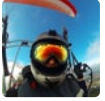


## Star Tracker for DSLR (Arduino + 3D Printing)



by XONIX

### --- EN ---

I wanted to assemble the barn door tracker for a long time, but couldn't find time to start. At some point, I began to assemble a version with the wooden boards, but then changed my mind and decided to make a serious precise 3D-modeled device. After finishing work on my telescope ([Instructables link](#)), I began modeling the tracker, and after about a half a month of work, the prototype was ready.

The tracker was supposed to be used with wide-angle lenses for shooting meteor showers, but it was also necessary to be able to shoot deep-sky objects sometimes.

I wanted to make a device that was easy to use and easy to transport, it had to be a complete product that you could take with you to the shooting location, assemble and set it up in three minutes and start taking awesome pictures.

This post will contain both a section of the device assembly, as well as the results of tests, and also the final images that you can get with this tracker.

Hope you'll enjoy reading! :)

### --- RU ---

Идею создать стартрекер по технологии "Barn Door" я преследовал уже несколько лет, в какой-то момент даже начал было собирать, но что-то пошло не так, и аппарат снова был заброшен в долгий ящик. Сперва я хотел сделать самый простой вариант из досок и дверных петель, но потом решил, что уж если делать, то делать хорошо. И вот, несколько месяцев назад момент настал. Сразу после окончания работ над улучшением своего телескопа ([перейти к статье](#)), пока оставался запал, я засел за моделирование трекера. На устройство возлагались задачи использования совместно с широкоугольными объективами для съемки звездного неба и отлова метеоров (чтобы было удобно впоследствии собирать изображения в стеки без необходимости выравнивания кадров по звездам), но и возможность иногда поснимать дипскай тоже лишней не была бы.

И вот, спустя примерно полмесяца моделирования/печати прототип начал вырисовываться.

Мне хотелось сделать устройство, которое было бы удобно использовать и удобно транспортировать, оно должно было быть законченным продуктом, который можно собрать и сразу отправляться на место без надобности тянуть сопли проводов до аккумулятора/мотора/мозга и т.д.

На самом деле, не совсем понимаю, существует очень много мануалов по сборке таких девайсов, но они все почему-то либо обрываются на стадии теста прототипа, либо устройство в конце мануала выглядит готовым, но полноценных тестов и примеров применения нет. Почему оно так - для меня загадка.

В любом случае, этот пост будет содержать в себе как раздел по сборке устройства, так и результаты ряда тестов, а так же финальные изображения, которые получится с его помощью получить.

Приятного чтения! :)

### Supplies:

--- EN ---

Necessary to buy (or find in the garage):

- Tripod Ball Head - x1
- Threaded rod M8, 1000 mm, thread pitch 1.25 mm - x1
- Aluminum tubes, OD 10 mm, length 300 mm or more - x5
- Bearing (10x19x7mm) - x4
- Bearing (15\*28\*7mm) - x1
- Photo adapter 1/4 - 3/8 - x1
- Nuts and screws M4, M3, M8 - according to an attached photo
- Green laser pointer - x1
- Arduino Nano board with USB cable - x1
- Stepper motor 28BYJ-48 with ULN2003 driver - x1
- Mini USB port board - x1
- Switch - x2
- Piezo buzzer - x1
- Dupont wires - some...

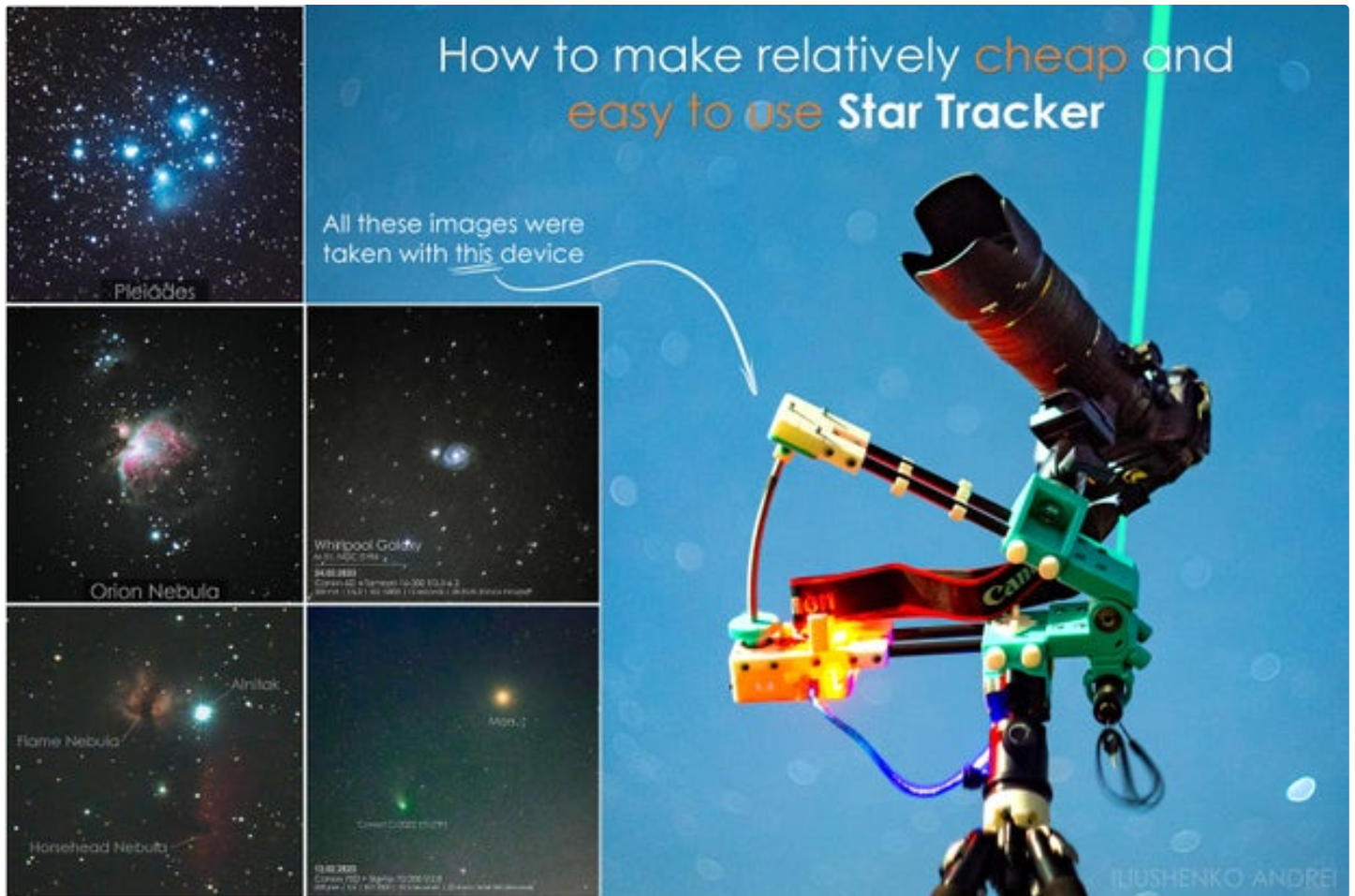
In addition to purchasing components, it will also be necessary to print all the 3D parts, assemble and solder the electronic circuit, and upload the firmware to the Arduino board.

--- RU ---

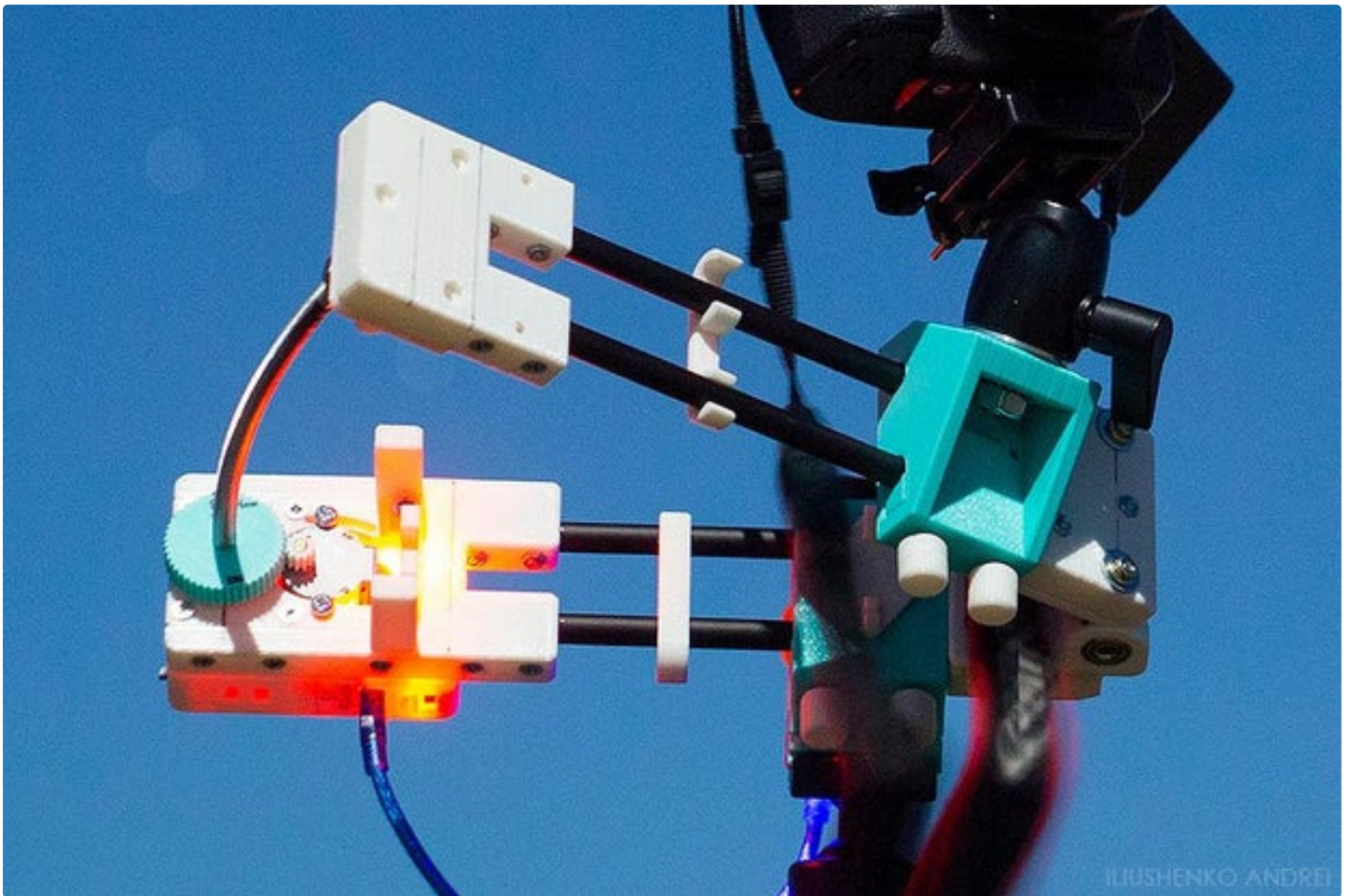
Из того, что потребуется купить (или отыскать в старых запасах):

- Шаровая голова штатива с площадкой - x1
- Шпилька M8, 1000 мм, с шагом резьбы 1,25 мм - x1
- Алюминиевые трубки диаметром 10 мм, длиной от 300 мм - x5
- Подшипники для основного вала (10x19x7mm) - x4
- Подшипник для шестерни (15\*28\*7mm) - x1
- Переходник 1/4 - 3/8 - x1
- Болты, гайки M4, M3, M8 - согласно приложенному фото
- Зеленая лазерная указка - x1
- Плата Arduino Nano с USB кабелем - x1
- Шаговый двигатель 28BYJ-48 с драйвером ULN2003 - x1
- Плата порта Mini USB - x1
- Микропереключатель - x2
- Пьезоизлучатель (пищалка) - x1
- Провода - некоторое количество...

Помимо закупки комплектующих также будет необходимо распечатать все 3D детали для сборки, собрать и спаять электронную схему и залить прошивку в плату Arduino.





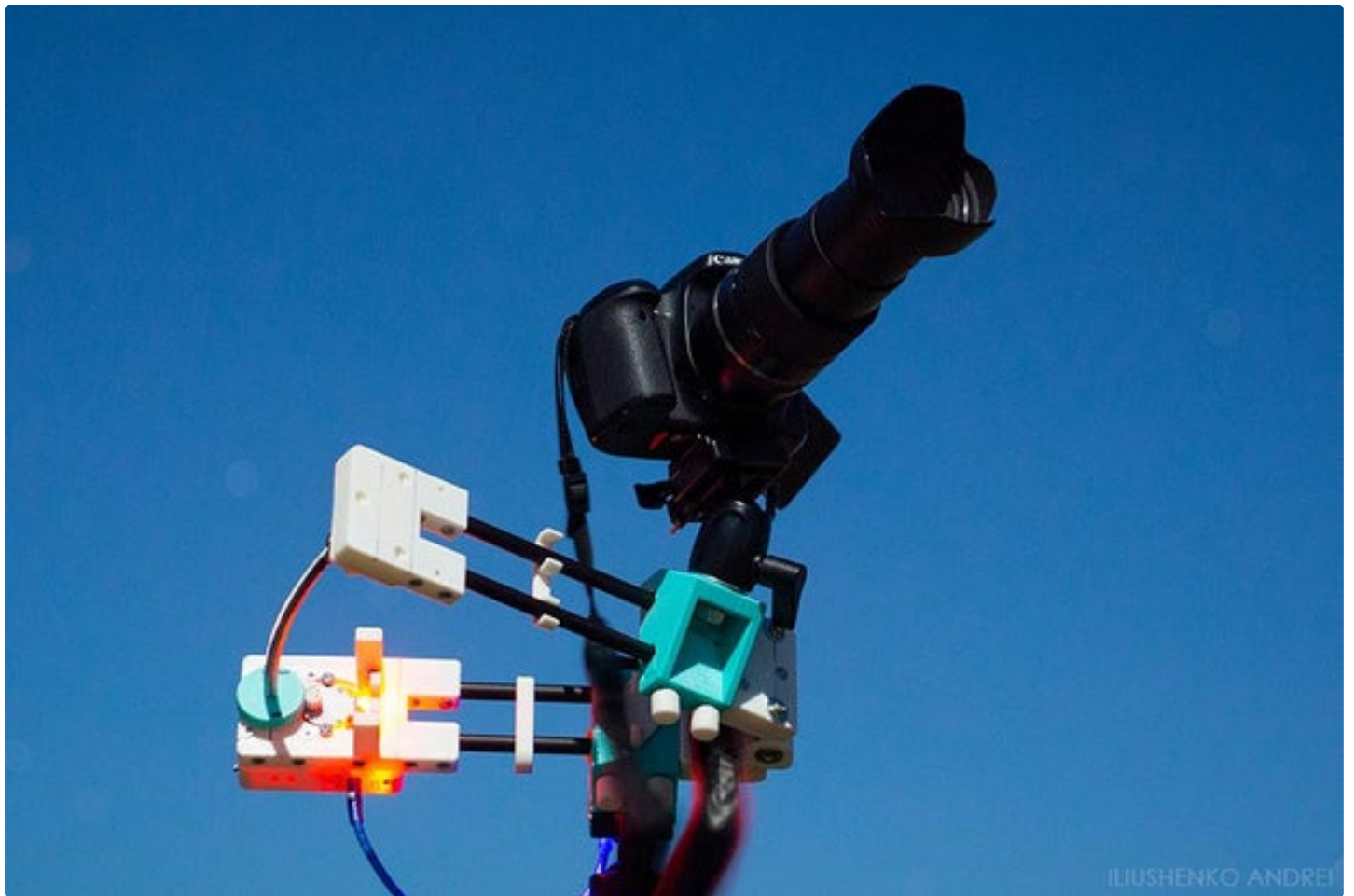


ILIUSHENKO ANDREI



ILIUSHENKO ANDREI





ILIUSHENKO ANDREI

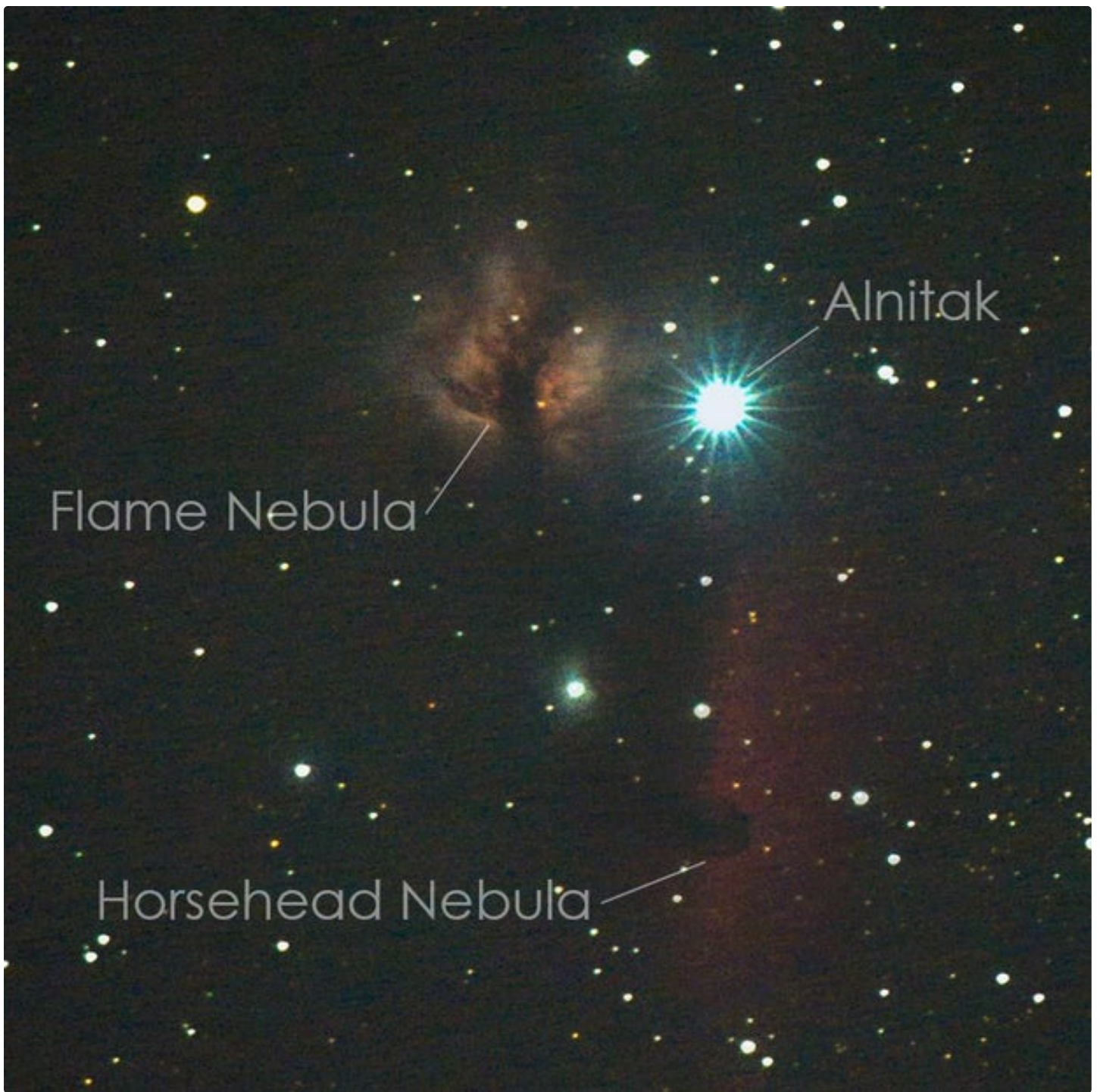


ILIUSHENKO ANDREI















# Whirlpool Galaxy

M 51, NGC 5194

**24.02.2023**

Canon 6D + Tamron 16-300 f/3.5-6.3

300 mm | f/6.3 | ISO 12800 | 15 seconds | 24 shots (total 6 minutes)





---

## Step 1: Short History

--- EN ---

A **barn door tracker**, also known as a Haig mount (invented by George Haig in 1975), is a device used to cancel out the diurnal motion of the Earth for the observation or photography of astronomical objects. It is a simple alternative to attaching a camera to a motorized equatorial mount.

