NAVIGARE NECESSE EST!

A helymeghatározás, tájékozódás, navigáció alapjai

Bozsik Vilmos, Érdi Csillagászati Klub 2026



NAVIGÁCIÓ

„Navigare necesse est, vivere non est necesse”
(Cnaeus Pompeius Magnus)



Hol vagyok?
→ helymeghatározás
Merre menjek?
→ útvonaltervezés

Fajtái:

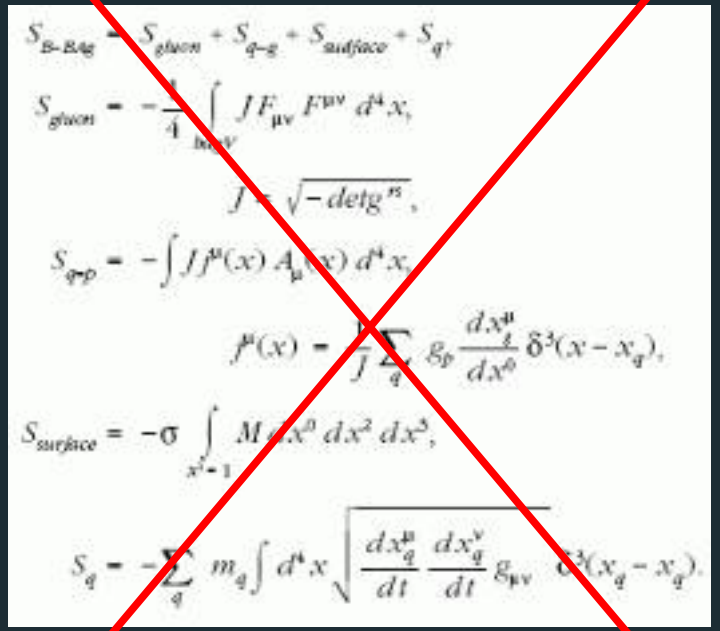
- földrajzi
- elektronikus
- **csillagászati**

Minket ez érdekel!



A jó hír:

Nem lesznek sem képletek, sem táblázatok!



$$S_{B\text{-}Eag} = S_{gluon} + S_{q\text{-}g} + S_{surface} + S_{q^+}$$

$$S_{gluon} = -\frac{1}{4}\int_{loc\,V} J F_{\mu\nu} F^{\mu\nu}\, d^4x,$$

$$J = \sqrt{-\det g^{ns}},$$

$$S_{q\text{-}p} = -\int J j^{\mu}(x)\, A_{\mu}(x)\, d^4x,$$

$$j^{\mu}(x) = \frac{1}{J}\sum_{q} g_p \frac{dx_q^{\mu}}{dx^0}\,\delta^3(x - x_q),$$

$$S_{surface} = -\sigma \int_{x^1=1} M\, dx^0\, dx^2\, dx^3,$$

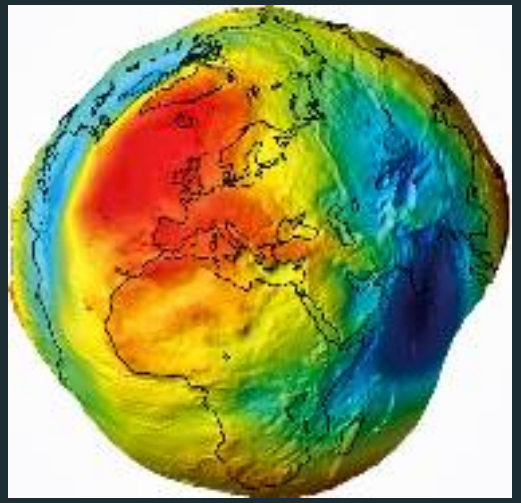
$$S_q = -\sum_{q} m_q \int d^4x \sqrt{\frac{dx_q^{\mu}}{dt}\frac{dx_q^{\nu}}{dt} g_{\mu\nu}}\;\delta^3(x_q - x_q).$$



A Föld alakja

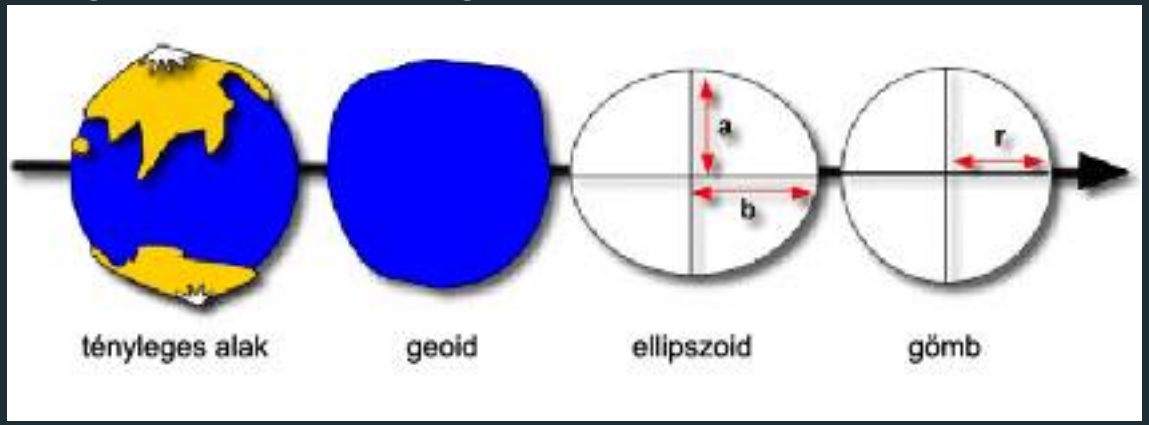
a Föld valódi, fizikai alakja: krumplioid 🙂

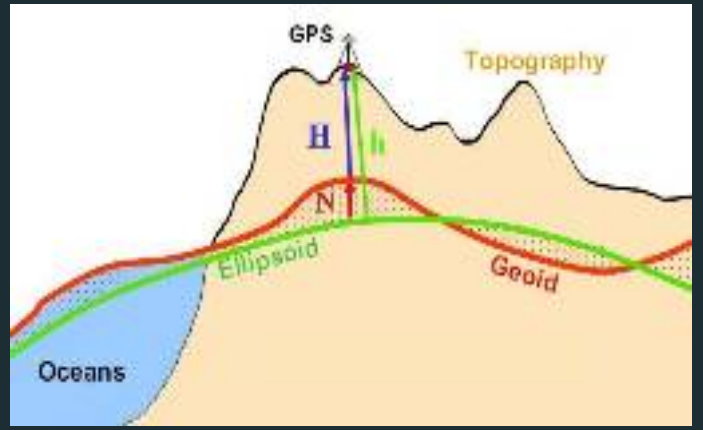
geoid: egy adott ponton áthaladó
gravitációs ekvipotenciális felület (~középtengerszint)



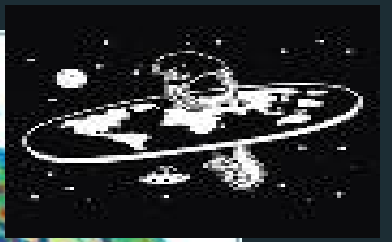
N: geoidunduláció →

ez navigációhoz túl bonyolult → helyettesítő alak:
forgási ellipszoid → gömb





Földrajzi koordináták



gömb

A gyakorlati navigáció szempontjából: a Föld lapos

A kérdés, hogy hol vagyunk? → koordinátarendszer
földrajzi koordinátarendszer: poláris fokhálózat

szélesség: az egyenlítőtől mért foktávolság
($-90° \leq \varphi \leq +90°$)
hosszúság: a kezdőmeridiántól (Greenwich) mért foktávolság ($-180 \leq \lambda \leq +180°$)
A magasság külön téma…

1° = 60’ = 60 nm (111 km)
1’ = 1 nm
nautical mile = 1852 m

Kezdő délkör

1983-ig: Greenwich (London) ← Sir George Airy 1851
– a Királyi Obszervatórium kupoláján áthaladó délkör
1884: washingtoni Nemzetközi Meridián Konferencia









Kezdő délkör ma: IRM

1983: International Reference Meridian (IRM)
eltérés: GRM → IRM 5,3” (102 m keletre)

oka:
greenwichi meridián: csillagászati megfigyelések
IRM: geometriai mérések (geodézia)

függővonal elhajlás:
a helyi függővonal (fizika) nem esik egybe a forgási ellipszoid normálisával (geometria)



Kezdő délkör régebben

Régebben:
- a Párizsi Obszervatórium meridiántermén áthaladó délkör (Cassini-terem)
- Ferro-i kezdőmeridián: a párizsi kezdő-meridiántól 20˚-kal nyugatra → Európában nincsenek negatív hosszúságok (fiktív, soha nem tűzték ki...)

Ferro neve ma El Hierro (A Kanári-szigetek legnyugatibb tagja)
- ezt használta az Osztrák-Magyar Monarchia térképészete is





Térképek

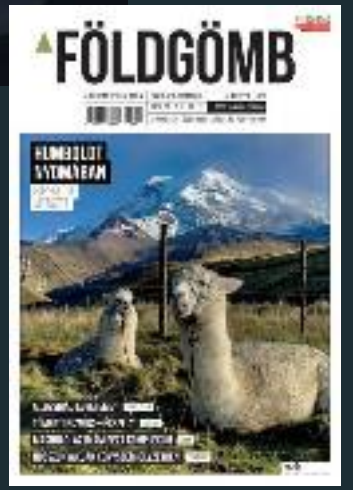


Térkép: a földfelszín ábrázolása síkon, kicsinyítve
Célja: útvonaltervezés (a navigáció szempontjából)

A probléma: a gömböt (ellipszoidot) síkba kell fejteni.
Megoldás: vetítés → torzítás!

A probléma megkerülhető földgömb alkalmazásával.

Csak azt nehéz összetekerni…



Néhány egyedi megoldás földgömbre:



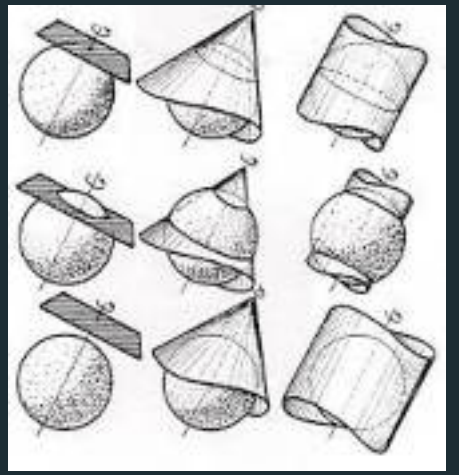


Vetületek fajtái

A vetületi felület lehet:

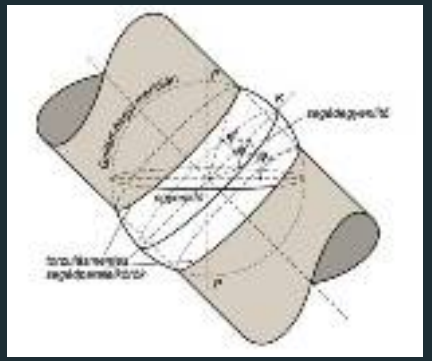
- - sík
- - síkba fejthető: henger, kúp

„Afrika túl kicsi…”
(by UN)



A vetületek fajtái:

torzítás szerint:	vetületi sík szerint:	vet. sík elhelyezése szerint:	vet. sík iránya szerint:
- szögtartó	- síkvetület	- érintő	- álló tengelyű
- hossztartó	- hengervetület	- metsző	- ferde tengelyű
- területtartó	- kúpvetület	- lebegő	- fekvő tengelyű
- ált. torzulású			



EOV vetület

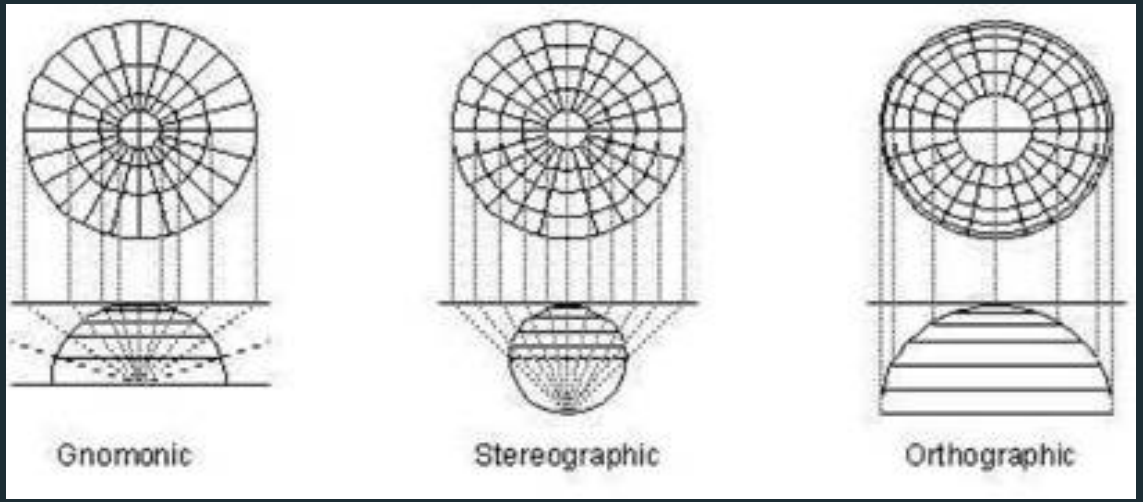
Vetítési módok

A vetítés módjai: - PERSPEKTÍV vetület: a gömböt párhuzamosan vagy centrálisan vetítjük a képfelületre

- gnomonikus: a gömb középpontjából vetítünk

- sztereografikus: a vetítés centruma a gömb felületének a képsíkkal átellenes pontja

- ortografikus: a vetítő sugarak egymással párhuzamosak és a képsíkra merőlegesek



- KÉPZETES vetület: a $(\varphi,\lambda)\rightarrow(x,y)$ leképezést analitikus (matematikai) formulákkal adjuk meg (nem perspektív)

Portolánok



Pedro Reinel portolánja 1504-ből

- a XIII. század végén jelennek meg
- előtte csak szöveges leírások voltak [portolano], az iránytű megjelenése tette lehetővé
- kimondottan hajózási térképek → a szárazföldek belső része elnagyolt
- adott területre szólt (világtérképet nem készítettek)
- partvonalak nagyon részletesek
  - városok: kisbetű
  - kikötők: piros
  - veszély: nagyítva
- szélrózsák
- megjelenik a lépték (mértékléc)
- vetület nélküli! (síknak tekint. → nagyobb területen komoly torzulás!)

