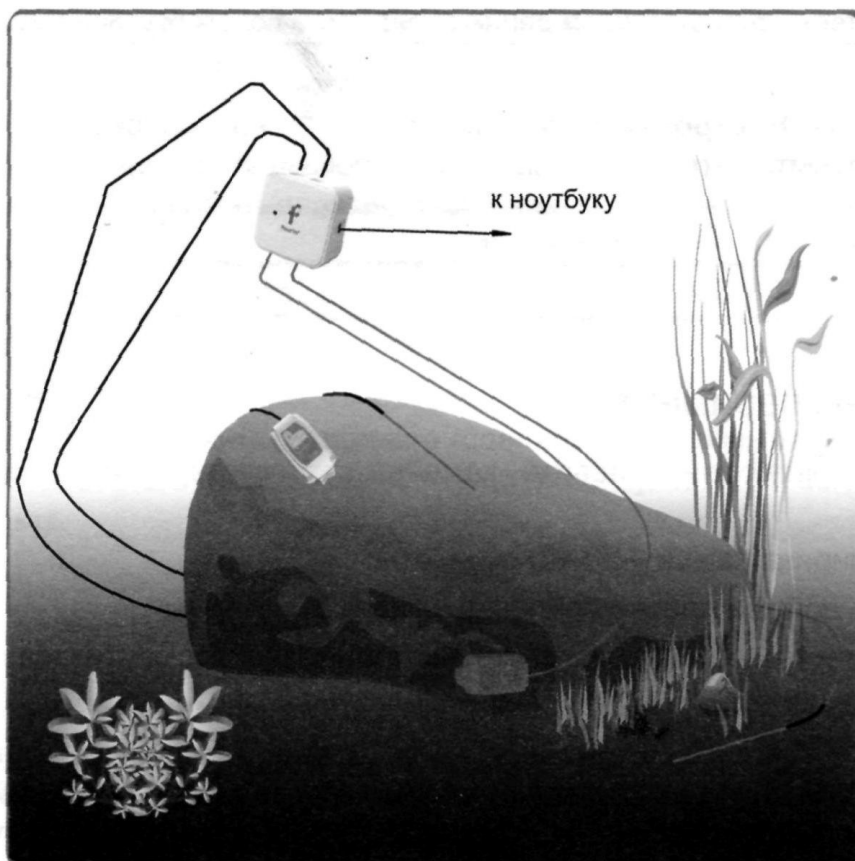
Дополнительные задания

1. Проведите одновременные измерения в двух помещениях с различной ориентацией проемов и сравните результаты. Какие общие рекомендации вы можете дать относительно ориентации и размера окон и дверей для создания комфортных климатических условий? Например, какую сторону лучше выбрать для самого большого окна?
2. Измерьте температуру на улице и исследуйте связь между климатом в помещении и на улице, как с вентиляцией, так и без вентиляции. Где и когда в помещении достигается наибольшая температура?

21. Лабораторная работа «Определение абиотических условий под камнями с помощью датчиков температуры и освещенности»

Лежащие на поверхности почвы камни создают уникальное местообитание для самых разнообразных живых организмов из разных классов и семейств (червей, членистоногих и др.). Камни изолируют накрываемую ими поверхность почвы, поддерживая устойчивые абиотические условия. Три основных абиотических параметра, влияющих на жизнь организмов, – это температура, влажность и освещенность. Степень освещенности меняется в течение дня и года в зависимости от солнечной активности. Температурные колебания вокруг камня вызывают лучи солнца, падающие на него. Вместе с ветрами, они влияют и на влажность. В этом эксперименте мы проведем измерения, позволяющие сравнить температуру и освещенность под камнями и на их поверхности.

Схема экспериментальной установки



Оборудование и материалы

- Ноутбук
- Регистратор данных USB Link
- Датчик температуры, -25°C – $+110^{\circ}\text{C}$ (2 шт.)
- Датчик освещенности, 0–300 клк (2 шт.)
- Клейкая лента
- Рулетка измерительная

Подготовка эксперимента

Примечание

Этот эксперимент проходит в полевых условиях, так что ноутбук работает от аккумулятора. При установлении USB соединения с ноутбуком, работающим от аккумулятора, он будет разряжаться гораздо быстрее, чем при обычном режиме работы. Перед началом проведения эксперимента необходимо убедиться, что зарядки аккумулятора хватает на время, необходимое для проведения эксперимента.

