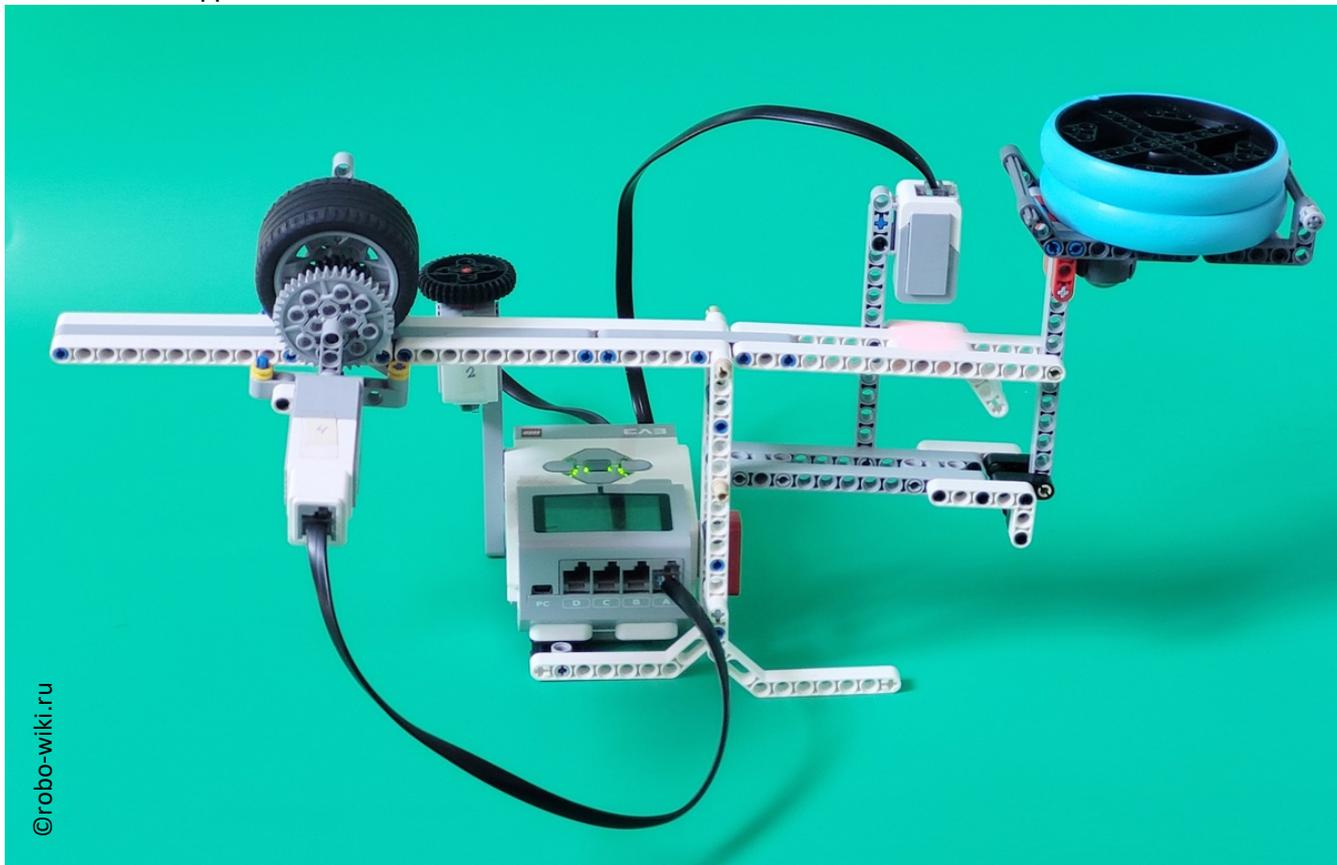




# Рычажные электронные весы из Lego EV3

Версия документа: 1.0

Внешний вид:



**Оборудование:** базовый набор Lego Mindstorms Education EV3, электронные (кухонные) весы.

## Описание.

Простейшие механические весы, использующие принцип рычага, применяли с древнейших времен. В древнегреческой мифологии богиня Фемида (дочь Урана и Геи) была богиней правосудия. В Древнем Риме её звали Юстицией и традиционно изображали с повязкой на глазах, что символизировало объективность суда, с весами правосудия и карающим мечом в руках.



Марчелло Баччарелли. Аллегория правосудия. 1793

В большинстве кабинетов физики стоят именно рычажные равноплечие весы. В этих весах длина левого плеча рычага равна длине правого. По правилу рычага чтобы уравновесить такой рычаг нужно положить на обе чаши груз одной массы. В наборе с такими весами поставляются гири, с помощью которых мы можем уравновесить рычаг, а значит найти массу груза.



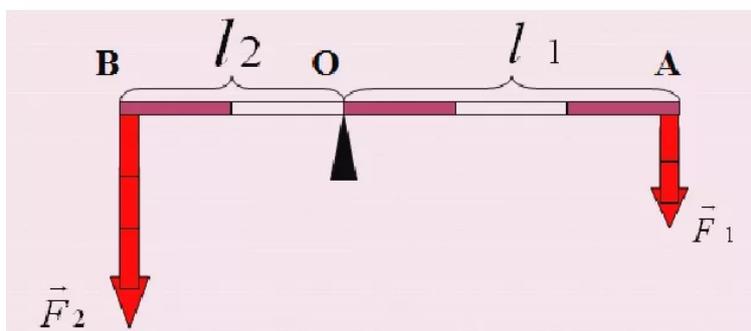


Бывают весы неравноплечие. В таких весах нужно перемещать грузики по направляющей с нанесенной шкалой. Перемещая грузики по шкале можно уравновесить весы с заданным грузом.



Но и равноплечие и неравноплечие весы используют одно и то же правило Архимеда – правило равновесия рычага. Архимед был древнегреческим ученым-инженером из Сиракуз. Правило гласит, что **рычаг находится в равновесии тогда, когда действующие на его плечи силы обратно пропорциональны плечам этих сил**. Плечо силы – кратчайшее *расстояние* от точки опоры до точки приложения этой силы к рычагу.

$$\frac{F_1}{F_2} = \frac{l_2}{l_1}$$

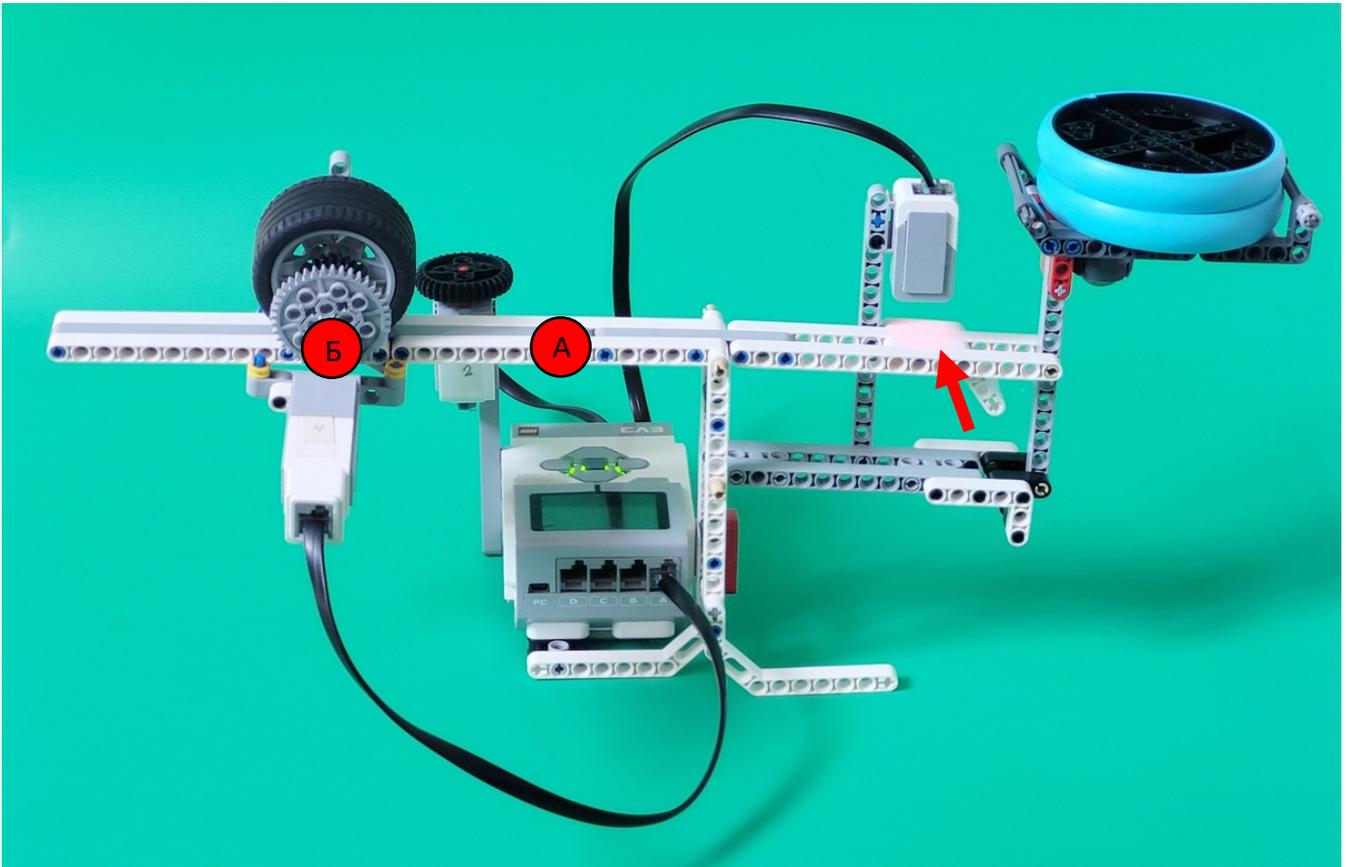


В равноплечих весах плечи сил равны, а значит для равновесия нужно подобрать противовес равной массы с взвешиваемым грузом. Если же длины отличаются в два раза, значит и массы грузов будут отличаться в два раза и т.д.



## Принцип работы электронных весов из Lego EV3

Рассмотрим наши неравноплечие весы из Lego EV3. **Точка А** – первоначальное положение «гирьки» со средним мотором при равновесии рычага **без груза**. **Точка Б** – положение «гирьки», при котором рычаг находится в равновесии **с грузом**.



Расстояние от точки А до точки Б «гирька» прошла с помощью фрикционной передачи (колесо + поверхность рычага). «Гирька» остановилась в нужном месте после того, как яркость отраженного света на датчике цвета стала соответствовать яркости в горизонтальном положении рычага.

Перемещение «гирьки» происходит за счет регулирования мощности среднего мотора ПД-регулятором (пропорционально-дифференциальным) от яркости отраженного света. Все формулы и переменные подписаны в исходной программе.

Стоит отметить, что мы не чертили никаких шкал, как на обычных механических весах. Чем дальше переместилась «гирька» на рычаге, тем больше масса измеряемого груза. Причем расстояние линейно зависит от того, на сколько градусов повернулось колесо, а значит вал среднего мотора.

Виртуальную шкалу преобразования градусов со среднего мотора в массу груза мы можем сделать по формуле:

**Масса груза = Количество градусов на энкодере мотора от точки А / Коэффициент.**

Как найти коэффициент – смотрите в видеоинструкции.