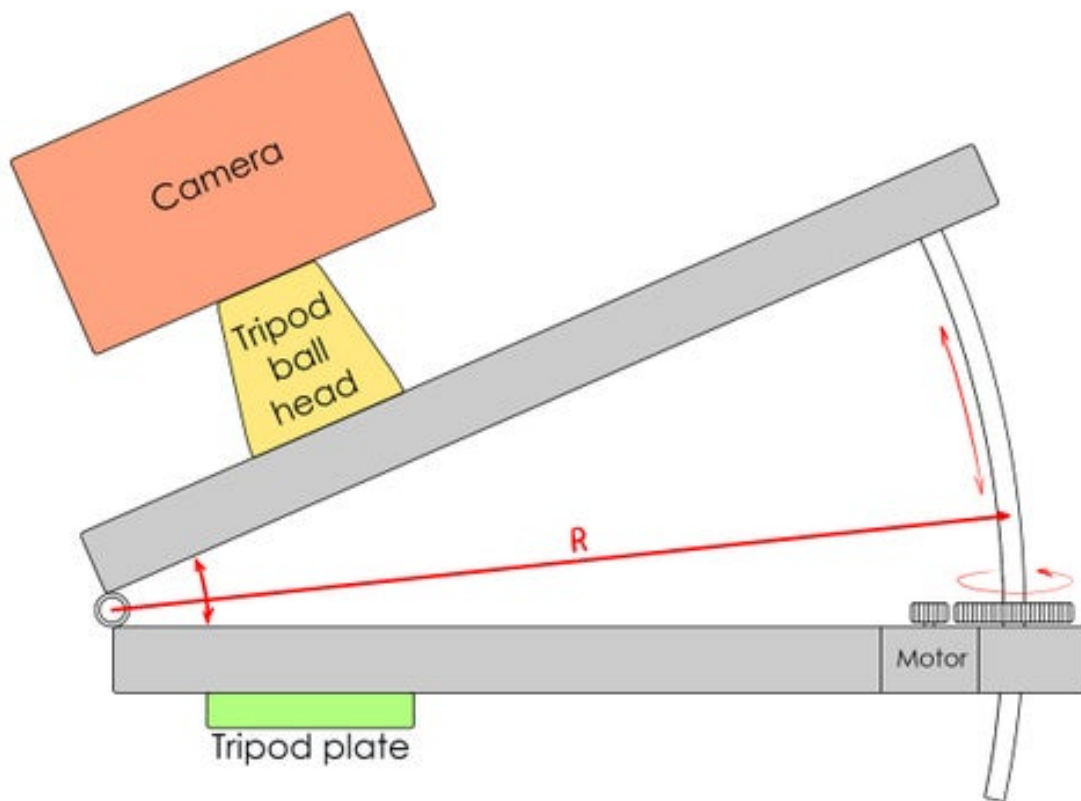
In late 2002 and early 2003, NASA astronaut Don Pettit, part of International Space Station Expedition 6, constructed a barn door tracker using spare parts he had accumulated from around the space station, permitting sharper high resolution images of city lights at night from the ISS.

Info taken from Wikipedia ([link](#)).

--- RU ---

**Трекер типа Barn Door**, изобретенный Джорджем Хейгом в 1975 году, представляет собой устройство, используемое для компенсации суточного вращения Земли для наблюдения или фотографирования астрономических объектов. Это простая альтернатива установке камеры на моторизованную экваториальную монтировку.

В конце 2002 - начале 2003 года астронавт NASA Дон Петтит, участник 6-й экспедиции на Международную космическую станцию, сконструировал такой трекер, используя запчасти, собранные по всей станции, что позволило получать на МКС более четкие изображения городов в ночное время.



## Step 2: Printing 3D Parts

— EN —

There is actually no point in describing this step in detail. You just need to print all the parts in the list. I highly recommend printing everything with at least 60-70% infill value, and the more the better. In the attached image, I've indicated the infill level that I used for each printed part.

### Some **IMPORTANT** stuff:

- Initially, I did not plan to travel the world with this device, so I printed the block for attaching the tracker to a tripod with an angle of 55 degrees, because I live at the 55th parallel in the northern hemisphere. Among the model .stl files for this part it'll be a .sldprt file so that everyone can set the right angle (requires the Solidworks application).
- There will also be a .sldprt tripod pad file. Tripods are different and they have different plates, so here you also have to model a little.
- After some experiments I have come to the conclusion that a large gear printed directly with thread (layer 0.1 or less) works noticeably better and smoother than a gear with a metal nut installed in it. I recommend using the threaded gear model.
- The thermal expansion coefficients of plastic and metal parts are different. At low temperatures, the gaps between plastic parts and bearings will increase, resulting in micro-play. Keep this in mind when choosing a printable plastic. I used PLA, and it shrinks noticeably during the cold weather.



Here's a link to all necessary printable parts for tracker: <https://www.thingiverse.com/thing:5236071>

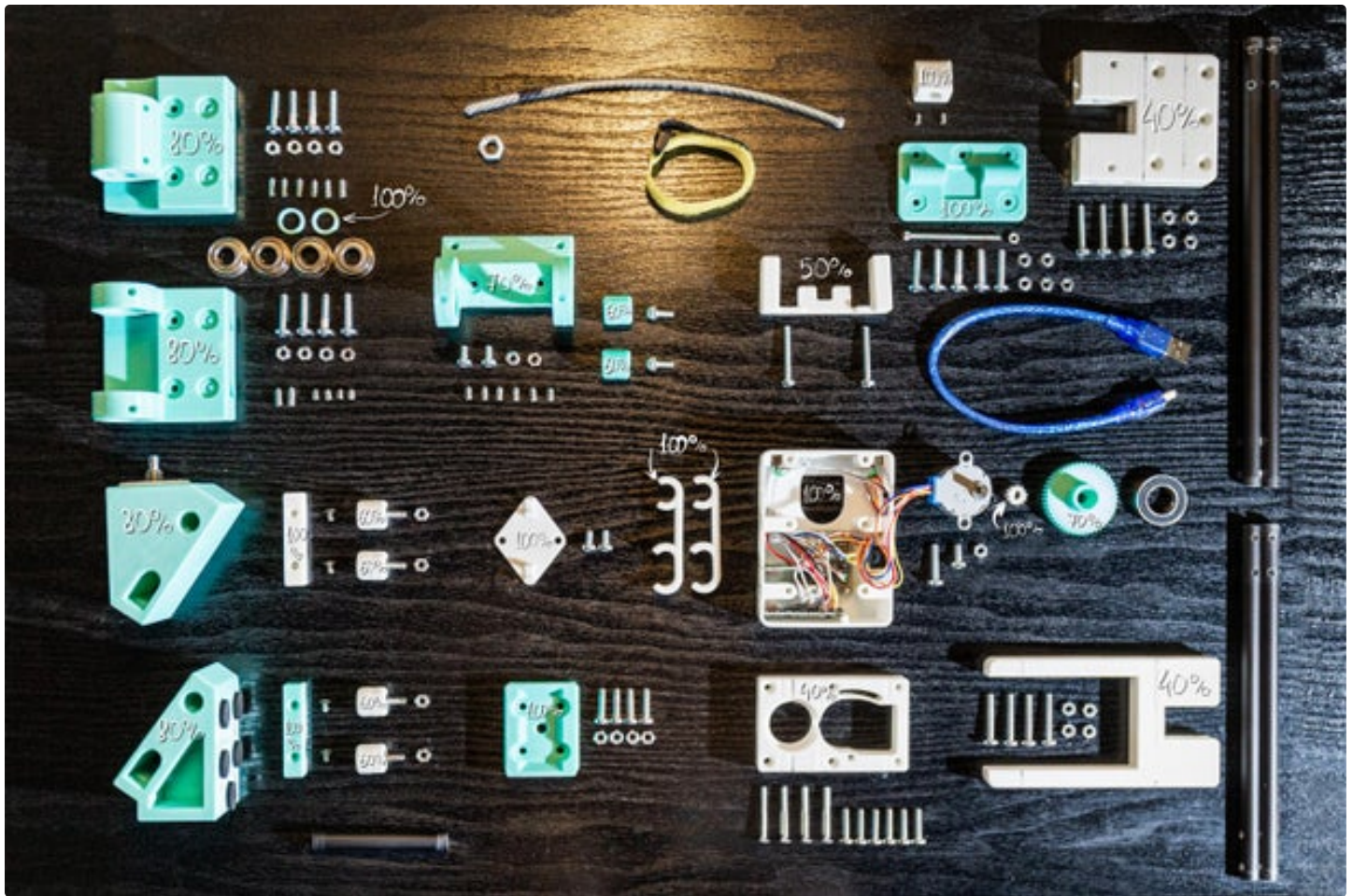
--- RU ---

По сути, этот шаг подробно расписывать нет смысла. Тут надо просто отпечатать все детальки, что висят в списке. Однако, я настоятельно рекомендую печатать все с заполнением не менее 60-70%, и чем больше, тем лучше. В приложенном изображении я обозначил уровень заполнения, который использовал для каждой отпечатанной детали.

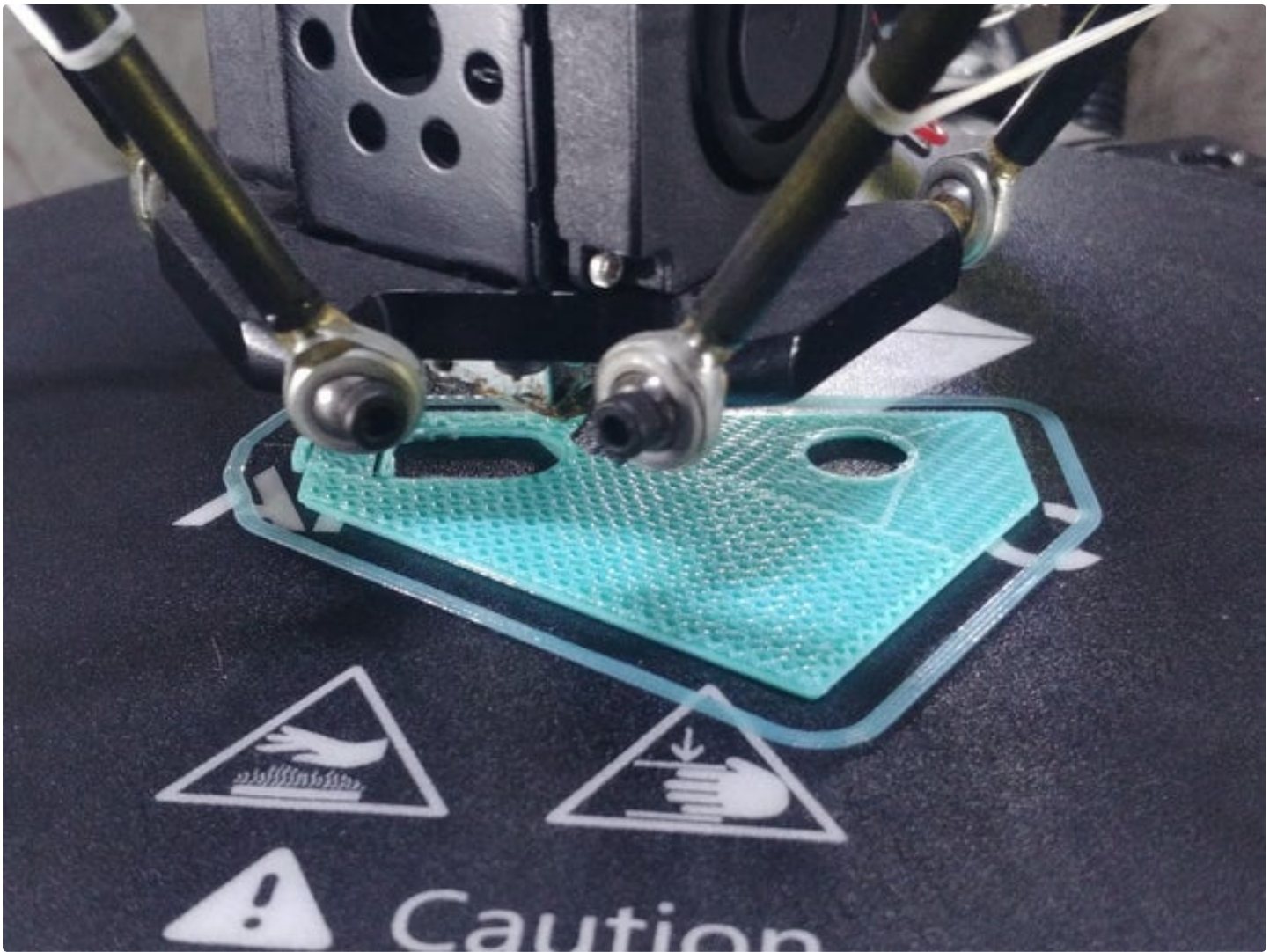
**Также есть несколько ВАЖНЫХ нюансов:**

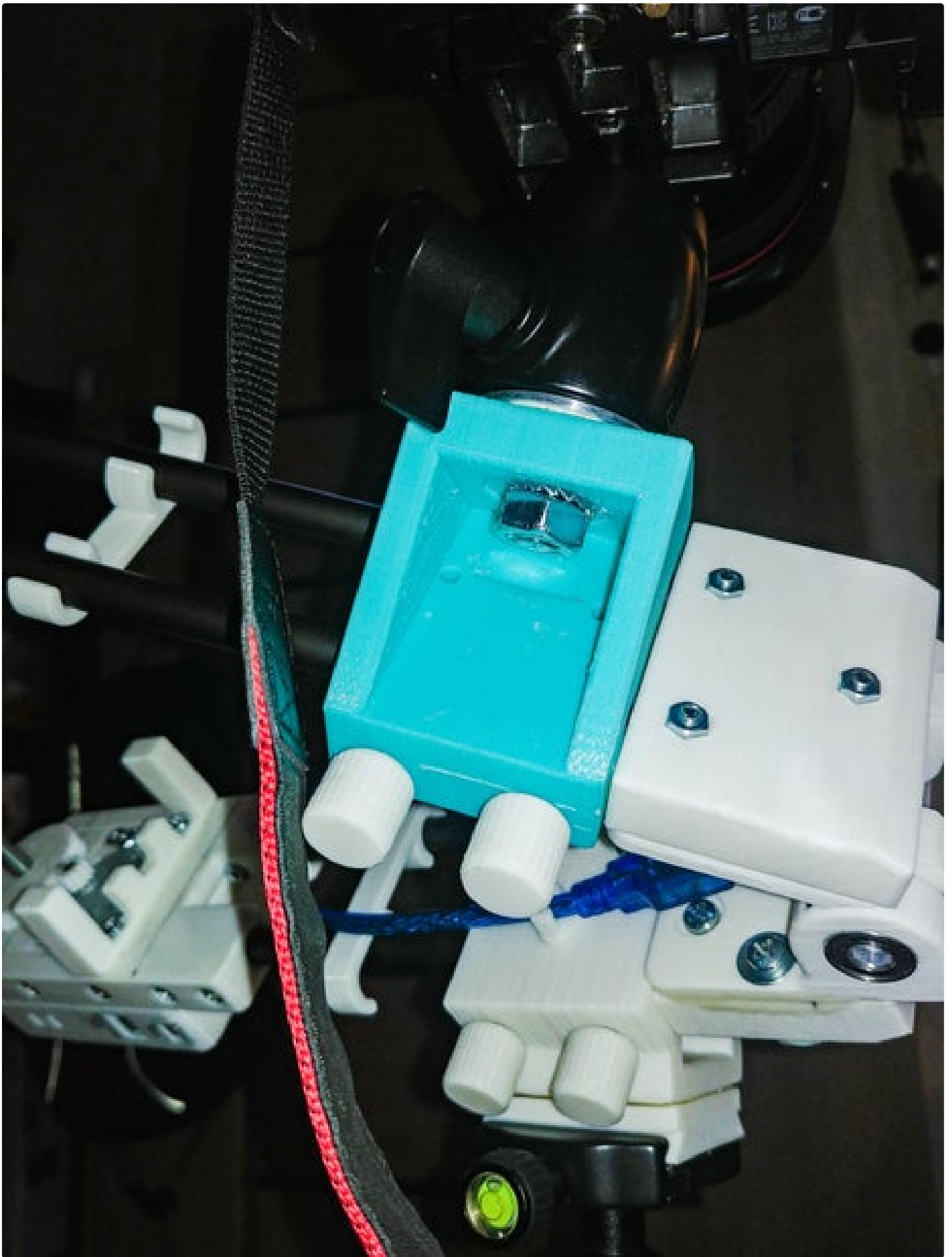
- Я изначально не планировал путешествовать по миру с этим устройством, поэтому сразу распечатал блок крепления трекера к штативу с углом в 55 градусов, т.к. живу я на 55 параллели в северном полушарии. Среди файлов .stl моделей для этой детали будет лежать .sldprt файл, чтобы каждый смог изменить угол под себя (потребуется приложение Solidworks).
- Также будет лежать .sldprt файл штативной площадки. Штативы у всех разные, значит разные и площадки, поэтому тут тоже придется немного помоделировать.
- Путем опытных испытаний и тестов я пришел к выводу, что большая шестерня, напечатанная сразу с резьбой (слоем 0.1 или меньшим) работает ощутимо лучше и плавнее, чем шестерня с установленной в ней металлической гайкой. Поэтому я рекомендую использовать именно модель шестерни с резьбой.
- Коэффициенты теплового расширения пластиковых и металлических деталей отличаются. При низких температурах зазоры между пластиковыми деталями и подшипниками будут увеличиваться, что приведет к появлению микролюфтов. Имейте это в виду при выборе пластика для печати. Я использовал PLA, и он на морозе ощутимо скукоживается.

