

Debreceni Egyetem

Műszaki kar

Építőmérnöki tanszék

2. előadás

Föld alakja, koordinátarendszerek.

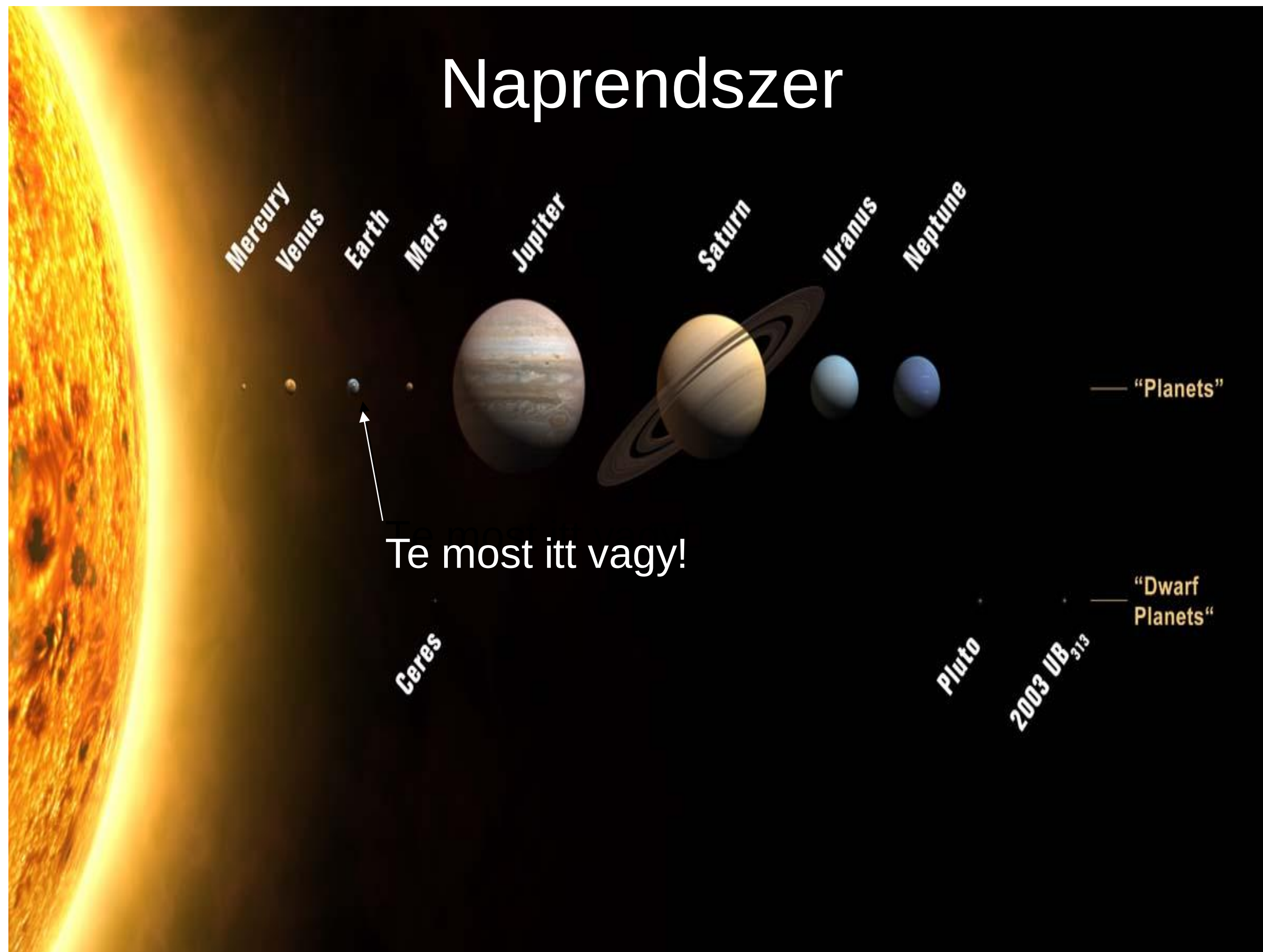
2011/12 tanév, 1. félév

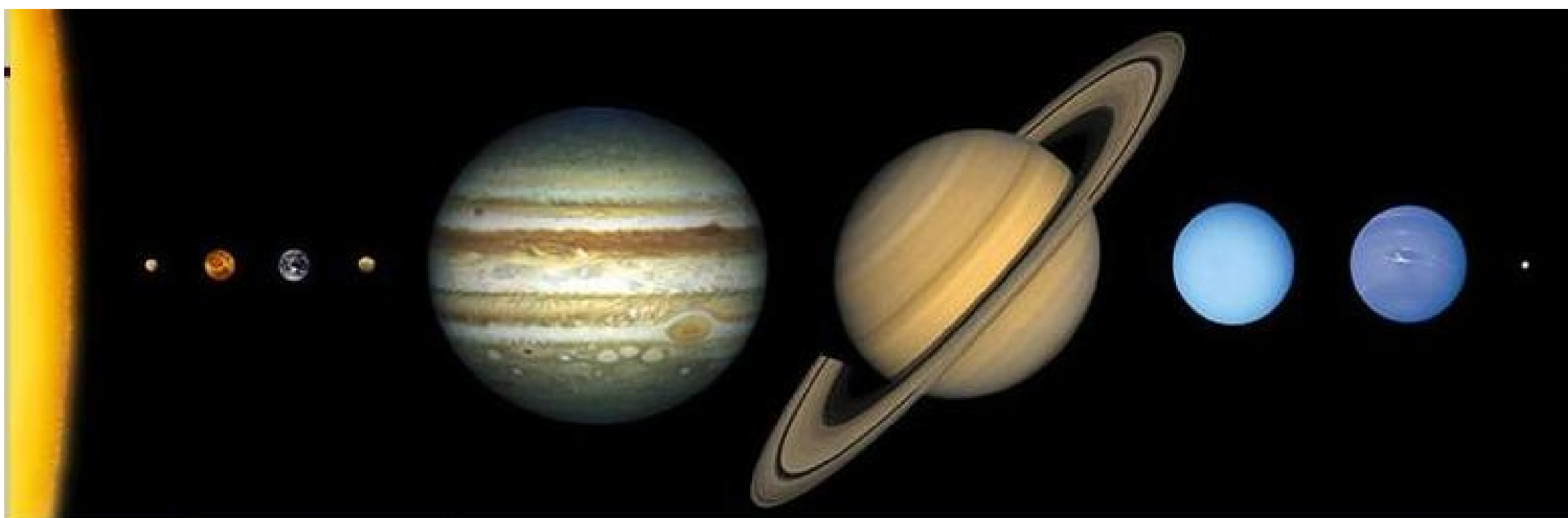
Varga Zsolt

Készült: Krauter A.: Geodézia és Dr. Mélykúti G.: Térképtan

c. jegyzetek valamint a http://egyetemi.hu/fajlok/foldrajz/BEKG_6_A_Fold_keringese_a_Nap_korul.pdf c. oldal felhasználásával.

Naprendszer





Bolygó	<u>Egyenlítői</u> <u>átmérő</u>	<u>Tömeg</u>	<u>Pályasugár</u> (átlagos, <u>CsE</u>)	<u>Keringési idő</u> (<u>év</u>)	<u>Tengelyforgási idő</u> (<u>nap</u>)
<u>Nap</u>	109	332 950	0	0	25-35
<u>Merkúr</u>	0,382	0,06	0,38	0,241	58,6
<u>Vénusz</u>	0,949	0,82	0,72	0,615	-243 ¹
