

МЕХАНИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ

КУРВИМЕТР



§ 1

Вступление

Как сказал Марк Твен: «Путешествовать необходимо тем, кто учится», так давайте научимся путешествовать вместе и попробуем определить, что нам для этого понадобится в первую очередь.

Итак, для любого путешествия необходимо составить маршрут и самый важный критерий для его составления — длина маршрута — то расстояние, которое мы хотим преодолеть. Именно расстояние является самой важной величиной и станет точкой отсчета при определении запасов еды и воды, скорости движения и времени которое мы потратим в дороге.

С правильным маршрутом мы получим точный план действий, успеем посетить все запланированные места и вовремя вернуться домой.

Так как-же мы можем узнать параметры маршрута?

Все просто, скажешь ты! Мобильный телефон или планшет поможет нам в этом, ведь не зря изобрели GPS. Запускаем приложение, вводим место назначения и получаем расстояние до него и время прибытия в зависимости от того пойдём мы пешком, на велосипеде или на машине.

Конечно — это очень простой, современный способ и все-было бы именно так, если бы наши телефоны работали вечно и интернет был бы везде.

Но как быть, если нет телефона, села батарейка или нет интернета?

В таких случаях нам поможет карта.



§ 2

Карты и способы измерения линий на них



Карты — гениальное изобретение. Они выручат нас, когда нет доступа к современным технологиям. Все карты — это уменьшенное обобщённое изображение поверхности Земли. **Масштаб карты показывает** во сколько раз мы уменьшили реальные размеры. Наука, занимающаяся изучением местности и составлением карт, называется Топография, а карты, по которым определяют маршрут, или ориентируются на местности называются Топографическими.



Масштабы бывают численными и линейными

Численный масштаб — представлен в виде дроби (в числителе всегда 1, а в знаменателе — число, которое показывает во сколько раз уменьшена местность). Чем меньше знаменатель, тем крупнее масштаб карты. Также указывается величина масштабакоторая показывает соотношение длины отрезка на карте и действительной длины на местности (как правило в см).

Например: 1: 1 000 000 — 1 см на карте соответствует 1000000 см на местности (степень уменьшения в 1000000 раз).

1: 200 000 — 1 см на карте соответствует 200000 см на местности

1: 50 000 — 1 см на карте соответствует 50000 см на местности

Линейный масштаб — представлен в виде линейки (шкалы), на которой деления соответствуют определенным расстояниям на местности (рис. 1). По линейному масштабу расстояние на карте измеряется с помощью циркуля или линейки.

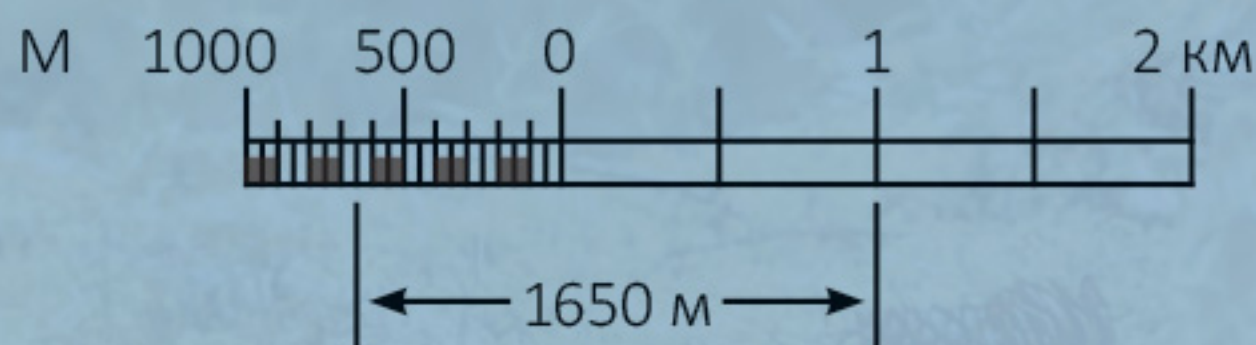


Рис 1. Линейный масштаб, помещаемый на карте



Топография — наука, которая занимается описанием местности. Проводятся специальные исследования поверхности земли как на самой земле, так и с воздуха, а в некоторых случаях делаются снимки из космоса. Полученные данные наносятся на топографическую карту.

Топографическая карта — это карта на которой подробно изображена местность. На ней нанесено максимум информации про местность. Умея читать такую карту можно узнать есть ли горы или реки, какой грунт, рельеф, где расположены дороги и пр.

Месторасположение любого объекта на карте определяется при помощи **координат** — числовых значений широты, долготы и высоты.

При составлении топографических карт используют плоскую прямоугольную (декартову) систему координат, которую впервые описал Рене Декарт в 1637 году. Она позволяет определить местонахождение точки в плоскости и состоит из 2-х взаимно перпендикулярных осей X , Y и начальной точки отчета O (рис. 2).

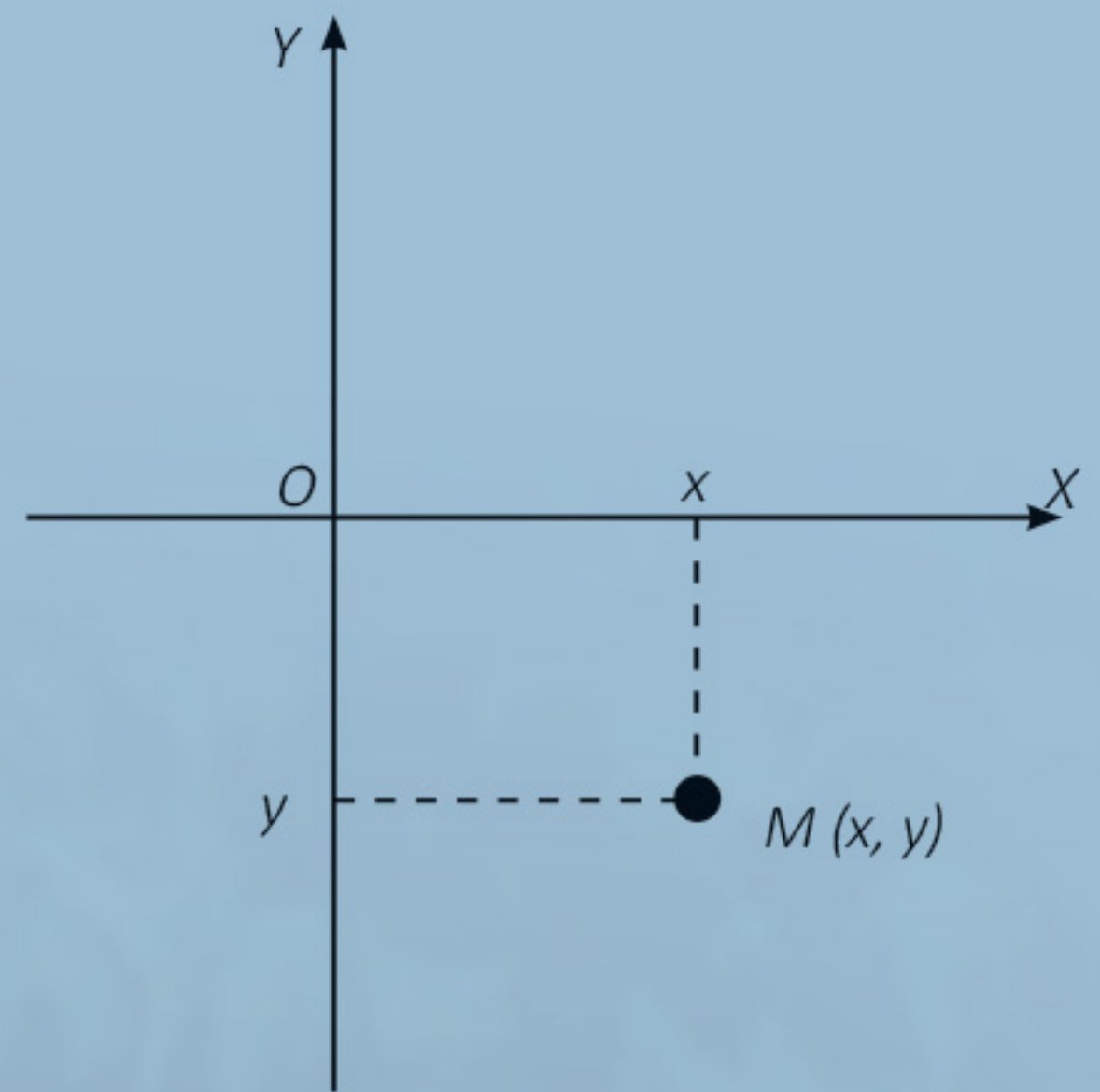
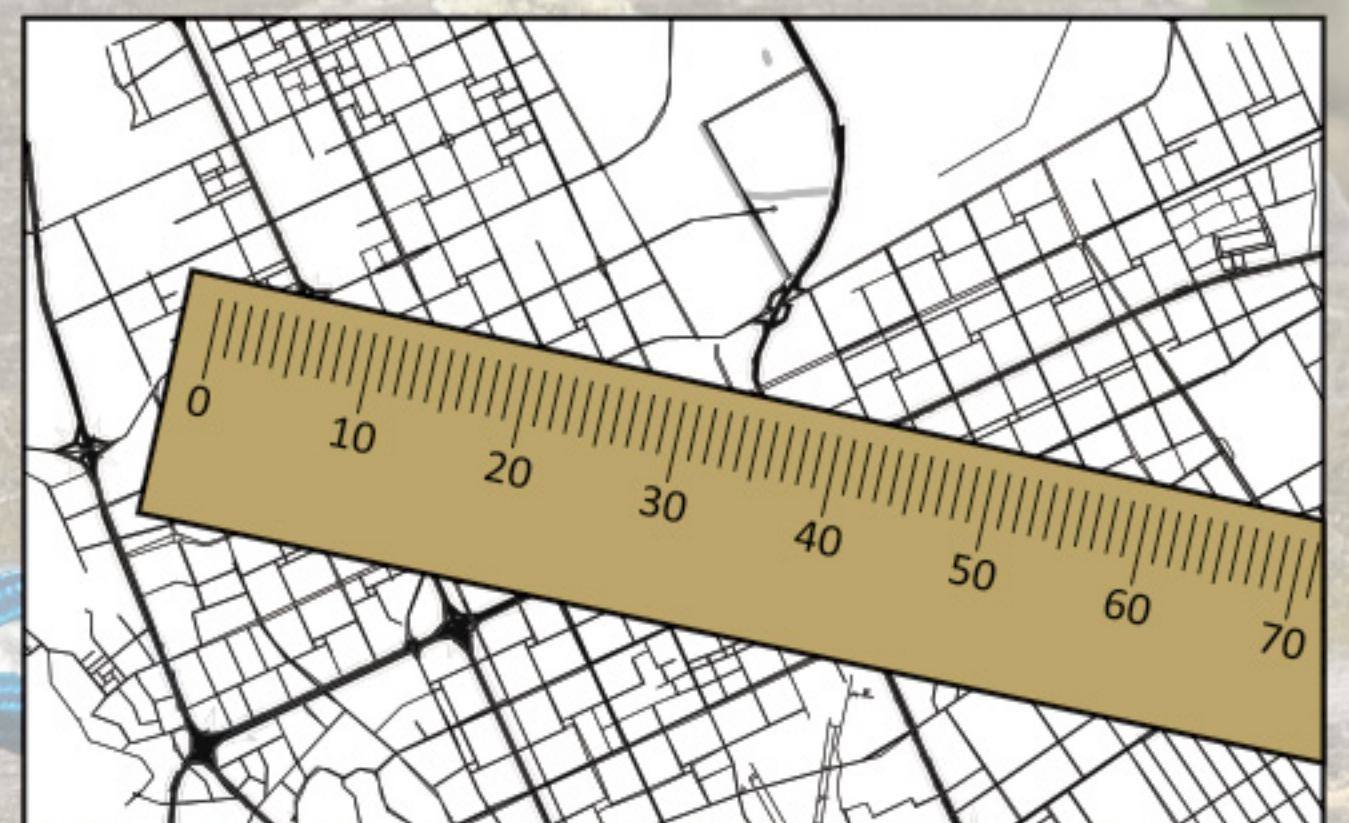


Рис 2. Прямоугольная система координат

В жизни и тем более на картах идеально прямые дороги встречаются крайне редко. На карте дороги похожи на ручейки или змейки. И для каждого типа линии есть свой метод измерения.

Прямые линии. Их мы измеряем линейкой. Тут все довольно просто. Прикладываем линейку вдоль линии и полученное число умножаем на масштаб.

Однако, точно измерять линейкой длину извилистых линий не получится.





Ломанные линии или линии с небольшим изгибом. Для их измерения нам понадобится линейка и циркуль. Раскрываем циркуль, например на 1 см и теперь, такими небольшими «шагами», меряем расстояния, переставляя ножки циркуля (рис. 3) вдоль линии. Количество таких «шагов» умножаем на длину шага (в нашем случае - 1 см.) и получаем длину, которую умножаем на масштаб карты. Шаг, который мы выбираем, зависит от величины изгибов линии.

Извилистые или кривые линии. Возьмем нить и аккуратно разложим ее вдоль маршрута. Зафиксируем начальную и конечную точку. Полученная длина нити — это и есть расстояние. Теперь мы измеряем длину нити и полученное число умножаем на масштаб.

Но есть еще один прибор, более удобный. Это специальный прибор — **Курвиметр** (рис. 4). Мы просто проводим прибором по извилистой линии, а в конце пути курвиметр показывает расстояние в сантиметрах. Полученное число в сантиметрах умножаем на масштаб.

Итак! Курвиметр — идеальный прибор для замера изогнутых линий. В основании прибора находится колесико именно его мы и катим, измеряя расстояние.

