

МБОУ «Средняя общеобразовательная школа №9»

ЦИФРОВАЯ БИОЛАБОРАТОРИЯ
на базе микроконтроллера Arduino

Выполнил: Мальцев Лев, ученик 9 класса

Руководитель: Литвиненко Р.И., учитель

высшей квалификационной категории

МБОУ «Средняя общеобразовательная

школа №9» г.Таштагол

Г Таштагол, 2020 год

Оглавление

1. Введение	3
1.1. Описание и назначение лаборатории	3
2. Устройство цифровой биолaborатории	4
2.1. Комплектующие цифровой биолaborатории	5
2.2. Схема соединения датчиков	7
2.3. Скетч программы.....	7
3. Система автополива	9
3.1. Описание сборки.....	10
3.2. Калибровка	12
3.3. Скетч программы для автополива	12
4. Отличительные положительные особенности лаборатории в сравнении с существующими аналогами	13
Список использованной литературы.....	14
Приложение 1	15
Методические рекомендации по использованию цифровой биолaborатории .	15
Исследовательские работы для учеников	17
Работа №1. «Влияние различных участков спектра видимого света на прорастание семян».....	17
Работа №2. «Влияние различных участков спектра видимого света на процесс фотосинтеза»	17
Работа №3. «Влияние количества углекислого газа на процесс фотосинтеза».....	18
Работа №4. «Влияние полива на процесс фотосинтеза».....	19
Работа №5. «Влияние «серебряной воды» на рост и развитие растений»	20
Работа №6. «Влияние азотных удобрений на рост и развитие растений» ...	21
Работа №7. «Влияние тяжелых металлов на рост и развитие растений».....	21
Работа №8. «Влияние железа на рост и развитие растений».....	22



1. Введение

Роль эксперимента в обучении огромна, т.к. она определяется возрастными особенностями детей (преобладание конкретного мышления над абстрактным). Опыты позволяют реализовать принцип наглядности. Организованная исследовательская деятельность способствует формированию и развитию творческих способностей, даёт толчок к изучению научных основ проводимых исследований. Цифровая биологическая лаборатория станет незаменимым помощником педагогам в организации естественнонаучных экспериментов.

1.1. Описание и назначение лаборатории



Цифровая биологическая лаборатория на основе микропроцессора Arduino представляет собой комплекс, предназначенный для организации познавательно-исследовательской и экспериментальной деятельности школьников по выращиванию растений.

Рис. 1. Внешний вид цифровой биологической лаборатории

Лаборатория позволяет наблюдать процессы жизненных циклов растений: набухания и прорастания семян, роста корневой системы, стеблей и листьев. Исследовать влияние на них света, тепла, воздуха и воды. Можно проводить исследования по влиянию различных участков спектра видимого света (красного, зелёного, синего света и их оттенков) на рост и развитие растений; определить оптимальные условия для прорастания семян, роста и развития различных растений.



Рис. 2. Использование светодиодной ленты с RGB подсветкой позволяет моделировать свет различных оттенков и изучать его влияние на рост растений

Лаборатория позволит осуществлять мониторинг с помощью встроенных датчиков температуры/влажности воздуха и влажности почвы, освещённости. Показания датчиков отображаются на ЖК дисплее и компьютере: температура воздуха в °С, влажность воздуха и почвы, освещённость. Имеются индикаторы-светодиоды критического значения показаний температуры, влажности, освещённости. Разработана система автополива: если влажность почвы будет ниже минимального значения включается помпа и вода с интервалом 2 с поступает в растение, при достижении оптимальной влажности помпа отключается.

Школьники получают опыт совместной коллективной проектной работы, а также научиться анализировать результаты экспериментов. Установку можно использовать при организации внеурочной проектно-исследовательской деятельности в школе.

2. Устройство цифровой биолaborатории

Сердцем лаборатории является электронное устройство - микроконтроллер ArduinoUNO, который управляет всеми процессами. Позволяет оперативно получать всю необходимую информацию о климатических параметрах: температура и влажность воздуха, увлажненность почвы, освещенность. Т.е. осуществлять мониторинг климатических параметров.



