

A NAVIGÁCIÓ FEJLŐDÉSE A XVIII. SZÁZADIG

A NAVIGÁCIÓ TÁRGYA

A navigáció¹: a tájékozódás tudománya. Hajó vagy légi jármű egyik helyről egy másik helyre irányuló mozgásának, vezetésének irányítása. Feladata a hajó vagy légi jármű (űrhajó vagy egyéb űrobjektum is!) útirányának, útvonalának, földrajzi illetve térbeli helyzetének meghatározása.

A navigációs feladat során:

- rögzíteni szükséges a már megtett út adatait;
- folyamatosan meg kell határozni a már megtett út adatait, a jármű pillanatnyi helyzetét;
- ki kell számítani tervezett, várható útvonalát, érkezési idejét a járműnek.

A navigáció folyamatos irányítás annak érdekében, hogy a jármű egy kiválasztott helyre, a meghatározott útvonalon keresztül, a tervezett időben, biztonságosan érkezzen.

A NAVIGÁCIÓS ALAPELEMENK MEGHATÁROZÁSÁNAK FEJLŐDÉSE

A navigációs eljárások és módszerek évezredek alatt fejlődtek ki és állandóan változtak az elérhető távolságok, a forgalom sűrűsége és a járművek sebességének folyamatos növekedése következtében. A navigáció fejlődésére jelentős hatással volt a fizika, matematika, geometria és az ezeket felhasználó csillagászat továbbá a meteorológia fejlődése.

A nagy tengeri hajós népek, a vikingek és a polinéziaiak navigációs ismereteiről sajnos igen hiányos írásos emlékek maradtak az utókorra.

A régi idők tengerészei a partok mellett hajóztak, és csak ritkán merték elhagyni a szárazföld látótávolságát. A tengerészek egymásnak adták át ismereteiket, a navigáció mestersége apáról fiúra szállt. A tengerészek jó megfigyelői voltak a természetnek, Ismerték a Nap, a Hold és a csillagok járását, és felhasználták ezt a tudásukat. Borult időben az ismert tengeráramlatok és a széljárás szerint tájékozódtak. Azok a tapasztalt hajósok, akik birtokában voltak e nemzedéknek átadott ismereteknek, ritkán kerültek olyan veszélybe, hogy téves irányba vitorlázzanak vagy evezzenek.

¹ Navigo — hajózik, vitorlázik, hajón bejár, (úszik) hajózással szerez vagy keres [1].

Az irány meghatározása

Azt biztosan tudjuk, hogy az iránytűt a vikingek már a XI. században ismerték. Egyes történeti munkák szerint az iránytűt az európai hajósok az araboktól vették át.

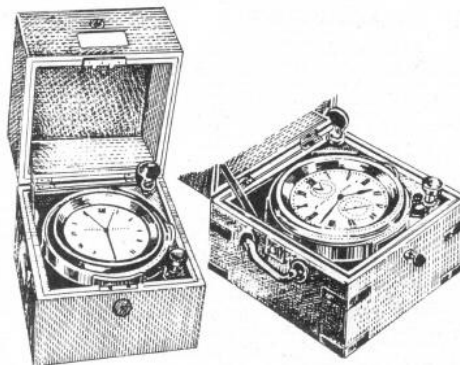
A mágneses tájoló a XII. század vége felé vagy a XIII. század elején került Európába minden valószínűség szerint arab hajósok közvetítésével. Elsőként a Földközi-tengeren hajózó kapitányok használták. Flavio di Gioai olasz tengerész alkalmazta először a mágnesűhöz a szélrózsát a XIV. század elején.

Az iránytű használatának elterjedése fontos mérföldkő volt a navigáció fejlődésének útján. Ezzel a hajó irányát bármikor meg lehetett állapítani és be lehetett tartani. Ám a tájoló nem mondta meg, hogy a kérdéses irányba mekkora utat tettek meg, és még milyen messze voltak a céltól. Ehhez ismerni kellett a hajózás időtartamát és a hajó sebességét.

Az időtartam meghatározása

Az időmérés viszonylag egyszerű dolog volt, bár még meglehetősen pontatlan a tizenhetedik század végéig. Általánosan homokórát használtak, melynek üvegét félóránként megfordították, miközben az ór megkondította a hajóharangot. Bár már a XVII. századtól kezdve nagy pontosságú ingaórákat készítettek, ezeket hajón nem lehetett alkalmazni a változó nagyságú és irányú lengések, gyorsulások miatt.