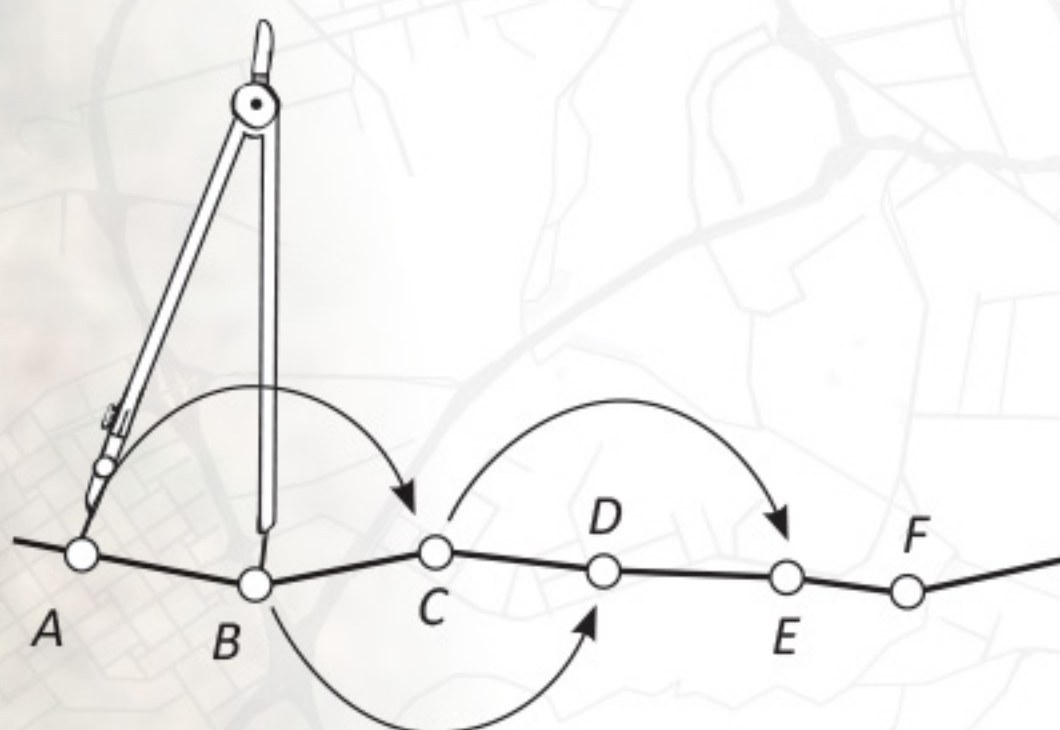
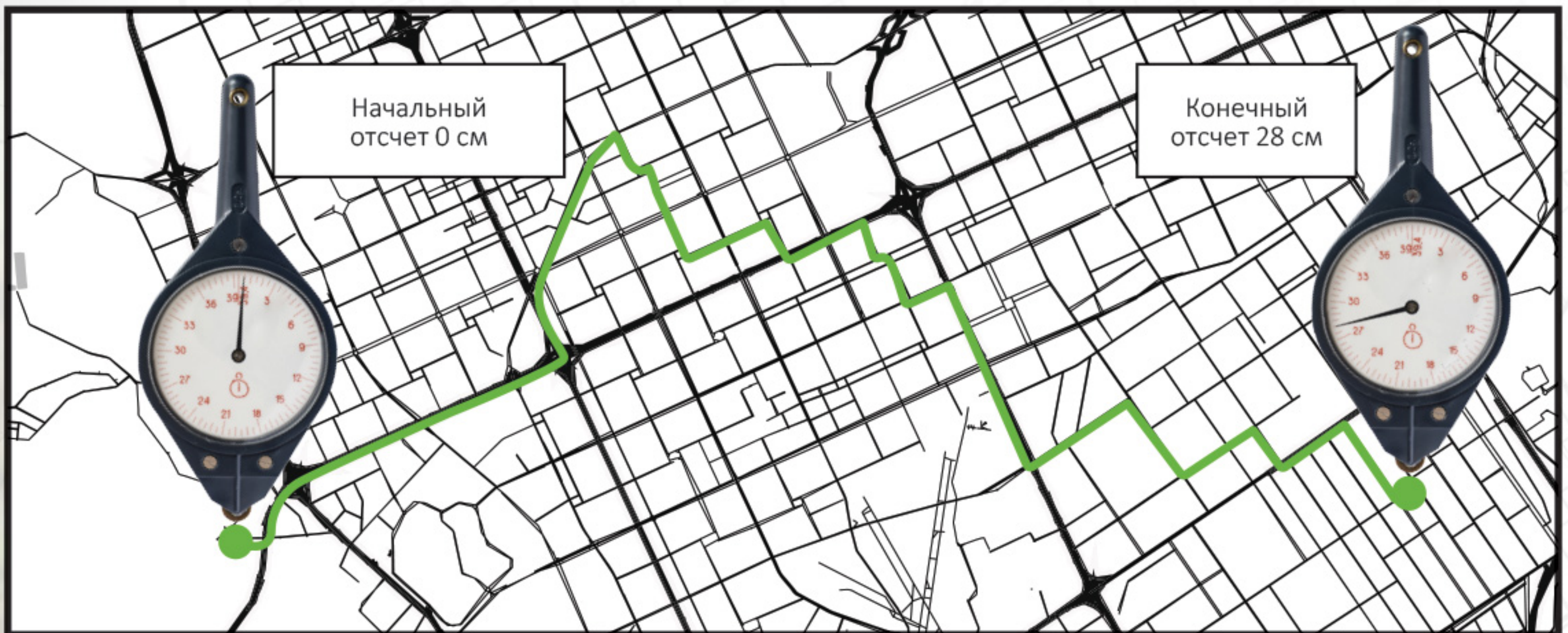


Рис 3. Измерение линий «шагом» циркуля



Рис 4. Измерение линий курвиметром

Для расчета расстояния по картам очень важна точность измерений. Помните, что 1 см на карте это минимум 100 м реальной местности. Несколько таких ошибок и вы окажетесь в паре километров от пункта назначения, а значит к измерениям нужно подходить очень ответственно.

Именно поэтому необходимо ввести такое понятие как погрешность измерения.

Погрешность измерения — отклонение измеренного значения величины от её действительного значения. Погрешность измерения является характеристикой точности измерения.

При измерении извилистых линий линейкой — погрешность будет наибольшая, циркулем — меньше, но наименьшая погрешность достигается при измерении расстояния курвиметром, поскольку колесико сможет с максимальной точностью повторит все изгибы дороги на карте.

Расстояние, которое мы измеряем на карте будет всегда короче, чем реальное расстояние на местности. Так происходит потому, что мы измеряем на карте плоскую поверхность, а на реальной местности есть холмы, горы и пр.

Итак — место определили, длину маршрута измеряли, отправляемся в путь!

Приехав на место, проверим точность измерения, сделанного нами ранее по карте. Измерить расстояние на местности можно различными способами и выбор зависит от нужной нам точности или, как мы ранее описывали допустимой погрешности.

Шагами. Средняя длина шага человека составляет 0,75 м. Такой метод используют при низких требованиях к точности измерения.

Полевым циркулем. 2 палки, соединенные таким образом, чтобы расстояние между их концами равнялось 1 или 2 м. Такой метод более точный, но не удобный (рис. 5 а)

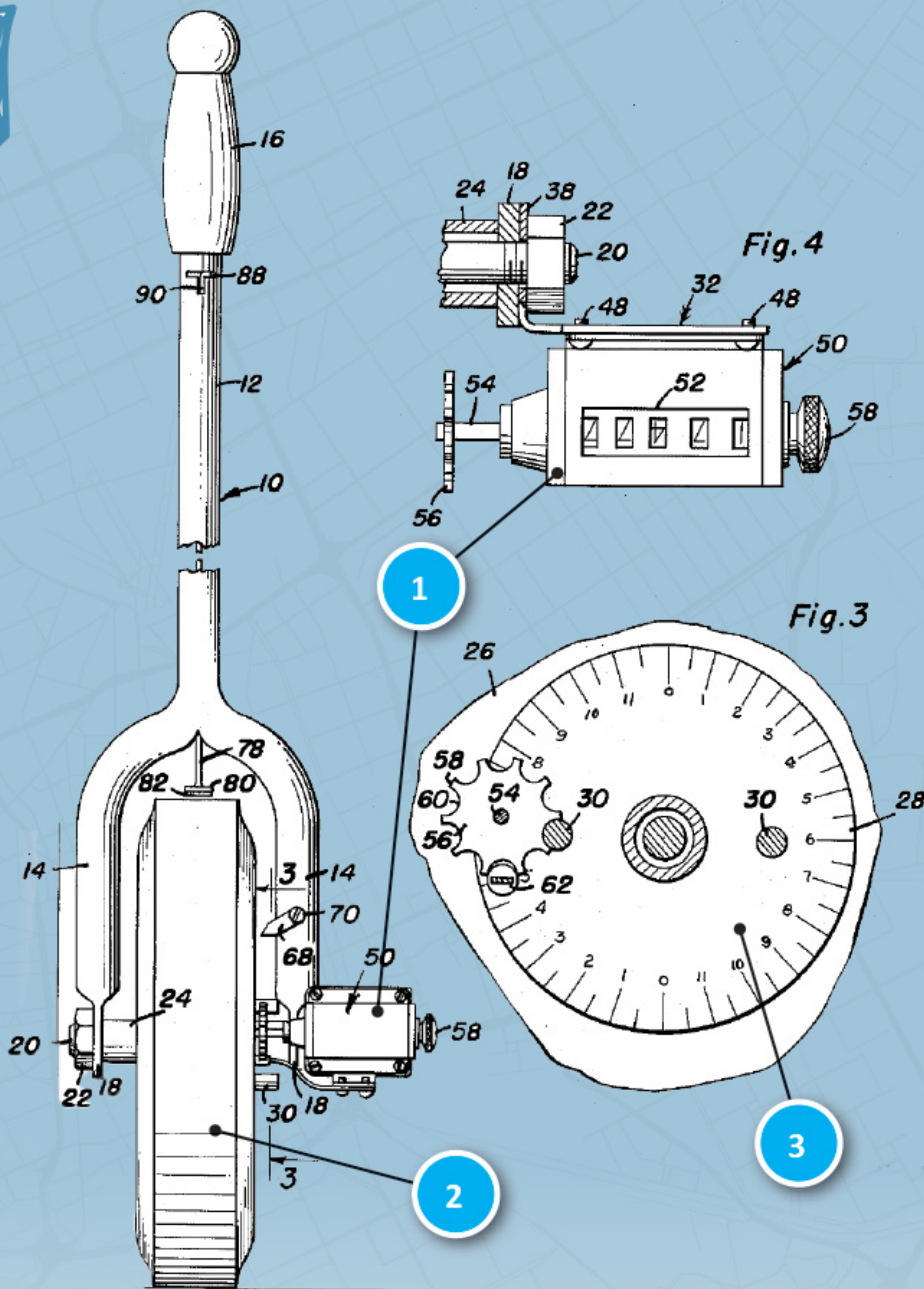


Рис. 5. Измерение расстояний «полевым циркулем» (а) и «дорожным колесом» (б)

Дорожным колесом. По принципу действия, дорожное колесо, похоже на курвиметр и является наиболее точным методом измерения расстояния (рис. 5 б). Прибор имеет внушительные размеры, по сравнению с курвиметром. Диаметр колеса составляет 318,47 мм, а длина его окружности 1 метр. Получается 1 оборот колеса = 1 метру. На приборе расположен счетчик, который и отмеряет расстояние. После каждой 1000 метров счетчик обнуляется.

Теперь мы знаем, что для наиболее точного измерения длины маршрута нам необходимо применить прибор под названием Курвиметр или его аналоги, такие как дорожное колесо.

Кстати, счетчик дорожного колеса называется - «Одометр»! Узнай про него больше собрав модель «ОДОМЕТР» нашей линейки СТЕМ



- 1 — одометр
- 2 — измерительное колесо
- 3 — циферблат

Образец мерного колеса запатентованного Raymond F. Martin, Jr., и Arthur W. Enslein, 17 января 1952 г.



§3

Курвиметр. История создания и принцип работы

Курвиметр — прибор для измерения длины извилистых линий, который используют для измерения расстояний на топографических картах и планах.

Споры о том, где был изобретен курвиметр идут до сих пор. Это мог быть Китай, Рим или Греция. Одни источники говорят, что в 23 году до н.э. впервые римский историк Витрувий описал устройство, похожее на курвиметр по принципу своего действия. Другие настаивают, что его изобрел китаец Жан Чен в начале нашей эры.

Но также известно, что запатентовал первый «Курвиметр» англичанин, Эдвард Моррис в 1873 году. Он назвал свой прибор «новаторский инструмент для измерения расстояний»

Что это за механизм и как он работает.

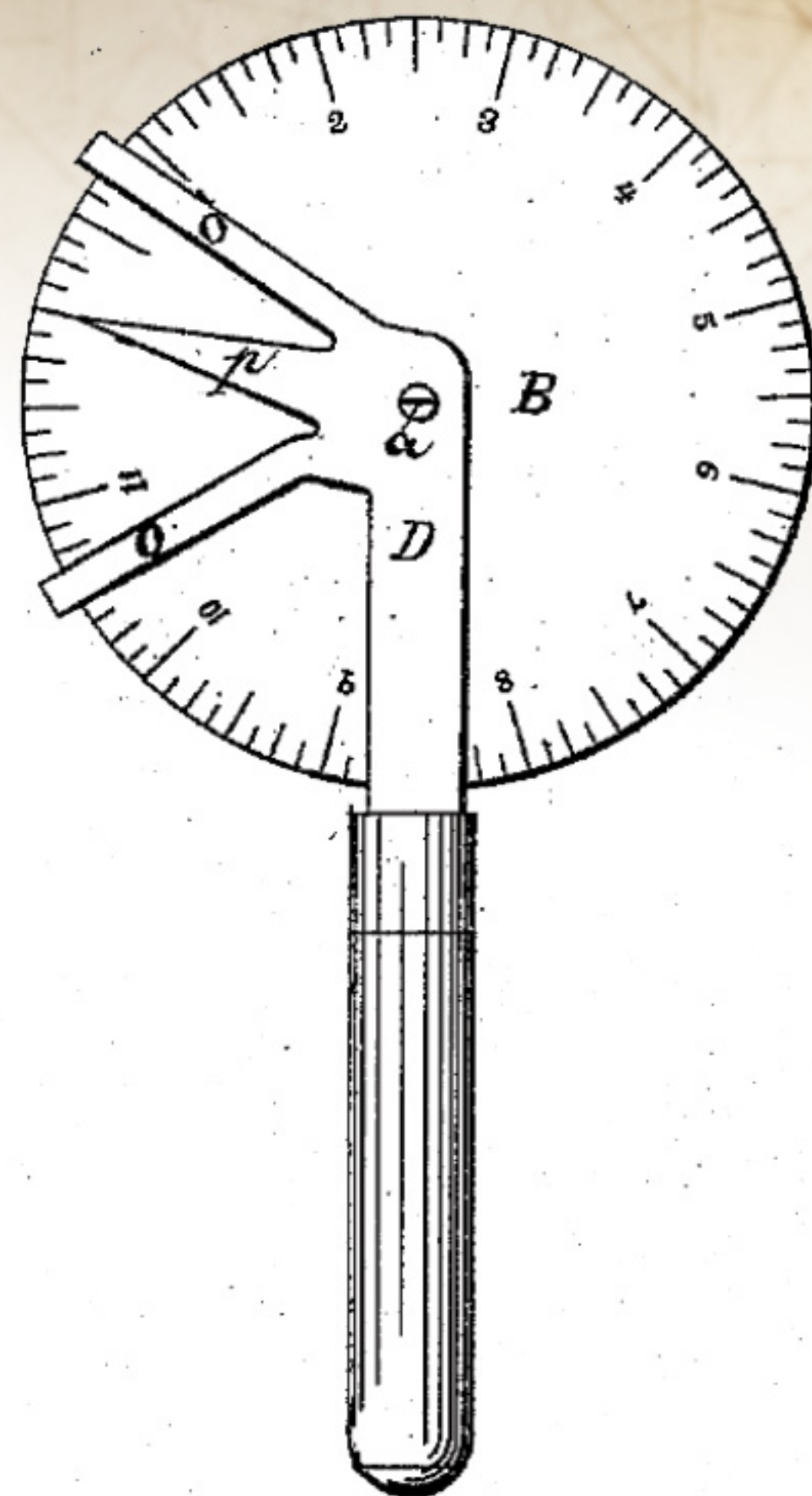
Курвиметр бывает двух видов: механический и электронный. Однако, главная составляющая деталь — обрешиненное колесо, измеряющее расстояния — применяется как в механическом, так и в электронном Курвиметре, то есть принцип его работы не меняется.