2.1. Комплектующие цифровой биологической лаборатории

Для реализации функции мониторинга понадобятся следующие детали:

1. Рабочая камера



- Размеры: 38×18×33 см
- Позволяет поддерживать стабильный микроклимат внутри в течение длительного периода и моделировать различные условия эксперимента

2. Arduino UNO



- Максимальный потребляемый ток: 1А
 - Питание: 6 - 20 В
 - Входы/выходы: 14 пинов (6 ШИМ)
 - Аналоговые входы: 6 пинов
 - Память: 32 Кб
- Частота тактирования: 16 МГц

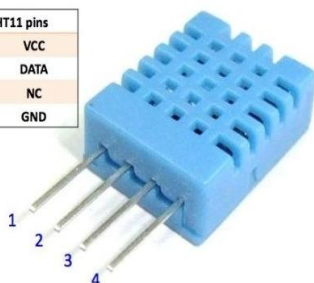
3. Фоторезистор



- Теневоесопротивление: 500 кОм
- Сопротивление при 10 люкс: 24 ± 12 кОм
- Осуществляют измерение освещенности

4. Модуль температуры и влажности воздуха DHT11

DHT11 pins	
1	VCC
2	DATA
3	NC
4	GND



- Максимальный потребляемый ток: 2.5мА
- Питание: 3—5В
- Частота опроса: 1 раз в секунду
- Размер корпуса: 15.5 мм × 12 мм × 5.5 мм
- Измеряет уровень влажности в диапазоне: 20% - 80% с точностью $\pm 5\%$
- Измеряет температур в градусах Цельсия и Фаренгейта в диапазоне: 0° — 50° с точностью $\pm 2^{\circ}$



5. Сенсор влажности почвы



- Максимальный потребляемый ток: 50 мА
- Питание: 3.3—5 В
- Возвращаемый сигнал при питании от 5 В: 0—4.2 В
- Предназначен для определения влажности земли, в которую он погружен;

6. ЖК-дисплей



- Максимальный потребляемый ток: 320 мкА
- Питание: 2.7—3.3 В
- Максимальная частота тактирования: 4 МГц
- Пинг: ≥ 100 нс
- Размер корпуса: 45 мм × 45 мм
- Показывает и отображает показания датчиков

7. Светодиодная лента



- Максимальный потребляемый ток: 12 А
- Питание: 12—24 В
- Максимальная мощность (1 м): 9.6 Вт
- Цвет подсветки: RGB
- Для исследования зависимости интенсивности роста от освещённости

8. Светодиоды-индикаторы



- Максимальный потребляемый ток: 20 мА
- Питание: 5 В
- Обязательное сопротивление: 220 Ом
- Цвет подсветки: Red, Yellow, Blue

9. Led Controller



- Выходной ток: 12А
- Выходное питание: 12—24 В
- Выходная мощность: 144 Вт
- Размер корпуса: 130 мм × 63 мм × 23 мм
- Управление: пульт ДУ → ИК датчик

Питание микроконтроллеров, помпы и подсветки осуществляется с помощью адаптеров от сети напряжением 220 В.