<u>Föld</u>	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
<u>Mars</u>	0,53	0,11	1,52	1,88	1,03
<u>Jupiter</u>	11,2	318	5,20	11,86	0,414
<u>Szaturnusz</u>	9,41	95	9,54	29,46	0,426
<u>Uránusz</u>	3,98	14,6	19,22	84,01	0,718
<u>Neptunusz</u>	3,81	17,2	30,06	164,79	0,671

A Föld forgása

➤ *forgástengely körül*

Forgási idő: 24 óra

Következménye:

éjszakák és nappalok
váltakozása

napi időszámítás



helyi idő - zóna idő

- Helyi idő:

→ a Föld forgásához (hosszúsági körök mentén) mért idő

$1 \text{ nap} = 360^\circ \quad \rightarrow \quad 1 \text{ óra} = 15^\circ \quad \rightarrow \quad 1^\circ = 4 \text{ perc eltérés}$

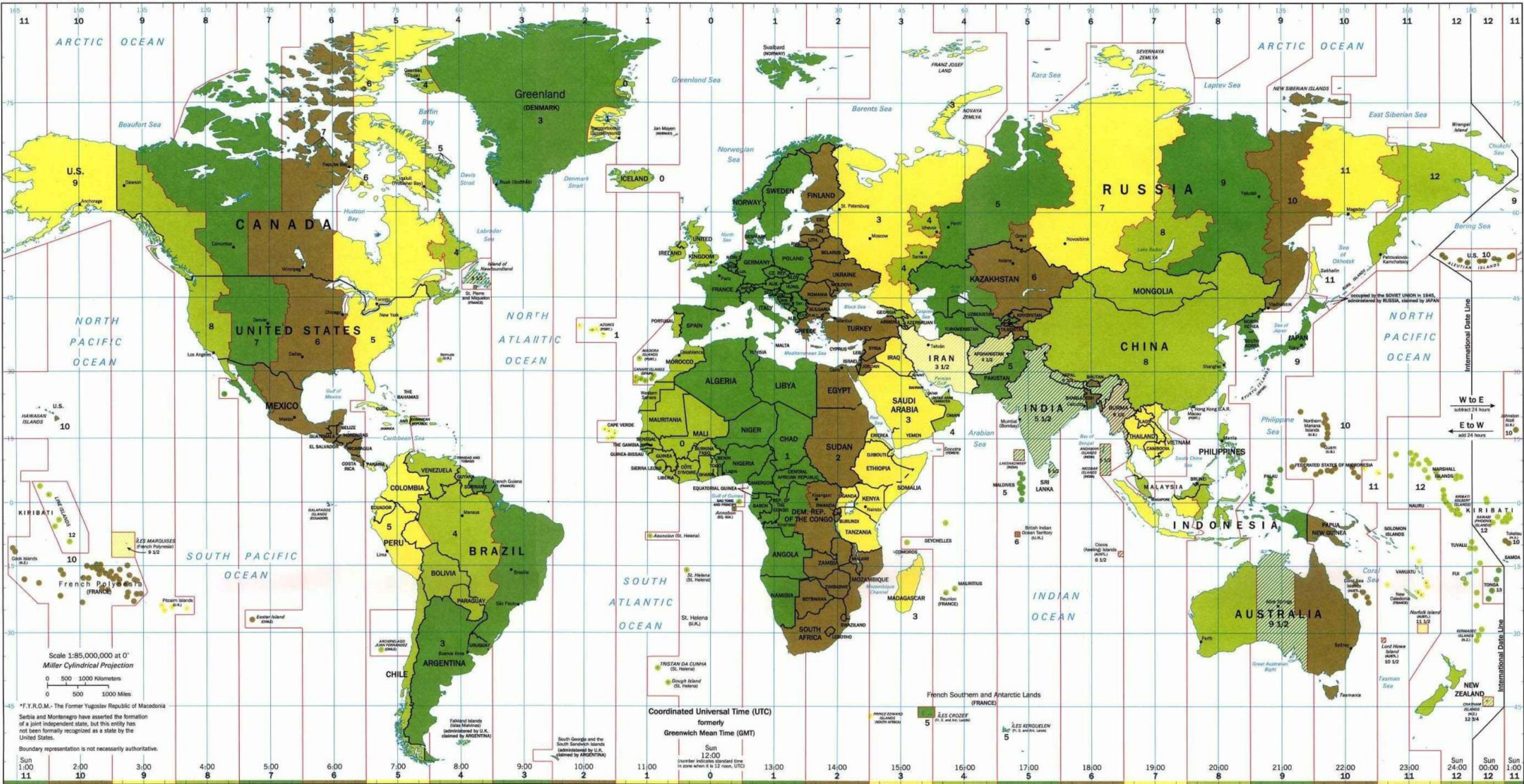
- Zónaidő:

→ a Földet 24 zónára osztották be, és egy zónán belül azonos időt mérnek

* *Dátumválasztó vonal:* K → Ny-ra haladva egy nappal előre
Ny → K-re haladva egy nappal vissza

Zónaidő

Standard Time Zones of the World



802597 (R02183) 6-98

A Föld keringése

- Nap körül ellipszis alakú pályán
- Keringési idő: Pontos keringési idő: **365 nap 5 óra 48 perc 46 másodperc** → **négyévente 1 szökőnap** (február $28+1=29$) → további töredékidő miatti pontosítás: a 100-zal osztható évek nem lesznek szökőévek, de a 400-zal oszthatók viszont szökőévek lesznek → **3000 évente eredményez 1 napnyi eltérést.**

Következménye:

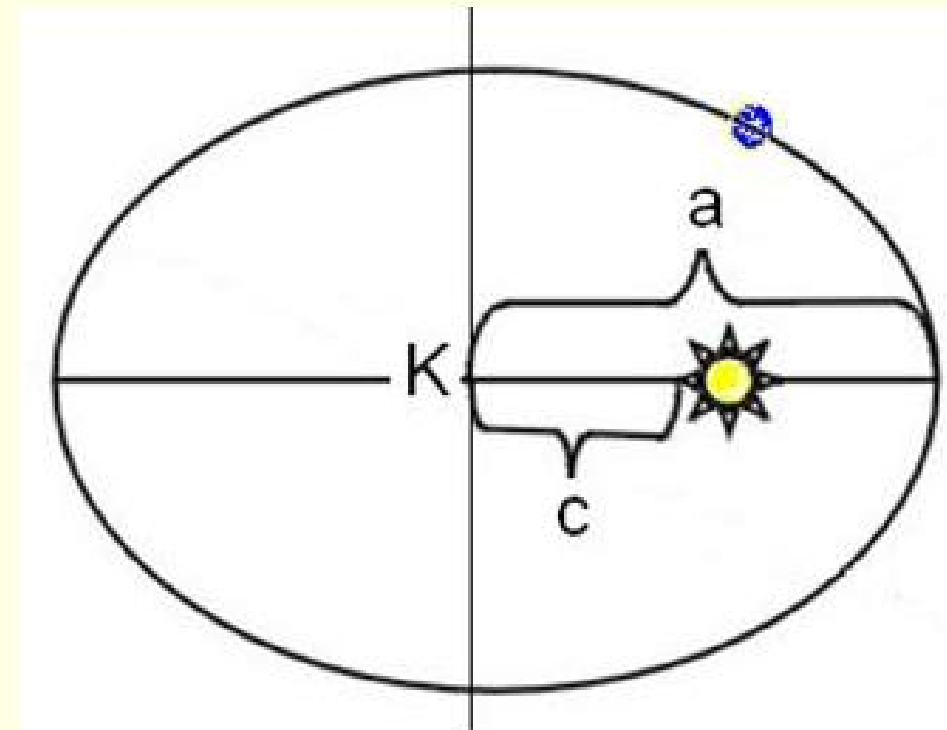
- év, évszakok váltakozása
- évi időszámítás

A Föld Nap körüli keringése

A pályaellipszist az excentricitással (e) jellemzik, ami a középpont (K) és a gyújtópont közti távolság (c), valamint a fél nagytengely hosszának (a) hányadosa:

$$e=c/a.$$

A földpálya excentricitásának értéke: 0,0176. (A 0 excentricitás szabályos körpályát jelent, tehát a Föld pályája csak minimálisan tér el a körtől.)



