

Вариант №1.
Время выполнения – 120 минут.
(Максимальное количество баллов – 450)

В бланках ответов участник в обязательном порядке должен указать номер полученного варианта.

Задача 1 (Максимум – 150 баллов).

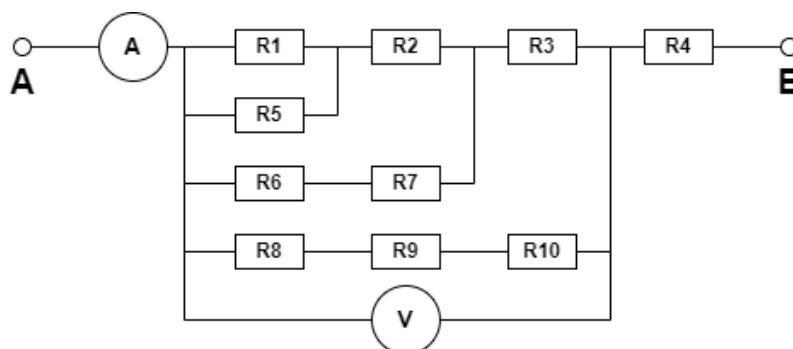


Рис. 1 Электрическая схема

На рисунке 1 изображен участок электрической цепи АВ, состоящая из одинаковых резисторов. Сопротивление этого участка цепи составляет 730 Ом. Требуется определить:

1. Какой номинал резисторов используется в цепи?
2. Какое значение силы тока показывает амперметр, если цепь подключена к источнику питания 7,3В?
3. В каком месте необходимо перерезать провод, чтобы сопротивление участка цепи АВ стало равным 1360 Ом? В ответе необходимо перерисовать рисунок и указать на нем две возможные точки с обоснованием.
4. После того, как перерезали провод, к участку цепи подключили другой источник питания. Определите какое напряжение показывает вольтметр, и какое напряжение на всем участке цепи АВ, если значение амперметра 0.01А?

Нахождение каждого ответа должно сопровождаться подробной аргументацией. Участником должны быть приведены необходимые для объяснения логики решения рисунки, формулы, аналитические обоснования.

Критерии

1	Составлены правильные уравнения для нахождения ответа	20	Максимум 40
	Уравнения составлено с небольшой ошибкой	10	
	Найдено правильное значение номинала резистора	20	
В ходе вычисления допущена небольшая ошибка при учете правильного составленного уравнения	10		
2	Приведено правильное уравнение	20	Максимум 30
	Найден правильный ответ	10	
3	Приведен рисунок и написано словами обоснование в каком одном месте можно перерезать провод	20	Максимум 40
	Не приведен рисунок или обоснование для одного места, но при этом дан ответ	10	
	Приведен рисунок или написано словами обоснование в каком втором месте можно перерезать провод	20	
	Не приведен рисунок или обоснование для второго места, но при этом дан ответ	10	
	Приведено численное решение (вычисление) или же показано, что сумма определённых резисторов составит необходимое значение	10	
4	Составлено правильное уравнение для определения напряжения вольтметра (с указанием резисторов)	10	Максимум 40
	Найдено правильное значение Напряжения для вольтметра	10	
	Составлено правильное уравнение для определения напряжения цепи (с указанием резисторов)	10	
	Найдено правильное значение Напряжения для участка цепи	10	

Решение

1. Рассчитаем эквивалентное сопротивление и составим уравнение.

$$1) \left(\frac{R}{2} + R\right) = \frac{3R}{2}; 2) \frac{2}{3R} + \frac{1}{2R} = \frac{7}{6R} \Rightarrow \frac{6R}{7}$$

$$3) \frac{6R}{7} + R = \frac{13R}{7}; 4) \frac{7}{13R} + \frac{1}{3R} = \frac{34}{39R} \Rightarrow \frac{39R}{34}$$