2.2. Схема соединения датчиков

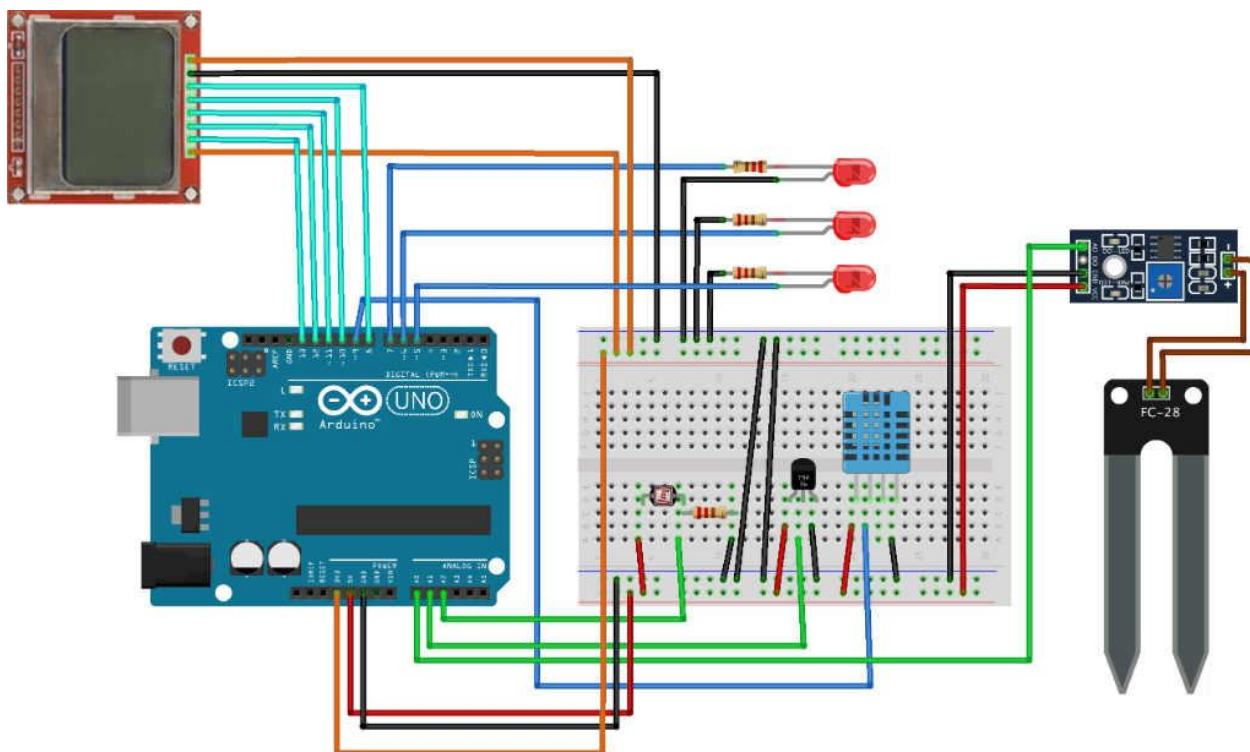


Рис. 3. Схема соединения

2.3. Скетч программы

```
#include <LiquidCrystal.h>
// подключение библиотеки DHT
#include "DHT.h"
// тип датчика DHT
#define DHTTYPE DHT11

// контакт подключения входа данных модуля DHT11
int pinDHT11=9;
// контакт подключения аналогового выхода модуля влажности почвы
int pinSoilMoisture=A0;
// контакт подключения аналогового выхода фоторезистора
int pinPhotoresistor=A2;

// пины светодиодов индикации
#define LED_TEMP 5
#define LED_MOISTURE 6
#define LED_LIGHT 7

// значения для условий
// #define TEMP_DETECT 30
// #define MOISTURE_DETECT 500
// #define LIGHT_DETECT 250
```



```
// создание экземпляра объекта DHT
DHT dht(pinDHT11, DHTTYPE);

// LCD
// pin 13 - Serial clock out (SCLK)
// pin 12 - Serial data out (DIN)
// pin 11 - Data/Command select (D/C)
// pin 10 - LCD chip select (CS)
// pin 8 - LCD reset (RST)
LiquidCrystal lcd(13, 12, 11, 10, 8, 2);

void setup() {
  // запуск последовательного порта
  Serial.begin(9600);
  //
  pinMode(LED_TEMP,OUTPUT);digitalWrite(LED_TEMP,LOW);
  pinMode(LED_MOISTURE,OUTPUT);digitalWrite(LED_MOISTURE,LOW);
  pinMode(LED_LIGHT,OUTPUT);digitalWrite(LED_LIGHT,LOW);
  //
  dht.begin();
  // инициализация дисплея
  lcd.begin(16, 2);
  // заставка
  lcd.setCursor(2,0);
  lcd.print("Home flower");
  delay(2000);
  lcd.clear();
  delay(2000);
}

void loop()
{
  // получение данных с DHT11
  int h = dht.readHumidity(); // считываем влажность
  int t = dht.readTemperature(); // считываем температуру
  int f = dht.readTemperature(true); // в Фаренгейтах
  lcd.setCursor(0,0);
  if (isnan(h) || isnan(t) || isnan(f))
  {
    Serial.println("Ошибка чтения датчика");
    lcd.print("Error");
  }
  else
  {
    lcd.setCursor(0,0);
    Serial.print("Влажность воздуха= "); Serial.print(h + 30); Serial.println(" %");
    lcd.print("АH="); lcd.print(h + 30); lcd.print("%");
    lcd.setCursor(0,1);
    Serial.print("Температура воздуха (C)= "); Serial.print(t); Serial.println(" C");
    lcd.print("T="); lcd.print(t); lcd.print("C");
    lcd.setCursor(9,0);
    Serial.print("Температура воздуха (F)= "); Serial.print(f); Serial.println(" F");
  }
  // получение значения с аналогового вывода модуля влажности почвы
  lcd.setCursor(9,0);
  int val0=analogRead(pinSoilMoisture);
```




```
Serial.print("Влажностьпочвы= "); Serial.println(val0);  
lcd.print("ДН=");lcd.print(val0);  
// получение значения с аналогового вывода фоторезистора  
lcd.setCursor(9,1);  
int val2=analogRead(pinPhotoresistor);  
Serial.print("Освещённость= "); Serial.println(val2 / 10);  
lcd.print("L=");lcd.print(val2 / 10);  
// обновить  
lcd.display();  
///// проверка условий  
// увлажненность почвы  
if(val0 < 350)  
digitalWrite(LED_MOISTURE,HIGH);  
else  
digitalWrite(LED_MOISTURE,LOW);  
// температуравоздуха  
if(t < 10 || t > 30)  
digitalWrite(LED_TEMP,HIGH);  
else  
digitalWrite(LED_TEMP,LOW);  
// освещенность  
if(val2 < 100)  
digitalWrite(LED_LIGHT,HIGH);  
else  
digitalWrite(LED_LIGHT,LOW);  
// пауза 5 секунд  
Serial.println();  
if(val2 < 100)  
lcd.setCursor(12,1);  
lcd.print(" ");  
if(val0 < 100)  
lcd.setCursor(14,0);  
lcd.print(" ");  
delay(2500);  
}
```