Portolánok



Carta Pisana (~1275):
az első ismert portolán

Mercator-térképek



Gerardus Mercator 1569

(Gerhard Kremer)

- állótengelyű, érintő hengervetület
- a meridiánok és a paralelkörök merőlegesek (valós vetület)
- az egyenlítőtől távolodva nő a torzítás → kb. +/-70° szélességekig használható
- a loxodroma képe egyenes!



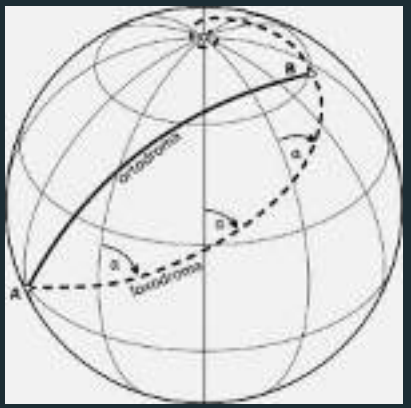
Mercator
első térképe
1569-ből



Ortodróma, loxodróma

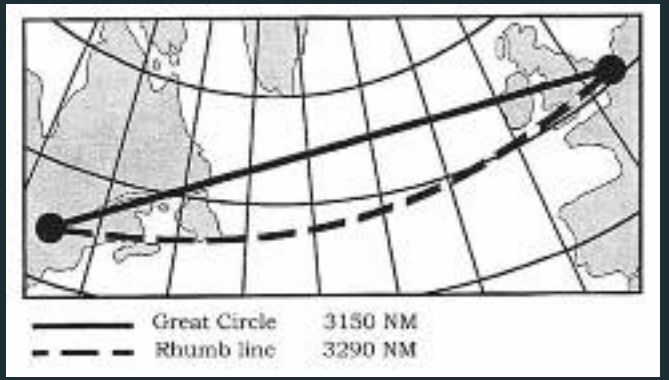
A földgömbön két pont között kétféle úton haladhatunk:

- ortodróma: (great circle) legnagyobb gömbi főkör
- loxodróma: (rhumb line) állandó azimutú vonal
  (kompasszal ezt tudjuk tartani)



Az ortodróma mindig a legrövidebb,
a loxodróma a legegyszerűbb…

A loxodróma képe a Mercator-vetületen: egyenes!
(körző, vonalzó)
→ navigációs célra legjobb a Mercator-vetület



Földrajzi navigáció

Kompasz: mágneses iránytű (tájoló)



A Föld mágneses erőtere „működteti”.

mágneses pólus ≠ földrajzi pólus!

(a mágneses pólus vándorol)

A mágnestű a mágneses erőtér irányába áll be!

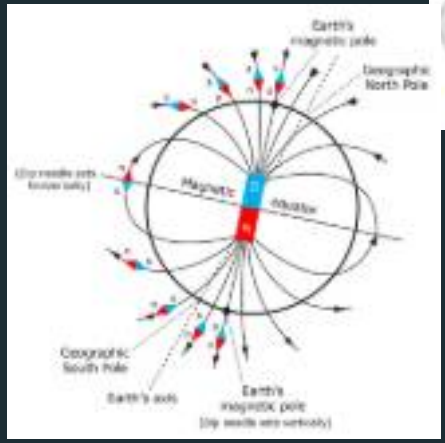
→inklináció

(a mágnestű lehajlása)



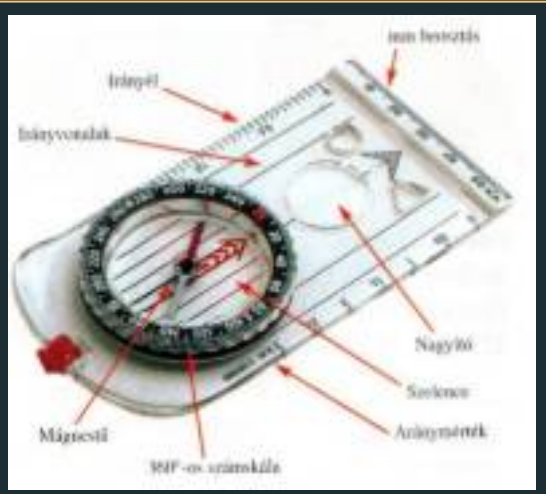




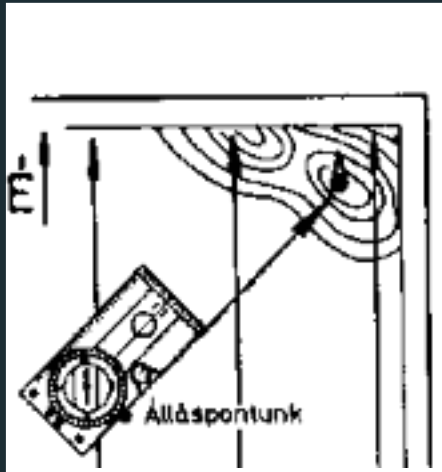


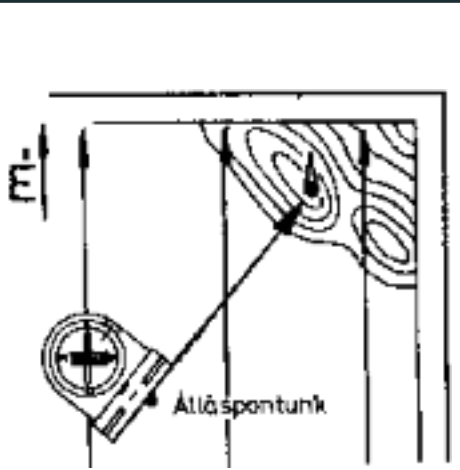


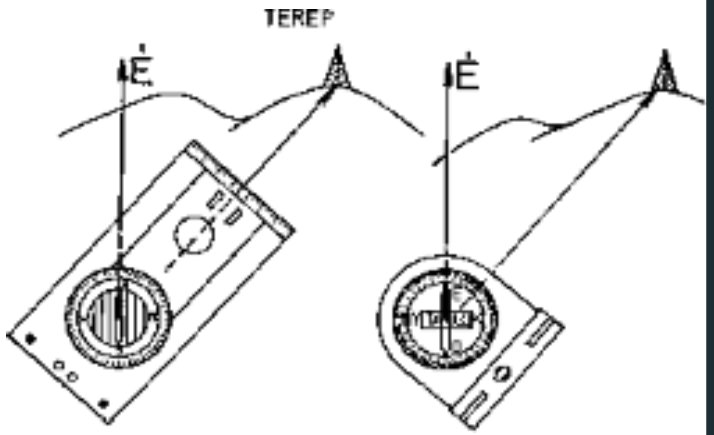
Tájoló



Lényege: iránytű forgatható szelencével
iránymérés → az északi iránnyal bezárt szög (azimut)
térképen → terepre
terepen → térképre
e két művelet segítségével → elő-, oldal-, hátrametszés







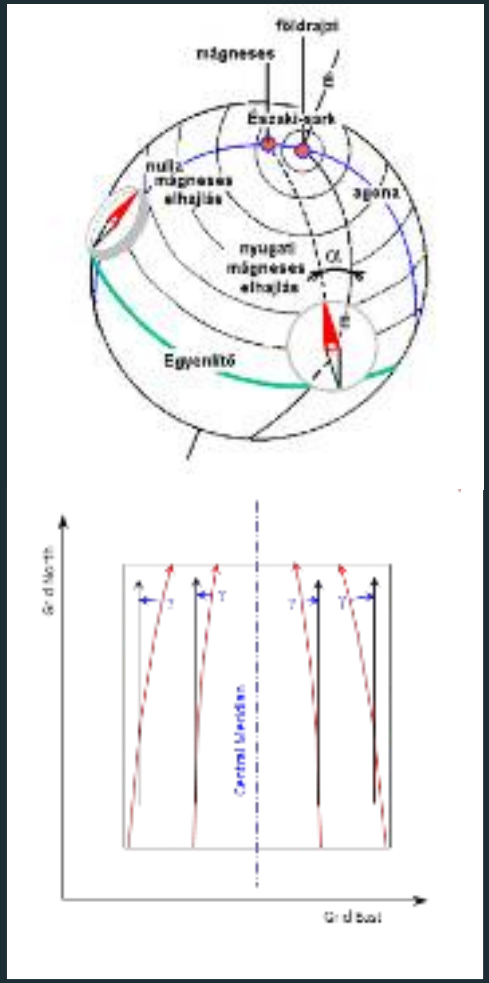
Észak! Melyik?...

Háromféle észak:

- mágneses észak: amerre a kompasz mutat
- földrajzi (csillagászati) észak: amerre a Föld forgás-tengelye mutat (meridiánok iránya, giroszkóp)
- hálózati észak: a térkép északvonalainak iránya (a vetületi torzulások miatt nem azonos a földrajzi északkal, de az eltérés kicsi)

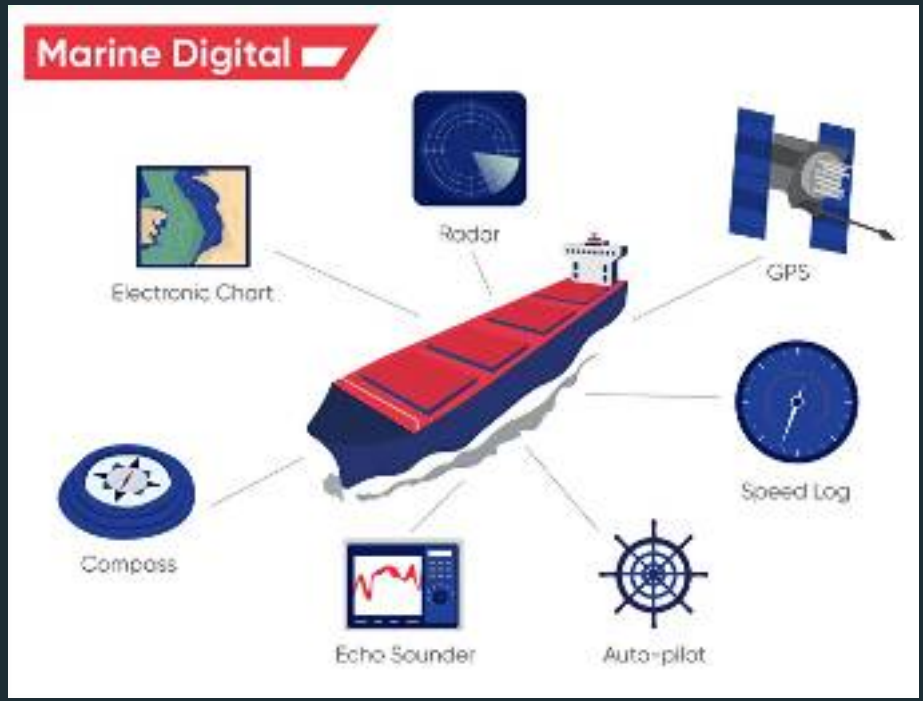
Variáció (deklination): a földrajzi észak és a mágneses észak közti eltérés (+/-)
Meridián konvergencia (hálózati elhajlás): a földrajzi és a térképi észak közti eltérés





Elektronikus navigáció

A legtöbb navigációs eszköz ma már elektronikus → integrált rendszer!
(GPS, kompasz, giroszkóp,mélységmérő, seb. mérő, szélmérő, radar, iránymérő, sőt a térképek is!)



A helymeghatározás elektronikus eszközei:

- radar (hasonlóan használható a tengeren, mint a térkép+tájoló a terepen)
- rádióiránymérő: keretantenna
- hiperbola rádiónavigációs rendszerek
- műholdas helymeghatározó rendszerek

Inerciális navigáció (INS)

Giroszkóp (pörgettyű):
- megtartja forgási síkját
- a vízszintes síkba kényszerített pörgettyű a csillagászati észak irányába áll be! → giroteodolit
- mechanikus
- elektronikus (telefonok!)
- lézer

Akcelerométer (gyorsulásmérő):
- integrálva az elmozdulás meghatározható

Hátrány: a mérési hibák halmozódnak → sleep (csúszás)
időnként kalibrálni kell!