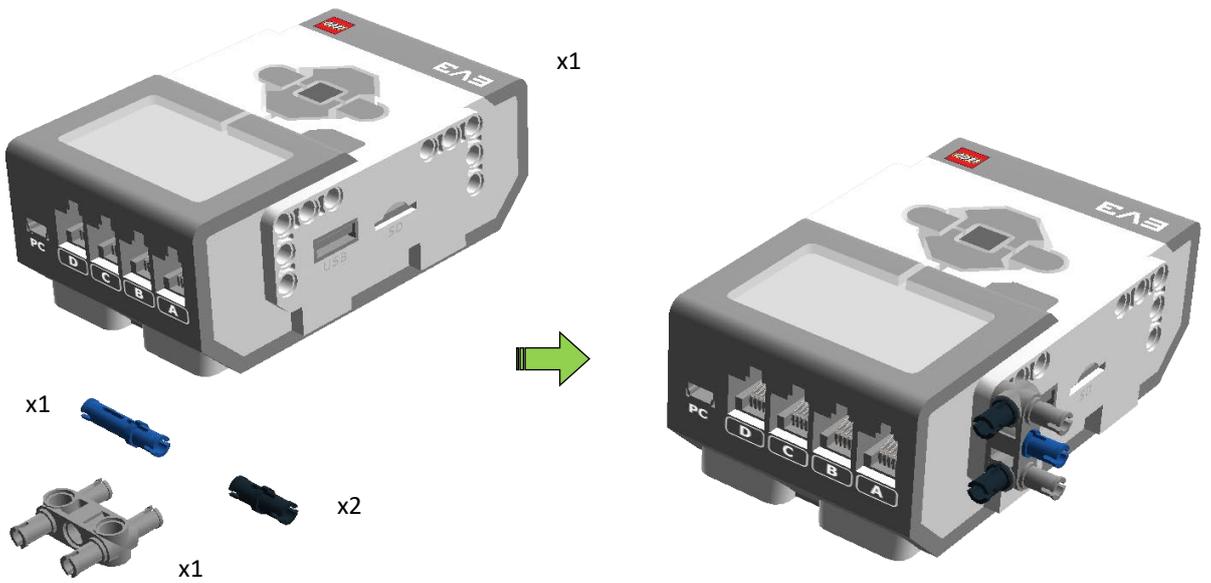
# Содержание

Часть 1. Сборка конструкции .....5  
 Часть 2. Ход работы .....25

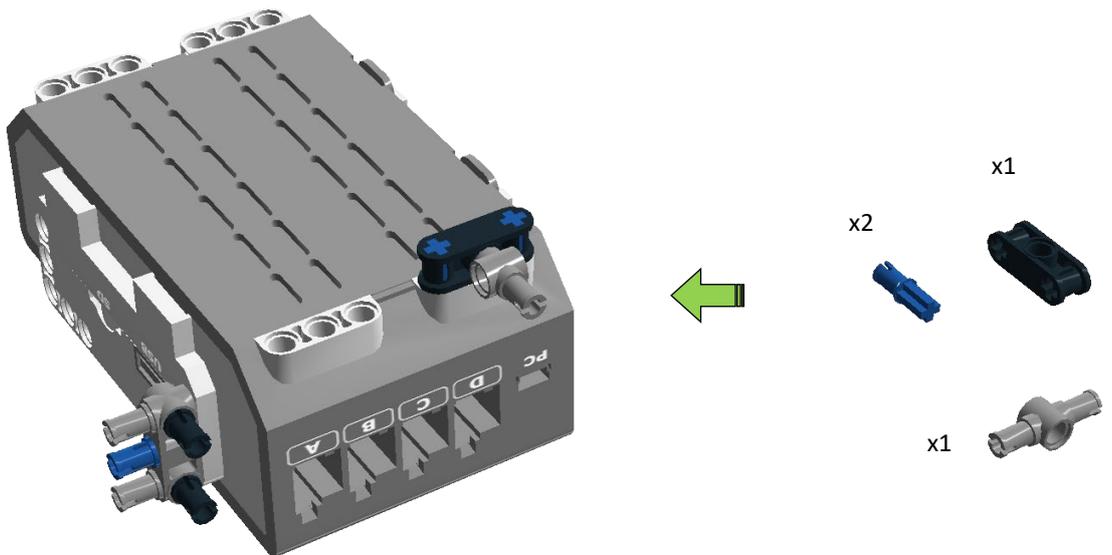
## Часть 1. Сборка конструкции

Начнем сборку конструкции весов

1



2



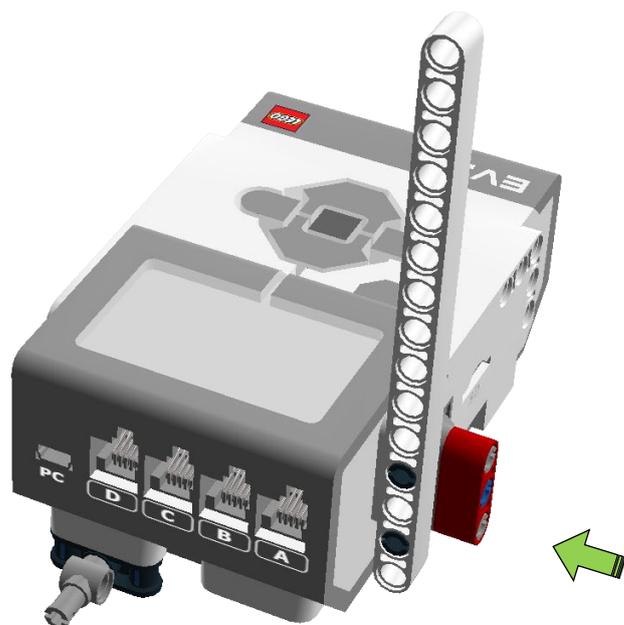
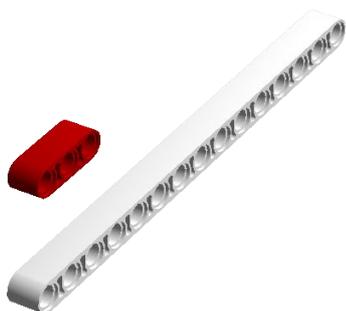


3

x1



x1  
15M



Крепление для второй балки

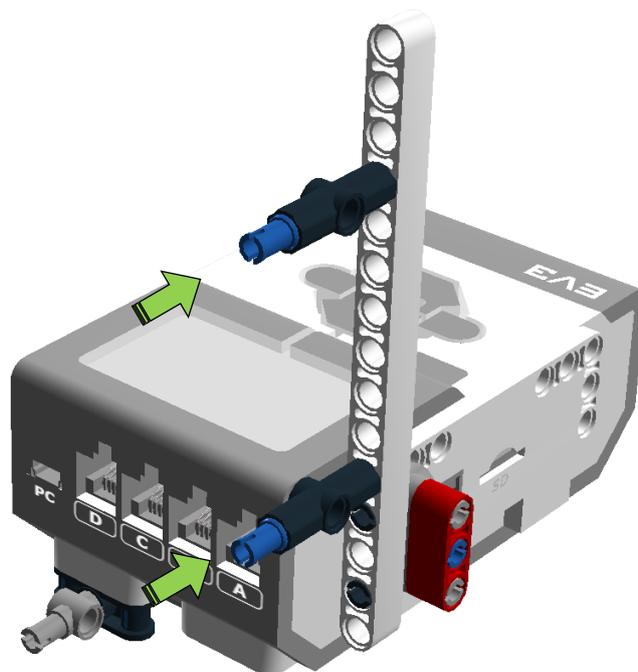
4



x4

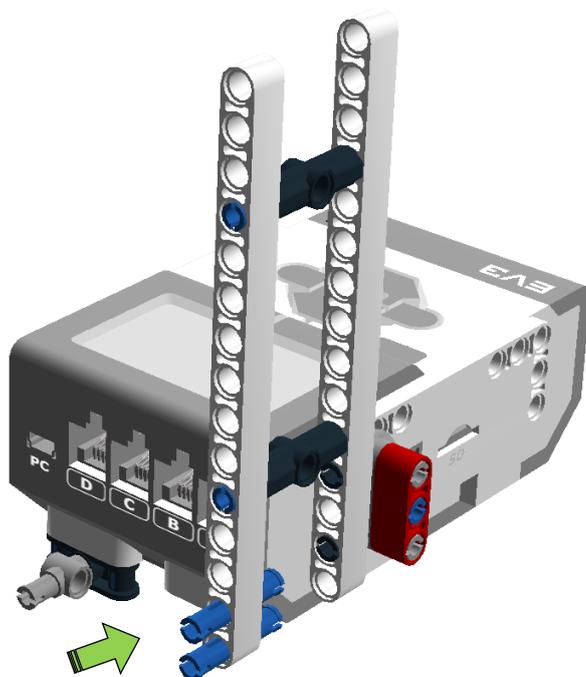
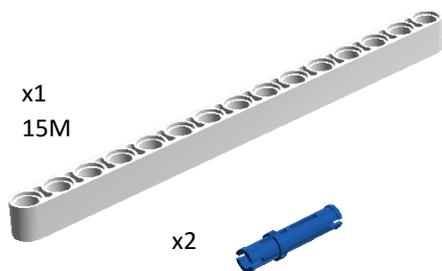


x2



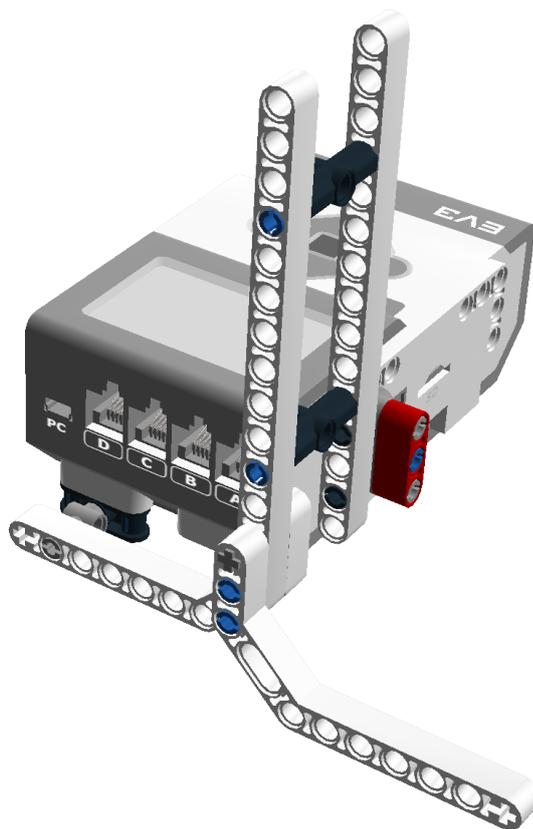
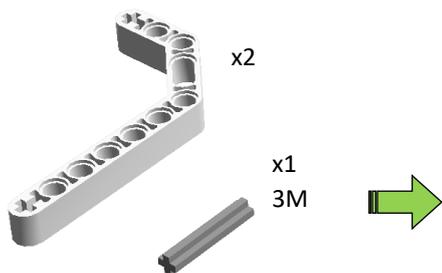


5



Соберем опору

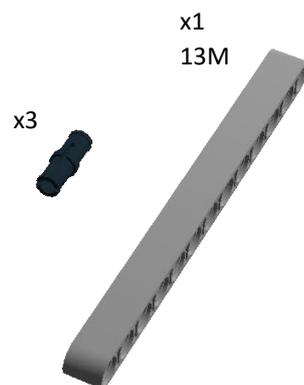
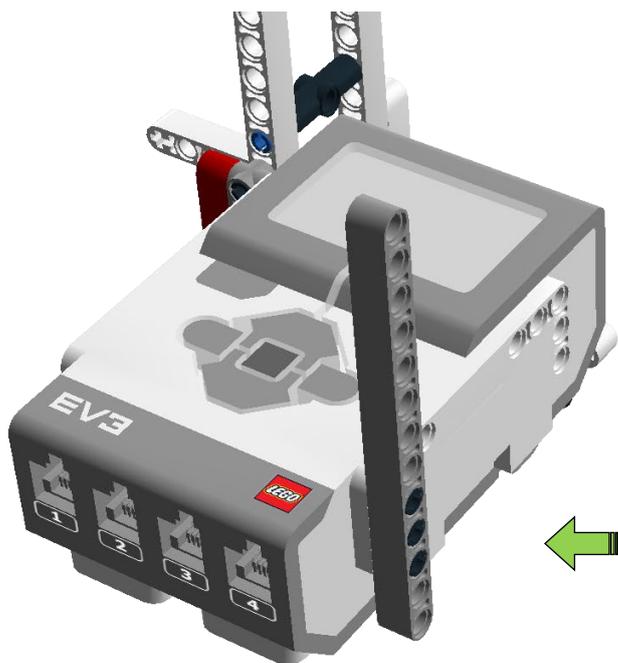
6





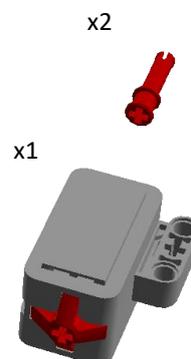
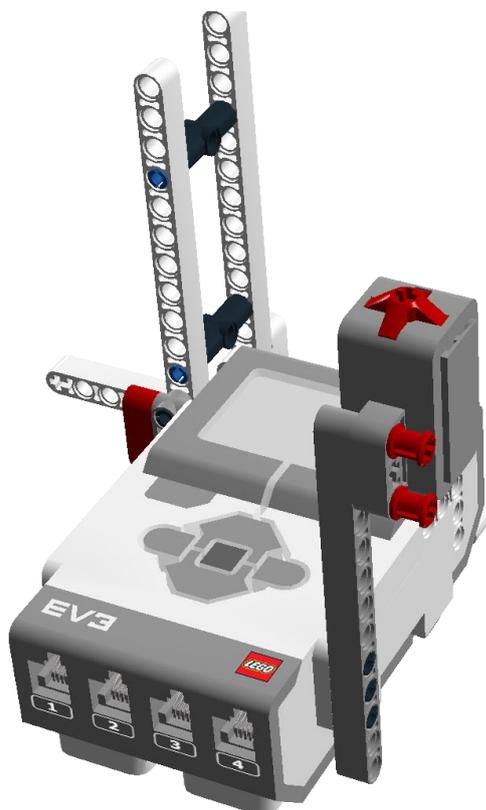
7