1. Подключите USB Link к USB порту ноутбука. Запустите программу MultiLab.
2. Подсоедините датчики температуры к **Входу 1 (I/O-1)** и **Входу 3 (I/O-3)** USB Link.
3. Подсоедините датчики освещенности к **Входу 2 (I/O-2)** и **Входу 4 (I/O-4)** USB Link.
4. Соберите установку, как показано на схеме экспериментальной установки.

Примечание

Будьте осторожны! Под камнями могут находиться такие опасные животные, как ядовитые змеи и пауки.

Не кладите датчик освещенности под камень.



Бережно обращайтесь с регистратором данных USB Link в полевых условиях.

5. Нажмите кнопку **Настройка регистратора**  на основной панели программы MultiLab. Настройте регистратор данных как показано ниже:

Частота:	Каждые 10 секунд
Замеры:	500

Проведение эксперимента

1. Находясь на природе, выберите камень, соответствующий следующим требованиям:
 - длина и ширина камня – 20–40 см;
 - камень не должен плотно прилегать к земле;
 - в основании камня нужны выемки, в которых могут поместиться датчики;
 - надо, чтобы камень освещался прямыми солнечными лучами.
2. Переверните камень и быстро положите датчик температуры (подсоединенный к **Входу 1 (I/O-1)** регистратора данных USB Link) под него. Постарайтесь, чтобы камень занял исходное положение. Положите датчик освещенности (подсоединенный к **Входу 2 (I/O-2)** USB Link) на землю рядом с камнем (но не под него).
3. Прикрепите датчик температуры (подсоединенный к **Входу 3 (I/O-3)** USB Link) и датчик освещенности (подсоединенный к **Входу 4 (I/O-4)** USB Link) к поверхности камня клейкой лентой.
 - Собственно измерительный элемент датчика температуры находится на конце металлического стрежня (трубки) датчика. Поэтому необходимо, чтобы кончик трубки соприкасался с поверхностью камня.
 - Поворачивая датчик освещенности в разные стороны, определите, в каком положении значения освещенности максимальны и закрепите его в этом положении.
4. Устойчиво разместите ноутбук и подключенный к нему регистратор данных USB Link.
5. Проверьте параметры **Настройки регистратора** и нажмите кнопку **Пуск**  на основной панели инструментов MultiLab.

6. Пока идет регистрация данных, запишите дополнительную важную информацию:
 - день и час измерений;
 - погодные условия;
 - характеристику местности: поле, лес и т.п.;
 - неожиданные природные и климатические явления, имевшие место во время замеров: порывы ветра, дождь, облачность, появление животных и т.п.
 - любую другую информацию, которую вы считаете важной.
7. После 45–60 минут измерений, когда будет записано достаточное количество данных, нажмите кнопку **Стоп**  на панели инструментов программы MultiLab.
8. Сохраните свои данные, нажав кнопку **Сохранить** .

Анализ результатов эксперимента

1. Отметьте ход изменения температуры и освещенности на поверхности камня и под ним. С помощью курсоров выберите соответствующие показания.
2. Сравните ход изменения температурных кривых, полученных:
 - на поверхности камня;
 - под ним.

Для удобства анализа данных спрячьте (сделайте невидимыми на экране) данные по освещенности. Для этого дважды щелкните по графику, который вы хотите спрятать на **Карте Данных**.

3. Сравните ход изменения освещенности:
 - на поверхности камня;
 - рядом с ним.

Для удобства анализа данных спрячьте (сделайте невидимыми на экране) данные о температуре. Для этого дважды щелкните по графику, который вы хотите спрятать на **Карте Данных**.

Вопросы

1. Насколько отличаются условия под камнем от условий на его поверхности? Подкрепите свой ответ результатами измерений.
2. Есть ли какая-то связь между условиями под камнем и на его поверхности, с одной стороны, и абиотическими условиями окрестностей камня – с другой? Объясните свой ответ.
3. Как освещенность связана с изменением температуры и влажности, которое вы измерили?