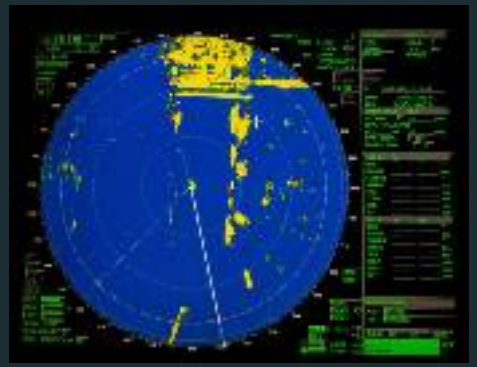






RADAR

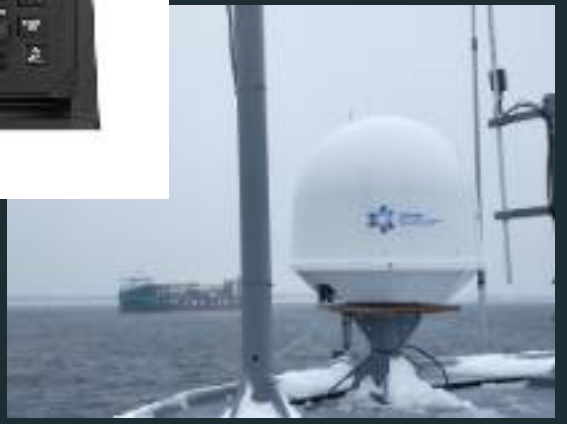
angol: RAdio Detection And Ranging
(német: der Lokator)



- irány
- távolság
- sebesség







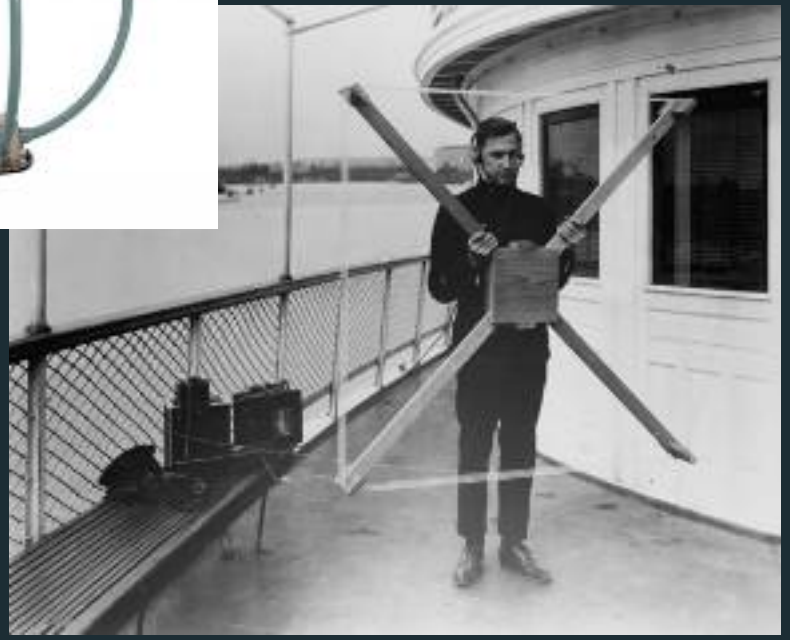
eredetileg az ellenséges repülőgépek észlelésére tervezték (1935 Nagy-Britannia)

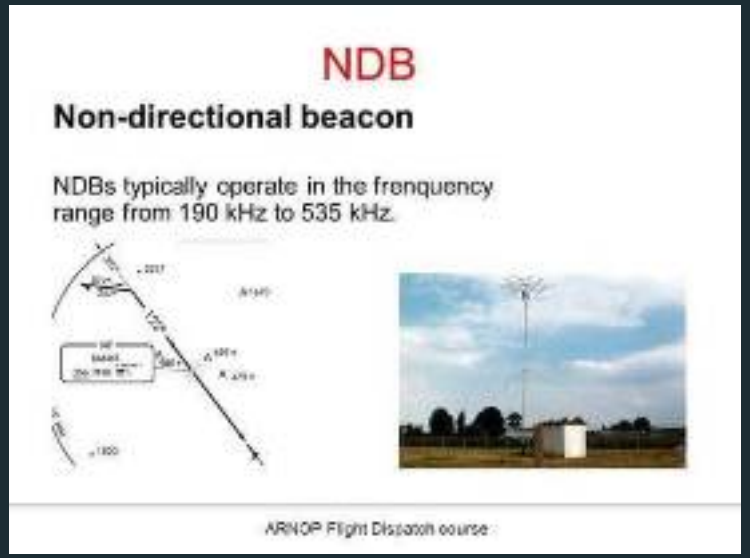
ma már számos egyéb funkció is!
(útvonal, ütközés, stb.)

Rádióirányméró

NDB: Non-Directional Beacon
rádióirányméró: keretantenna
a keretantenna irányérzékeny
→ helyzetvonal!







Hiperbola navigáció

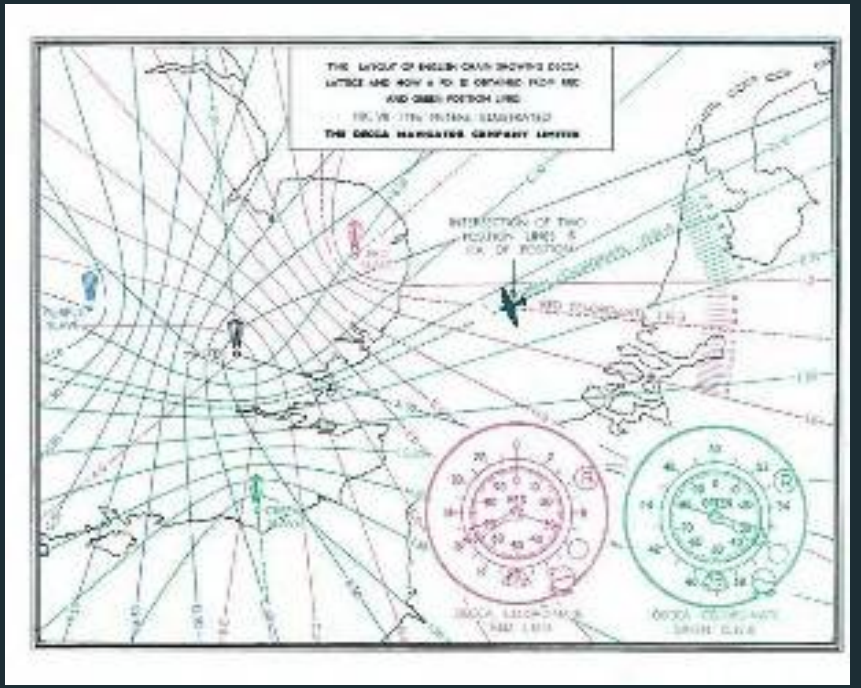
Ismert helyzetű és azonosított rádióadók távolságainak különbségét mérjük (futásidő vagy fáziskülönbség mérés)

→ a helyzetvonal hiperbola

→ speciális térképek

hatótáv: néhány száz tengeri mérföld (nm)

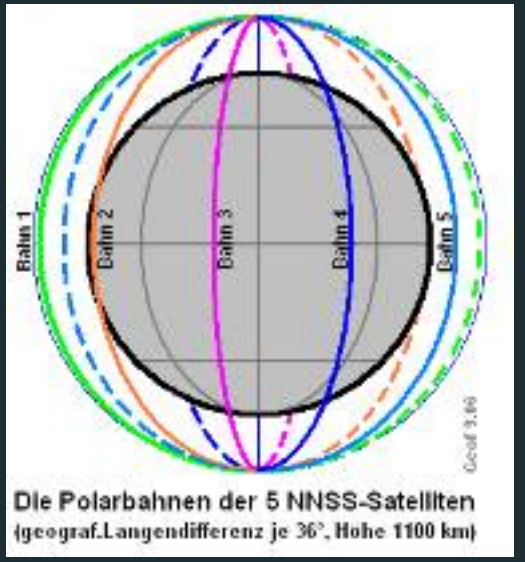
pontosság: néhány száz méter



- DECCA (angol) : 1930-2001-ig működött (D-nap!) LF
- LORAN (long range navigation, U.S.A.): II. VH, 2000-ig
- OMEGA: (U.S.A. és több ország) globális! VLF:~10 kHz, 1971-1997

TRANSIT

A kezdet: NAVSAT, avagy NNSS
(Navy Navigation Satellite System, alias „TRANSIT”)
- első műhold: Transit A1, 1958 (120 kg)
- 1964→U. S. Navy navigációs rendszere (tengeralattjárók)
- 1996→ GPS
- teljes kiépítettség: 1968, 36 műhold
- pálya: 5 db alacsony (600 nm, ~1100 km) poláris pálya, 1+1 (tart.) műhold/pálya → globális!
- pontosság: 50 m, (15-20 perc), óránként 1 pozíció, egyszerre 1 műholdat mér
- elve: a távolság változása → pozíció (Doppler)
- külön tervezett számítógép lekerekített sarkokkal (hogy beférjen a tengeralattjáró bejárati nyílásán…🙂) 1,5 m, 250 kg, vízálló



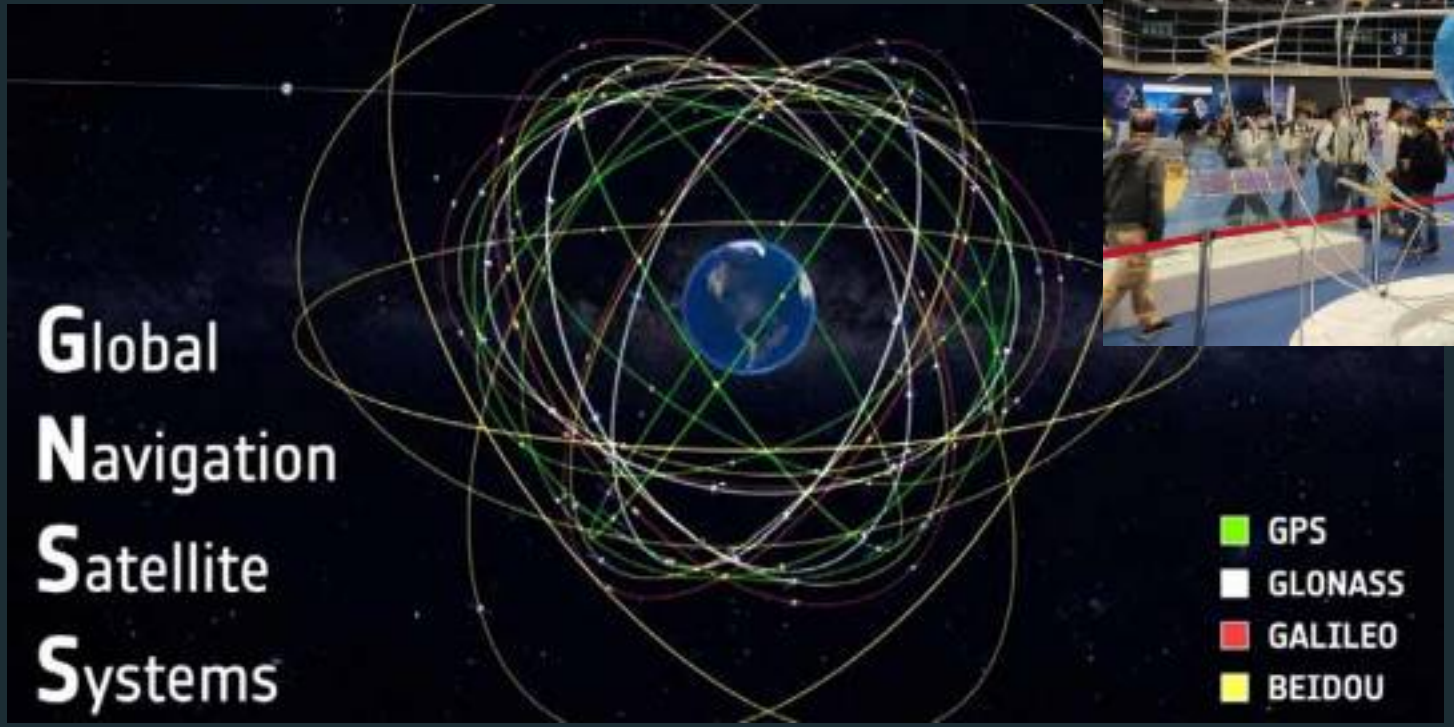
Die Polarbahnen der 5 NNSS-Satelliten
(geograf.Langendifferenz je 36°, Hohe 1100 km)



GNSS rendszerek



BeiDou-3



GNSS rendszerek

GLOBÁLIS:

- U. S. A.: NAVSTAR GPS (Global Navigation System)(’70-es évek)
  24 műhold, 6 pálya 60°, i=55°, 20200 km → kb. -70°<φ<+70˚ tartományban jó igazán
- Oroszország: GLONASSZ (Глобальная Навигационная Спутниковая Система)
  1976-ban indult, első műhold 1982-ben
  24 műhold, 3 pálya 120°, i=65°, 19100 km→ magas északi szélességeken is jó
  (eredetileg a SZU részére!)
- EU: Galileo (2016→) CIVIL IRÁNYÍTÁSÚ! (nem katonai rendszer)
  27 (+1) műhold, 3 pálya 120˚, i=56°, 23222 km →beépített környezetben jobb
- Kína: BeiDou (北斗卫星导航系统 „ Pej-Tou Vej-Szing Tao-Hang Szi-Thong”) (2000→)
  30 műhold, vegyes pályák (MEO, geostac, geosinc., ...)
  BeiDou-3 óta globális, az eredeti területen (Ázsia, Óceánia) pontosabb, mint a GPS!

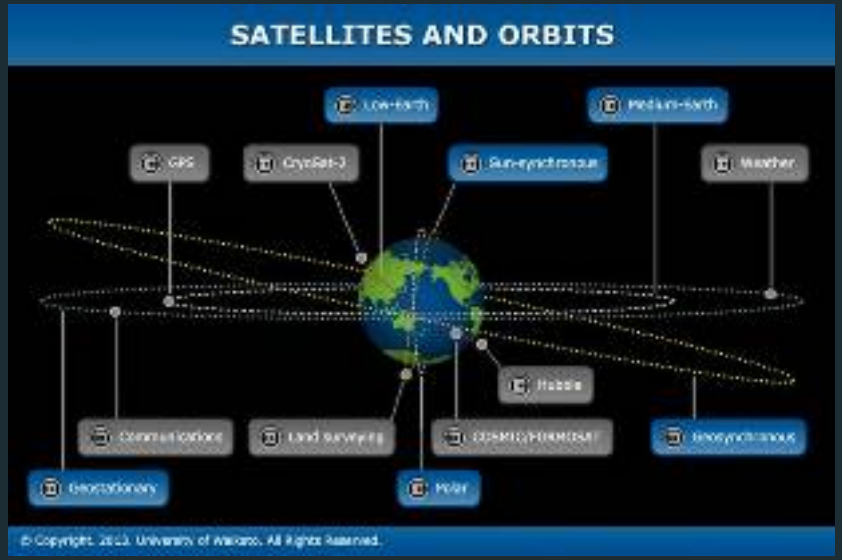
REGIONÁLIS:

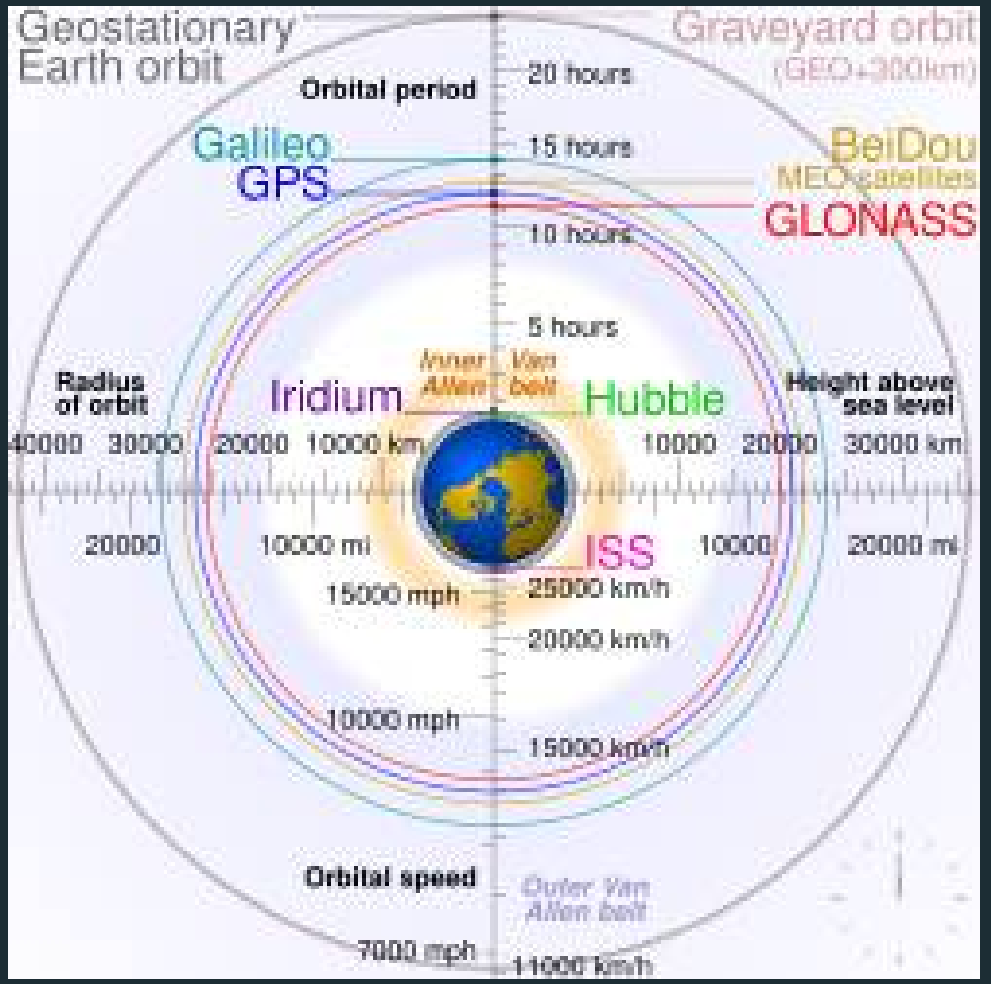
- Japán: QZSS (Quasi Zenith Satellite System)
- India: IRNSS (Indian Regional Navigation Satellite System)

北斗 : „Pej-Tou” Göncölszekér

Pályák

- MEO (Medium Earth Orbit):
2000 km → geostac. (kb. 36.000 km)
- 3-6 pályasík
- 6-9 műhold / pálya





Műholdak


NAVSTAR GPS



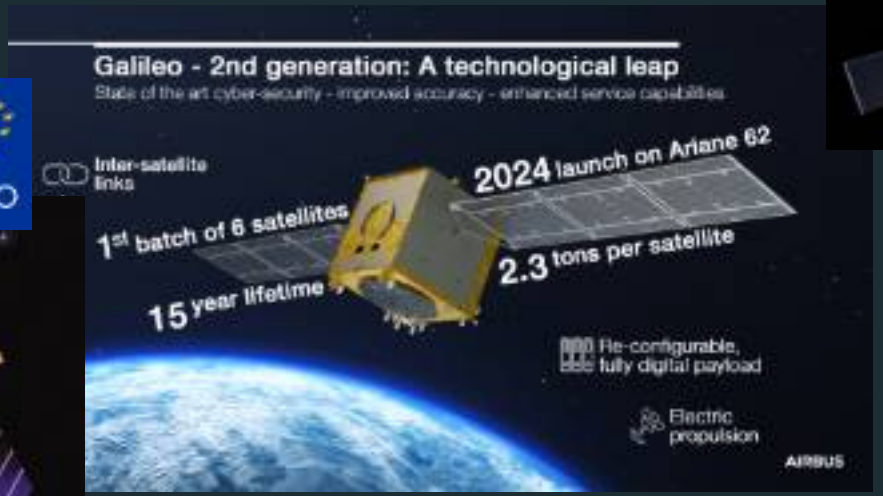






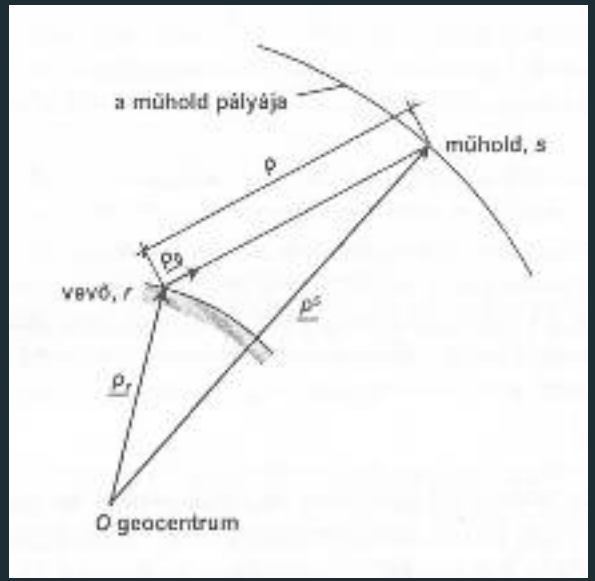





Galileo - 2nd generation: A technological leap
State of the art cyber-security - improved accuracy - enhanced service capabilities
Inter-satellite links
1st batch of 6 satellites
15 year lifetime
2024 launch on Ariane 62
2.3 tons per satellite
Re-configurable, fully digital payload
Electric propulsion
AIRBUS



Műholdas navigáció



ALAPELV: az ismeretlen helyzetű vevő és az ismert pályájú műholdak közti távolságok mérése

ismert: - a műhold pályaadatai, a ρ vektor hossza

ismeretlen: a vevő 3 koordinátája: φ, λ, h

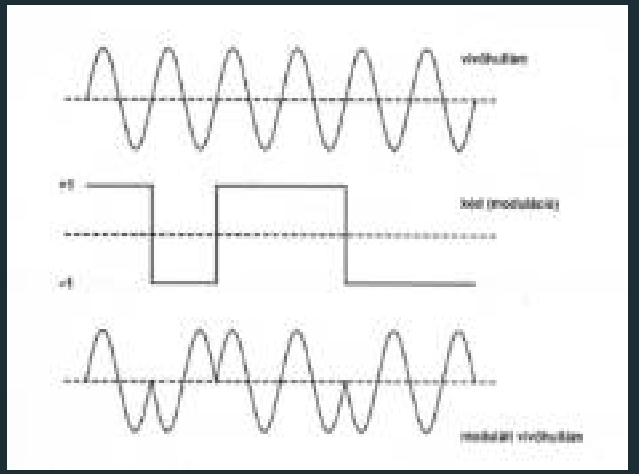
műhold: atomóra

vevő: kvarcóra → ismeretlen „t” órahiba!

4 ismeretlen → min. 4 mért távolság (4 μ☾)

A műholdak jelei

Csak vesszük a műholdjeleket, adás nincs
→ korlátlan számú felhasználó!



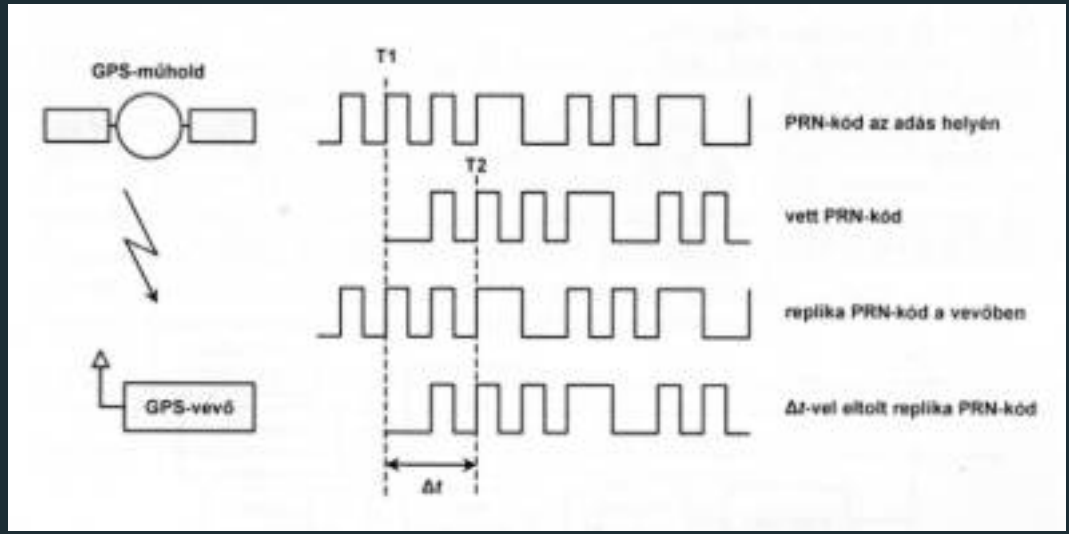
GNSS jel: vivőfrekvencia + moduláció (különféle kódok)
(f_0 =10,23 MHz) kódolás: fázisbillentyűzés →

kód: álvéletlen zaj (pseudorandom noise - PRN)
kétféle kód:
- C/A kód: ezredmásodpercenként ismétlődik, minden műholdnak egyedi a kódja (f_0/10)
- P kód: 266 nap periódus (266 nap=38 hét) → max. 38 μ☾
minden 1 hetes szakasz → 1 műhold (egyedi!) (f_0)
minden vasárnap 0 órakor újraindul („GPS hét”)

Távolságmérés

Kódmérés és fázismérés

Kódmérés:
- referenciajel generálás a vevőben
- ref. jel modulálása (PRN kód)
- a vett és a ref. jel közti idő-eltolódás meghatározása (Δt)
- kód eltávolítása (navigációs üz.-k)
- modulálatlan vivőhullám



→pszeudotávolság (az órahibát nem ismerjük!)

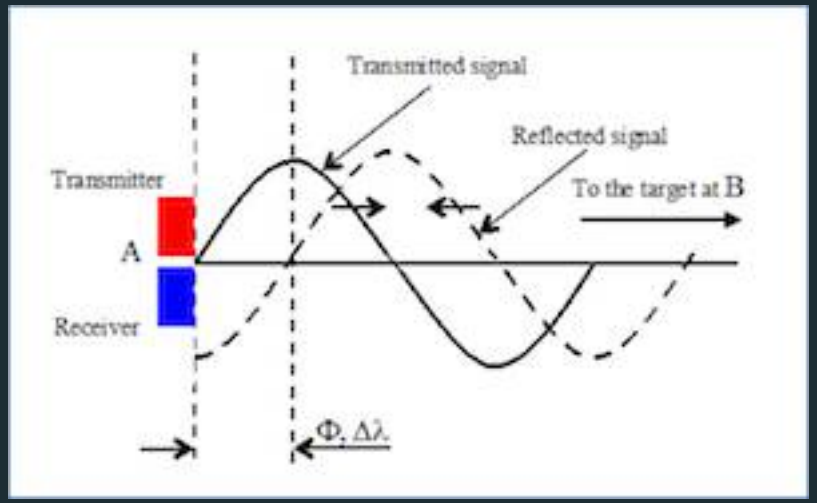
C/A kód: 3 méter

P kód: 30 cm

Távolságmérés

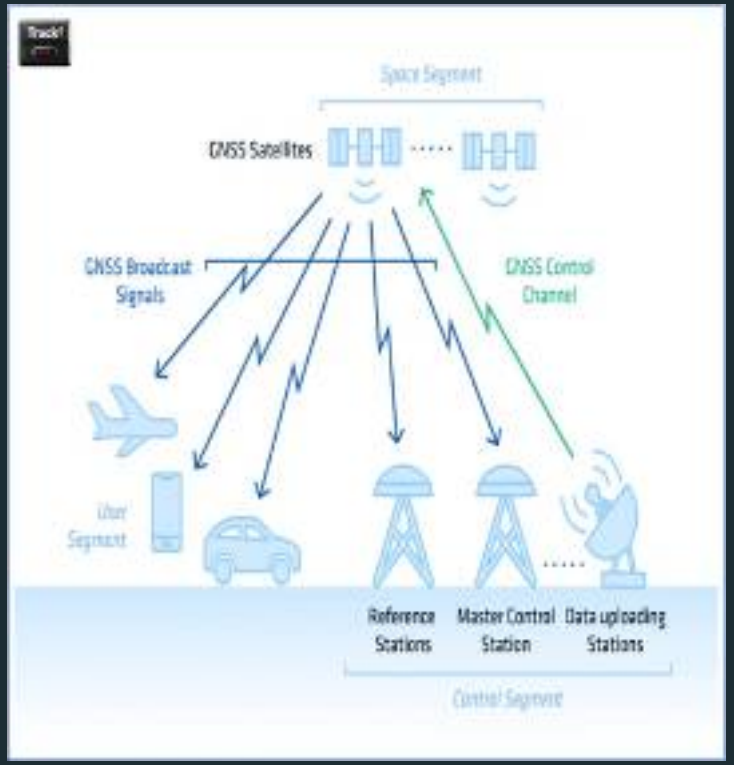
Fázismérés:
- modulálatlan vivőhullám
- a vett és a referenciajel fáziskülönbségét lehet meghatározni

⟶ hullámhosszon belüli távolság
(a ciklus tört része)



nem ismerjük az egész ciklusok számát:
ciklus-többértelműség
feloldása: a műhold(ak) folyamatos mérése
pontosság: 1-2 mm

GNSS



GNSS: Global Navigation Satellite System

3(+1) fő alrendszer:

- műholdak (pályaadatok, időadatok)
- követő állomások (referencia, vezérlés, adatfeltöltés)
- felhasználók (műholdvevők)
- kiegészítő rendszerek

Tudja?...