### Балка для установки датчика касания



8

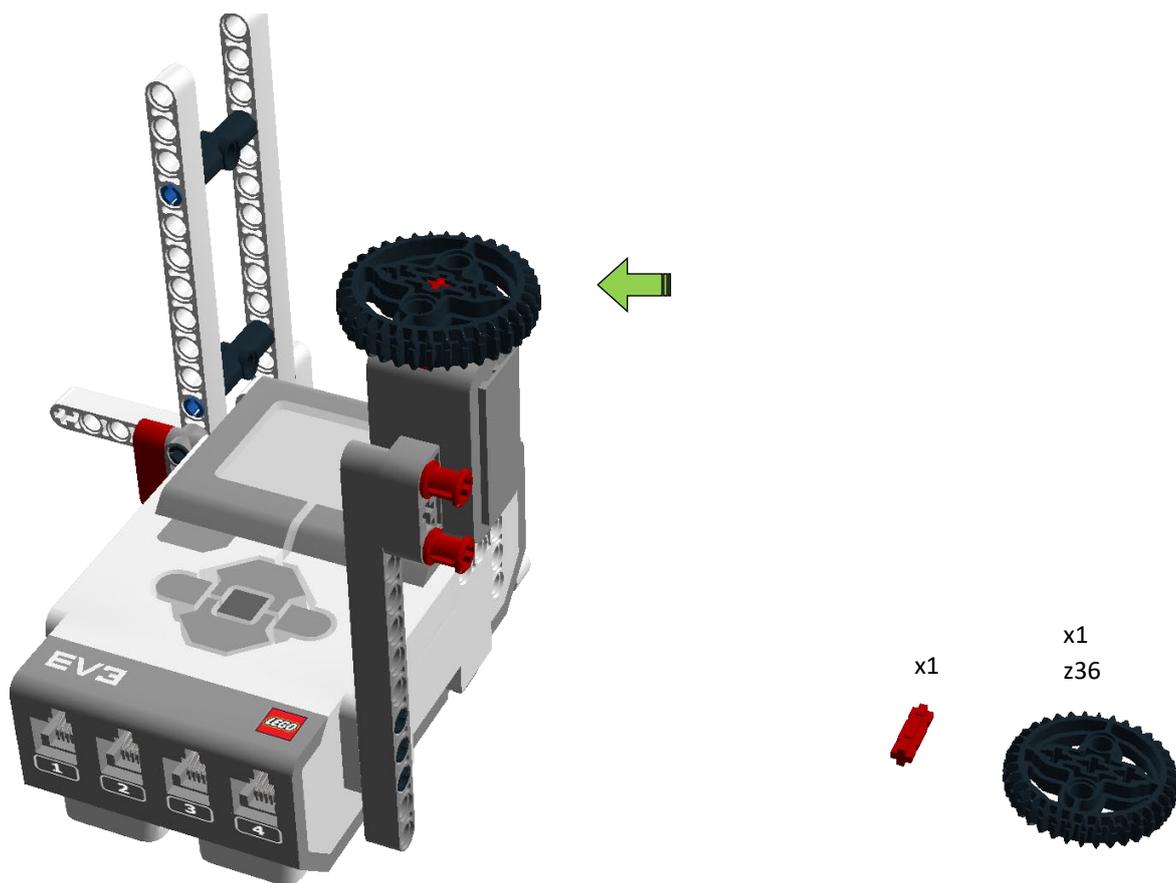
### Датчик касания





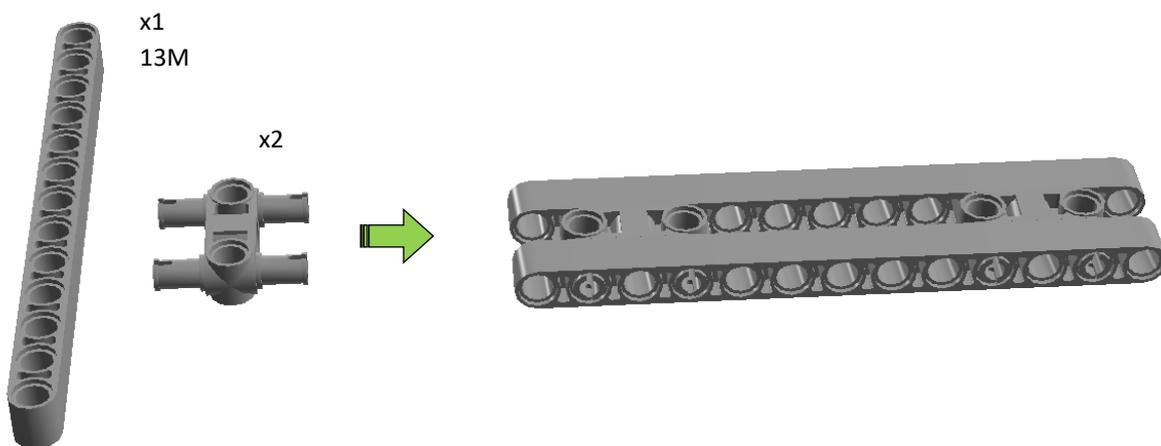
Установи зубчатое колесо для удобства нажатия на датчик касания

9



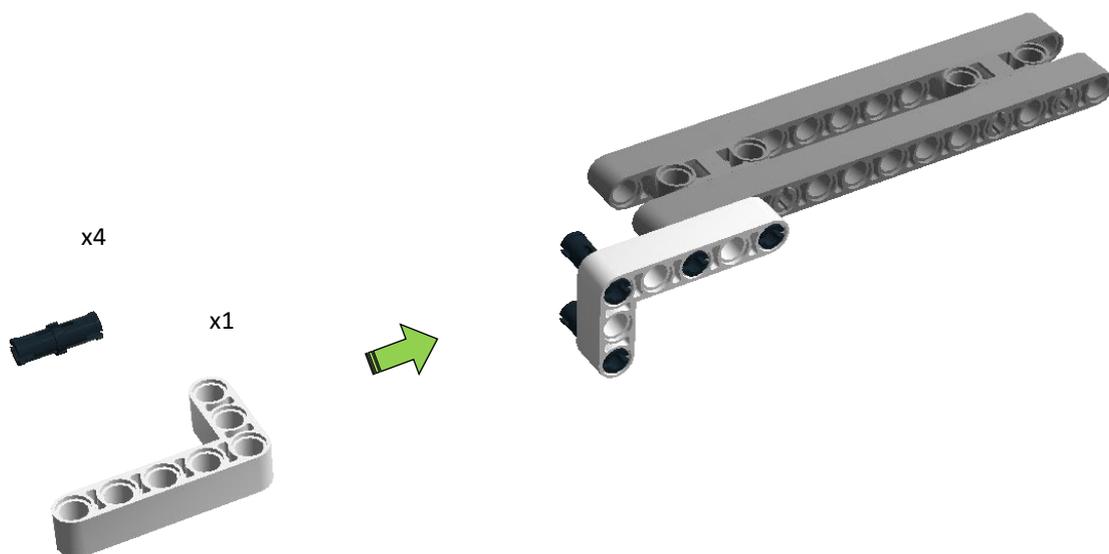
Начнем сборку рычага для двуплечих весов

10

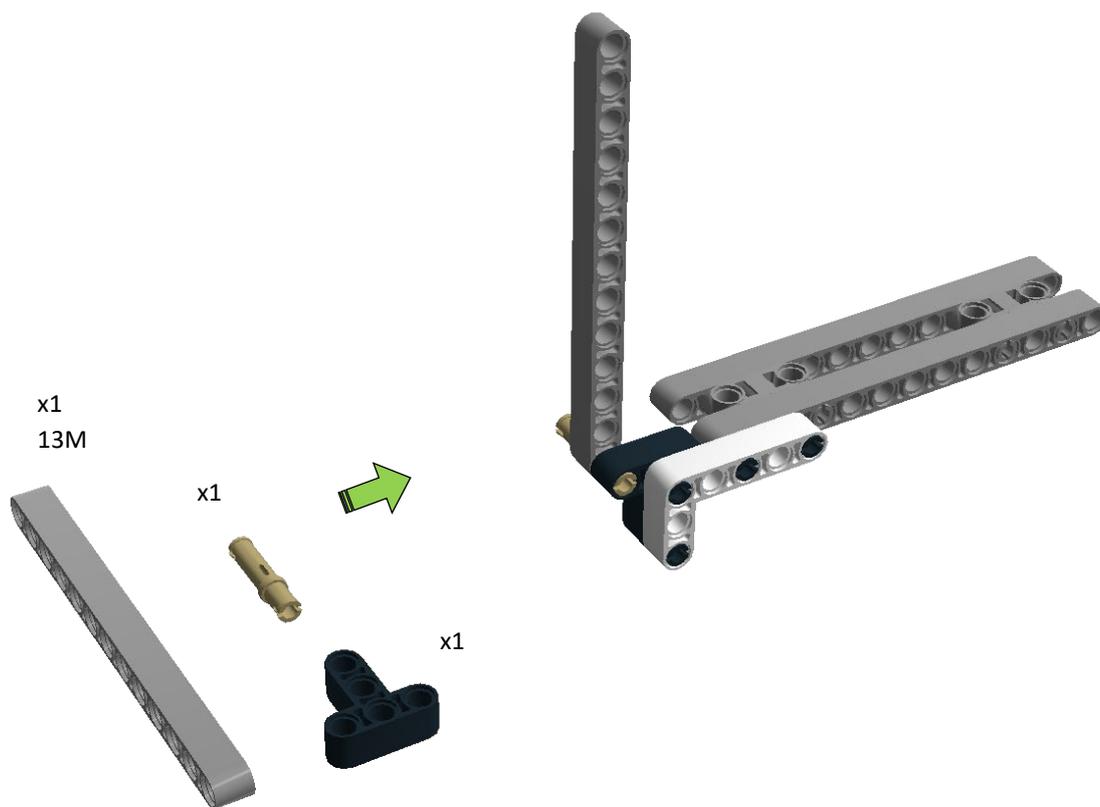




11

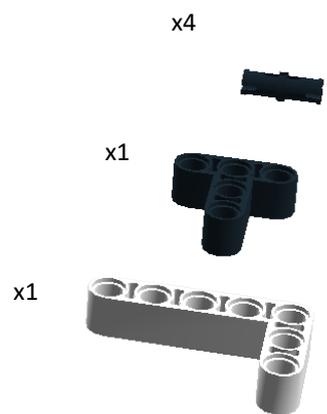
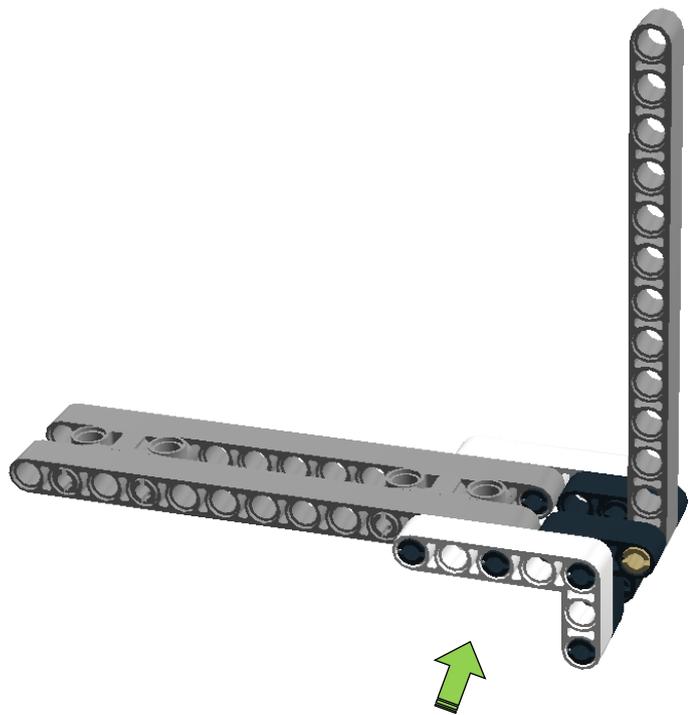


