



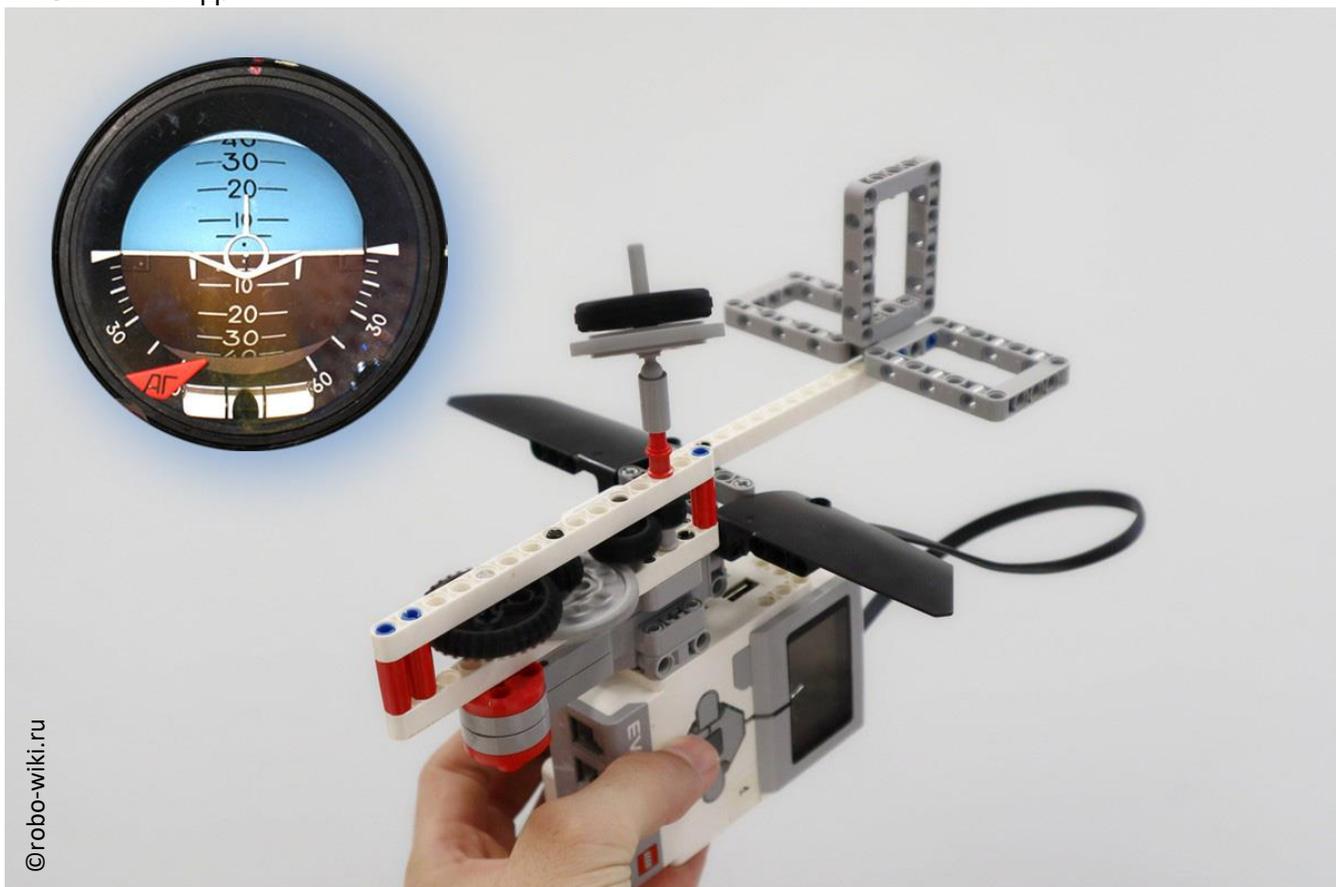
Механизмы

🔑 Механический гироскоп.

Авиагоризонт из Lego EV3. Игра "Полет нормальный"

Версия документа: 1.0

Внешний вид:



© robo-wiki.ru

Оборудование: базовый и расширенный набор Lego Mindstorms Education EV3, секундомер.

Механизмы: зубчатая передача.

Описание. На этом занятии ты узнаешь, что такое гироскоп, где он применяется, соберешь самолет из конструктора Lego EV3 с механическим гироскопом и попробуешь свои силы в соревновании.

Гироскоп на самолете позволяет точно определить пилоту, на какой угол и в какую сторону наклонилось летающее судно даже в условиях нулевой видимости.

Вверху у собранного из Lego EV3 самолета на точку опоры в виде трубки устанавливается ротор гироскопа. Этот гироскоп будет выполнять роль



авиагоризонта. Авиагоризонт показывает угол отклонения самолета от горизонтального положения.

Для того, чтобы сконструированный вами авиагоризонт работал, нужно раскрутить ротор, или волчок, до большой угловой скорости.

Для этого используется мультипликатор – устройство с многоступенчатой зубчатой передачей на большом моторе Lego EV3. Эта передача увеличивает скорость вращения вала мотора в несколько раз.

Чем быстрее крутится ротор, тем больше его момент инерции, тем стабильнее он работает, тем меньше его прецессия (прецессия гироскопа – это движение оси ротора по конусу).

Во время опытов ты заметишь, что после остановки мотора ротор продолжает крутиться, но из-за силы трения его скорость падает. С падением скорости вращения увеличивается прецессия гироскопа. И на предельно малой скорости ротор упадет. То же самое происходит и с игрушечным волчком.

Задачи.

- 1.** Прочитай справку.
- 2.** Собери самолет и ротор гироскопа из конструктора Lego Mindstorms Education EV3.
- 3.** Запрограммируй блок EV3 с помощью Brick Program.
- 4.** Поучаствуй в соревновании.

Содержание

Часть 1. Справка	стр. 3
Часть 2. Сборка самолета.....	стр. 8
Часть 3. Программирование	стр. 19
Часть 4. Регламент соревнования «Полет нормальный»	стр. 20



Часть 1. Справка

«Я увидел вращение Земли под микроскопом»

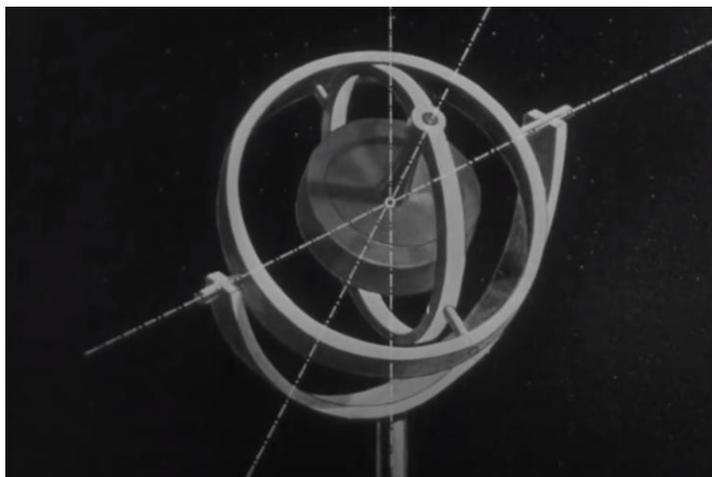
В 1852 году в Парижской академии наук французский физик, механик и астроном Леон Фуко (1819 - 1868) продемонстрировал прибор, позволяющий обнаружить вращение Земли. Гироскоп - так он назвал это устройство. "Гирос" - от греческого "вращение". "Скопео" - от греческого "вижу, наблюдаю". Гироскоп был придуман ранее другим изобретателем, но название этого прибора пошло именно от Фуко.



Французский физик Леон Фуко

Оригинальную конструкцию продемонстрированного в Парижской академии гироскопа со специальной шкалой Фуко изобрел сам. Постройку гироскопа ученый заказал у известного изобретателя Генриха Румкорфа (1803 - 1877), создателя катушки Румкорфа - устройства для получения электрических высоковольтных импульсов.

Гироскоп Фуко представлял из себя вращающийся ротор (волчок) подвешенный так, что его ось могла поворачиваться в любом направлении относительно некоторой центральной неподвижной точки. Такой гироскоп имел наружную и внутреннюю рамку, которые могли вращаться относительно друг друга, и ротор, который концами оси крепился на внутренней рамке.

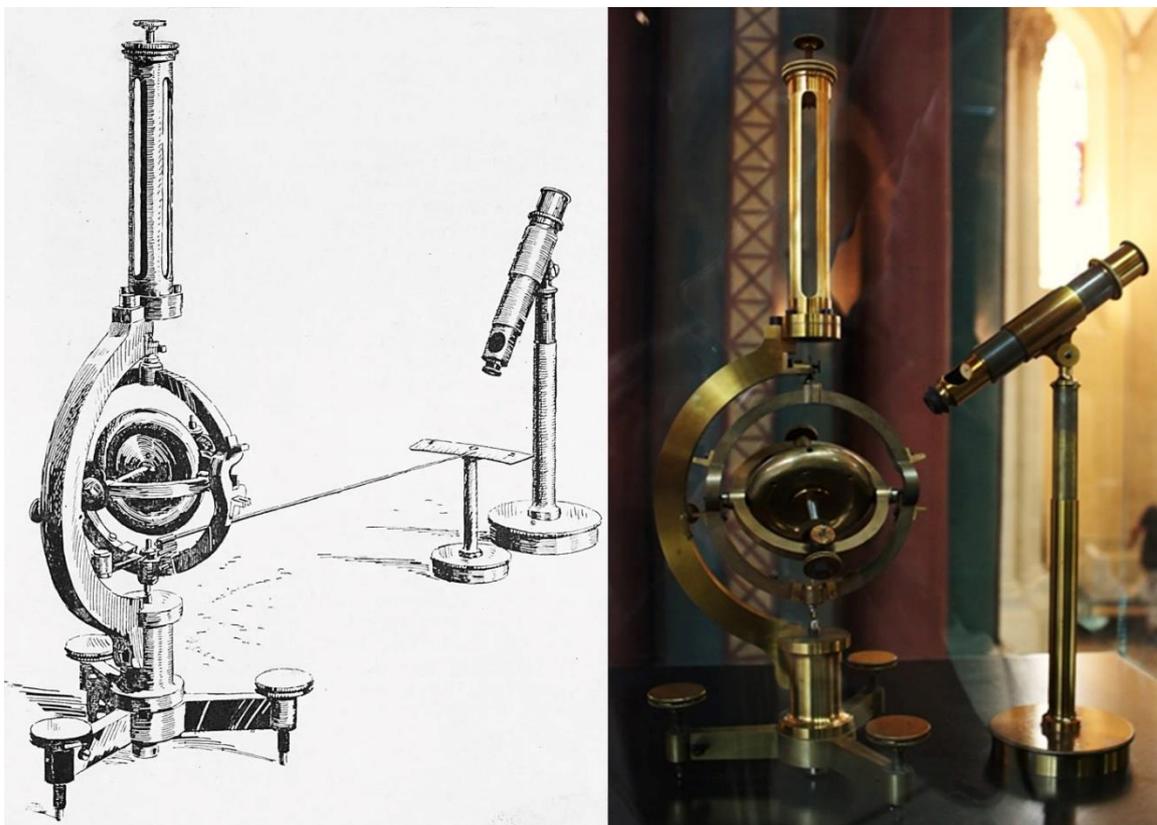


Гироскоп в кардановом подвесе



Оси вращения двух рамок и ротора пересекаются в точке O - он же центр масс этих тел.

