Надія Кріт

ОБРАТИ ПРАВИЛЬНИЙ ШЛЯХ

АБО ДЕЩО ПРО НАВІГАЦІЮ

ЧАСТИНА 1

ПРИРОДНІ ОРІЄНТИРИ

Мабуть, декому з наших читачів доводилося їздити в машині, обладнаній GPS-навігатором. Водій зазначає на інтерактивній карті адресу, і приємний голос із динаміка підказує: „300 метрів їдьте прямо... Через 50 метрів поверніть праворуч…". Правда, зручно? І хіба могло людство колись про таке мріяти?

А втім, проблеми навігації хвилювали людину відтоді, коли вона вперше вирушила у човні назустріч хвилям і, обернувшись, не побачила берега, який розчинився в тумані.

У відкритому морі орієнтирами завжди слугували небесні світила. Сонце, що сходило й заходило, вказувало на схід і захід, за Полярною зорею (а в Південній півкулі – за Південним Хрестом) мандрівники визначали напрямки на північ і південь. Для мореплавців із Полінезійських островів своєрідними „навігаторами" були морські течії. Якщо течія змінювала напрямок, то, ймовірно, попереду знаходилась земля. Вікінги на свій човен – дракар – брали ворона, якого в потрібний момент випускали. Птах летів у напрямку невидимої для моряків землі. Якщо ж він повертався, суходолу поблизу не було.

Кристали ісландського шпату

Сонячний камінь вікінгів

У давніх сагах вікінгів є відомості про таємничий сонячний камінь – „соларстейн". Із його допомогою вікінги „бачили" Сонце не лише тоді, коли небо було затягнуте хмарами, але й тоді, коли світило вже зайшло за горизонт! Містика? Ні! Вчені висловили гіпотезу, що „сонячний камінь" – це ісландський шпат. Цей кристал має цікаву властивість, яку фізики називають подвійним заломленням світла. Проходячи крізь кристал цього мінералу, світловий промінь поляризується і розщеплюється на два промені з різною поляризацією. Таємниця „соларстейну" не давала спокою вченим упродовж сорока років. Нещодавно дослідники під керівництвом французького професора Гайя Ропарса пояснили, як вікінги використовували шпат. На одну з граней кристала наносили позначку і розглядали її, обертаючи кристал, намагаючись вловити момент, коли позначка подвоїться. Це відбувалося тоді, коли бічна поверхня кристала розташовувалася перпендикулярно до сонячних променів. Кристал уловлював слабке світло, невидиме для неозброєного ока.

Компас

Компас полегшив мандрівникам прокладання курсу. Учені вважають, що він з'явився в XI–XII століттях у Китаї та водночас у Скандинавії. Магнітні властивості деяких матеріалів знали ще в античні часи. Уперше магнетизм описав Фалес Мілетський у VI столітті до н. е. Вивчаючи притягання і відштовхування шматочків гірської породи, античний учений „наділив" магнітний залізняк душею. Наукове пояснення природи магнетизму належить англійському вченому Майклу Фарадею.

Компас

Прообразом компаса став перший магнітний пристрій для визначення напрямів – бусоль. Найпростіша бусоль *(фр. boussole)* – це дерев'яна стрілка, до кінця якої прикріплений невеличкий шматок магнітного мінералу каламіту. Ще до нашої ери бусоль використовували китайці, а в Європі вона з'явилася лише в XIII столітті. У цей час європейці знову зацікавилися магнетизмом. Петро Перигрин із Марикуру дослідив, що магніт має два полюси, які неможливо розділити. У місцевості Магнезія в Греції було багато магнітного залізняка. Щоб продемонструвати магнітні властивості Землі, Перигрин виточив з магнітного залізняка кулю.

Перший компас був рідинним. Дощечка з магнітним мінералом плавала в посудині з водою. Під час шторму на покази такого компаса не можна було покладатися. Відомі випадки, коли збій у роботі приладу пішов на користь: відхилившись від курсу, мореплавці відкривали нові землі! Пізніше компас удосконалили: його зробили герметичним, замінили воду олією, а дерев'яну стрілку – металевою. Рідинний компас досі використовують на кораблях, адже звичайний компас працює тільки в горизонтальному положенні, досягнути якого на морі буває важко.

Секстант

Вимірювання градштоком

СЕКСТАНТ ТА ЙОГО РОДИЧІ

Як же мореплавці у Середні віки прокладали курс корабля? Адже компас не вирішував проблеми: щоб позначити на карті місцезнаходження судна, потрібно було визначити його координати.

