



МЕХАНІЧНА МОДЕЛЬ

КУРВІМЕТР



Довідник юного механіка

§1

Вступ

Одного разу Сенека сказав: «Подорожі та зміна місця заряджають розум новою енергією», тож давайте навчимося подорожувати разом і спробуємо визначити, що нам для цього знадобиться в першу чергу.

Отже, для будь-якої подорожі необхідно скласти маршрут. Його найголовніший критерій – довжина, тобто та відстань, яку ми маємо подолати. Саме відстань є найважливішою величиною та стане точкою відліку при визначенні запасів їжі й води, швидкості руху та часу, який ми витратимо на шляху.

Із правильним маршрутом ми отримаємо точний план дій, встигнемо відідати всі заплановані місця та вчасно повернутися додому.

То як же ми дізнаємося параметри маршруту?

Все просто, скажеш ти! Мобільний телефон або планшет допоможуть нам у цьому, адже не дарма винайшли GPS. Запускаємо застосунок, вводимо місце призначення та отримуємо відстань до нього й час прибуття, залежно від того, як ми подорожуємо – пішки, велосипедом або на авто.

Звісно, це дуже простий сучасний спосіб, і все було би саме так, якби наші телефони працювали вічно, а інтернет був усюди.

Але що робити, якщо телефона немає, або сіла батарейка чи доступ до інтернету обмежено?

У таких випадках нам допоможе карта.



§2

Карти й способи вимірювання ліній на них



Карти – геніальний винахід. Вони допомагають, коли немає доступу до сучасних технологій. Усі карти – це зменшене узагальнене зображення поверхні Землі. **Масштаб** карти вказує, у скільки разів ми зменшили реальні розміри. Наука, що займається вивченням місцевості та створенням карт, називається Топографія. А карти, за якими визначають маршрут або орієнтуються на місцевості, називаються топографічними.



Масштаби бувають чисельними та лінійними.

Чисельний масштаб подається у вигляді дробів (у чисельнику завжди 1, а в знаменнику – число, що вказує, у скільки разів зменшено місцевість). Чим меншим є знаменник, тим крупніший масштаб карти. Також вказується величина масштабу, яка демонструє співвідношення довжини відрізка на карті до реальної довжини на місцевості (зазвичай у см).

Наприклад, $1:1\ 000\ 000$ – 1 см на карті відповідає 1 000 000 см на місцевості (ступінь зменшення в 1 000 000 разів).

$1:200\ 000$ – 1 см на карті відповідає 200 000 см на місцевості

$1:50\ 000$ – 1 см на карті відповідає 50 000 см на місцевості

Лінійний масштаб подається у вигляді лінійки (шкали), на якій поділки відповідають певним відстаням на місцевості (мал. 1). За лінійним масштабом відстань на карті вимірюється циркулем або лінійкою.

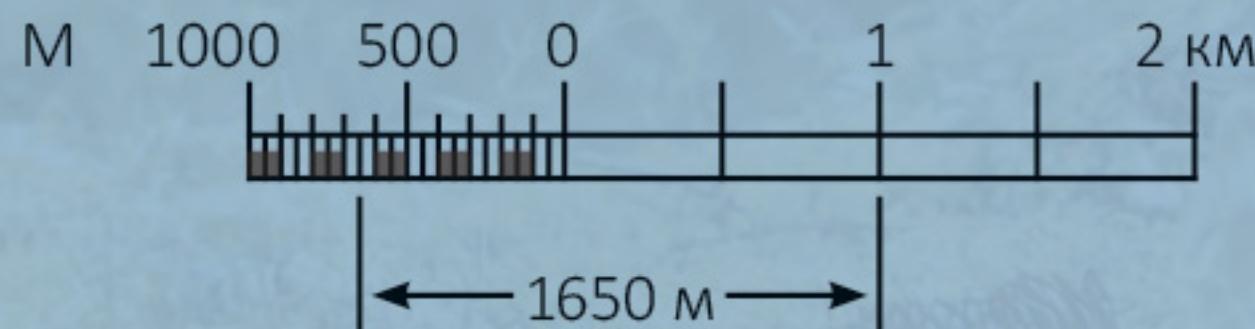


Рис 1. Лінійний масштаб, поміщаемий на карті

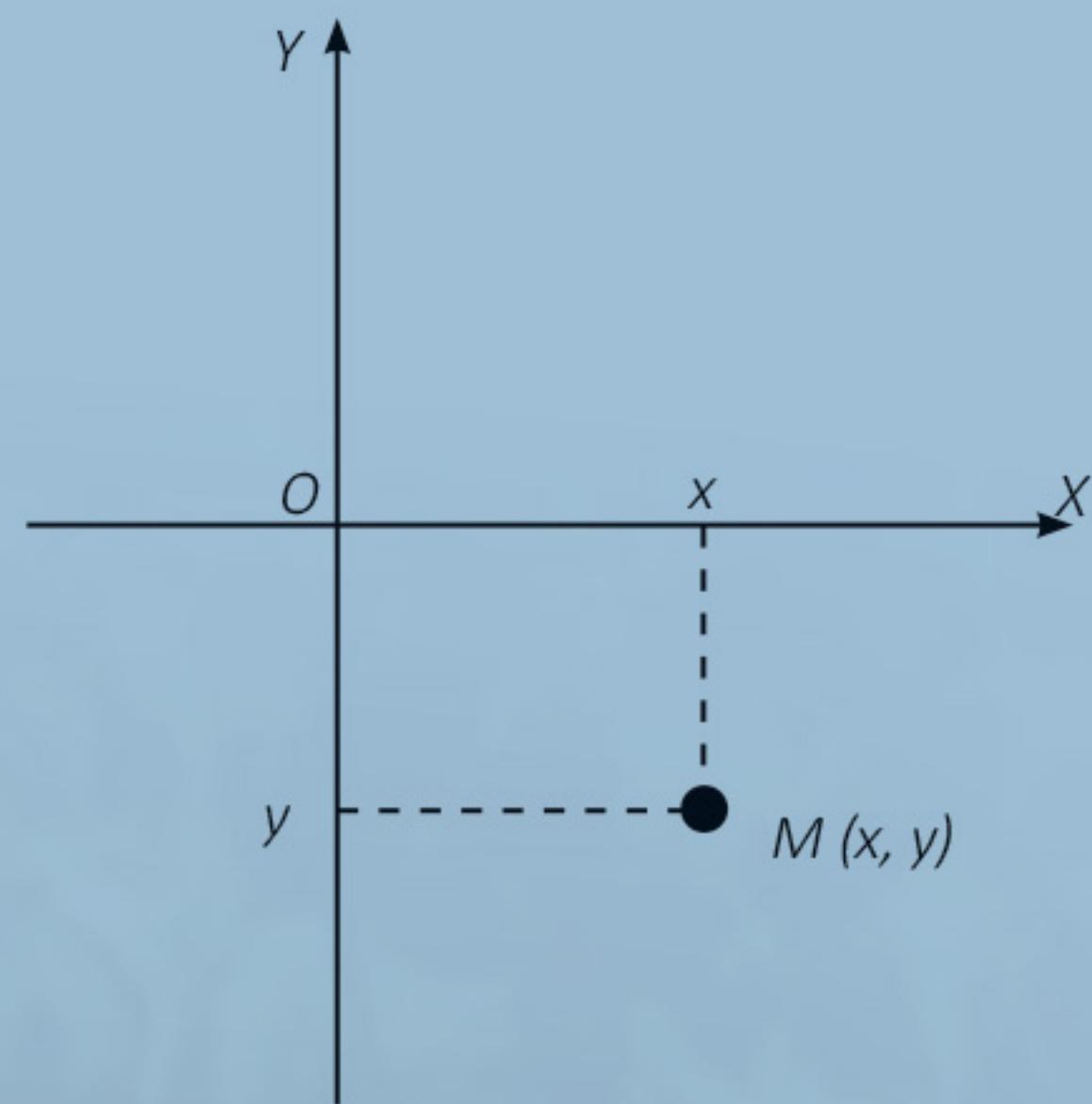


Топографія – наука, що займається описом місцевості. Здійснюються спеціальні дослідження земної поверхні як на власне землі, так і з повітря, а в деяких випадках за допомогою знімків із космосу. Отримані дані наносять на топографічну карту.

Топографічна карта – це карта із детальним зображенням місцевості. На ній нанесено максимум інформації про місцевість. Якщо вміти читати таку карту, то можна дізнатися, чи є гори або ріки, який ґрунт, рельєф, де розташовані дороги тощо.

Місце знаходження будь-якого об'єкта на карті визначається за допомогою координат – числових значень широти, довготи й висоти.

Створюючи топографічні карти, використовують пласку прямокутну (декартову) систему координат, яку вперше описав Рене Декарт у 1637 році. Вона дозволяє визначити місце знаходження точки в площині та складається з двох взаємно перпендикулярних осей X, Y і початкової точки відліку 0 (мал. 2).

