

**МЕТОДИКА ОЦЕНКИ И КЛЮЧИ
ВЫПОЛНЕННЫХ ОЛИМПИАДНЫХ ЗАДАНИЙ
ТЕОРЕТИЧЕСКОГО ТУРА**
заключительного этапа всероссийской олимпиады школьников
по технологии

11 класс

2023-2024 учебный год

Профиль «Робототехника»

Москва 2024 г.

По теоретическому туру максимальная оценка результатов участника 9 класса определяется арифметической суммой всех баллов, полученных за выполнение заданий и не должна превышать **25 баллов**.

Каждый ответ оценивается как правильный, если полностью совпадает с ключом; как частично правильный, если содержит верное рассуждение, существенно приближающее к решению; как неправильный, если отличается от ключа или отсутствует. Каждый правильный или частично правильный ответ имеет свой вес: 0,5 балла, 1 балл, 1,5 балла, 2 балла.

В специальной части участникам предлагается 5 задач с несколькими заданиями в каждой.

Общая часть

1. ОТВЕТ (1,5 балла): 45000 руб.

2. ОТВЕТ (0,5 балла): 360 В

РЕШЕНИЕ: $400 \text{ В} - 10 \%$ (т. к. потребитель трехфазный) = 360 В

3. ОТВЕТ (1 балл): 1 – архитектор территорий, 2 – разработчик нанороботов

4. ОТВЕТ: (1,5 балла)

А	4	III
Б	3	IV
В	2	I
Г	1	II

5. ОТВЕТ (0,5 балла): конус - трёхгранная призма / конус - параллелепипед / конус – треугольная призма / конус – четырехугольная призма/ конус-цилиндр

Специальная часть

Кинематические схемы

6. Ответ: 3 (вес 0,5 б.)

Решение

На кинематической схеме манипулятора изображен три поступательных кинематических пары, расположенных взаимно перпендикулярно. Таким образом, рабочая область представляет собой параллелепипед. Ответ: 3.

7. Ответ: БИ (вес 1 б.)

Решение

На кинематической схеме А изображены две поступательные кинематические пары, соединённые под прямым углом. Рабочая зона манипулятора имеет форму прямоугольника. Соответственно, прямоугольную рабочую область имеют и манипуляторы, схемы которых представлены под буквами Б и И.
Ответ: БИ;

8. Ответ: ДЖЛМ (вес 1 б.)

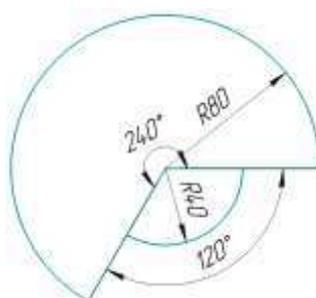
Решение

Чтобы рабочая область была объёмной, на схеме должны располагаться либо три поступательных кинематических пары, либо не менее двух поступательных кинематических пар и одной вращательной. При этом, следует учитывать, что ни одна из трёх поступательных кинематических пар не должна лежать в плоскости, которую образуют две оставшиеся поступательные кинематические пары. Для манипуляторов с одной вращательной кинематической парой следует учесть, что ось вращения вращательной кинематической пары должна быть параллельна плоскости, которую образуют две поступательные кинематические пары. Данным требованиям удовлетворяют схемы манипуляторов под буквами Д, Ж, Л и М.
Ответ: ДЖЛМ.

9. Ответ: 151 (вес 2 б.)

Решение

Рабочая область данного манипулятора будет иметь вид двух секторов кругов разного радиуса:



Площадь данной фигуры можно посчитать по формуле:

$$(\Phi * R_6^2 + (360^\circ - \Phi) * R_M^2) * \frac{\pi}{360^\circ}$$

Посчитаем площадь рабочей области:

$$50 \text{ см} = 5 \text{ дм}, 0,9 \text{ м} = 9 \text{ дм}, \Phi = 240^\circ$$

$$R_6 = d = 9 \text{ дм}, R_M = c = 5 \text{ дм}$$

$$(240^\circ * 9^2 + (360^\circ - 240^\circ) * 5^2) * \frac{\pi}{360^\circ} \approx 195,72 \approx 196 \text{ дм}^2$$

Диаграммы показаний энкодеров

10. Ответ: 10,15 (вес 0,5 б.)