Как бы не поворачивалось основание гироскопа, ось ротора сохраняет неизменное положение. Почему это так, нужно знать физические законы. Самые любознательные могут посмотреть видео по ссылкам в конце документа. Это свойство гироскопа было использовано Фуко для доказательства вращения Земли.



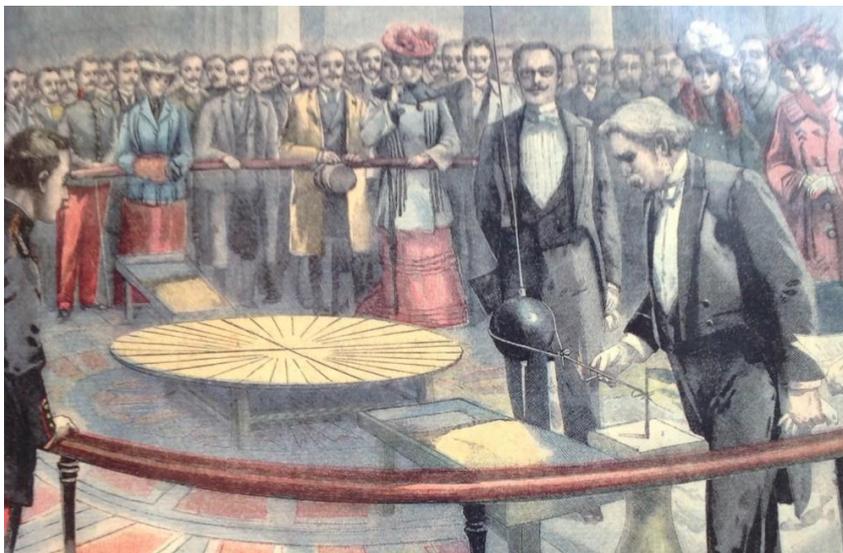
Гироскоп Фуко. Стрелка и шкала использовались для фиксации с помощью микроскопа смещения оси ротора при вращении Земли

Фуко установил гироскоп в подвале дома на тяжелом столе, чтобы никакая внешняя сила не повлияла на его вращение. Ученый раскручивал ротор до большой скорости с помощью специальной машины и возвращал на подставку.

Чтобы увидеть мельчайшее смещение оси вращения ротора относительно метки, Фуко производил наблюдения в микроскоп. И вскоре увидел смещение, которое повторялось из опыта к опыту.

- Я увидел вращение Земли под микроскопом, - сказал Фуко.

Кстати, Леону Фуко принадлежит другой опыт, доказывающий вращение нашей планеты. В 1851 году каждый парижанин мог "увидеть" вращение планеты во французском Пантеоне. В этом высоком храме Фуко построил огромный маятник с высотой подвеса в 67 метров и шаром массой 28 кг на конце. Позже в СССР в 1931 году маятник Фуко был установлен в Исаакиевском соборе, где демонстрировался до 1986 года. Прочитать о маятнике Фуко подробнее можно [по этой ссылке](#).



Демонстрация вращения Земли с помощью маятника Фуко в парижском Пантеоне



Маятник Фуко в Исаакиевском соборе сбивает спичечный коробок

Применение гироскопа в технике

Игрушечный волчок - это простейший гироскоп, который вращается вокруг точки опоры. Гироскопические свойства проявляются во всех быстровращающихся устройствах - лопастях вертолета, турбине двигателя самолета.

При повороте основания гироскопа ось вращения ротора сохраняет свое изначальное положение. И это свойство гироскопа нашло отражение в приборах, созданных для навигации самолетов, ракет, кораблей. Гироскоп может быть установлен даже в ваш смартфон, только он будет не механический, а электронный.

Приборы, использующие гироскоп, получили название гироскопических. Кроме карданова подвеса в механических гироскопах может использоваться аэродинамический подвес (ротор плавает на воздушной подушке) или электромагнитный подвес (ротор подвешивается в магнитном поле).

Гироскоп. Из-за вращения Земли вокруг своей оси ось ротора гироскопа автоматически выравнивается относительно южного и северного полюса. Такой компас не подвержен влиянию намагниченных масс металла или электрической проводки, имеющих на кораблях и самолетах.

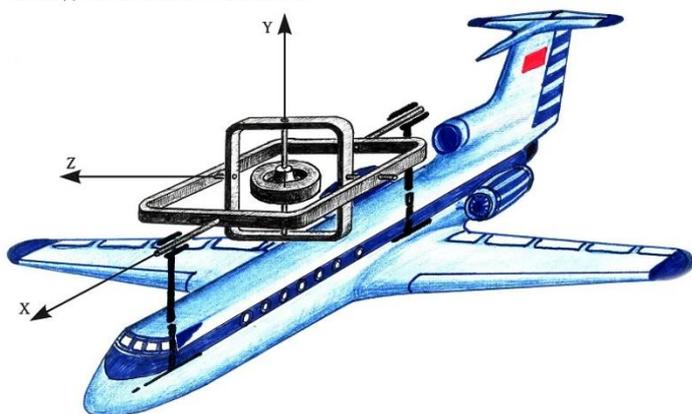


Гирокомпас на корабле

Гиротахометр измеряет угловую скорость объекта, например, скорость и направление поворота самолета.

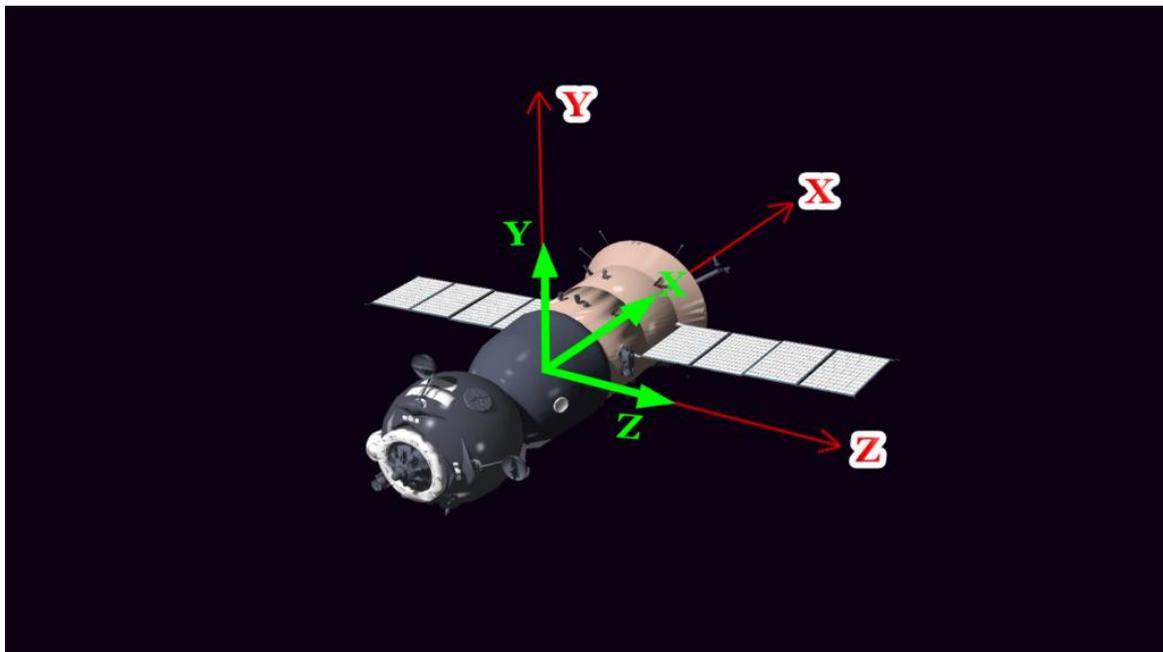
Авиагоризонт - гироскопический бортовой прибор самолета, который используется для определения углов тангажа (нос-хвост) и крена (левое-правое крыло) летательного аппарата. Это важнейшее устройство, с помощью которого опытный летчик может управлять самолетом с нулевой видимостью, не имея ориентиров в пространстве.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГИРОСКОПА С 3 СТЕПЕНЯМИ СВОБОДЫ В КАЧЕСТВЕ АВИАГОРИЗОНТА