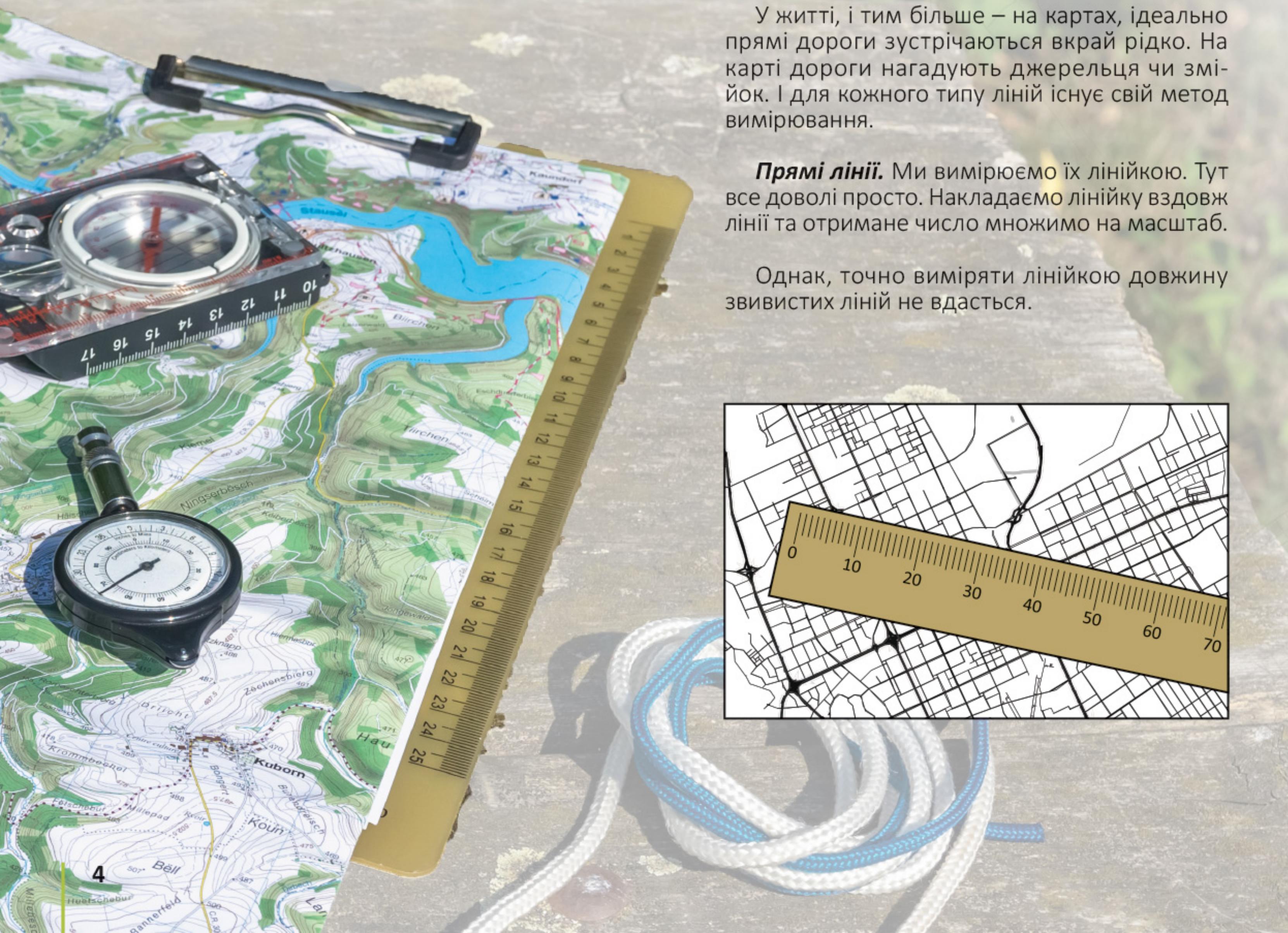
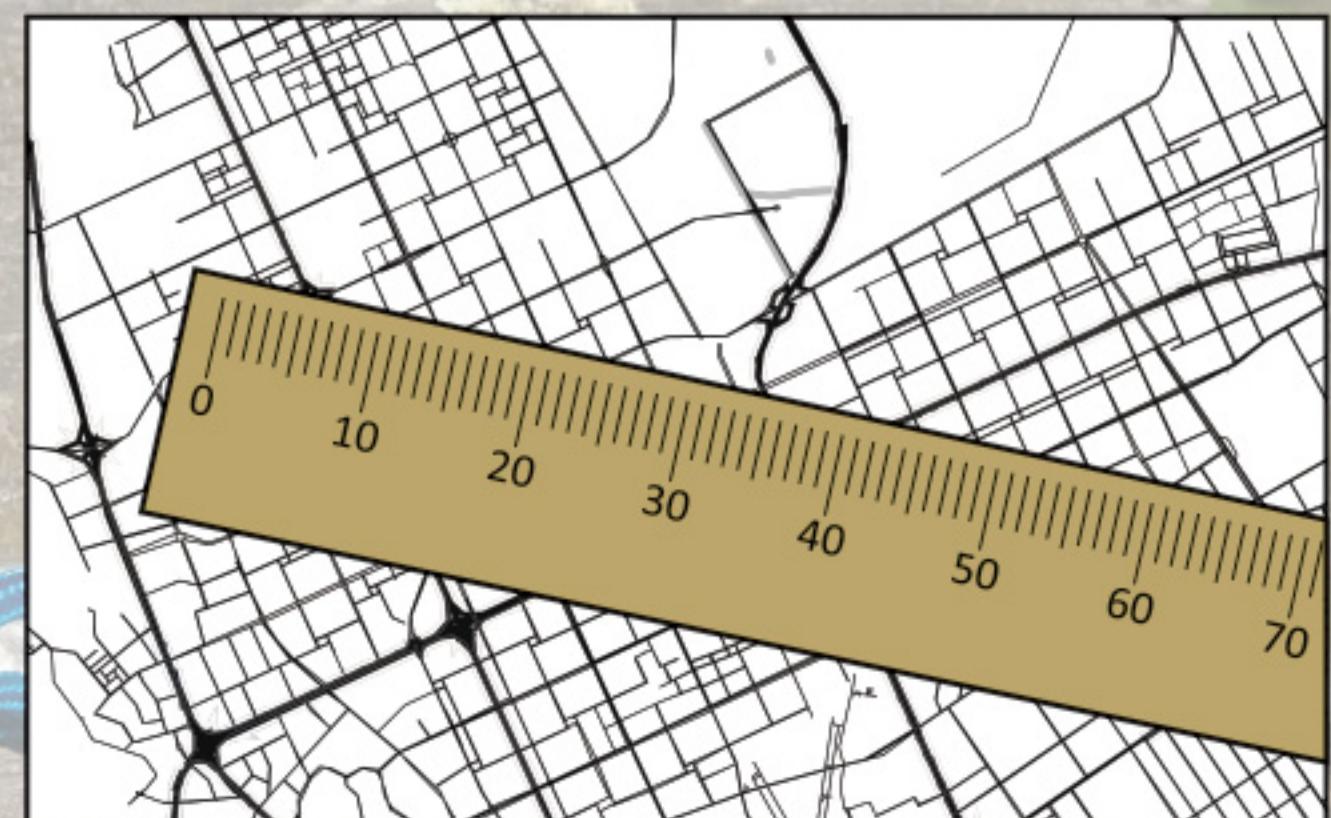


Мал. 2. Прямокутна система координат

У житті, і тим більше – на картах, ідеально прямі дороги зустрічаються вкрай рідко. На карті дороги нагадують джерельця чи змійок. І для кожного типу ліній існує свій метод вимірювання.

Прямі лінії. Ми вимірюємо їх лінійкою. Тут все доволі просто. Накладаємо лінійку вздовж лінії та отримане число множимо на масштаб.

Однак, точно виміряти лінійкою довжину звивистих ліній не вдається.



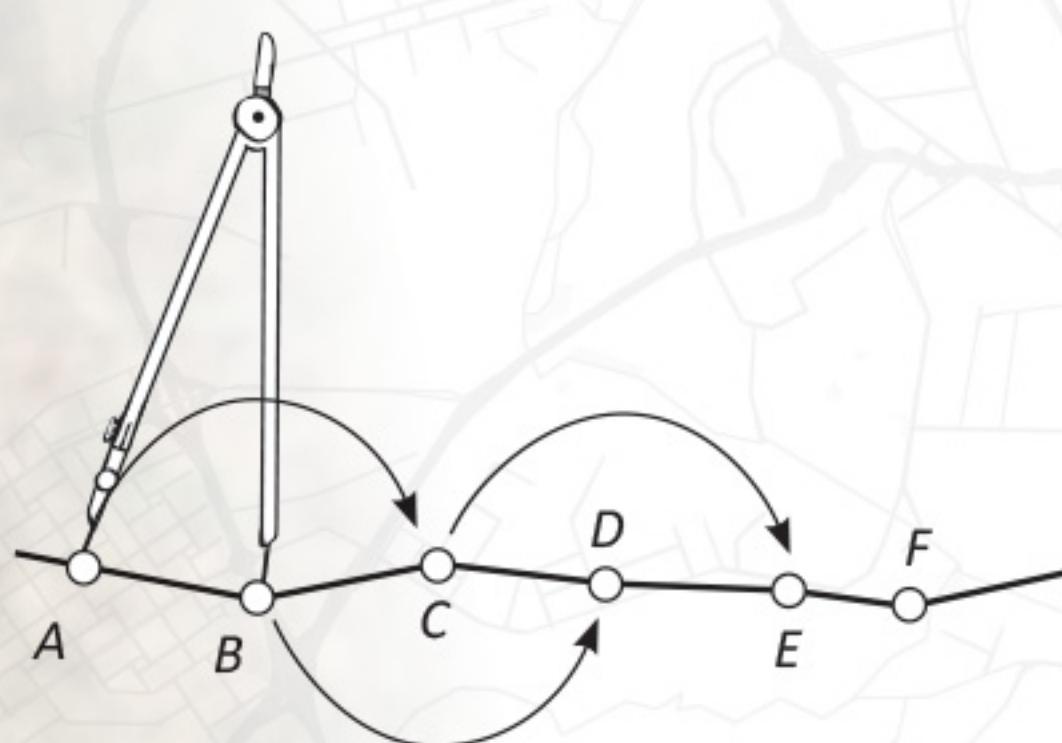


Ламані лінії чи лінії з невеликим вигином. Для вимірювання нам знадобляться лінійка та циркуль. Розкриваємо циркуль, наприклад, на 1 см, та невеликими кроками вимірюємо відстань, переставляючи ніжки циркуля (мал. 3) уздовж лінії. Кількість таких кроків множимо на довжину кроку (у нашому випадку – 1 см) та отримуємо довжину, котру множимо на масштаб карти. Крок, який ми обираємо, залежить від величини вигинів лінії.

Звивисті або криві лінії. Візьмемо нитку, акуратно розкладемо її вздовж маршруту. Зафіксуємо початкову та кінцеву точки. Довжина нитки, яка знадобилася, – це і є відстань. Тепер вимірюємо довжину нитки й отримане число множимо на масштаб.

Але є ще один прилад, більш зручний – **Курвіметр** (мал. 4). Ми просто рухаємо пристрій вздовж звивистої лінії, і наприкінці шляху він вказує відстань у сантиметрах. Отримане число множимо на масштаб.

Отже! Курвіметр – ідеальний прилад для вимірювання звивистих ліній. Його основною частиною є коліщатко, саме його ми й котимо, вимірюючи відстань.



Мал. 3. Вимірювання ліній циркулем



Мал. 4. Вимірювання ліній курвіметром

Для розрахунку відстані по картах дуже важливою є точність вимірювань. Пам'ятайте, що 1 см на карті – це мінімум 100 метрів реальної місцевості. Декілька помилок у розрахунках – і ви опинитеся в кількох кілометрах від пункту призначення, а, значить, до вимірювань потрібно ставитися вкрай відповідально.

Саме тому необхідно ввести таке поняття як похибка вимірювання.

Похибка вимірювання – відхилення виміряного значення величини від її реального значення. Похибка вимірювання є характеристикою точності вимірювання.

При вимірюванні звивистих ліній лінійкою похибка буде найбільшою, циркулем – меншою. Найменшу похибку показує курвіметр, адже його коліщатко може максимально точно повторити всі вигини ліній на карті.

Відстань, яку ми вимірюємо на карті, буде завжди коротшою, ніж реальна відстань на місцевості. Так відбувається тому, що ми вимірюємо на карті пласку поверхню, а на реальній місцевості є пагорби, гори тощо.

Отже – місце визначили, довжину маршруту виміряли, вирушаємо в подорож!

Діставшись місця, перевіряємо точність вимірювання, здійсненого нами заздалегідь за допомогою карти. Вимірюти відстань на місцевості можна різноманітними способами і вибір залежить від потрібної нам точки або, як ми раніше описували, припустимої похибки.

Кроками. Середня довжина людського кроку становить 0,75 м. Такий метод використовують при низьких вимогах до точності вимірювання.