Решение

При проезде прямо колеса робота поворачиваются в одном направлении на одинаковое число градусов. По диаграммам видно, что второй проезд прямо робот совершал с 10 по 15 секунду.

11. Ответ: И (вес 0,5 б.)

Решение

С 15 по 20 секунду показания энкодера мотора А растут, а показания энкодера мотора В не меняются. Значит, робот совершает поворот вокруг колеса В направо. Ответ И.

12. Ответ: 90° (вес 0,5 б.)

Решение

Посчитаем угол поворота робота при первом танковом развороте:
 $(5490^\circ - 5040^\circ) * 6 : 30 = 90^\circ$

13. Ответ: 38 см (вес 0,5 б.)

Решение

Посчитаем длину линии, которую робот начертил при третьем проезде прямо:

$$(5040^\circ - 4320^\circ) * \pi * 6 : 360^\circ = 12\pi \approx 37,68 \approx 38 \text{ см}$$

14. Ответ: 31 см (вес 1,5 б.)

Решение

С 30 по 35 секунду показания на энкодере мотора А растут, а показания на энкодере В уменьшаются. По модулю изменения показаний энкодеров не равны. Значит, точка с маркером движется по дуге окружности, радиус которой меньше колеи, при этом колесо А описывает окружность большего радиуса, чем колесо В и колесо В движется назад.

$$\frac{R_a}{R_b} = \frac{\varphi_a}{|\varphi_b|} = \frac{7890^\circ - 6390^\circ}{5490^\circ - 5190^\circ} = \frac{1500}{300}$$

$$R_a = 15 + R_c, 30 = R_a + R_b,$$

где R_c – радиус окружности, по которой движется маркер

Решив данные уравнения в системе, получим, что:

$$R_a = 25 \text{ см}, R_b = 5 \text{ см}, R_c = 10 \text{ см}$$

Робот начертит дугу окружности радиуса 10 см.

Посчитаем градусную меру дуги окружности:

$$\frac{1500^\circ * (6:2)}{25} = 180^\circ$$

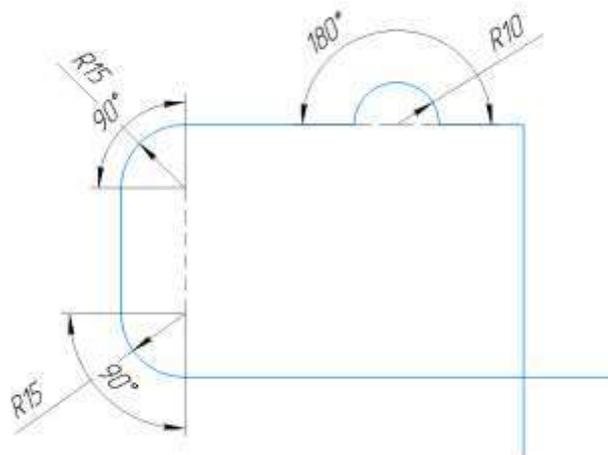
Посчитаем длину дуги, которую робот начертил при повороте с 30 по 35 секунды:

$$2 * \pi * 10 * \frac{180^\circ}{360^\circ} = 10\pi \approx 31,4 \approx 31 \text{ см}$$

15. Ответ: 75 дм² (вес 2 б.)

Решение

Проанализировав диаграммы, можно заметить, что робот начертит следующую фигуру:



Данная фигура состоит из половины круга радиуса 10 см, двух четвертей круга радиуса 15 см, большого прямоугольника и маленького прямоугольника. Площадь фигуры будет равна:

$$\begin{aligned} & 2 * \pi * 15^2 * \frac{90^\circ}{360^\circ} + \pi * 10^2 * \frac{180^\circ}{360^\circ} + 15 * \frac{5220 - 4500}{360} * \pi * 6 + (15 + 15 \\ & + \frac{720^\circ}{360^\circ} * \pi * 6) * (20 + \frac{720^\circ + 720^\circ}{360^\circ} * \pi * 6) = \\ & = 112,5\pi + 50\pi + 180\pi + (30 + 12\pi) * (20 + 24\pi) \approx 7\,529,4 \text{ см}^2 \\ & 7\,529,4 \text{ см}^2 = 75,294 \text{ дм}^2 \approx 75 \text{ дм}^2 \end{aligned}$$

Сепулька

16. Ответ: 64,111 (вес 2 б.)