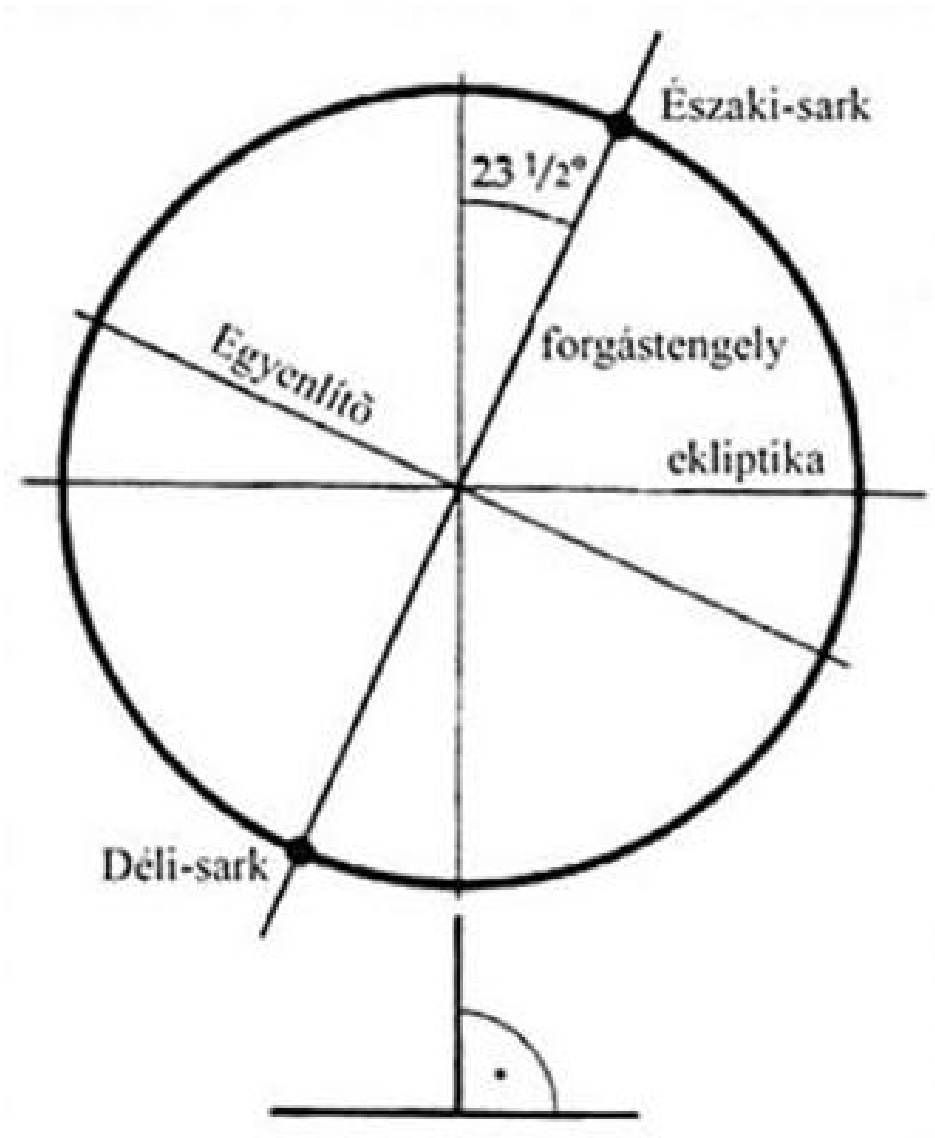
Nap Föld távolság

Az ellipszis pálya miatt a Nap - Föld távolság az év során kb. 5 millió km-t ingadozik (149,600,000 km-hez képest). A földpálya Nap közeli pontja a perihélium, (XII. 22-én), a Naptól legtávolabbi pont az afélium (VI. 22-én).

A Nap - Föld távolság perihéliumban 147,1 millió km, aféliumban 152,1 millió km, a közepes Naptávolság kb. 150 millió km, ez a csillagászati egység (CsE).

A Föld a Naphoz közelebb gyorsabban, a Naptól távolabb lassabban halad a pályáján. (Kepler 2. törvénye)

Ekliptika és a forgástengely



Föld kering a Nap körül – télen napközelben, nyáron naptávolban.

A Nap látszólagos évi pályája az égen az ekliptika. Ennek a síkja nem esik egybe a földi Egyenlítő síkjával, hanem **$23,5^\circ$ -os szöget zár be vele**. Ez nem más mint az ekliptika ferdesége.