12

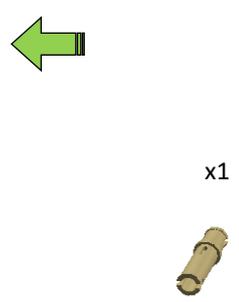




13

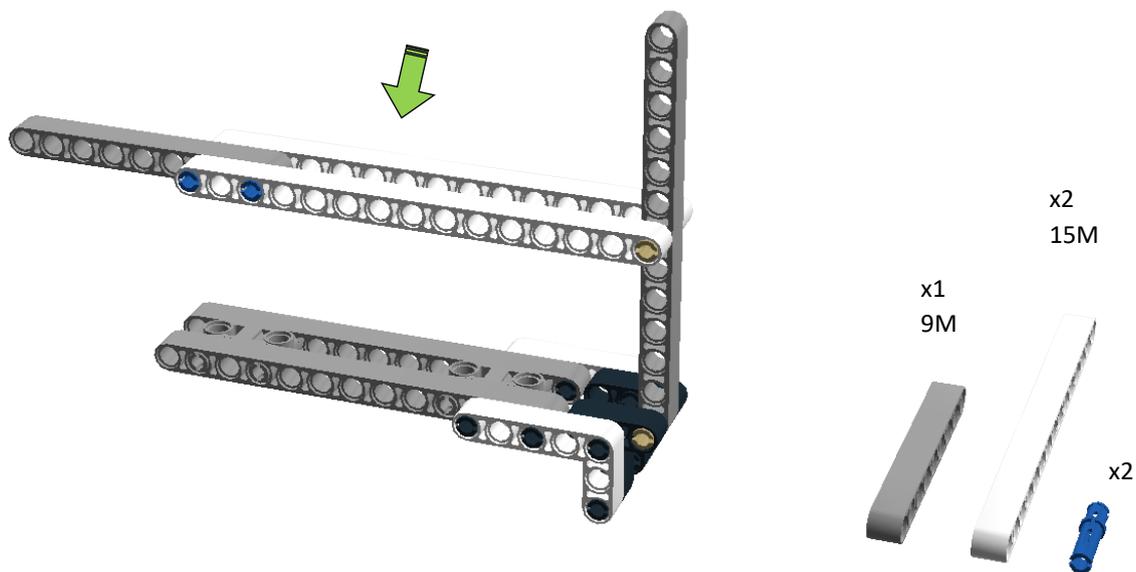


14

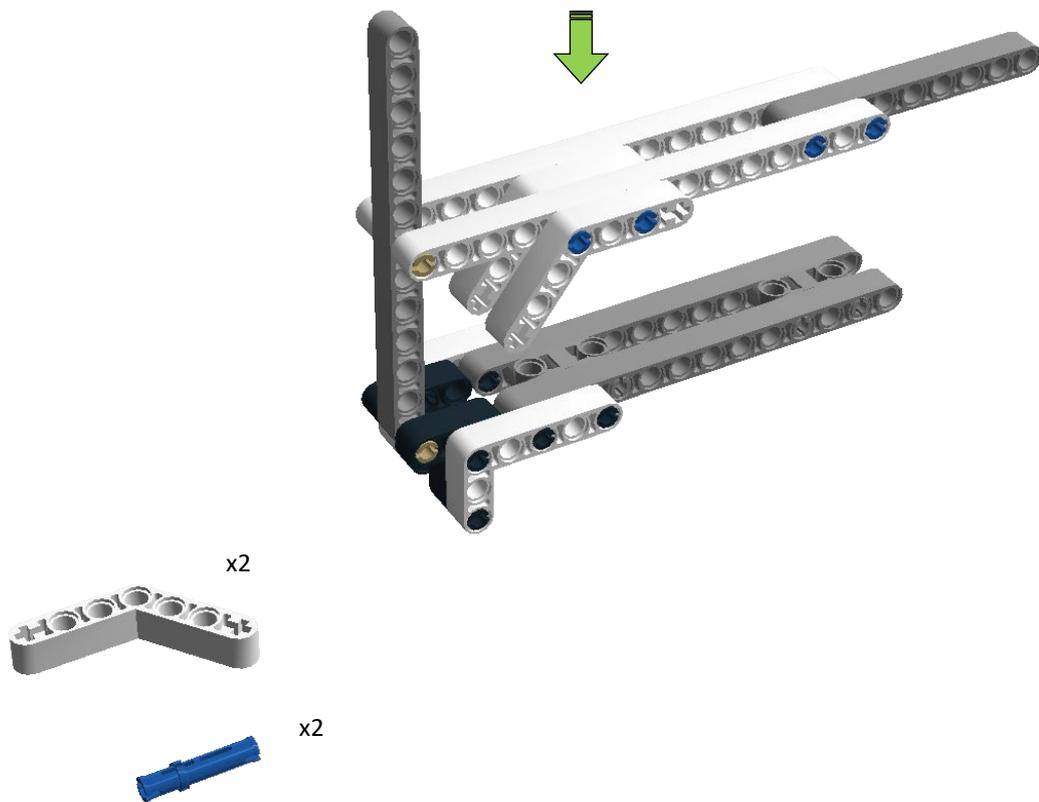




15

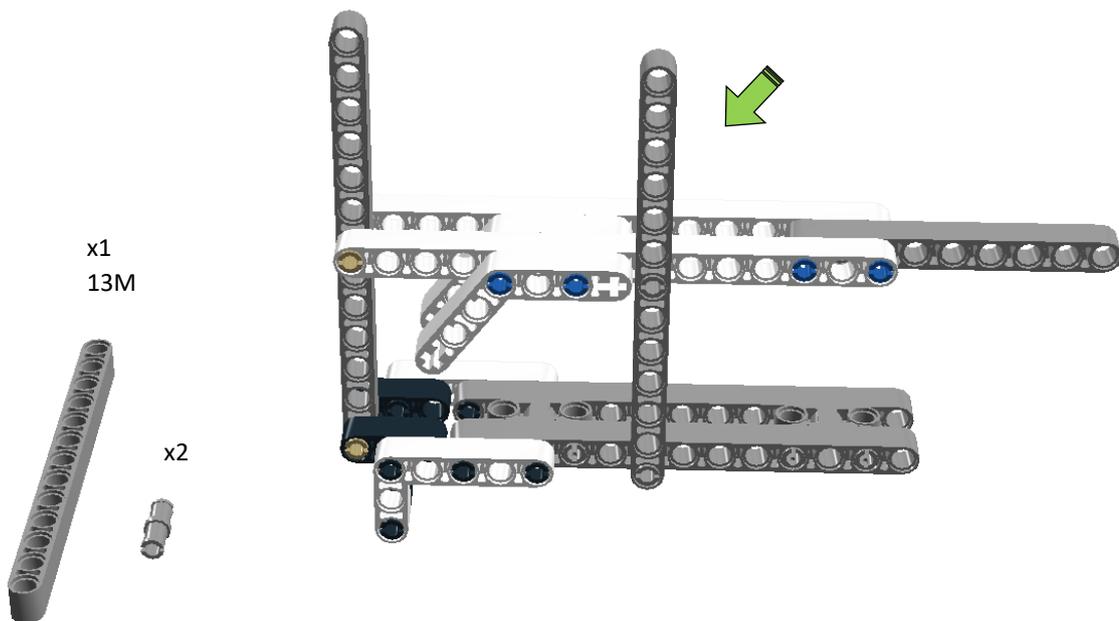


16



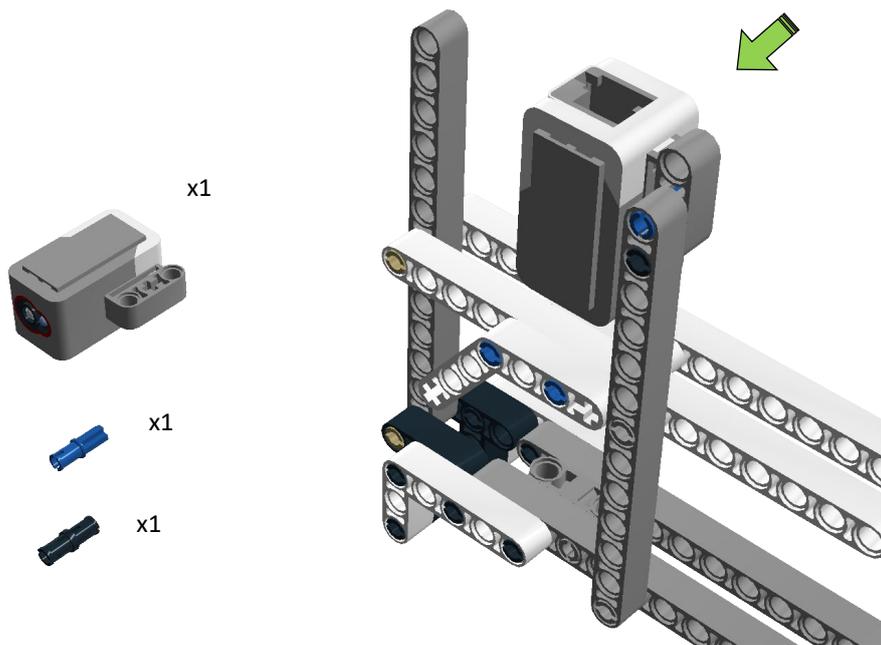


17



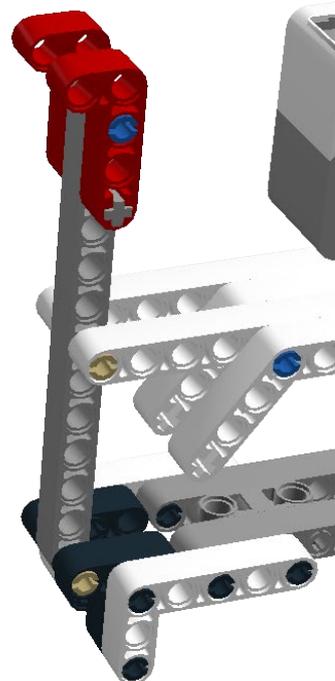
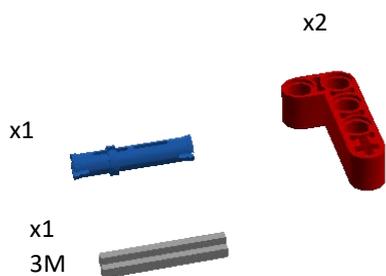
Датчик цвета

18



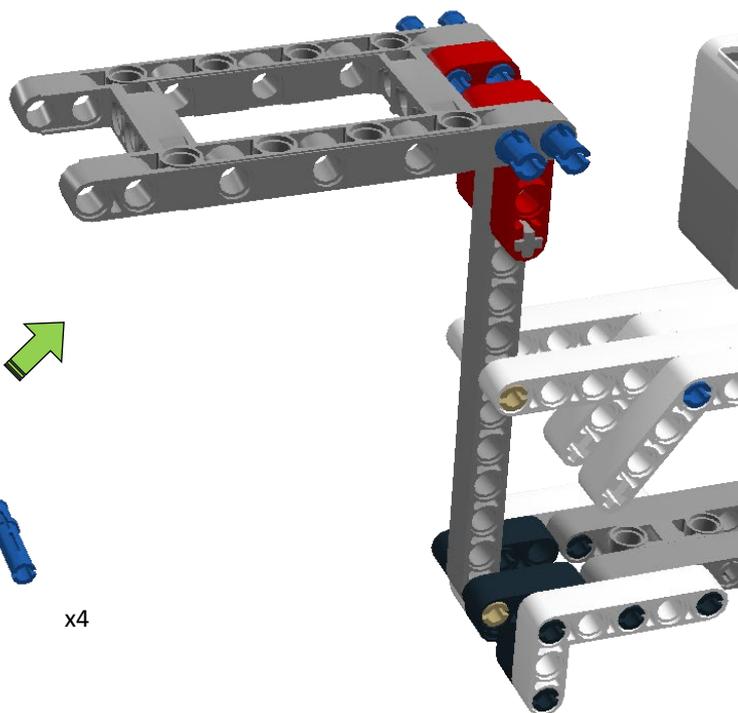
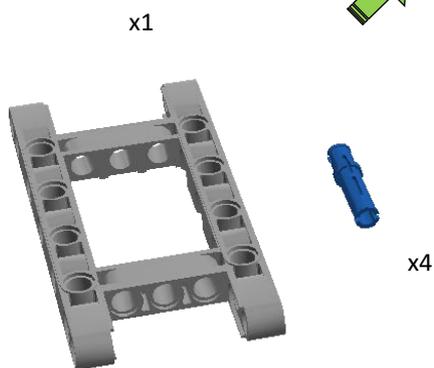