Механический курвиметр представляет собой колесо с прикрепленным к нему циферблатом и рукоятью. Есть курвиметры с одним циферблатом, но чаще встречаются с двумя (с одной стороны расстояние отмеряется в сантиметрах, с другой — в дюймах (см. меры длины) *). Для измерения расстояния необходимо провести колесиком по кривой и полученное число на циферблате умножить на масштаб.

Электронный курвиметр включает в себя колесо, экран (который показывает результат измерений) и рукоять. Такой курвиметр может автоматически преобразовывать расстояние на карте в реальное расстояние на местности с учетом масштаба. Такие приборы могут отображать результаты измерений в километрах, милях и морских милях. Электронные курвиметры более точные. Их погрешность составляет 0,2%, тогда как погрешность механических — 0,5%.

Принцип работы механического курвиметра с двумя циферблатами.

Ранее мы упоминали о курвиметрах с двумя циферблатами для измерения длины одновременно в метрической (метры, сантиметры) и дюймовой (дюймы, футы) системах мер.



Именно так выглядели одни из первых современных курвиметров запатентованных Ф. А. ХЕБЕРЛАЙН и А. БОССА, 14 января 1879 г.

Как-же, обладая одним измерительным колесиком он может одновременно на двух циферблатах показывать отмерянное расстояние в двух разных системах измерения - метрах и дюймах? Дело в том, что при одном обороте колесика, стрелки метрической и дюймовой шкалы двигаются с разной скоростью и показывают разные значения. Например, если отмерить курвиметром 10 см, то сантиметровая стрелка отклонится на 10 делений а дюймовая всего-лишь приблизится к 4-му делению.

В практике для реализации такой задачи используют зубчатые передачи (рис. 6).

В зубчатых передачах движение осуществляется благодаря непосредственному контакту зубьев зубчатых колес (рис. 6).

Колеса делятся на ведущие и ведомые.

Ведущие колеса приводят в движение ведомые колеса.

Основной характеристикой передач, состоящих из двух зацепленных зубчатых колес (ведущего и ведомого), является **передаточное отношение**.

Передаточное отношение i - это отношение количества зубьев ведомого зубчатого колеса к количеству зубьев ведущего зубчатого колеса.

Например если Z_1 - число зубьев ведущего колеса А, а Z_2 - ведомого колеса В (рис. 6).

Тогда передаточное отношение i будет равно

$$i = \frac{Z_2}{Z_1}$$

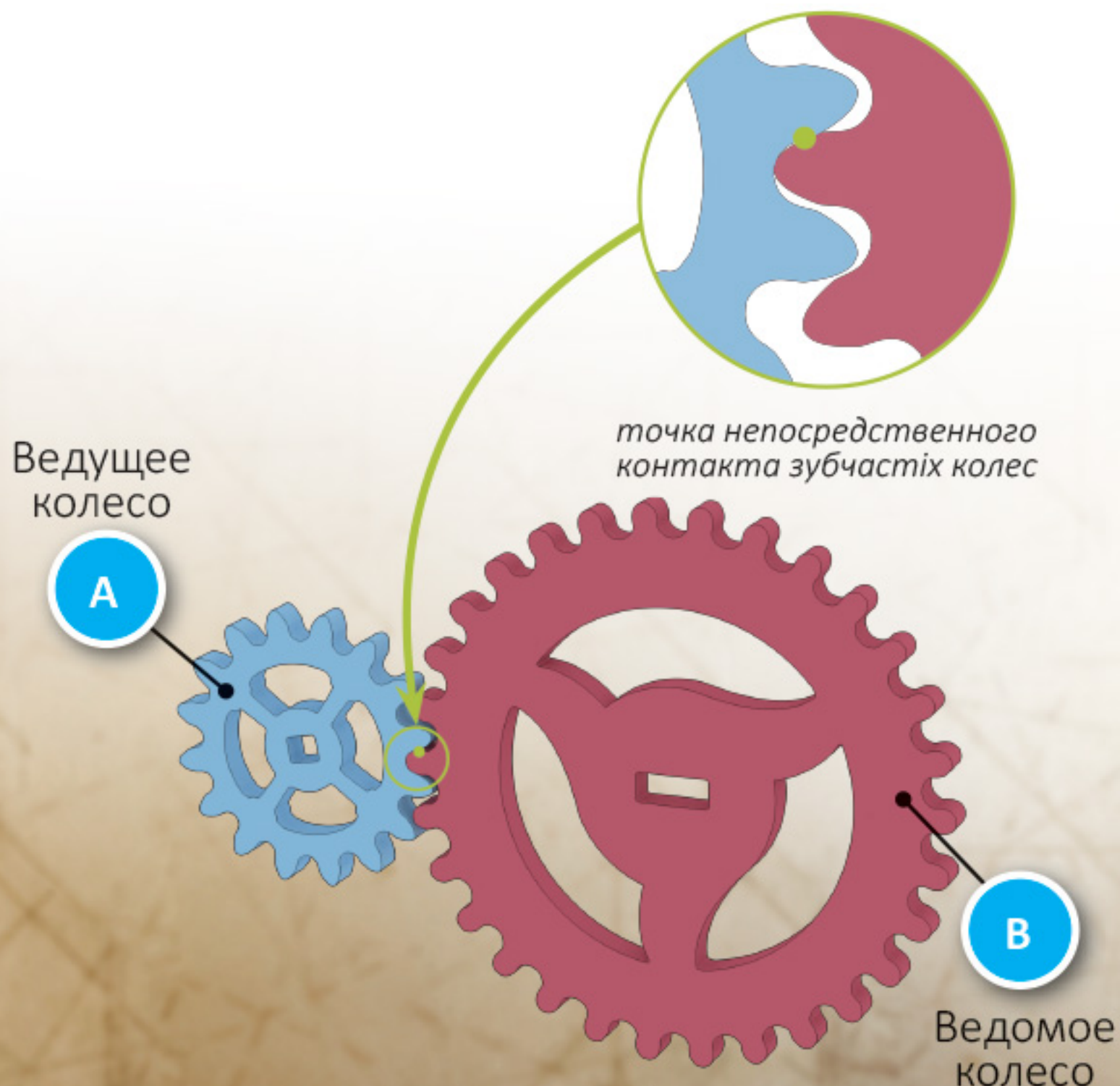


Рис 6. Зубчатая передача (пример зацепления зубчатых колес)



Меры длины — единицы измерения расстояния.

Начав осваивать океан, торговать, изучать небо и строить, человечеству понадобилось считать, делать замеры и сравнивать величины. Для этого люди изобрели (придумали) первые единицы измерения. Эти единицы измерения были основаны на том, что всегда было у людей под рукой. Для современного человека эти единицы были очень необычны и имели величину равную или кратную длинам частей человеческого тела.

В древних странах, таких как Древняя Греция, Древний Египет и Римская Империя применялись такие измерители, как палец, локоть. Еще применялась такая интересная величина, как «день пути». При проведении Олимпийских игр были такие соревнования, где нужно было пробежать дистанцию, которая называлась «стадия». Стадия была равна пути, который проходил человек спокойным шагом за период времени, равный периоду, когда появляется первый луч солнца, при восходе, и заканчивая временем, когда солнце полностью покажется над горизонтом. Современные вычисления показали, что стадия была такой-же длины, как и длина стадиона в Олимпии, и была равна 192,27 современным метрам.

В Древнем Китае был легендарный император Хуан-Ди - первый человек в Китае, который предложил и ввел в обиход первые единицы измерения. Эти единицы измерения также имели привязку к частям человеческого тела. Исторически так сложилось, что японская система измерений напоминала китайскую систему. И даже иероглифы, обозначающие величины, были очень похожи между собой в китайском и японском языках.

Такая единица измерения как миля впервые появилась в Древнем Риме и равнялась двум тысячам шагов (или тысяче двойных шагов, т.е. по одному шагу левой и правой ногой) римских солдат в полном обмундировании. Ее величина колебалась и в разных странах имела разные значения. Измерение милями используется и сейчас, в основном в США.

Были также и другие, менее известные сейчас способы измерения расстояний. Чего только люди не придумывали: меряли «трубками» (расстояние, которое пройдет лодка, пока капитан моряк выкурит трубку); «копытами» (расстояние, которое пройдет лошадь, прежде чем у нее сотрется соломенная накладка, заменяющая современную подкову); «стрелами» (расстояние, на которое пролетит выпущенная из лука стрела); «буками» (расстоянием между рогами быка).



Метрическая система

Со стремительным развитием сферы торговли в XIV–XVI веках, люди меняли свои системы измерения, стараясь сделать их более точными, удобными, а также стандартизированными для всех стран. Появились такие единицы измерения, как дюйм, представляющий собой сложенный ряд из три ячменных зерен в длину; и фут, представляющий собой ряд из 64 ячменных зерен, сложенных рядом в ширину (бок о бок). Ученые разных стран пытались совместить все меры длины разных стран между собой, чтобы наконец получить более точный результат, который удовлетворит всех. Так, во Франции, в конце XVIII века, ученые пришли к созданию новой системы единиц – метрической, которую со временем приняли практически все страны мира. Метрическая конвенция была подписана 20 мая 1875 года.

В память о длинной и увлекательной истории создания метрической системы, на фасаде Министерства Юстиции в Париже, была размещена табличка с выгравированным на ней словом MÈTRE.

Метрическая система, придуманная во Франции, официально принята во всех странах мира, кроме США, Либерии и Мьянмы (Бирмы). Но в вопросах международной торговли они также пользуются ею.

Просуществовав практически один век, метрическая система претерпела следующий виток своего развития преобразовавшись в международную систему единиц «SI». В 1960 году приняли стандарт, который впервые получил название «Международная система единиц», и установила международное сокращённое наименование этой системы «SI». Основными единицами в ней стали метр, килограмм, секунда, ампер, градус Кельвина и кандела.

Международная система единиц, SI — система единиц физических величин, современный вариант метрической системы. SI является наиболее широко используемой системой единиц в мире — как в повседневной жизни, так и в науке и технике. В настоящее время SI принята в качестве основной системы единиц большинством стран мира и почти всегда используется в области техники, даже в тех странах, в которых в повседневной жизни используются традиционные единицы. В этих немногих странах определения традиционных единиц были изменены таким образом, чтобы связать их фиксированными коэффициентами с соответствующими единицами SI.

Это — одно из важнейших изобретений в истории человечества, которое повлияло почти на все — от инженерного дела до международной торговли.

Как уже описывалось выше, основной единицей длины в системе «SI» является Метр (м)

Кратные и дольные единицы метра:

километр (км) — (1км=1000м)

дециметр (дм) — (1дм=0,1м)

сантиметр (см) — (1см=0,01м)

миллиметр (мм) — (1мм=0,001м) и т.д.

Так-же в ряде стран основной единицей измерения является Дюйм (inch), например в США

1 дюйм = 2,54 см.

Для примера давайте рассчитаем передаточное отношение для системы зубчатых колес на (рис 7).

Ведущее колесо А имеет 16 зубьев. т.е. $Z_1 = 16$

Ведомое колесо В имеет 30 зубьев. т.е. $Z_2 = 30$.

Подставив данные в формулу $i = \frac{Z_2}{Z_1}$, получим:

$$i = \frac{30}{16} = 1.875$$

Полученное значение $i=1.875$ означает что за один оборот ведомого колеса В, ведущее колесо А сделает 1.875 оборота.

Таким образом если у ведомого колеса количество зубьев больше чем у ведущего, то оно всегда будет вращаться медленнее чем ведущее и наоборот, а передаточное отношение покажет нам на сколько медленнее\быстрее ведомая шестерня вращается относительно ведущей.

Итак, для того, чтобы каждая стрелка курвиметра показывала правильное значение в сантиметрах и дюймах нам необходимо обеспечить правильное передаточное отношение между ведущей шестерней(это измерительное колесико) и ведомой шестерней(которая приводит стрелки в движение.).

Теперь мы знаем что в основе принципа работы механического курвиметра лежит передаточное отношение зубчатых колес.

Наш курвиметр не является исключением. Однако его устройство отличается от рассмотренных ранее стандартных курвиметров.

Для перехода от его дюймовой шкалы к сантиметровой шкале применено передаточное отношение 3,28 (в нашем случае это $i_1=3,28$). А для перехода от сантиметровой шкалы к метровой шкале — применено отношение 10 (в нашем случае это $i_2=10$).

Основной особенностью механизма курвиметра является его компактность, поскольку инструмент предназначен для повседневного использования и ношения с собой. Именно таким требованиям отвечают планетарный и циклоидальный механизмы на работе которых основан наш курвиметр.



Рис. 7. Зубчатая передача
(пример зацепления зубчатых колес)



ПЛАНЕТАРНЫЙ МЕХАНИЗМ (планетарный редуктор)

Планетарный механизм получил свое название из-за схожести с планетарной системой и собран в некоем подобии солнца и движущихся по его орбите планет.

Таким образом, солнечная и коронная шестерни всегда связаны друг с другом не на напрямую, а через сателлиты. Сателлиты могут вращаться относительно солнечной и коронной шестерни, обкатывая их, тем самым передавая вращательное движение на водило. При использовании планетарного механизма в качестве редуктора один из трёх её основных элементов фиксируется неподвижно, а два других служат в качестве ведущего и ведомого звеньев. Таким образом если мы зафиксируем коронную шестерню, то подвижными будут водило и солнечная шестерня. В случае фиксации солнечной шестерни — подвижными будут водило и коронная шестерня. А если зафиксировать водило — подвижными будут коронная и солнечная шестерни. Передаточное отношение между ведомым и ведущим звеном будет зависеть от количества зубьев каждого звена, а также от того, какой элемент закреплён. Самое большое передаточное отношение будет при неподвижной коронной шестерне.