3. Система автополива

Необходимые детали:

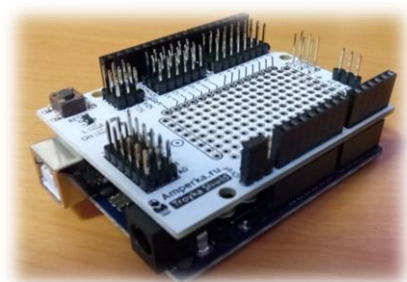
1. [Arduino Uno](#)
2. [TroykaShield](#)
3. [Водяная помпа](#)
4. [Сенсор влажности почвы со шлейфом](#)
5. [Силовой ключ \(Тройка-модуль\) со шлейфом](#)
6. [Провод «папа-папа» ×1 шт](#)
7. [Блок питания с USB разъёмом](#)



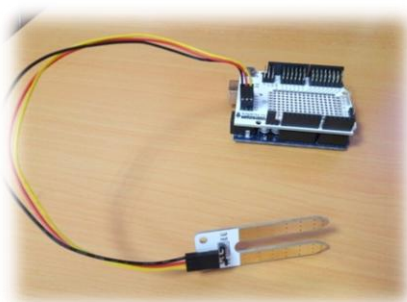
8. USB кабель
9. Четырёхразрядный индикатор (Тройка-модуль) со шлейфом
10. Трёхпроводной шлейф «папа-мама»

3.1. Описание сборки

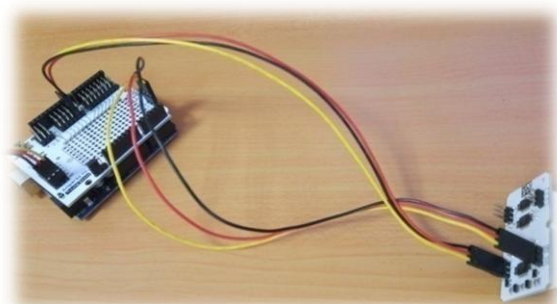
1. Установить плату расширения TroykaShield на Arduino Uno



2. Подключить датчик влажности почвы через TroykaShield к аналоговому пину A0

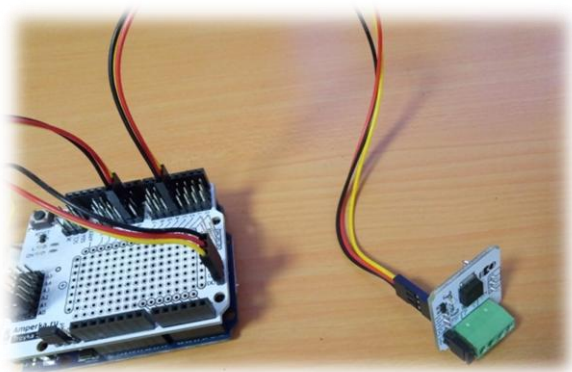


3. Подключили дисплей к управляющей плате через TroykaShield:
 - Пин cs к 9 пину TroykaShield.
 - Пины SPI дисплея к разъёму SPI на TroykaShield