Вот ссылка на все модельки для печати: <https://www.thingiverse.com/thing:5236071>

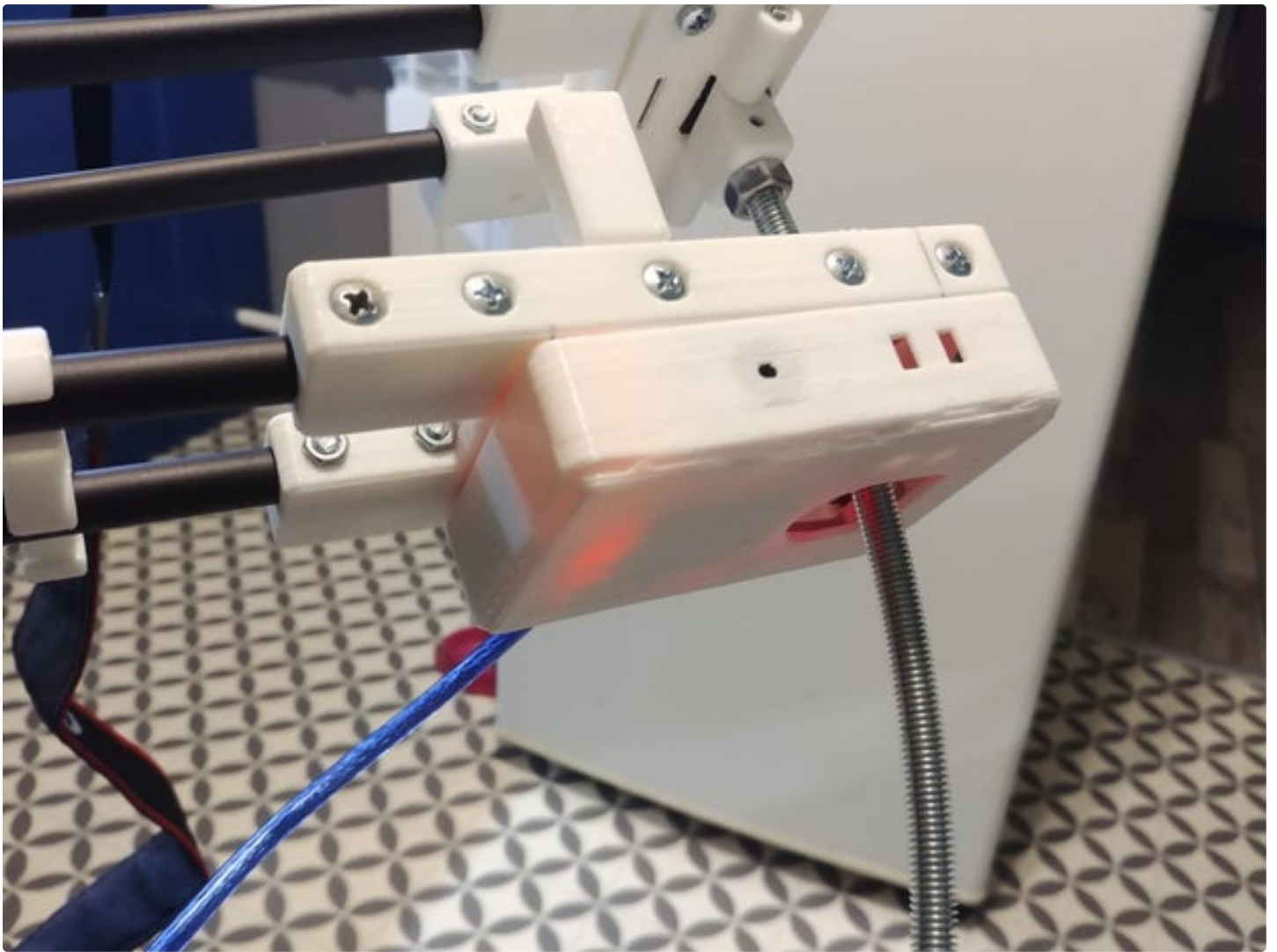






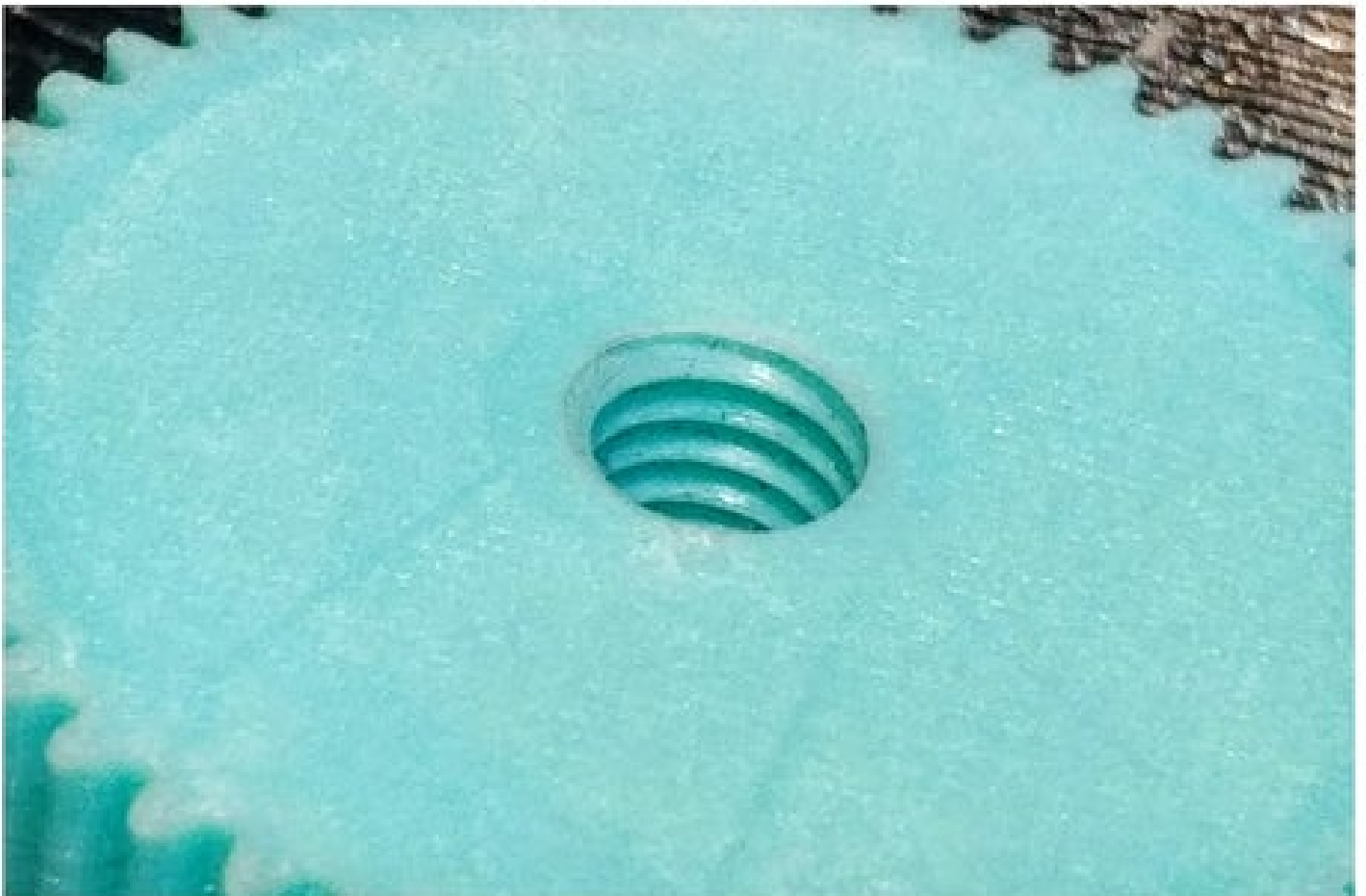
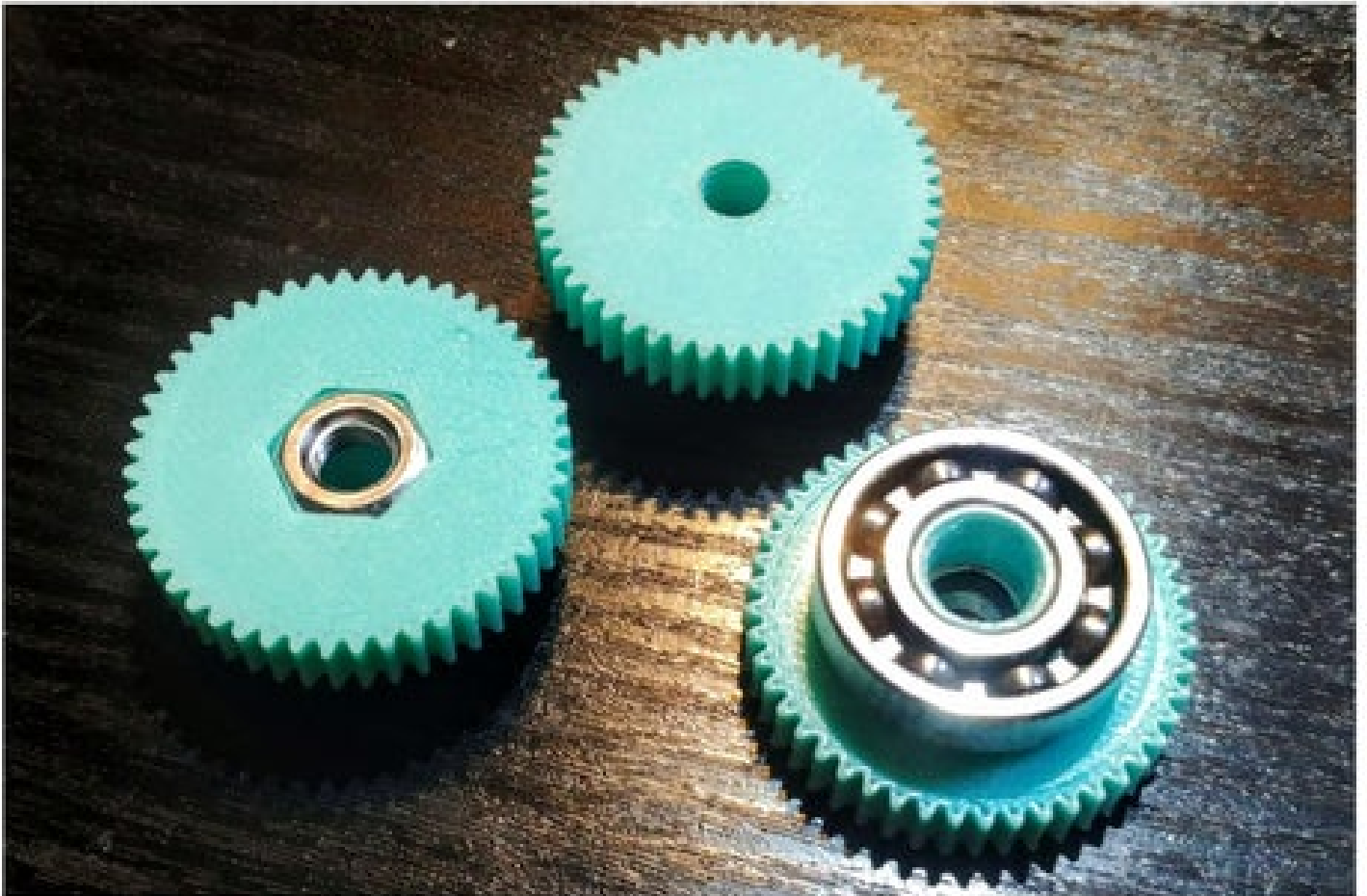


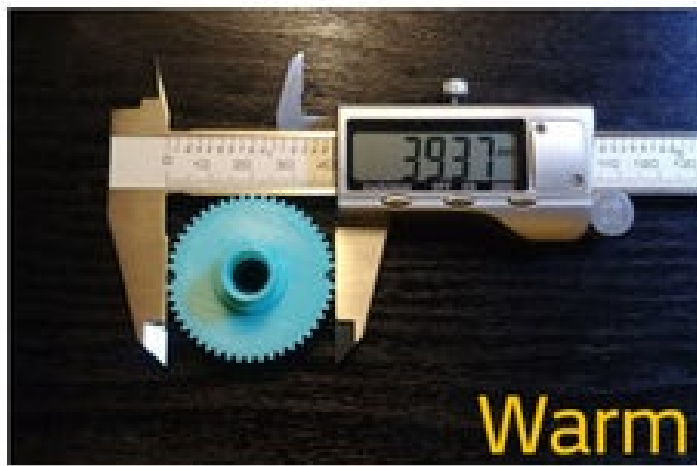


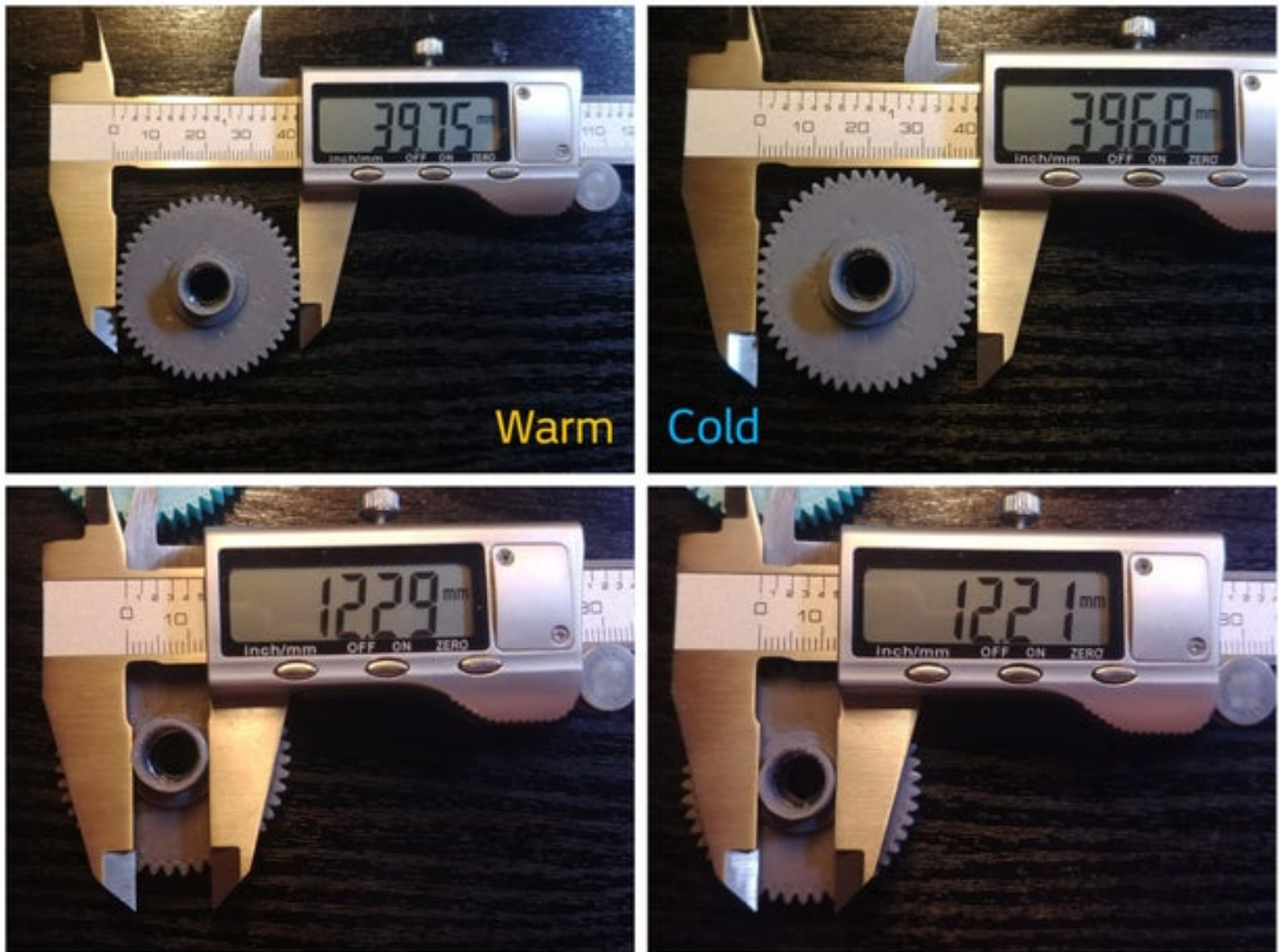












<https://www.instructables.com/F1P/IH8X/KZBA458W/F1PIH8XKZBA458W.pdf>

Download

### Step 3: How to Bend the Threaded Rod

--- EN ---

Bending a threaded rod to an exact radius can be a pretty tricky task. But there are two main and popular ways of doing it:

1. **Simple way.** You can use a stencil printed on a piece of paper. Gradually bend the rod until its curvature matches the stencil. But **I really don't recommend using this option** because the radius won't be perfect, which will eventually affect the work of the tracker.
2. **A bit more complicated way.** We'll need a large wooden board and a jigsaw. Using a ruler or big compass (or the same stencil from the simple way), mark on the board a curve with the required radius minus the diameter of the rod divided by two. For example, in our case (using M8 rod) it will be:  $282\text{mm} - 8\text{mm} / 2 = 278\text{mm}$ . Next, a piece of board is cut off with a jigsaw along this radius. Now we got a layout, according to which the rod should be bent. This method is much more accurate than the previous one. If you have questions, take a look at the attached photos.



Согнуть шпильку точно по радиусу - задача непростая, но есть два основных и наиболее популярных способа это сделать:

1. **Простой способ.** Можно использовать напечатанный на листке А4 трафарет. Необходимо на глазок постепенно подгибать шпильку до тех пор, пока она не будет перекрывать линию на трафарете. Далее лишние края срезаются, и изогнутый участок устанавливается в трекер.
2. **Способ посложнее.** Тут нам понадобится доска и лобзик. Берем линейку, либо большой циркуль, либо тот же трафарет из предыдущего шага, рисуем на доске кривую требуемого радиуса (в нашем случае это  $282\text{mm} - 8\text{mm} / 2 = 278\text{mm}$ ) и по ней лобзиком отрезаем часть доски. Далее саморезами к краю торца прижимаем край шпильки и интенсивными движениями загибаем шпильку. Если что-то непонятно, то фотографии должны все разъяснить.





















$$R = 282\text{mm} - 8\text{mm}/2 = 278\text{mm}$$

Check the scale here!  
Must be **100mm** exactly.