Польовим циркулем. Дві палиці з'єднані між собою так, щоб відстань між їх кінцями дорівнювала 1 чи 2 м. Такий метод більш точний, але не зручний (мал. 5а)

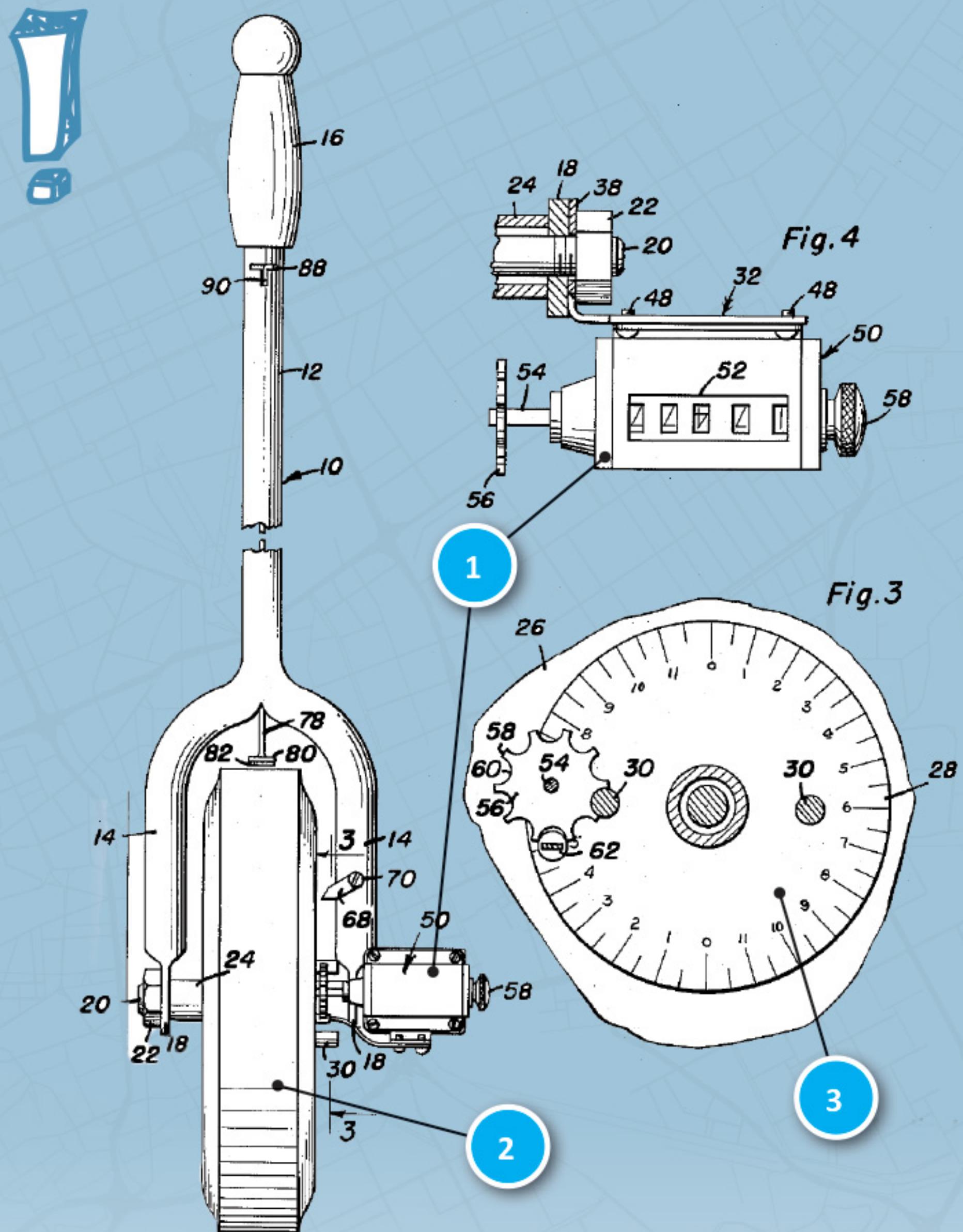


Мал. 5. Вимірювання відстані польовим циркулем (а) та дорожнім колесом (б)

Дорожнім колесом. За принципом дії дорожнє колесо схоже на курвіметр та є найбільш точним методом вимірювання відстані (мал. 56). Прилад має великий розмір у порівнянні з курвіметром. Діаметр колеса складає 318,47 мм, а довжина його окружності – 1 метр. Виходить, що 1 оберт колеса дорівнює 1 метру. На приладі розташовано лічильник, який відмірює відстань. Після кожних 1000 метрів лічильник обнуляється.

Тепер ми знаємо, що для найбільш точного вимірювання довжини маршруту нам необхідно використати прилад під назвою Курвіметр або його аналоги – такі, як дорожнє колесо.

До речі, лічильник дорожнього колеса називається Одометр! Дізнайся про нього більше, склавши модель Одометр лінійки STEM-lab від UGEARS.



1 – одометр
2 – вимірювальне колесо
3 – циферблат

Зразок мірного колеса, запатентованого
Raymond F. Martin, Jr., и Arthur W. Enslein
17 січня 1952 року



§3

Курвіметр. Історія створення та принцип роботи

Курвіметр – прилад для вимірювання довжини звивистих ліній, який використовують для визначення відстаней на топографічних картах і планах.

Суперечки про те, де було винайдено курвіметр, тривають і досі. Це міг бути Китай, Рим або Греція. Одні джерела говорять, що в 23 році до н.е. римський історик Вітрувій описав прилад, схожий на курвіметр за принципом своєї дії. Інші ж наполягають, що його винайшов китайський інженер Жан Чен на початку нашої ери.

Але також відомо, що запатентував перший курвіметр англієць Едвард Моррісон в 1873 році. Він назвав свій прилад «новаторським інструментом для вимірювання відстаней».

Що це за механізм і як він працює

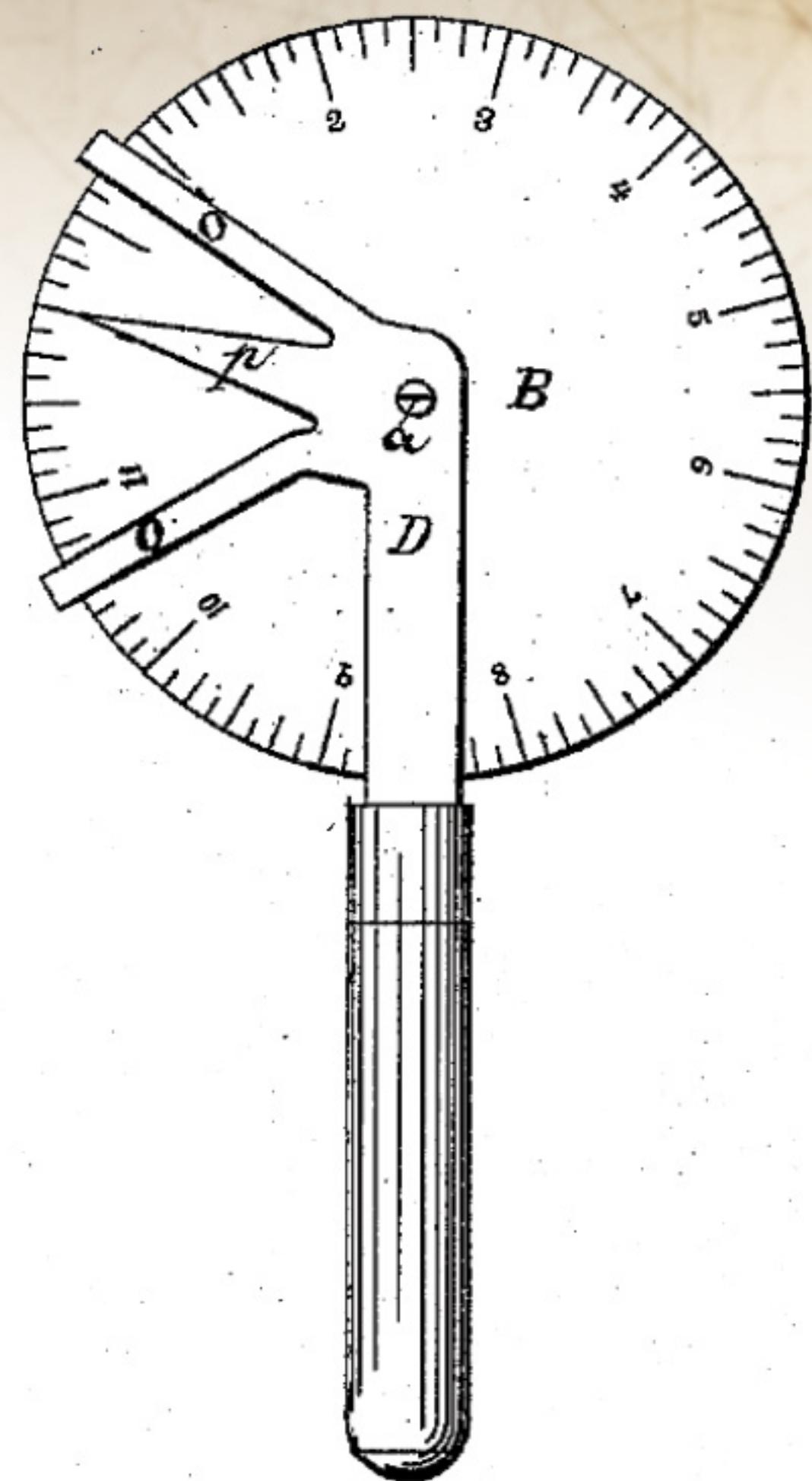
Існують механічні та електронні курвіметри. Однак головна деталь у них – прогумоване колесо, що вимірює відстань – є незмінною як в механічному, так і в електронному приладі; тобто принцип роботи курвіметра не змінюється.

Механічний курвіметр являє собою колесо з прикріпленим до нього циферблатором і руків'ям. Існують курвіметри з одним циферблатором, але частіше зустрічаються з двома (з одного боку відстань вимірюється в сантиметрах, із іншого – в дюймах (див. міри довжини*). Для вимірювання відстані необхідно рухати коліщатком по кривій і отримане число на циферблаті помножити на масштаб.

Електронний курвіметр складається з колеса, екрана (який показує результат вимірювань) і руків'я. Такий курвіметр може автоматично перераховувати відстань на карті на реальну відстань на місцевості з урахуванням масштабу. Такі прилади можуть відображати результати вимірювань у кілометрах, милях і морських милях. Електронні курвіметри більш точні. Їхня похибка складає 0,2%, тоді як похибка механічних – 0,5%.

Принцип роботи механічного курвіметра з двома циферблаторами

Раніше ми згадували про курвіметри з двома циферблаторами для вимірювання довжини одночасно в метричній (метри, сантиметри) та дюймовій (дюйми, фути) системах мір.



Саме такий вигляд мав один із перших сучасних курвіметрів, запатентованих Ф. А. Хеберлайн та А. Босса 14 січня 1978 року.

Як же, маючи одне вимірювальне коліщатко, він може одночасно на двох циферблатах показувати відстані в двох різних системах – метрах і дюймах? Річ у тім, що при одному оберті коліщатка стрілки метричної та дюймової шкал рухаються з різною швидкістю й показують різні значення. Наприклад, якщо відміряти курвіметром 10 см, то сантиметрова стрілка переміститься на 10 поділок, а дюймова лише наблизиться до четвертої поділки.

На практиці для реалізації такої задачі використовують зубчасті передачі (мал. 6).

У зубчастих передачах рух здійснюється завдяки безпосередньому контакту зубців зубчастих коліс (мал. 6).