Широту (градусну відстань від екватора) знаходили за схиленням та висотою над горизонтом небесних світил і спеціальними астрономічними таблицями. Точність вимірювань забезпечували навігаційні прилади. Наприклад, примітивний кутомірний інструмент – градшток. Моряки називали його „посохом святого Якова" (покровителя пілігримів). Прилад складався з довгої палиці з градусною шкалою і вертикальних пересувних рейок. Навівши палицю на певний сектор неба, одну з рейок пересували так, щоб її нижній кінець „торкався" горизонту, а верхній – Сонця чи зорі. Досить дотепним був спосіб нанесення поділок на палицю: на столі викреслювали кути різної величини і, прикладаючи градшток, переносили на нього позначки кутів.

Квадрант астронома Тихо Браге, XVIст.

Градшток вдосконалювали і, зрештою, з'явилися квадрант і секстант. Принципи використання цих приладів легко зрозуміти з малюнків, а їхні назви вказують на величину дуги інструмента. Слово „квадрант" означає чверть круга, „секстант" походить від латинського *sextus* – шоста частина круга, тобто 60°. Секстант дотепер використовують у морській навігації, а на карті зоряного неба є однойменне сузір'я.

Квадрант астронома

Сузір'я Секстант на старовинній зоряній карті

Гімн астролябії

Ще одним важливим навігаційним інструментом була астролябія. Цей прилад використовували ще з античних часів. Астролябія пережила два тисячоліття, але досі вабить своєю таємничістю: загадкові кола, дивні лінії та знаки… У ранньому Середньовіччі за використання астролябії іспанська інквізиція могла звинуватити ученого в чаклунстві та приговорити до страти.

Астролябія

Цей прилад слугував не тільки для визначення географічної широти. Він був справжнім комп'ютером середньовічного астронома. У трактаті арабського астронома X століття ас-Суфі описано 1 000 способів використання астролябії, зокрема: астрономічні вимірювання, визначення напрямків, обчислення часу, складні математичні розрахунки, як-от знаходження тригонометричних функцій. У XV–XVI століттях, в епоху Відродження, вміння користуватись астролябією вказувало на високу освіченість людини. А використання інструмента астрологами для складання гороскопів вельмож спонукало виготовляти астролябії, довершені за красою і формою. І навіть перші механічні годинники на вежах кафедральних соборів Європи часто виготовляли у вигляді астролябій.

Назва приладу походить з грецької мови (від *astron* –„зоря і *labe* – брати, хапати). Основою астролябії була мідна кругла тарілка. В неї вкладався тимпан – плаский диск, на який у стереографічній проекції наносили основні лінії небесної сфери – небесний екватор та меридіан, екліптику, горизонт та його паралелі (альмукантарати), а також точки полюса світу та зеніту. Для різних широт були різні тимпани. На тимпан накладався „павук" – фігурна решітка із зодіакальним колом та позначеннями найяскравіших зір. Через центр тарілки проходила візирна планка алідада, яку під час спостережень наводили на світило. Вимірювання здійснювали водночас троє людей: один тримав підвішений за кільце прилад, другий направляв візир у потрібну точку, а третій зчитував покази та проводив розрахунки.