Download

<https://www.instructables.com/FW7/J7Q5/KZ9UMI2V/FW7J7Q5KZ9UMI2V.pdf>

## Step 4: Electronics

--- EN ---

Electronic part of tracker is pretty simple. It consists of an Arduino board, stepper motor with driver, mini USB port board, piezo buzzer and a couple of switches. The only thing you have to do in this step is to properly solder everything together, according to the wiring diagram.

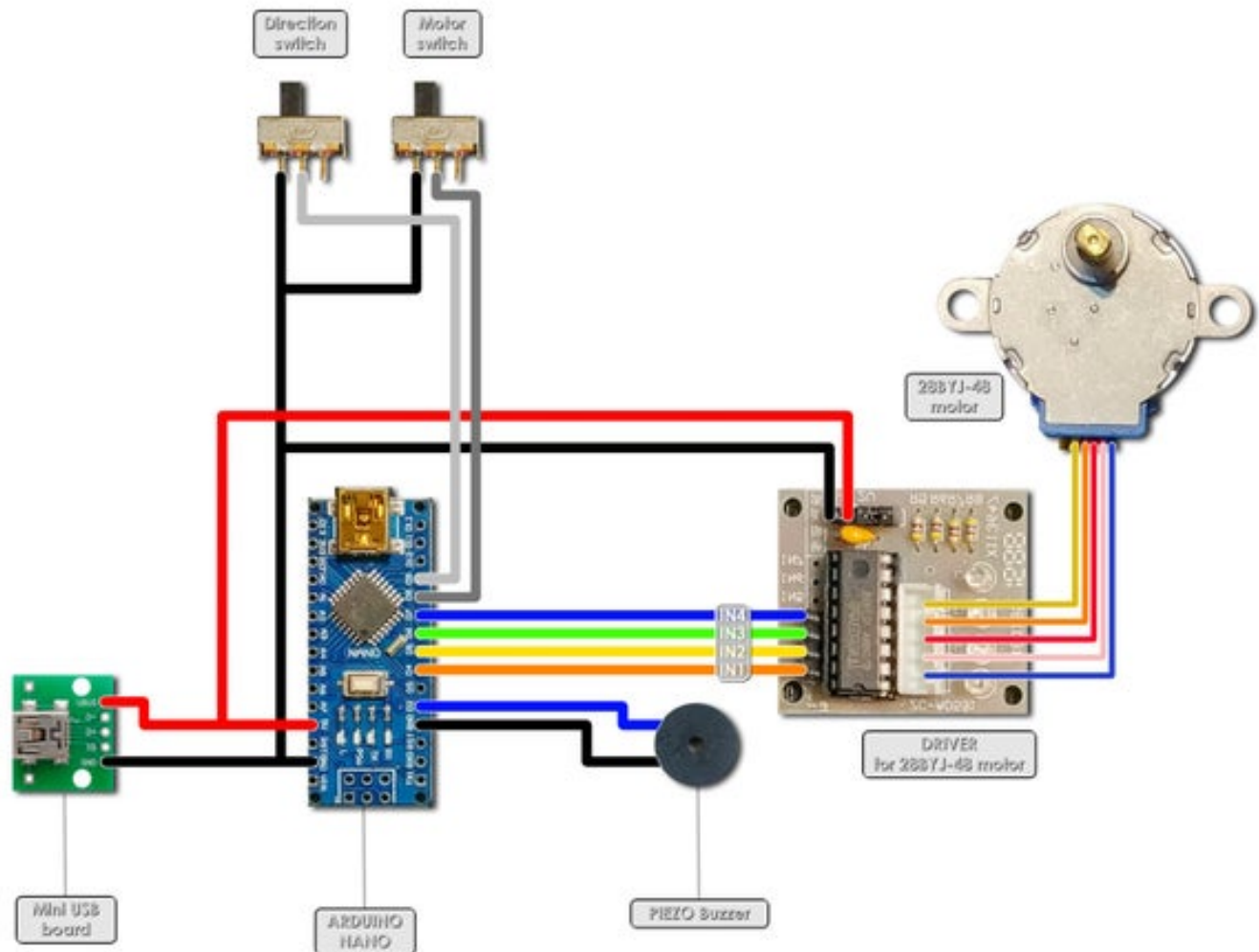
Tracker is powered by a standard 5V USB power bank.

--- RU ---

Электронная часть трекера довольно проста. Она состоит из платы Arduino, шагового двигателя с драйвером, платы порта mini USB, пьезопищалки и пары переключателей. Единственное, что Вам нужно сделать на этом этапе, это правильно припаять все вместе, в соответствии со схемой подключения.

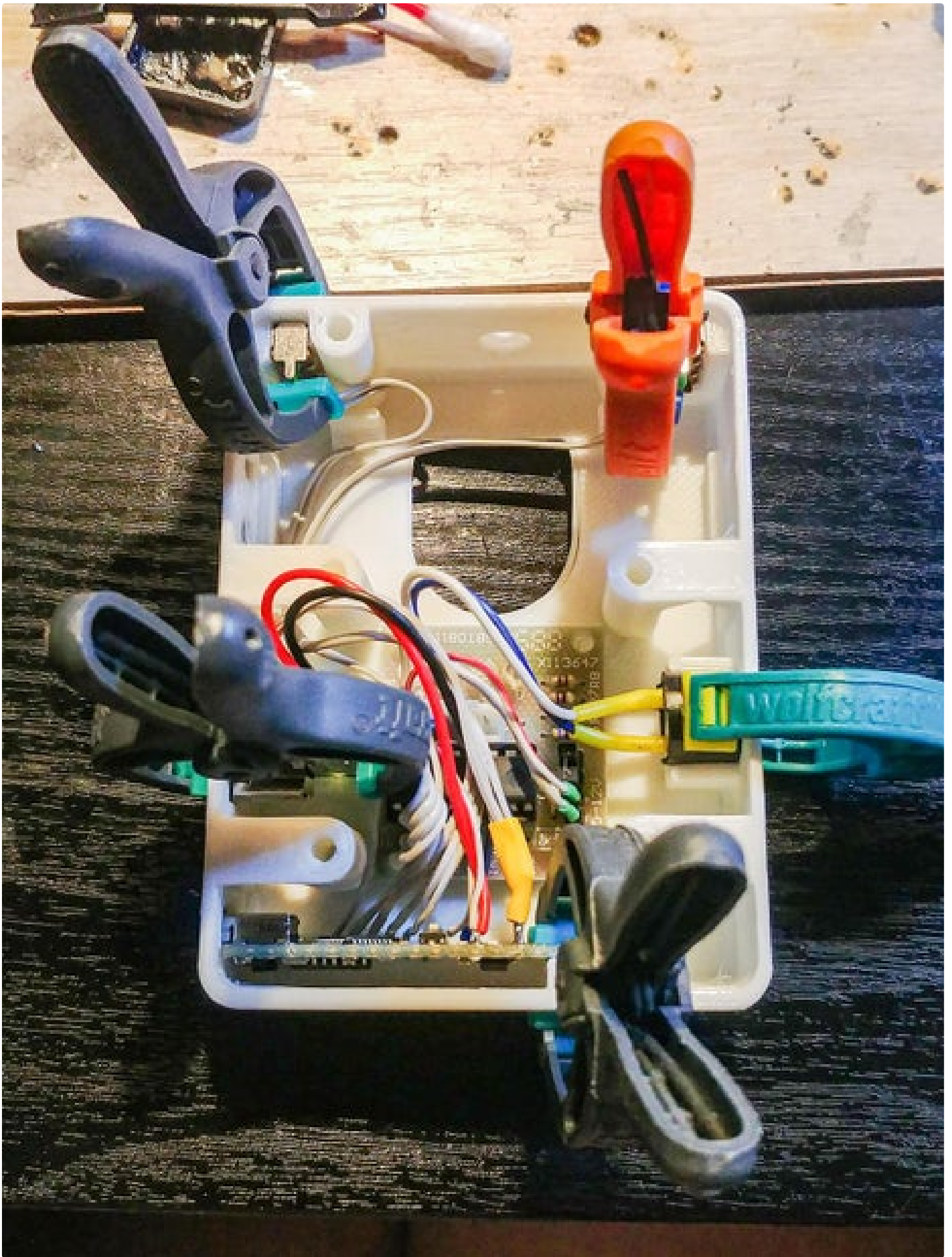
Питается трекер от стандартного 5-вольтового USB-повербанка.

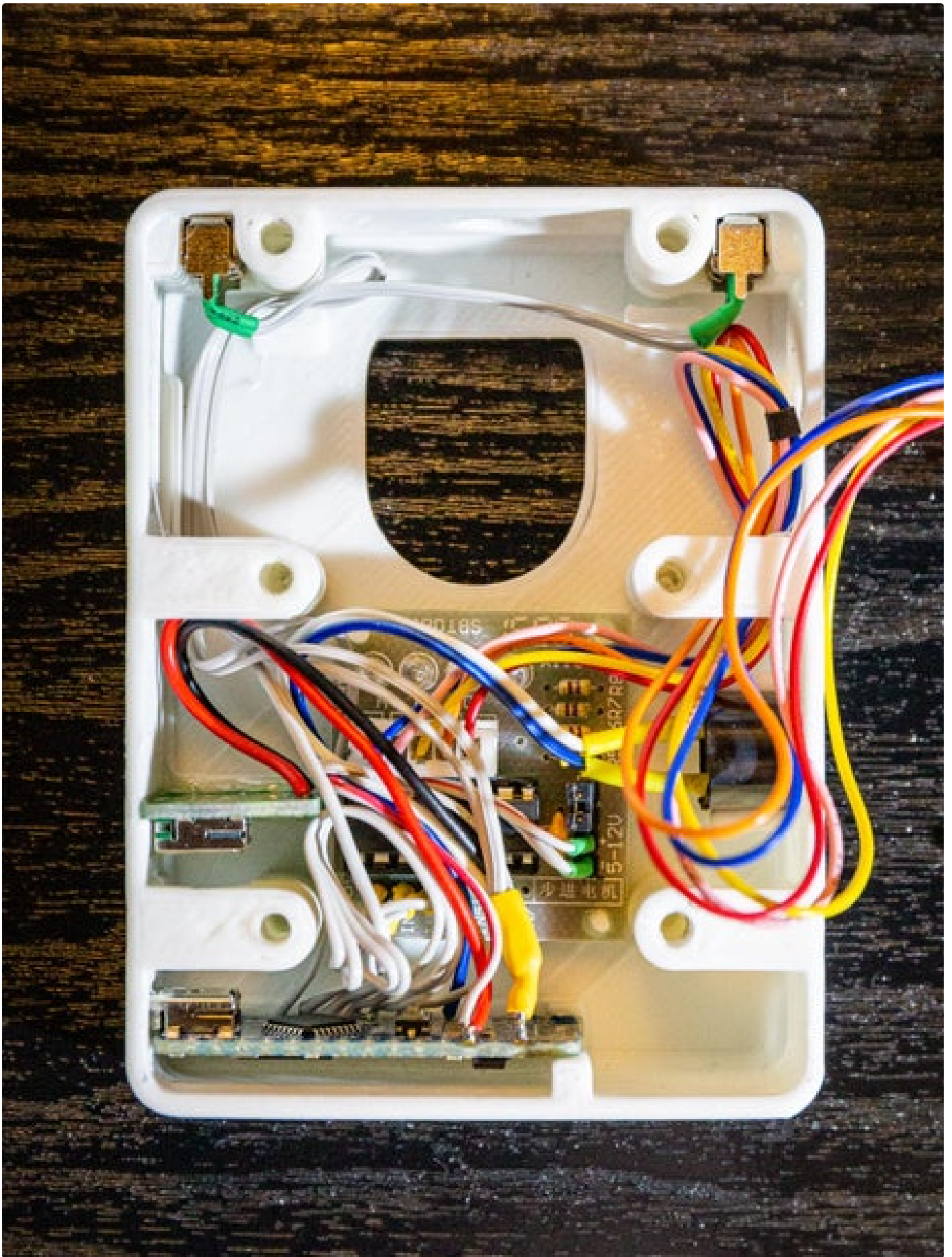
## Star Tracker wiring diagram











---

## Step 5: Gear Rotation Speed

— EN —

In this step, we will deal with the **calculation of the theoretical speed of rotation of the motor shaft**

The formula is very simple:  **$2 \cdot \pi \cdot R / \text{Sidereal Day} = \text{Rod Gear Speed} \cdot \text{Thread Pitch}$**

- **Sidereal Day** = 23 hours 56 minutes 4,0905 seconds = **1436,068175 minutes**
- **M8 rod thread pitch** = **1,25 mm**
- Rod radius (**R**) = **282 mm**
- Gear ratio = **4**
- **$\pi = 3,14159$**

**Rod Gear Speed** =  $2 \cdot \pi \cdot R / \text{Sidereal Day} / \text{Thread Pitch} = 2 \cdot 3.14159 \cdot 282 / 1436.068175 / 1.25 = \sim 0.987$  **revolutions per minute**

**Motor Shaft Speed** = **Rod Gear Speed** \* **Gear Ratio** =  $0.987 \cdot 4 = \sim 3.948$  **revolutions per minute**

**Motor shaft speed** can also be expressed as:  $60 / 3.948 = \sim 15.198$  **seconds per revolution**

The data of these calculations will be required further to determine the variable value in the firmware code.

— RU —

В этом шаге отдельно рассмотрим **расчет теоретический скорости вращения вала двигателя** для нивелирования вращения Земли вокруг оси.

Формула для расчета очень проста:  **$2 \cdot \pi \cdot R / \text{Звездные сутки} = \text{Скорость шестерни шпильки} \cdot \text{Шаг резьбы}$**

- **Звездные сутки** = 23 часа 56 минут 4,0905 секунд = **1436,068175 минут**
- **Шаг резьбы** шпильки M8 = **1,25 мм**
- Радиус изгиба шпильки (**R**) = **282 мм**
- Передаточное число шестерен = **4**
- **$\pi = 3,14159$**

**Скорость шестерни шпильки** =  $2 \cdot \pi \cdot R / \text{Звездные сутки} / \text{Шаг резьбы} = 2 \cdot 3,14159 \cdot 282 / 1436,068175 / 1,25 = \sim 0,987$  **оборотов в минуту**

**Скорость вращения вала двигателя** = **Скорость шестерни шпильки** \* **Передаточное число** =  $0,987 \cdot 4 = \sim 3,948$  **оборота в минуту**

**Скорость вала** можно также выразить в следующем виде:  $60 / 3,948 = \sim 15,198$  **секунд на один оборот**

Данные этих расчетов потребуются далее для определения переменной в коде прошивки, отвечающей за скорость вращения мотора.

---

## Step 6: Arduino Firmware

— EN —



The firmware code is super easy. We only need to correctly control the speed of the stepper motor.

But in order to correctly determine the value of delay between motor steps, we need to use the value of the motor shaft speed from the previous step, and we also need to make several runs of the device for calibration.

I took the principle of calculating the delay value from this video ( [link](#)). Many thanks to [Ladik Artyom](#) for his calculator and the description of working with it. Based on his original file I made a more comfortable to use calculator and translated it to English.

**IMPORTANT!** The video is in Russian, so turn on the subtitles to be able to understand what's going on. If you still don't understand how to use the calculator after watching the video, please leave a comment under this instructable and I'll try to add a separate step of how to use it with screenshots.

Unfortunately Instructables does not support .xlsx files (Microsoft Excel files), so here's an external **link to Calculator files**: <https://www.dropbox.com/sh/69iz8zhk1wjppqt/AABETslivX5BIHx0XMP-EUFqa?dl=0>

**In the end of this step there's a firmware .ino file attached (BarnDoor\_Tracker.ino).**

For those, who is not familiar with Arduino and programming in general, here's a link to a great video tutorial for beginners:

<https://www.youtube.com/watch?v=R102xfcx75I>

--- RU ---

Код прошивки максимально простой. Нужно лишь правильно управлять скоростью мотора.

Но чтобы правильно определить величину задержки между шагами двигателя, необходимо значение скорости вала двигателя из предыдущего шага, а также необходимо провести несколько прогонов устройства для калибровки.

Принцип расчета величины задержки я взял из вот этого видеоролика ([ссылка](#)). Огромное спасибо [Ладик Артёму](#) за его калькулятор и описание работы с ним.