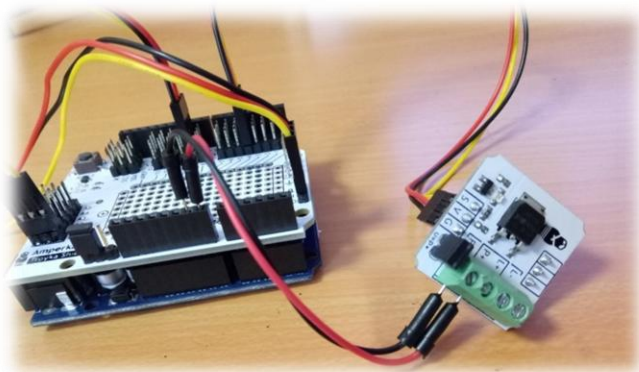




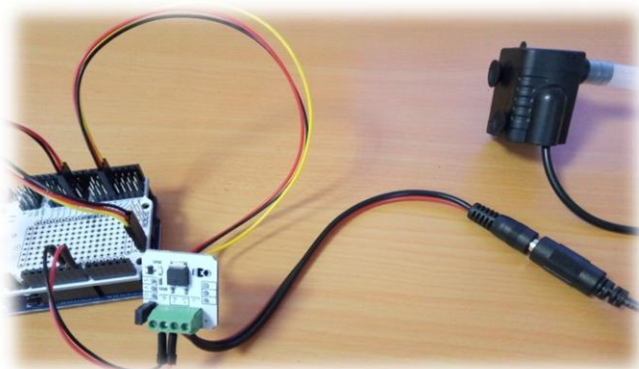
4. Подключить силовой ключ к контакту 4



5. Подвести коммутирующее напряжение к силовому ключу в разъём P+ и P-



6. Подключить помпу к силовому ключу через клеммник с разъёмами L+ и L-.



В итоге получится схема.





7. Воткнуть сенсор влажности почвы в землю.



8. Подключить питание.

3.2. Калибровка

Показания датчика влажности сильно зависят от кислотности почвы. Поэтому перед началом использования требуется провести простую процедуру калибровки.

1. Записать показания на дисплее при воткнутом в сухой горшок сенсоре. Это — минимум влажности.
2. Полить цветок и дождаться пока вода полностью впитается в землю и показания сенсора установятся на одном уровне. Записать их. Это — максимум влажности.
3. В скетче указать значения MIN константы на значение минимальной влажности и MAX на значение максимальной влажности.

3.3. Скетч программы для автополива

```
// Подключаем библиотеку для работы с дисплеем
#include "QuadDisplay2.h"
// для пина, к которому подключена помпа
#define POMP_PIN 4
//для пина, к которому подключён датчик влажности почвы
#define HUMIDITY_PIN A0
// минимальный порог влажности почвы
#define HUMIDITY_MIN 200
// максимальный порог влажности почвы
#define HUMIDITY_MAX 900
// интервал между проверкой на полив растения
#define INTERVAL 60000 * 3
// переменная для хранения показания влажности почвы
unsigned int humidity = 0;
```



```
// статическая переменная для хранения времени
unsigned long waitTime = 0;

// создаём объект класса QuadDisplay и передаём номер пина CS
QuadDisplay qd(9);

void setup(void)
{
  // начало работы с дисплеем
  qd.begin();
  // пин помпы в режим выхода
  pinMode(POMP_PIN, OUTPUT);
  // выводим 0 на дисплей
  qd.displayInt(0);
}
void loop(void)
{
  // считываем текущее показание датчика влажности почвы
  int humidityNow = analogRead(HUMIDITY_PIN);
  // если показание текущей влажности почвы
  // не равняется предыдущему запросу
  if(humidityNow != humidity) {
    // сохраняем текущие показания влажности
    humidity= humidityNow;
    // и выводим показания влажности на дисплей
    qd.displayInt(humidityNow);
  }
  // если прошёл заданный интервал времени
  // и значения датчика влажности меньше допустимой границы
  if ((waitTime == 0 || millis() - waitTime > INTERVAL) && humidity < HUMIDITY_MIN ) {
    // включаем помпу
    digitalWrite(POMP_PIN, HIGH);
    // ждём 2 секунды
    delay(2000);
    // выключаем помпу
    digitalWrite(POMP_PIN, LOW);
  }
  // приравниваем переменной waitTime
  // значение текущего времени плюс 3 минуты
  waitTime = millis();
}
}
```