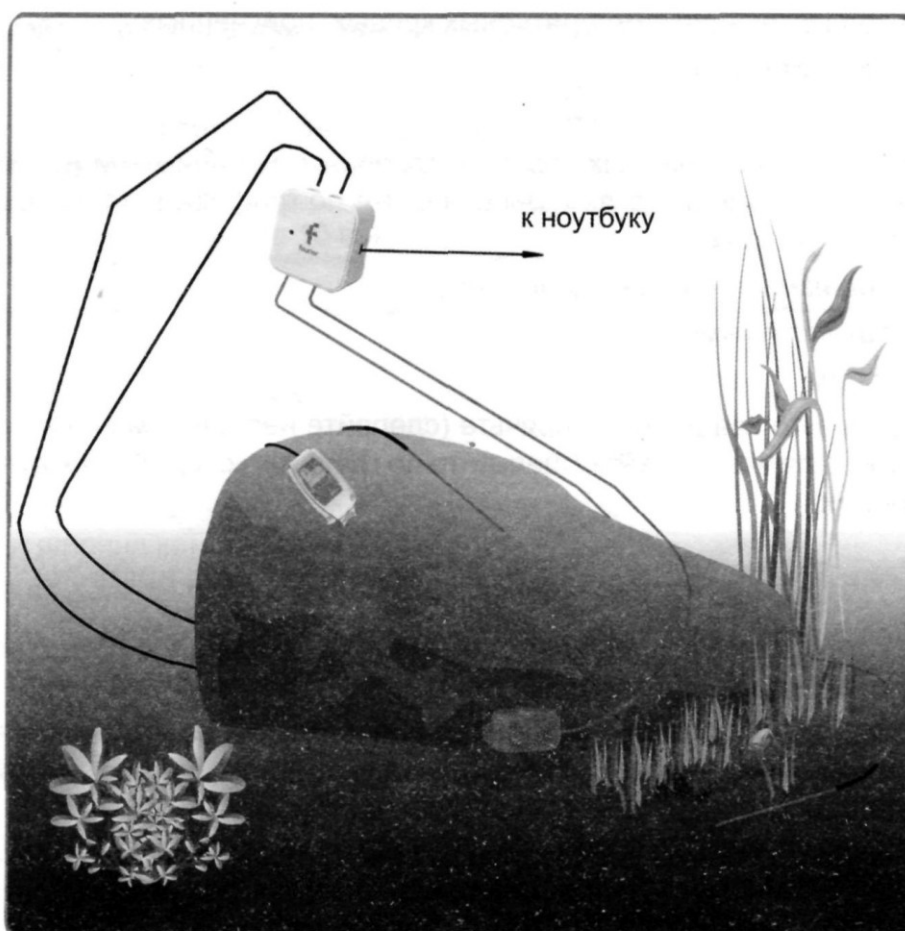
Дополнительные задания

1. Сравните абиотические условия под камнями, находящимися в разных местах, – на открытых участках, на склонах, в лесу.
2. Сравните абиотические условия под камнями в разные времена года.

22. Лабораторная работа «Определение абиотических условий под камнями с помощью датчиков температуры и влажности»

Лежащие на поверхности почвы камни создают уникальное местообитание для самых разнообразных живых организмов из разных классов и семейств (червей, членистоногих и др.). Камни изолируют накрываемую ими поверхность почвы, поддерживая устойчивые абиотические условия. Три основных абиотических параметра, влияющих на жизнь организмов, – это температура, влажность и освещенность. Степень освещенности меняется в течение дня и года в зависимости от солнечной активности. Температурные колебания вокруг камня вызывают лучи солнца, падающие на него. Вместе с ветрами они влияют и на влажность. В этом эксперименте мы проведем измерения, позволяющие сравнить температуру и влажность под камнями и на их поверхности.

Схема экспериментальной установки



Оборудование и материалы

- Ноутбук
- Регистратор данных USB Link
- Датчик температуры, $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ – $+110\text{ }^{\circ}\text{C}$ (2 шт.)
- Датчик влажности (2 шт.)
- Клейкая лента
- Рулетка измерительная

Подготовка эксперимента

Примечание

Этот эксперимент проходит в полевых условиях, так что ноутбук работает от аккумулятора. При установлении USB соединения с ноутбуком, работающим от аккумулятора, он будет разряжаться гораздо быстрее, чем при обычном режиме работы. Перед началом проведения эксперимента необходимо убедиться, что зарядки аккумулятора хватает на время, необходимое для проведения эксперимента.