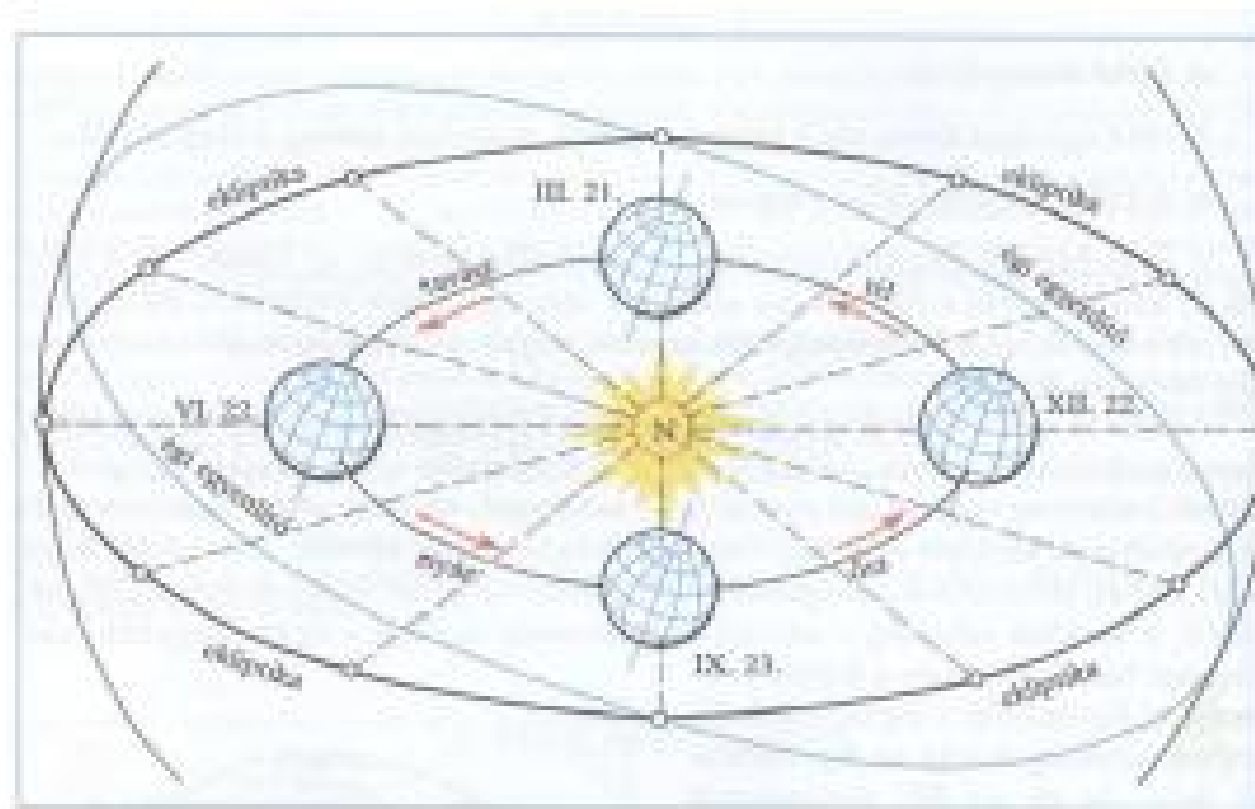
A Föld tengelye az **ekliptika síkjával $66,5^\circ$ -os szöget zár be**.

A földtengely ferdesége a keringés során nem változik, mindig **a Sarkcsillag felé mutat**.

Tengelyferdeség

Tengelyferdeség → napsugarak beesési szöge változik a keringés során → felmelegedésbeli különbség → évszakok váltakozása.

A Nap látszólagos mozgása során a sugarai az Egyenlítő és a térítők között érik el a Föld felszínét 90° -os szögben.



Napéjegyenlőség-napforduló

Napéjegyenlőség: március 21 (*tavaszi napéjegyenlőség*) és szeptember 23. (*ősz*i napéjegyenlőség) Ekkor a napsugarak 90° -os szögben érik az Egyenlítőt, s ezért az északi és déli félgömb megvilágítottságának mértéke egyenlő. Ilyenkor a nappalok és éjszakák hossza az egész Földön egyforma.

Napforduló: Az az időpont amikor (látszólagos) éves égi útján a Nap északi-déli mozgása valamilyen irányba megváltozik.
Június 22. (*nyári napforduló*), **december 22.** (*téli napforduló*) a Nap legmagasabban északi, illetve déli pozíciója a Ráktérítőn, illetve a Baktérítőn.

Csillagászati dátumok

Március 21. → *tavaszi napéjegyenlőség* → **a csillagászati tavasz kezdete az északi, az ős kezdete a déli félgömbön** → a napsugarak 90°-os szögben érik az Egyenlítőt.

Június 22. → *nyári napforduló* → **a csillagászati nyár kezdete az északi, a tél kezdete a déli félgömbön** → a napsugarak 90°-os szögben érik a Ráktérítőt. (a leghosszabb nappal az északi, a legrövidebb nappal a déli félgömbön)

Szeptember 23. → *ősz napéjegyenlőség*, **a csillagászati ős kezdete az északi, az tavasz kezdete a déli félgömbön** → a napsugarak 90°-os szögben érik az Egyenlítőt.

December 22. → *téli napforduló*, **a csillagászati tél kezdete az északi, a nyári kezdete a déli félgömbön** → a napsugarak 90°-os szögben érik a Baktérítőt. (a legrövidebb nappal az északi, a leghosszabb nappal a déli félgömbön)

A geodézia feladata

A földméréstan vagy geodézia

- a Föld alakjának és méreteinek meghatározásával,
- a Föld fizikai felszínén, illetve a földfelszín alatt lévő természetes és mesterséges alakzatok méreteinek, helyének meghatározásával, illetve ábrázolásával foglalkozó tudomány.
- *Típusai:*
 - felsőgeodézia,
 - alsógeodézia.