К сожалению, Instructables не поддерживает добавление .xlsx файлов, поэтому вот **ссылка на скачивание калькулятора**: <https://www.dropbox.com/sh/69iz8zhk1wjppqt/AABETslivX5BIHx0XMP-EUFqa?dl=0>

**В конце шага прикреплен файл прошивки для платы Arduino (BarnDoor\_Tracker.ino).**

Для тех, кто не знаком с Arduino, да и вообще с программированием, вот ссылка на видео-мануал, где по полочкам разложено, что и как надо делать, чтобы загрузить прошивку в контроллер:

<https://www.youtube.com/watch?v=R102xfcx75I>



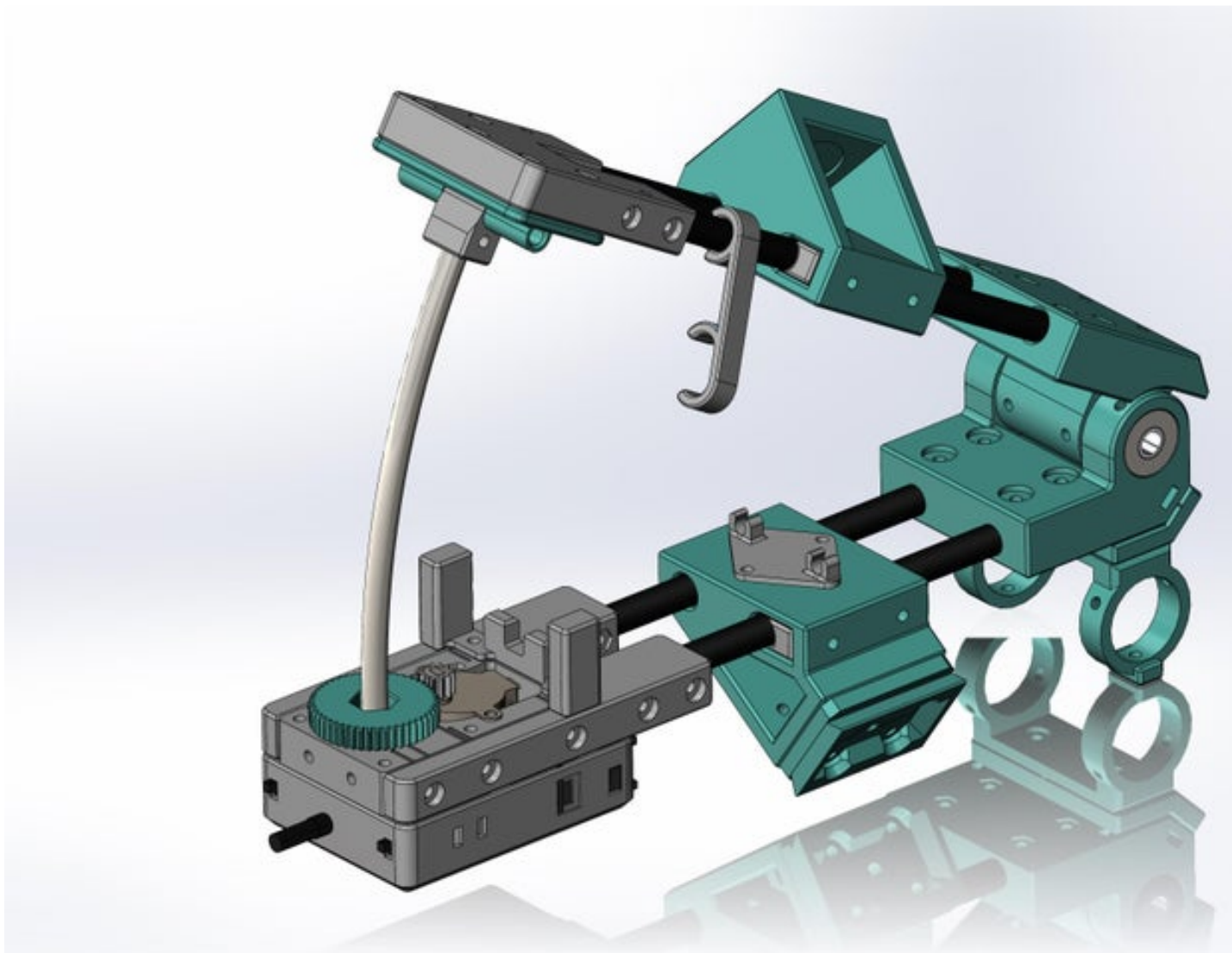
## Step 7: Device Assembly

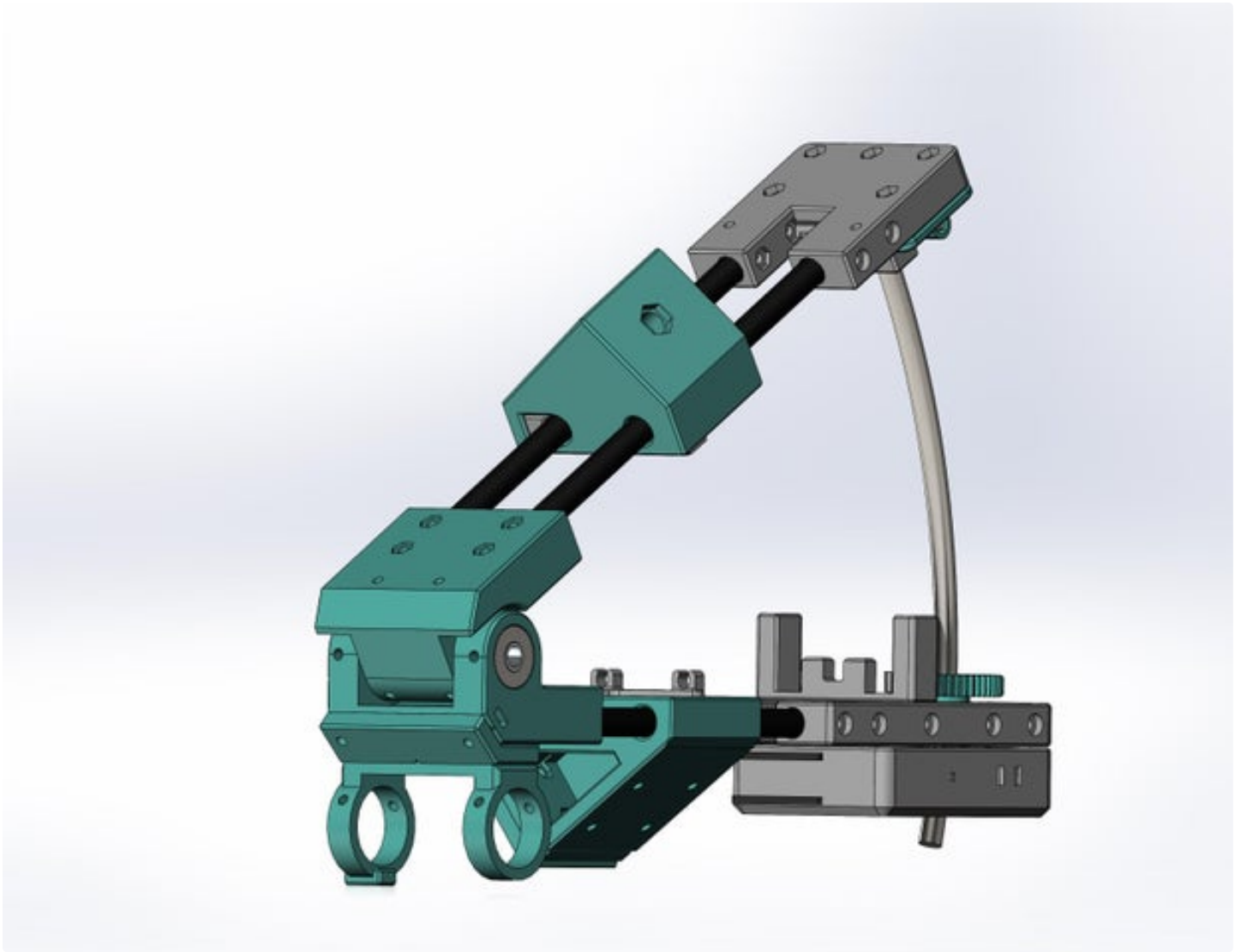
--- EN ---

Despite the many details, the assembly of the device is intuitive, so in this step I will only provide a few screenshots of the main components, as well as several photos of the same components of the already assembled device.

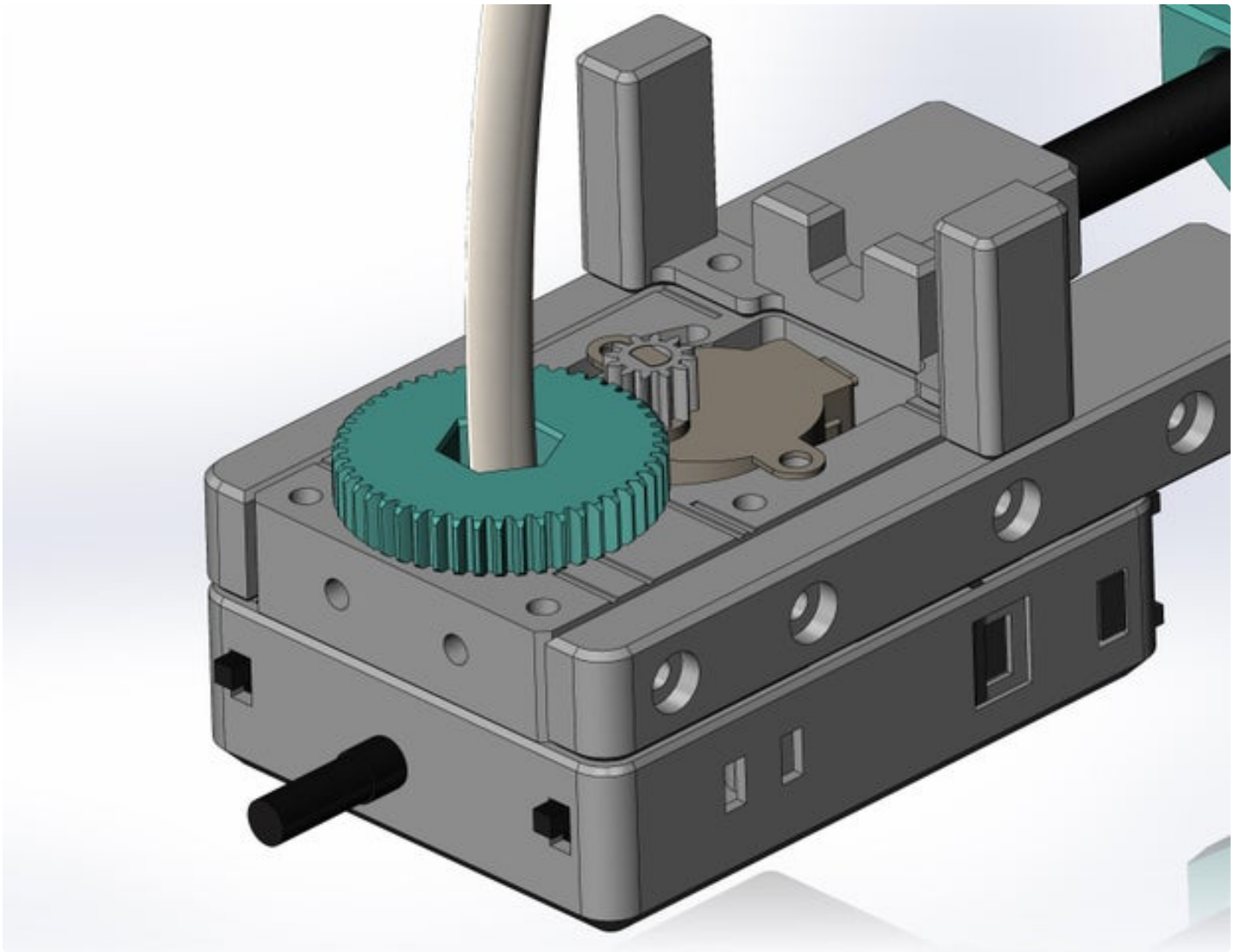
--- RU ---

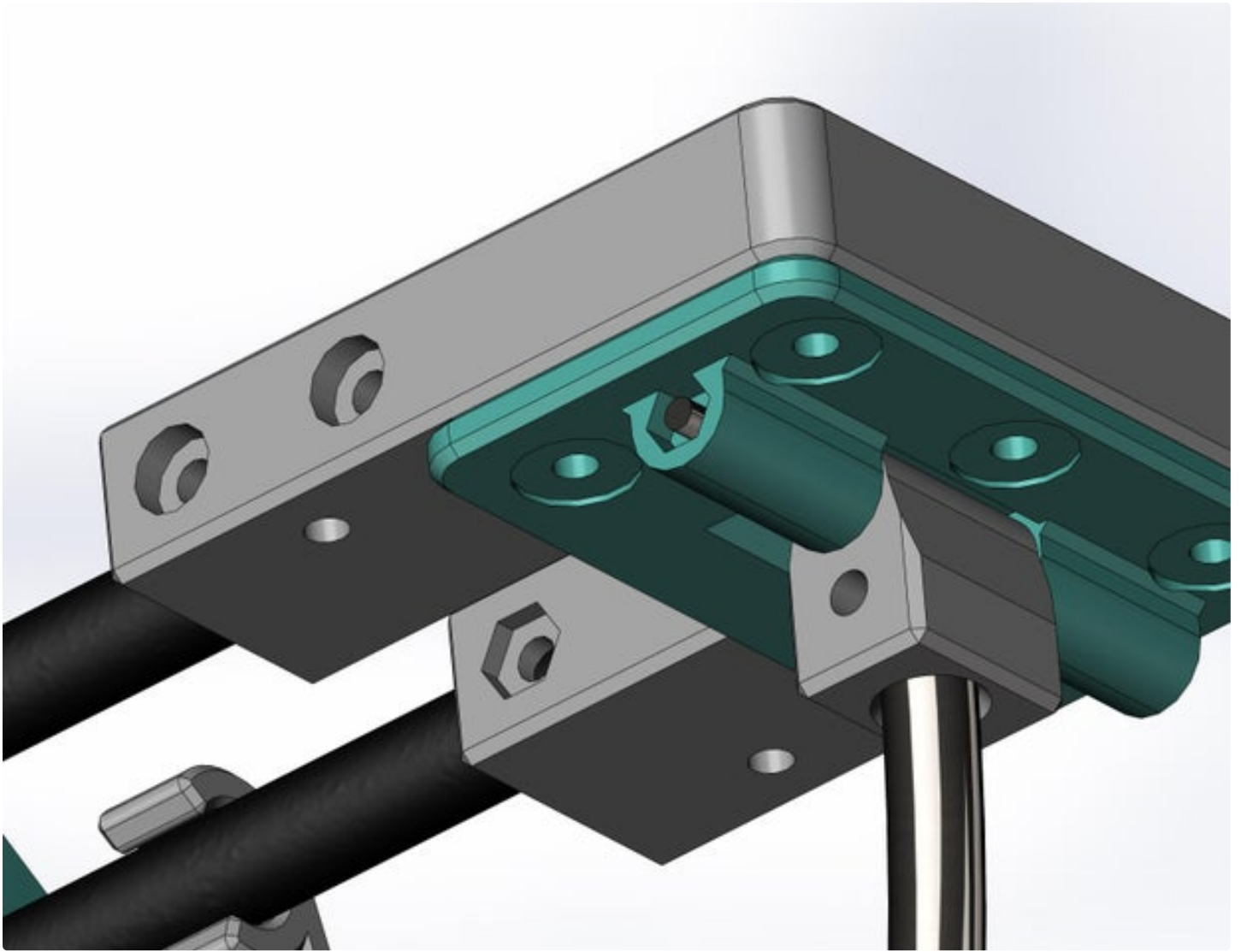
Несмотря на обилие деталей, сборка устройства интуитивно понятная, поэтому в этом шаге я лишь приведу несколько скриншотов основных узлов, а также несколько фотографий тех же узлов уже собранного устройства.