19



Установи площадку для взвешиваемого груза

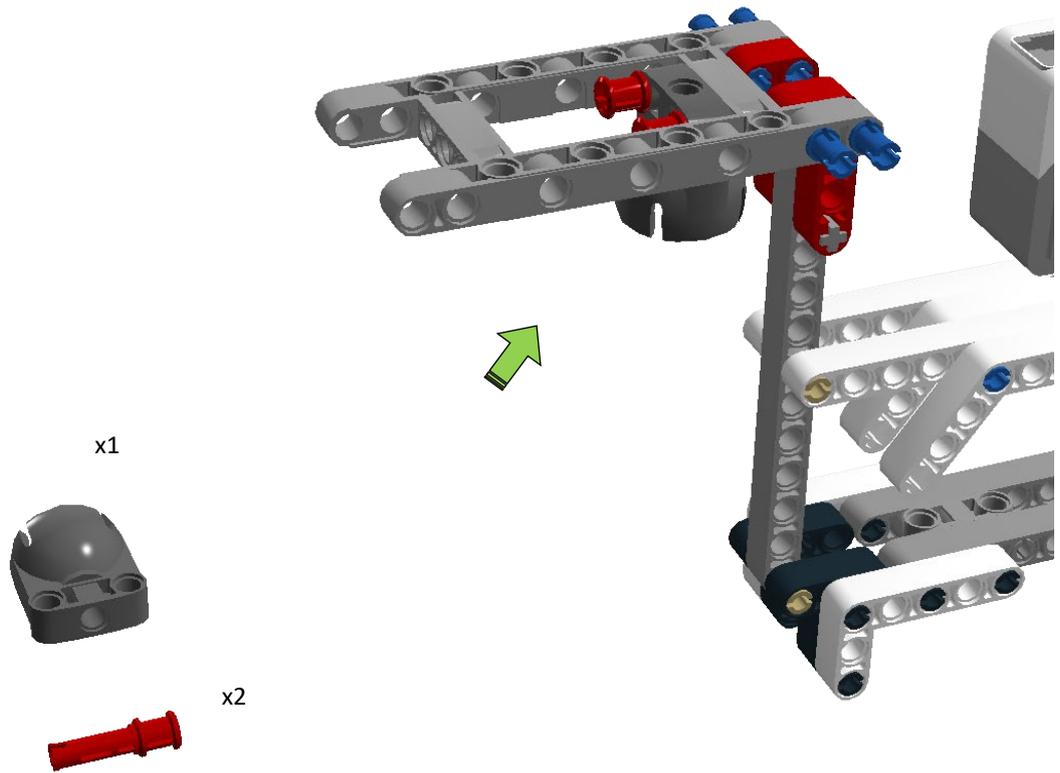
20



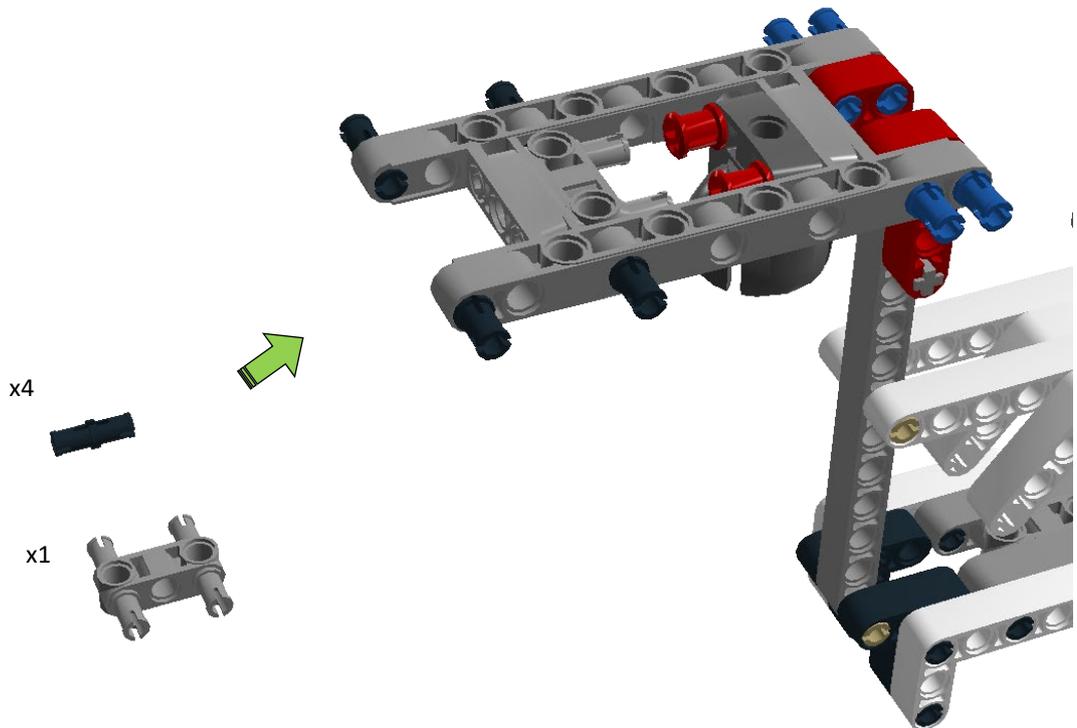


Установи шаровую опору с металлическим шариком

21

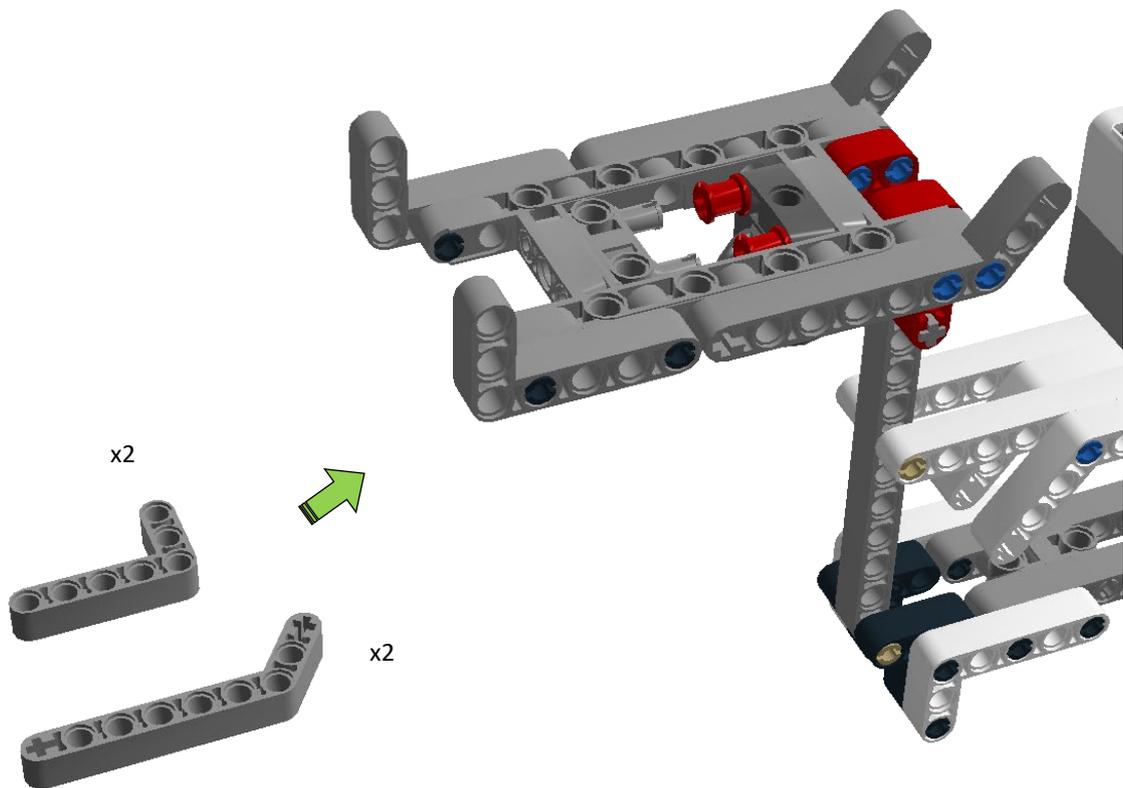


22

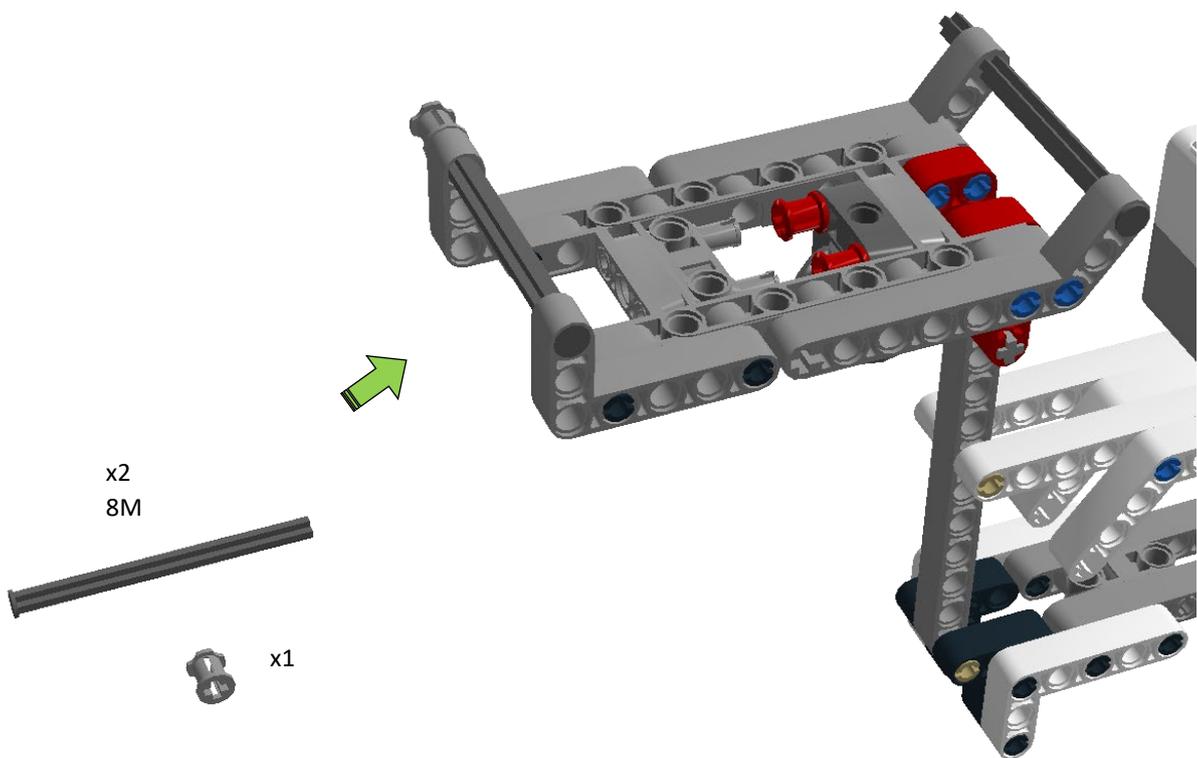




23

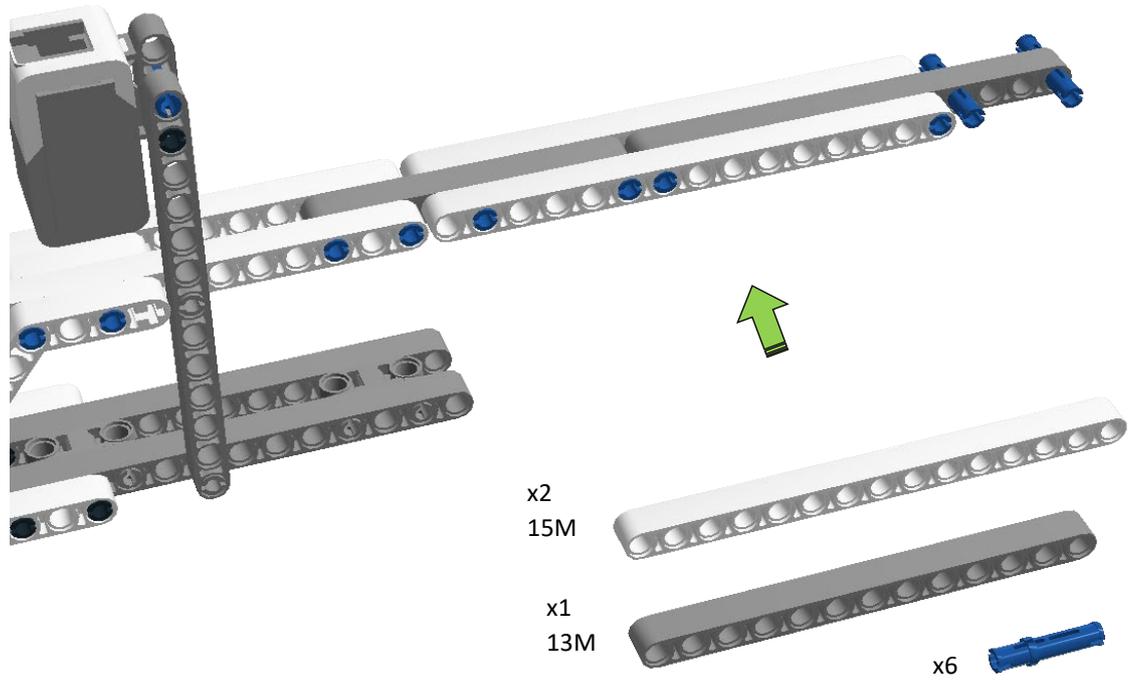


24

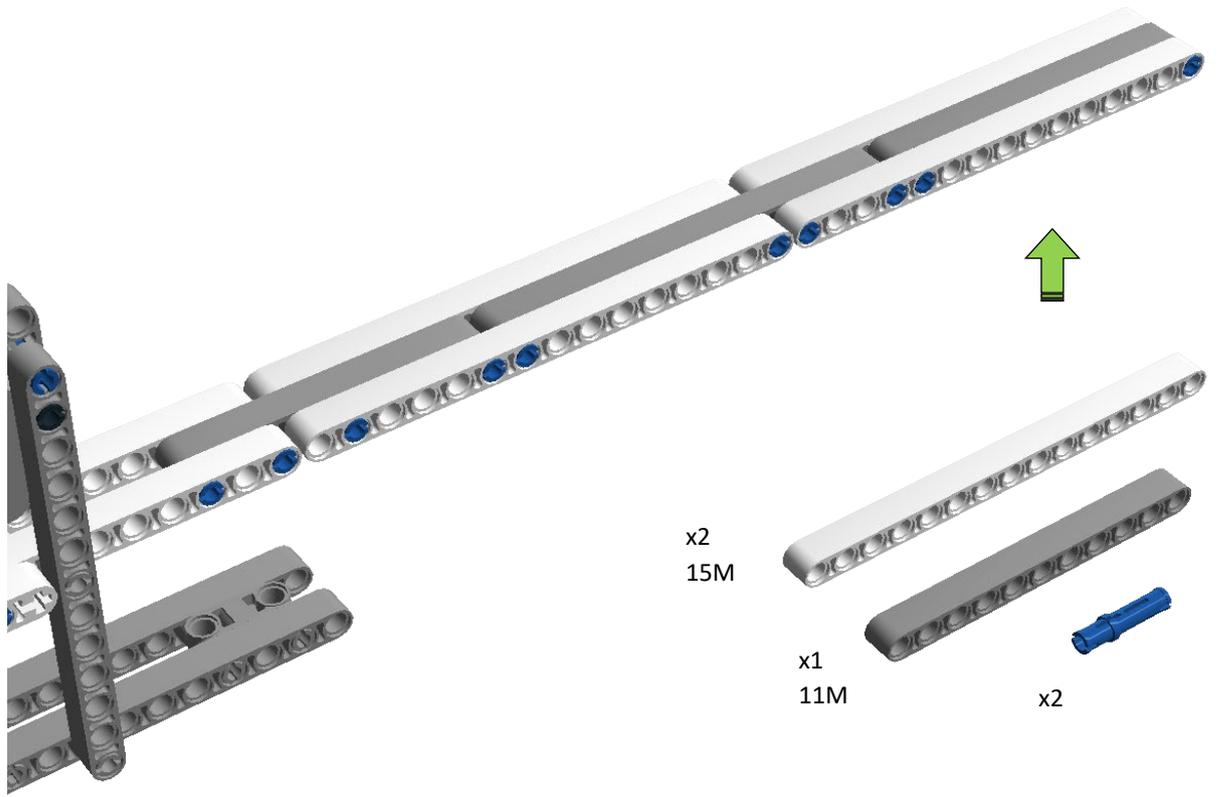