A geodézia ágai

- A felsőgeodézia vagy elméleti geodézia a Föld alakjának és méretének meghatározásával foglalkozik, továbbá nagy kiterjedésű területek, országok, kontinensek egységes felmérésének alapja.
- Az alsógeodézia vagy általános geodézia tárgyalja a kisebb kiterjedésű területek felmérését és térképezését, valamint a méréshez és a térképezéshez szükséges műszereket, segédeszközöket és mérési eljárásokat, a számítási módszereket és a számítások segédeszközeit.

A Föld alakja

A Föld alakját alapvetően két fizikai erő határozza meg:

1. A gravitációs erő, amely a Föld tömegvonzásából ered.
2. A centrifugális erő, amely a Föld forgásából ered.
3. Eredőjük a nehézségi erő.

Ezek hatására elméletileg forgási ellipszoid jön létre.

Föld alak elképzelések

- Az ókori emberek nagy része csak azt a vidéket, néhány települést ismerte, ahol az egész életét leélte. Az ezen kívüli világról legfeljebb a kereskedők, vagy más utazók elbeszéléseiből tudhattak.
- A tudósokat azonban mindig foglalkoztatta a Föld. A különböző korszakokban és országokban más-más elképzelések alakultak ki a Föld tulajdonságait illetően.
- Voltak, akik lapos korongnak képzelték el, voltak, akik félgömbnek, melynek lapos a felszíne. Akadt olyan tudós, aki meg volt győződve róla, hogy a Föld henger alakú. Viszont már az ókorban is néhány tudós felismerte, hogy a Föld valódi alakja a gömb.

Föld-alak elképzelések

Tudományos elképzelések:

Gömb: az első tudományosan elfogadható hipotézis

Pithagorasz (i.e. 580-500 ~ i.e. 6. század):

- 1.) Hold megvilágított felülete mindig köríves tehát gömb alakú a Föld is.
- 2.) Föld tökéletes mértani test azaz gömb alakú.

Arisztotelész (i.e. 384-322 ~ i.e. 4. század):

- 1.) Holdfogyatkozáskor a Föld árnyéka mindig köríves .
- 2.) É-D-i földfelszíni elmozdulás esetén az égitestek delelési szöge arányosan változik a megtett úttal.
- 3.) K-Ny-i földfelszíni elmozdulás esetén az égitestek delelési szöge arányosan változik a megtett úttal.

Föld alak meghatározására végzett első mérések

- A Föld felszínének görbültségét csak méréssel lehet megállapítani. Eratoszthenész végezte el az első méréseket és számításokat.
- **A nyári napforduló idején** (június 22.) észrevette, hogy a Nílus mentén lévő **kutakba** (Syene mai Asszuán) **a napsugarak árnyék nélkül hatolnak be**.
A kutak fala függőleges ezért, a jelenség csak akkor fordulhat elő, ha a Nap az ég tetőpontjában van, azaz a zenitben.
- Eratoszthenész tudta, hogy a Föld gömbölyű és feltételezte, hogy a Nílus É felé folyik egy meridián mentén.
- Ezért a következő év ugyanazon napján egy másik Nílus menti városba (Alexandria) gnómonnal megmérte, hogy a Nap milyen messze delel a zenittől, ami a két hely szélesség különbségét adta.
- Megmérte az ívhosszat és a középponti szög ismeretében számította a föld sugarát.

Eratoszthenész számítása

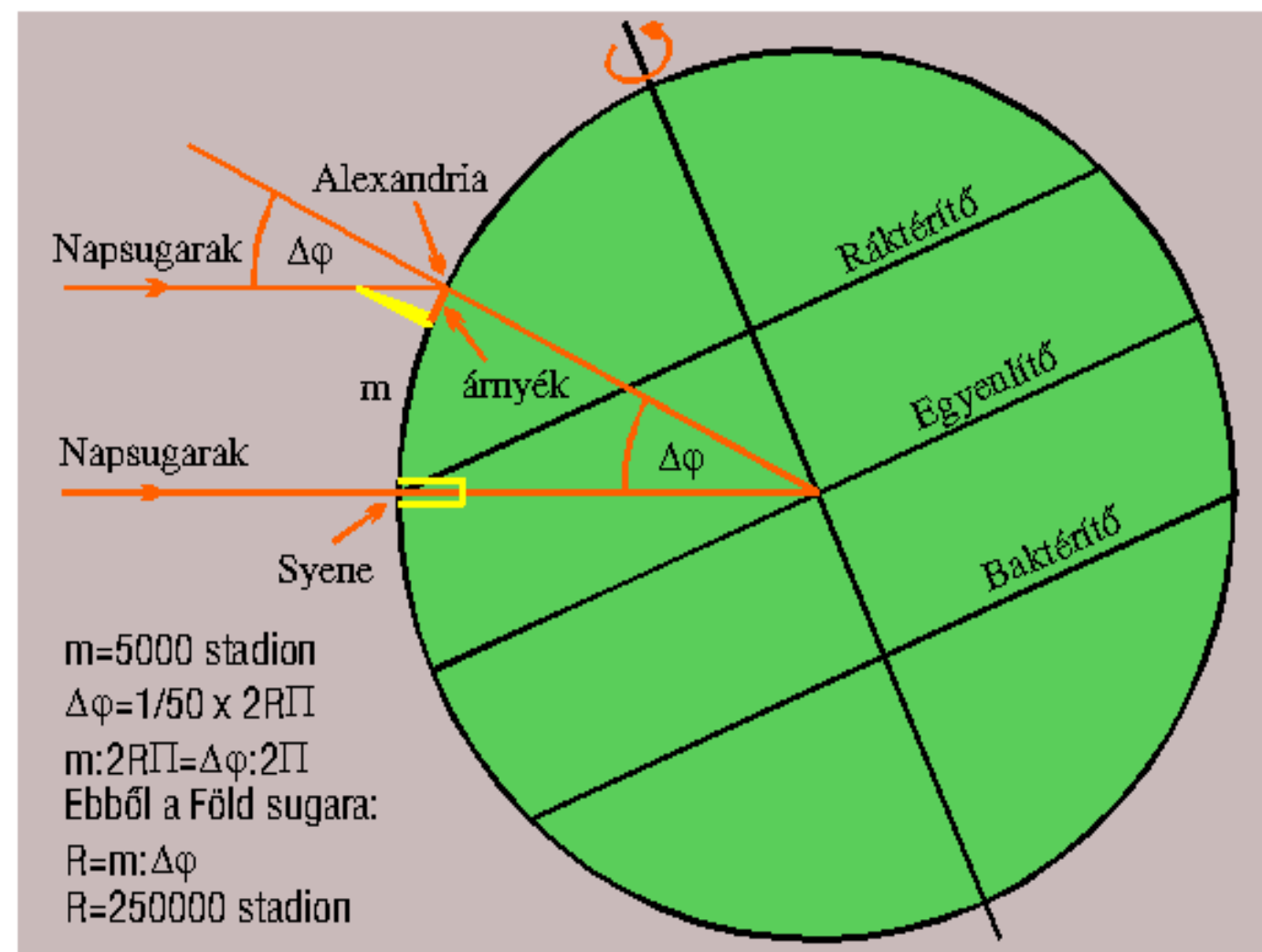
Mérés hibái:

1. A. és S. nincs azonos meridiánon
2. S. nem pontosan a Ráktérítőn fekszik
3. Az A.-S. távolság becslésen alapszik

1 stadion=157.5m

Föld sugár 6269km (mai:6378km)

Föld kerület 39375km
(mai:40077km)

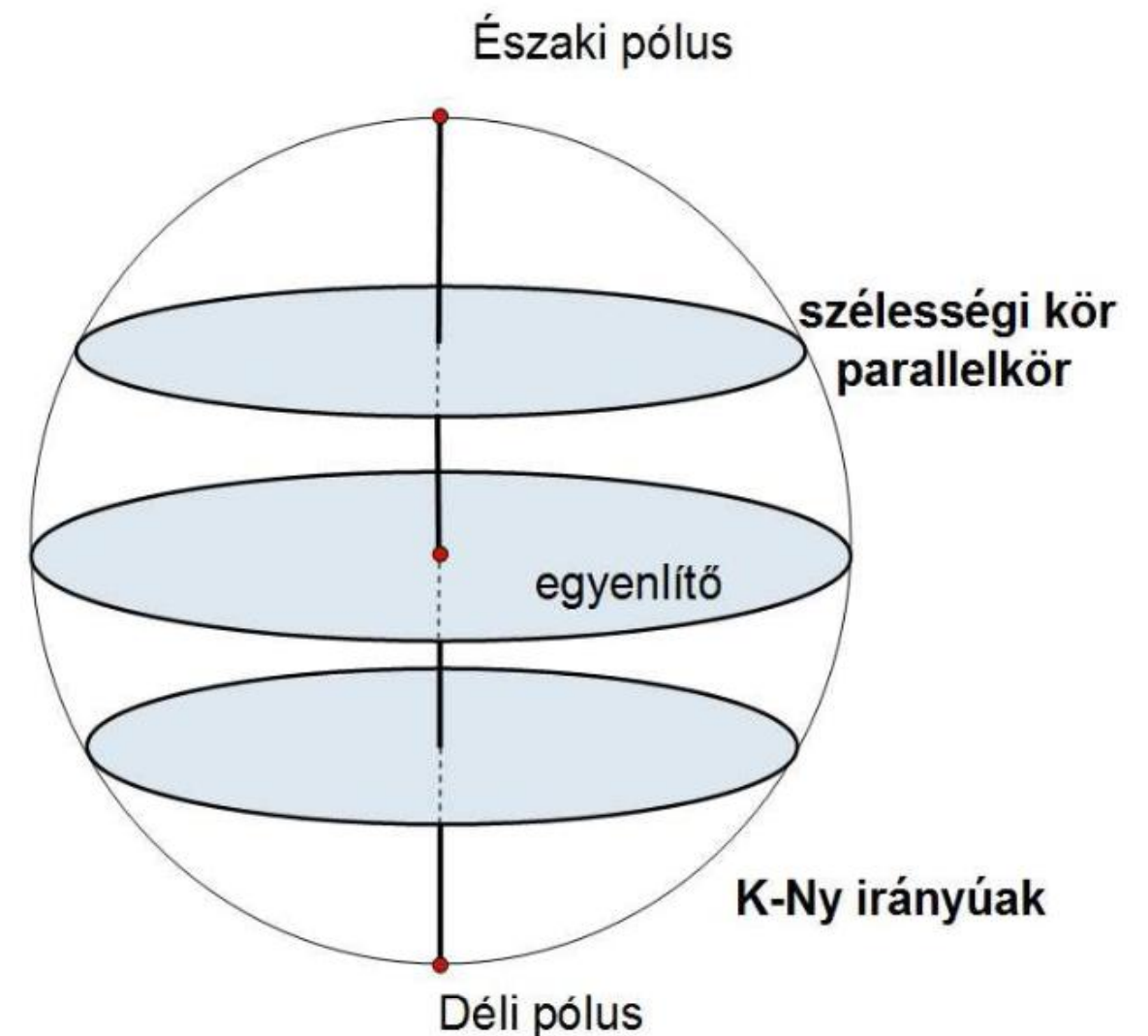


Eratoszthenész
számítása

A Föld geometriai paramétereit, az északi és déli pólus

Térképkészítéskor a Föld felszínén végzünk méréseket, a Föld felszínén található tereptárgyakat szeretnénk a térképeken ábrázolni. Ehhez azonban ismerni kell a Föld alakját. Első lépésben, a Földet helyettesítsük egy gömbbel.