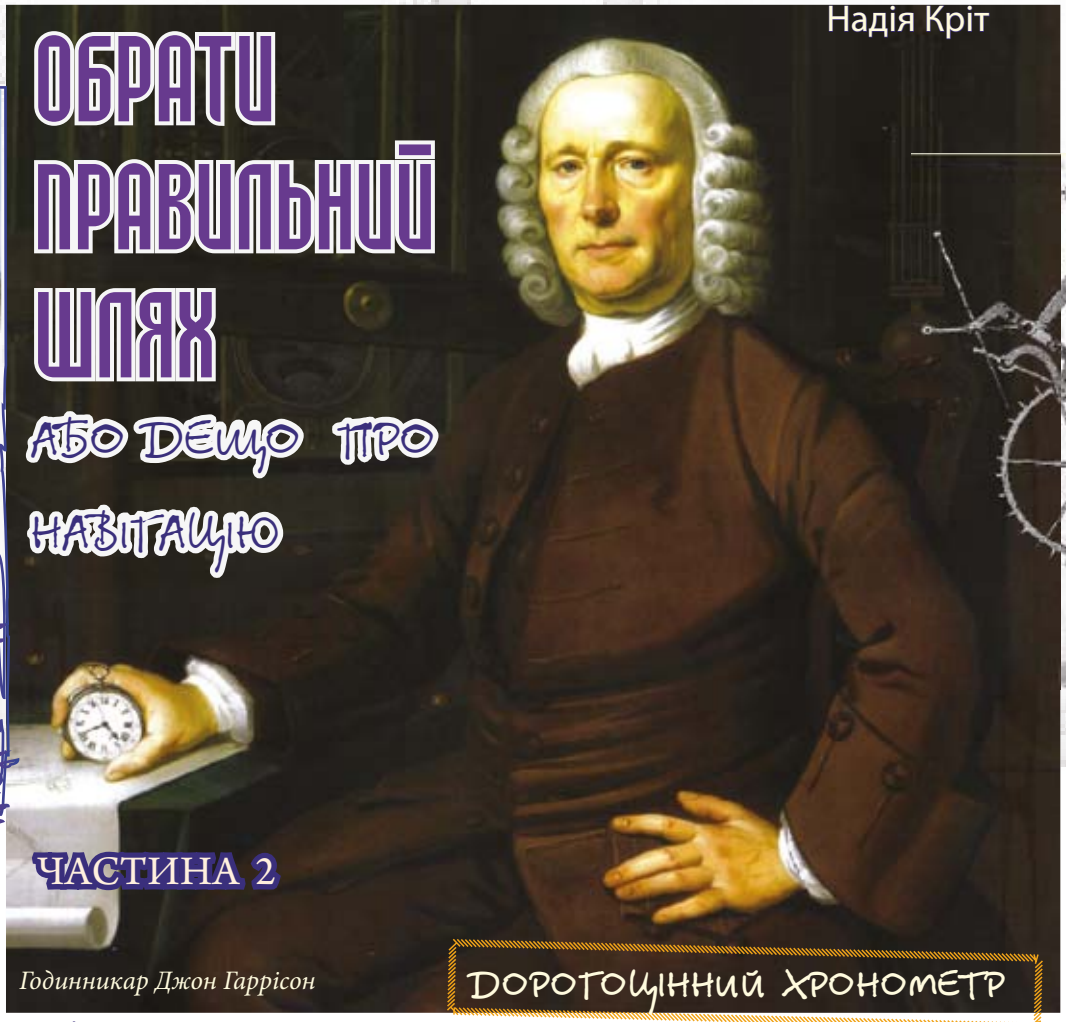
Прага, годинник Орлой (фото автора)

Морська астролябія була значно простішою, бо використовувалася суто для визначення географічної широти або часу (якщо широта була відома). Сьогодні на морських суднах використовують сучасні секстанти та комп'ютерні технології, а астролябія займає почесне місце в музейних колекціях.

Надія Кріт

ОБРАТИ ПРАВИЛЬНИЙ ШЛЯХ

АБО ДЕЩО ПРО НАВІГАЦІЮ



ЧАСТИНА 2

Годинникар Джон Гаррісон

ДОРОГОЦІННИЙ ХРОНОМЕТР

Положення фігури на шахівниці або корабля під час гри у морський бій ми визначаємо за буквою і цифрою – двома координатами. Географічних координат на поверхні Землі також є дві – широти та довгота. Найпростіший спосіб визначення широти – за Полярною зорею. А як визначити довготу? І, перш за все, звідки її відраховувати? Сьогодні кожен школяр 6-го класу (не обов'язково відмінник!) знає, що географічна довгота – це градусна відстань від нульового меридіану. Між тим, гринвіцький меридіан прийняли за початок відліку довготи лише у XIX столітті, хоча ще античні вчені ламали голови над вибором нульового меридіану. Клавдій Птоломей у II столітті запропонував відраховувати довготу від краю відомої на той час території – островів Фортуни (Канарських). Папа Римський 1493 року своїм наказом провів початковий меридіан через острови Зеленого мису,

щоб розділити землі Іспанії та Португалії. Франція вела відлік довготи від Паризького меридіана, Росія – від Пулківського… Лише 1884 року міжнародна конференція меридіанів визначила нульовий меридіан – гринвіцький.

Питання друге і головне: як обчислити довготу? Античний астроном Гіпарх запропонував реєструвати час спостережень певного астрономічного явища у різних точках Землі, довгота однієї з яких відома. Внаслідок добового обертання впродовж 24-х годин кожна точка земної поверхні описує коло, тому різницю в часі легко можна виразити у градусах. Для розрахунків спочатку використовували спостереження місячних затемнень, а згодом – затемнення супутників Юпітера, які відбуваються досить часто. Супутники Юпітера відкрив і спостерігав з допомогою телескопа Галілео Галілей. Звісно, користуватися телескопом на хиткому кораблі не зручно. Не зважаючи на це, метод Галілея зацікавив голландців, ученого навіть нагородили золотим ланцюгом. Після смерті Галілея його метод визначення довготи забули, а подекуди він навіть викликав незадоволення. Так, у XVII столітті Французька академія наук використала спосіб Галілея для уточнення карти Франції. З'ясувалось, що територія країни є меншою, ніж вважали раніше. Обурений король заявив, що топографи зменшують територію його країни значно швидше, ніж армія її збільшує.