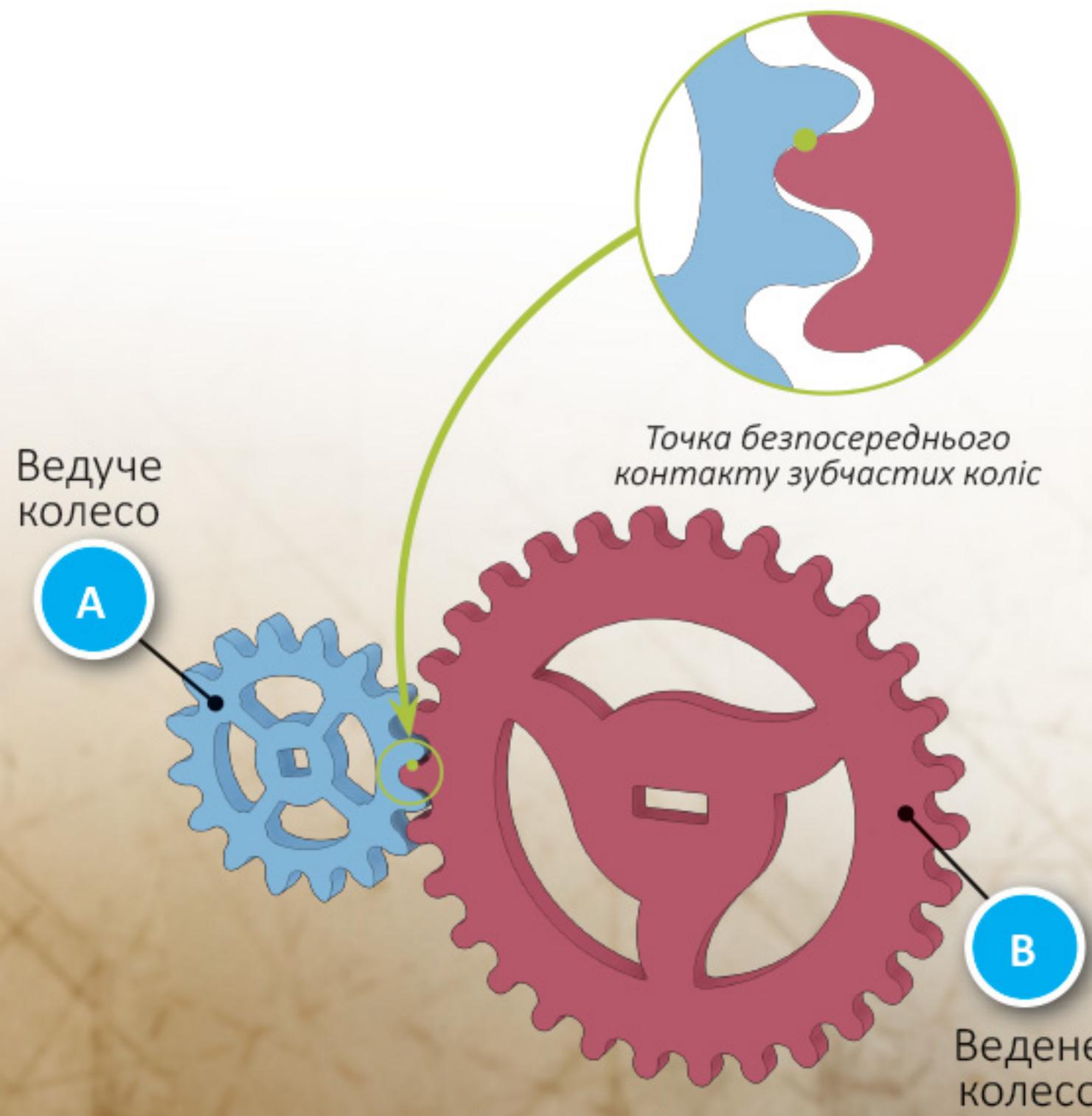
Розрізняють ведучі та ведені колеса.

Основною характеристикою передач, що складаються з двох взаємозчеплених зубчастих коліс (ведучого та веденого), є **передатне відношення**.

Передатне відношення і – це відношення кількості зубців веденого зубчастого колеса до кількості зубців ведучого зубчастого колеса.

Наприклад, якщо Z_1 – кількість зубців ведучого колеса А, а Z_2 – веденого колеса В (мал. 6), тоді передатне відношення і буде дорівнювати :

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



Мал. 6. Зубчаста передача
(приклад зчеплення зубчастих коліс)



Міра довжини – одиниця вимірювання відстані.

Відтоді, як людство почало вивчати океан і небо, торгувати, будувати, виникла необхідність рахувати, робити заміри і порівнювати величини. Для цього люди винайшли (придумали) перші одиниці вимірювання. Зазвичай міряли тим, що завжди було під рукою. Для сучасної людини може здаватися незвичним – міряти відстань, використовуючи, наприклад, частини людського тіла.

У стародавніх країнах, таких як Давня Греція, Древній Єгипет і Римська Імперія, для вимірювання використовували палець і лікоть. Ще застосовувалася така величина, як «день шляху».

На Олімпійських іграх були змагання, де потрібно було пробігти дистанцію, що називалася «стадія». Стадія дорівнювала шляху, яку проходила людина спокійним кроком за період часу від перших променів сонця до повної появи сонячного диска над горизонтом.

Сучасні обчислення показали, що стадія була такої ж довжини, як і окружність стадіону в Олімпії та дорівнювала 192,27 сучасних метрів.

У Стародавньому Китаї правив легендарний імператор Хуан-Ді, який запропонував і ввів в ужиток перші одиниці виміру.

Вони також мали прив'язку до частин людського тіла. Історично так склалося, що японська система вимірювань нагадувала китайську. І навіть ієрогліфи, якими позначали величини, були дуже схожі.

Миля як одиниці вимірювання вперше з'явилася в Давньому Римі і дорівнювала двом тисячам кроків (або тисячі подвійних кроків, тобто по одному кроці лівою і правою ногами) римських солдатів при повній амуніції. Її величина коливалася і в різних країнах мала різні значення. Вимірювання милями використовується і зараз, в основному в США.

Були також інші, менш відомі способи вимірювання відстаней. Чого тільки люди не вигадували: міряли трубками (відстань, яку пройде човен, доки капітан викурить трубку); копитами (відстань, яку пройде кінь, перш ніж у нього зітреться солом'яна підкова); стрілами (відстань, яку пролетить випущена з лука стріла); буками (відстань між рогами бика).



Метрична система

Із стрімким розвитком торгівлі в XIV-XVI століттях люди змінювали свої системи вимірювання, намагаючись зробити їх більш точними, зручними, а також стандартизованими для всіх країн. З'явилися такі одиниці виміру, як дюйм (три ячмінних зерна, складених одне біля одного в довжину) і фут (64 ячмінних зерна, складених поруч в ширину). Вчені різних країн намагалися поєднати одиниці довжини між собою, щоб нарешті отримати більш точний результат, який задовольнить всіх.

Так, у Франції, в кінці XVIII століття, вчені прийшли до створення нової системи одиниць – метричної, яку згодом прийняли практично всі країни світу. Метрична конвенція була підписана 20 травня 1875 року.

На згадку про довгу і захоплюючу історію створення метричної системи на фасаді Міністерства юстиції в Парижі була розміщена табличка з вигравіруваним на ній словом MÈTRE.

Метрична система, придумана у Франції, офіційно прийнята в усіх країнах світу, крім США, Ліберії та М'янми (Бірми). Але в питаннях міжнародної торгівлі вони також користуються нею.

Метрична система проіснувала одне століття, перш ніж перетворилася на міжнародну систему одиниць SI. У 1960 році було прийнято стандарт, який вперше отримав назву «Міжнародна система одиниць». Також було встановлено міжнародну скорочену назву цієї системи – SI. Основними одиницями були визначені метр, кілограм, секунда, ампер, градус кельвіна і кандела.

Міжнародна система одиниць, SI – система одиниць фізичних величин, сучасний варіант метричної системи. SI найбільш широко використовується як основна система одиниць у світі – як в повсякденні, так і в науці й техніці. Наразі SI прийнята як основна система одиниць більшістю країн світу та майже завжди застосовується в технічній галузі, навіть у тих країнах, де зазвичай використовують традиційні одиниці. У цих небагатьох країнах визначення традиційних одиниць були змінені таким чином, щоб зв'язати їх сталими коефіцієнтами з відповідними одиницями SI.

Це – один із найважливіших винаходів у історії людства, який вплинув на інженерну справу, міжнародну торгівлю тощо.

Як зазначалося вище, основною одиницею довжини в системі SI є метр (м).

Кратні та дольні одиниці метра:

кілометр (км) – (1 км = 1000 м)

дециметр (дм) – (1 дм = 0,1 м)

сантиметр (см) – (1 см = 0,01 м)

міліметр (мм) – (1 мм = 0,001 м) тощо.

Також у деяких країнах основною одиницею вимірювання є дюйм (inch), наприклад, у США
1 дюйм = 2,54 см.



Для прикладу давайте розрахуємо передатне відношення для системи зубчастих коліс на мал. 7.

Ведуче колесо А має 16 зубців, тобто $Z_1 = 16$

Ведене колесо В має 30 зубців, тобто $Z_2 = 300$.

Підставивши дані у формулу $i = \frac{Z_2}{Z_1}$, отримаємо:

Z_1

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

Отримане значення $i=1,875$ означає, що за один оберт веденого колеса В, ведуче колесо А зробить 1,875 оберту.

Таким чином, якщо у веденого колеса кількість зубців більше, ніж у ведучого, то воно завжди буде оберта-тися повільніше, ніж ведуче та навпаки, а передатне відношення покаже нам, на скільки повільніше/швидше ведена шестерня обертається відносно ведучої.

Отже, для того, щоб кожна стрілка кurvіметра показували правильне значення в сантиметрах і дюймах, нам необхідно забезпечити правильне передатне відношення між ведучою шестернею (це вимірювальне коліщатко) і веденою шестернею (яка приводить у рух стрілки).

Тепер ми знаємо, що в основі принципу роботи механічного кurvіметра лежить передатне відно-шення зубчастих коліс.

Наш кurvіметр не є винятком. Однак його бу-дова відрізняється від стандартних кurvіметрів, які ми вже розглянули.

Для переходу від його дюймової шкали до сантиметрової шкали використовується передатне відношення 3,28 (у нашому випадку це $i_1 = 3,28$). А для переходу від сантиметрової шкали до метрової – відношення 10 (у нашому випадку це $i_2 = 10$).

Основною особливістю механізму кurvіметра є його компактність, оскільки інструмент призначено для повсякденного використовування, тобто його можна завжди носити з собою. Саме таким вимогам відпові-дають планетарний та циклоїdalний механізми, завдяки яким працює наш кurvіметр.



Рис. 7. Зубчаста передача
(приклад зчеплення зубчастих коліс)



ПЛАНЕТАРНИЙ МЕХАНІЗМ (планетарний редуктор)

Планетарний механізм отримав свою назву через схожість із планетарною системою, адже він складений за формою і подобою сонця та планет, що рухаються по його орбіті.