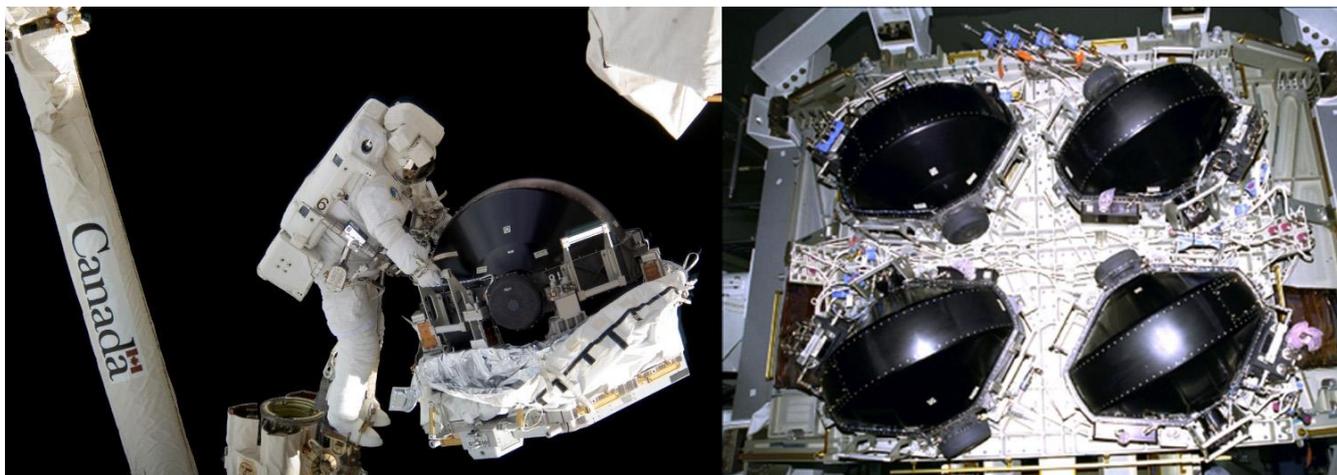
Прибор «Авиагоризонт» устанавливается на каждом самолете и находится в кабине экипажа

Гиросtabilизатор на ракете, космическом корабле или спутнике дает понять электронной системе управления, в каком положении находится корабль относительно Земли или другого объекта. И с помощью такого гироскопа система управления может дать автоматический сигнал на запуск соответствующих корректирующих двигателей.



Гиростабилизатор позволяет установить систему координат для управления кораблем «Союз»

Гиродины (control moment gyroscope) - это силовые гиростабилизаторы, которые устанавливаются на космические корабли или ракеты для их выравнивания в пространстве. Свойство крутящегося волчка оставаться в вертикальном положении можно использовать для отталкивания от него. Гиродины намного больше и тяжелее гироскопов, используемых для навигации в пространстве. Их большая скорость вращения и большая масса дает большой момент инерции, который используется для изменения положения космического корабля. Космический корабль может оттолкнуться от такого гироскопа без использования двигателей ориентации. Так, четыре гиродина находятся на МКС и позволяют поворачивать станцию без использования реактивных двигателей.



Замена гиродина на МКС (слева). Блок из четырех гиродинов МКС (справа)



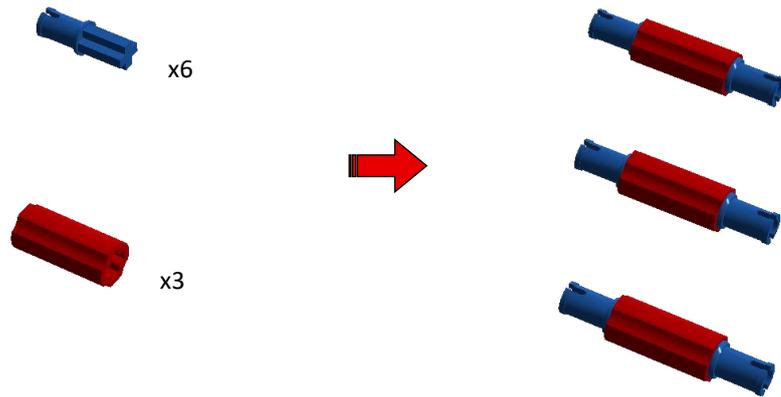
Часть 2. Сборка самолета

Наш самолет будет состоять из четырех частей:

- блока EV3,
- мультипликатора из многоступенчатой зубчатой передачи,
- седла для установки ротора гироскопа,
- крыльев и хвоста самолета.

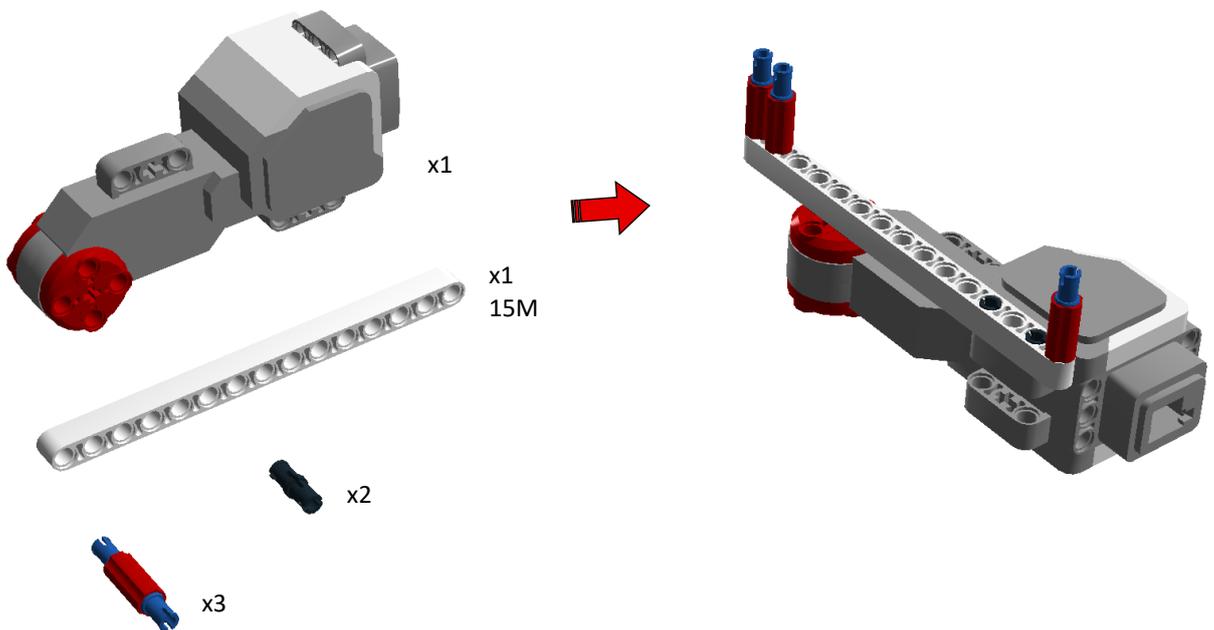
Собери три стойки из красных фиксаторов и штифтов с осью