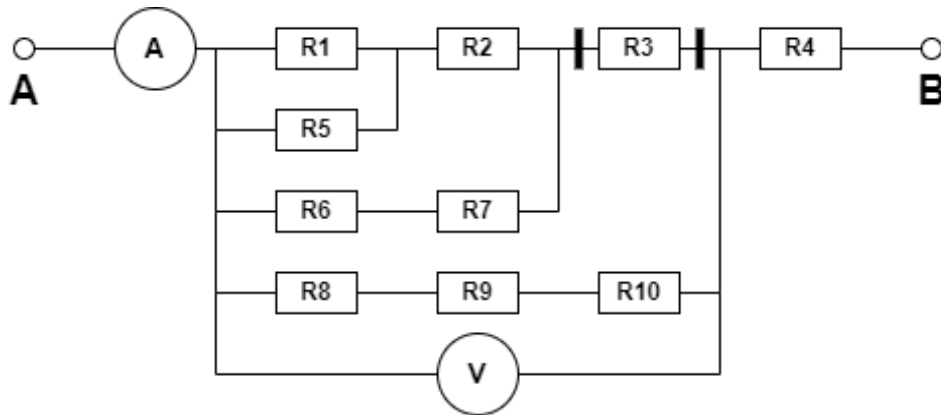
$$\frac{39R}{34} + R = \frac{73R}{34}$$

$$\frac{73R}{34} = 730 \Rightarrow R = 340 \text{ Ом}$$

2. Определим значение амперметра.

$$I = U/I_{\text{участка}} = \frac{7,3\text{В}}{730\text{ Ом}} = 0,01\text{А}$$

3. Перерезать провод возможно в любом из двух мест около резистора R3.



Это обусловлено тем, что в таком случае ток пойдет только по нижней ветви. Номинал резисторов составляет 340 Ом. Так как в таком случае получается последовательное соединение резисторов R8, R9, R10, R4, и их сумма составит как раз 1360 Ом.

4. Вольтметр будет показывать следующее значение.

Так как значение амперметра составляет 0,01 А, тогда можно рассчитать сопротивление трех резисторов R8, R9, R10.

$$U = I * (R8 + R9 + R10) = 0,01\text{А} * (3 * 340\text{В}) = 10,2\text{В}$$

Общее напряжение участка цепи АВ можно определить по аналогии.

$$U_{\text{общ}} = I * (R8 + R9 + R10 + R4) = 0,01\text{А} * (4 * 340\text{В}) = 13,6\text{В}$$

Задача 2 (Максимум – 150 баллов).

Колесо радиуса $R = 40$ см катится по прямой (слева направо) без проскальзывания. В данный момент скорость его центра равна $v = 1$ м/с, ускорение равно $a = 2$ м/с². Сделайте рисунок и найдите расстояние от центра колеса до точки, ускорение которой в данный момент равно 0, и запишите максимальное значение a , при котором расстояние от центра до этой точки меньше R (или прочерк, если таковое отсутствует).

Ответ выразить в сантиметрах, и округлить до целых. Решение должно сопровождаться подробной аргументацией. Участником должны быть приведены необходимые для объяснения логики решения рисунки, формулы, аналитические обоснования.

Критерии:

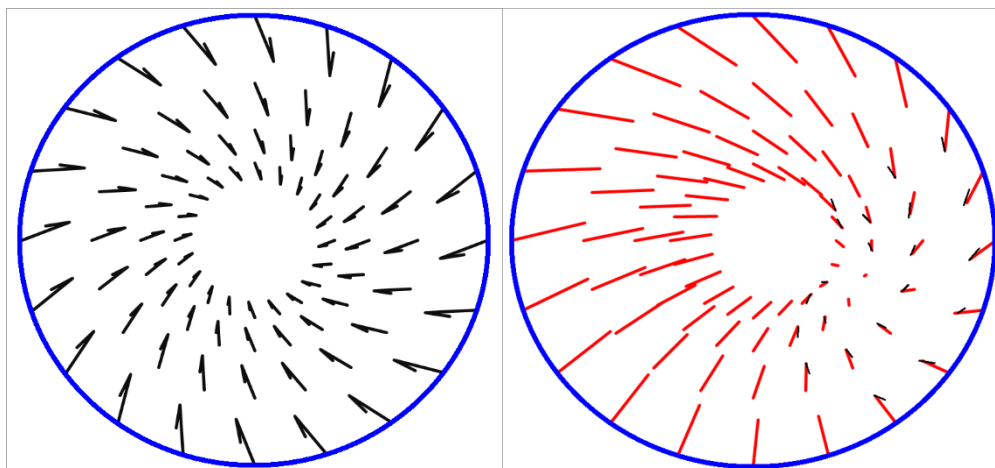
1	Возникла идея перейти в систему отсчёта колеса.	10 баллов
2	Найдены скорости точек колеса в этой системе отсчёта	20 баллов
3	Найдены тангенциальные ускорения в этой СО	20 баллов
4	Найдены нормальные ускорения точек колеса в этой СО	20 баллов
5	Обнаружено, что ускорения пропорциональны расстоянию до центра	10 баллов
6	Обнаружено, что при движении по окружности ускорение проходит все возможные направления при сохранении своего модуля	10 баллов
7	Обнаружено, что расстояние до точки, в которой ускорение равно 0 определяется равенством ускорения центра колеса и ускорения точки в системе центра колеса	20 баллов
8	Получено выражение для расстояния до точки с нулевым ускорением	20 баллов
9	Формула исследована и обнаружено, что $r < R$	20 баллов