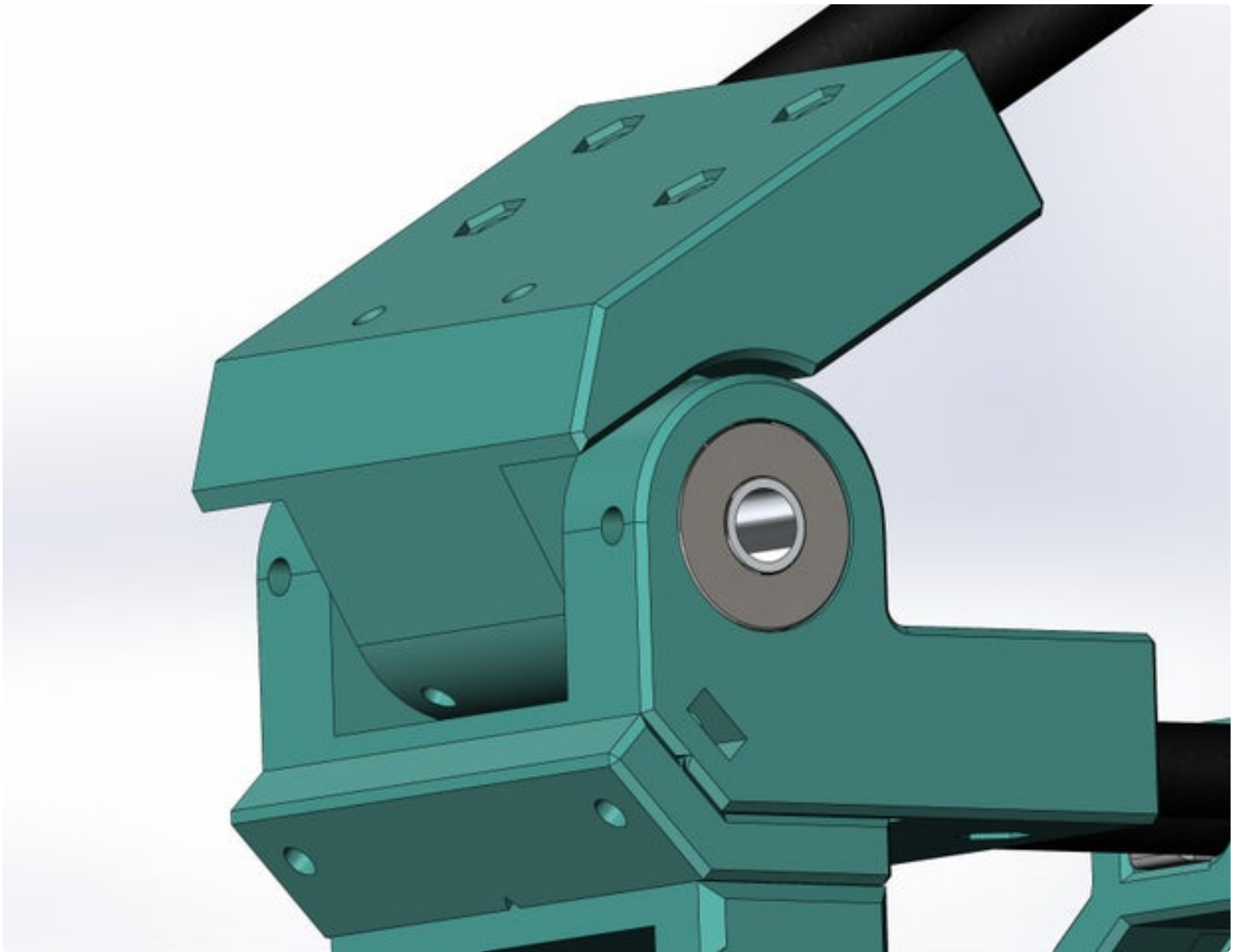






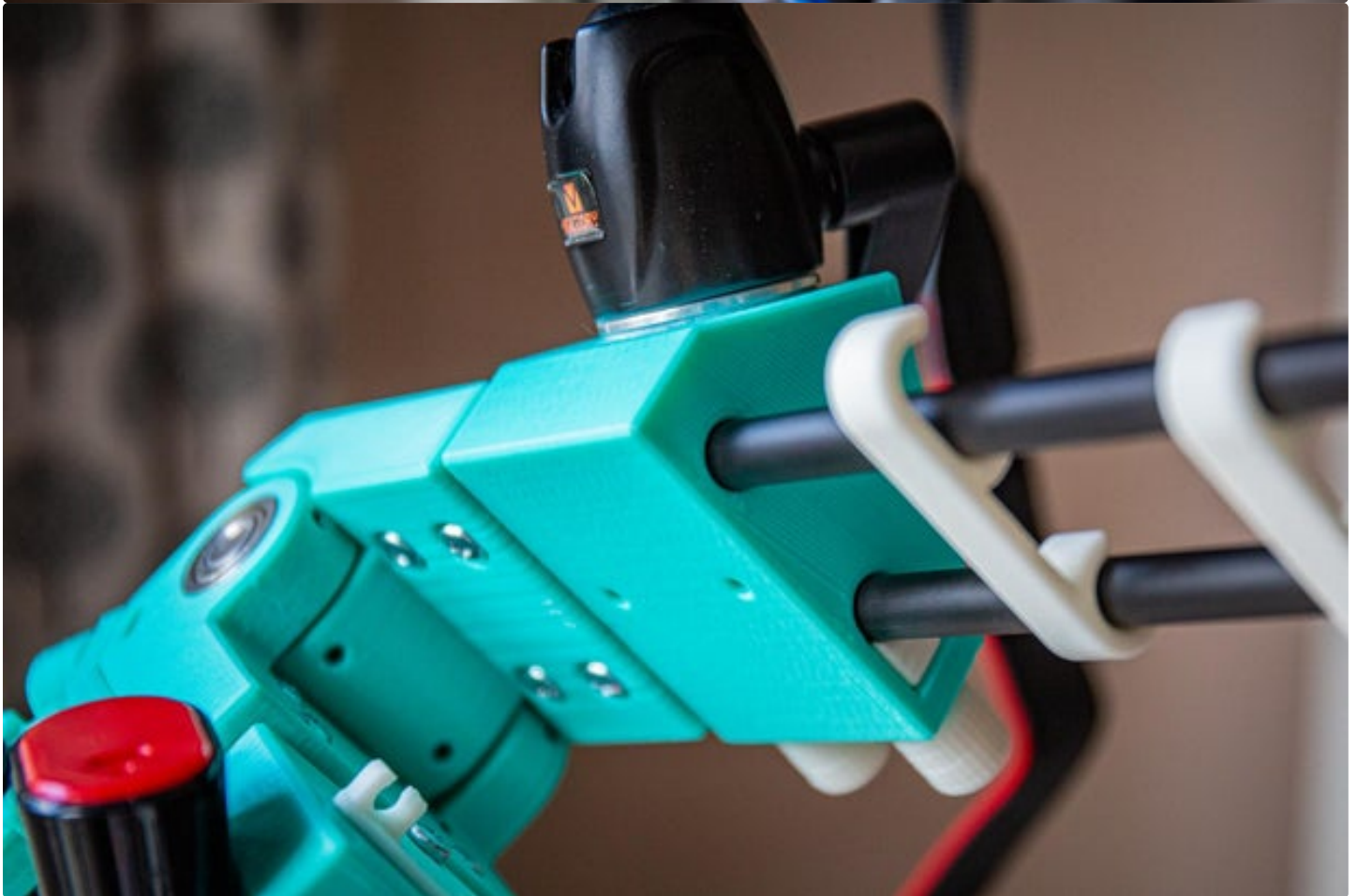
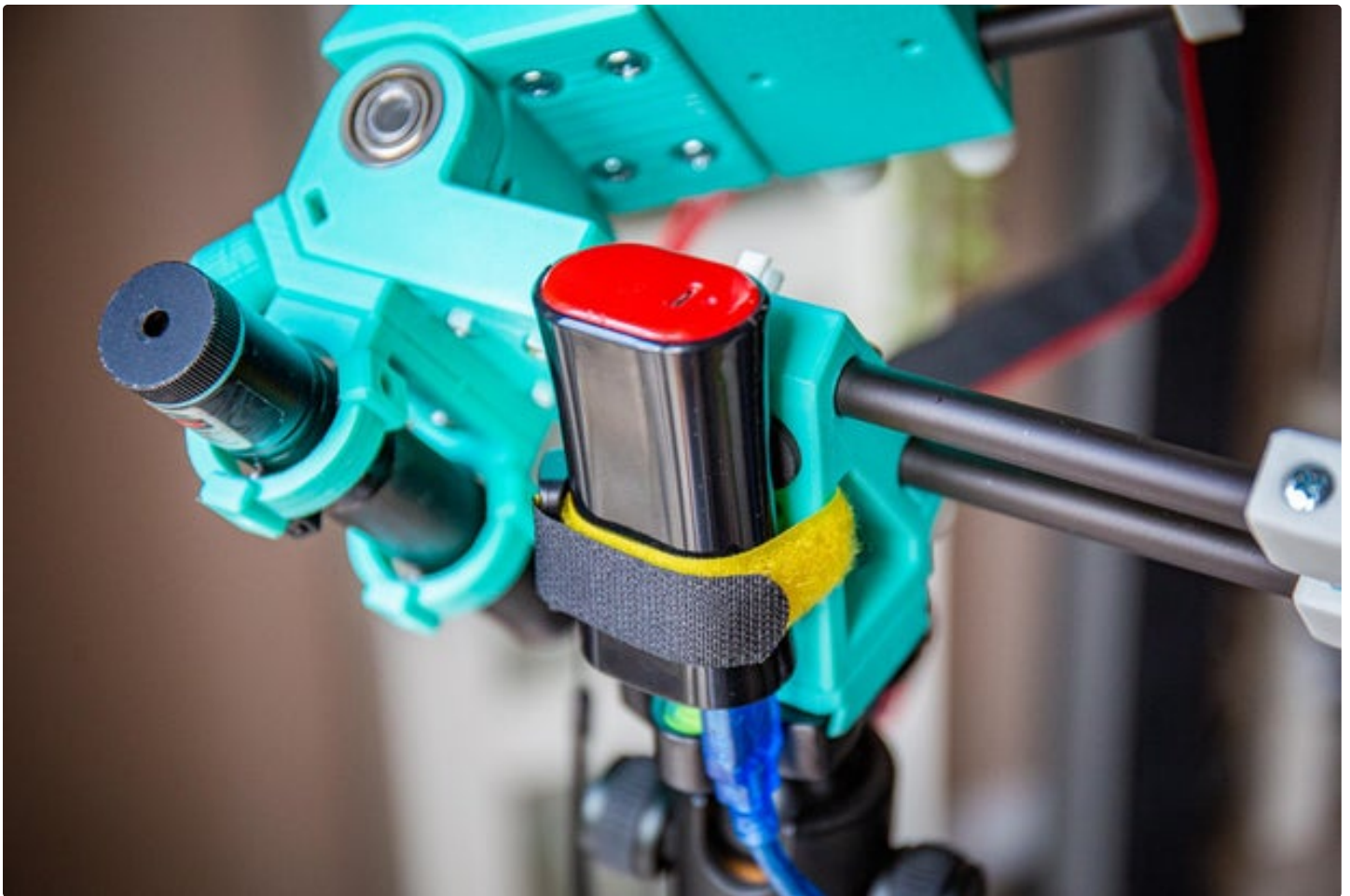




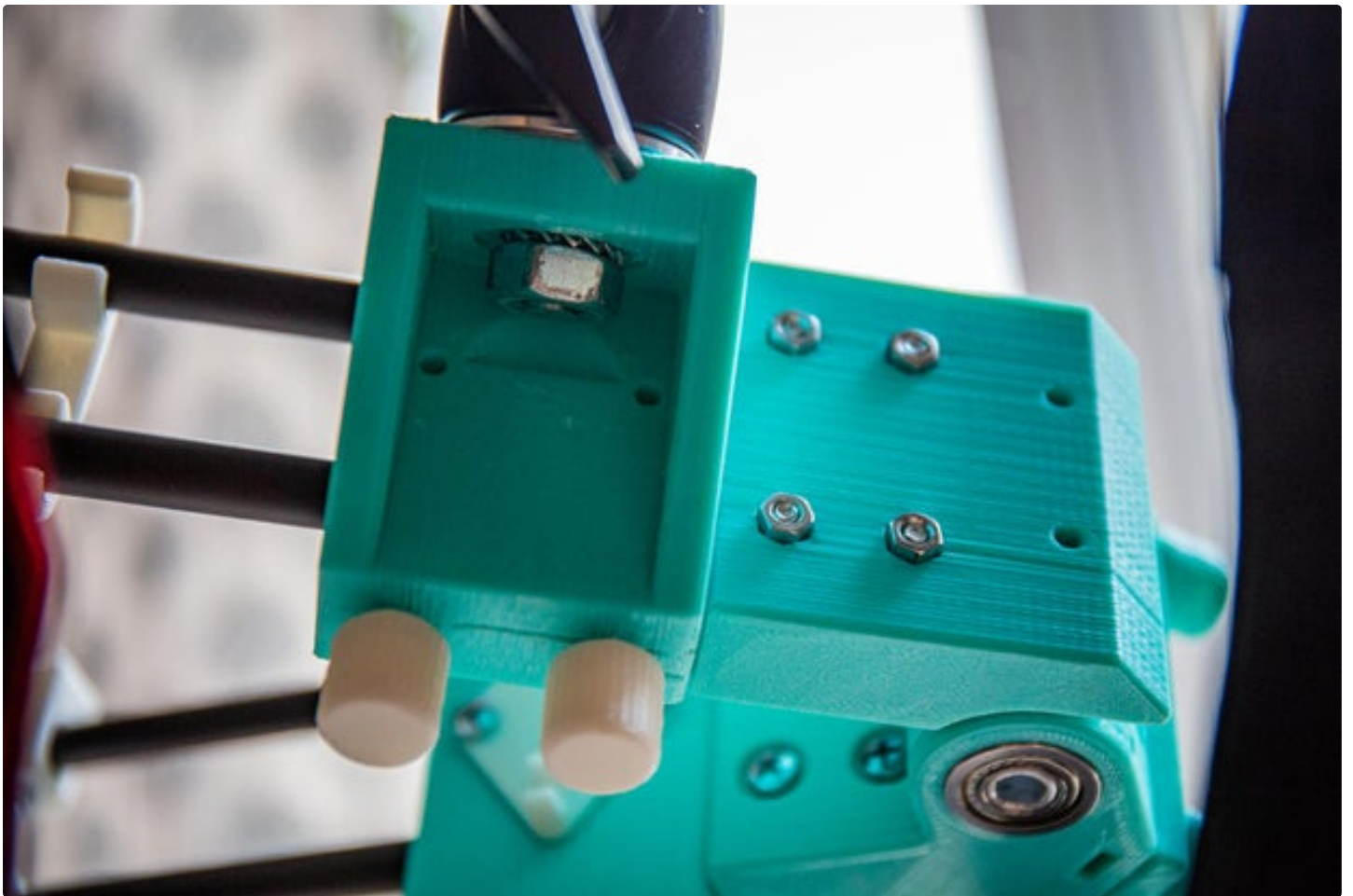




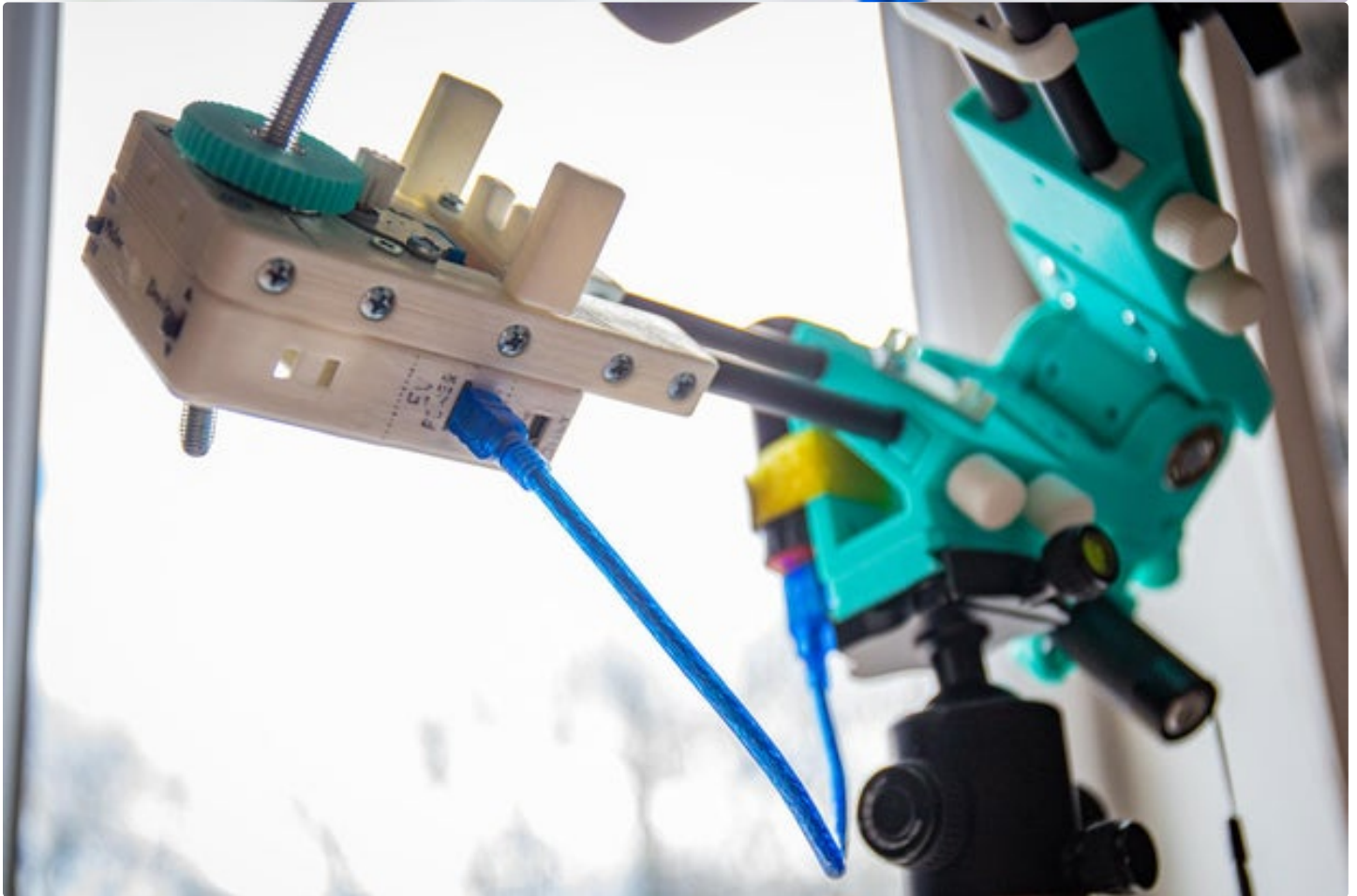
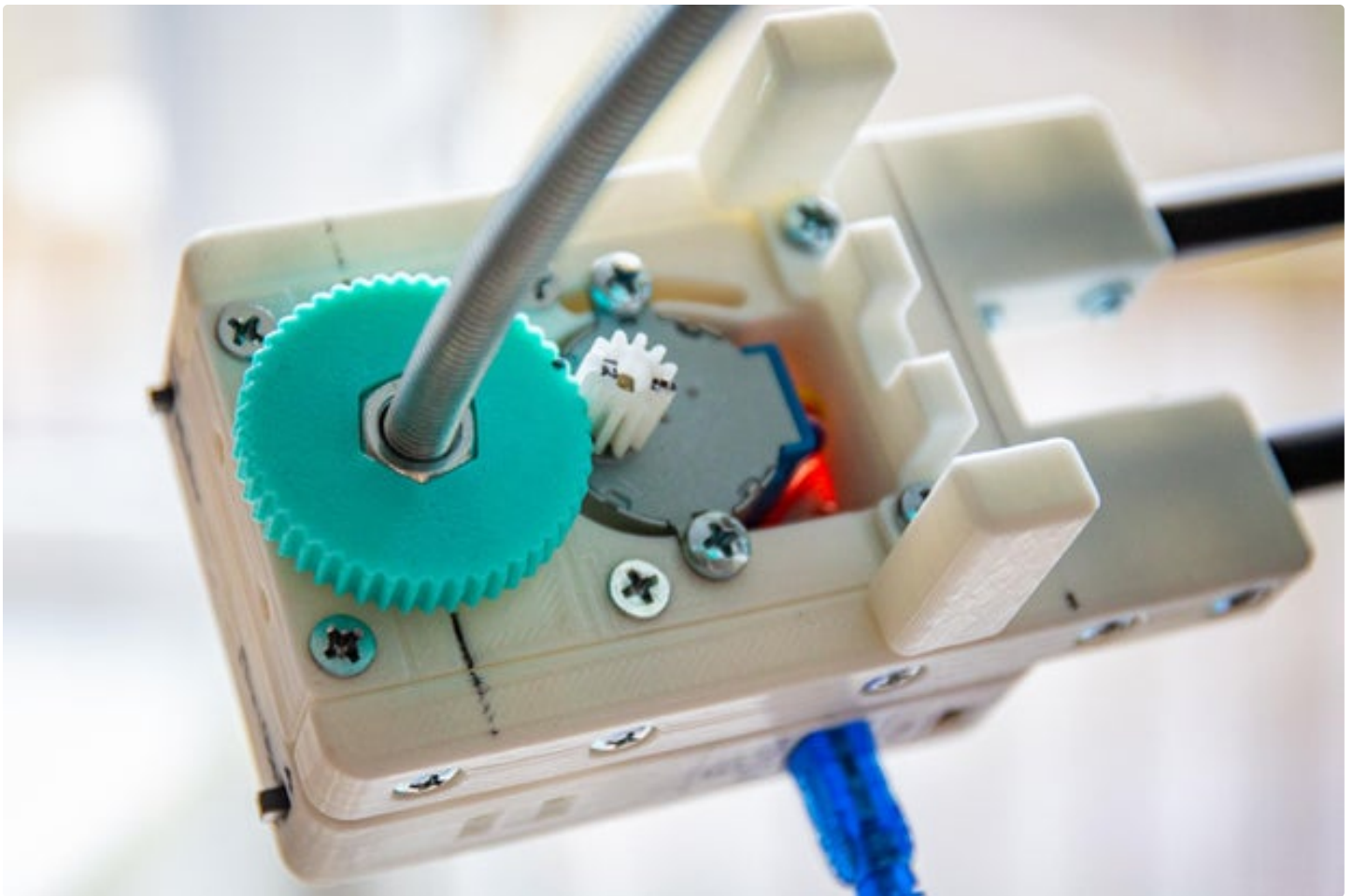