Решение:

Обороты двигателя:

За минуту робот проедет $60 * 0,5 = 30$ м

За один оборот колеса робот проедет $3,14 * 0,15 = 0,471$ м

$$30:0,471=63,694=64 \text{ об/мин}$$

Крутящий момент двигателя:

Масса робота – 49 кг

Вес робота $49 \cdot 9.8 = 480,2 \text{ Н}$

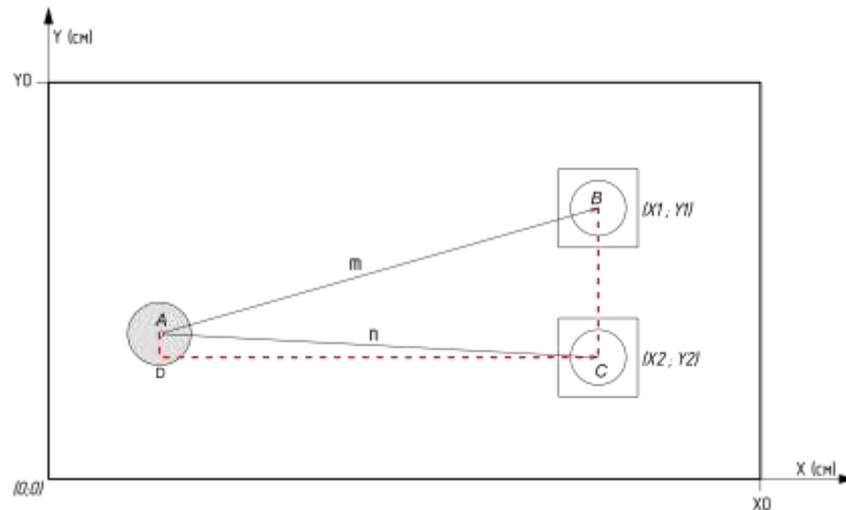
Нагрузка $480,2:2=240.1 \text{ Н}$, т. к. 2 мотор-колеса

Сила трения покоя $0.6 \cdot 240,1 = 144,06 \text{ Н}$

Момент=Сила*рычаг= $144.06 \cdot 0.15/2 = 10.8045 \text{ Н м} = 110,18 \text{ кгс см}$

17. Ответ: (142;227) (вес 1 б.)

Решение



Выразим $\sphericalangle ACB$ по теореме косинусов:

$$y = Y1 - Y2, \sphericalangle ACB = \alpha$$

$$m^2 = n^2 + y^2 - 2ny * \cos(\alpha) \Rightarrow \cos(\alpha) = \frac{-m^2 + n^2 + y^2}{2ny}$$

Построим прямоугольный треугольник ADC , чтобы найти AD и DC :

$$\sphericalangle ACD = 90 - \alpha$$

$$AD = n * \sin(\alpha - 90) = -n * \cos(\alpha) - \text{при } \alpha > 90 \text{ (при коор. } Y < Y2)$$

$$DC = \sqrt{n^2 - AD^2}$$

Следовательно координаты точки A:

$$X = X_2 - DC = X_2 - \sqrt{n^2 - \left(n * \frac{-m^2 + n^2 + y^2}{2ny}\right)^2}$$

$$Y = Y_2 + AD = Y_2 - n * \frac{-m^2 + n^2 + y^2}{2ny}$$

Подставим значения:

$$X = 300 - \sqrt{160^2 - \left(\frac{-200^2 + 160^2 + 150^2}{2 * 150}\right)^2} = 142,2946 \approx 142$$

$$Y = 200 - \frac{-200^2 + 160^2 + 150^2}{2 * 150} = 200 + 27 = 227$$

18. Ответ: 8S4P (вес 1 б.)