Решение.

Перейдём в систему отсчёта, связанную с центром колеса. Поле ускорений в этом случае будет как на рисунке слева. При возвращении в исходную систему отсчёта мы получим рисунок справа, на котором видно сдвинутое поле ускорений так что нулевое ускорение оказывается справа и ниже центра колеса.

Запишем ускорение в системе отсчёта центра колеса так, чтобы выразалось через расстояние точки от центра r . Тогда нормальное ускорение будет связано со скоростью (центростремительное) $a_n = v^2 r / R^2$. Тангенциальное ускорение связано с ускорением через угловое ускорение $a_t = ar / R$. Суммарное ускорение по модулю равно $(r/R) * (v^4 / R^2 + a^2)^{0.5}$. Чтобы в исходной системе отсчёта получился ноль, необходимо, чтобы это ускорение по модулю было равно a . Получаем

$r = R[1 + (v^2 / (Ra))^2]^{-0.5}$. Эта величина всегда меньше радиуса колеса, поэтому максимальное значение ускорения отсутствует. Подставляя значения, получим $r = 24,9878 \approx 25$ см



Ответ: 25

Задача 3 (Максимум – 150 баллов).

В системе моделирования Tinkercad дана монтажная схема макета светофора и шлагбаума на базе платы Arduino Uno (рис. 2) и часть программного кода загружаемого в память микроконтроллера.