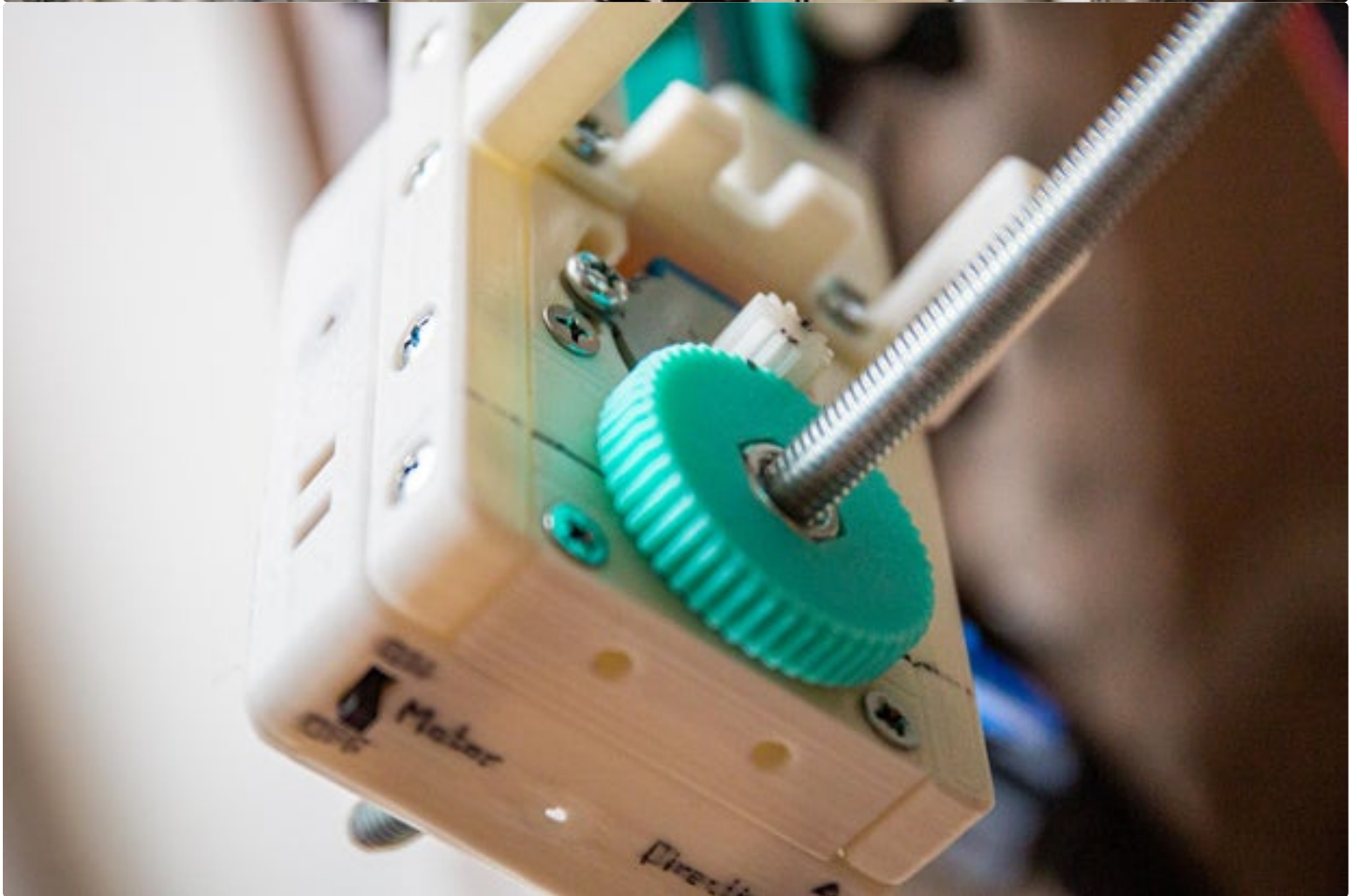




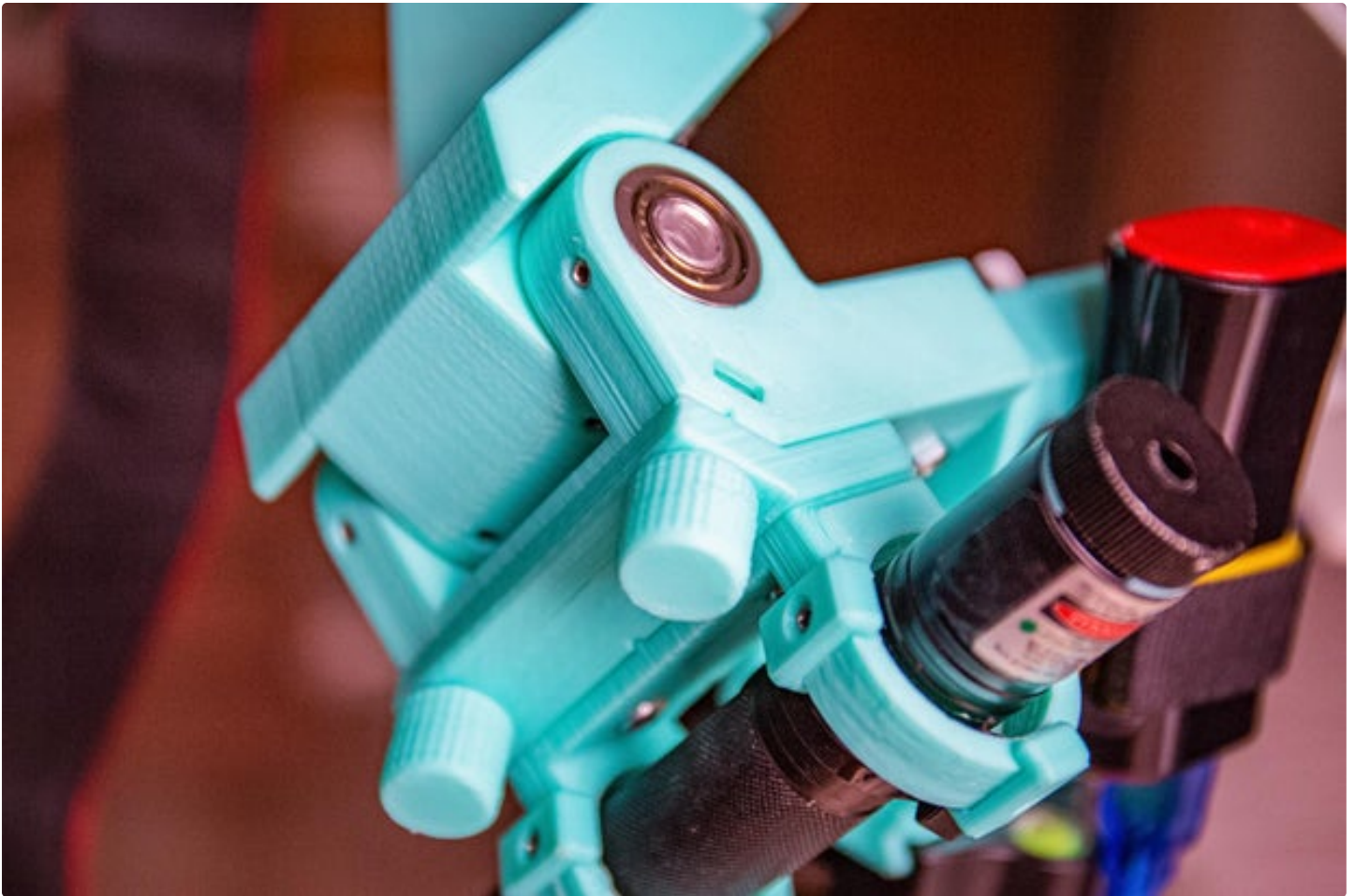












---

## Step 8: Case

--- EN ---

Since this is a precision device, and also contains a number of detachable parts, I decided to make a carrying case for it. The frame of the case is hard, but with soft foam inserts, so that when hitting something, the insides are not damaged.

Unfortunately, I didn't make the patterns, but if you want to make something similar, you can roughly determine from the pictures how and what to stitch. :)

--- RU ---

Поскольку устройство высокоточное, а также содержит в себе ряд отсоединяемых деталей, решил сделать для него удобный чехол для переноски. Каркас чехла жесткий, но с мягкими поролоновыми вставками, чтобы при ударах обо что-либо внутренности не повреждались.

К сожалению, выкройки я не делал, поэтому предоставить их не смогу. Но если у вас будет желание сделать что-то подобное, по снимкам можно примерно определить как и что сшивать. :)







Side

450 mm

150 mm

155 mm

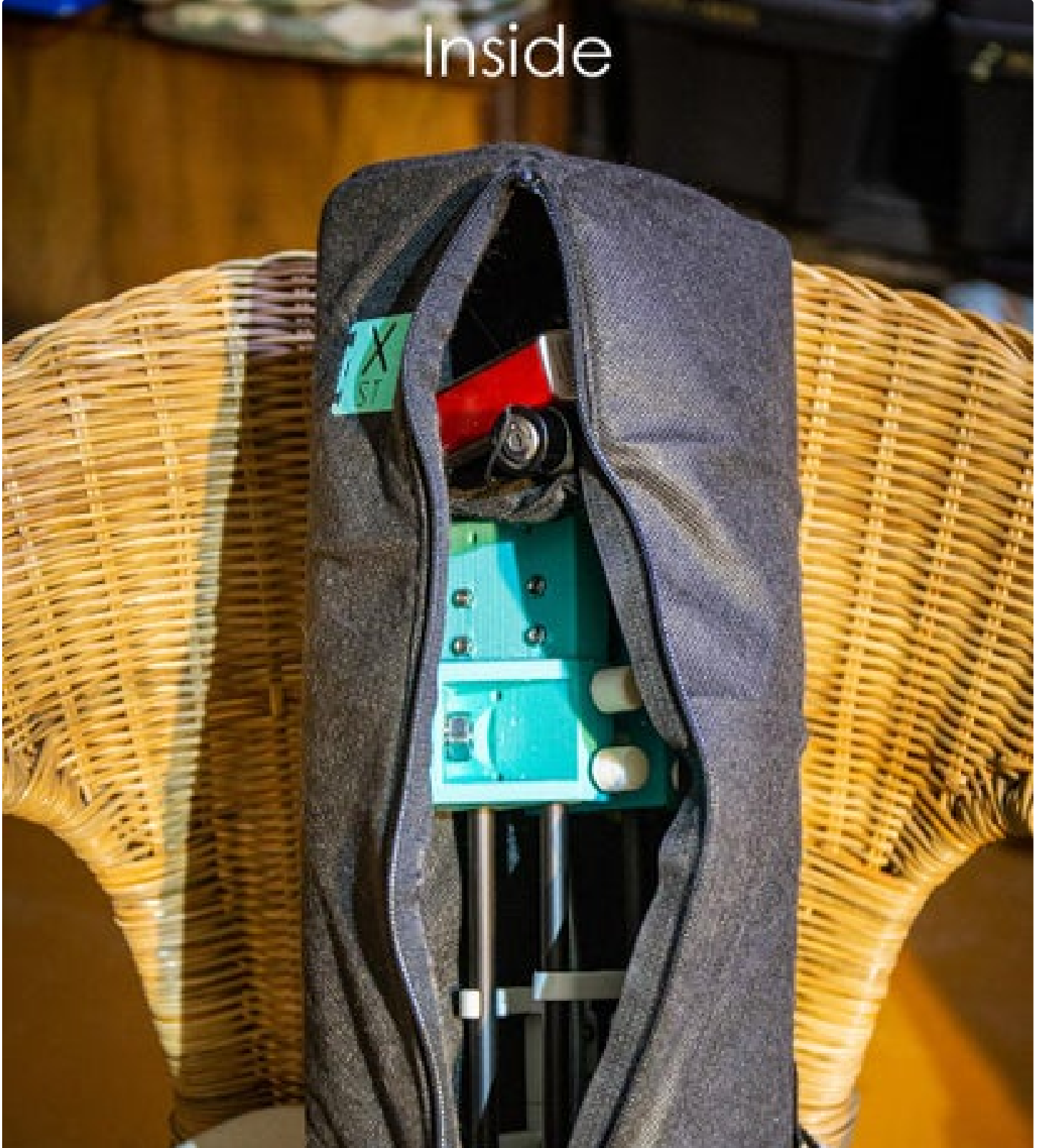
# Together with tripod







Inside





Glowing logo









## Step 9: Testing

— EN —

updated 08.02.2023

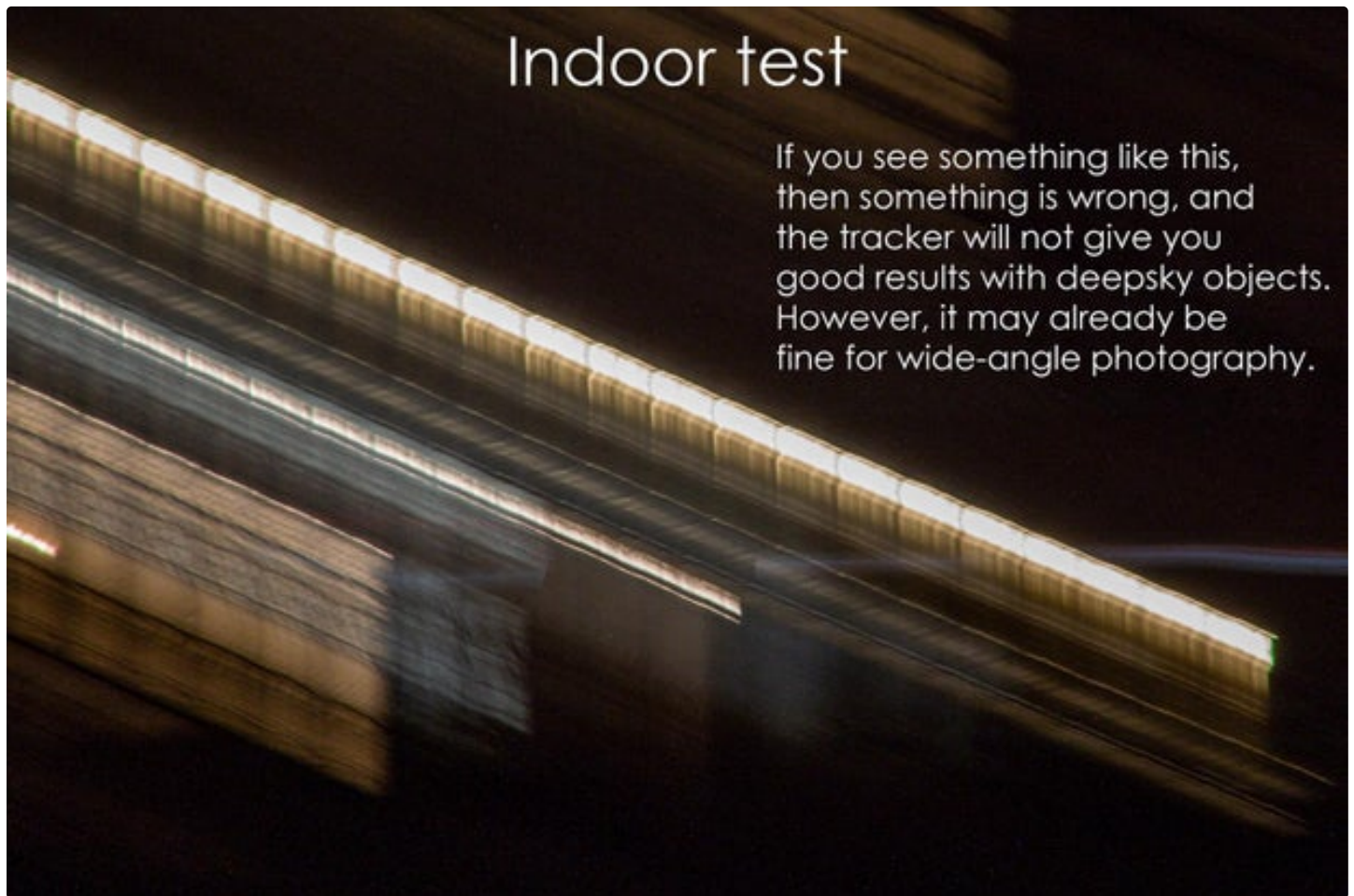
1. For the first tests, you do not even need to leave your house. When it's dark outside, install the tracker with the camera by the window so that any remote light source can be seen through the camera lens. Next, you need to focus the camera, turn on the tracker drive and press the shutter button (the camera settings should be something like this, but you may have to experiment: **ISO - 100; SS - 5-7 min (in Bulb mode); Apt. - f/20-f/40**). **The main point of this test** is to get a track of a distant light source. This track should be as straight as possible, with as few bends as possible and the same intensity along the entire length. If you see a wriggling line, then something is wrong (perhaps a backlash in the main joint, loose bolts, misalignment of the plane of the large gear and its bearing, etc.).
2. Once you've passed the indoor test, it's time to go outside and check the tracker speed. This may require several trips (or several on-site firmware updates if you have a laptop with you). **The principle is simple** - the tracker with the camera is mounted on a tripod, pointed to the north celestial pole (if you are in the northern hemisphere, or to the south celestial pole, if you are in the southern hemisphere), the camera settings should be: **ISO - 1600-3200; SS - 30 sec; Apt. - f/2.8-f/4** camera lens focuses to infinity. Next turn on the tracker, and then press the shutter button on the camera. If the stars are bright dots in the frame, then the speed is set correctly, but if the stars have turned into tracks, then further calibration is required.

— RU —

обновлено 08.02.2023

1. Для проведения первых тестов Вам не потребуется даже выходить из дома. Нужно будет лишь дождаться темного времени суток, далее установить трекер с камерой у окна так, чтобы в объектив камеры было видно какой-либо удаленный источник света. Далее надо сфокусировать изображение, включить привод трекера и нажать спуск на камере (установки для камеры должны быть примерно такими, но, возможно, придется экспериментировать: **ISO - 100; SS - 5-7 мин (в режиме Bulb); Apt. - f/20-f/40**). **Задача такого теста** - получить в кадре трек, который отрисует удаленный источник света. Этот трек должен быть максимально ровным, с как можно меньшим количеством изгибов и одинаковой интенсивности по всей длине. Если Вы видите извивающуюся линию, значит что-то где-то не так (возможно, люфты в основном шарнире, не зажатые болты, несоосность плоскости большой шестерни и ее подшипника и т.д.).
2. Как только Вы добились хороших результатов в домашнем тесте, пора отправляться на улицу и тестировать скорость вращения двигателя. Здесь может потребоваться несколько выездов (либо несколько перепрошивок на месте, если у Вас ноутбук будет с собой). **Принцип простой** - трекер с камерой устанавливается на штатив, наводится на северный полюс мира (если Вы в северном полушарии, либо на южный, если Вы в южном полушарии), для камеры устанавливаются настройки: **ISO - 1600-3200; SS - 30 sec; Apt. - f/2.8-f/4** объектив камеры фокусируется на бесконечность. Далее включается трекер, а затем нажимается кнопка спуска

затвора на камере. Если в кадре звезды представляют собой яркие точки, значит скорость настроена верно, но если звезды превратились в треки, значит необходимо калибровать дальше, и делается это путем экспериментов, каждый раз подбирая более подходящее значение задержки между шагами двигателя.





If you see this pattern, check the backlash in the threaded joint (main gear) and/or the place of attachment of the curved threaded rod to the hinge.