1



Установи стойки на белую балку. Балку закрепи на большом моторе EV3

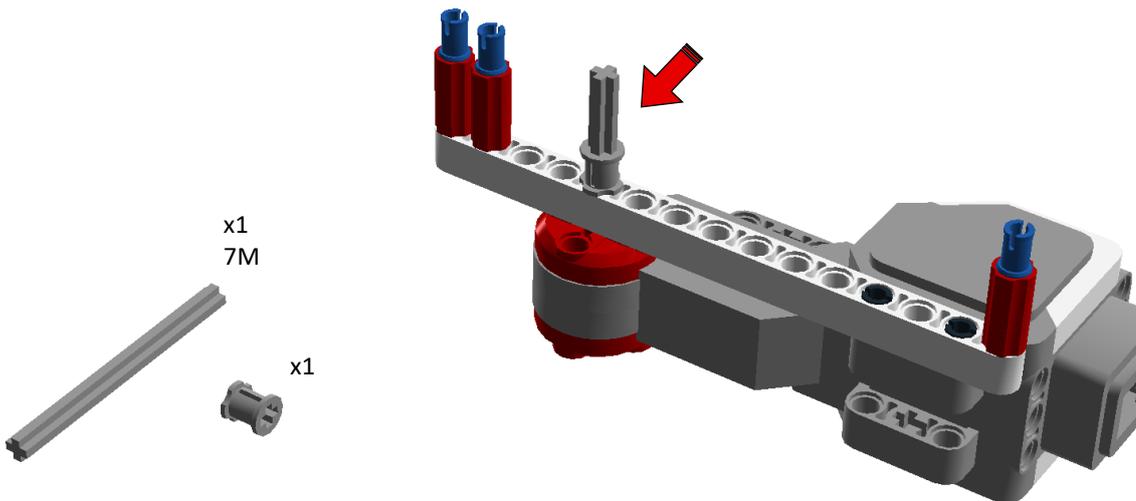
2





На вал большого мотора установи ось и втулку

3

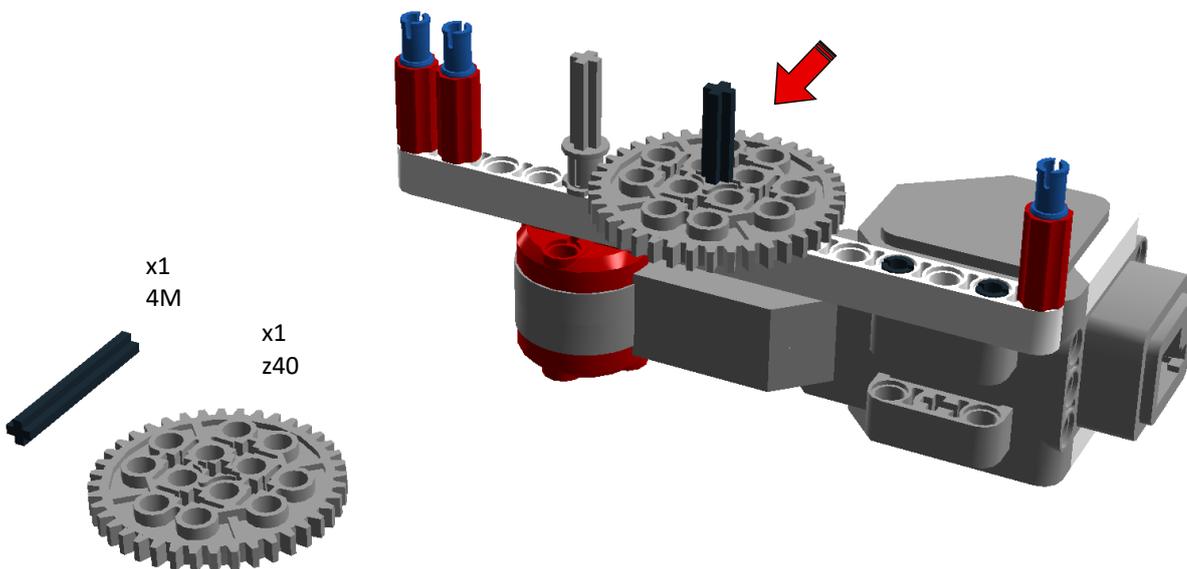


x1
7M

x1

Установи зубчатое колесо на 40 зубчиков

4

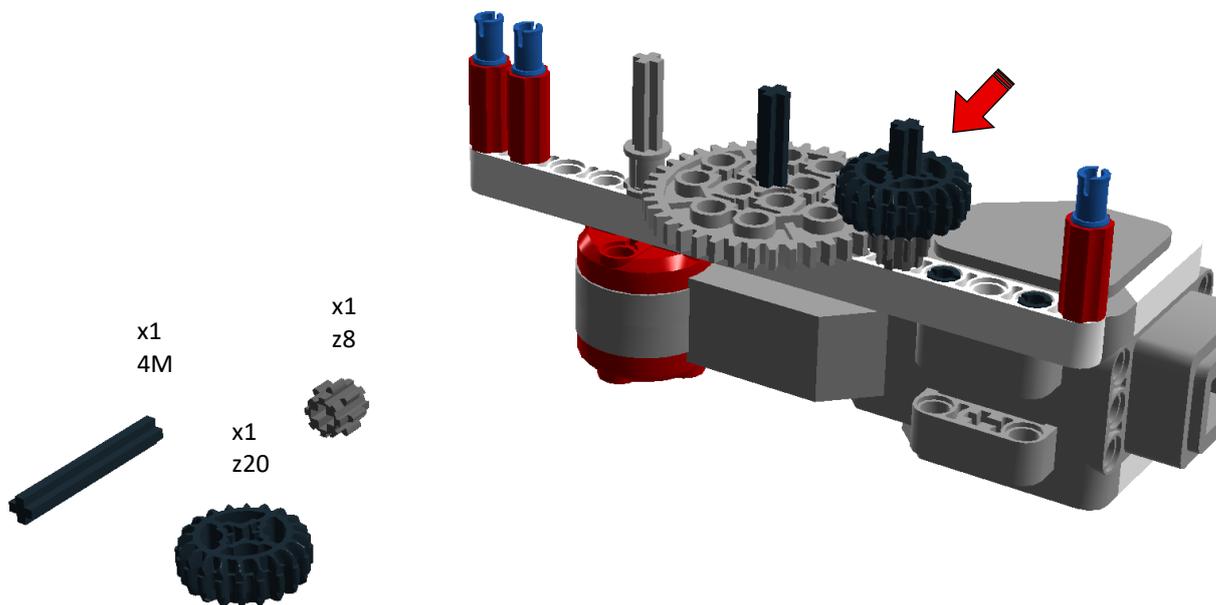


x1
4M

x1
z40

Установи следующую ось с зубчатыми колесами

5



x1
4M

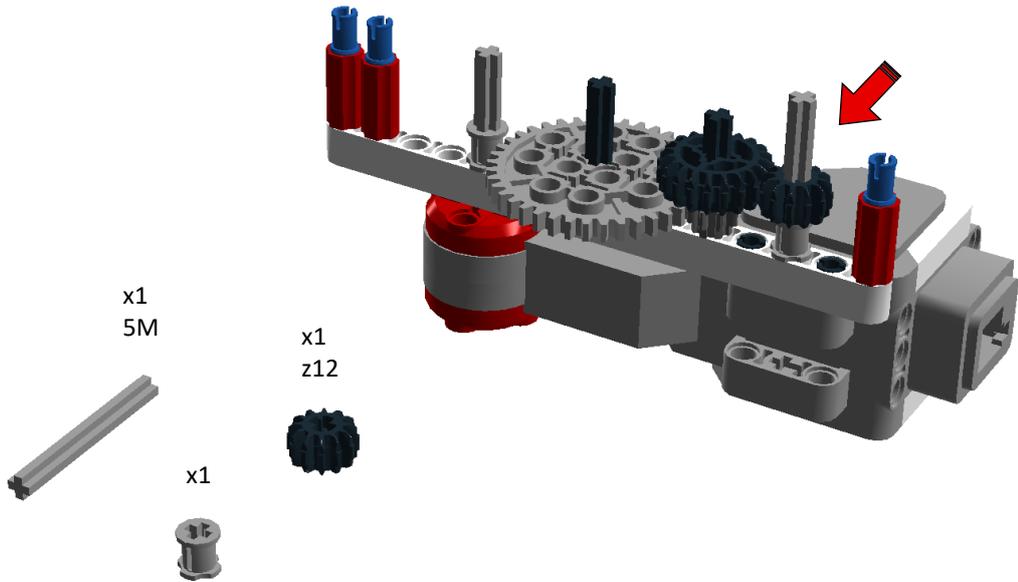
x1
z8

x1
z20



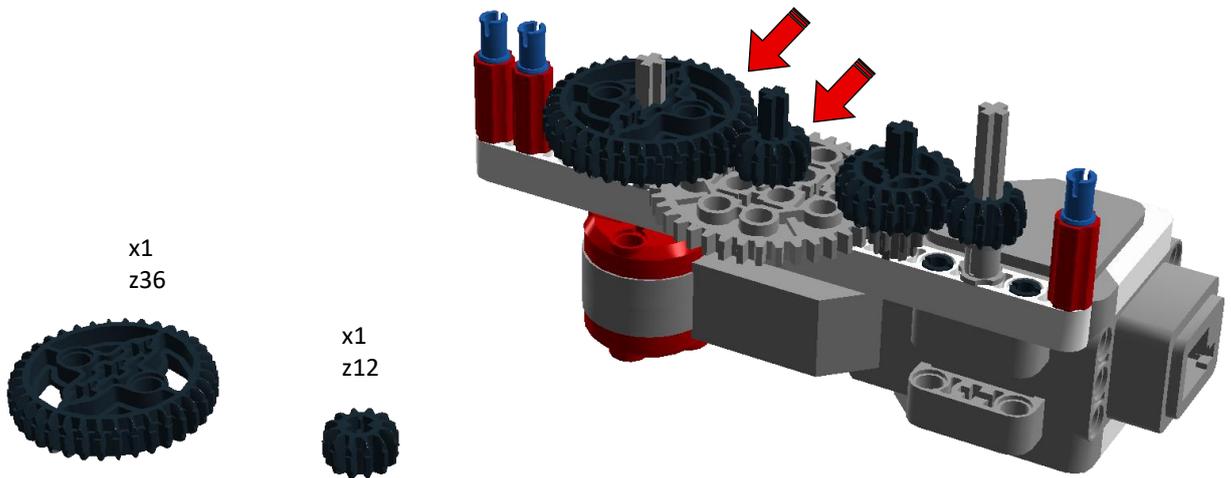
Установи последнюю ось с ведомым зубчатым колесом на 12 зубчиков

6



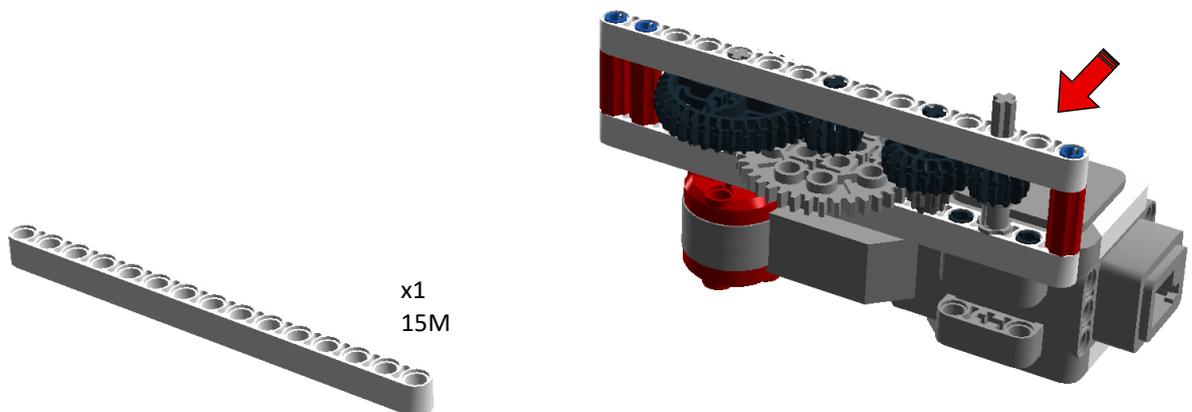
Установи последние два зубчатых колеса

7



Верхняя балка завершает формирование корпуса мультипликатора (Мультипликатор — механическое устройство, преобразующее и передающее вращение; повышает угловую скорость выходного вала)