Втрати кораблів та загибель експедицій через відсутність точної навігації в епоху Великих географічних відкриттів загострили необхідність винайти спосіб визначення географічної довготи. У 1567 році іспанський король Філіп II призначив винагороду за спосіб встановлення довготи у відкритому морі. Згодом про такі винагороди оголосили і уряди Голландії, Португалії

Галілей показує телескоп венеціанському дожеві (фреска Дж. Бертіні)

Пісочний годинник

Годинникар Джон Гаррісон 1735 року створив точний морський хронометр

та Венеції. Мало хто вірив, що проблема може бути вирішена. Письменники (і серед них – знаменитий Сервантес) писали глузливі памфлети про даремні спроби деяких, як їм здавалося, безумців знайти раціональний спосіб розрахунку довготи. Те саме, що винайти вічний двигун!

А нова ідея вже народилася! У 1533 році астроном і математик Гемма Фризій запропонував для визначення довготи не прив'язуватися до певного астрономічного явища, а знаходити різницю в часі між точкою з відомою довготою (наприклад, обсерваторією) і точкою спостереження. Сьогодні немає нічого простішого, ніж визначити різницю у часі. Що для цього потрібно? Правильно – годинник! Але в XVI столітті, як відомо, точних механічних годинників ще не було. Проміжки часу вимірювали пісочним годинником або водяним – клепсидрою. Час встановлювали за Сонцем або зорями. Таким способом не можна було „зберігати" час базової точки і відраховувати його впродовж тривалого плавання. В 1657 році Христіан Гюйгенс винайшов маятниковий годинник, але користуватися ним в умовах морської гойданки було важко. Випробування його в Середземному морі дали похибку в обчисленнях відстані приблизно 100 км. Мореплавці звернулись до Ньютона з проханням проаналізувати цей метод. Вердикт був простий: теоретично метод дуже простий і зрозумілий, а практично – складний у застосуванні на кораблі.

У 1714 році Англія запропонувала неймовірно велику винагороду за практичний спосіб визначення довготи – 20 тисяч фунтів стерлінгів! За сьогоднішнім курсом це складало би півмільйона гривен. І цю премію отримав лондонський годинникар Джон Гаррісон. У 1735 році він створив точний морський хронометр. Над його вдосконаленням винахідник працював понад 20 років. Результат виявився чудовим. За час плавання до Вест-Індії годинник збився лише на 8 секунд!

Із того часу обов'язковим атрибутом на морському судні були декілька хронометрів, які берегли, як зіницю ока. У XIX столітті, щоби точно встановити різницю між гринвіцьким і пулковським часом, морська експедиція везла 81 хронометр! Тепер визначення точного часу давало змогу встановлювати місцезнаходження корабля з точністю до 1 км.

ЯК ПРАЦЮЄ GPS-НАВІГАТОР

ГЛОНАСС - одна з двох функціонуючих на сьогодні систем глобальної супутникової навігації

GPS (англ. Global Positioning System) – це сучасна супутникова система навігації. Принцип її дії використовувався раніше у наземних вимірюваннях. Спробуємо з'ясувати, у чому він полягає.

Щоб визначити власне місцезнаходження, нам потрібний репер – орієнтир із прив'язкою до карти з відомими географічними координатами. Якщо виміряти відстань до репера, і цим радіусом довкола нього на карті окреслити коло, наша точка обов'язково лежатиме на цьому колі. Використовуючи ще один репер, отримаємо дві точки перетину кіл. Третій репер однозначно визначає, в якій саме з цих двох точок ми знаходимося.

Роль реперів у сучасній навігації виконують космічні супутники, орбітальний рух яких відслідковують телескопи. Орбіти супутників зв'язку пролягають високо над Землею (приблизно 20 000 км). Тому супутники тримають у полі зору величезну частину поверхні нашої планети. Для точного встановлення широти й довготи певного об'єкта досить трьох супутників, а з допомогою четвертого можна виміряти ще одну координату – висоту над рівнем моря. Загалом GPS-система налічує приблизно 30 супутників.

Навігаційні системи європейська (GALILEO)

Супутник не встановлює наші координати. Він лише посилає на Землю радіосигнал, який уловлює приймач GPS-навігатора. Сигнал містить інформацію про точний час, а вбудований у приймач процесор на основі часу і швидкості поширення радіохвиль вираховує відстань до супутника. Найважливішим моментом є точність передавання часу, адже похибка у тисячну частку секунди призведе до помилки в навігації у понад 200 км. Тому на супутниках встановлені атомні годинники.

Систему GPS розробили американські військові. Є й інші навігаційні системи: російська (ГЛОНАСС), європейська (GALILEO), китайська. Усі вони безкоштовні і доступні для використання кожному.