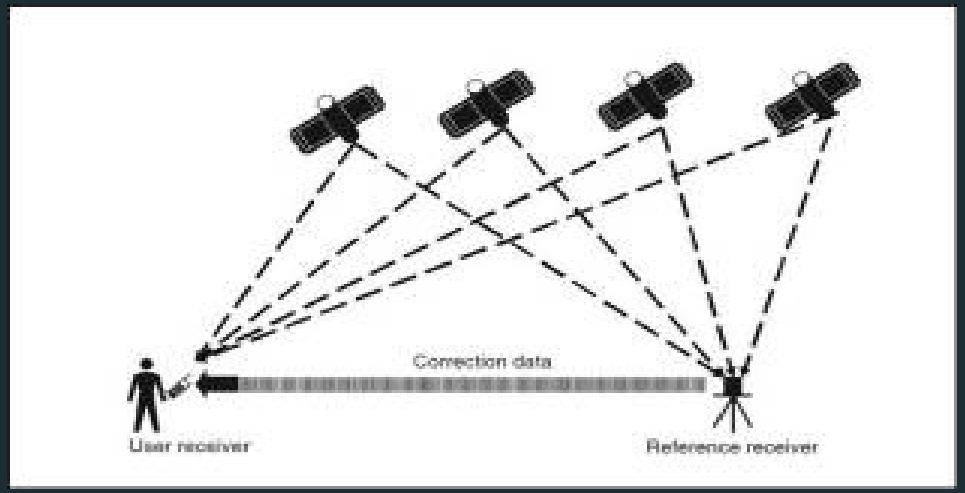
Ma már mindenki felhasználó (mobilok)

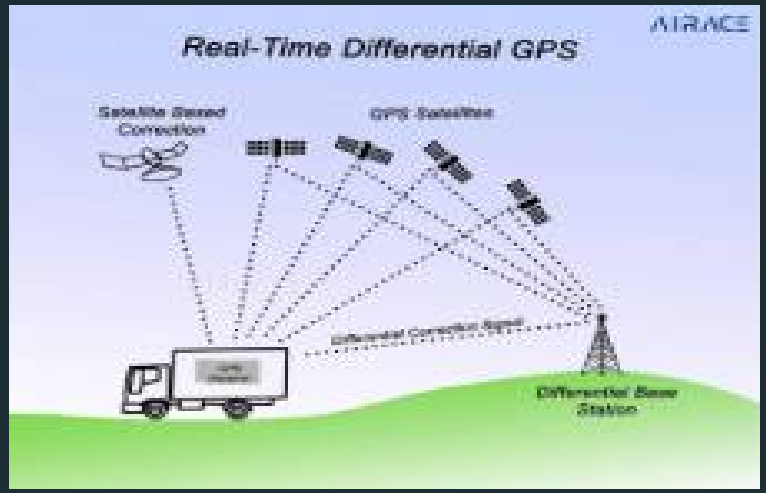
CSAK azt tudja: hol vagyunk? Hogy merre kellene mennünk, azt nem… (azt az útvonal-tervező tudja!)

Differenciális GNSS-mérés

Eddig az abszolút mérésekről beszéltünk. (Az Abszol út helyét kerestük… ☻)

A pontosság javítható: az ismert ponton mérő bázisállomás differenciális javításokat küld az ismeretlen pozícióban mérő rovernek ← a rover lehet jármű is!



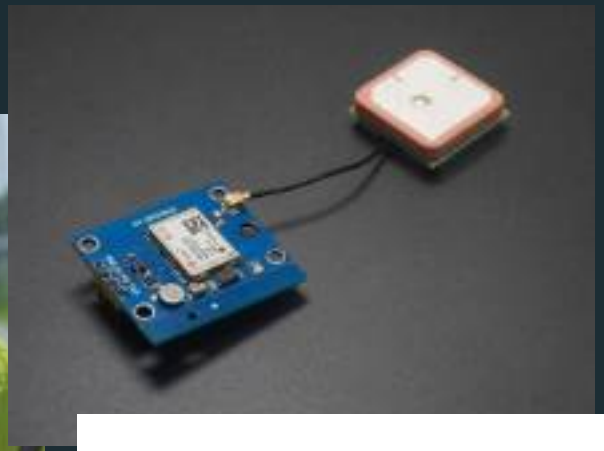


valamilyen komm. csatorna kell: rádió, internet, műholdas kapcsolat, stb...

GNSS vevők













Csillagászati navigáció

Kétféle feladat:

- Gőzöm sincs, hol vagyok…
→ abszolút helymeghatározás
- Kb. tudom, hol vagyok
→ relatív helymeghatározás





Módszerek:
- időmérés
- szögmérés

Eszközei:
- szeksztáns, kronométer
- térkép,körző, vonalzó





Időmérés

Kronométer: nagyon pontos, egyenletesen járó óraszerkezet, GMT-re beállítva, sorszámozott, tanúsítvány



Időállomány (stato, az óra állása):
a GMT és a kronométeridő (Tcr) különbsége

GMT←rádió pontosidő szolgálat, régebben gömbejtés GMT 13:00-kor Greenwichben



Kronométer

Napi járás (md):

Az időállomány napi változása – ha md értéke változik,

→ akkor csak óránk van, nem kronométerünk…

🙂

Kronométernapló: a kronométert sosem állítjuk, csak feljegyezzük a statot és az md-t!

Csak „hites” szakműhely javíthatja, tanúsítvánnyal.



Harrison

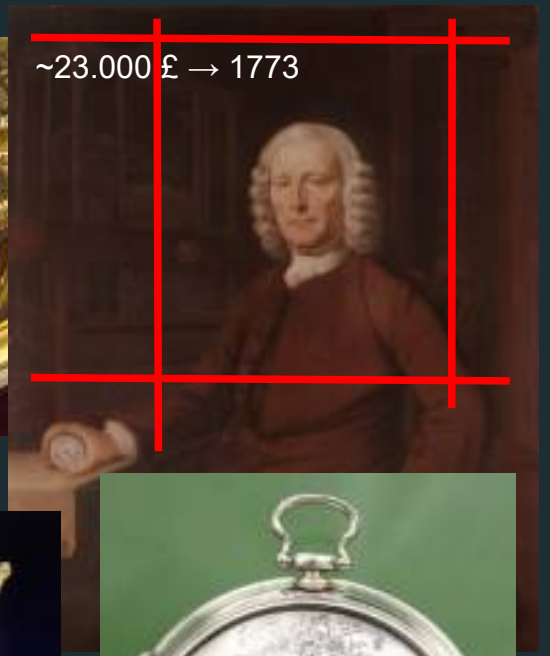
Feltaláló: John Harrison (1693-1776)

1714: Anna királynő pályázata:

1° eltérés: 10.000 £
40’ eltérés: 15.000 £
30’ eltérés: 20.000 £

Sose adták ki...





H1 - 1735
H2 - 1739
H3 - 1759







H4 - 1759
4 hónap: 2 perc





Rupert Thomas **Gould**















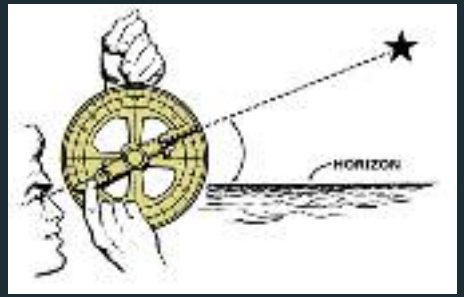






Szögmérés

- asztrolábium
- Jákob-bot
- oktáns
- szeksztáns













Szeksztáns

Feltaláló: John Hadley (1731)
szögtávolság mérése két objektum között
(akár vízszintesen is lehet…)



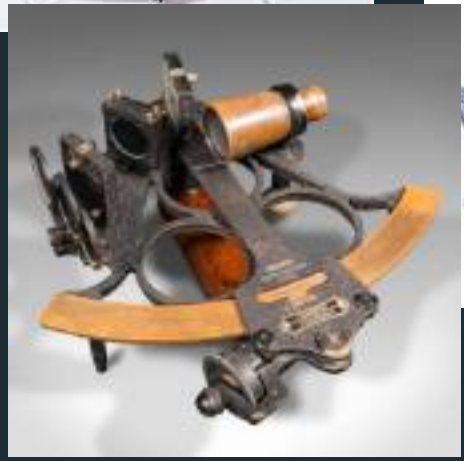
0°-120° között mér
anyaga: fa, réz, elefántcsont, acél, alumínium,
… sőt műanyag is… ☹

A mozgó indextükör segítségével fedésbe hozzuk a két objektumot a látómezőben

Oktáns Nelson idejéből
(nincs még rajta távcső!)



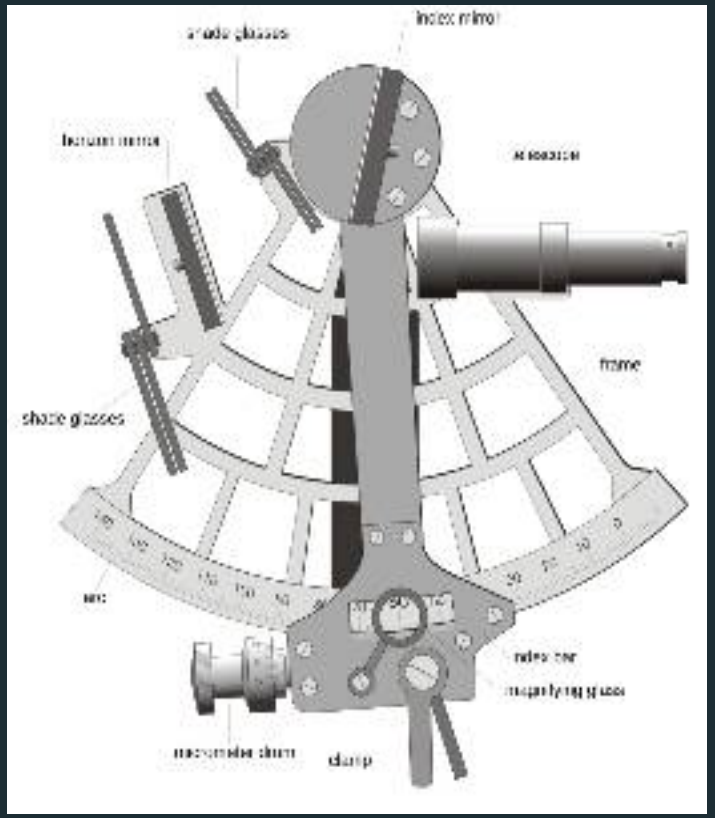






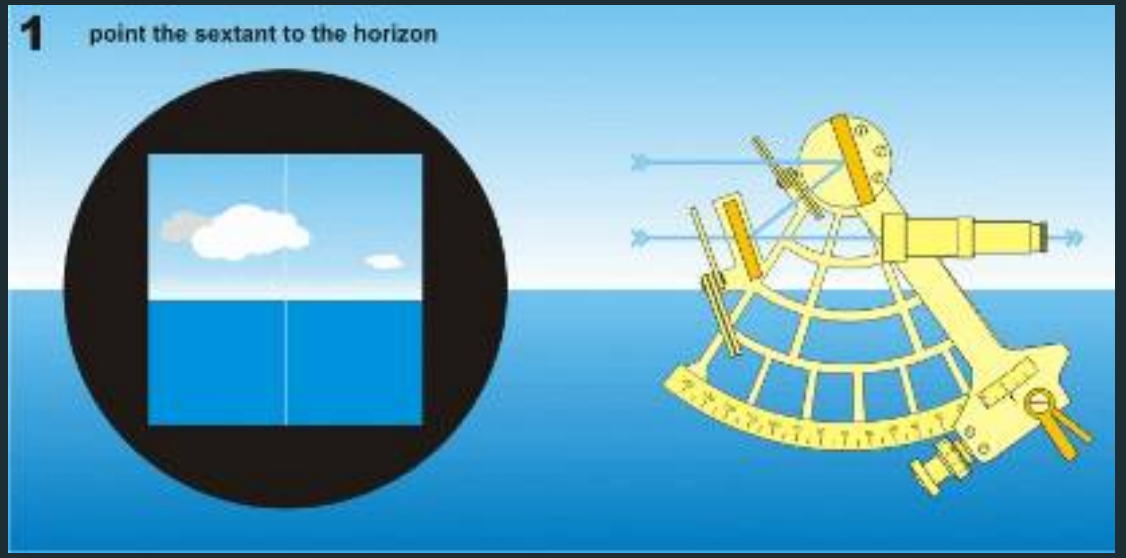
Mark 25
~400-500 $

Szekesztáns működése



1. Megirányozzuk a horizontot.
2. Kioldjuk az indexkar rögzítőjét.
3. a céltárgyat (Nap alsó szélét) lehozzuk a horizont képére (lassan előre mozgatjuk az indexkart).
4. Megkötjük az indexkart, beállítjuk a céltárgy képét (mikrométer)
5. Limbálással ellenőrizzük, hogy tényleg érinti-e a Nap képe a horizontot?
6. Leolvassuk a mért szögértéket.





Helymeghatározás

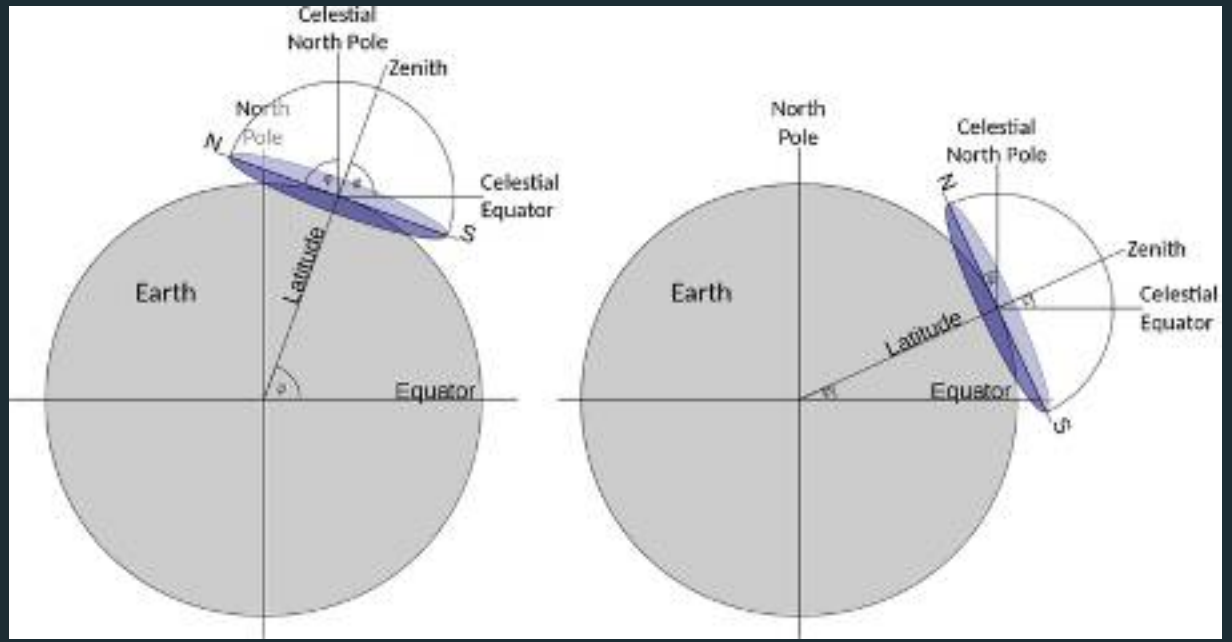
Feladat: a szélesség és a hosszúság (esetleg a magasság) meghatározása

Szélesség (φ) meghatározásának elve:

A pólus magassága megegyezik a földrajzi szélességgel.