25

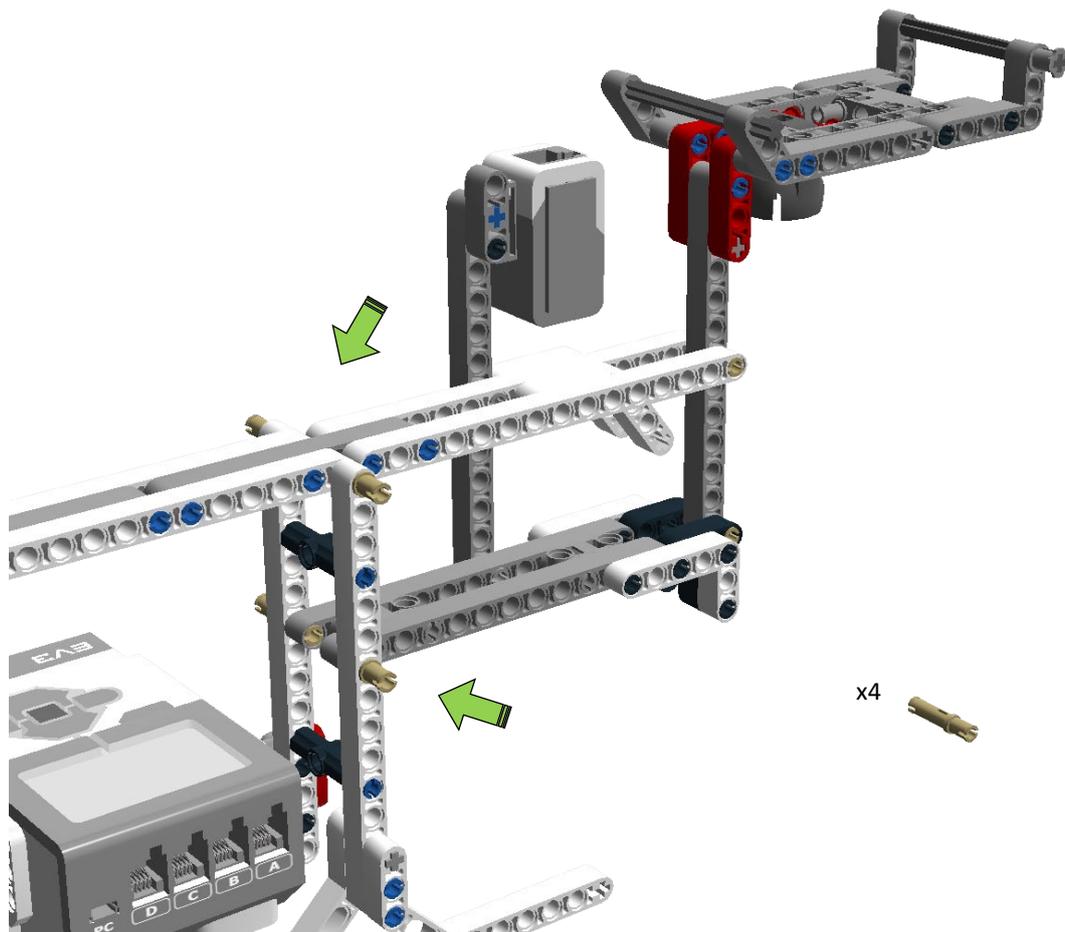


26

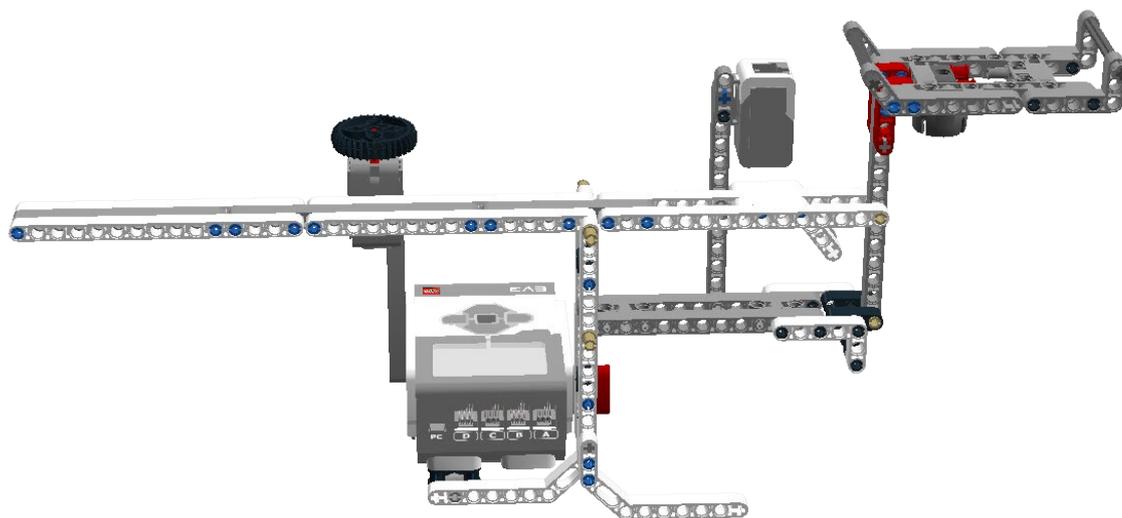




Закрепи собранный рычаг на опоре с помощью 4-х бежевых штифтов



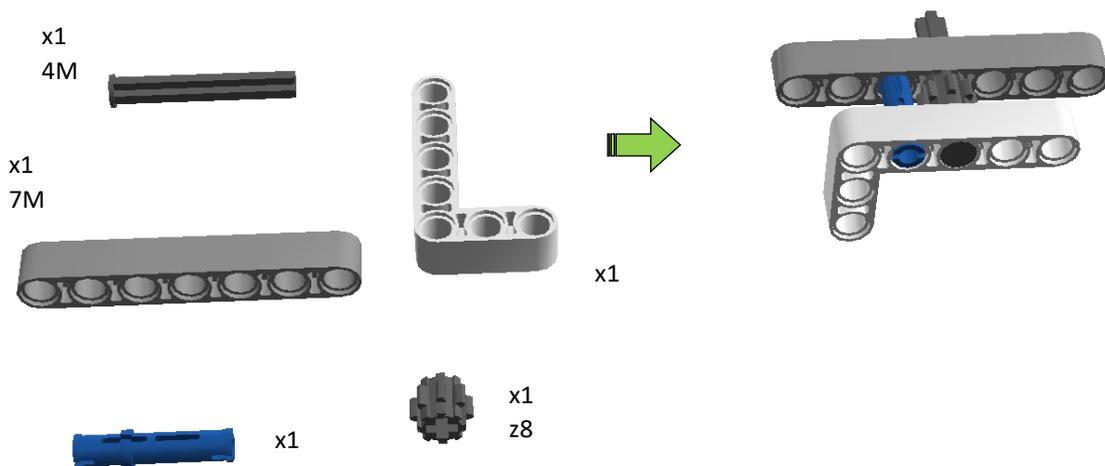
Общий вид на конструкцию



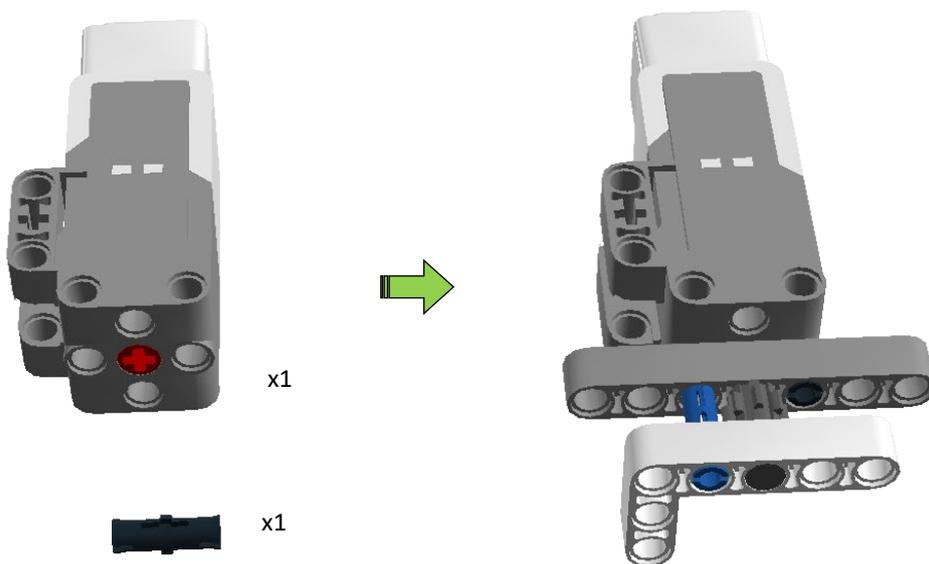


Начнем сборку бегунка (грузика), который будет перемещаться по рычагу с помощью среднего мотора