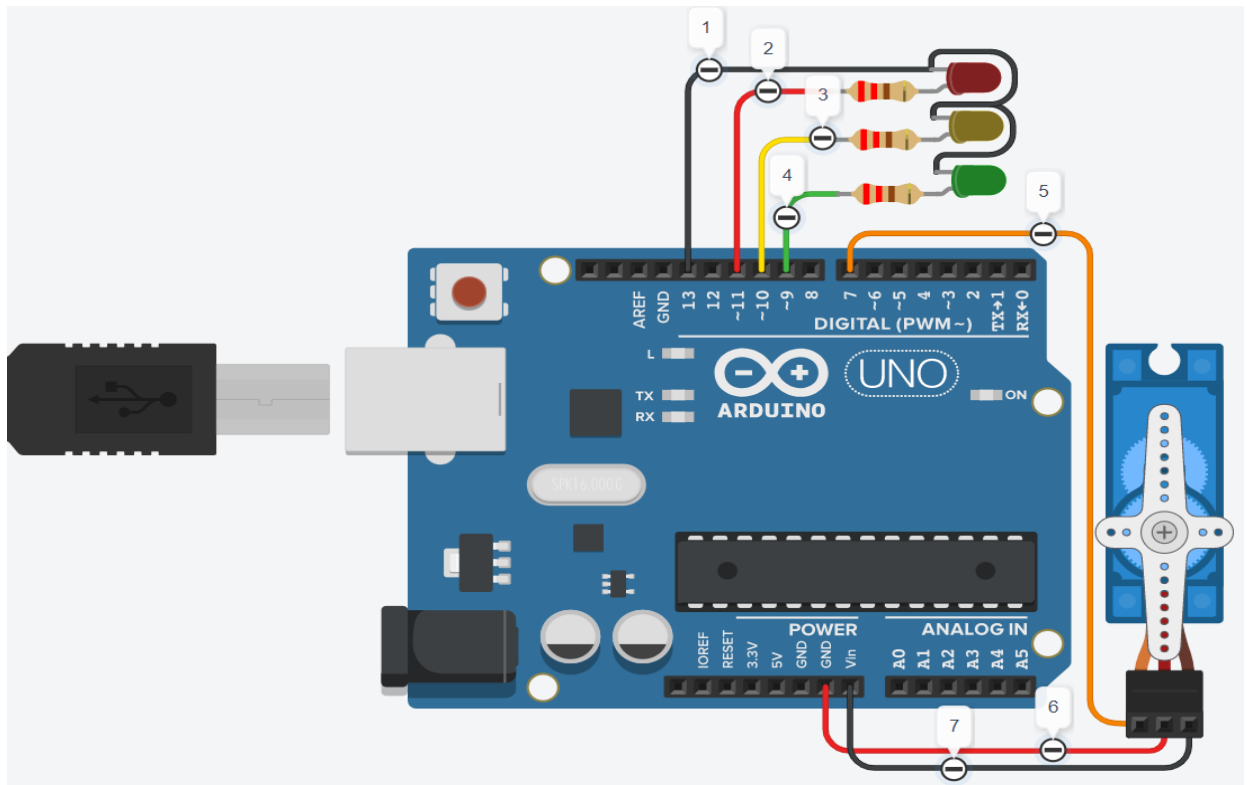


Рис. 2. Монтажная схема макета

```

1. //Программный код:
2.
3. const int red = 11, yellow = 10, green = 9;
4. const int barrier_pin = 7;
5. Servo barrier;
6.
7. void setup() {
8. barrier.attach(barrier_pin);
9. pinMode(red, INPUT);
10. pinMode(yellow, INPUT);
11. pinMode(green, INPUT);
12. }
13.
14. void loop() {
15.
16. }

```

Используя подробную аргументацию и объяснения хода решения, ответьте на следующие вопросы:

1. Найдите ошибки в монтажной схеме, критически влияющие на работоспособность устройства. Укажите 3 проводника, которые подключены неправильно, и подробно опишите правильное подключение.
2. Найдите 4 ошибки в представленной программе, критически влияющие на работоспособность устройства, указав номера строк, и подробно опишите их исправление.
3. Дополните код программы, используя язык программирования Arduino, реализующий следующий алгоритм в теле функции loop:
 - 3.1. Красный сигнал горит 3 секунды, шлагбаум в закрытом положении (90 градусов);
 - 3.2. Жёлтый сигнал горит 0,5 секунды, шлагбаум в закрытом положении (90 градусов);
 - 3.3. Зелёный сигнал горит 3 секунды, шлагбаум в открытом положении (0 градусов);
 - 3.4. Жёлтый сигнал горит 0,5 секунды, шлагбаум в открытом положении (0 градусов).

При написании кода разрешено использовать следующие функции и методы: `digitalWrite`, `delay`, `write`. Для реализации алгоритма рекомендуется использовать не более 14 строк кода.

Решение:

1. Не верно подключены шины 1, 6, 7 (1 в GND, 6 в 5V, 7 в GND);
2. Ошибки в строчках 2, 9, 10, 11 (2 - `#include <Servo.h>`, 9,10 и 11 – `OUTPUT`);
3. Алгоритм:

```
void loop() {  
  digitalWrite(red, HIGH);  
  barrier.write(90);  
  delay(3000);  
  digitalWrite(red, LOW);  
  digitalWrite(yellow, HIGH);  
  delay(500);  
  digitalWrite(yellow, LOW);  
  digitalWrite(green, HIGH);  
  barrier.write(0);  
  delay(3000);  
  digitalWrite(green, LOW);  
  digitalWrite(yellow, HIGH);  
  delay(500);  
  digitalWrite(yellow, LOW);  
}
```

Критерии оценки:

Вопрос 1:

Кол-во ошибок найдено	Балл
3	50
2	30
1	20
0	0
Максимум: 50 баллов	

Вопрос 2:

Кол-во ошибок найдено	Балл
4	50
3	40
2	30
1	20
0	0
Максимум: 50 баллов	

Вопрос 3: Максимальный балл – 50. За каждую логическую или синтаксическую ошибку минус 10 баллов.