Решение

Для каждого потребителя из таблицы вычисляется мощность по формуле:

$$P = I * V * n,$$

где I – сила тока (А), V – рабочее напряжение (В),

n – количество потребителей

Р двигателей = 400 Вт

Р речевой установки = 48 Вт

Р одноп. комп. = 25 Вт

Р датч. расст. = 1 Вт

Р светодиодн. подсв. = 27,5 Вт

Суммарная мощность всех потребителей: Р сумм = 501,5 Вт

35 В - максимально допустимое напряжение двигателя (потребителя с наибольшим напряжением).

8 - ближайшее наименьшее кратное к 35, т. к. $4,2 \text{ В} * 8 = 33,6 \text{ В}$.

Следовательно, в аккумуляторной сборке 8 элементов питания, подключенных последовательно.

Номинальное напряжение элемента питания составляет 3,7 В.

Значит: $V_{\text{ном}} = 8 * 3,7 = 29,6 \text{ В}$

Необходимая емкость аккумулятора для работы потребителей в течение всей экскурсии (по условию 1,5 ч):

$C_{\text{необх}} = (P_{\text{сумм}} * t) / V_{\text{ном}}$, где t – время автономной работы

$$C_{\text{необх}} = (501,5 * 0,75) / 29,6 = 12,7069 \text{ Ач}$$

Минимально необходимое количество элементов питания (k):

$$k = C_{\text{необх}} / C_{\text{эл.пит.}}$$

$$k = 12,7069 / 3,2 = 3,97 \approx 4 \text{ штук.}$$

Робот-художник

19. Ответ: А4Б3В1Г2 (вес 2 б.)

Беспилотник

20. Ответ: РЕШЕНИЙ НЕТ (вес 2 б.)

или (3;2) (вес 1 б.)

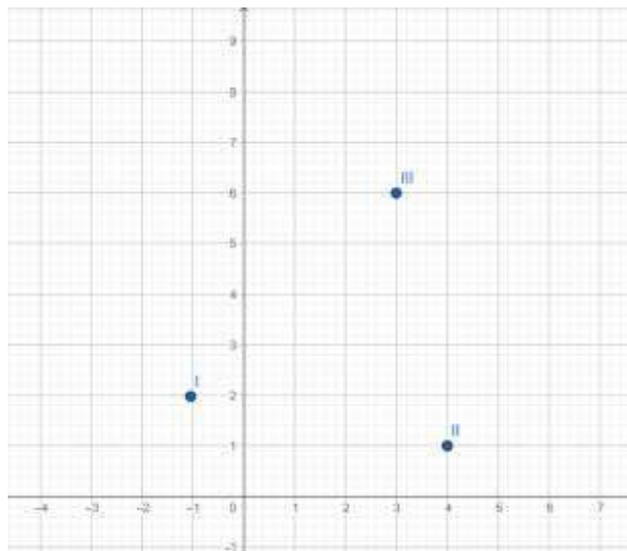
или (-1;6) (вес 1 б.)

или (-1;5) (вес 1 б.)

или (0;6) (вес 1 б.)

Решение

Для начала обозначим на декартовой системе координат базовые станции:



Вычислим расстояния от станций до дрона.

Пусть $s_1 = 4$ км, а c – скорость света.

От первой станции сигнал дошел за время:

$$t = s_1 : c = 4 : (3 * 10^5) * 10^6 = 4 : 0,3 \approx 13,3 \text{ мкс}$$

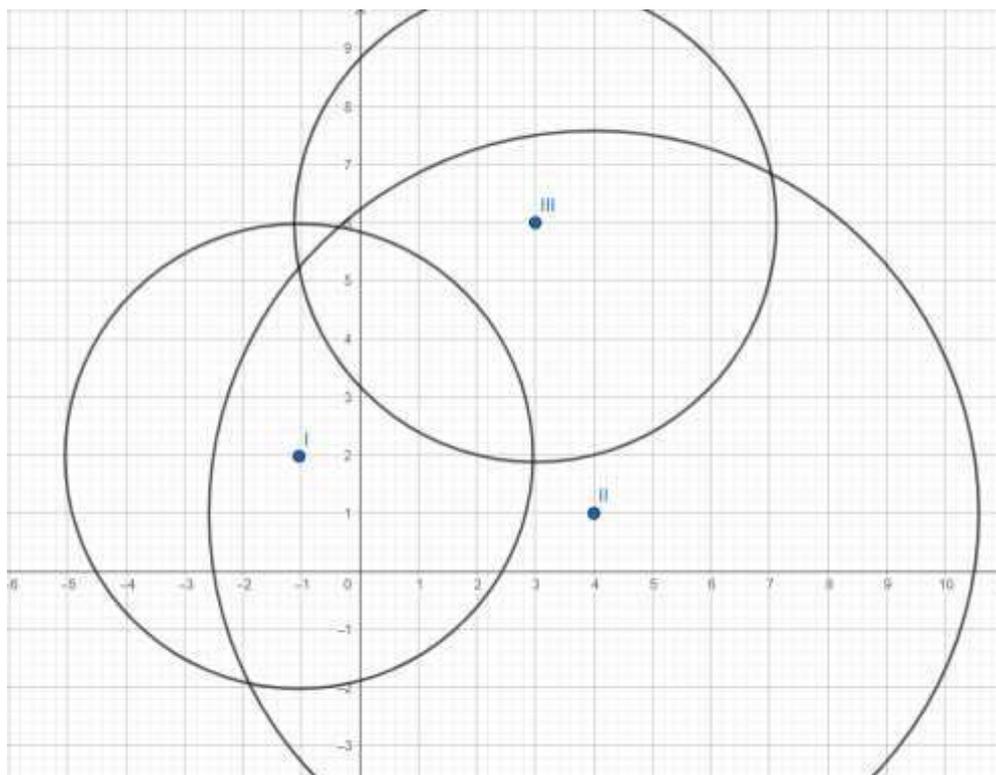
Расстояние от дрона до второй станции:

$$s_2 = (4 : 0,3 + 8,6) * 0,3 = 6,58 \text{ км}$$

Расстояние от дрона до третьей станции:

$$s_3 = (4 : 0,3 + 0,4) * 0,3 = 4,12 \text{ км}$$

Построим окружности из центра базовых станций с вычисленными радиусами:



Исходя из радиуса покрытия соты от Базовой станции, получаем несоответствие: сигнал от второй станции не мог прийти из-за расстояния до нее более 5 км. Следовательно, получаем ответ: у задачи нет решения.

При частичном решении 1 балл (50%) дается в случае, если найдены координаты точки пересечения двух окружностей, которые при определенных допущениях могли бы быть координатами дрона.

Тележка

21. ОТВЕТ: 2 (вес 2 б.)

Решение

Для того, чтобы робот мог двигаться с заданным ускорением моторы должны создать крутящий момент, за счёт которого начнут вращаться колёса.

Предполагая, что колёса не проскальзывают, это будет означать что линейное ускорение робота будет прямо пропорционально угловому ускорению колёс.

Рассчитаем требуемое угловое ускорение колёс:

$$\varepsilon = \frac{a}{r}$$

Колёса обладают моментом инерции:

$$J = \frac{1}{2} M_k r^2$$

Угловое ускорение колеса связано с его моментом инерции через закон Ньютона для вращательного движения:

$$M_1 = J\varepsilon$$

Мы получили величину крутящего момента, которая необходима для вращения колеса с необходимым ускорением. Рассчитаем величину крутящего момента M_2 , необходимую, для разгона платформы робота. Для этого сначала вычислим необходимую силу:

$$F = (M + 2M_m + 2M_k)a$$

, где M_m - масса мотора.

Найдём момент, который должно будет развить каждое колесо, чтобы обеспечить нужную силу:

$$M_2 = \frac{F}{2} r$$

Получаем, что каждый из двух моторов должен развить момент:

$$M' = M_1 + M_2$$

$$M' = \frac{1}{2} M_k r^2 \frac{a}{r} + \frac{(M + 2M_m + 2M_k)a}{2} r = \frac{1}{2} ar(3M_k + M + 2M_m)$$

Для каждого из предложенных моторов запишем разницу между развиваемым им моментом и требуемым моментом. Выберем мотор, для которого полученная разница будет минимальной, но не отрицательной.

Вычислим разницу между развиваемым мотором моментом и требуемым моментом:

Мотор 1: -4,75нм

Мотор 2: 1,5нм

Мотор 3: -0,25нм

Мотор 4: -8,5нм

Мотор 5: 9нм

Выбираем мотор 2.