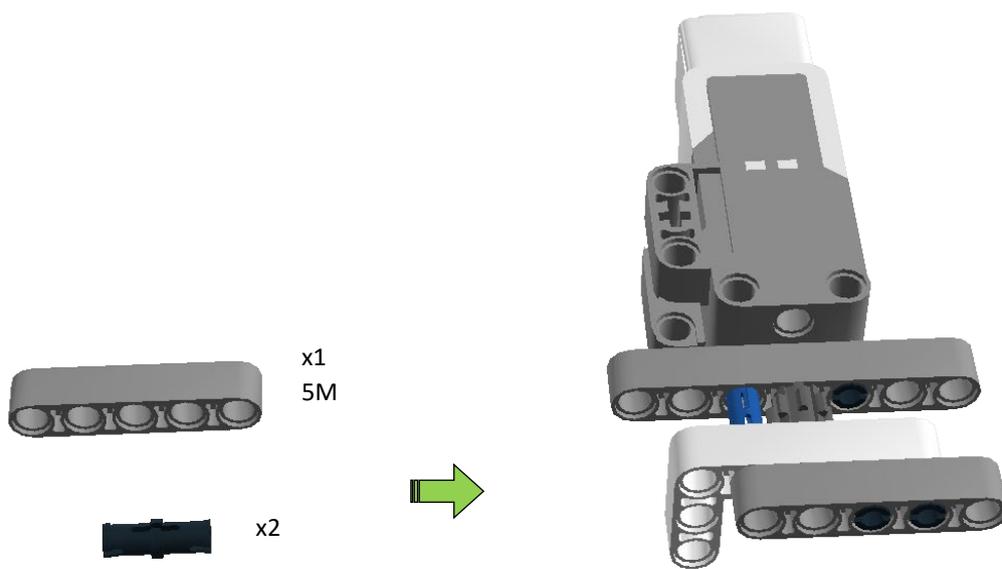
28



29

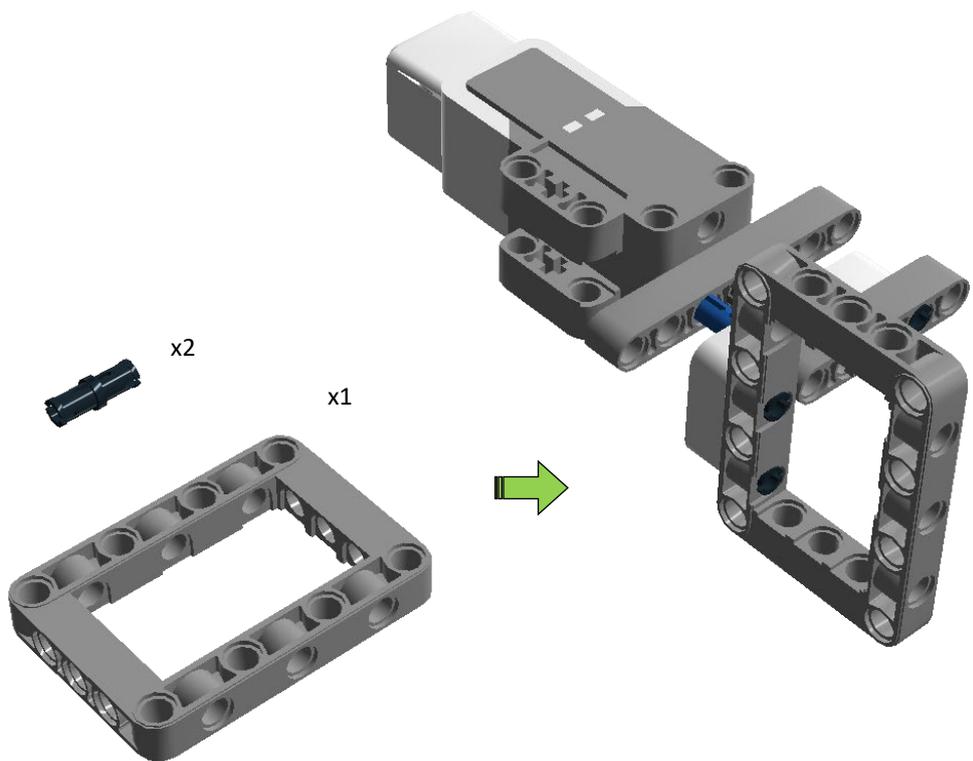


30

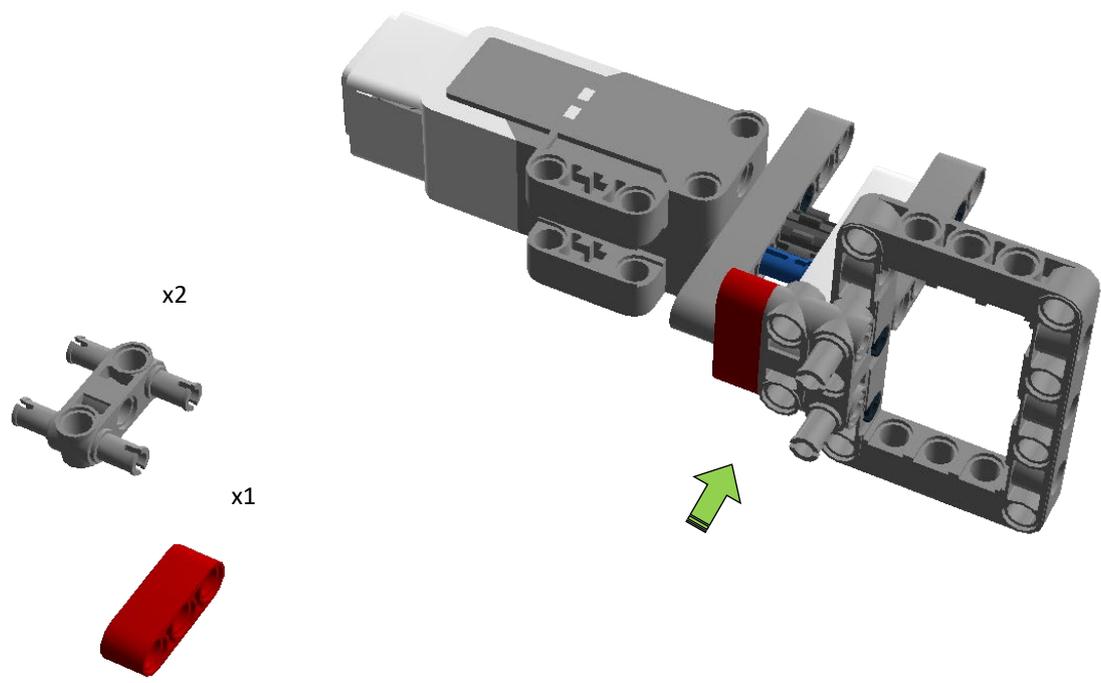




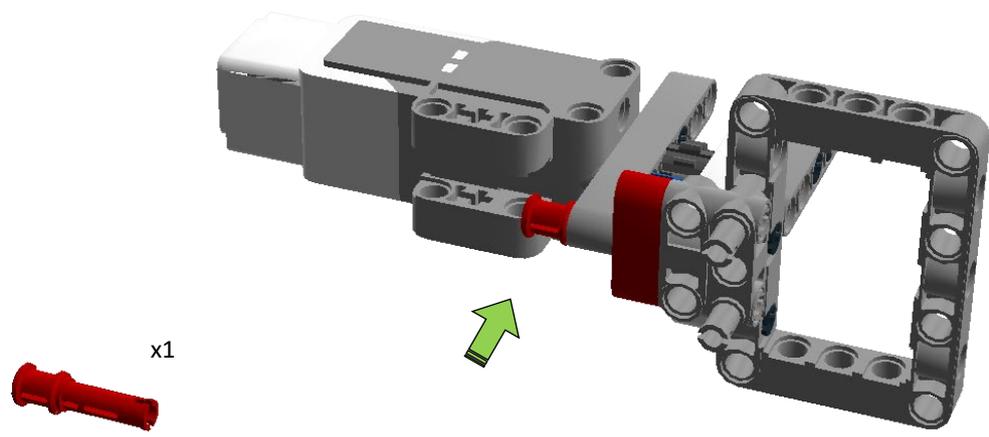
31



32



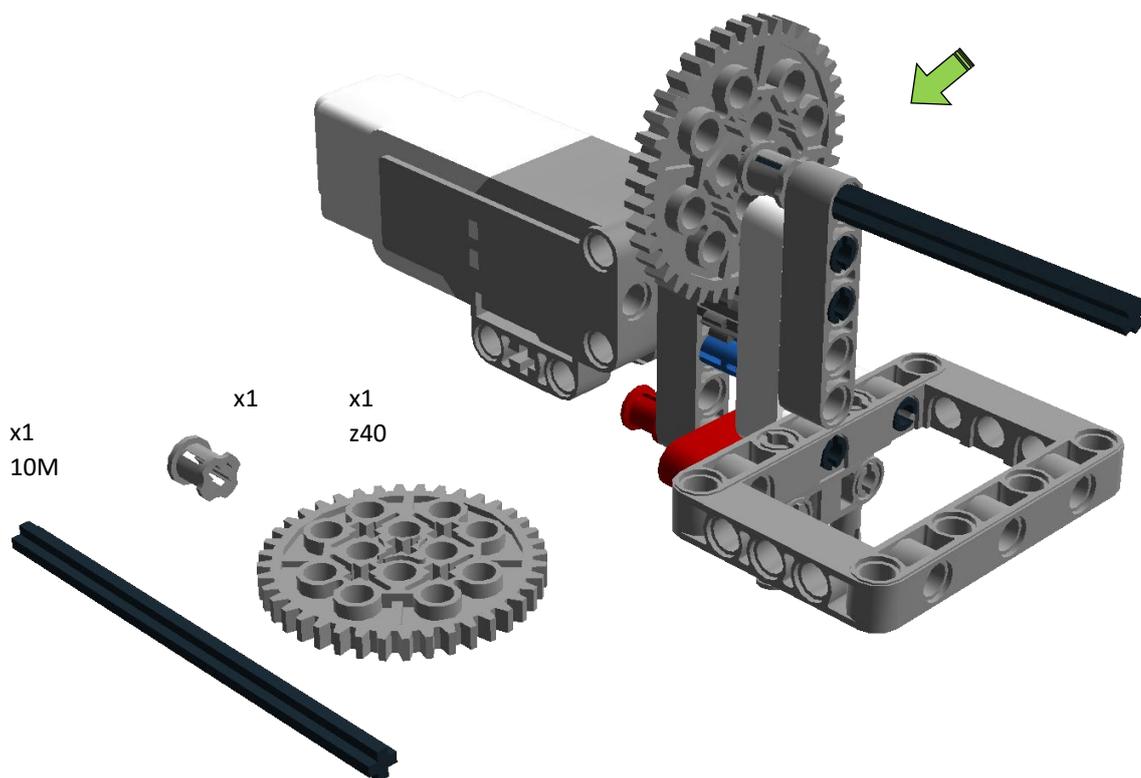
33





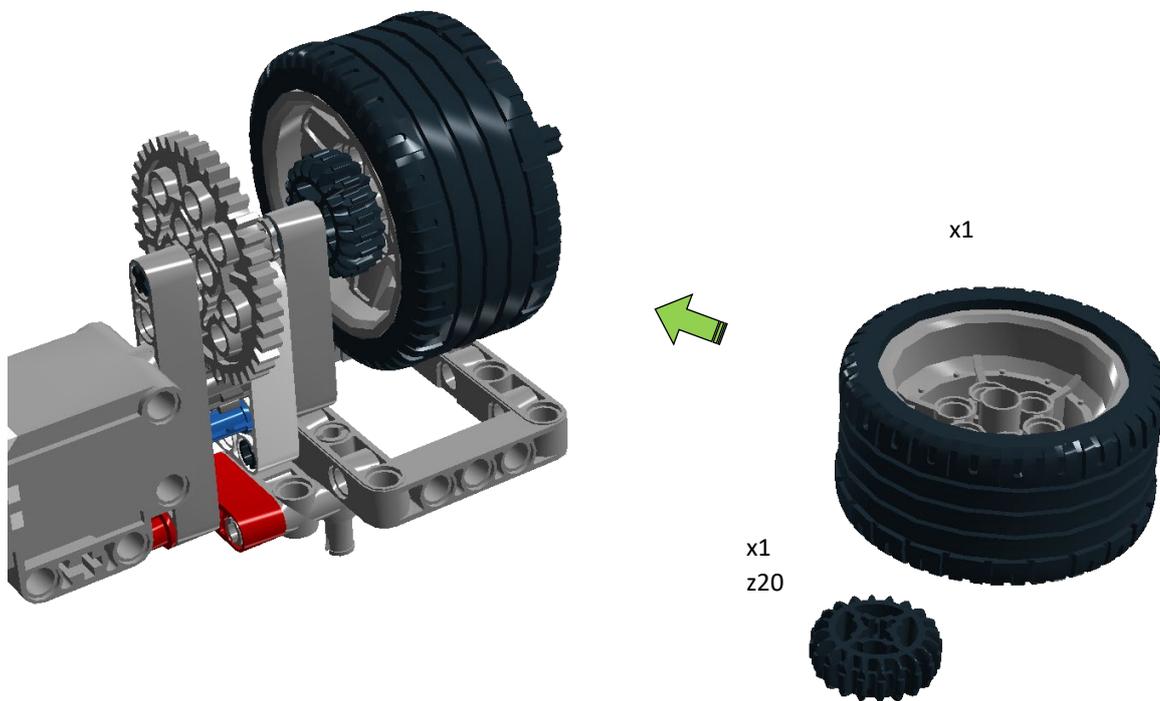
Понижающая зубчатая передача

34



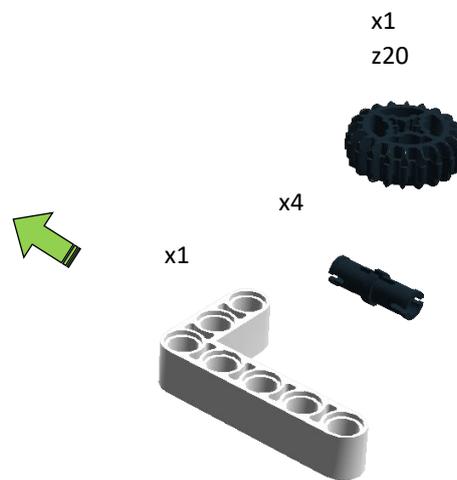
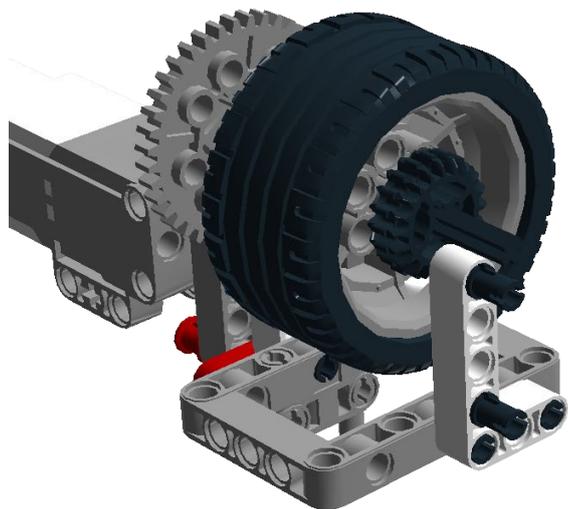
Колесо для фрикционной передачи