Таким чином сонячна та коронна шестерні завжди пов'язані між собою не прямо, а через сателіти. Сателіти можуть обертатися відносно сонячної та коронної шестерні, обкатувати їх, таким чином передаючи обертальний рух на водило. При використанні планетарного механізму як редуктора один із трьох його основних елементів фіксується нерухомо, а два інших слугують ведучою і веденою ланками. Так, якщо ми зафіксуємо коронну шестерню, то рухомими будуть водило та сонячна шестерня. Якщо зафіксуємо сонячну шестерню – рухомими будуть водило та коронна шестерня. А якщо зафіксуємо водило – рухомими будуть коронна та сонячна шестерні. Передатне відношення між ведучою і веденою ланками будуть залежати від кількості зубців кожної ланки, а також від того, який елемент буде нерухомим. Найбільше передатне відношення побачимо при нерухомій коронній шестерні.

Розглянемо розрахунок передатного відношення «i» на прикладі схеми планетарного механізму на мал. 8.

Уявімо, що ми зафіксували коронну шестерню 1. Тоді рухомими ланками системи будуть сонячна шестерня 3 і водило H.

Визначимо ведучу та ведену ланки.

Ведучою буде сонячна шестерня, а веденою – водило.

Метою розрахунку є визначення швидкості обертання водила по відношенню до швидкості обертання сонячної шестерні.

Передатне відношення і від сонячної шестерні 3 до водила H, при нерухомій коронній шестерні 1 **визначається формулою:**

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

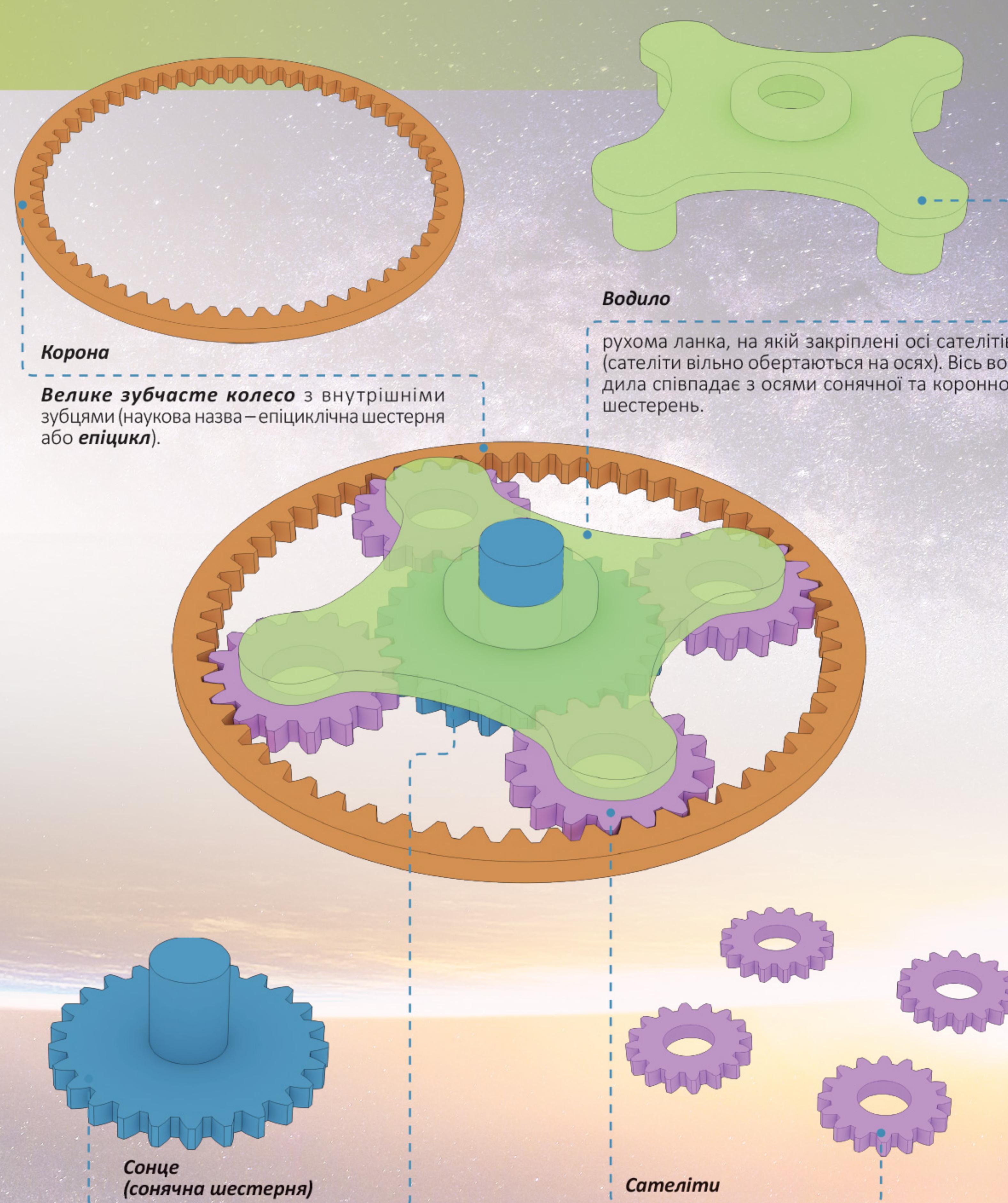
де:

$i_{3H}^{(1)}$ – коефіцієнт передатного відношення;
(1) – вказує на те, що нерухомим є елемент 1;

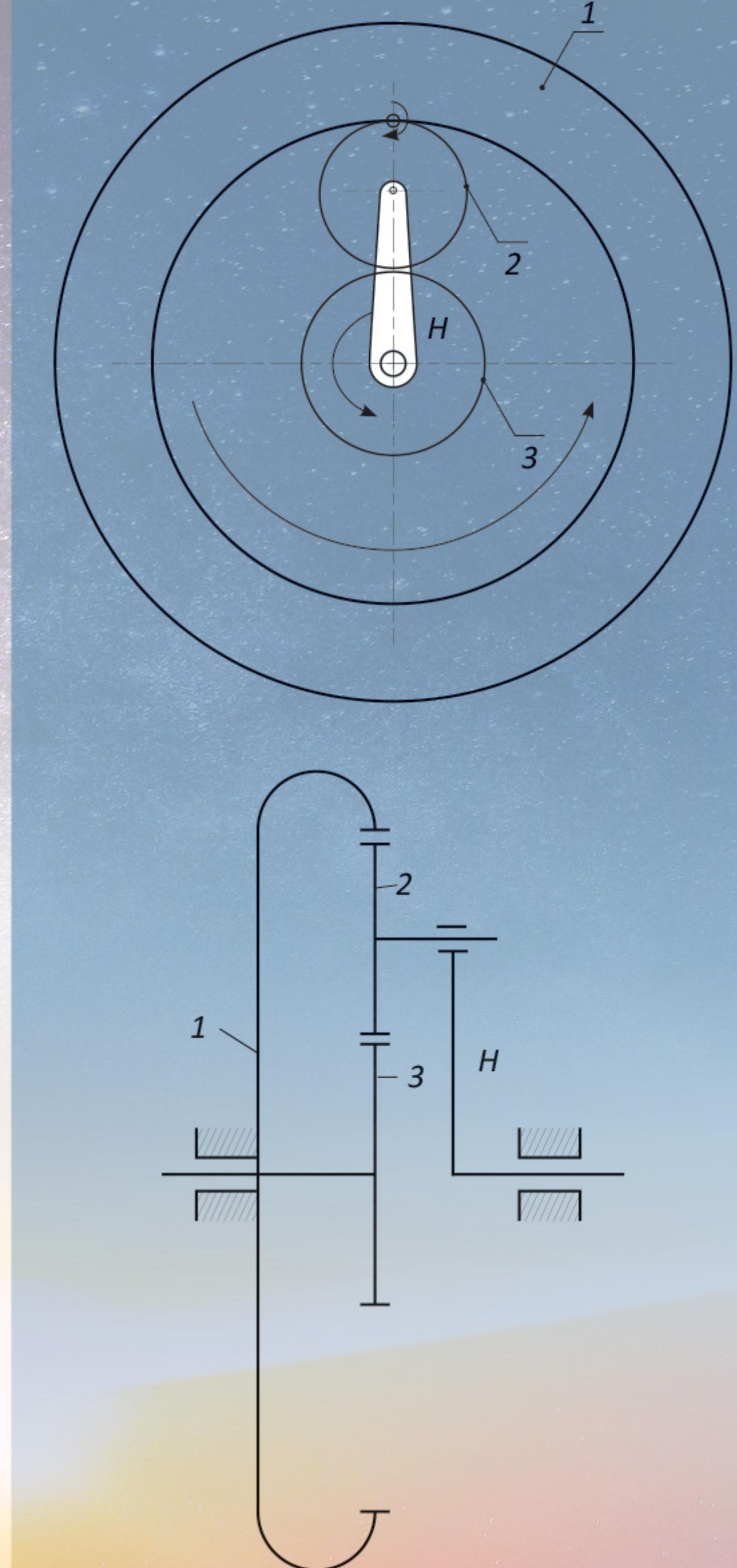
3 та H – вказують, що розрахунок передатного відношення ведеться від сонячної шестерні 3 до водила H;

Z – кількість зубців шестерні, а індекс біля Z вказує на номер відповідної ланки.

За формулою кількість зубців у сателітної шестерні 2 не впливає на передатне відношення планетарного механізму. Так відбувається тому, що сателітна шестерня 2 бере участь у русі двох передач, в одному випадку – як ведена шестерня, в іншому – як ведуча.



Зубчасті колеса із зовнішніми зубцями (зазвичай 3-6 штук). Сателіти знаходяться у постійному зчепленні з сонячною та коронною шестернями.



Мал. 8. Схема планетарного механізму, що складається з чотирьох ланок

1 – Корона (велике центральне колесо);
2 – сателіт з рухомою віссю обертання;

3 – сонце (мале центральне колесо);
H – водило (ланка, на якій розташовано вісь сателіта 2).

ЦИКЛОЇДАЛЬНИЙ МЕХАНІЗМ (циклоїдальний або планетарно-цівковий редуктор)

Циклоїдальний механізм (циклоїдальний або планетарно-цівковий редуктор)

Конструкція циклоїdalного механізму схожа на конструкцію планетарного механізму.

Циклоїдальний механізм, як і планетарний, складається з чотирьох ланок.

Напрям обертання веденого валу протилежний напряму обертання ведучого валу.

Розглянемо розрахунок передатного відношення «i» на прикладі схеми циклоїdalного механізму на мал. 9.