Если Вы видите такой рисунок, то проверяйте люфт резьбового соединения в шестерне и/или в точке крепления изогнутой шпильки к шарниру.



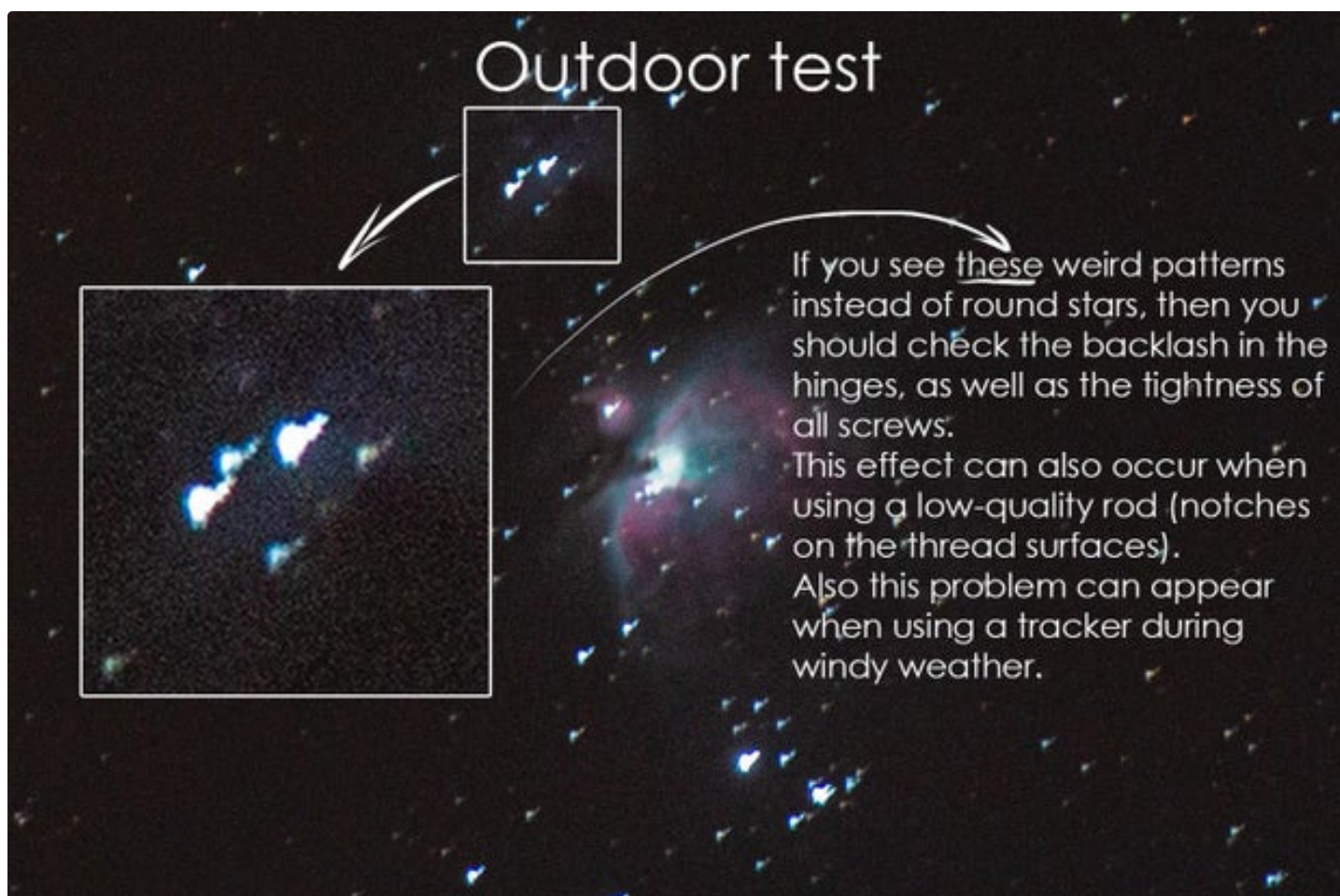
This is what needs to be achieved!

Как минимум этого требуется достичь при настройке!



\*Still not perfect, but close enough to start taking deepsky shots.

\*Это все еще не идеал, но уже можно начинать делать дипскай снимки.



## Step 10: Final Images

--- EN ---

Since the tracker is still in a state of testing, and the weather rarely pleases us with clear skies, unfortunately, I can't show you tons of cool pictures.

At this moment I only have two deepsky test pictures (Orion Nebula (colors are incorrect) and Pleiades), a picture of Moon (taken with Canon 70D + Tamron 16-300) and also several wide-angle shots.

I must say that the tracker is already ideal for wide-angle shooting.

**P.S. As I take new pictures with the help of tracker, I will add them here.**

--- RU ---

Поскольку трекер пока еще находится в состоянии испытаний, а погода нечасто радует чистым небом, то, к сожалению, большого разнообразия финальных изображений я предоставить не могу.

На снимках можно увидеть два дипскай объекта (Туманность Ориона (цвета на снимках неверны), Плеяды), Луну (отснятую на Canon 70D + Tamron 16-300), а также несколько ночных пейзажей.

Надо сказать, что для широкоугольной съемки трекер уже подходит идеально.

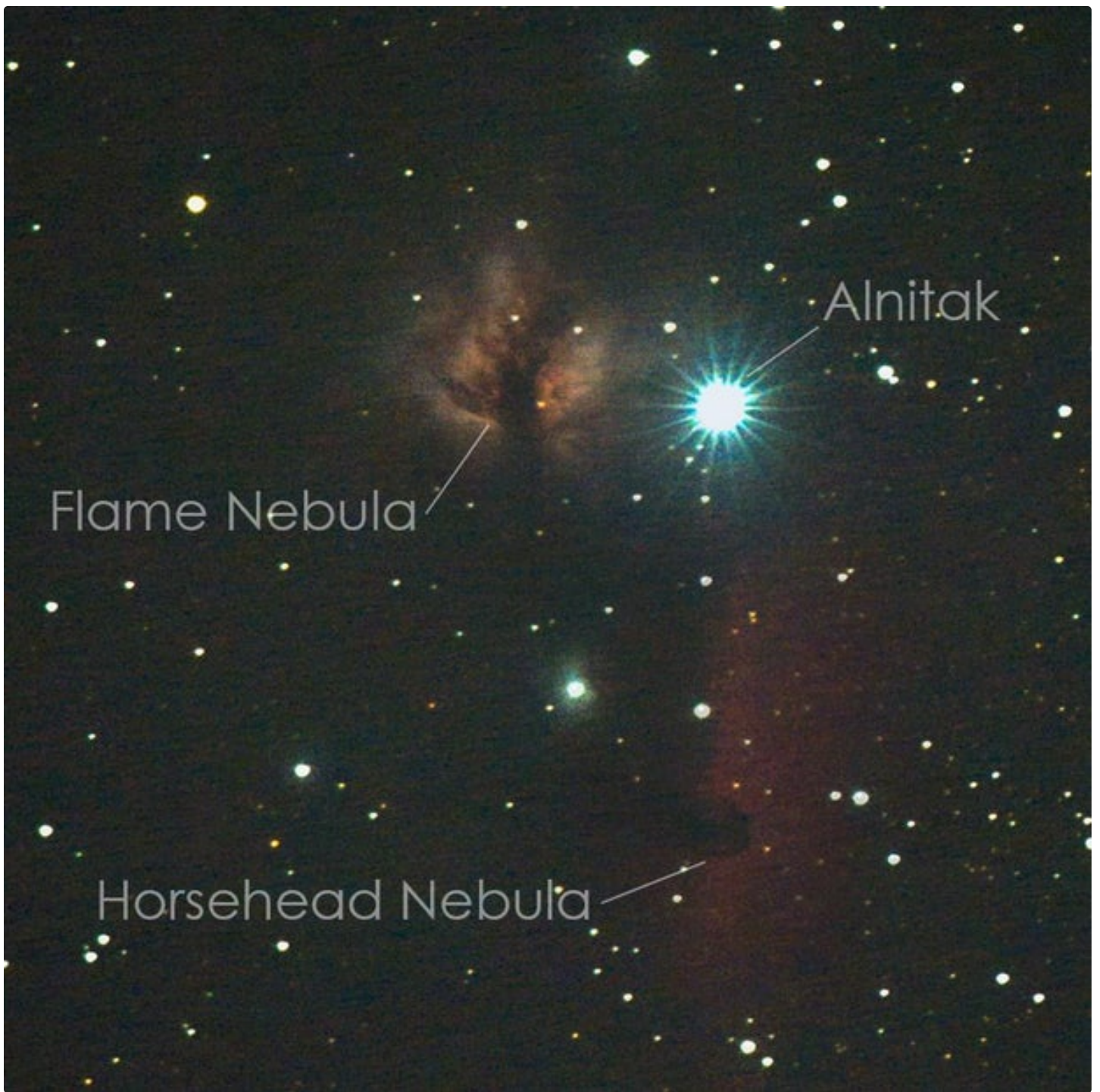
**P.S. По мере появления новых снимков, буду добавлять их сюда.**























---

## Step 11: P.S.

--- EN ---

At this moment the device works great together with wide-angle lenses even in the presence of wind, and also works well enough with telephoto lenses in a wind of 1-2 m/s or calm.

However, I also found several flaws:

- Backlash in the rod hinge
- Mismatch between the planes of the main gear and the mounting surface of the gear bearing

--- RU ---

На данный момент устройство уже зарекомендовало себя с хорошей стороны. Оно прекрасно справляется со своими задачами в связке с широкоугольными объективами даже при наличии ветра, а так же неплохо работает с длиннофокусными объективами при ветре силой 1-2 м/с или штиле.

Однако, в процессе работ были выявлены некоторые недостатки, которые необходимо устранить (чем я, собственно, и занимаюсь в свободное время). К недостаткам можно отнести:

- Люфт в шарнире шпильки
- Неидеальная параллельность плоскостей главной шестерни и установочной поверхности подшипника шестерни

---

## Step 12: Updates

--- EN ---

I'm still on this project!

Since I finished the instructable, I've done a lot of indoor and outdoor testing and learned really a lot of stuff about the tracker. So in this step I'll be sharing most important of that stuff...

08.02.2023

- Limitation: When shooting with telephoto lenses, the weather must be completely windless, otherwise it will be motion blur in the images.
- Limitation: At this point there's no sense to use focal length greater than 200mm (with a crop sensor camera). It will be motion blur due to the backlashes and imperfections of the threaded joint.
- Limitation: When shooting with wide angle lenses, the wind should not exceed 1-2 m/s, otherwise it will be motion blur in the images.
- Limitation: At this point there's no sense in setting the shutter speed longer than 4-5 seconds, otherwise it will be motion blur in the images due to the backlash in threaded joint.
- Limitation: Green laser pointer is completely useless during the cold weather, since there's a shift of the spectrum from the green area to the infrared. **Never look directly into the laser beam and never point it to people, animals or any types of vehicles.**
- Mechanics: Done some updates to the main gear and threaded joint. If these work well, I'll add new



models to Thingiverse archive.

- Tip: Better use the downward direction. This will require less power for motor to rotate, the motor will not overheat and the battery will last longer.
- Question: At this point I'm not sure what works better - metal nut glued into the gear or the gear printed already with thread.

--- RU ---

Я все еще занимаюсь проектом!

С тех пор как была написана эта статья, я неоднократно тестировал устройство как дома, так и на улице в боевых условиях. Узнал очень много нового и полезного о трекере. Собственно, в этом разделе буду некоторые наиболее важные (на мой взгляд) дополнения...

08.02.2023

- Ограничение: При съемке на длинном конце ветра не должно быть вообще, иначе гарантированно будет шевеленка.
- Ограничение: На данный момент нет смысла использовать фокусное расстояние больше 200 мм (с кропнутой камерой). Будет явная шевеленка из-за люфтов и несовершенства резьбового соединения.
- Ограничение: При съемке на ширики, скорость ветра не должна превышать 1-2 м/с, иначе опять же будет шевеленка.
- Ограничение: На данном этапе нет смысла ставить выдержку больше 4-5 секунд, иначе будет шевеленка из-за люфта в резьбовом соединении.
- Ограничение: Зеленая лазерная указка совершенно бесполезна в холодную погоду, так как происходит смещение спектра из зеленой области в инфракрасную. **Никогда не смотрите на лазерный луч и никогда не направляйте его на людей, животных или транспортные средства.**
- Механика: Сделаны некоторые изменения главной шестерни и резьбового соединения. Если они хорошо себя покажут, я добавлю новые модели в архив на Thingiverse.
- Совет: Лучше использовать режим вращения главной шестерни против часовой стрелки, чтобы верхняя створка опускалась. Будет меньше энергозатрат для вращения двигателя, двигатель не будет перегреваться, а аккумулятор прослужит дольше.
- Сомнение: На данный момент я не уверен, что работает лучше - металлическая гайка, вклеенная в шестерню, или шестерня, напечатанная сразу с резьбой.





Пришлось половину моделей под себя переделывать, но проект классный! Сейчас в моем регионе холодновато, так что есть еще время доделать, чтобы люфтов не было. Есть вопросы по грузоподъемности, но думаю они решаемы. Спасибо!



Приветствую! Ну как процесс? Удалось убрать люфты? В каких именно местах у Вас они локализовались?

В боевых условиях уже потестировали? Как результаты?



Да, это деревянные палки из магазина по рукоделию. Нашел трубки алюминиевые, но я случайно их согнул и пришлось обратно вернуть деревянные. В принципе они неплохо



работают, разве что пришлось обмотать их лейкопластырем ради утолщения. Из люфтов убрал почти всё, пришлось переделывать нижнее крепление шарнира, пластик расслоился (подшипник туго заходил). Самым большим источником люфта был штатив. Распечатал голову специально для этого товарища и проблемы решились. В реальных условиях еще не получилось, холодновато в Якутии.



А статик тесты в домашних условиях не делали?

Посмотрите Раздел 9: Тестирование. Я там описал, как в домашних условиях и без неба определить, есть ли вообще смысл выезжать на небо, или стоит пока продолжить устранять дефекты.

Такой тест можно делать как путем создания кадров, так и путем съемки видео (в зависимости от условий и от наличия навыков в обработке видео).

Если будут вопросы, дайте знать!

Очень интересно поглядеть, какую тестовую картинку рисует Ваш трекер.



По снимку не совсем понятно, Вы использовали деревянные круглые профили вместо металлических? Как они держатся? Не гнутся?



Would you consider selling them? I don't have the time, skills or machines to build one. Let me know. Thx



Hello! Thank you for the idea!

I'm thinking about it, however this will not happen soon, as the tracker is far from ideal. I first need to fix all issues.



Like the others that have commented I think this star tracker design is great. Also, the instructable is very clear and detailed. Well done!

I have been gradually printing the parts to build one, but after seeing your reply to Sam I am waiting to see what you are changing before I print anything else.

I do have one question about the tripod bracket that needs to be modified for latitude. I may want to use the tracker in 2 different locations. One is at ~39deg N, the other is ~41deg N. Do you think I would be ok with a single tripod bracket at 40deg? Or do I need to match the angle more precisely for each location?

Thanks for the great design. I am looking forward to seeing your improvements!



Hello!

Sorry for late reply!

Thank you for the kind words!

Speaking of your question, that will be totally fine for you to use 40° bracket both for 39°N and 41°N locations.

And as for printing parts, I can say that you can continue printing the rear part of the tracker (the one with four bearings) since no changes are gonna be made there.

At this moment working on the big gear. It's pretty tricky to make it precise enough, so it'll take some time.

Let me know if you have any other questions!



This is one of the best instructables I have ever seen, and I've been coming here off and on since the beginning.

It is very well written, photographed and explained. Extra points for posting in two languages. It hit on two of my favorite interests astrophotography and 3d printing.

A+



Hi Sam!

Glad you like my instructable!

Thank you very much for the kind words! I really appreciate this!

Just in case, if you decide to build the tracker, please wait a bit until I finish fixing the mentioned flaws!

At this point completely re-modeling the big gear. I believe it will allow to use tracker with longer exposures.



hey nice one can you tell me the overall cost



Hey! Thanks! :)

I'm afraid, I can't tell you the cost, cause I already had a lot of stuff I used, so I didn't have to order it.

But you can actually count a rough cost yourself. In the instructable I gave links to online stores for all parts I used.

And also if you have a 3D printer, then you should take into account the cost of 1kg filament.



Is the usual arduino barn door, with the cheap stepper, with the usual ISSUE: THE WEIGHT. YOU shot with an entry level canon and light lens. In the moment that you move to other camera and you tilt the system, the stepper isn't capable to push the door. Let's test it with some additional weight and tilting the sistem. I did the same project years ago...no torque, neither with a gears and belt transmission, working with a D610 Nikon and heavy lenses.



Hello Skyfinder!

My gear for shooting includes Canon 6D body, Canon 70D body, old and heavy Sigma 70-200 f/2.8 lens, Canon 24-70L f/4.0, Samyang 14mm f/2.8 and several other lenses. I would actually not call it an entry-level gear and light lenses. The greatest weight of all these is when using 6D body with Sigma 70-200 (2.210kg or 4.87Lb) and 70D body with the same lens (2.185kg or 4.81Lb).

But even with this weight the cheap 28BYJ-48 stepper with default ULN2003 driver controlled by usual Arduino Nano board is capable of rotating the gear.

Of course, my tracker has huge limitations and it will not be able to work with super heavy gear, but it actually doesn't have to. My idea was to make a tracker that can be built by beginners with regular cameras and not for super-pros with tens or even hundreds of thousand dollars worth of gear.

P.S. Could you please let me know which gear you tried to use with your tracker? What was the weight of your camera and lens? And a bit more information about your tracker!

Thank you!



Great project. My friend and I are planning a trip to Alaska and I would like to bring my camera and build your idea. Nice instructable.



Wow! That is so cool! Wish you a great trip! :)

Also don't forget to change the tripod adapter angle to a latitude value of the area you are going to!



Thank you! I've been intending to build a similar tracker on a strap hinge. The biggest obstacle has been figuring out the threaded connection for the large gear. I hadn't considered printing the gear or the threads but that may be the solution. I'll be curious to know if PLA holds up in that application. Excellent work and thanks for sharing.



Thank you for the kind words! Glad you find my instructable useful! :)

Speaking of PLA thread, looks like it works fine, at least after 20-30 hours of test tracking, nothing happened to it. Will keep testing!

P.S. And even if gear with printed thread dies in 50-60 hours, there's always an option to print another one! :)



Amazing work!



Thank you very much!



Very cool project and nicely presented! Will add to my already too-long project list. Thanks!



Thank you!

Let me know if you have questions, when time comes to build this device! :)



Heh, you're on a roll. :)



He-he! Thanks man! :)