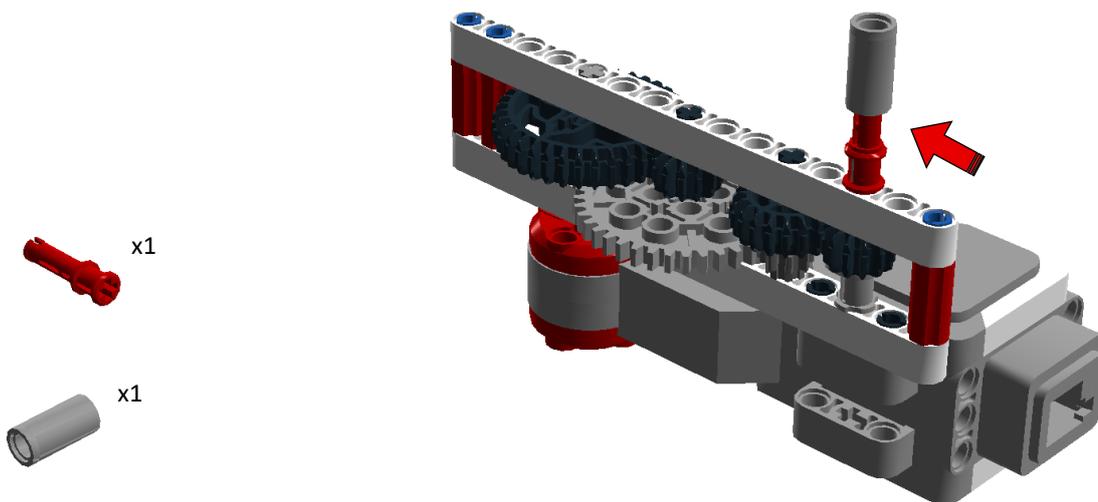
8





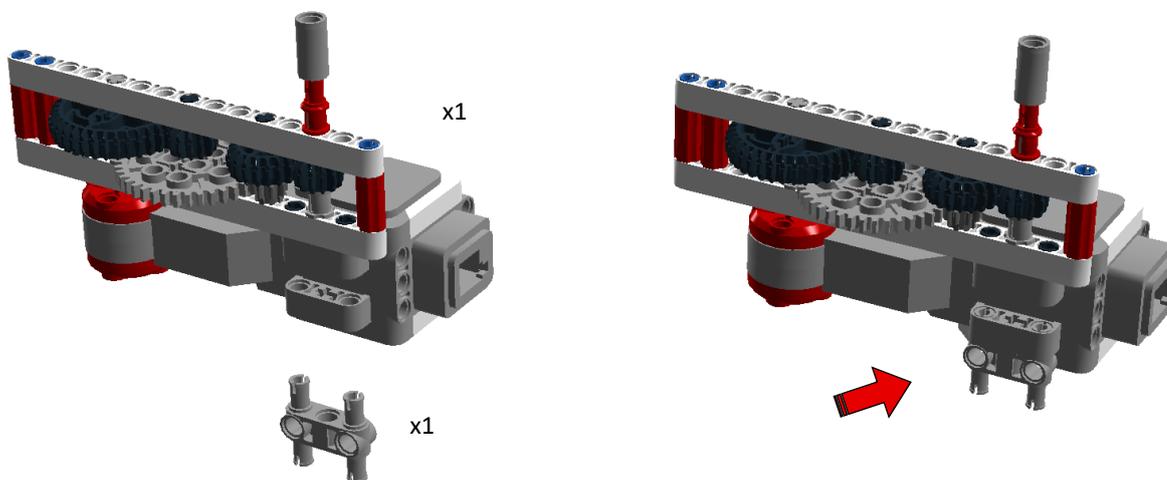
На выходную ось установи «седло» для ротора гироскопа

9



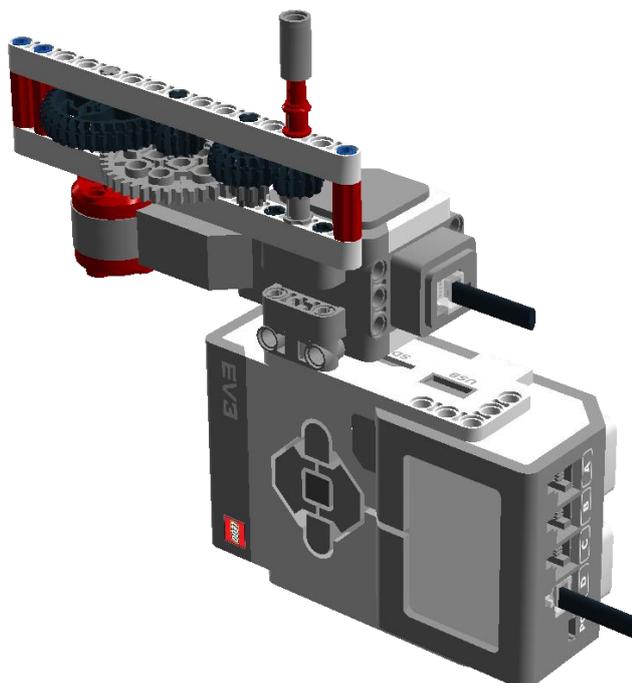
Для крепления мультипликатора к блоку EV3 нужно придумать специальное крепление

10



Соедини мультипликатор с блоком EV3 так, как показано на картинке

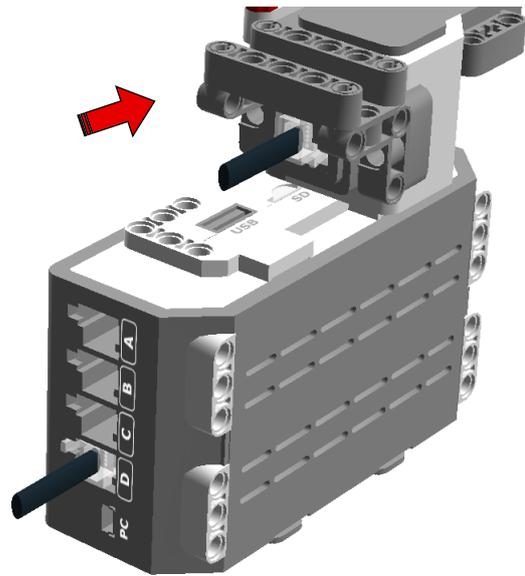
11





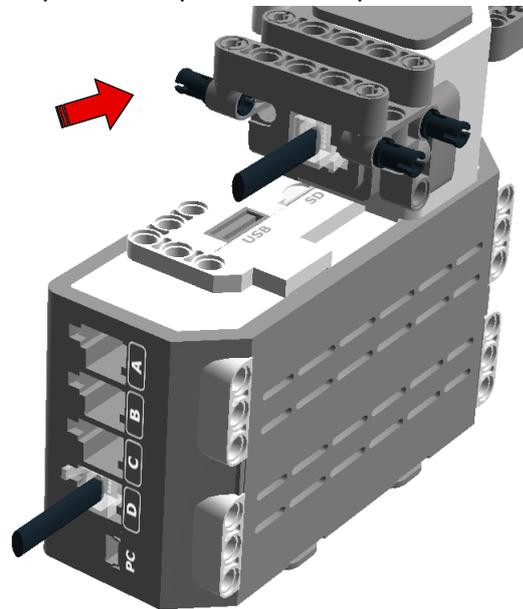
Начнем собирать крылья и хвост самолета

12



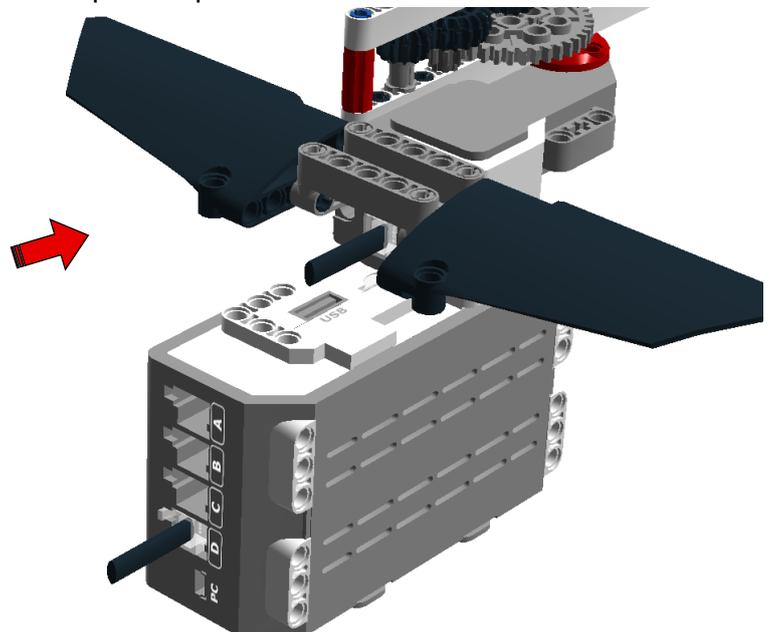
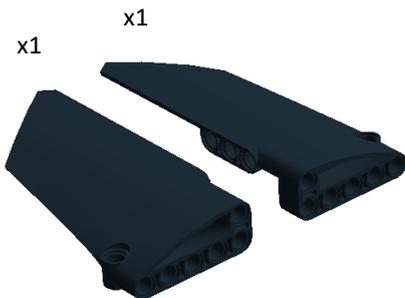
Установи 4 черных штифта для крепления крыльев