Передатне відношення i між ведучим і веденим валом циклоїdalного редуктора визначається наступною формулою:

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

де:

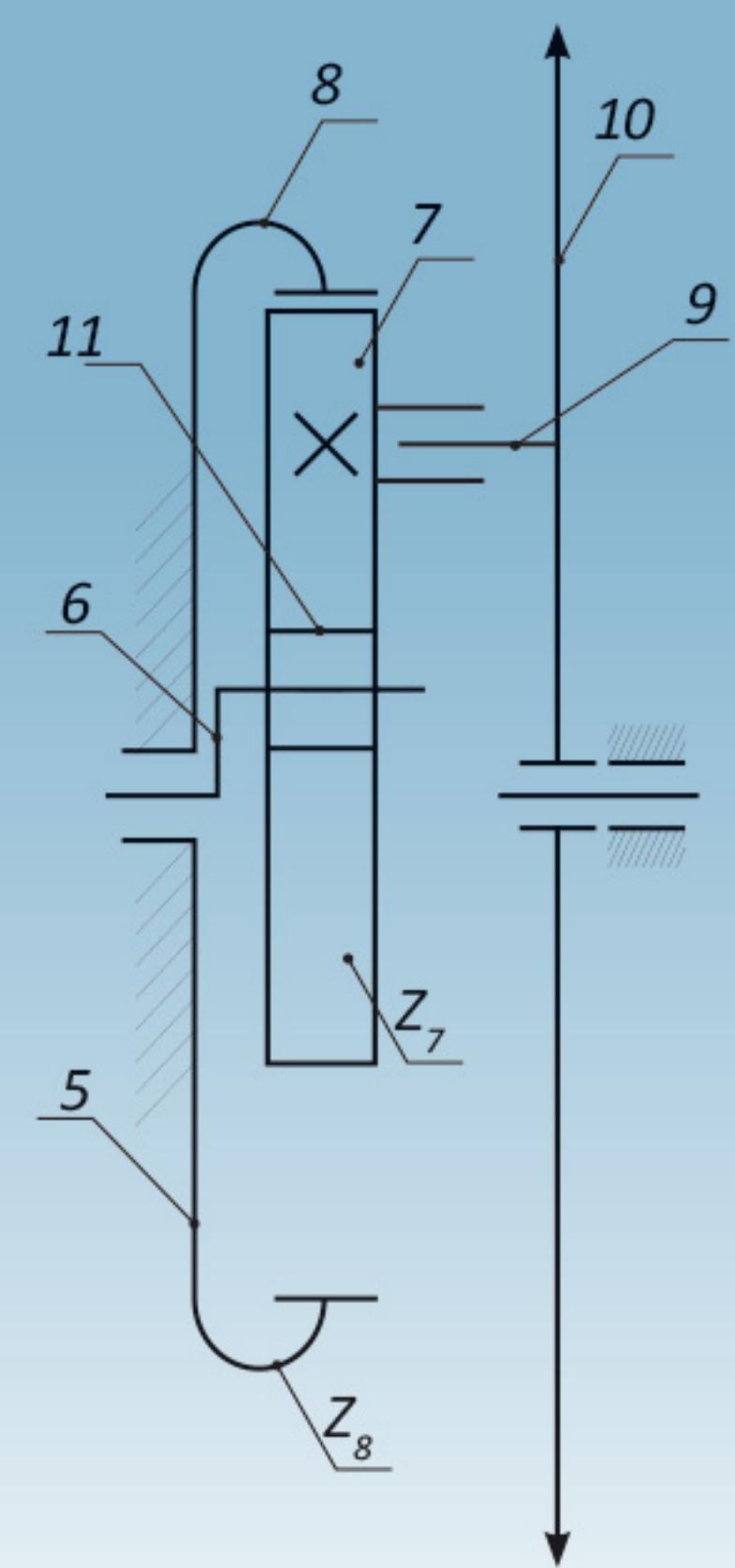
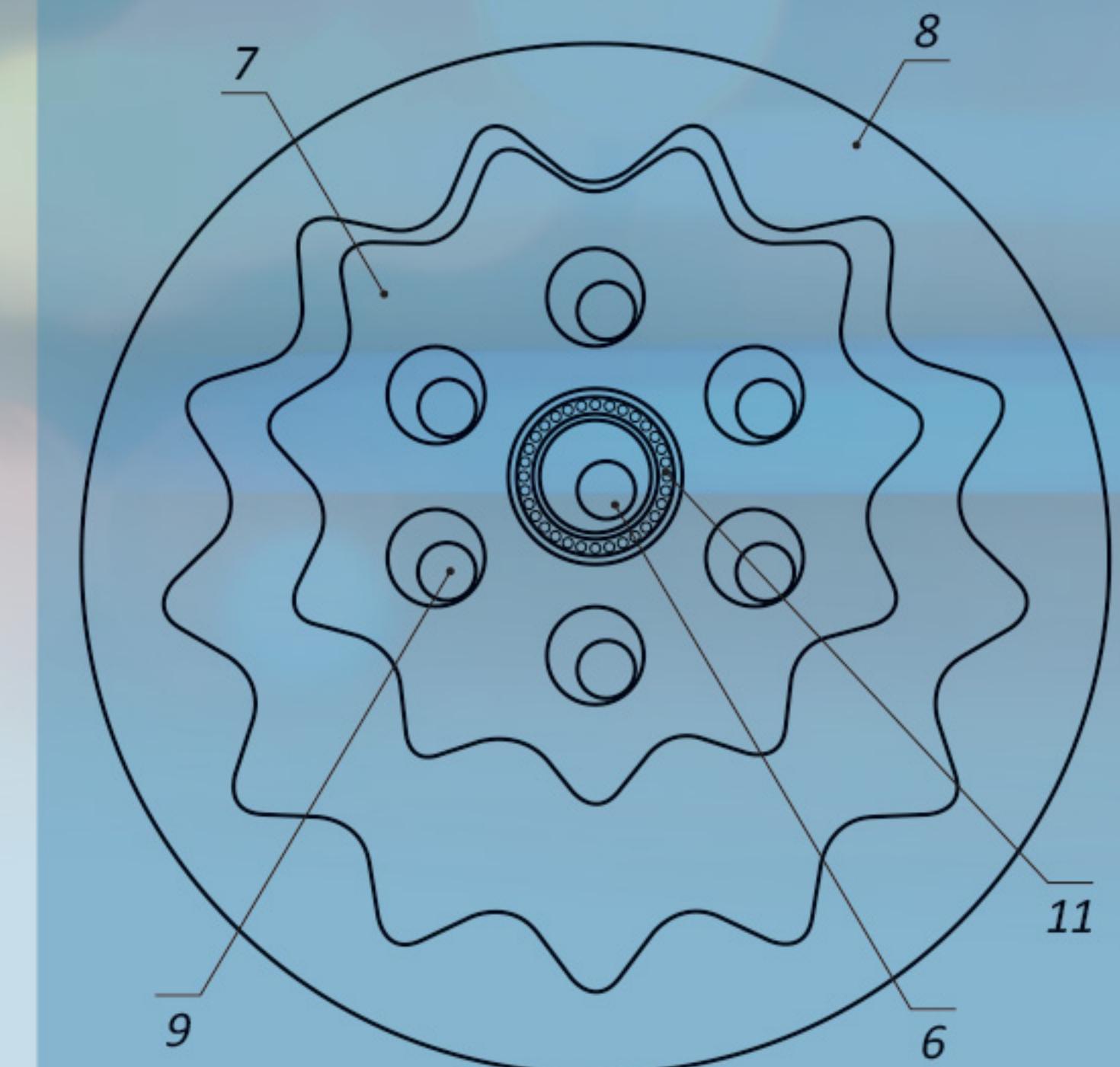
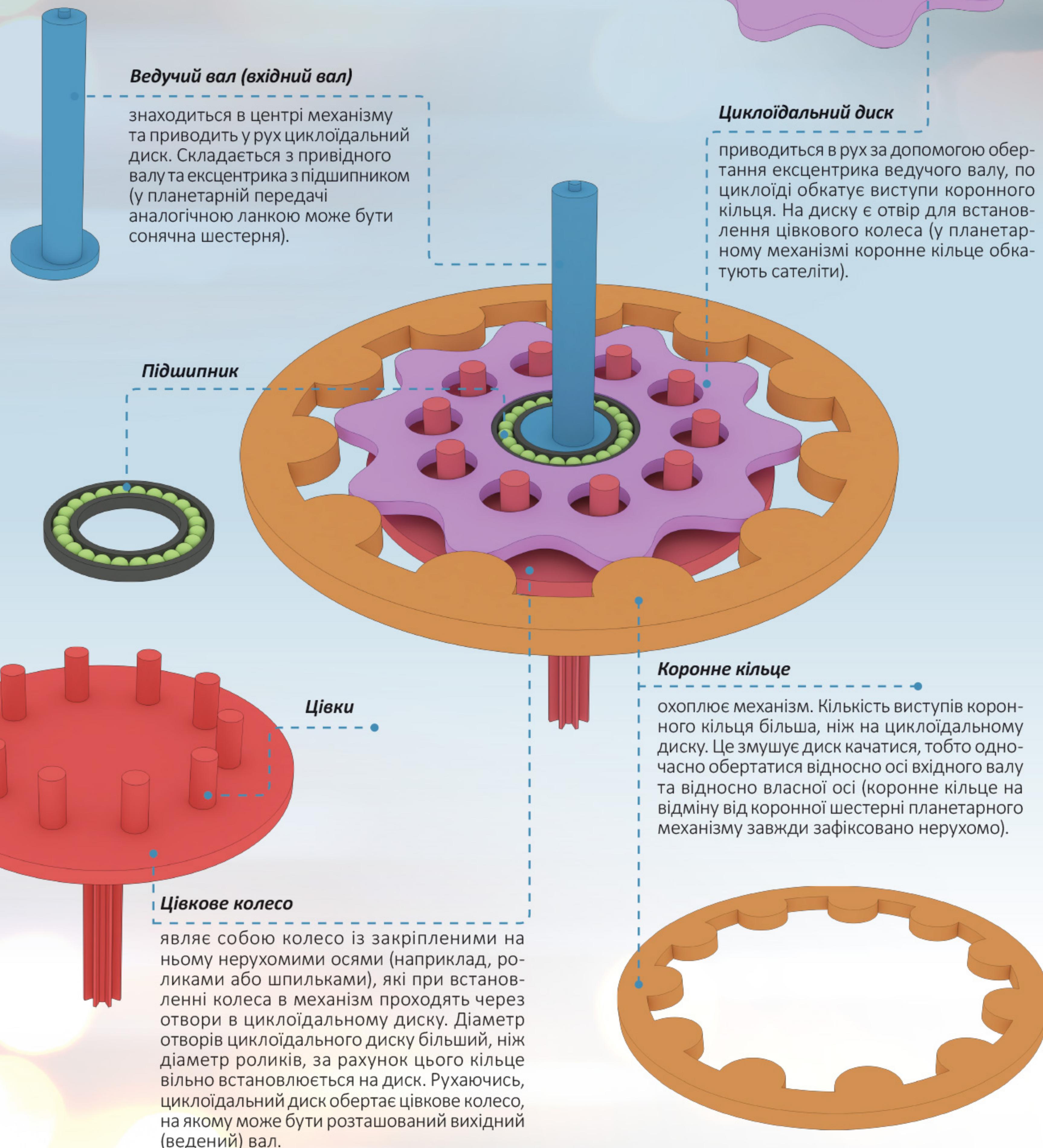
P – кількість виступів на зовнішньому коронному кільці;

L – кількість виступів на циклоїdalному диску.

Отже, ми розглянули основні механізми, що використовуються в кurvіметрі лінійки STEM-lab (GEARS TM).

Давай детальніше вивчимо конструкцію нашого кurvіметра.

Епіциколоїда – крива, що походить від фіксованої точки на окружності, яка котиться без ковзання по зовнішній стороні іншої окружності.



Мал. 9. Схема циклоїdalного механізму

- 6 – ексцентрик вхідного валу
- 7 – циклоїdalний диск
- 8 – коронне кільце
- 9 – цівки
- 10 – цівкове колесо
- 11 – підшипник ексцентрика

Конструкція моделі механічного кurvіметра STEM-lab (UGEARS TM)

Модель являє собою вимірювальний прилад у формі рулетки. Прилад складається із центрального програмованого вимірювального колеса 1 з основною вимірювальною шкалою в дюймах.