Fedélzeti óraként, csakis rugóval meghajtott óra jöhetett számításba. A hajókon pontos időmérésre és ez által a földrajzi hosszúság megállapítására is alkalmas nagyon pontos órát a „kronométert” John Harrison² angol földmérő és óraműves alkotta meg, aki 1730-ban a Porstmouth–Lisszabon útvonalon próbálta ki először szerkezetét hajón, és ezzel elnyerte a brit admirális 20 000 fontos díját (1. ábra).



1. ábra. A kronométer

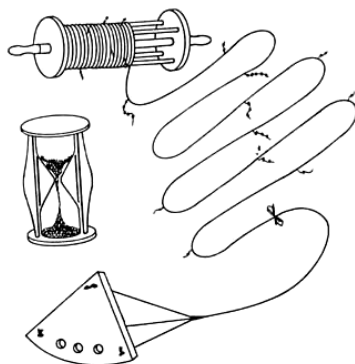
² Larousse Enciklopédia II. kötet [2].

A sebesség meghatározása

A hajó sebességének megállapítása kezdetben a tat mögötti sodorvonal mérete és alakja figyelembevételével történt. Humprey Cole³ angol műszerész találta fel a kézi sebességmérőt, a „log”-ot 1577-ben.

A log egy negyedkör alakú falap, melyet három rövid kötélrész tart a mozgás irányára merőlegesen. Méréskor a logdeszkát bedobták a vízbe, és mihelyt a lazán tartott kötélen első jelző csomója áthaladt a mérést végző személy kezén, indították a homokórát. A homokóra lefutása után a kötelet felcsévélve megszámlálták, hogy hány csomó tekeredett le.

A homokóra lepergési ideje és a csomók távolsága úgy volt meghatározva, hogy a csomók száma közvetlenül megadta a sebességet tengeri mérföld/óra, azaz „csomó” egységekben (2. ábra).



2. ábra. Sebességmérő „log”

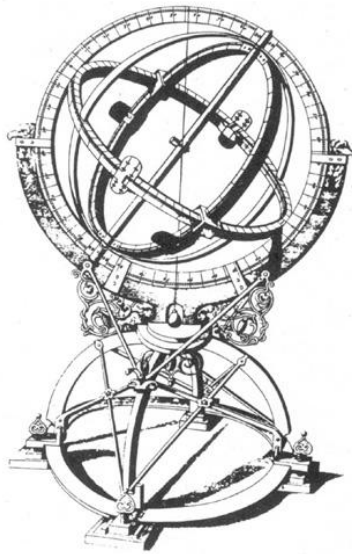
A szélesség meghatározása

A tengerészek először csak a földrajzi szélességet tudták méréssel meghatározni és csak a hajó-kronométer feltalálása óta lehet biztosan és pontosan meghatározni a földrajzi hosszúságot. Ezt megelőzően a sebesség alapján következett a becslés, majd pedig a holdtávolságok alapján határozták meg a hosszúságot, vagyis, hogy ismert csillagok és csillagképek milyen szögtávolságra voltak láthatók a Holdtól.

A szélesség meghatározásához az első műszer a csillagászoktól kapott „asztrolábium” volt, melyhez hasonlót Hypparchos már az i.e. II. században használt.

Ez a műszer három kör kombinációjából állt. Az egyiket az égi meridián síkjába, a másodikat (amely az elsőre merőleges) az egyenlítő vagy az ekliptika síkjába állították be. A belső, fokbeosztással ellátott kört a megfigyelt égitestre állították be, és leolvasták annak szélességét (3. ábra).

³ Marjai Imre: Nagy hajóskönyv [3].