Вариант №2.
Время выполнения – 120 минут.
(Максимальное количество баллов – 450)

В бланках ответов участник в обязательном порядке должен указать номер полученного варианта.

Задача 1 (Максимум – 150 баллов).

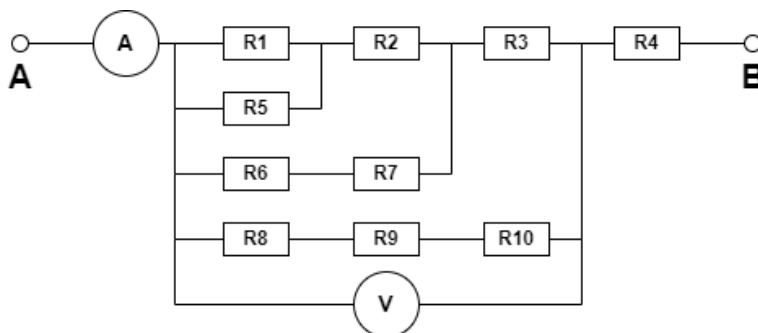


Рис.1. Электрическая схема

На рисунке 1 изображен участок электрической цепи АВ, состоящая из одинаковых резисторов. Сопротивление этого участка цепи составляет 1460 Ом. Требуется определить:

1. Какой номинал резисторов используется в цепи?
2. Какое значение силы тока показывает амперметр, если цепь подключена к источнику питания 7,3В?
3. В каком месте необходимо перерезать провод, чтобы сопротивление участка цепи АВ стало равным 2720 Ом? В ответе необходимо перерисовать рисунок и указать на нем две возможные точки с обоснованием.
4. После того, как перерезали провод, к участку цепи подключили другой источник питания. Определите какое напряжение показывает вольтметр, и какое напряжение на всем участке цепи АВ, если значение амперметра 0.01А?

Нахождение каждого ответа должно сопровождаться подробной аргументацией. Участником должны быть приведены необходимые для объяснения логики решения рисунки, формулы, аналитические обоснования.

Критерии

1	Составлены правильные уравнения для нахождения ответа	20	Максимум 40
	Уравнения составлено с небольшой ошибкой	10	
	Найдено правильное значение номинала резистора	20	
	В ходе вычисления допущена небольшая ошибка при учете правильного составленного уравнения	10	
2	Приведено правильное уравнение	20	Максимум 30
	Найден правильный ответ	10	
3	Приведен рисунок и написано словами обоснование в каком одном месте можно перерезать провод	20	Максимум 40
	Не приведен рисунок или обоснование для одного места, но при этом дан ответ	10	
	Приведен рисунок или написано словами обоснование в каком втором месте можно перерезать провод	20	
	Не приведен рисунок или обоснование для второго места, но при этом дан ответ	10	
	Приведено численное решение (вычисление) или же показано, что сумма определённых резисторов составит необходимое значение	10	
4	Составлено правильное уравнение для определения напряжения вольтметра (с указанием резисторов)	10	Максимум 40
	Найдено правильное значение Напряжения для вольтметра	10	
	Составлено правильное уравнение для определения напряжения цепи (с указанием резисторов)	10	
	Найдено правильное значение Напряжения для участка цепи	10	

Решение

1. Рассчитаем эквивалентное сопротивление и составим уравнение.

$$1) \left(\frac{R}{2} + R\right) = \frac{3R}{2}; 2) \frac{2}{3R} + \frac{1}{2R} = \frac{7}{6R} \Rightarrow \frac{6R}{7}$$

$$3) \frac{6R}{7} + R = \frac{13R}{7}; 4) \frac{7}{13R} + \frac{1}{3R} = \frac{34}{39R} \Rightarrow \frac{39R}{34}$$