По боках від нього симетрично розміщені додаткові вимірювальні диски (циферблатори) з механізмами (планетарний і циклоїдний).

На одному шкала в сантиметрах (диск II), а на іншому (диск III) сумарна шкала в метрах і футах. Кожна шкала рухається з власною швидкістю.

Один оберт колеса 1 дорівнює 12 дюймам (1 фут) і за цей час диск II повертається на $1/3,28$ повного свого оберту. Для переведення відстані з дюймів у сантиметри потрібен планетарний механізм із передатним відношенням $i_1=3,28$

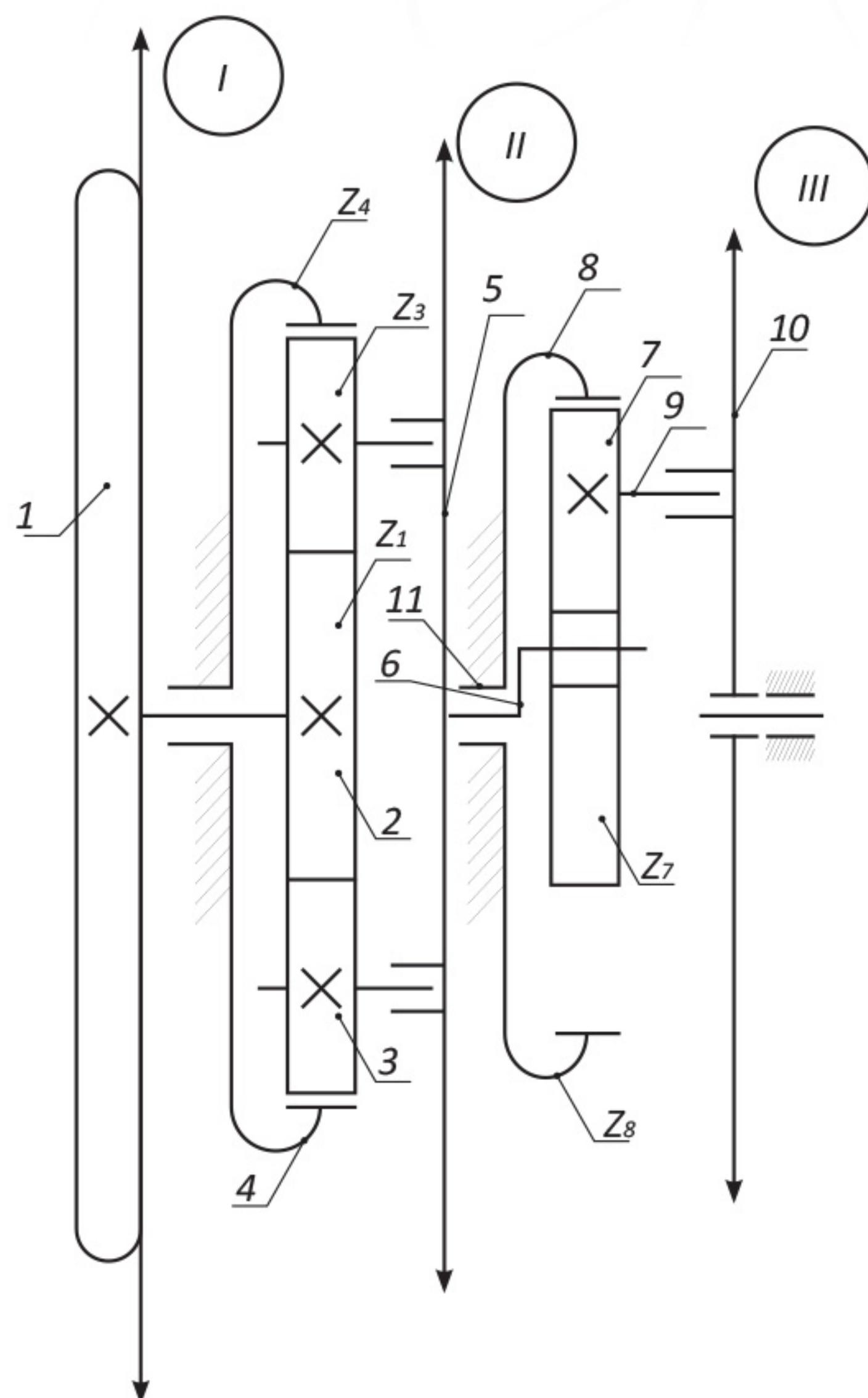
Повний оберт диска II дорівнює 100 сантиметрів (1 метру) і за цей час диск III повертається на $1/10$ свого повного оберту, тобто показує 1 метр або 3,28 футів. Для переведення відстані з сантиметрів у метри або фути потрібен циклоїдальний механізм з передатним відношенням $i_2=10$.

Отже, кurvіметр має три вимірювальні шкали:

- Шкала I (в дюймах) на боках вимірювального колеса 1. Повний оберт колеса 1 дорівнює 12 дюймам (1 фут)

- Шкала II (в сантиметрах) на боках вимірювальних дисків II. Повний оберт диска II дорівнює 100 сантиметрів (1 метр)

- Шкала III (в метрах і футах) на бокових сторонах вимірювальних дисків III. Повний оберт диска III дорівнює 10 метрам або 32,8 футам.



Планетарний механізм складається з:

- центральної сонячної шестерні **2** ($z_2=25$)
- трьох сателітів **3** ($z_3=16$) з рухомими осями обертання
- нерухомого опорного колеса (коронна шестерня) **4** ($z_4=57$)
- водила **5**, на якому розміщено осі сателітів **3** (на відміну від стандартної конструкції планетарного механізму в нашому кurvіметрі осі сателітів закріплено безпосередньо на сателітах, а водило являє собою диск із отворами під них. Така конструктивна відмінність впливає на роботу механізму та зумовлена особливістю матеріалу, що використовується)
- вимірювального диска **II**.

При вимірюванні відстані, прогумоване колесо **1** обертається та приводить в рух центральне сонячне колесо **2**. Далі рух передається на сателіти **3**.

Сателіти **3** вільно обертаються та обкочують нерухоме опорне колесо (коронну шестерню) **4** і обертають водило **5**.

Водило **5** напряму пов'язане з вимірювальним диском **II**, який робить оберт і показує нам відстань у сантиметрах.

Як зазначалося раніше, передатне відношення планетарного механізму визначається формулою:

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

де:

$i_{25}^{(4)}$ — коефіцієнт передатного відношення,
індекс 4 — вказує на те, що нерухомим є опорне колесо **4**,
індекси **2** і **5** — вказують, що розрахунок передатного відношення ведеться від колеса **2** до водила **5**,
Z — кількість зубців коліс: центрального сонячного колеса **2** ($z_2=25$) та нерухомого колеса **4** ($z_4=57$).

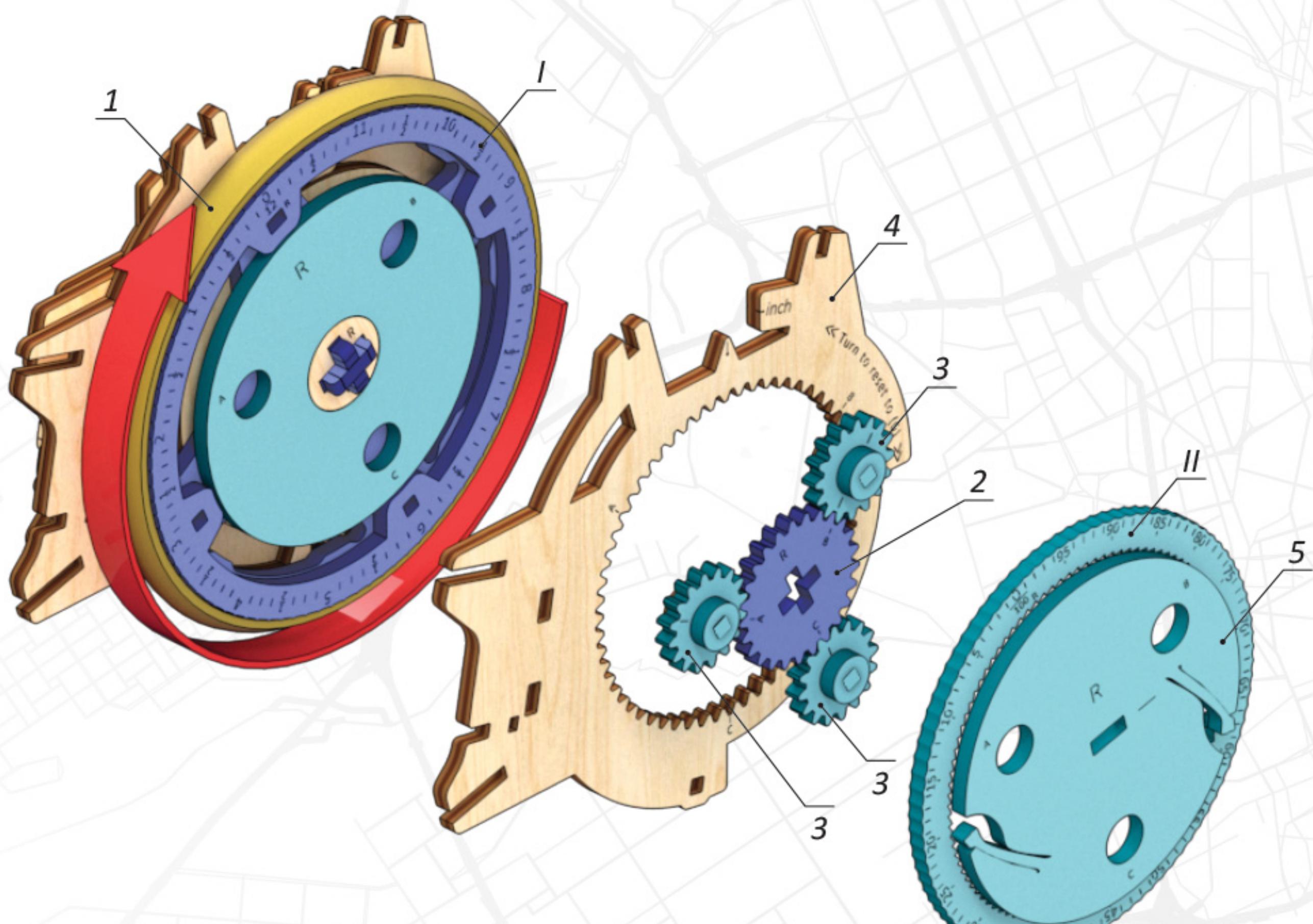


Схема планетарної передачі

Циклоїdalnyj mechanizm складається з:

- ексцентрика **6**;
- циклоїdalного диска **7**, встановленого на ексцентрик з можливістю вільного обертання;
- роликів **9**,
- нерухомого коронного колеса **8**,
- цівкового колеса **10**, пов'язаного з вимірювальним диском **III**.