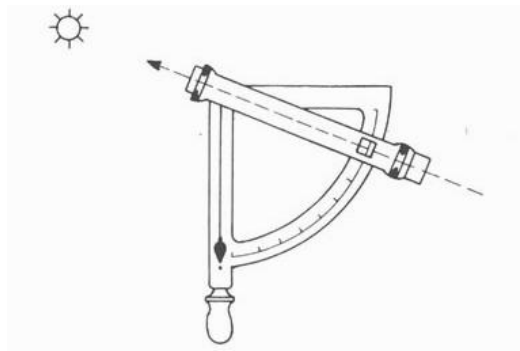
3. ábra. Asztrolábium

A tengerész-asztrolábium egy kb. 30 cm átmérőjű, fokbeosztással ellátott szögmérő volt, melyet használat közben függesztő karikájánál fogva tartottak függőleges helyzetben. A körben két egymásra merőleges fémátló volt. A függőleges Zenit-Nadir-vonal, és az erre merőleges a horizont vonala. A körön, annak középpontjáig nyúló mozgatható vonalzó az ún. Linea Fiducia, melyet a körön túl kinyúló részével az „alhidade”-val mozgattak. A vonalzót a rászerelt nézőkén keresztül nézve az észlelendő égitestre állították be, és a körön a Linea Fiducia mellett leolvashatták az égitest magasságát a horizont felett, fokokban és percekben (4. ábra).



4. ábra. Tengerész asztrolábium

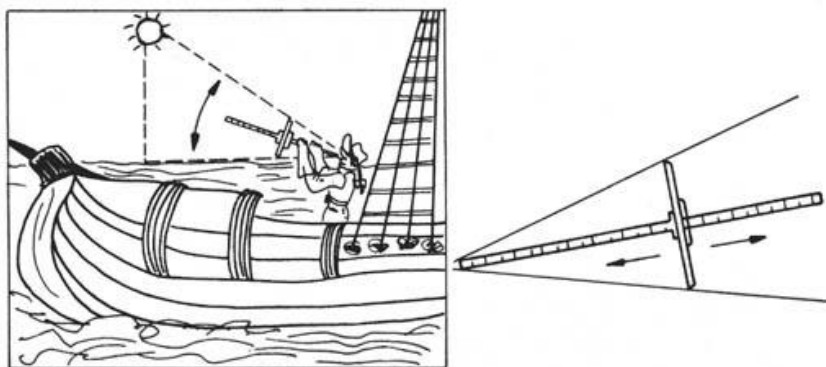
Gomes, portugál hajós, 1460-ban a Zöld-foki szigetek felfedezése idején ún. kvadránst alkalmazott szögmérőként⁴. Ez fából vagy rézből készült, függőleges állású negyedkörös szögmérő, melyen elforgatható irányzó-vonalzó van. Ezt az égitestre állítva, annak magassága a körív skáláról leolvasható. A műszer függőleges beállítását egy reá szerelt függőőnnal biztosították (5. ábra).



5. ábra. A kvadráns

A kvadráns mellett nagyon elterjedt magasságmérő (szögmérő) műszer volt a „radius astronomicus” más néven „Jákob-pálca”. Ez egy beosztással ellátott vékony rúdból állt, rajta merőlegesen mozgatható pálcával. Az észlelő a rúd egyik végét a szeméhez tartva addig tolt a kereszt-pálcát, míg annak alsó vége a horizontot, a felső vége pedig a kiválasztott égitestet érintette. Ez után a rúdon lévő skáláról leolvashatta az égitest magasságát.

A Jákob-pálcát már az ókori földmérők és csillagászok is ismerték, később azonban csaknem feledésbe merült. Csak a XIII-XIV. században kezdték újra használni az arab hajósok. Ettől kezdve egészen a XVIII. századig főként ezt használták a tengerészek (6. ábra).



6. ábra. Jákob-pálca

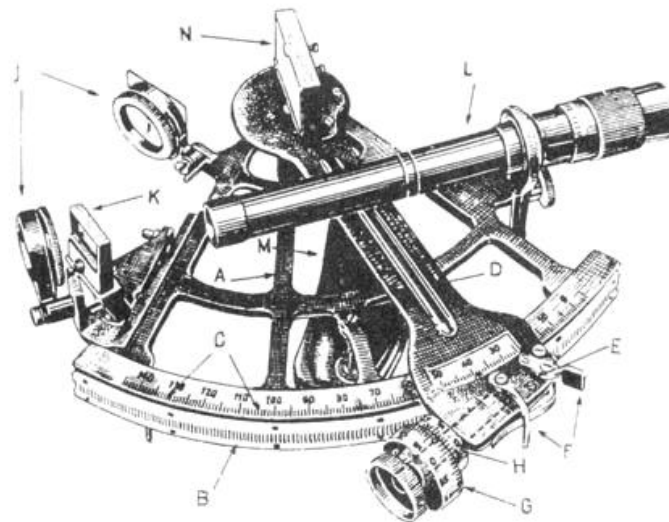
⁴ Cambridge enciklopédia [4].