Рассмотрим расчет передаточного отношения «*i*» на примере схемы планетарного механизма на рис 8.

Предположим что мы зафиксировали коронную шестерню 1. Тогда подвижными звеньями системы будут солнечная шестерня 3 и водило Н.

Определим ведущее и ведомое звено.

Ведущим будет солнечная шестерня, а ведомым звеном - водило.

Целью расчета является определения скорости вращения водила по отношению к скорости вращения солнечной шестерни.

Передаточное отношение *i* от солнечной шестерни 3 до водила Н, при неподвижной коронной шестерне 1 определяется формулой:

$$i_{3H}^{(1)} = 1 + \frac{z_2}{z_3} \cdot \frac{z_1}{z_2} = 1 + \frac{z_1}{z_3}$$

где:

$i_{3H}^{(1)}$ — коэффициент передаточного отношения.

(1) — указывает на то что неподвижным является элемент 1,

3 и Н — указывают, что расчет передаточного отношения ведется от солнечной шестерни 3 к водилу Н;

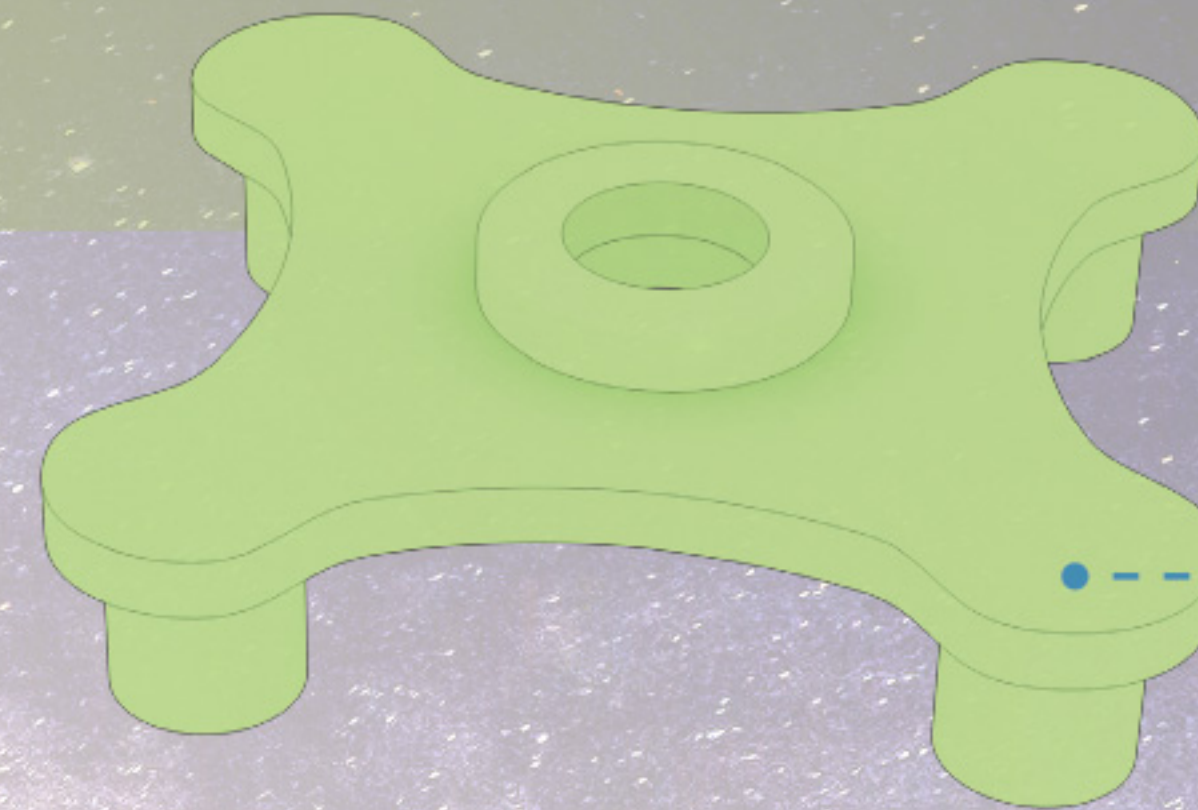
z — количество зубьев шестерни, а индексы возле z указывают на номер соответствующего звена.

Исходя из формулы - количество зубьев у сателитной шестерни 2 не влияет на передаточное отношение планетарного механизма. Это получается потому, что сателитная шестерня 2 участвует в движении двух передач, в одном случае — в качестве ведомой шестерни, а в другом — в качестве ведущей.



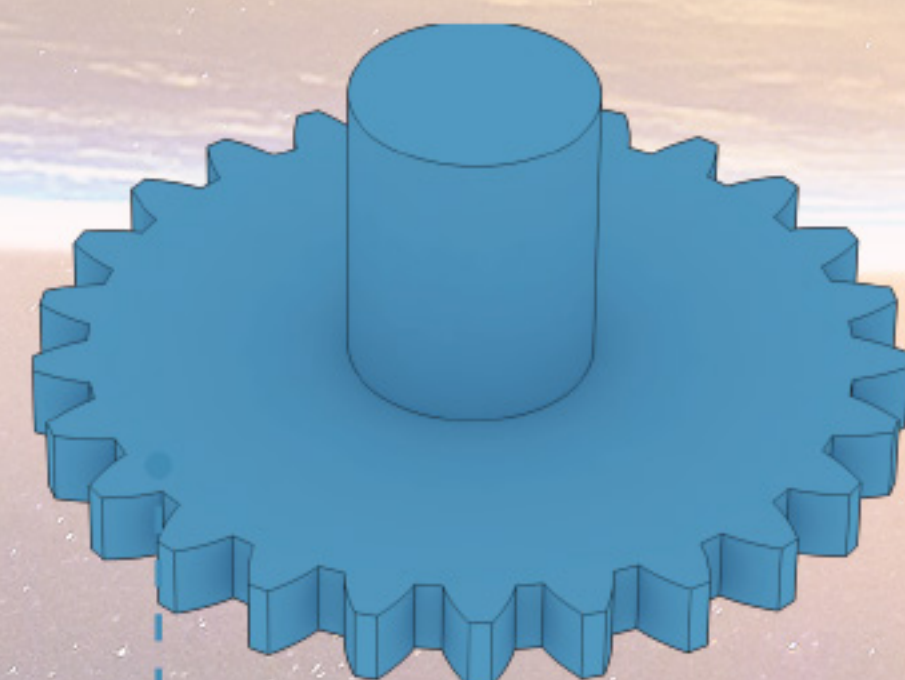
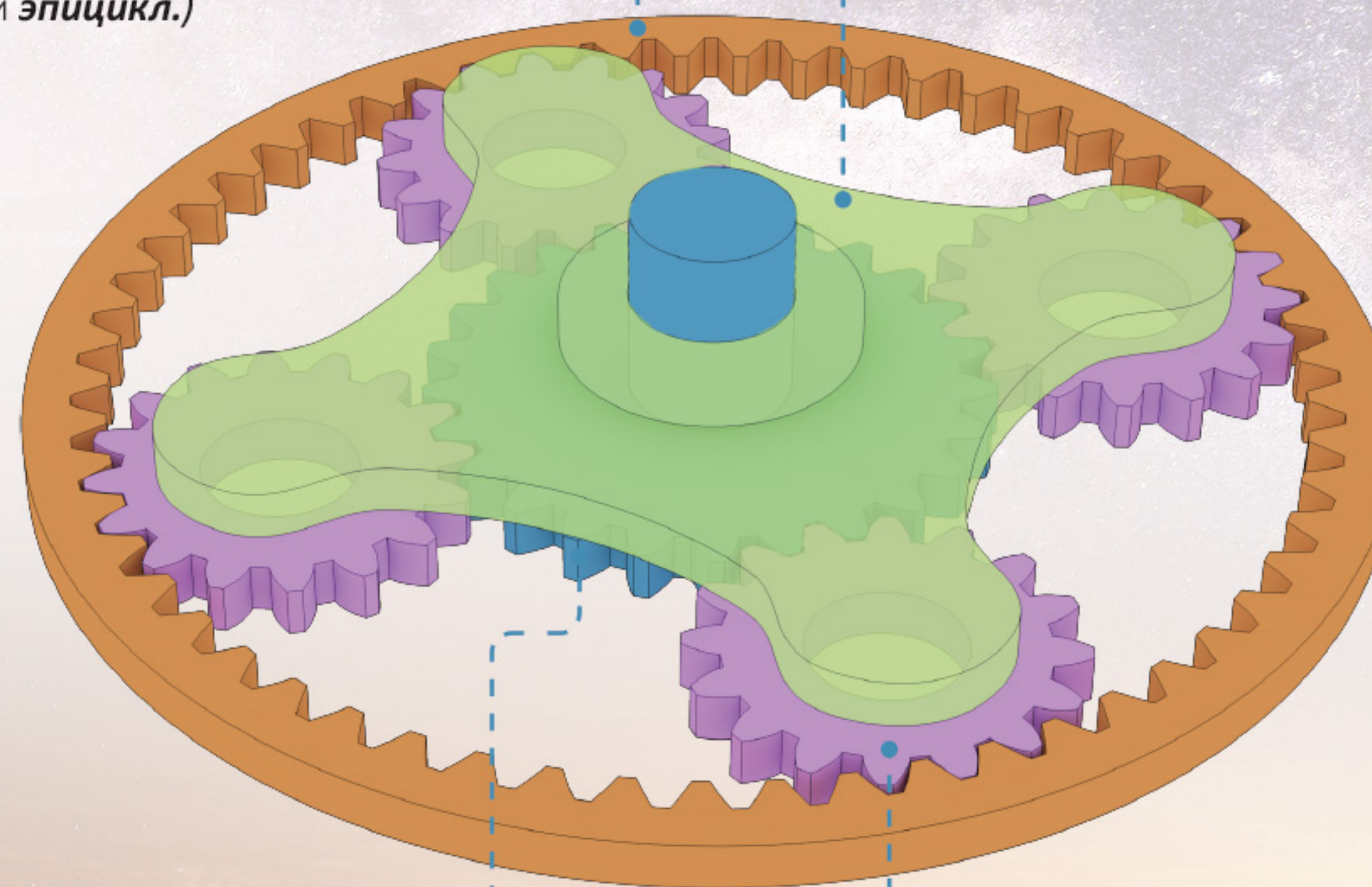
Корона

Большое зубчатое колесо с внутренними зубьями (научное название — эпициклическая шестерня или **эпицикл**.)



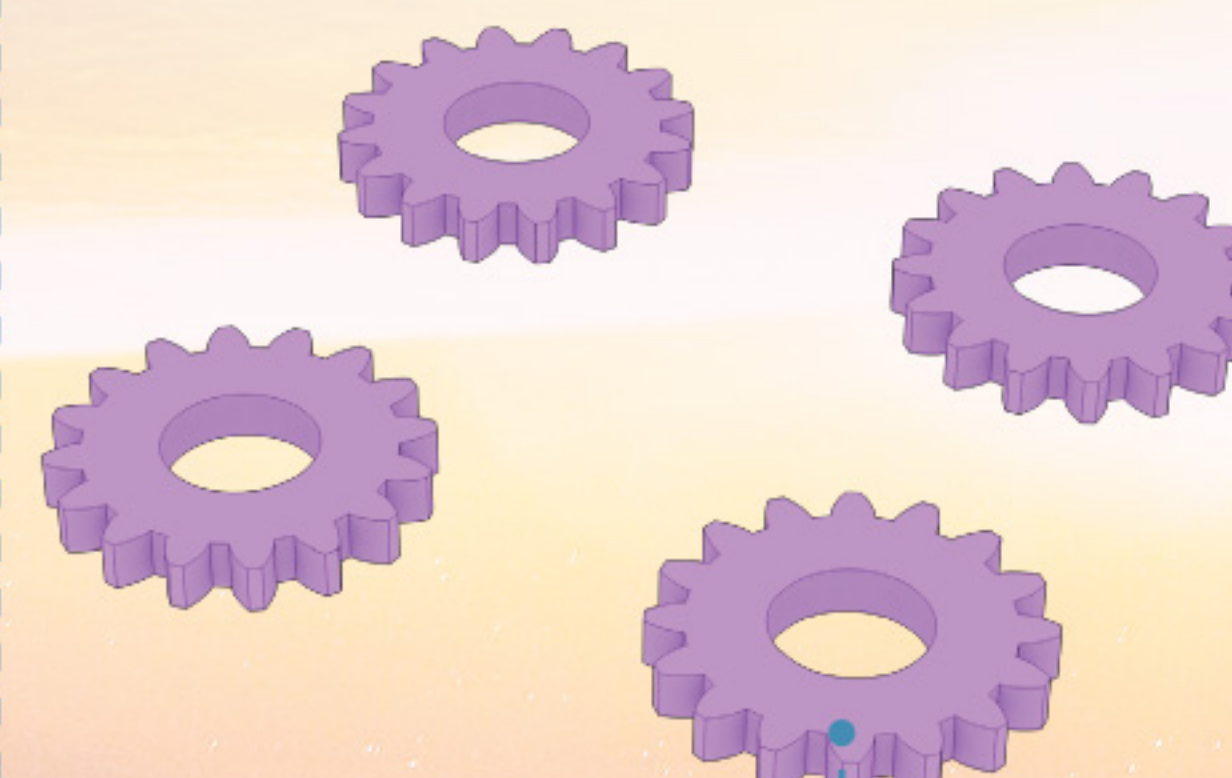
Водило

подвижное звено, на котором закреплены оси сателлитов (сателлиты свободно вращаются на осях). Ось водила совпадает с осями солнечной и коронной шестерен.



Солнце (солнечная шестерня)

Малое центральное зубчатое колесо с внешними зубьями



Сателлиты

зубчатые колёса с внешними зубьями (обычно 3-6 шт.). Сателлиты находятся в постоянном зацеплении с солнечной и коронной шестернями.