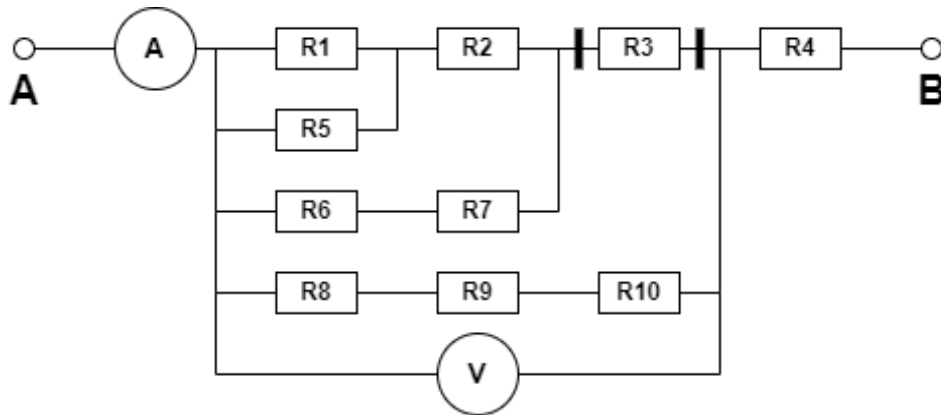
$$\frac{39R}{34} + R = \frac{73R}{34}$$

$$\frac{73R}{34} = 1460 \Rightarrow R = 680 \text{ Ом}$$

2. Определим значение амперметра.

$$I = \frac{7,3\text{В}}{1460\text{ Ом}} = 0,005\text{А}$$

3. Перерезать провод возможно в любом из двух мест около резистора R3.



Это обусловлено тем, что в таком случае ток пойдет только по нижней ветви. Номинал резисторов составляет 680 Ом. Так как в таком случае получается последовательное соединение резисторов R8, R9, R10, R4, и их сумма составит как раз 2720 Ом.

4. Вольтметр будет показывать следующее значение.

Так как значение амперметра составляет 0,01 А, тогда можно рассчитать сопротивление трех резисторов R8, R9, R10.

$$U = I * (R8 + R9 + R10) = 0,01\text{А} * (3 * 680\text{В}) = 20,4\text{В}$$

Общее напряжение участка цепи АВ можно определить по аналогии.

$$U_{\text{общ}} = I * (R8 + R9 + R10 + R4) = 0,01\text{А} * (4 * 680\text{В}) = 27,2\text{В}$$

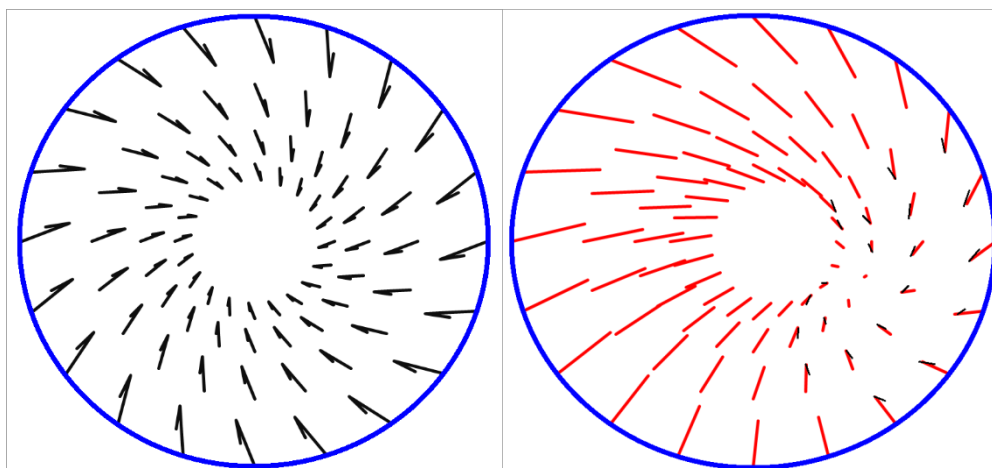
Задача 2 (Максимум – 150 баллов).

Колесо радиуса $R = 60$ см катится по прямой (слева направо) без проскальзывания. В данный момент скорость его центра равна $v = 2$ м/с, ускорение равно $a = 3$ м/с². Сделайте рисунок и найдите расстояние от центра колеса до точки, ускорение которой в данный момент равно 0, и запишите максимальное значение a , при котором расстояние от центра до этой точки меньше R (или прочерк, если такового отсутствует).

Ответ выразить в сантиметрах, и округлить до целых. Решение должно сопровождаться подробной аргументацией. Участником должны быть приведены необходимые для объяснения логики решения рисунки, формулы, аналитические обоснования.