A helymeghatározásban nagy segítséget nyújtott a XVII. század elején feltalált távcső.

Egy évszázaddal később már annyi tudományos ismeret és termelési tapasztalat halmozódott fel a finommechanika területén, hogy a szögmérő és távcső egyesítésével létrehozták a tükrös szextánst.

Az ötlet valószínűleg Newtontól származik, de John Hadley készített ilyet elsőként 1730 körül.

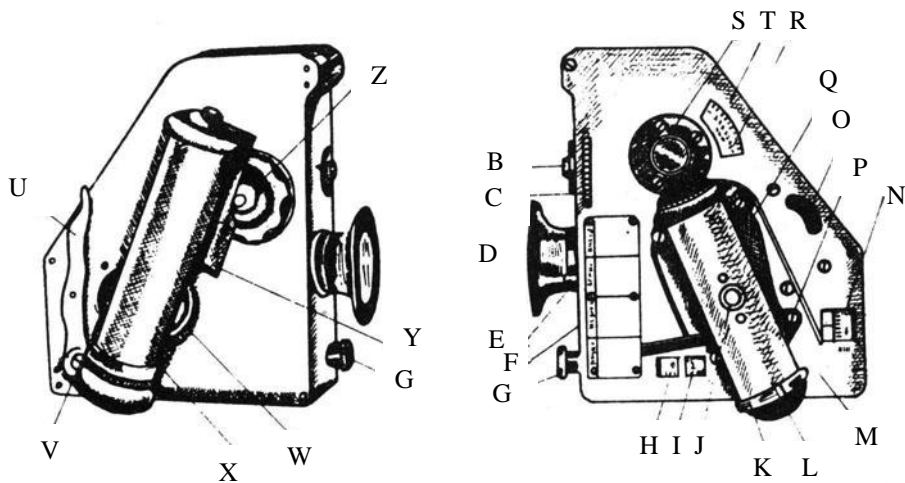
A távcső optikai tengelyének meghosszabbításán elhelyezett egyik tükör rögzítve van, és csak az alsó fele tükröz. A második tükör egy hatodkörív (szextáns) fokbeosztás előtt mozgó kar (alhidade) forgáspontjában van felszerelve, amely a karral együtt mozog. Méréskor a megfigyelő az égitest felé fordulva megcélozza a látóhatárt az álló tükör foncsorozatlan szélével. Majd az alhidade szabályozó gombját addig forgatja, míg az égitest képe megjelenik a távcsőben, pontosan a „látóhatáron”. Az alhidade ablakán ezután leolvasható a magassági szög a körív skáláról (7. ábra).



7. ábra. A mikrométerdob szextáns

A tengerészeti szextáns alkalmazása az időjárási viszonyoktól függő. Mind a látóhatárnak, mind az égitestnek tisztán láthatónak kell lennie. Felhők felett repülve a tengeren használt szextánst nem lehet használni. A léginavigáció céljaira a „mesterséges horizont” vagy más néven „buborék-szextáns-t” alkalmazzák 1918 óta.

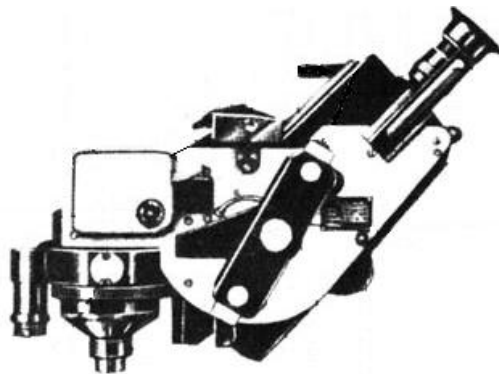
Itt a látóhatárt egy gömbmetszet alakú buborékkamra helyettesíti. A gömb középpontjában elhelyezett tükör és a buborék középpontját összekötő vonal meghatározza a vertikális irányt. Észleléskor az égitest képét a mozgó tükör segítségével a buborék középpontjába kell hozni (8. ábra).