(merőleges szárú szögek)

Probléma: a pólus helye nincs megjelölve az éggömbön…



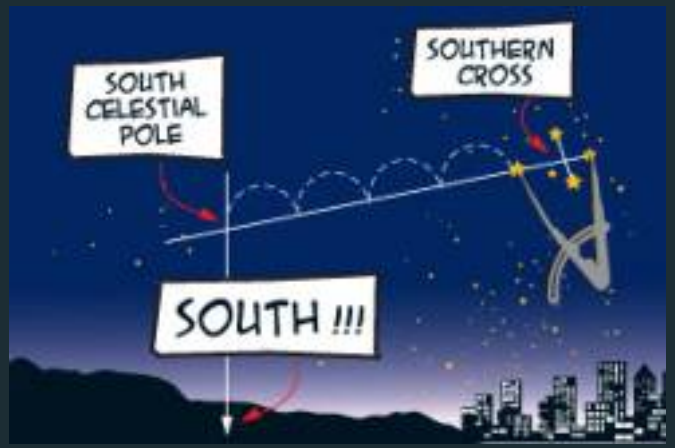
Az égi pólusok

Az égi pólus nincs megjelölve az égen… Sem az északin, sem a délin…

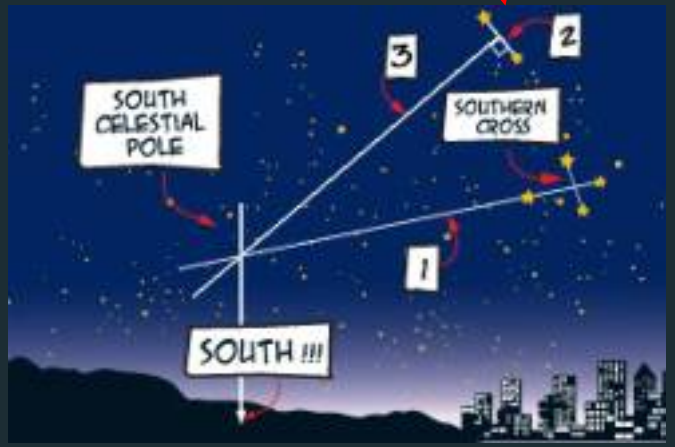
Az északin majdnem:
(~38’)



A délin már nem annyira:
(~27˚)



α és β Centauri „Pointers”



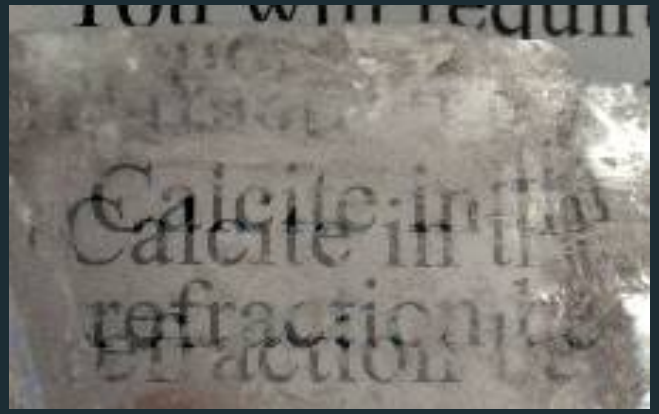


Viking napkő

Kalcit: A $CaCO_3$ (kalcium-karbonát, azaz mészkő) kristályos módosulata

víztiszta, nagykristályos kalcit: izlandi pát

kettőstörés: a kristályon áthaladó fény két sugárra ágazik el - merőleges polarizáció!





A vikingek a Nap irányának meghatározására használták felhős, borús idő esetén:

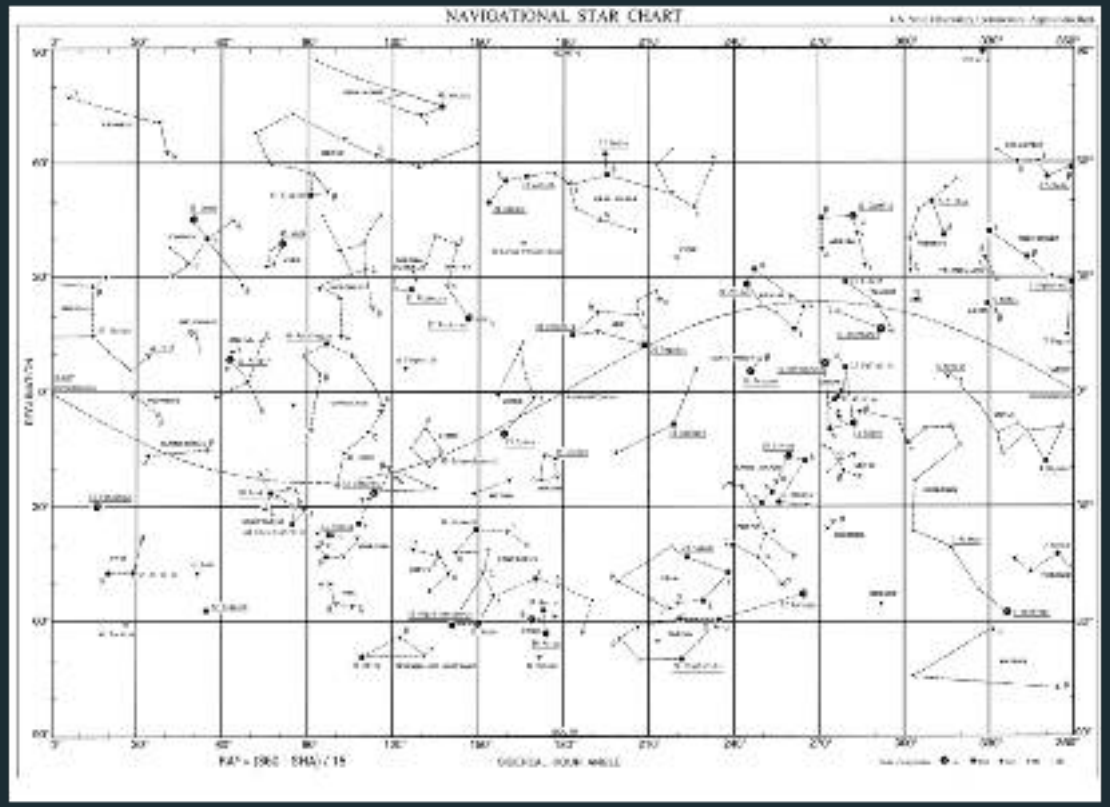
- a kristályon lévő jel két helyen látszik
- ha a Nap irányába fordítjuk, a két jel egyforma erősen látszik (ha nem, akkor különböző a fényerő).

Az égbolt polarizációja szimmentrikus a Napra (a Nap irányában 0).





Navigációs csillagok

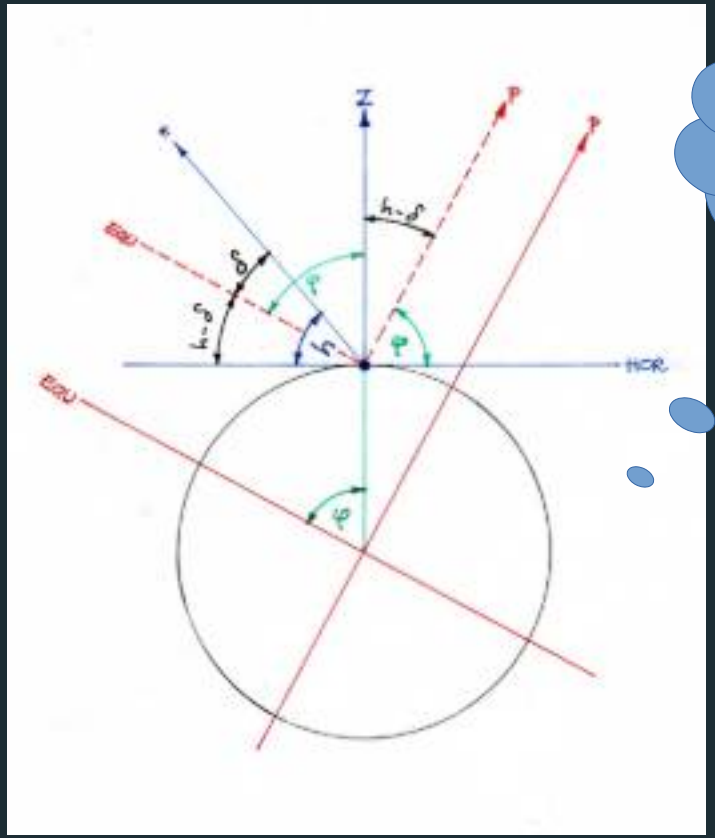


Navigációhoz használt csillagok: fényes, könnyen azonosítható csillagok (57 db)
(tengerészeti évkönyv)

- észlelés: 5-7 csillag
- hajnal: K→NY, alkony: K→NY
- a legjobban kivágó 1-2 észlelést kihagyjuk
- javítások:
  - indexhiba
  - refrakció
  - horizontlehajlás
  - félátmérő (☾ , ⊙)

és még sokan mások…

Szélesség-meghatározás



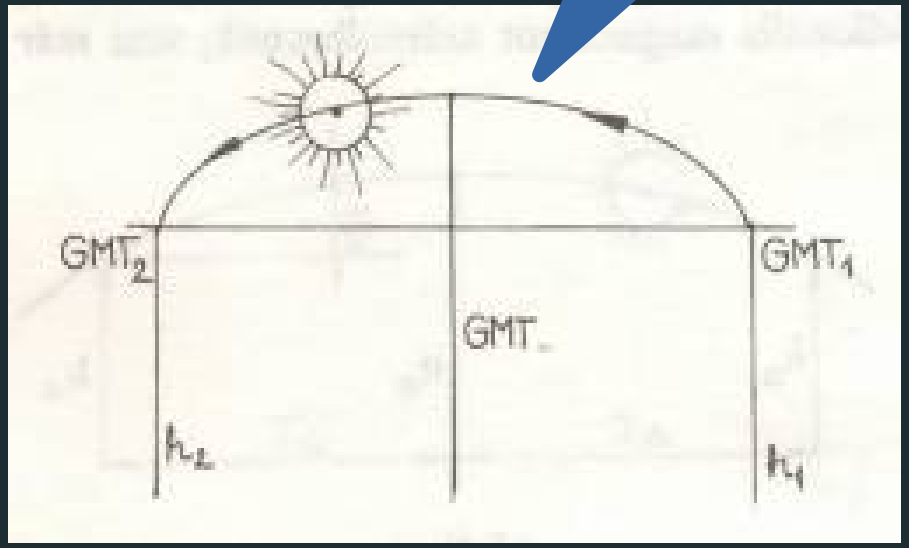
Bocs… Tudom, azt ígértem…

A szélességmeghatározás elve: ismert deklinációjú égitest meridián-átmenetekor (alsó vagy felső kulmináció) a magasság mérése & deklináció→ pólusmagasság = **szélesség**



Égitestek mérése

Mi a szokatlan a képen?



Fix műszernél (pl. teodolit) nincs gond:
beállítjuk a meridián irányába
A szekesztánst nem lehet beállítani →
- kivesszük az almanachból az égitest várható delelésének időpontját
- átszámítjuk a helyi időnkre
- 5-10 perccel a delelés előtt mérjük a magasságot (h1) és az időt (GMT1)
- észleljük a legnagyobb magasságot (h)
- beállítjuk az először észlelt magasságot (h2=h1)
- ezen magasság elérésekor feljegyezzük a kronométeridőt (GMT2)
- számítjuk a meridiánátmenet idejét (GMT: GMT1 és GMT2 átlaga)

A hosszúság-probléma

Évszázadokig a navigáció megoldatlan problémája volt. (Az időmérés megoldatlan volta miatt.)

Mit tehetünk? → szélesség-lehajózás módszere ← nyögvenyelős…

Nevezetes csill. események (fogyatkozások, fedések, stb.)

→ nincsenek mindig

szárazföldi helymeghatározásra (pl. városok) használták

Galilei: Jupiter-holdak megfigyelése

hátránya: távcső kell hozzá, körülményes

→ nem alkalmazták hajón



Kezdték megsejteni, hogy a fénynek van véges sebessége…

(Jupiter-holdak eltérései, közel-távol között kb. 21’ eltérés!)

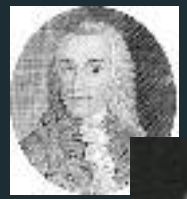


Gallei-féle „celatone”

Holdtávolság-módszer

Nem kell hozzá időt mérni!

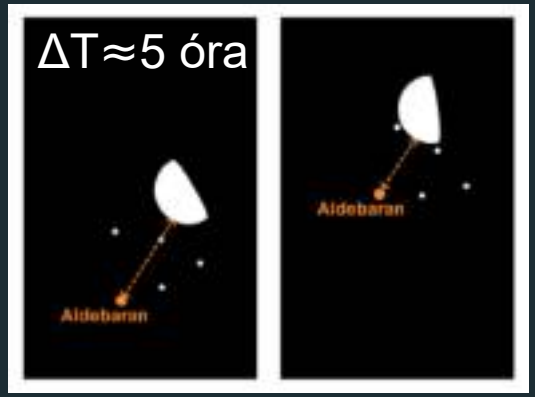
Tobias Mayer 1752 Hold-táblázatok,
Nevil Mascelyne 1763 (→~1850)
A Hold viszonylag gyorsan mozog
Hátrány: a Hold nem mindig figyelhető meg
A kronométer kiszorította, csak ell.-re,
tartalékmódszerként használták.