4. Отличительные положительные особенности лаборатории в сравнении с существующими аналогами

Преимущества биолоборатории в том, что она позволяет объективизировать получаемые данные и приближает школьные исследовательские работы к современному стандарту научной работы, предоставляет возможность учителю доступно и интересно провести урок



(лучше один раз увидеть, чем сто раз услышать), организовать внеурочную экспериментальную и исследовательскую деятельность учащихся. Лаборатория имеет свои отличительные положительные особенности в сравнении с существующими аналогами:

- инновационное оборудование является дорогостоящим, и не все образовательные учреждения могут позволить себе такие комплексы. Мы предлагаем создать проект подобной биологической лаборатории на базе микропроцессора Arduino. Основные преимущества платформы Arduino: низкая стоимость – платы Arduino относительно дешевы по сравнению с другими платформами, их можно приобрести за 600 рублей, датчики так же имеют низкую стоимость. Весь комплект обойдётся не более 6000 рублей (лаборатории с подобными функциями от производителей учебного оборудования стоят более 100 000 руб);
- кросс-платформенность – программное обеспечение Arduino работает под ОС Windows, MacintoshOSX и Linux. Большинство микроконтроллеров ограничивается ОС Windows;
- простая и понятная среда программирования – среда ArduinoIDE подходит как для начинающих пользователей, так и для опытных

Габариты	42 см × 17 см × 42 см
Масса	6,5 кг
Питание	Сеть напряжением 220 В

Список использованной литературы

1. Ревич Ю.В. Программирование микроконтроллерных плат Arduino. - БХВ-Петербург, 2015. – 576 с.
2. Петин В. Проекты с использованием Arduino/ - СПб.: БХВ-Петербург, 2015.— 464 с ил.— (Электроника)
3. Arduino. [сайт]. URL: <http://arduino.ru>
4. Амперка. [сайт]. URL: <http://wiki.amperka.ru>



Методические рекомендации по использованию цифровой биологической лаборатории¹

Обучение школьников биологии включает обязательное выполнение лабораторных работ. Широкое использование лабораторных работ в учебном процессе делает его более интересным, усиливает практическую направленность, способствует развитию познавательной активности, логического мышления и творческой самостоятельности.



Использование цифровой биологической лаборатории на основе микропроцессора Arduino поможет учителю в организации познавательно-исследовательской и экспериментальной деятельности школьников по выращиванию растений.

Школьники получают опыт совместной коллективной проектной работы, а также научатся анализировать результаты экспериментов. Установку можно использовать при организации внеурочной проектно-исследовательской деятельности.

Лаборатория состоит из:

- рабочей камеры - позволяет поддерживать стабильный микроклимат внутри в течение длительного периода и моделировать различные условия эксперимента;
- фоторезистора - осуществляют измерение освещенности;
- датчик DHT11- состоит из емкостного датчика влажности и термистора для определения температуры воздуха;
- модуля влажности почвы - предназначен для определения влажности

¹ Методические рекомендации разработаны под руководством учителя биологии Дубининой Л.П.



земли, в которую он погружен;

- ЖК-дисплей - показывает и отображает и показания датчиков;
- светодиодные лампы – для исследования зависимости интенсивности роста от освещённости;
- светодиоды-индикаторы, сигнализирующие о критических показаниях температуры, влажности, освещённости.

Лаборатория позволяет наблюдать процессы жизненных циклов растений: набухания и прорастания семян, роста корневой системы, стеблей и листьев, процесс фотосинтеза. Исследовать влияние света, тепла, воздуха и воды на рост и развитие растений. Позволяет осуществлять мониторинг с помощью встроенных датчиков температуры, влажности воздуха, влажности почвы и освещенности.