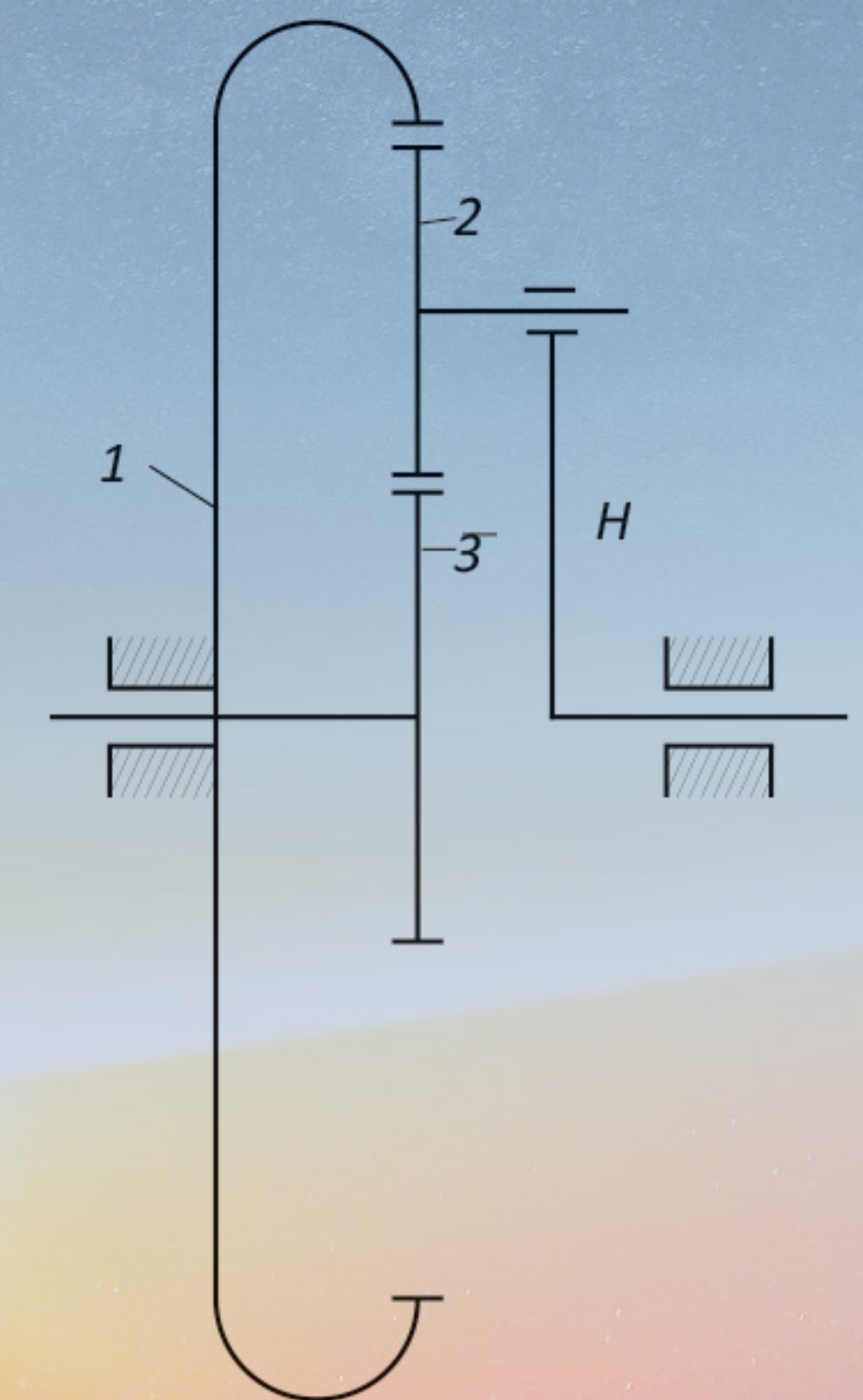
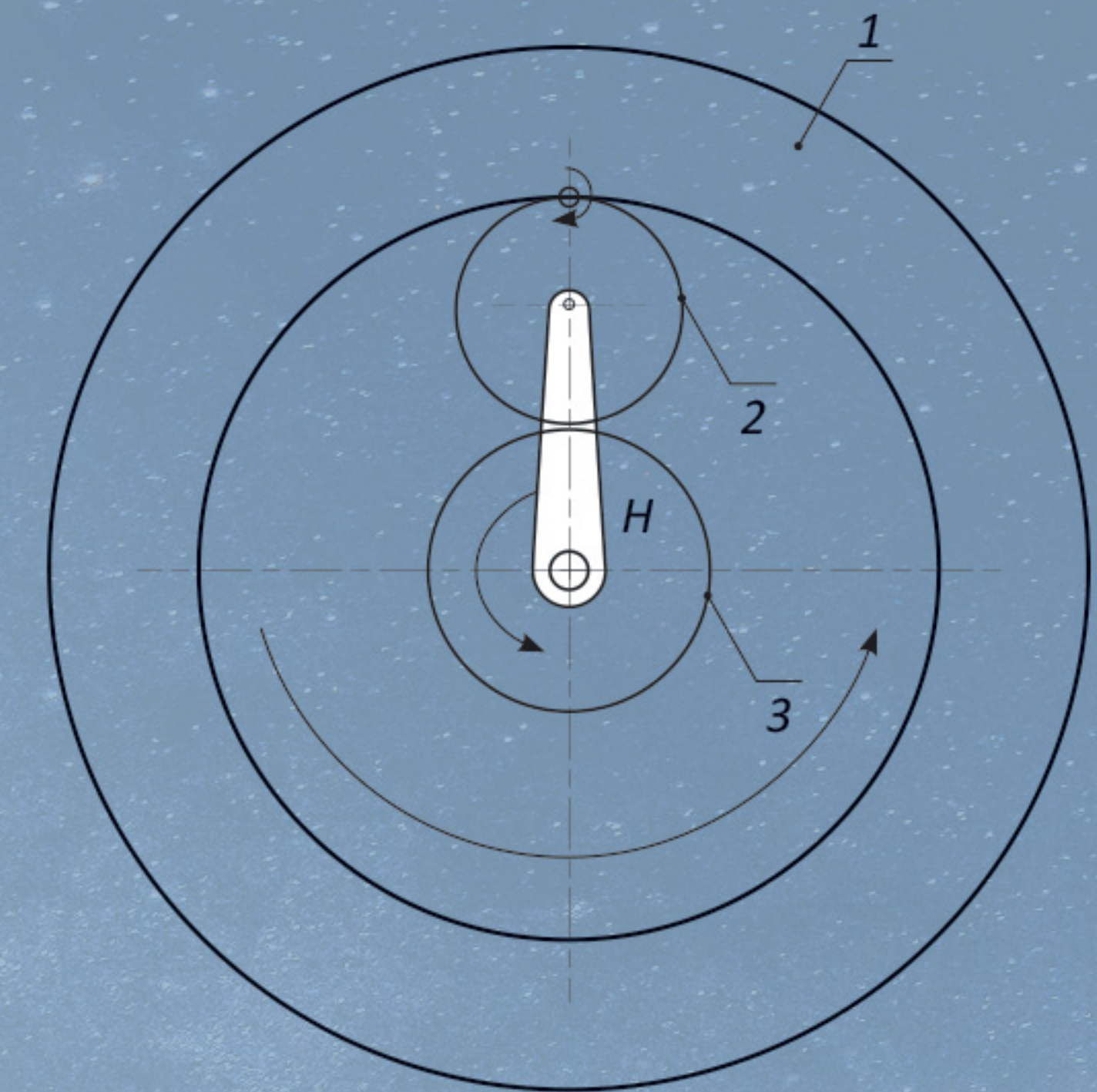


Рис 8. Схема планетарного механизма состоящего из 4-х звеньев.

- 1 — Корона (большое центральное колесо);
- 2 — Сателлит, с подвижной осью вращения;
- 3 — Солнце (малое центральное колесо);
- Н — Водило (звено, на котором расположена ось сателлита 2)

ЦИКЛОИДАЛЬНЫЙ МЕХАНИЗМ (циклоидальный или планетарно-цевочный редуктор)

Циклоидальный механизм (циклоидальный или планетарно-цевочный редуктор)

Конструкция циклоидального механизма схожа с конструкцией планетарного механизма.

Циклоидальный механизм как и планетарный механизм состоит из 4-х звеньев.

Направление вращения ведомого вала противоположно направлению вращения ведущего вала.

Рассмотрим расчет передаточного отношения «i» на примере схемы циклоидального механизма на рис. 9.

Передаточное отношение i между ведущим и ведомым валом циклоидального редуктора определяется по следующей формуле:

$$i = \frac{P-L}{L}$$

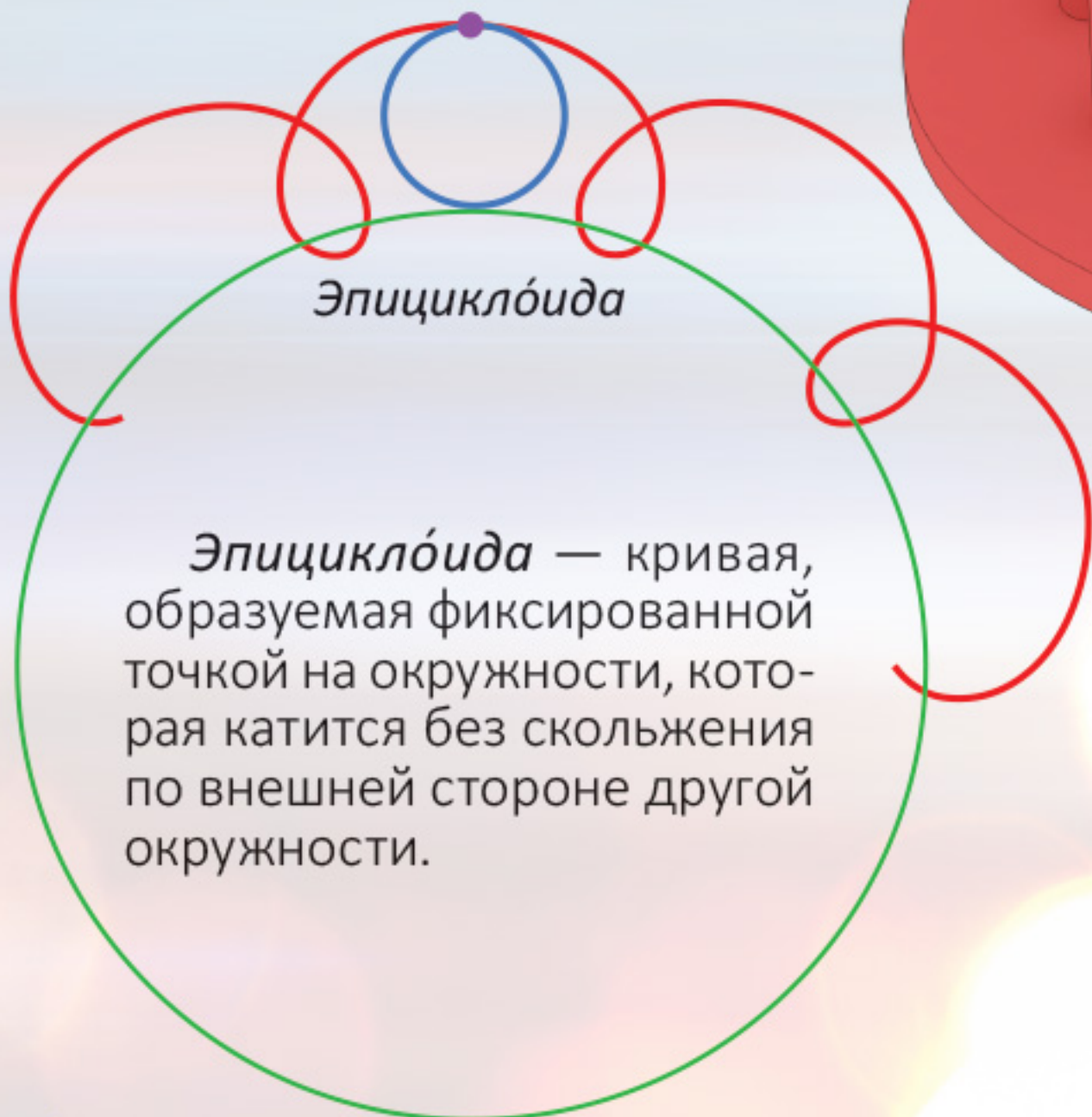
где:

P — количество выступов на внешнем коронном кольце;

L — количество выступов на циклоидальном диске.

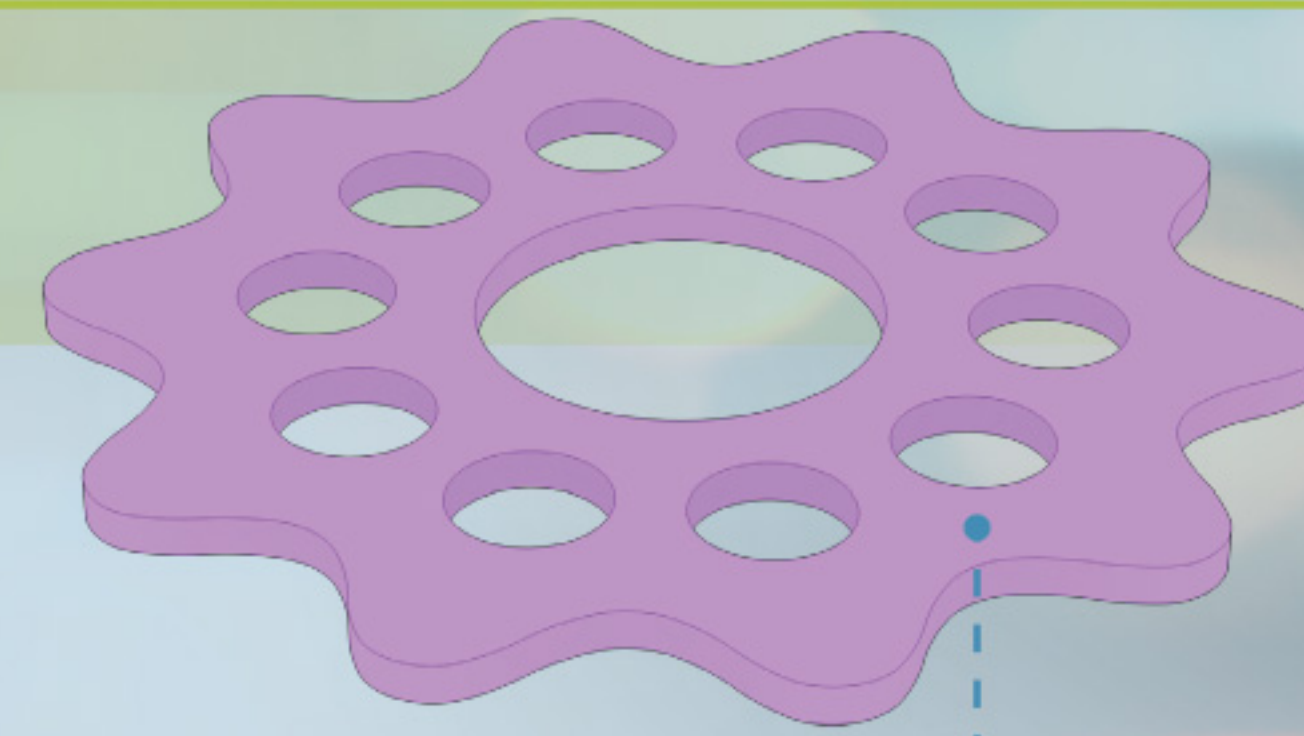
Итак, мы рассмотрели основные механизмы применяемые в курвиметре линейки STEM LAB (UGEARS TM).