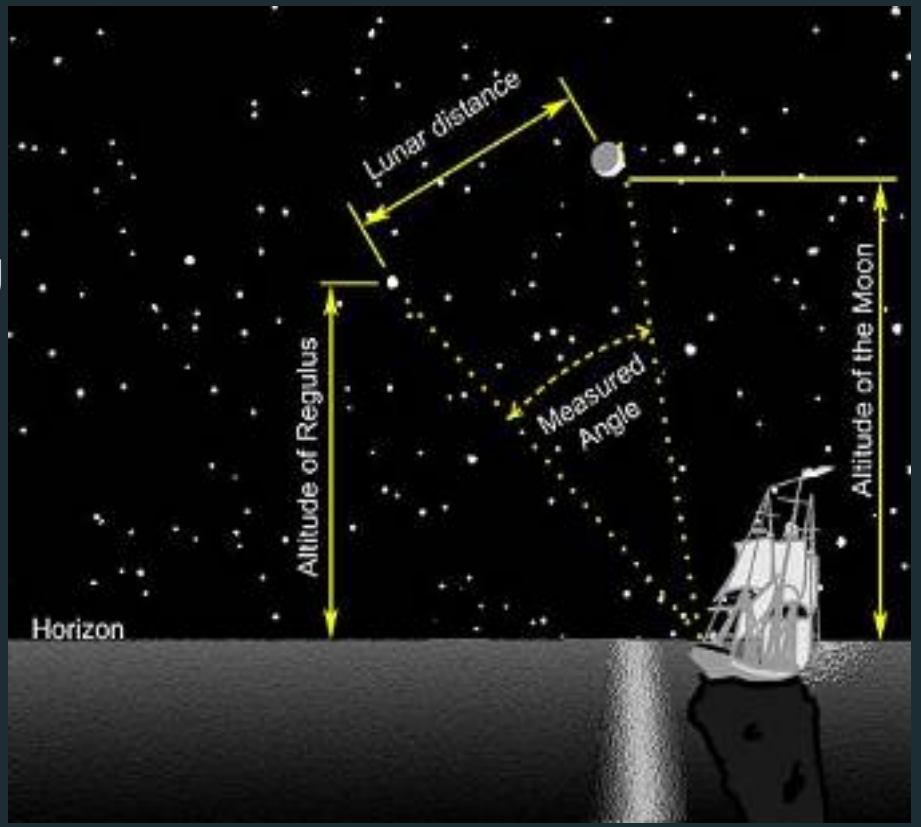


Mayer



Mascelyne





Középnap

Valódi szoláris nap: a valódi Nap két felső kulminációja (delelése) között eltelt idő

Ez nem múlik egyenletesen, mert

- a Földpálya ellipszis (Kepler I.)

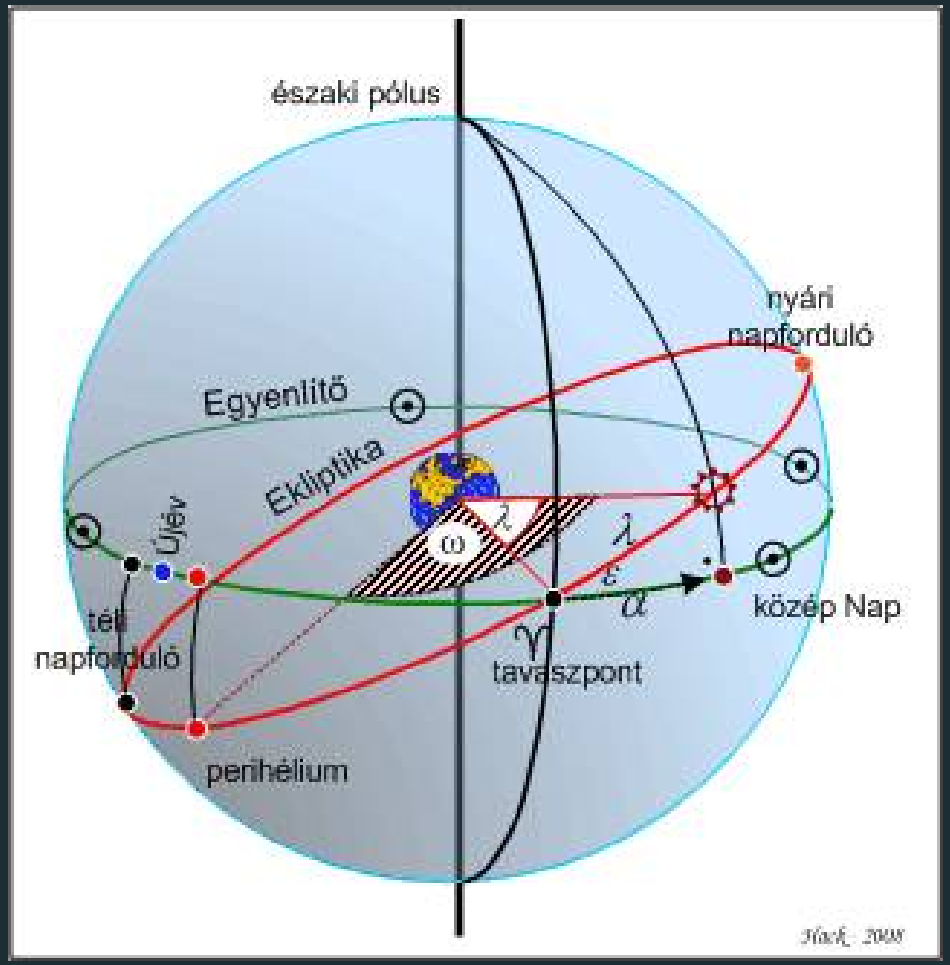
- a Föld pályamenti sebessége nem egyenletes (Kepler II.)

→ Fiktív Ekliptikai Középnap: egyenletesen halad az ekliptikán, a valódi Nappal a perihéiumpontban találkozik

Ennek vetülete nem halad egyenletesen az égi egyenlítőn (teng. ferd. 23,5°)

→ Fiktív Egyenlítői Középnap: egyenletesen halad az égi egyenlítőn, a Fiktív Ekliptikai Középnappal a tavaszpontban találkozik.

(röviden „Középnap”)



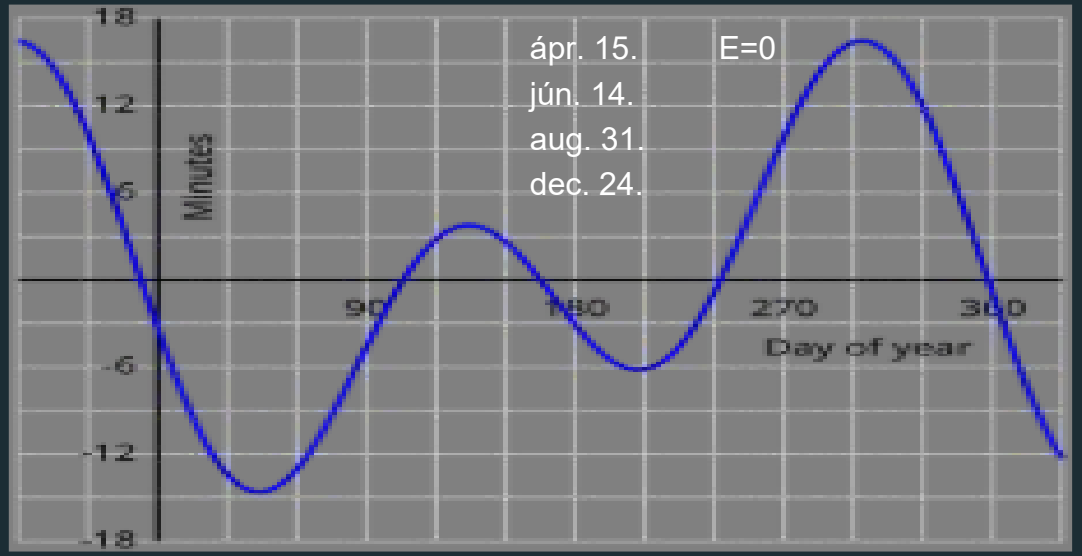
Középidő, időegyenlet

Középnap: a Fiktív Egyenlítői Középnap két delelése között eltelt idő: 24 h
(csillagidőben mérve egyenletesen múlik!)

Helyi középidő: a Fiktív Egyenlítő Középnap felső kulminációja óta eltelt idő + 12^h
(LMT – Local Mean Time)

Greenwich-i helyi idő (LMT) =
Greenwich Mean Time (GMT)

Időegyenlet: a valódi szoláris idő
(ezt mutatja a napóra)
és a középidő (ezt látjuk az órán)
különbsége (E)



Hosszúság-meghatározás

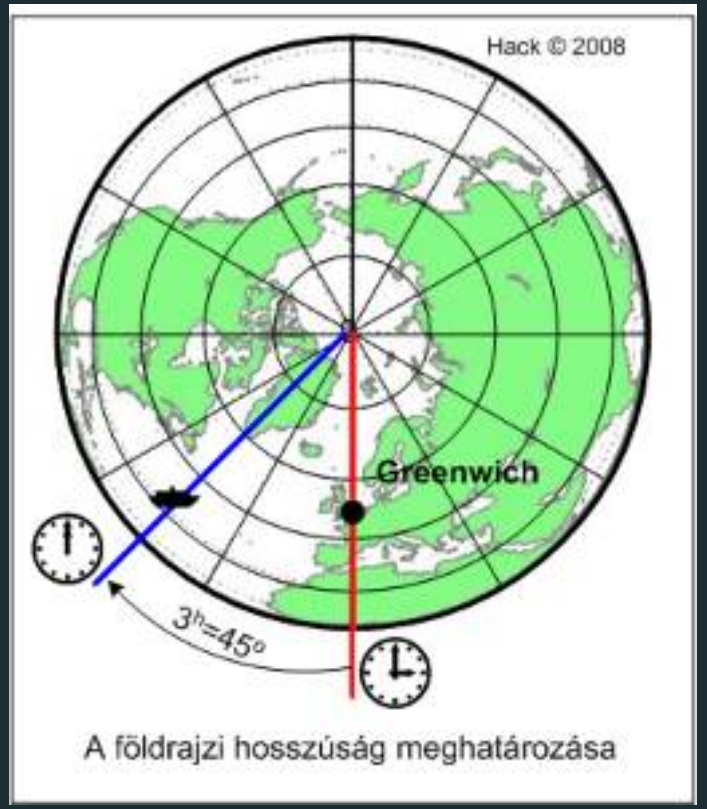
Hosszúság-meghatározás alapelve: az ismert és az ismeretlen helyzetű pont helyi középidejeinek (LMT) különbsége alapján kiszámíthatjuk a hosszúság-különbséget

A középnap 24 óra, a Föld ezalatt körbefordul, ami 360°.

→ 1 óra időeltérés 15° hosszúságkülönbséget jelent

Ha tudjuk, hogy az égitest az ismert pontban (Greenwich) mikor delel, és megmérjük, hogy a mi helyzetünkben mikor delel, a két időpont különbsége átváltható hosszúságkülönbségre.

Ehhez pontos időmérés kell → a kronométerek megjelenéséig nem volt alkalmazható…



A földrajzi hosszúság meghatározása

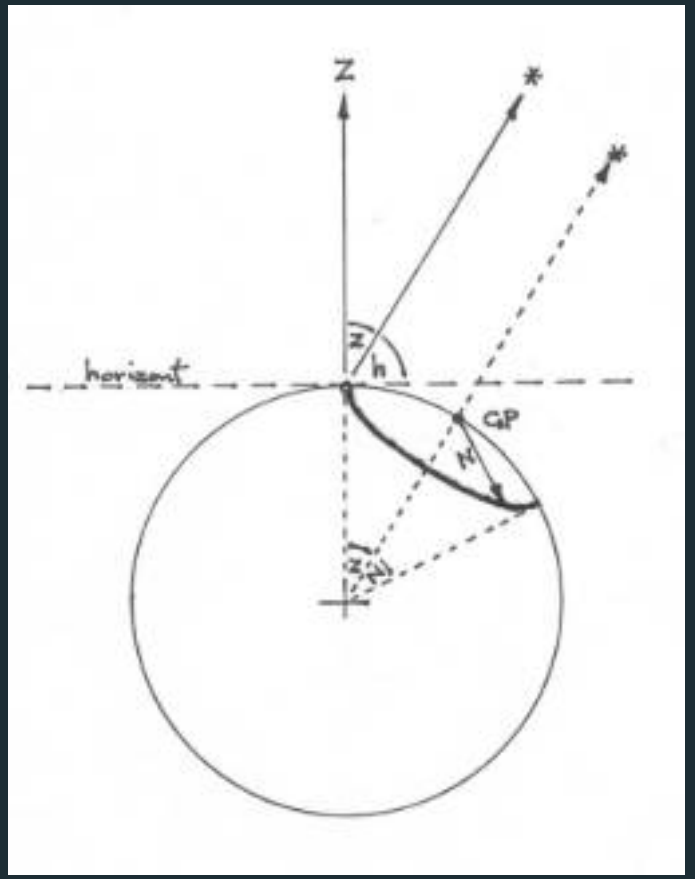
Helyzetkörök

Relatív helymeghatározás: van egy becsült helyünk (P_{st}), ehhez képest eltérést számítunk és javítjuk a helyzetünket.

Égitest talpponja (GP): az égitestet és a Föld középpontját összekötő szakasz döféspontja a Föld felszínén → itt h=90°!

Helyzetkör: egy olyan körön vagyunk, amely-ről nézve az égitest h magassági szög alatt látszik, a kör sugara megegyezik a zenitszöggel (z).