Преимущества биолоборатории в том, что она позволяет объективизировать получаемые данные и приближает школьные исследовательские работы к современному стандарту научной работы, предоставляет возможность учителю доступно и интересно провести урок (лучше один раз увидеть, чем сто раз услышать). Лаборатория разработана и собрана учеником 9 класса МБОУ «Средняя общеобразовательная школа №9» г. Таштагол Мальцевым Л. под руководством учителя физики Литвиненко Р.И. и имеет свои отличительные положительные особенности в сравнении с существующими аналогами: инновационное оборудование является дорогостоящим, и не все образовательные учреждения могут позволить себе такие комплексы. Мы предлагаем создать проект подобной биолоборатории на базе микропроцессора Arduino. Основные преимущества платформы Arduino: низкая стоимость – платы Arduino относительно дешевы по сравнению с другими платформами, их можно приобрести за 600 рублей, датчики так же имеют низкую стоимость. Весь комплект обойдётся не более 6000 рублей; кросс-платформенность – программное обеспечение Arduino работает под ОС Windows, MacintoshOSX и Linux. Большинство



микроконтроллеров ограничивается ОС Windows; простая и понятная среда программирования – среда ArduinoIDE подходит как для начинающих пользователей, так и для опытных

Исследовательские работы для учеников

Работа №1. «Влияние различных участков спектра видимого света на прорастание семян»

Оборудование: пробирки или чашки Петри, семена гороха, фасоли или другие крупные семена, цифровая биологическая лаборатория.

Ход работы:

1. В пробирки положить семена гороха, фасоли и т.д. и налить небольшое количество воды (так, чтобы она слегка прикрывала семена, но оставляла доступ воздуха).
2. Поставить пробирки с семенами в биологическую лабораторию и выставить спектр видимого света, соответствующий красному свету
3. Наблюдаем за какое время семена прорастут.
4. Записываем результат.
5. Меняем спектр света на зелёный цвет и повторяем опыт с другой группой аналогичных семян. Следим, чтобы температура всегда была одинаковой.
6. Повторяем опыт с фиолетовым светом
7. Провести аналогичный опыт без света
8. Делаем вывод какая часть спектра (или его отсутствие) наиболее приемлем для прорастания семян данного сорта.

Работа №2. «Влияние различных участков спектра видимого света на процесс фотосинтеза»

Фотосинтез – основная функция зеленого листа. Этот процесс производства растением органических веществ из неорганических с использованием энергии солнечного света. В процессе фотосинтеза в



зеленых листьях из углекислого газа и воды образуются органические вещества и кислород

Оборудование: цифровая биологическая лаборатория, комнатное растение (пеларгония или другое с крупными листьями), водный раствор йода, горячая вода, спирт, ванночка, пинцет.

Ход работы:

1. Возьмем комнатное растение, выдержанное предварительно в темноте несколько дней, и поставим в цифровую биологическую лабораторию.
2. Включим один спектр видимого света. Выдержим растение под этим светом 1-2 дня.
3. Аккуратно срежем один лист растения. Обесцветим его. Для этого опустим лист сначала в ванночку с кипятком (**осторожно!**), а потом в горячий спирт. Пигменты хлоропластов при этом разрушатся, и лист обесцветится.
4. Промыть лист водой, положить в ванночку и залить слабым раствором йода.
5. Рассмотреть насколько интенсивно лист окрасится в синий цвет.

Результаты записать.

6. Меняем спектр и повторяем опыт. Следим, чтобы температура всегда была одинаковой.
7. Повторив с разными участками спектра видимого света, а также без света несколько раз, делаем вывод, какой спектр света (или его отсутствие) наиболее приемлем для воздушного питания растений.

Работа №3. «Влияние количества углекислого газа на процесс фотосинтеза»

Оборудование: цифровая биологическая лаборатория, комнатное растение (пеларгония или другое с крупными листьями), водный раствор йода, горячая вода, спирт, ванночка, пинцет, емкость с раствором едкой щелочи.

Ход работы:



1. Возьмем комнатное растение, выдержанное предварительно в темноте несколько дней, и поставим в цифровую биологическую лабораторию. Рядом поместим открытую емкость с раствором едкой щелочи (это вещество поглощает углекислый газ из воздуха).
2. Выдержим растение в таких условиях 1-2 дня.
3. Аккуратно срежем один лист растения. Обесцветим его. Для этого опустим лист сначала в ванночку с кипятком (**осторожно!**), а потом в горячий спирт. Пигменты хлоропластов при этом разрушатся, и лист обесцветится.
4. Промыть лист водой, положить в ванночку и залить слабым раствором йода.
5. Рассмотреть насколько интенсивно лист окрасится в синий цвет. Результаты записать.
6. Меняем условия (убираем раствор едкой щелочи и увеличиваем содержание углекислого газа) и повторяем опыт. Следим, чтобы температура всегда была одинаковой.
7. Повторив с разными условиями и разным содержанием углекислого газа несколько раз, делаем вывод какое количество углекислого газа наиболее приемлемо для воздушного питания растений.