Давай детальнее разберем конструкцию нашего курвиметра.



Ведущее вал (входной вал)

находится в центре механизма и приводит в движение циклоидальный диск. Состоит из приводного вала и эксцентрика с подшипником (в планетарной передаче аналогичным звеном может быть солнечная шестерня).

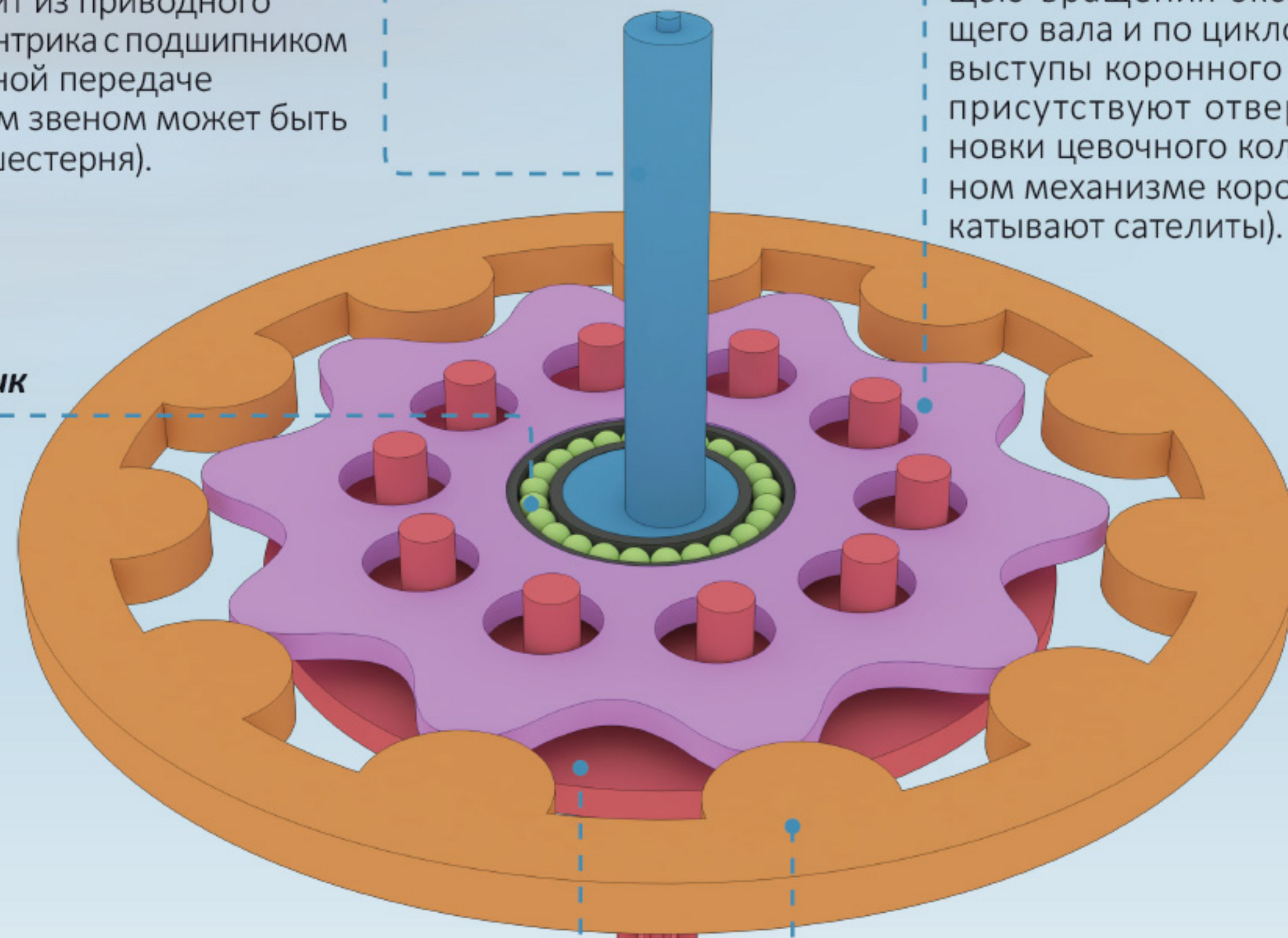


Циклоидальный диск

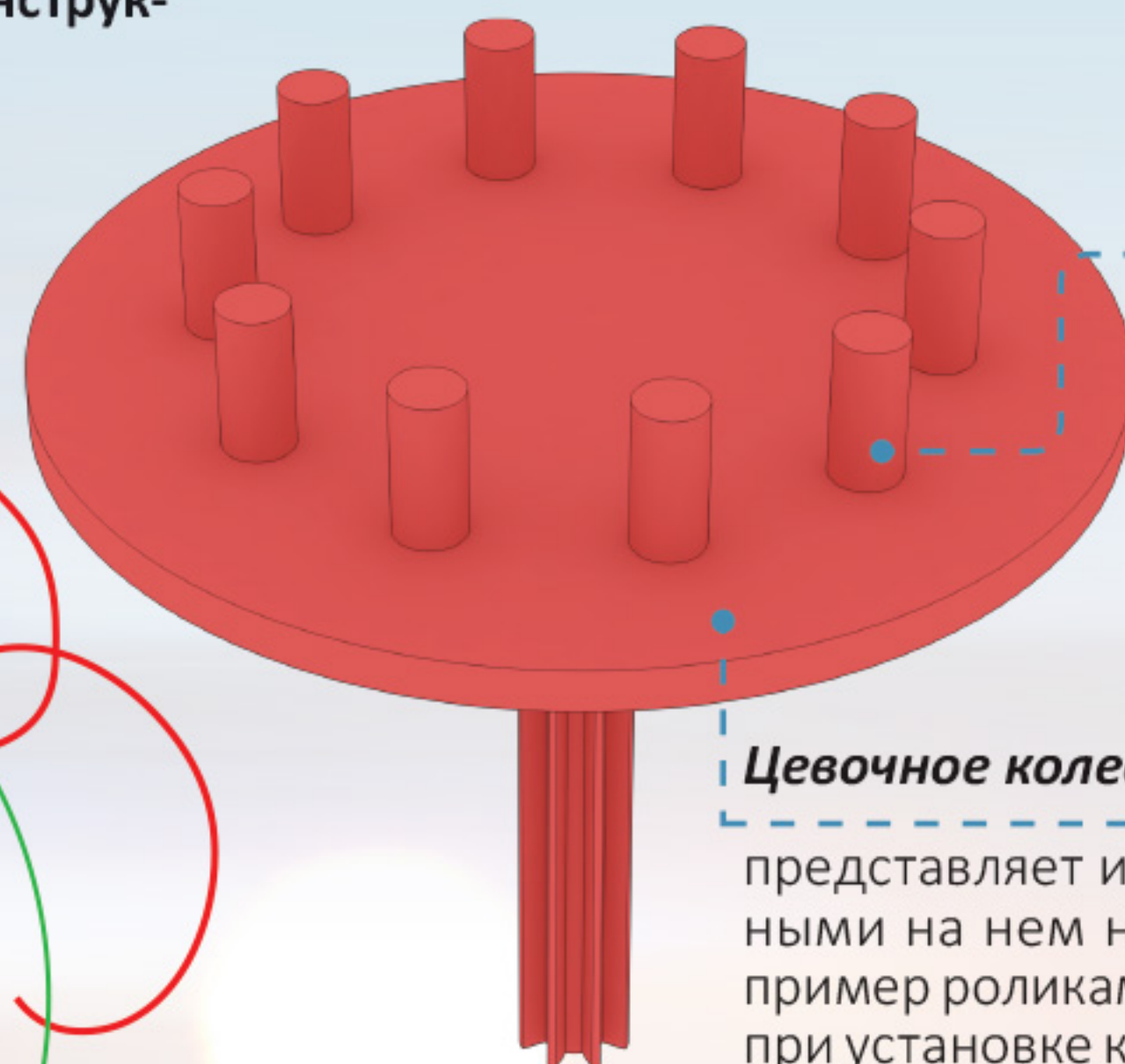
приводится в движение с помощью вращения эксцентрика ведущего вала и по циклоиде обкатывает выступы коронного кольца. В диске присутствуют отверстия для установки цевочного колеса (в планетарном механизме коронное кольцо обкатывают сателлиты).



Подшипник



Цевки



Цевочное колесо

представляет из себя колесо с закрепленными на нем неподвижными осями (например роликами или шпильками) которые при установке колеса в механизм проходят через отверстия в циклоидальном диске. Диаметр отверстий циклоидального диска больше чем диаметр роликов, за счет чего кольцо свободно устанавливается на диск. Качаясь, циклоидальный диск вращает цевочное колесо на котором может быть расположен выходной (ведомый) вал.

Коронное кольцо

охватывает механизм. Количество выступов коронного кольца больше чем на циклоидальном диске. Это вынуждает диск совершать качающееся движение, то есть одновременно вращаться относительно оси входного вала и относительно собственной оси (коронное кольцо в отличие от коронной шестерни планетарного механизма - всегда зафиксировано неподвижно).