Критерии:

1	Возникла идея перейти в систему отсчёта колеса.	10 баллов
2	Найдены скорости точек колеса в этой системе отсчёта	20 баллов
3	Найдены тангенциальные ускорения в этой СО	20 баллов
4	Найдены нормальные ускорения точек колеса в этой СО	20 баллов
5	Обнаружено, что ускорения пропорциональны расстоянию до центра	10 баллов
6	Обнаружено, что при движении по окружности ускорение проходит все возможные направления при сохранении своего модуля	10 баллов
7	Обнаружено, что расстояние до точки, в которой ускорение равно 0 определяется равенством ускорения центра колеса и ускорения точки в системе центра колеса	20 баллов
8	Получено выражение для расстояния до точки с нулевым ускорением	20 баллов
9	Формула исследована и обнаружено, что $r < R$	20 баллов



Решение. Перейдём в систему отсчёта, связанную с центром колеса. Поле ускорений в этом случае будет как на рисунке слева. При возвращении в исходную систему отсчёта мы получим рисунок справа, на котором видно сдвинутое поле ускорений так что нулевое ускорение оказывается справа и ниже центра колеса.

Запишем ускорение в системе отсчёта центра колеса так, чтобы выражалось через расстояние точки от центра r . Тогда нормальное ускорение будет связано со скоростью (центростремительное) $a_n = v^2 r / R^2$. Тангенциальное ускорение связано с ускорением через угловое ускорение $a_t = ar / R$. Суммарное ускорение по модулю равно $(r/R) * (v^4 / R^2 + a^2)^{0,5}$. Чтобы в исходной системе отсчёта получился ноль, необходимо, чтобы это ускорение по модулю было равно a . Получаем

$r = R[1 + (v^2 / (Ra))^2]^{-0,5}$. Эта величина всегда меньше радиуса колеса, поэтому максимальное значение ускорения отсутствует. Подставляя значения, получим $r = 40,1379 \approx 40$ см

Ответ: 40

Задача 3 (Максимум – 150 баллов).

В системе моделирования Tinkercad дана монтажная схема макета светофора и шлагбаума на базе платы Arduino Uno (рис. 2) и часть программного кода загружаемого в память микроконтроллера.