Работа №4. «Влияние полива на процесс фотосинтеза»

Оборудование: цифровая биологическая лаборатория, комнатное растение (пеларгония или другое с крупными листьями), водный раствор йода, горячая вода, спирт, ванночка, пинцет.

Ход работы:

1. Возьмем комнатное растение, выдержанное предварительно в темноте несколько дней, и поставим в цифровую биологическую лабораторию.
2. Включим автополив на определенном режиме. Выдержим растение под несколько дней.



3. Аккуратно срежем один лист растения. Обесцветим его. Для этого опустим лист сначала в ванночку с кипятком (**осторожно!**), а потом в горячий спирт. Пигменты хлоропластов при этом разрушатся, и лист обесцветится.
4. Промыть лист водой, положить в ванночку и залить слабым раствором йода.
5. Рассмотреть насколько интенсивно лист окрасится в синий цвет. Результаты записать.
6. Меняем режим автополива и повторяем опыт. Следим, чтобы температура всегда была одинаковой.
7. Повторив с разной влажностью почвы, несколько раз, делаем вывод какая какое количество воды (влажность почвы) наиболее приемлемо для воздушного питания растений.

Работа №5. «Влияние «серебряной воды» на рост и развитие растений»

Оборудование: цифровая биолaborатория, лук, емкости под растения, водопроводная вода, «серебряная вода»

Ход работы:

1. Возьмем несколько луковиц обычного лука, приблизительно равных по массе, цвету и форме и посадим в одинаковые емкости, которые поставим в цифровую биолaborаторию.
2. Включим автополив на определенном режиме. Несколько луковиц поливаем обычной водопроводной водой, а остальные «серебряной водой».
3. Наблюдаем за ростом и развитием контрольной и экспериментальной группы. Делаем соответствующие измерения.
4. Делаем вывод о влиянии «серебряной воды» на рост и развитие лука.
5. Повторяем эксперимент с другими растениями.



Работа №6. «Влияние азотных удобрений на рост и развитие растений»

Оборудование: цифровая биологическая лаборатория, семена томатов, емкости под растения, азотные удобрения.

Ход работы:

1. Возьмем несколько семян томатов, предварительно пророщенные, посадим в одинаковые емкости, которые поставим в цифровую биологическую лабораторию.
2. Включим автополив на определенном режиме. Несколько емкостей с семенами поливаем обычной водопроводной водой, а остальные с азотными удобрениями.
3. Наблюдаем за ростом и развитием контрольной и экспериментальной группы. Делаем соответствующие измерения.
4. Делаем вывод о влиянии азотных удобрений на рост и развитие томатов.
5. Повторяем эксперимент с другими растениями.

Работа №7. «Влияние тяжелых металлов на рост и развитие растений»

Оборудование: цифровая биологическая лаборатория, семена томатов или других растений, емкости под растения, растворы солей меди и никеля.

Ход работы:

1. Возьмем несколько семян томатов, предварительно пророщенные, посадим в одинаковые емкости, которые поставим в цифровую биологическую лабораторию.
2. Включим автополив на определенном режиме. Несколько емкостей с семенами поливаем обычной водопроводной водой, а растворами солей меди и никеля.



3. Наблюдаем за ростом и развитием контрольной и экспериментальной группы. Делаем соответствующие измерения.
4. Делаем вывод о влиянии солей меди и никеля на рост и развитие томатов.
5. Повторяем эксперимент с другими растениями.

Работа №8. «Влияние железа на рост и развитие растений»

Оборудование: цифровая биолaborатория, семена томатов или других растений, емкости под растения, растворы солей железа.

Ход работы:

1. Возьмем несколько семян томатов, предварительно пророщенные, посадим в одинаковые емкости, которые поставим в цифровую биолaborаторию.
2. Включим автополив на определенном режиме. Несколько емкостей с семенами поливаем обычной водопроводной водой, а растворами солей железа
3. Наблюдаем за ростом и развитием контрольной и экспериментальной группы. Делаем соответствующие измерения.
4. Делаем вывод о влиянии солей железа на рост и развитие томатов.
5. Повторяем эксперимент с другими растениями.