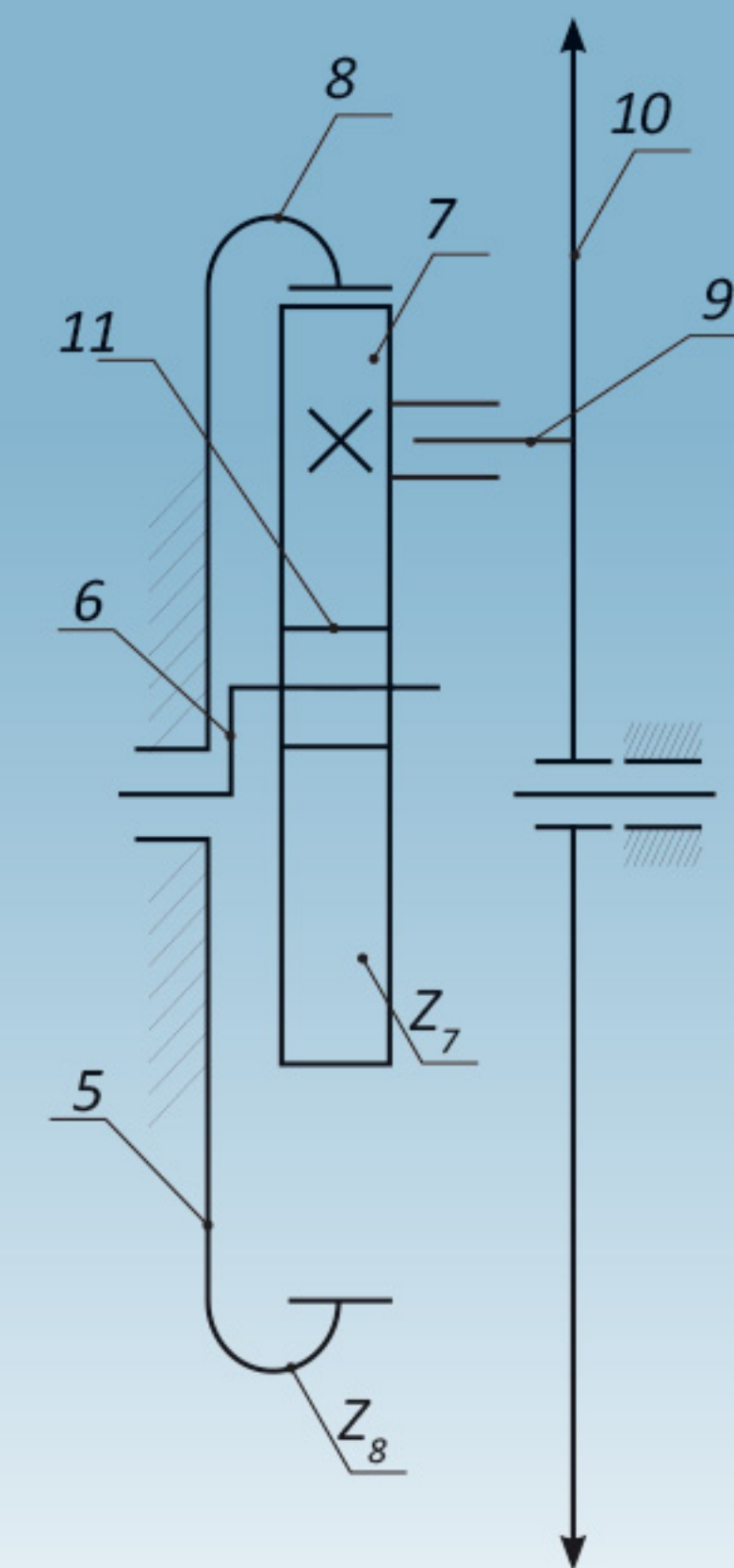
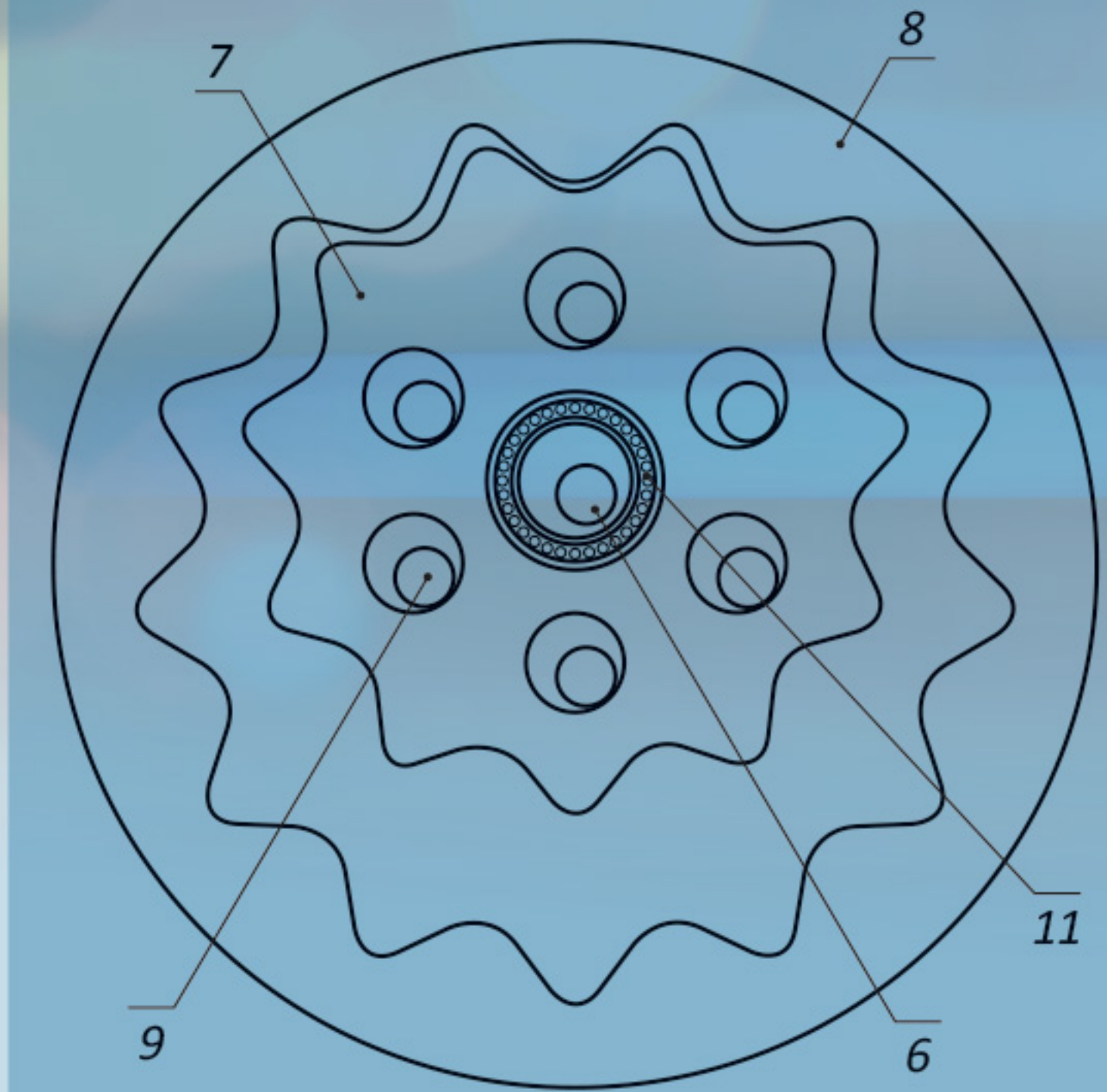
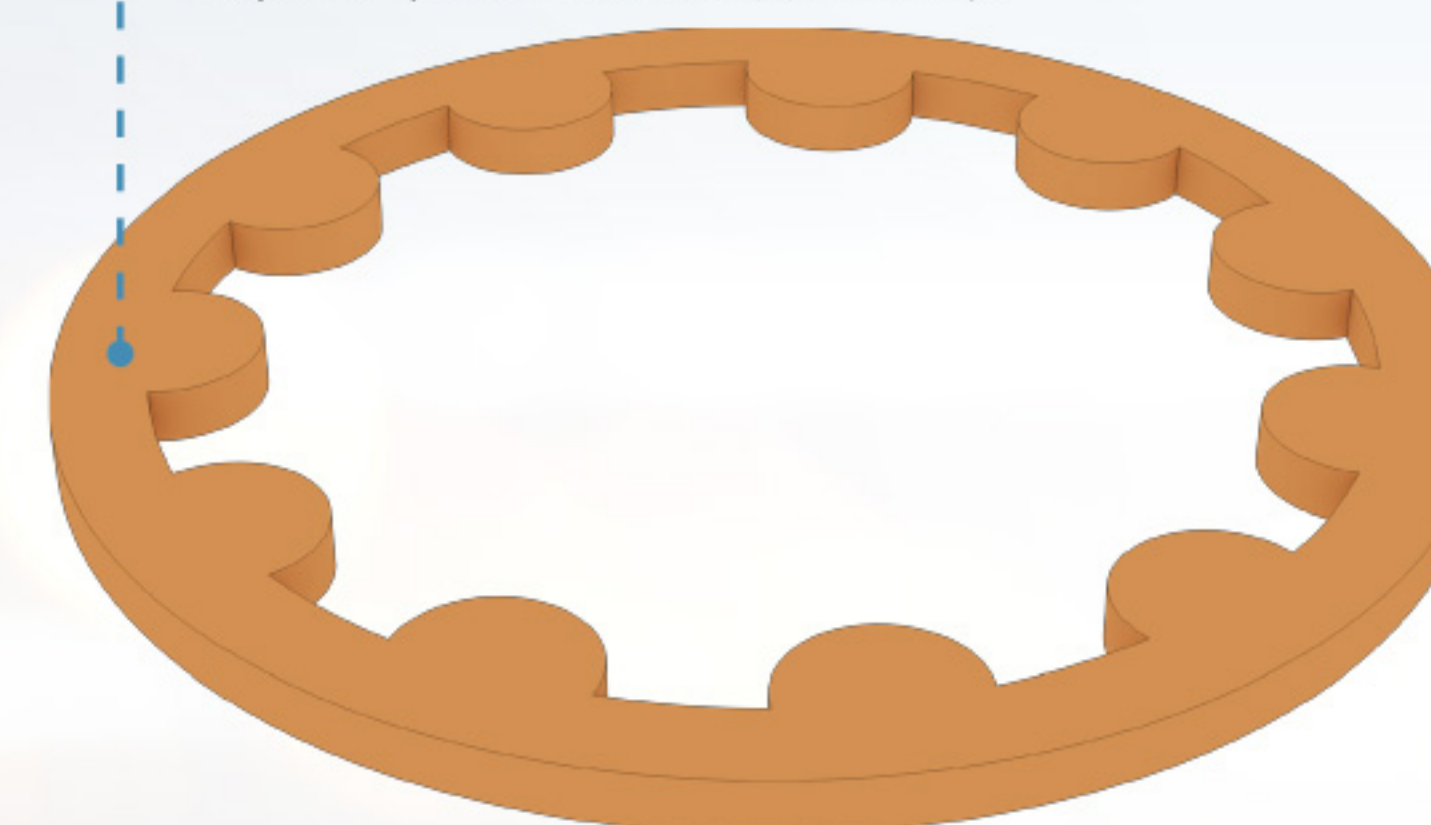


Рис 9. Схема циклоидального механизма.

- 6 — эксцентрик входного вала
- 7 — циклоидальный диск
- 8 — коронное кольцо
- 9 — цевки
- 10 — цевочное колесо
- 11 — подшипник эксцентрика

Конструкция модели механического курвиметра STEM LAB (UGEARS TM)

Модель представляет собой измерительный прибор в форме рулетки. Прибор состоит из центрального обрезиненого измерительного колеса **1** с основной измерительной шкалой представленной в дюймах.

По бокам от него симметрично размещены дополнительные измерительные диски (циферблаты) с механизмами (планетарный и циклоидный).

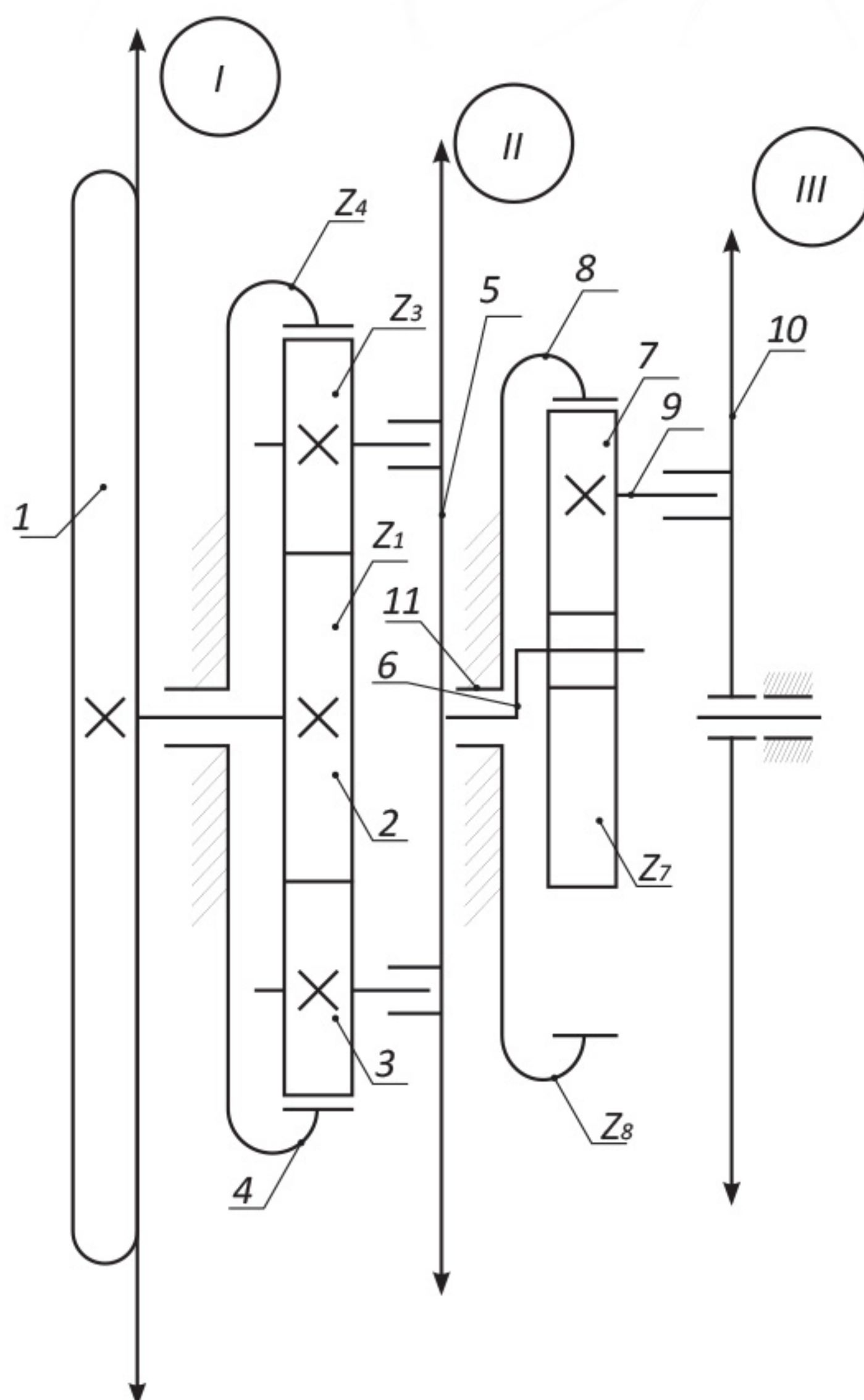
На одном представлена шкала в сантиметрах (диск **II**), а на другом (диск **III**), суммарная шкала в метрах и футах. Каждая шкала движется со своей скоростью.

Один оборот колеса **1** равен 12 дюймам (1 фут) и за это время диск **II** поворачивается на $1/3,28$ полного своего оборота. Для преобразования расстояний из дюймов в сантиметры нужен планетарный механизм с передаточным отношением $i_1=3,28$.

Полный оборот диска **II** равен 100 сантиметрам (1 метру) и за это время диск **III** поворачивается на $1/10$ своего полного оборота т.е. показывает 1 метр или 3.28 футов. Для преобразования расстояния из сантиметров в метры или футы нужен циклоидальный механизм с передаточным отношением $i_2=10$.

Таким образом, курвиметр имеет 3 измерительные шкалы:

- Шкала **I** (в дюймах) на боковых сторонах измерительного колеса **1**. Полный оборот колеса **1** равно 12 дюймам 1 (фут).
- Шкала **II** (в сантиметрах) на боковых сторонах измерительных дисков **II**. Полный оборот диска **II** равен 100 сантиметрам (1 метр).
- Шкала **III** (в метрах и футах) на боковых сторонах измерительных дисков **III**. Полный оборот диска **III** равно 10 метрам или 32,8 футам.



Планетарный механизм состоит из:

- центральной солнечной шестерни **2** ($z_2=25$)
- трех сателлитов **3** ($z_3=16$) с подвижными осями вращения
- неподвижного опорного колеса (коронная шестерня) **4** ($z_4=57$)
- водила **5**, на котором располагаются оси сателлитов **3**. (в отличие от стандартной конструкции планетарного механизма в нашем курвиметре оси сателлитов закреплены непосредственно на сателлитах, а водило представляет из себя диск с отверстиями под них. Данное конструктивное отличие не влияет на работу механизма и обусловлено особенностью используемого материала.)
- измерительного диска **II**

При измерении расстояния, обрезиненное колесо **1** вращается и приводит в движение центральное солнечное колесо **2**. Далее движение передается на сателлиты **3**.

Сателлиты **3** свободно вращаются обкатывая неподвижное опорное колесо (коронную шестерню) **4** и вращают водило **5**.

Водило **5** напрямую связано с измерительным диском **II**, который совершает оборот и показывает нам расстояние в сантиметрах.

Как мы описывали ранее, передаточное отношение планетарного механизма определяется формулой:

$$i_{25}^{(4)} = 1 + \frac{z_4}{z_2} = 1 + \frac{57}{25} = 3,28$$

где:

$i_{25}^{(4)}$ — коэффициент передаточного отношения,
 индекс (4) — указывает на то, что неподвижным является опорное колесо **4**,
 индексы **2** и **5** — указывают, что расчет передаточного отношения ведется от колеса **2** к водилу **5**;
 z — количество зубьев колес: центрального солнечного колеса **2** ($z_2=25$) и неподвижного опорного колеса **4** ($z_4=57$).