- | | | | |
|---|---|---|-------------------------------------|
| N | Az egyszeri észlelés percekét számláló dobja | U | Az észlelést rögzítő kar („elsütő”) |
| O | A sorozat „lövés” számláló | V | Az árnyékolásfokozat mutató |
| P | Az 5° magasságnövekedést állító gomb | W | Az árnyékolást szabályzó korong |
| Q | A finombeállítás lassúmozgás korongja | X | A bal kéz fogója |
| R | A 10°-os beosztás íve | Y | A világításkapcsoló |
| S | A durva megközelítő beállítást szabályzó korong | Z | A buborékszabályozó korong |
| T | A 10°-os beosztás mutatója | | |

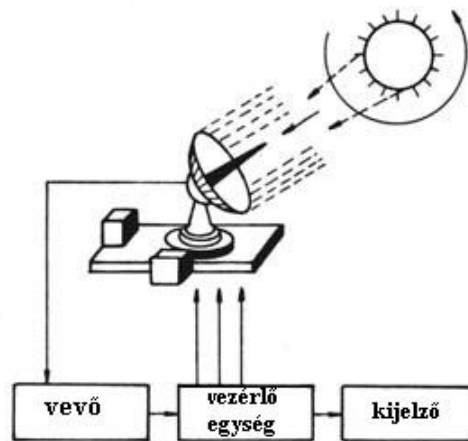
8. ábra. Buborék szextáns

Az ún. „giroszkóp szextánsban” egy rugós óraszerkezettel meghajtott pörgettyű található, amely ingaként felfüggesztett, súlypontja a felfüggesztés pontja alatt van. A pörgettyű zafír csapágycsészében fut, és úgy áll be, hogy két vonal, az ún. „pörgettyűvonalak” a valódi horizonttal párhuzamosan helyezkednek el. A pörgettyű gyors forgás következtében az észlelő számára a pörgettyűvonalak úgy látszanak, mint egy stabil mesterséges horizont. Az észlelt égitest magasságát ehhez a mesterséges horizonthoz viszonyítják (9. ábra).



9. ábra. Giroszkóp szextáns

A legjobb tükrös szextáns is használhatatlan, ha a felhőzet zárt, és meghiúsítja a csillagászati helymeghatározást. Ezt a problémát oldja meg a rádiószextáns. 1930 táján a rádiózás elterjedésével észlelték, hogy a magas frekvenciájú rövidhullámú adásokat sustorgásszerű kozmikus eredetű jelek zavarták. Amikor a rádiócsillagászat kutatói alkalmazni kezdték az irányított (elsősorban a parabola) antennákat, jól körülhatárolható rádióhullám-forrásokat fedeztek fel, melyeket a Nap, bolygók és egyéb csillagképek sugárzásával lehetett azonosítani. Különösen a nagy energiájú Napot lehetett egyszerű módszerekkel megcélozni. A rádiószextáns fő alkotórésze egy igen nagy érzékenységű mikrohullámú vevőkészülék egy irányítható (parabola) antennával. Az antenna irányérzékenysége nagyon finom, vagyis a rádióhullámokat csak egy keskeny sávban, az antenna tengelyének irányában veszi. A vevő bemenetére akkor jutnak a legerősebb jelek, ha az antennát a Nap középpontjára irányítjuk. A maximális erősségű rádiójel vétele határozza meg a Nap magassági szögét, vagyis a hajó szélességi helyzetét (10. ábra).



10. ábra. Rádiószextáns

A TÉRKÉPEK FEJLŐDÉSE

A Föld felületének megismerésével együtt fejlődtek a hajózási műszerek és a térkép. Egy ókori mondás szerint: „A tengerhajózás ugyanolyan megbízható, mint a hozzá használt térképek”.

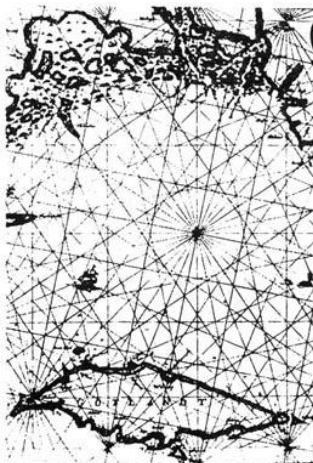
Az első térképek, melyet navigációs célra használtak, még nem vetületek voltak, hanem vázlatok, annak ellenére, hogy a vetületeket már évszázadokkal előbb ismerték. A gnomonikus vetület első megszerkesztője a miletoszi hajós, Thales volt. A gnomon görögül napórát jelent, innen a központi vetítésugaras forma elnevezése.