35



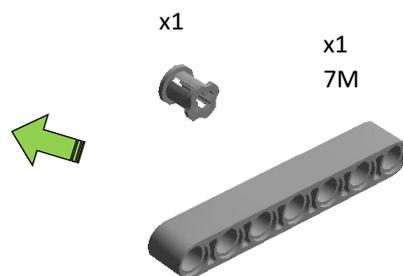
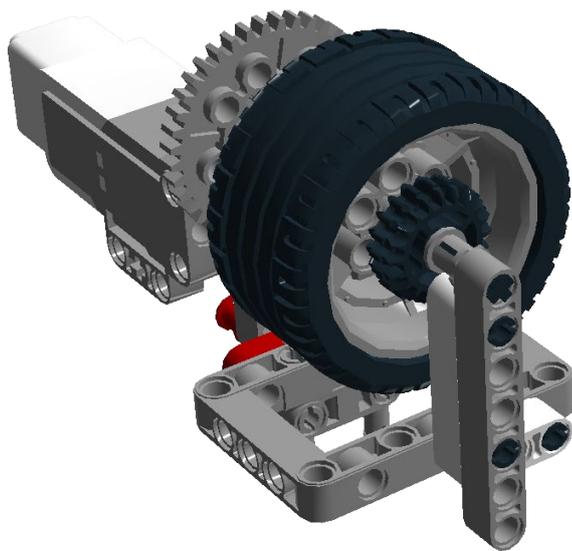


36



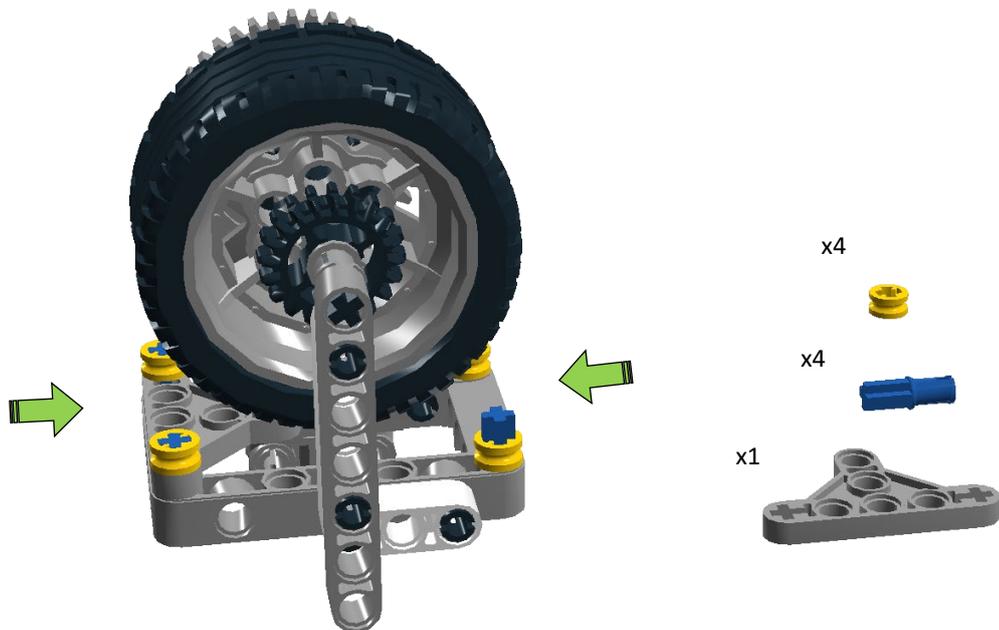
Зафиксируем конец оси с помощью балки

37

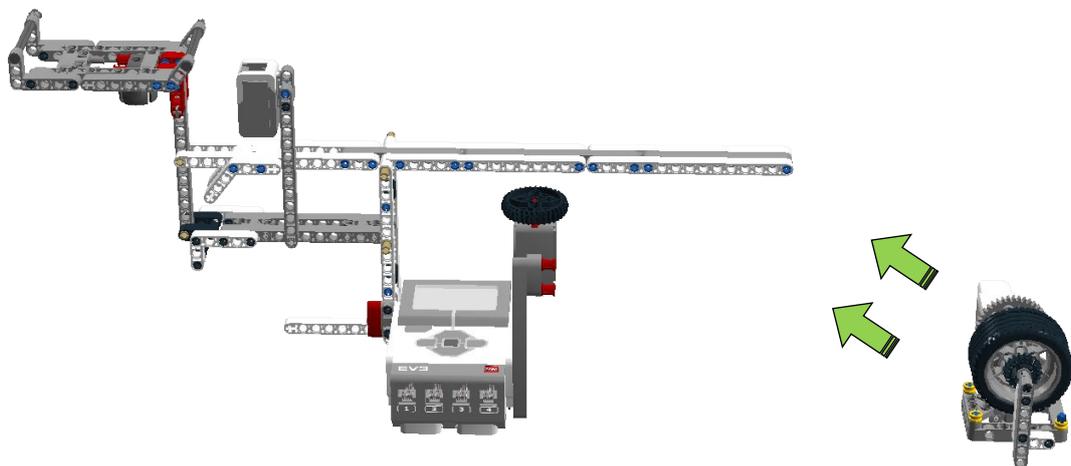




38

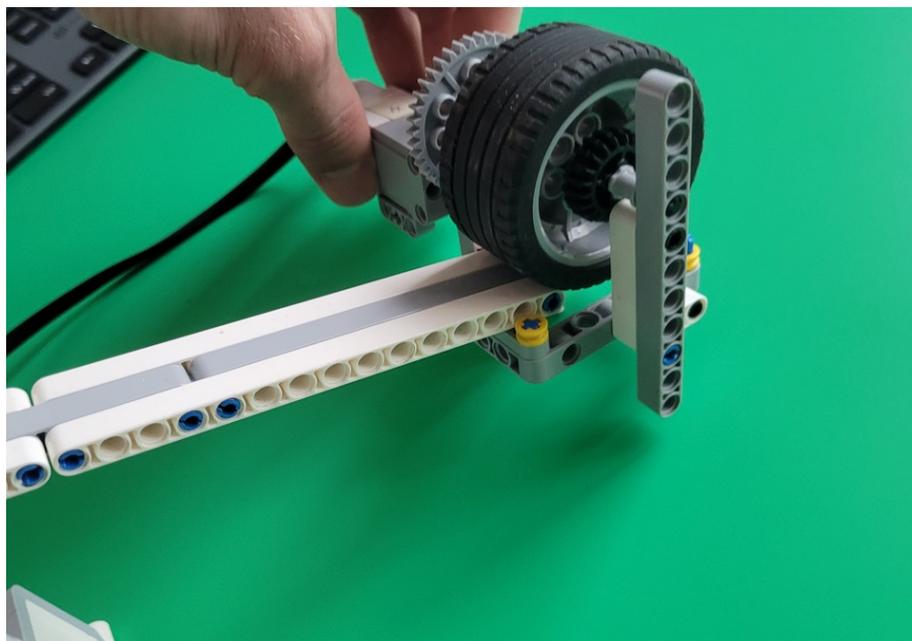


Установи бегунок (грузик) на рычаг двуплечих весов



Пример крепления

39

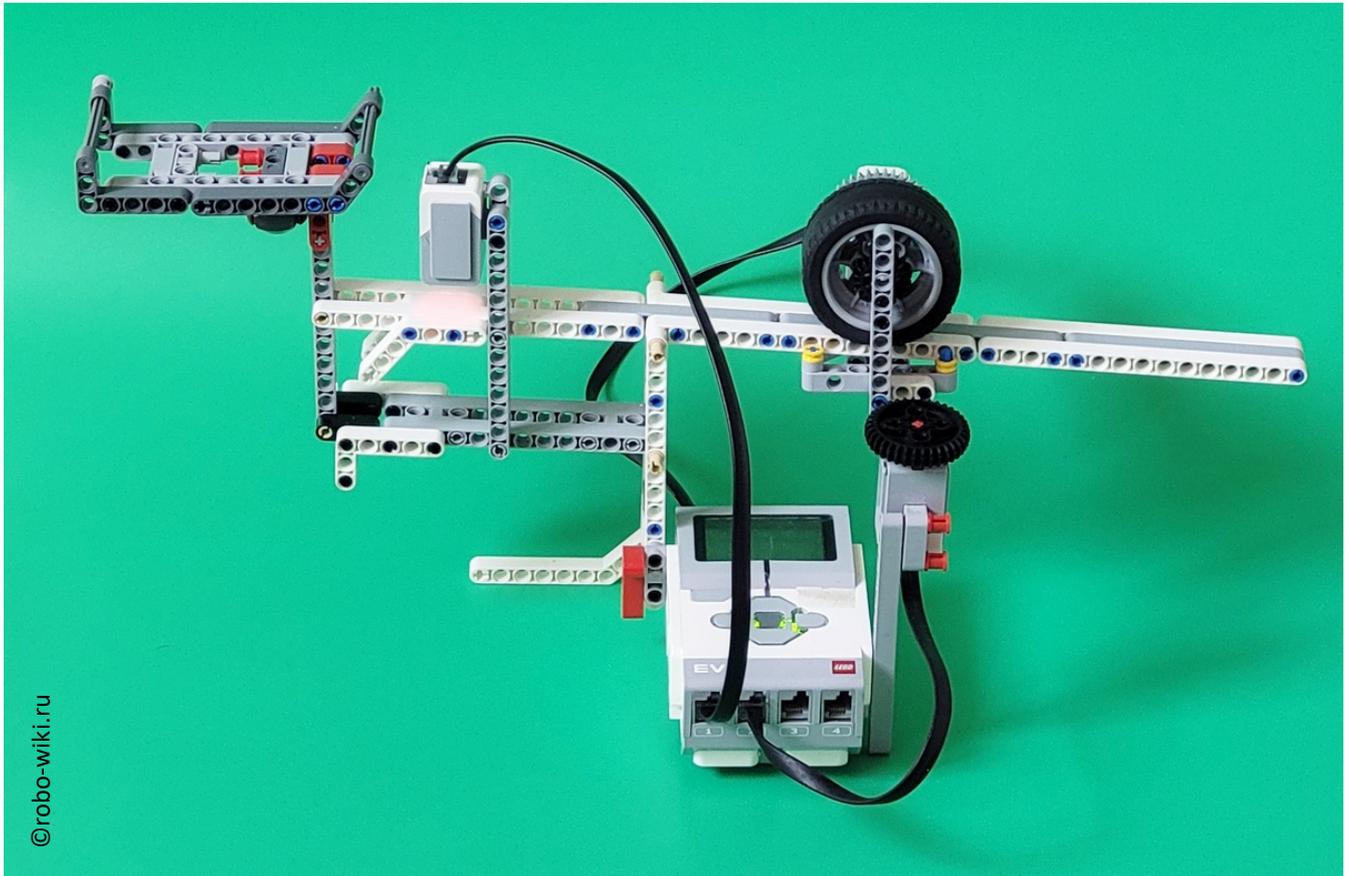


**40**

Подключите датчики и мотор к микрокомпьютеру:

- «1» - датчик цвета;
- «2» - датчика касания;
- «А» - средний мотор.

Вид на собранную конструкцию:





## Часть 2. Ход работы

### Переменные и формулы в программе

Переменные:

*power* - мощность мотора.

*Error* - ошибка (разность между текущей яркостью на датчике цвета и яркостью на датчике при горизонтальном положении рычага весов).

*kError* - коэффициент пропорционального регулятора.

*k* - коэффициент для перевода градусов (энкодер со среднего мотора) в граммы (показания весов).

*kDiff* - коэффициент дифференциального регулятора.

*balance* - показания яркости с датчика цвета, когда рычаг находится в горизонтальном положении.

Коэффициенты *kError* и *kDiff* находятся экспериментально (как лучше работает, то и применяем). Коэффициент *K* считаем строго по формуле (дана в видеоинструкции).

Формула пропорционально-дифференциального регулятора движения бегунка по рычагу для уравнивания весов (в цикле):

*Error* = Текущая яркость - *Balance*

*Power* = *kError* \* *Error* + *kDiff* \* (*error* - *diff*)

*Diff* = *Error*

*Масса* = Градусы на энкодере среднего мотора / *k*

### Измерение массы груза

1. Запустите программу.
2. Переведите рычаг в горизонтальное положение (ползунок со средним мотором может находиться где угодно – без разницы).
3. Нажмите на датчик касания. Программа сохранит в переменную *balance* яркость отраженного света на датчике цвета в горизонтальном состоянии рычага.
4. Отпустите рычаг и дождитесь, когда весы перейдут в состояние равновесия.
5. Нажмите датчик касания еще раз перед измерением массы груза, чтобы сбросить энкодер на среднем моторе в 0.
6. Положите груз в чашу и дождитесь, когда весу уравнивается.
7. Посмотрите измеренную массу на экране блока EV3 (в граммах). Сравните её со значением на электронных или других весах.



## Как найти коэффициент для калибровки весов

1. Включите и подключите блок EV3 в ПК.
2. Запустите программу.
3. Щелкните по кнопке при горизонтальном положении рычага весов.
4. Дождитесь, когда весы перейдут в состояние равновесия.
5. Взвесьте эталонный груз в граммах (лучше от 50 до 100 граммов).
6. Щелкните по датчику касания (обнуление энкодера среднего мотора).
7. Установите эталонный груз на весы и дождитесь состояния равновесия.
8. Посчитайте коэффициент:

$K = \text{количество градусов на энкодере среднего мотора} / \text{массу эталонного груза.}$

9. Подставьте полученное значение в программу.

**Учитывайте, что погрешность измерения будет большой, так как на точность измерения в наших весах будет влиять сила трения в узлах шарнирного соединения деталей, а также кабели, который связывают датчик цвета и средний мотор с блоком EV3.**