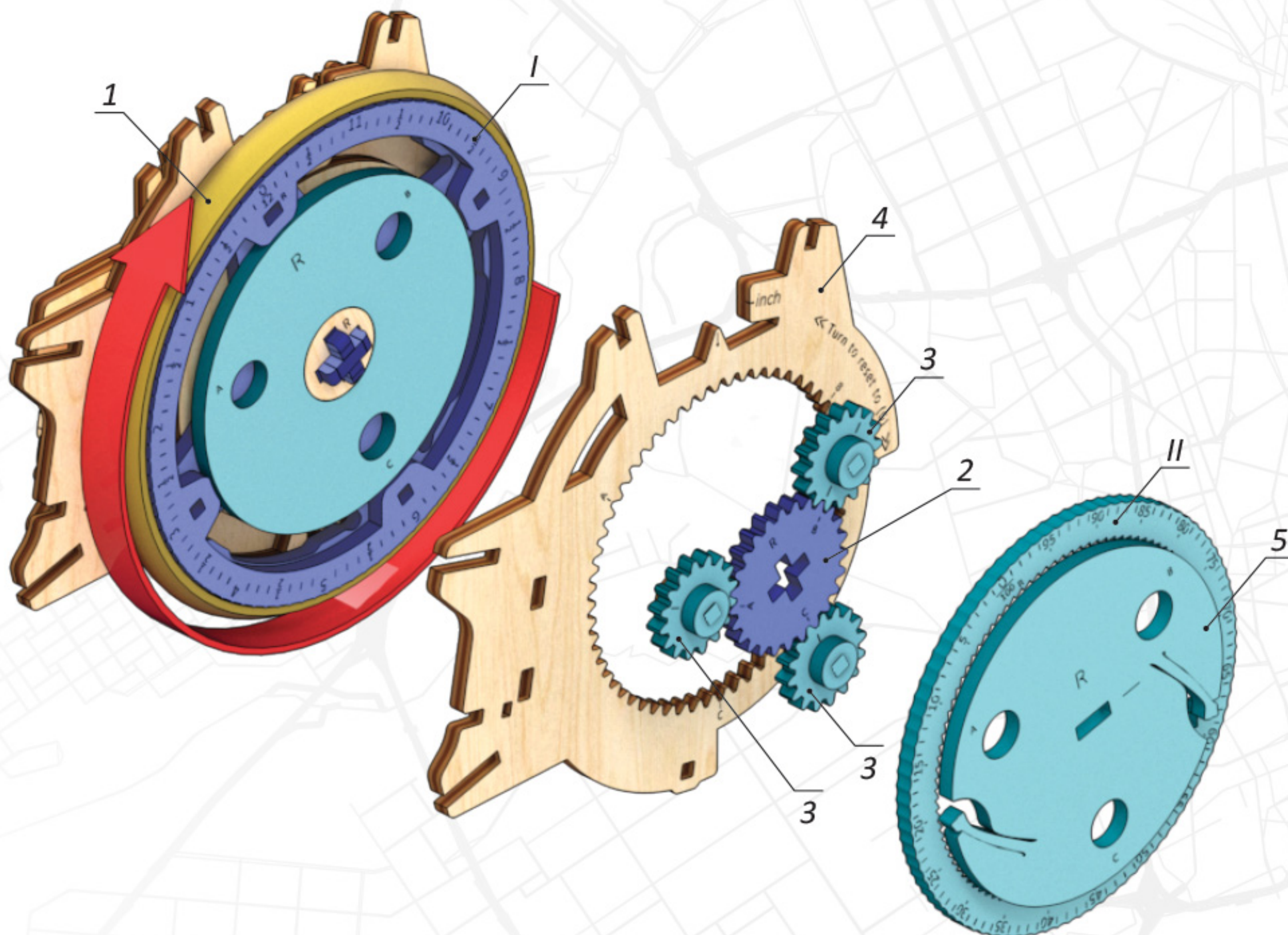


Схема планетарной передачи

Циклоидальный механизм состоит из:

- эксцентрика **6**;
- циклоидального диска **7**, который установлен на эксцентрике с возможностью свободного вращения;
- роликами **9**;
- неподвижного коронного колеса **8**;
- цевочного колеса **10**, связанного с измерительным диском **III**.

Эксцентрик **6** закреплен на оси водила **5** планетарного механизма и вращается вместе с ним. На эксцентрик **6** установлен циклоидальный диск **7**. Движение эксцентрика **6** передается циклоидальному диску. Циклоидальный диск **7** обкатывается по неподвижному коронному колесу **8** и посредством роликов **9** приводит во вращение цевочное колесо **10** (измерительный диск **III**).

Передаточное отношение циклоидального механизма определяется формулой:

$$i = \frac{P-L}{L} = \frac{11-10}{10} = \frac{1}{10}$$

где:

P — количество выступов на неподвижном коронном колесе, $P=11$;

L — количество выступов на циклоидальном диске, $L=10$.

Проведение измерений с помощью модели механического курвиметра

При измерении расстояния Курвиметр нужно держать перпендикулярно поверхности и немного придавив, для сцепления с поверхностью, провести по линии, которую мы измеряем.

После окончания измерений на измерительных шкалах отобразится результат (в дюймах, сантиметрах, метрах и футах).

Максимальное расстояние, которое можно измерить за 1 раз— 10 метров или 32,8 фута (полный оборот измерительного диска **III**)

Для сброса показаний необходимо установить все диски в положение 0 начиная с главного измерительного колеса **I**, далее колесо **II** и **III** с каждой стороны курвиметра.

Двусторонняя конструкция курвиметра дает возможность измерять расстояния суммарно. Для этого с одной стороны курвиметра шкалы **II** и **III** нужно обнулять после каждого измерения, а с другой — нет. После суммируем результаты.

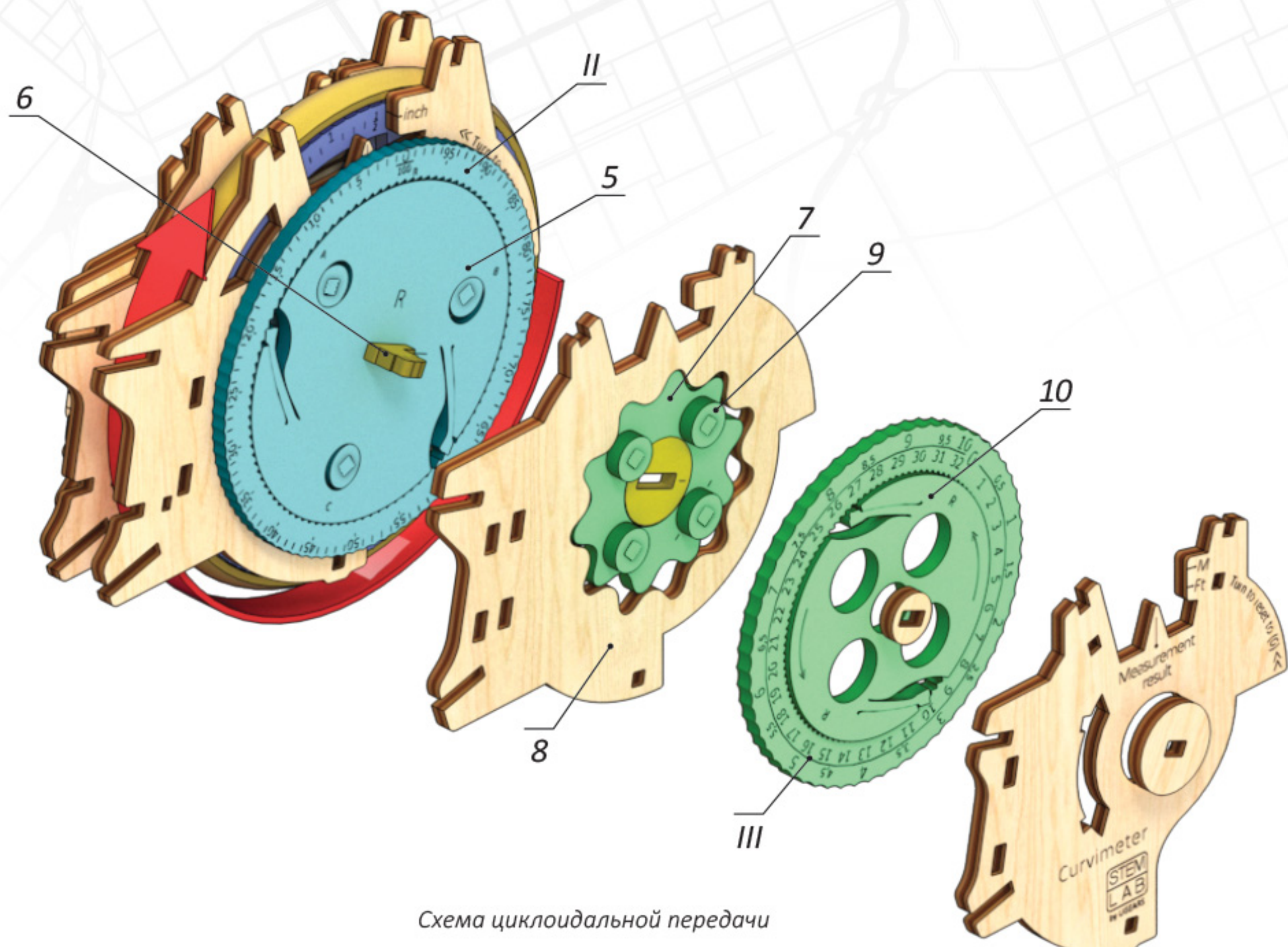


Схема циклоидальной передачи

§4

Практические задания

ЦЕЛЬ:

Научиться вычислять масштаб карты; определить расстояния на местности, с помощью масштаба

Задание 1. Определите масштаб карты по измеренному на карте отрезку (I) и соответствующему расстоянию на местности (L):

Масштаб карты определяют: 5 см: 50 м — 1 см: 10 м — 1: 1000

№	I (карта)	L (местность)	Масштаб карты
1	5 см	50 м	1: 1 000
2	2 см	200 м	
3	4 см	4 км	
4	3 см	300 км	
5	30 мм	150 м	

Задание 2. Вычислите расстояние на местности L = ?, если известны масштаб карты и длина отрезка на карте (I).

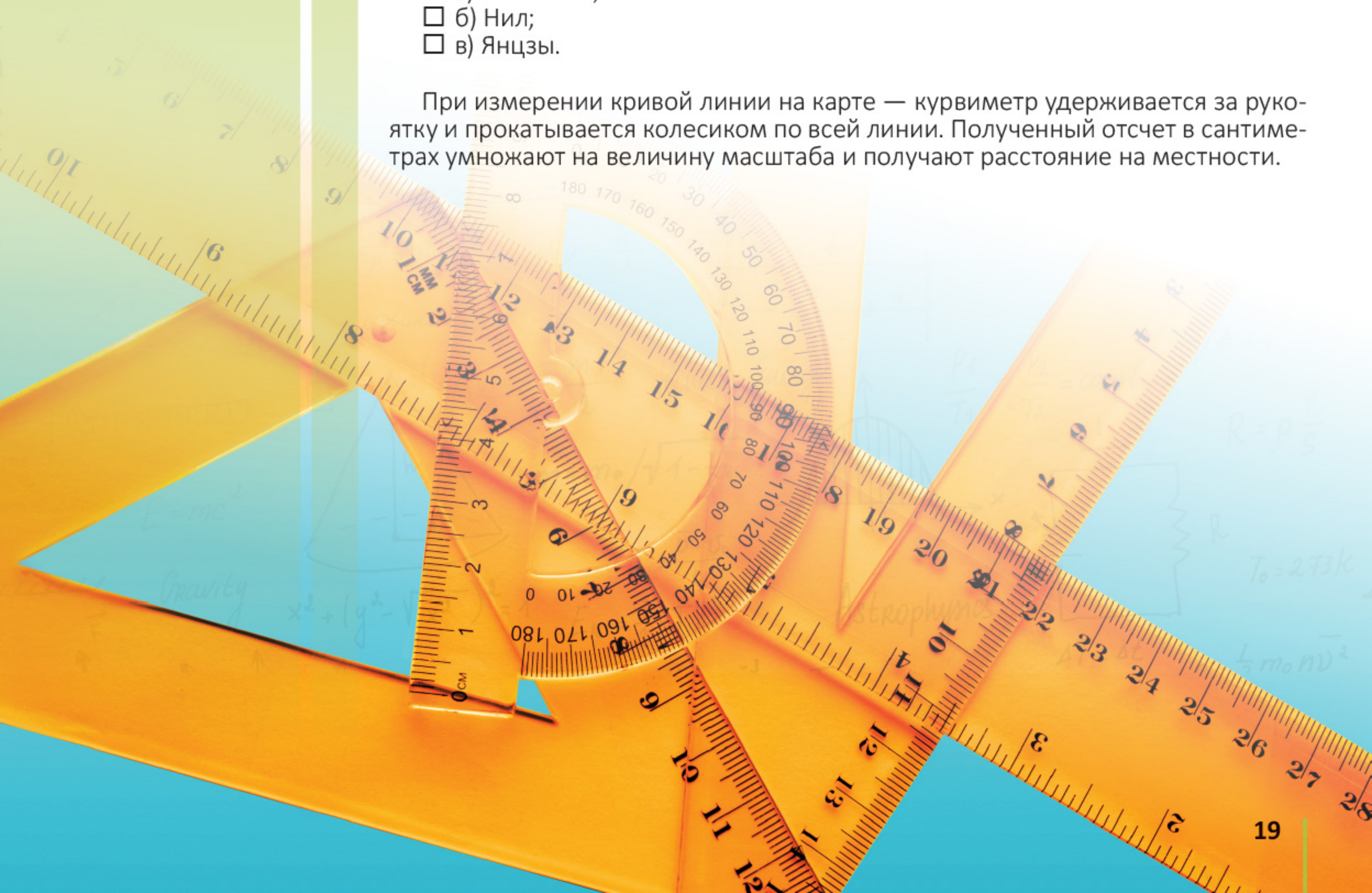
Например: 1: 5 000, I = 4 см, L = ? — в 1 см 50 м, в 4 см 200 м, L = 200 м (4 см на карте соответствует 200 м на местности)

№	I (карта)	L (местность)	Масштаб карты
1	4 см	200 м	1: 5 000
2	6 см		1: 25 000
3	3 см		1: 300 000
4	2,5 см		1: 5 000 000

Задание 3. Измерьте протяженность рек по физической карте мира при помощи курвиметра (для выполнения задания лучше использовать мелко-масштабную карту):

- а) Амазонка;
- б) Нил;
- в) Янцзы.

При измерении кривой линии на карте — курвиметр удерживается за рукоятку и прокатывается колесиком по всей линии. Полученный отсчет в сантиметрах умножают на величину масштаба и получают расстояние на местности.



Тест

1. Что показывает масштаб карты?

- а) во сколько раз мы уменьшили реальные размеры;
- б) на сколько мы увеличили реальные размеры;
- в) как изменились реальные размеры.

2. Как называется наука которая занимается изучением местности и составлением карт?

- а) топография;
- б) география;
- в) картография.

3. Для чего используют курвиметр?

- а) для замера изогнутых линий;
- б) для замера массы;
- в) для замера площади поверхности.

4. Кому принадлежит патент на изобретение курвиметра?

- а) Эдварду Моррису;
- б) Нольманну;
- в) Ломоносову.

Поздравляем, Вы сделали это!

Спасибо, что Вы прошли этот путь с нами и надеемся, что это путешествие в мир механики было интересным.