Eratosthenes⁵ volt az első, aki i. e. 200 táján földrajzi szélességet mért, és azt fokokban fejezte ki. Egy 16 vonásos szélrózsát szerkesztett, és felismerve a helyi és uralkodó szeleket széltáblázatot készített. Saját felfedezései és a tengerészek, felfedezők, utazók, történetírók és filozófusok kézírataiból nyert tájékoztatás alapján elkészítette az ismert világ leírását.

A sztereografikus és ortogonális vetület Hypparchostól (i. e. II. sz.) ered. Az egyiptomi Ptolemaeus, aki az i. u. II. században élt, tartják a legnagyobb csillagásznak Kopernikusz előtt. Korának kiemelkedő térképésze volt. Több térképet készített, és a feltüntetett helyek szélességét és hosszúságát jegyzékbe szedte. A moszlim térképkészítők és csillagászok Ázsiában Ptolemaeus tanaiból merítettek.

A speciális térképek ritkák voltak. Közéjük tartoztak a római térképeken alapuló ún. „pentinger-féle táblák” (nevüket egy augsburgi gazdag patríciusról kapták). Ezek a mai közlekedési térképek elődei, melyeken feltüntették az utakat, a pihe-nőállomásokat és az állomások közötti távolságokat. Ezek a térképek a kereskedők, futárok s a római légiók számára készültek.

A tengeri térképek az ún. „portolánok” a XII–XIII. században jelentek meg. Ezek kizárólag a tengerészek számára készültek. Az elnevezés a kikötőtől-kikötőig kifejezésből ered⁶ (11. ábra).



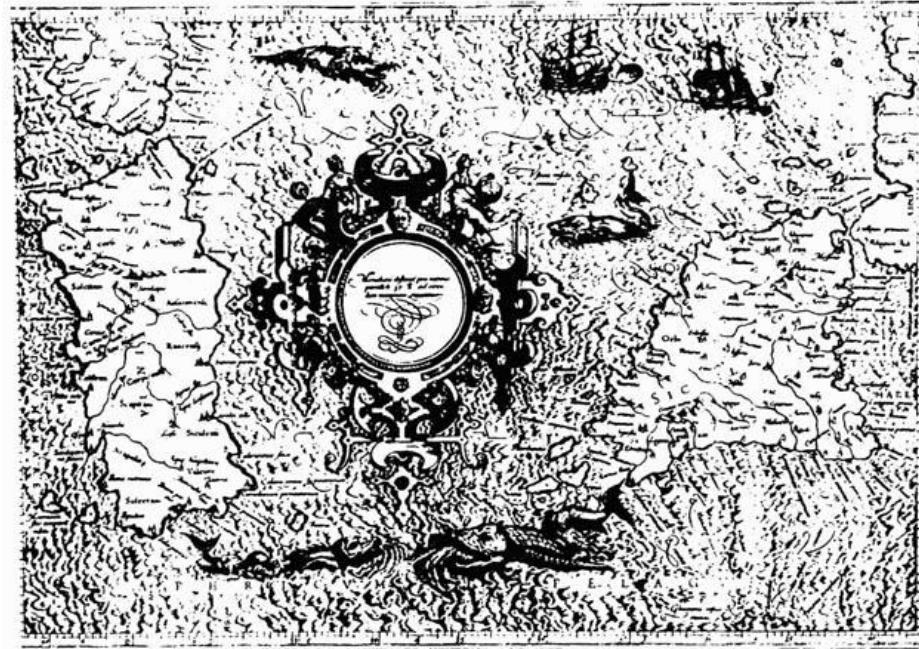
11. ábra. A portolán térkép részlete

A térképkészítők a Föld felszínét évszázadokon keresztül „síkbán” és nem vetületben ábrázolták. Figyelmen kívül hagyták Ptolemaeus és Hypparchos felfedezéseit, annak ellenére, hogy a Föld gömbszerűségét ismerték. Ahogy a földfelszín ismert területe növekedett, és egyre nagyobb területeket kellett ábrázolni sík lapon, a térképkészítők rájöttek, hogy a Föld görbületét nem szabad figyelmen kívül hagyni.

⁵ Marjai Imre–Pataki Dénes: A hajó története [5].

⁶ portus — kikötő.

Gerhard Kramer, latin nevén Mercator, felismerte a tényleges vetület alkalmazásának szükségességét. 1596-ban tette közzé világtérképét, és az ebben a vetületben készült térképeket azóta is Mercator vetületűnek nevezik (12. ábra). A szögtartó kúpvetület felfedezése J. H. Lambert nevéhez fűződik.