(a helyzetkör sugara: z° x 60 nm)

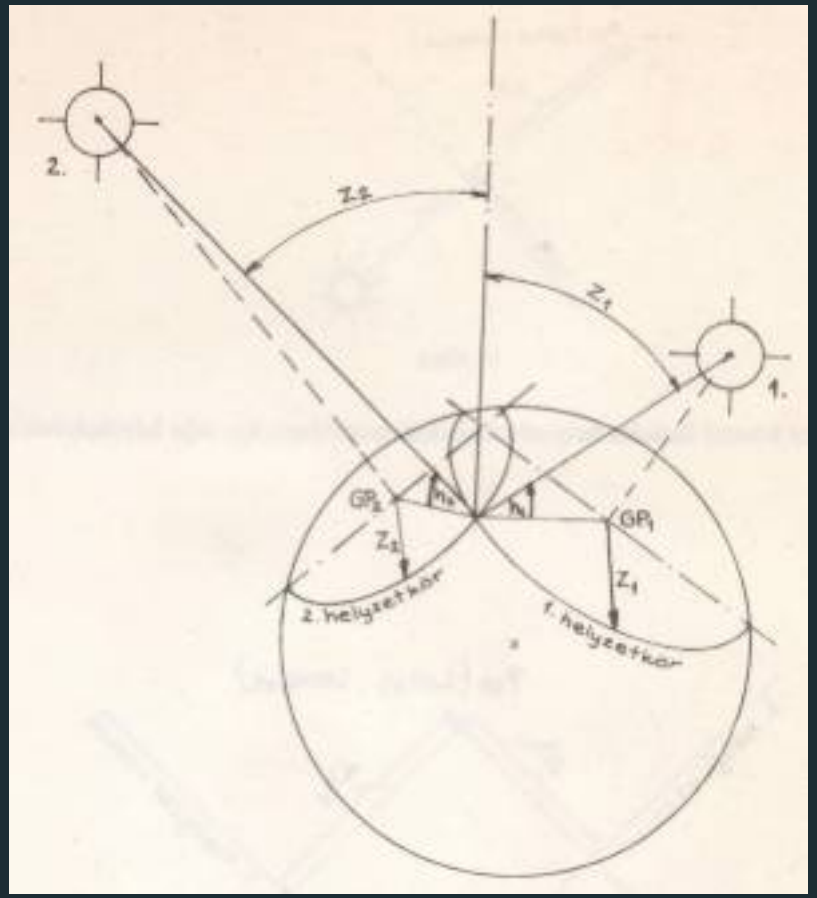


Helyzetkörök

Két (vagy több) helyzetkör metszéspontja megadja a helyzetünket.

A helyzetkör általában túl nagy ahhoz, hogy felszerkeszthessük a térképre…

A helyzetkört rövid darabon (kb. 30 nm) helyettesíthetjük az égitest irányába mutató egyenesre (azimut) állított merőleges egyenessel → helyzetvonal



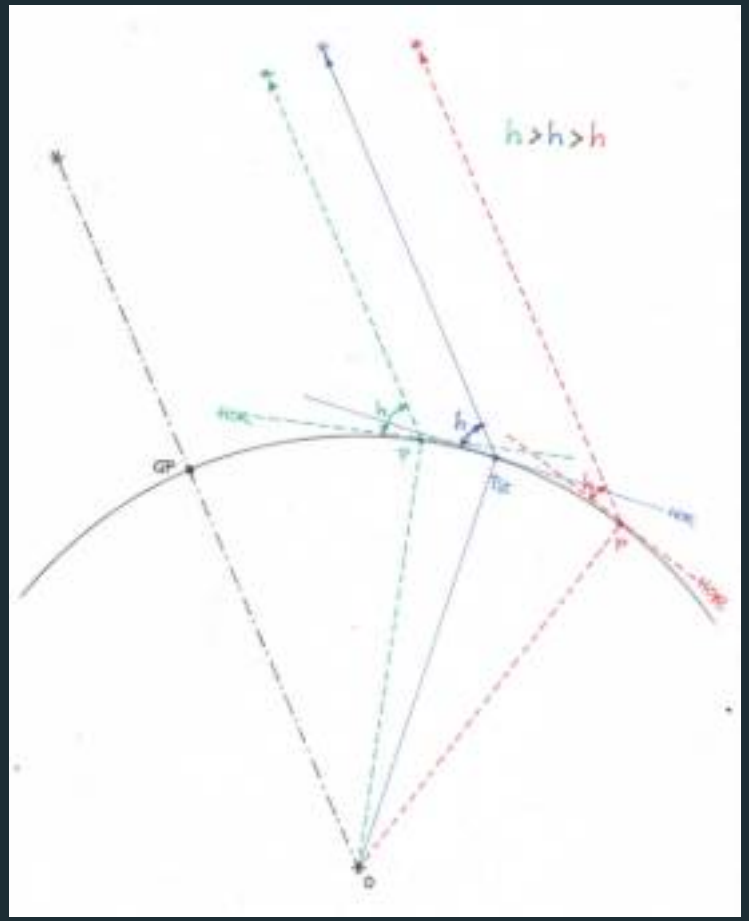
Helyzetvonalak

- megmérjük a magasságot (→ zenitszög)
- almanachból kivesszük az égitest magasságát és azimutját (a mérés időpontjára)

Egyszerű geometriai szemlélettel belátható:

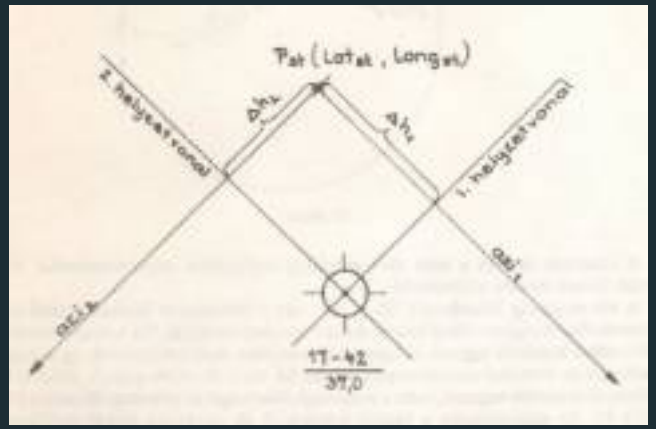
- ha a mért magasság nagyobb (mint a táblázatban):
→ közelebb vagyunk a GP-hoz
- ha a mért magasság kisebb (mint a táblázatban):
távolabb vagyunk a GP-tól
(1’ = 1 nm)

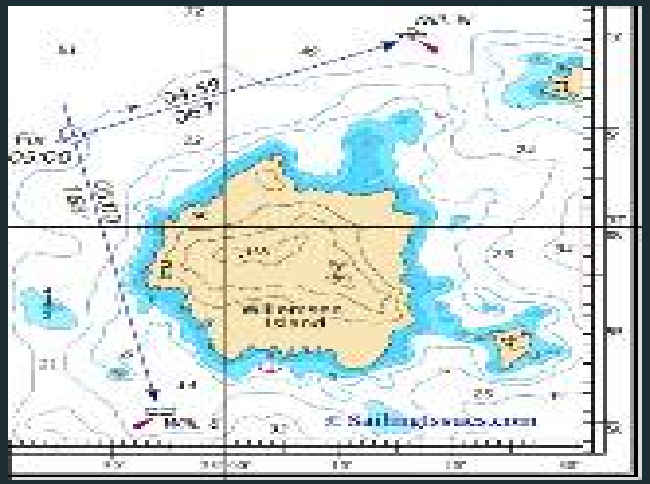
EZ A MÓDSZER ALAPELVE!



Helyzetvonalak

- megmérjük a magasságot → zenitszög
- almanachból kivesszük az égitest magasságát és azimutját (a mérés időpontjára)
- a becsült helyzetpontból (P_{st}) egyenest húzunk az égitest azimutjának irányába (azi)
- a becsült helytől a mért és az adott magasságok különbségével eltolva (Δh) merőlegest állítunk az azimutvonalra → ezen a vonalon vagyunk (helyzetvonal)
- másik mérésből újabb helyzetvonalat szerkesztünk
- a két (vagy több) helyzetvonal metszése adja a valódi helyzetet (fix)

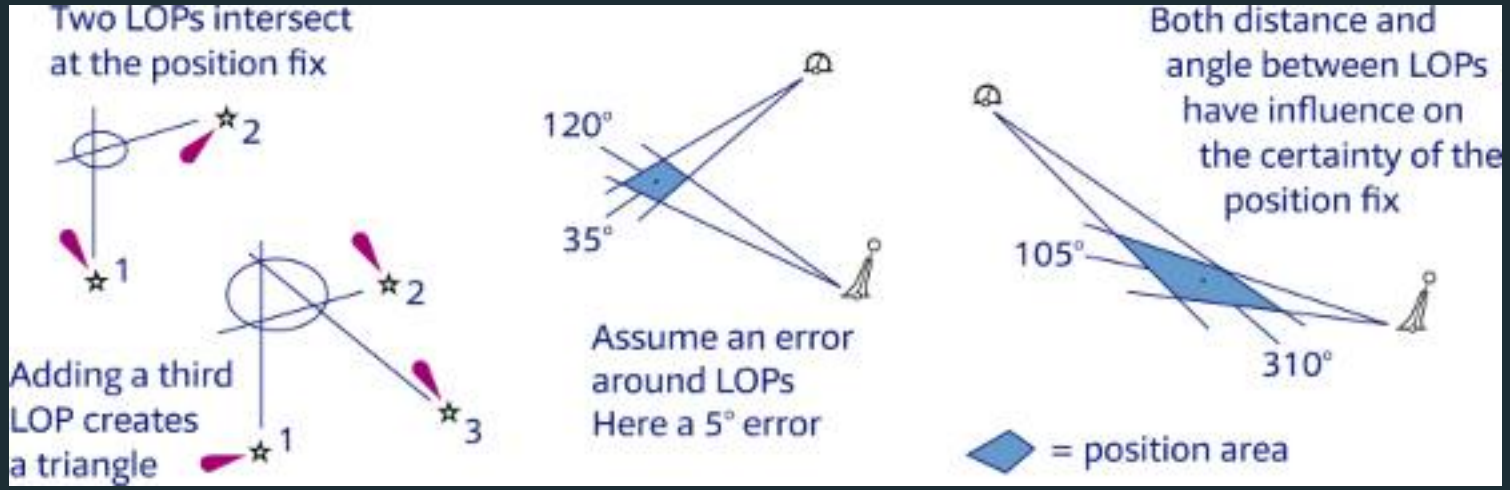




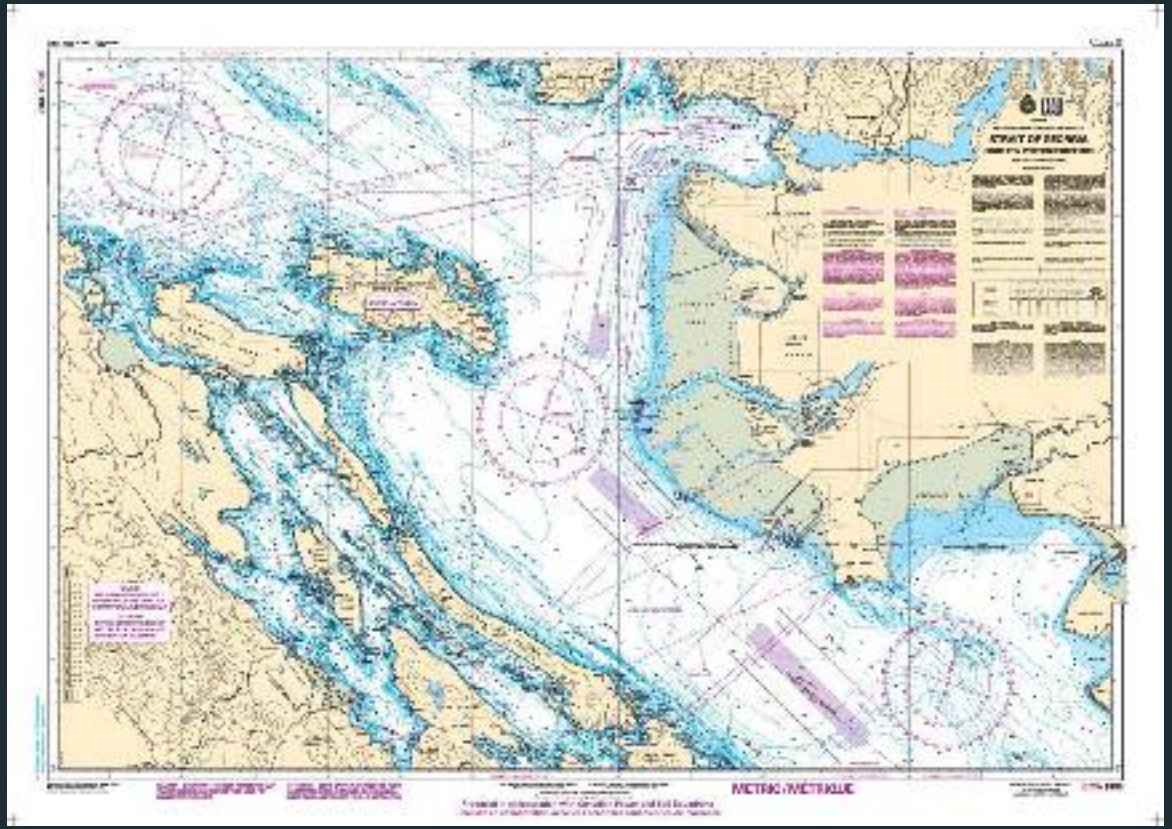
Több helyzetvonal

- több helyzetvonal sohasem metszi egymást egyetlen pontban…
- a hajó helyzetét (FIX) a nyílt vízen a helyzetvonalak által alkotott sokszög (háromszög) súlypontjába vesszük fel

! De partközelben vagy veszélyes hely közelében a legkedvezőtlenebb helyzetet kell feltételezni!



Tengerészeti térkép





- fokhálózat, szélrózsa
- lépték, partvonalak
- tereptárgyak
- mélységadatok
- mélységvonalak
- áramlatok
- árapály adatok
- figyelmeztetések
- megjegyzések
- stb...

Összefoglalás

- krumplioid → geoid → ellipszoid → gömb
- Mercator-vetület
- ortodróma, loxodróma
- 3-féle észak
- műholdas nav.: távolságmérés
- kódmérés, fázismérés
- kronométer: John Harrison, Thomas Gould
- szekesztáns
- szélesség: égitestek magassága (pólusmag.)
- hosszúság: időmérés
- helyzetvonalak



Köszönöm a figyelmet!



Végre! Vége…

!⁂↩☹↯◴◸☣☹⚛⚡!!!…

(felugrálva, hosszan tartó, ütemes tapsvihar…)