Ексцентрик **6** закріплений на осі водила **5** планетарного механізму і обертається разом із ним. На ексцентрик **6** встановлений циклоїdalnyj диск **7**. Рух ексцентрика **6** передається циклоїdalному диску. Циклоїdalnyj диск **7** котиться по нерухомому коронному колесу **8** і за допомогою роликів **9** приводить в обертання цівкове колесо **10** (вимірювальний диск **III**).

Передатне відношення циклоїdalного механізму визначається формулою:

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

де:

P — кількість виступів на нерухомому коронному колесі, $P=11$;

L — кількість виступів на циклоїdalному диску, $L=10$;

Проведення вимірювань за допомогою моделі механічного кurvіметра

При вимірюванні відстані кurvіметр потрібно тримати перпендикулярно до поверхні та трохи притискати для зчеплення з поверхнею, провести по лінії, яку ми вимірюємо.

Після закінчення вимірювання на вимірювальних шкалах відобразиться результат (у дюймах, сантиметрах, метрах і футах).

Максимальна відстань, яку можна виміряти за 1 раз, — 10 метрів або 32,8 фута (повний оберт вимірювального диска **III**).

Для скидання показників необхідно встановити всі диски в положення 0, починаючи з головного вимірювального колеса **I**, далі колеса **II** та **III** з кожного боку кurvіметра.

Двостороння конструкція кurvіметра дає можливість вимірювати відстані сумарно. Для цього з одного боку кurvіметра шкали **II** і **III** потрібно обнуляти після кожного вимірювання, а з іншого — ні. Після цього підсумовуємо результати.

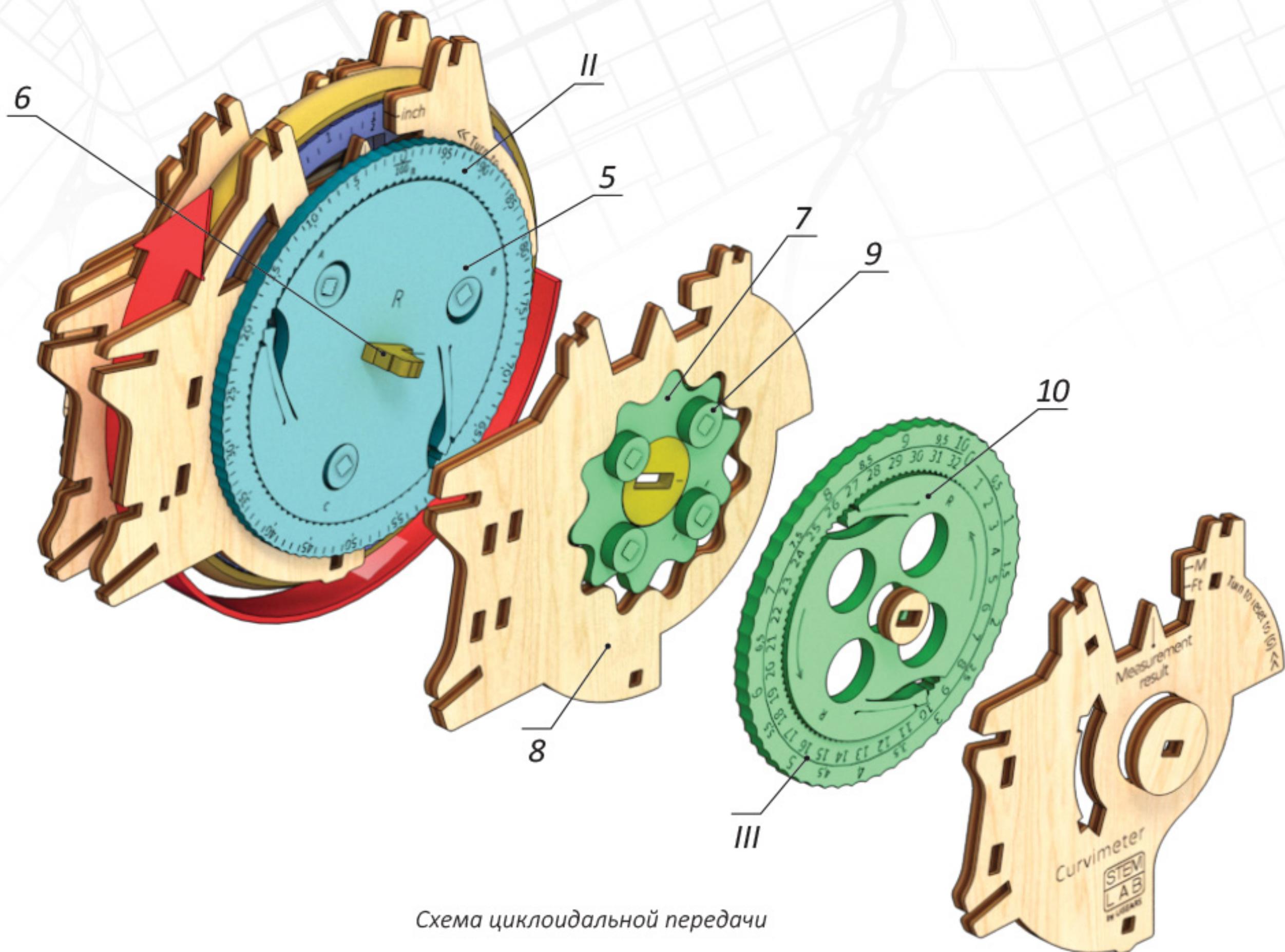


Схема циклоїdalnoj передачи

§4

Практичні завдання

МЕТА:

Навчитися обчислювати масштаб карти; визначати відстані на місцевості за допомогою масштабу

Завдання 1. Визначте масштаб карти за вимірюваним на карті відрізком (l) та відповідній відстані на місцевості (L):

Масштаб карти визначають: 5 см: 50 м – 1 см:10 м – 1:1000

№	l (карта)	L (місцевість)	Масштаб карти
1	5 см	50м	1: 1 000
2	2 см	200 м	
3	4 см	4 км	
4	3 см	300 км	
5	30 мм	150 м	

Завдання 2. Обчисліть відстань на місцевості L = ?, якщо відомі масштаб карти та довжина відрізу на карті (l).

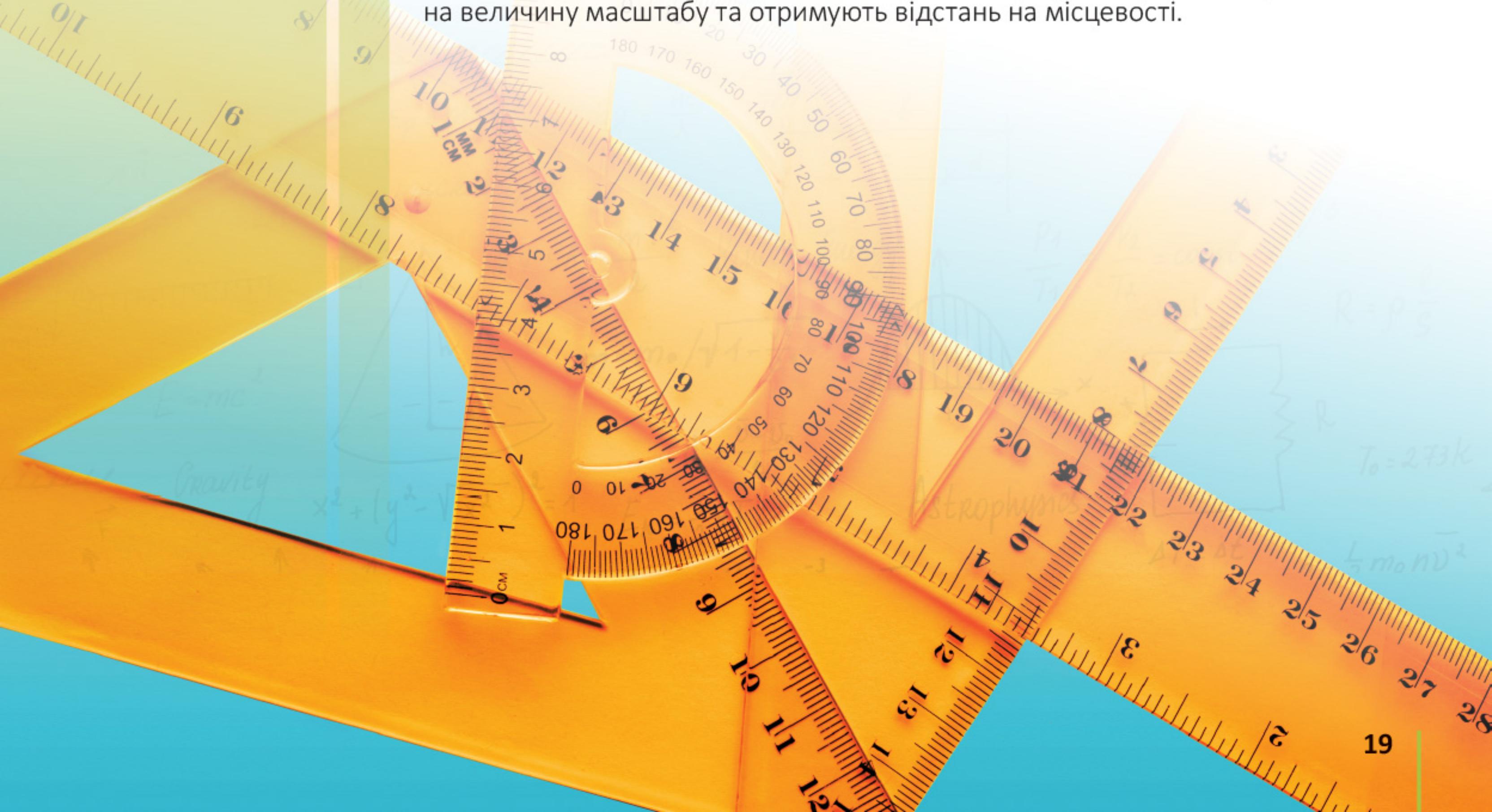
Наприклад: 1:5000, l = 4 см, L - ? – в 1 см 50 м, в 4 см 200 м, L = 200 м (4 см на карті відповідають 200 м на місцевості)

№	l (карта)	L (місцевість)	Масштаб карти
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

Завдання 3. Виміряйте протяжність рік по фізичній карті світу за допомогою курвіметра (для виконання завдання краще використовувати крупномасштабну карту):

- а) Амазонка;
- б) Ніл;
- в) Янцзи.

При вимірюванні кривої лінії на карті курвіметр утримується за руків'я та котиться коліщатком уздовж усієї лінії. Отриманий результат у сантиметрах множать на величину масштабу та отримують відстань на місцевості.



Тест**1. Що показує масштаб карти?**

- а) у скільки разів ми зменшили реальні розміри;
- б) на скільки ми збільшили реальні розміри;
- в) як змінилися реальні розміри.

2. Як називається наука, яка займається вивченням місцевості та складанням карт?

- а) топографія;
- б) географія;
- в) картографія.

3. Для чого використовується курвіметр?

- а) для вимірювання звивистих ліній;
- б) для вимірювання маси;
- в) для вимірювання площини поверхні.

4. Кому належить патент на винайдення курвіметра?

- а) Едварду Моррісону;
- б) Нольманну;
- в) Ломоносову.

Вітаємо, Ви це зробили!

Дякуємо, що Ви пройшли цей шлях із нами! Сподіваємося, що ця мандрівка у світ механіки була цікавою.