12. ábra. Mercator atlasának egy lapja

A CSILLAGÁSZAT FEJLŐDÉSE, A CSILLAGÁSZATI NAVIGÁCIÓ

A hajózásban a csillagászat tudományának köszönheti fejlődését. A kínaiak csillagászati megfigyelései 6000 évre nyúlnak vissza. A fizikai tudományok közül a csillagászat a legrégebbi. Nagyon valószínű, hogy az első térképeket nem is a Föld felszínéről, hanem a csillagos égboltról készítették.

A kínai csillagászok i. e. 2000 évvel már meghatározták a napfordulók és a napéjegyenlőség pontjait. Meghatározták, hogy a Nap éves látszólagos mozgását 365,25 nap alatt végzi és valószínű, hogy a kört ennyi részre osztották fel (és nem 360 részre).

A görögök a hajózási csillagászatot a föníciaiaktól vették át. A legrégebbi görög csillagász Thalész is föníciai származású volt. Amikor Thalész a gnomonikus vetületet (kb. i. e. 600-ban) megszerkesztette, a Föld alakját gömb alakúnak kellett képzelnie.

A csillagászok között mégsem a Föld alakja volt a fő kérdés több ezer éven keresztül, hanem az, hogy vajon a Nap vagy a Föld a világegyetem középpontja. Az ókoriak még azt tartották, hogy az égitestek kör alakú pályán a Föld körül keringenek.

A heliocentrikus elméletet Kopernikusz állította fel, aki 1543-ban tette közzé a mozgó világról szóló elméletét *De Revolutionibus Orbium Celestium* c. munkájában.

Ebben azt állítja, hogy a Föld saját tengelye körül forog és kör alakú pályán egy év alatt megkerüli a Napot. A többi bolygó is kör alakú pályán a Nap körül mozog. Felismerte, hogy a Merkúr és a Vénusz közelebb, a többi bolygó pedig távolabb van a Naptól, mint a Föld. A Hold a Föld körül körpályán mozog. Tánai csak egy évszázaddal később váltak általánosan ismertté, amikor Gallilei közzétette és magyarázta azokat.

Kepler megállapította a bolygók mozgásának törvényeit 1609-ben. Newton felállította a mechanika három alaptörvényét 1687-ben, és Kepler törvényeit az általános tömegvonzás törvényére vezette vissza.

A korszerű csillagászat kifejlődéséig a Világegyetem szerkezetéről alkotott felfogás három fő fejlődési fokozatot mutat:

- a ptolemaeusi rendszer, amely még nem ismeri el a Föld mozgását. A Világegyetem középpontjának a Földet tekinti és az égitestek látszólagos mozgását valóságosnak véli;
- a copernicusi rendszer, amely felismeri, hogy a bolygók, közöttük Földünk is, a Nap körül keringenek, és egyben saját tengelyük körül is forgást végeznek;
- a newtoni rendszer, amely minden égi mozgást az általános tömegvonzás törvényére vezet vissza.

A csillagászati navigáció feladata: a helymeghatározás. Ez a helymeghatározás a ptolemaioszi elképzelésen alapszik. A fölöttük és alattunk levő égbolt egy teljes gömböt alkot a megfigyelővel a középpontban. Az égitestek látszólagos mozgását ezen a képzeletbeli gömbfelületen határozzák meg. Minden égitestnek ott lesz a látszólagos helye az égbolton, ahová azt az észlelő látósugara vetíti.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] GYÖRKÖSY Lajos: Latin–magyar szótár. Akadémiai Kiadó, Budapest, 1982. ISBN 963 052 7758, p. 358.
- [2] Larousse enciklopédia II. kötet. Akadémiai Kiadó, Budapest, 1993. ISBN 963 05 6421, p. 57
- [3] MARJAI Imre: Nagy hajóskönyv. Móra Kiadó, Budapest, 1981. ISBN 963 11 2486 X, p. 196.
- [4] Cambridge enciklopédia, Macenas Kiadó, Budapest, 1999. ISBN 963 7425 659, p. 1520.
- [5] MARJAI Imre–PATAKI Dénes: A hajó története. Corvina Kiadó, Budapest, 1979. ISBN 963 13 0289 X, p. 367.
- [6] DR. MOYS Péter: Léginavigáció.