13



Закрепи крылья

14





15

Белая балка подойдет в качестве хвоста

x1
15M

x2

16

Для крепления заднего оперения самолета нужны дополнительные штифты

x2

x1

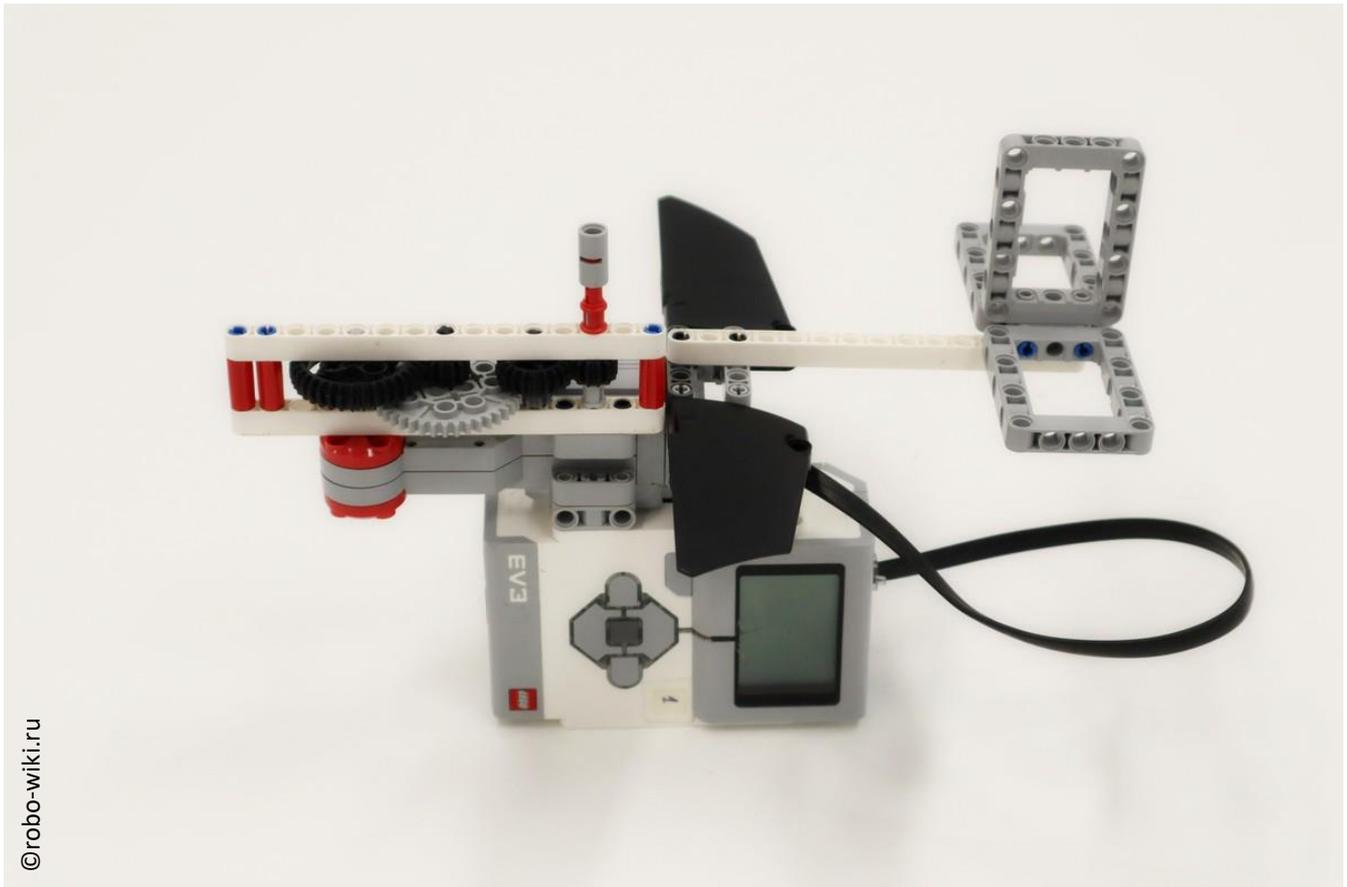
17

Установи два горизонтальных стабилизатора и вертикальный киль в хвосте самолета

x3



Самолет готов!



Для гироскопа нужен ротор (волчок). Приведем пример сборки двух вариантов волчка **из двух разных деталей расширенного набора Lego EV3 с шариком на конце.**

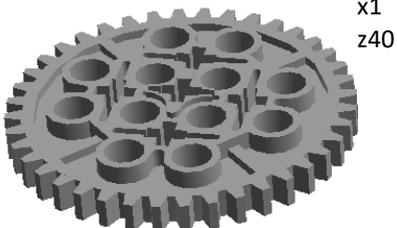
Ротор гироскопа. Вариант 1

Для этого волчка возьмем шарик серого цвета и зубчатое колесо самого большого диаметра (больше диаметр – больше момент инерции)

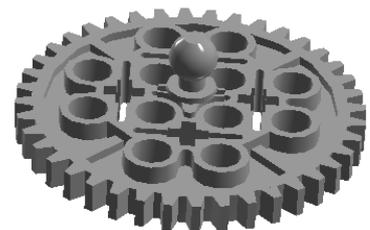


x1

1



x1
z40





2

Сделаем волчок потяжелее, установив на него еще одно зубчатое колесо

x1
z36

x2

3

Установи ось на 3 модуля

x1
3M

Ротор гироскопа. Вариант 2

1

Для этого волчка возьмем шарик черного цвета. Его нельзя сразу закрепить на зубчатом колесе, поэтому придется использовать промежуточную балку.

Есть минус такого волчка – центр масс смещается вверх и такой волчок будет крутиться с большей прецессией.

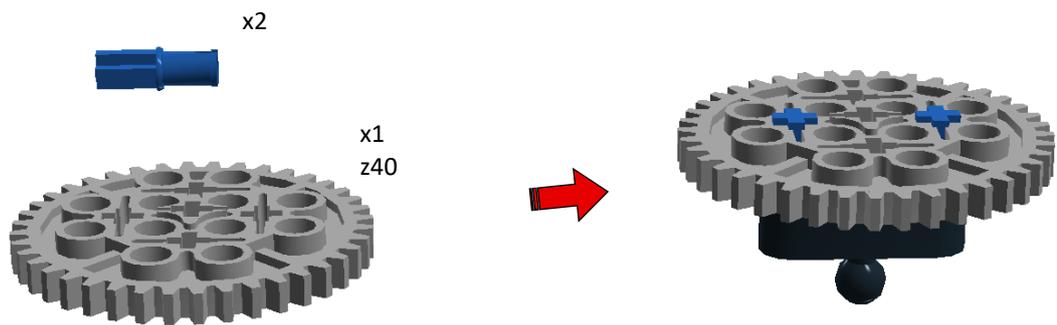
x1
3M

x1



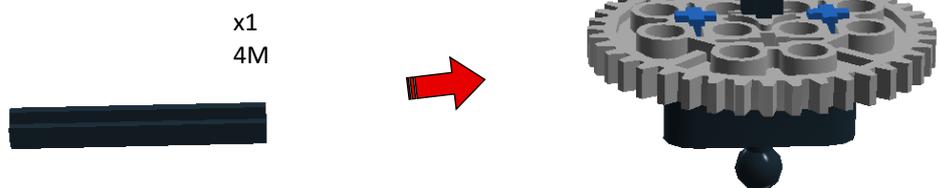
Установи зубчатое колесо самого большого диаметра (больше диаметр – больше момент инерции)

2



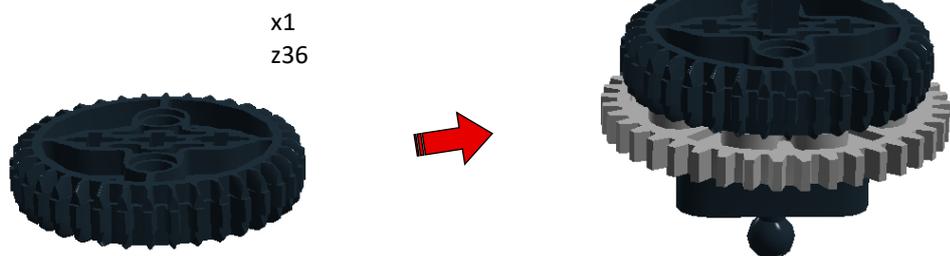
Установи ось на 4 модуля

3



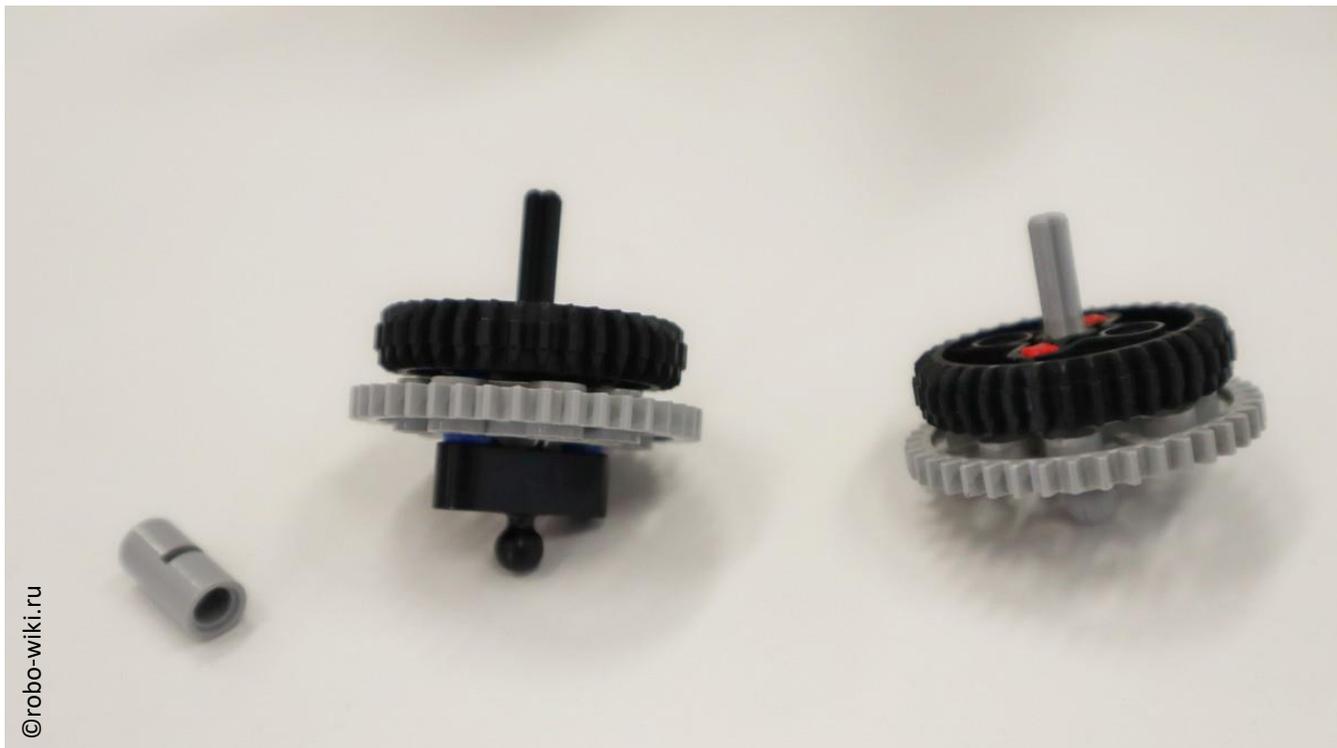
Установи еще одно зубчатое колесо

4





Два волчка в сборе:

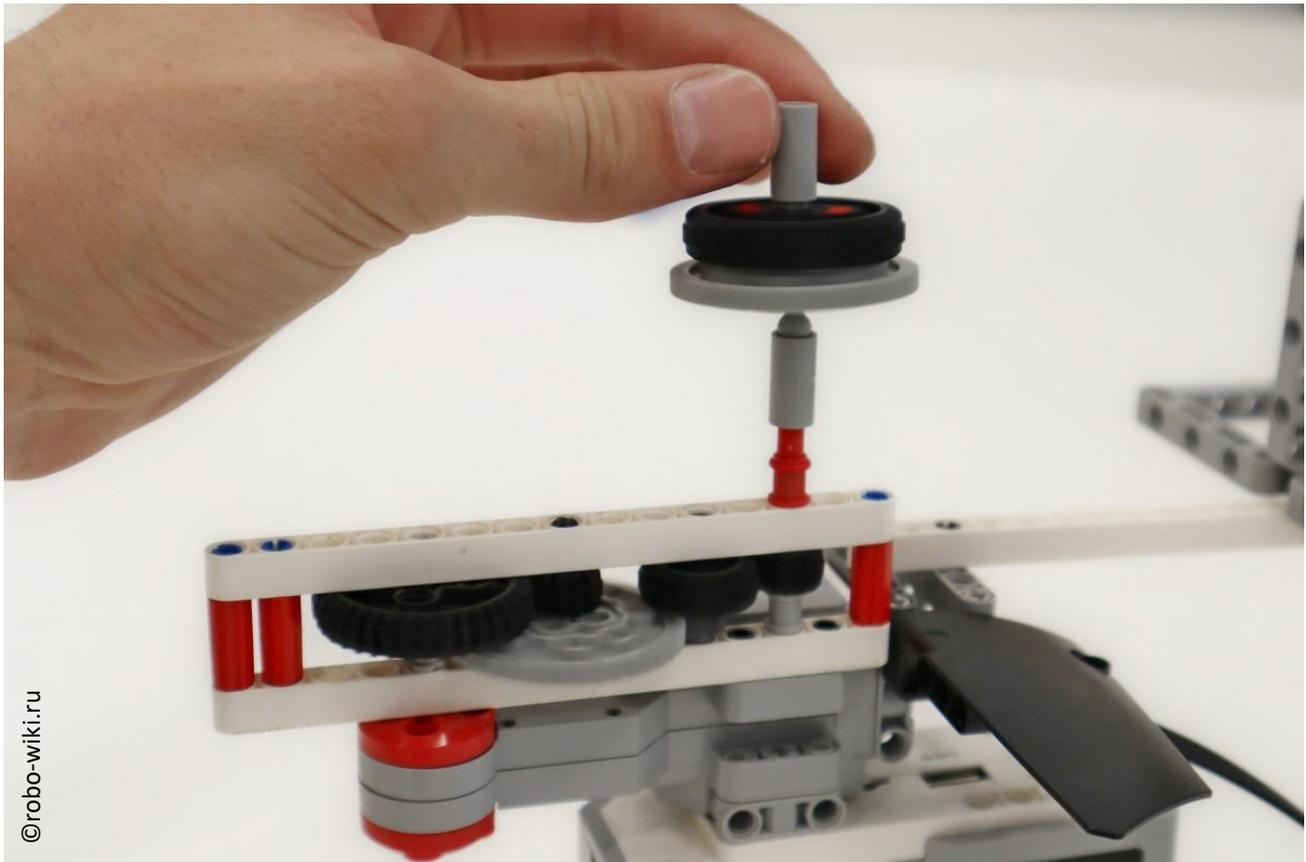


Чтобы на работающем моторе раскрутить гироскоп, нам понадобится трубочка. За эту трубочку мы будем в момент раскручивания гироскопа временно удерживать верхний конец оси ротора. *После окончания раскручивания нужно убрать эту трубочку.*

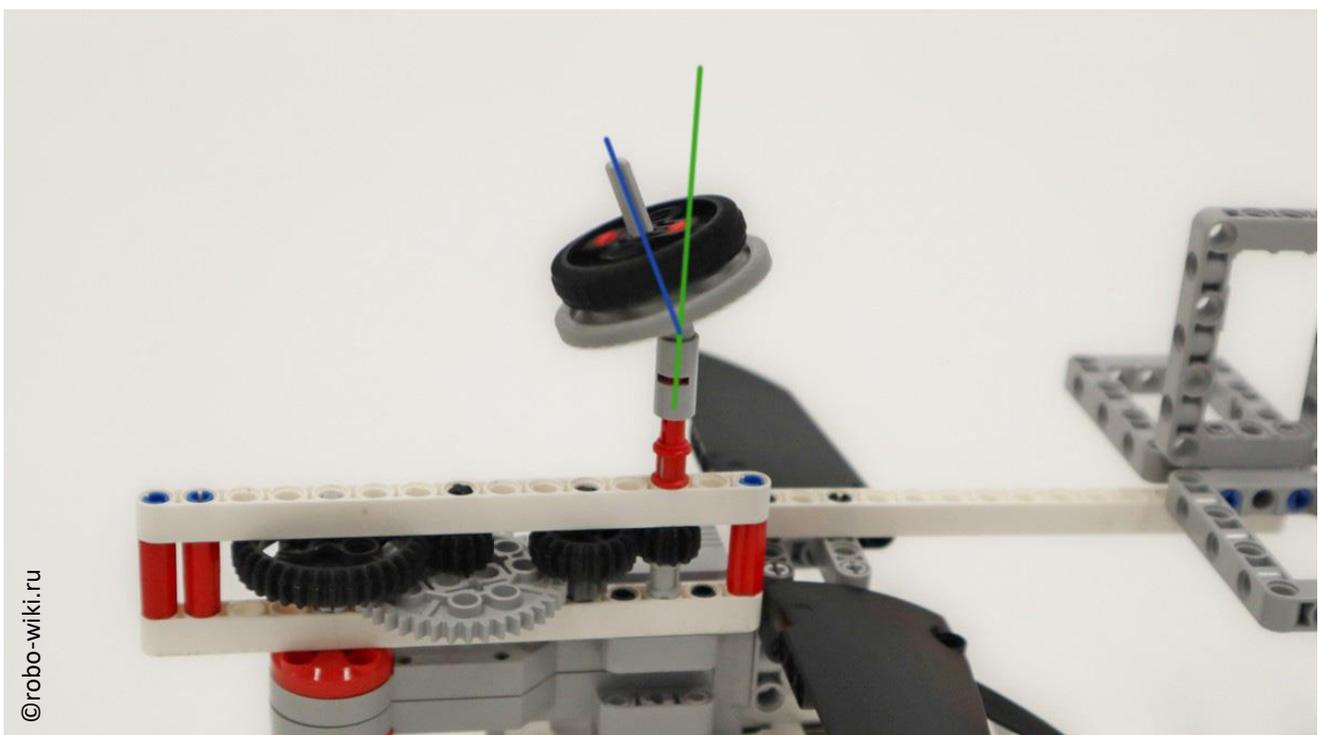




Гироскоп в момент раскручивания:

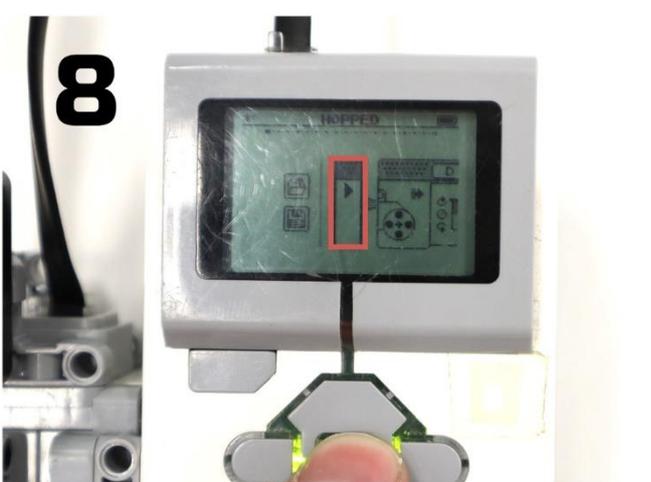
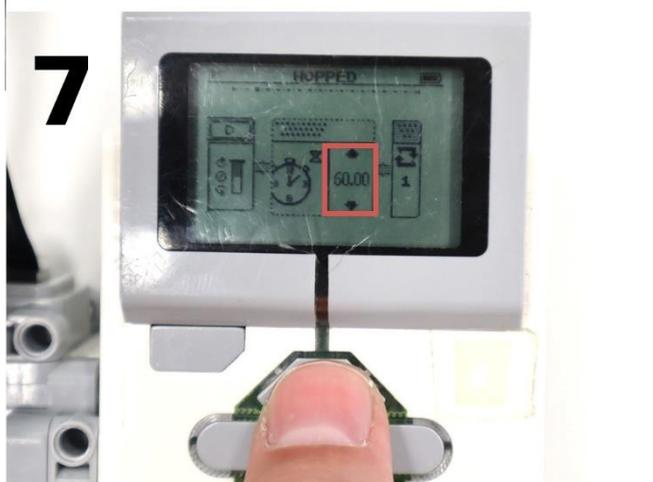
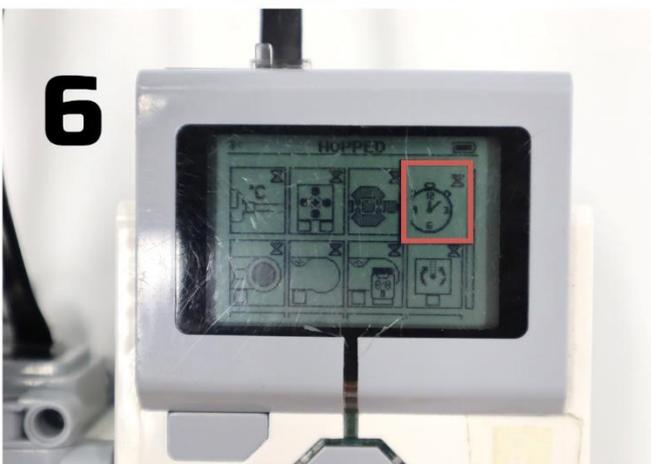
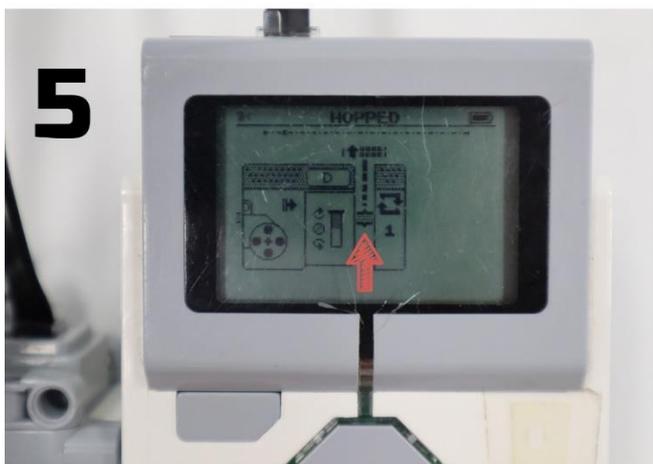
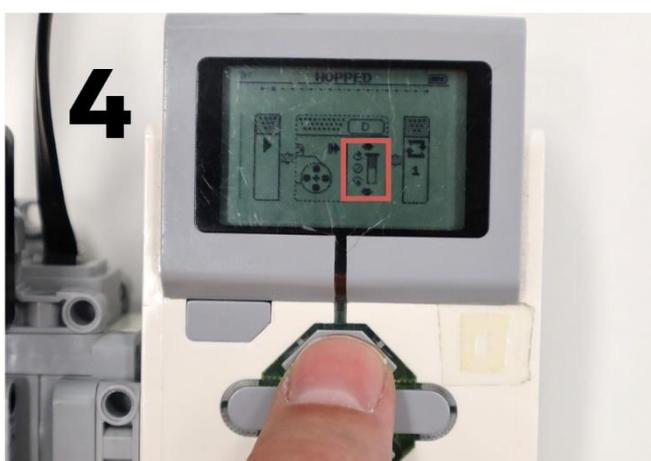
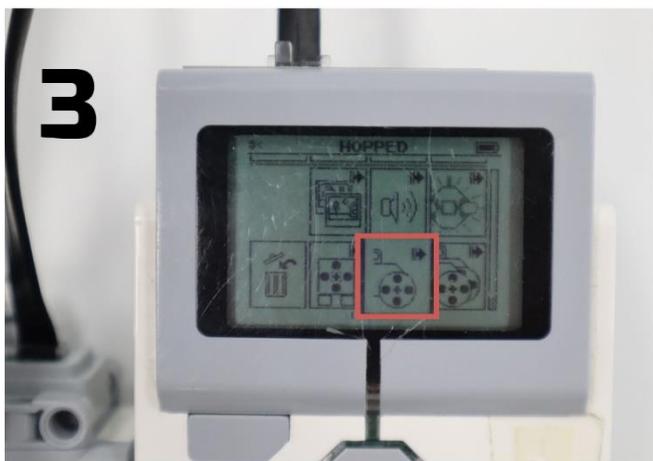
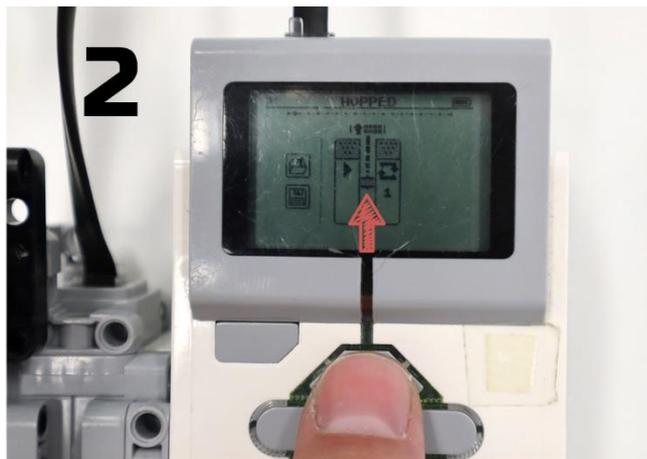