1. Подключите USB Link к USB порту ноутбука. Запустите программу MultiLab.
2. Подсоедините датчики температуры к **Входу 1 (I/O-1)** и **Входу 3 (I/O-3)** USB Link.
3. Подсоедините датчики влажности к **Входу 2 (I/O-2)** и **Входу 4 (I/O-4)** USB Link.
4. Соберите установку, как показано на схеме экспериментальной установки.

Примечание

Будьте осторожны! Под камнями могут находиться такие опасные животные, как ядовитые змеи и пауки.

Не кладите датчик влажности под камень.


Бережно обращайтесь с регистратором данных USB Link в полевых условиях.



1. Нажмите кнопку **Настройка регистратора**  на основной панели программы MultiLab. Настройте регистратор данных как показано ниже:

Частота:	Каждые 10 секунд
Замеры:	1000

Проведение эксперимента

1. Находясь на природе, выберите камень, соответствующий следующим требованиям:
 - длина и ширина камня – 20–40 см;
 - камень не должен плотно прилегать к земле;
 - в основании камня нужны выемки, в которых могут поместиться датчики;
 - надо, чтобы камень освещался прямыми солнечными лучами.
2. Переверните камень и быстро положите датчик температуры (подсоединенный к **Входу 1 (I/O-1)** USB Link) под него. Постарайтесь, чтобы камень остался в исходном положении. Положите датчик влажности (подсоединенный к **Входу 2 (I/O-2)** USB Link) на землю рядом с камнем (но не под него).
3. Прикрепите датчик температуры (подсоединенный к **Входу 3 (I/O-3)** USB Link) и датчик влажности (подсоединенный к **Входу 4 (I/O-4)** USB Link) к поверхности камня с помощью клейкой ленты.

Собственно измерительный элемент датчика температуры находится на конце металлического стрежня (трубки) датчика. Поэтому необходимо, чтобы кончик трубки соприкасался с поверхностью камня.
4. Устойчиво разместите ноутбук и подключенный к нему регистратор данных USB Link.
5. Проверьте параметры **Настройки регистратора** и нажмите кнопку **Пуск**  на основной панели инструментов программы MultiLab.
6. Пока идет регистрация данных, запишите дополнительную важную информацию:
 - день и час измерений;
 - погодные условия;

- характеристику местности: поле, лес и т.п.;
 - неожиданные природные и климатические явления, имевшие место во время замеров: порывы ветра, дождь, облачность, появление животных и т.п.;
 - любую другую информацию, которую вы считаете важной.
7. После 45–60 минут измерений, когда будет записано достаточное количество данных, нажмите кнопку **Стоп**  на панели инструментов программы MultiLab.
8. Сохраните свои данные, нажав кнопку **Сохранить** .

Анализ результатов эксперимента

1. Отметьте ход изменений в температуре и влажности на поверхности камня и под ним. С помощью курсоров выберите соответствующие показания.
2. Сравните ход изменений температурных кривых, полученных:
 - на поверхности камня;
 - рядом с ним.

Для удобства анализа данных спрячьте (сделайте невидимыми на экране) данные о влажности. Для этого дважды щелкните по графику, который вы хотите спрятать на **Карте Данных**.

3. Сравните ход изменений кривых влажности, полученных:
 - на поверхности камня;
 - рядом с ним.

Для удобства анализа данных спрячьте (сделайте невидимыми на экране) данные о температуре. Для этого дважды щелкните по графику, который вы хотите спрятать на **Карте Данных**.

Вопросы

1. Насколько отличаются условия под камнем от условий на его поверхности? Подкрепите свой ответ результатами измерений.
2. Есть ли какая-то связь между условиями под камнем и на его поверхности, с одной стороны, и абиотическими условиями окрестностей камня – с другой? Объясните свой ответ.
3. Как влажность связана с изменением температуры и освещенности, которое вы измерили?

Дополнительные задания

1. Сравните абиотические условия под камнями, находящимися в разных местах, – на открытых участках, на склонах, в лесу.
2. Сравните абиотические условия под камнями в разные времена года.