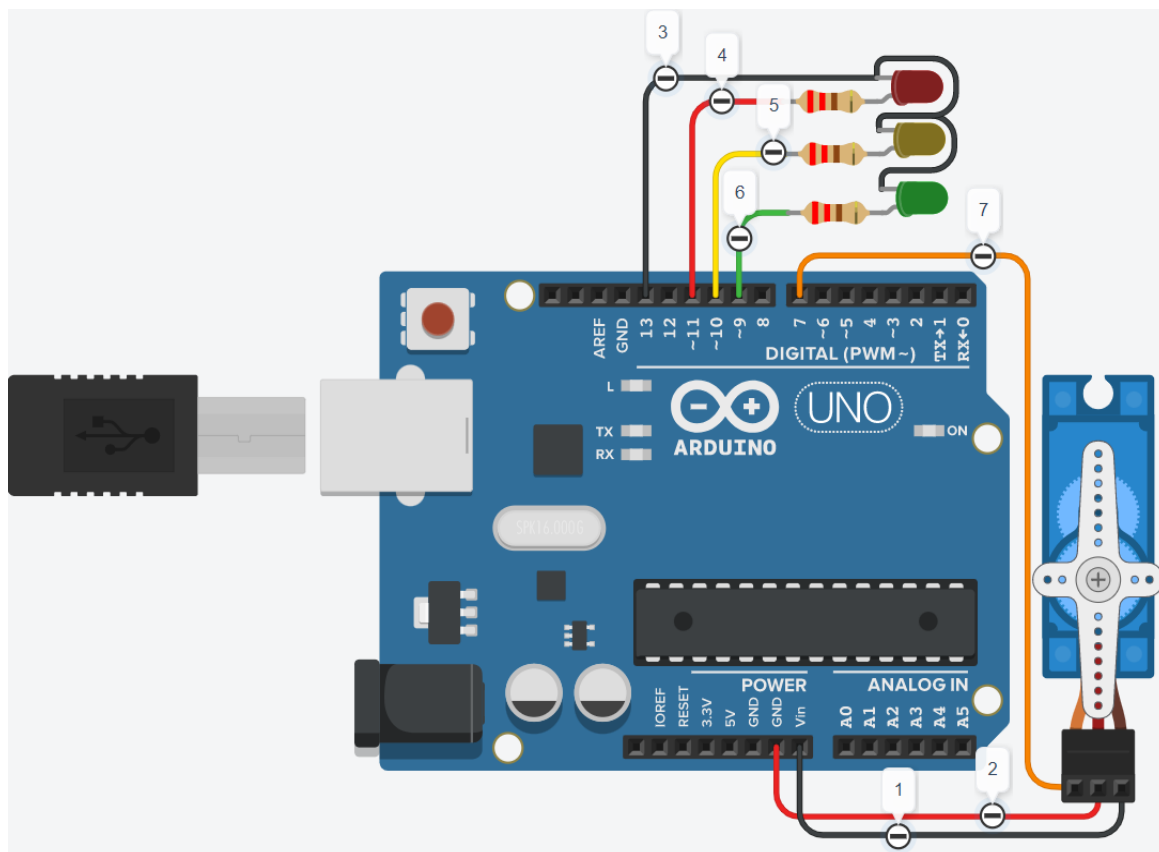


Рис. 2. Монтажная схема макета

```

1. //Программный код:
2.
3. const int red = 11, yellow = 10, green = 9;
4. const int barrier_pin = 7;
5. Servo barrier;
6.
7. void setup() {
8.   barrier.attach(barrier_pin);
9.   pinMode(red, INPUT);
10.  pinMode(yellow, INPUT);
11. }
12.
13. void loop() {
14.
15. }

```

Используя подробную аргументацию и объяснения хода решения, ответьте на следующие вопросы:

1. Найдите ошибки в монтажной схеме, критически влияющие на работоспособность устройства. Укажите 3 проводника, которые подключены неправильно, и подробно опишите правильное подключение.
2. Найдите 4 ошибки в представленной программе, критически влияющие на работоспособность устройства, указав номера строк, и подробно опишите их исправление.
3. Дополните код программы, используя язык программирования Arduino, реализующий следующий алгоритм в теле функции `loop`:
 - 3.1. Красный сигнал горит 5 секунд, шлагбаум в закрытом положении (90 градусов);
 - 3.2. Жёлтый сигнал горит 1 секунду, шлагбаум в закрытом положении (90 градусов);
 - 3.3. Зелёный сигнал горит 5 секунд, шлагбаум в открытом положении (180 градусов);
 - 3.4. Жёлтый сигнал горит 1 секунду, шлагбаум в открытом положении (180 градусов).

При написании кода разрешено использовать следующие функции и методы: `digitalWrite`, `delay`, `write`. Для реализации алгоритма рекомендуется использовать не более 14 строк кода.

Решение:

1. Не верно подключены шины 1, 2, 3 (1 в GND, 2 в 5V, 3 в GND);
2. Ошибки в строчках 2, 9, 10, 11 (2 - `#include <Servo.h>`, 9 и 10 – `OUTPUT`, 9-10 - дописать: `«pinMode(red, OUTPUT);»`);
3. Алгоритм:

```
void loop() {  
  digitalWrite(red, HIGH);  
  barrier.write(90);  
  delay(5000);  
  digitalWrite(yellow, HIGH);  
  delay(1000);  
  digitalWrite(red, LOW);  
  digitalWrite(yellow, LOW);  
  digitalWrite(green, HIGH);  
  barrier.write(180);  
  delay(5000);  
  digitalWrite(green, LOW);  
  digitalWrite(yellow, HIGH);  
  delay(1000);  
  digitalWrite(yellow, LOW);  
}
```

Критерии оценки:

Вопрос 1:

Кол-во ошибок найдено	Балл
3	50
2	30
1	20
0	0
Максимум: 50 баллов	

Вопрос 2:

Кол-во ошибок найдено	Балл
4	50
3	40
2	30
1	20
0	0
Максимум: 50 баллов	

Вопрос 3: Максимальный балл – 50. За каждую логическую или синтаксическую ошибку минус 10 баллов.