После выключения мотора из-за силы трения о точку опоры и воздух ротора будет замедляться. В результате чего все больше будет проявляться такое явление, как **прецессия** (регулярная прецессия) – движение оси гироскопа по конусу. Чем ниже скорость вращения – тем выше прецессия. После снижения скорости до критической волчок упадет.





Часть 3. Программирование





В третьей вкладке блока EV3 увидишь пункт меню «Brick Program».

Вся навигация осуществляется центральными кнопками модуля: верхняя кнопка – вверх, центральная кнопка – изменить значение или выбрать, левая кнопка – налево и т.д.

Новый блок программы устанавливается в позицию между двумя соседними блоками. Для этого нужно перейти в нужное место и нажать кнопку «Наверх» на блоке EV3 (пункт 2 и 5).

Значение мощности в блоке большого мотора нужно установить на 100%. Нам нужна максимальная скорость вращения.

Значение таймера нужно установить на максимальное – 60 секунд.

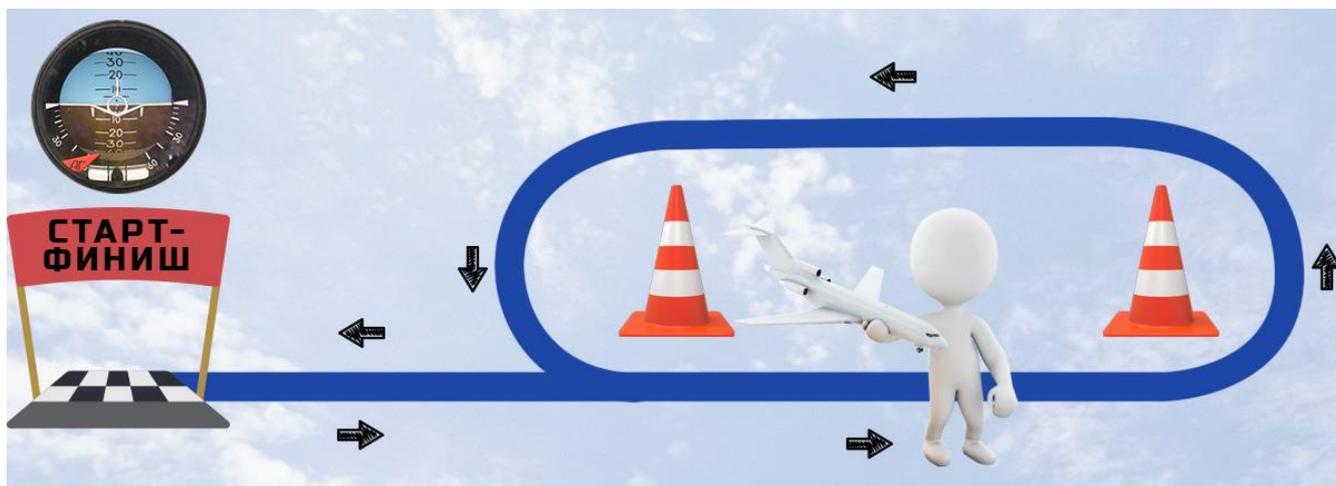
Запуск программы осуществляется щелчком центральной кнопки блока EV3 по первому блоку программы (пункт 8).

Brick Program			
1 блок	2 блок	3 блок	4 блок
Старт	Большой мотор 100%	Таймер 60 сек.	1 повтор (конец)

Часть 4. Регламент соревнования «Полет нормальный»

Задача:

Запрограммируйте блок EV3 и облетите две точки как можно большее количество раз за минимальное время, пока работает «авиагоризонт». Время, на которое включается прибор «авиагоризонт» – 60 секунд. Каждый круг между двух контрольных точек – 1 балл. Если ротор гироскопа падает во время «полета», баллы не засчитываются.





Правила соревнования:

1. Сборка самолета и волчка гироскопа производится заранее.
2. Минимальное количество участников команды – 2 человека. Один из них – пилот.
3. Все готовые программы на блоке EV3 перед стартом должны быть удалены.
4. Если позволяет место, одновременно могут участвовать несколько команд. Для каждой команды устанавливаются свои контрольные точки на одинаковом расстоянии друг от друга.
5. После команды судьи «Старт» засекается время. Участники команды начинают программирование блока EV3 с помощью Brick Program в зоне старта.
6. На старте после запуска программы участники команды запускают ротор гироскопа.
7. Один из участников команды является пилотом. Второй участник контролирует время и подсказывает пилоту, можно ли идти на следующий круг, чтобы мотор не остановился в «полете».
8. За 60 секунд «пилот» с включенным авиагоризонтом должен «пролететь» (пройти или пробежать с самолетом в руках) две контрольные точки как можно большее количество раз.
9. Нужно финишировать до того, как остановится мотор.
10. Финишем считается момент установки самолета с работающим авиагоризонтом на жесткую поверхность в зоне финиша.
11. Если ротор упал во время полета, баллы не засчитываются. Команда аварийно завершает полет.
12. Побеждает та команда, у кого больше сумма баллов (кругов). Если баллов одинаковое количество, побеждает тот, у кого меньше сумма времени.



Сводная таблица:

№	Название команды	Попытка 1		Попытка 2		Σ кругов	Σ времени	МЕСТО
		Количество кругов	Время, сек	Количество кругов	Время, сек			
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								



Литература:

1. Творцы машин. Гироскоп Фуко

<https://zen.yandex.ru/media/id/5a630d2c9b403c5442578563/tvorcy-mashin-giroskop-fuko-5b6116343c1adb00a86b957c>

2. Как опереться на пустоту?

<https://habr.com/ru/post/379823/>

3. Как это устроено: Гироскопы

https://fiz.1sept.ru/view_article.php?ID=200901520

Видео:

1. Гироскоп и его применение. 2 части. Научфильм СССР

<https://www.youtube.com/watch?v=Gm0abFU1Gqc>

2. Опыт с большим гироскопом. Гирокомпас

<https://www.youtube.com/watch?v=y1zyEPK5bQM>

3. GetAClass - Физика в опытах и экспериментах. Гироскоп

<https://www.youtube.com/watch?v=xxJnwBW2uXw>

4. GetAClass - Физика в опытах и экспериментах. Прецессия гироскопа

<https://www.youtube.com/watch?v=3oo1abEnke4>

5. НИЯУ МИФИ. Гироскоп (гирокомпас) в карданном подвесе

<https://youtu.be/W6ii5GILINA>

6. Гироскоп . Вычисляется угловая скорость регулярной прецессии гироскопа

<https://www.youtube.com/watch?v=8YmN2pG2DEg>

7. Gyroscope Tricks and Physics Stunts

<https://youtu.be/p9zhP9Bnx-k>