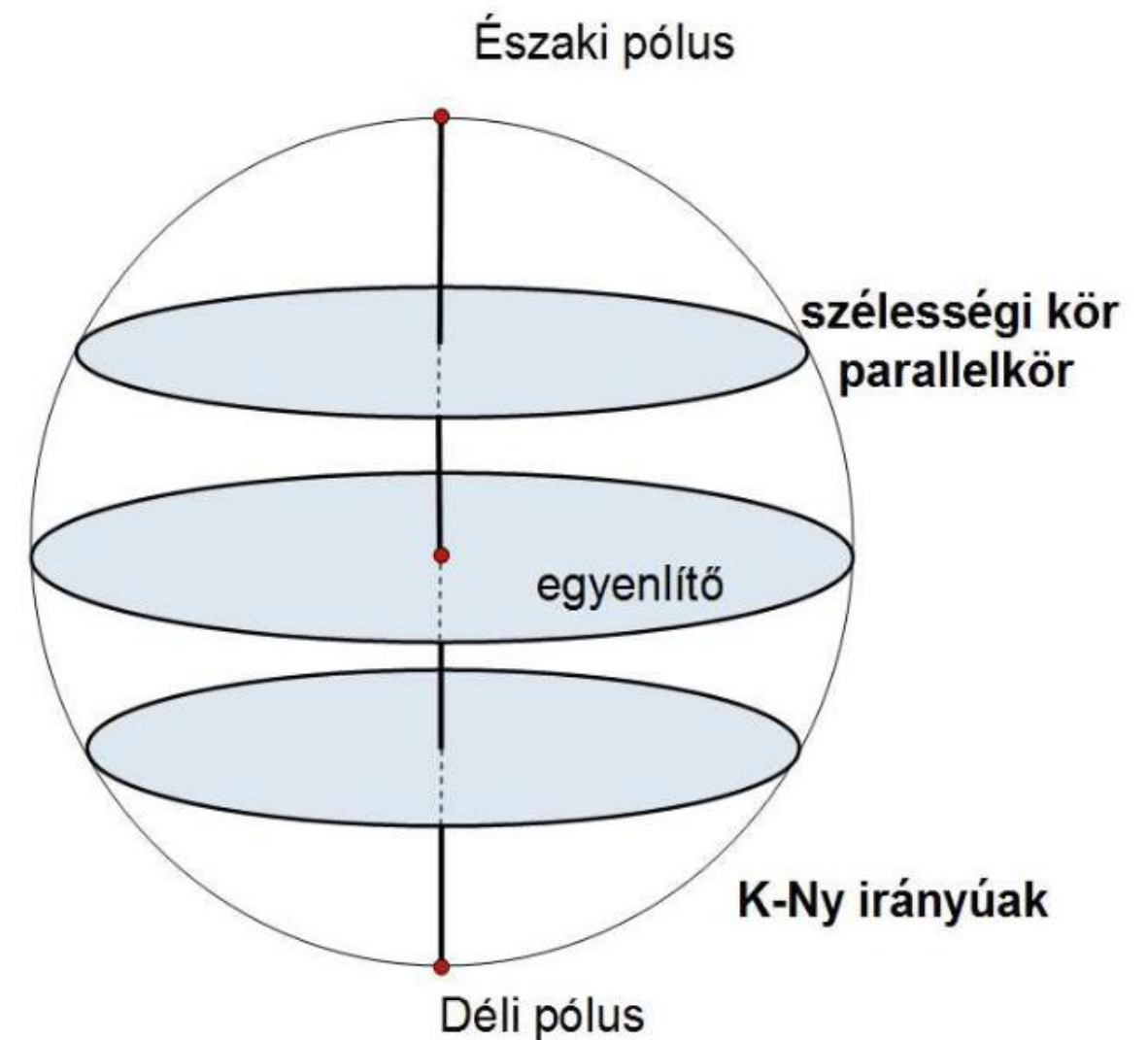
Képzeld el, hogy ez a **gömb** az egyik átmérője körül forog, ez a gömb **forgástengelye**. A gömb forgástengelyének és a gömb felszínének két dőléspontját **északi**, illetve **déli pólus**nak nevezzük.



A Föld geometriai paramétereit, az egyenlítő és a szélességi körök

A forgástengelyre merőleges, a gömb középpontján áthaladó sík és a gömb felszínének a metszészvonala az **egyenlítő**, ezt a síkot az **egyenlítő síkjának** nevezzük.

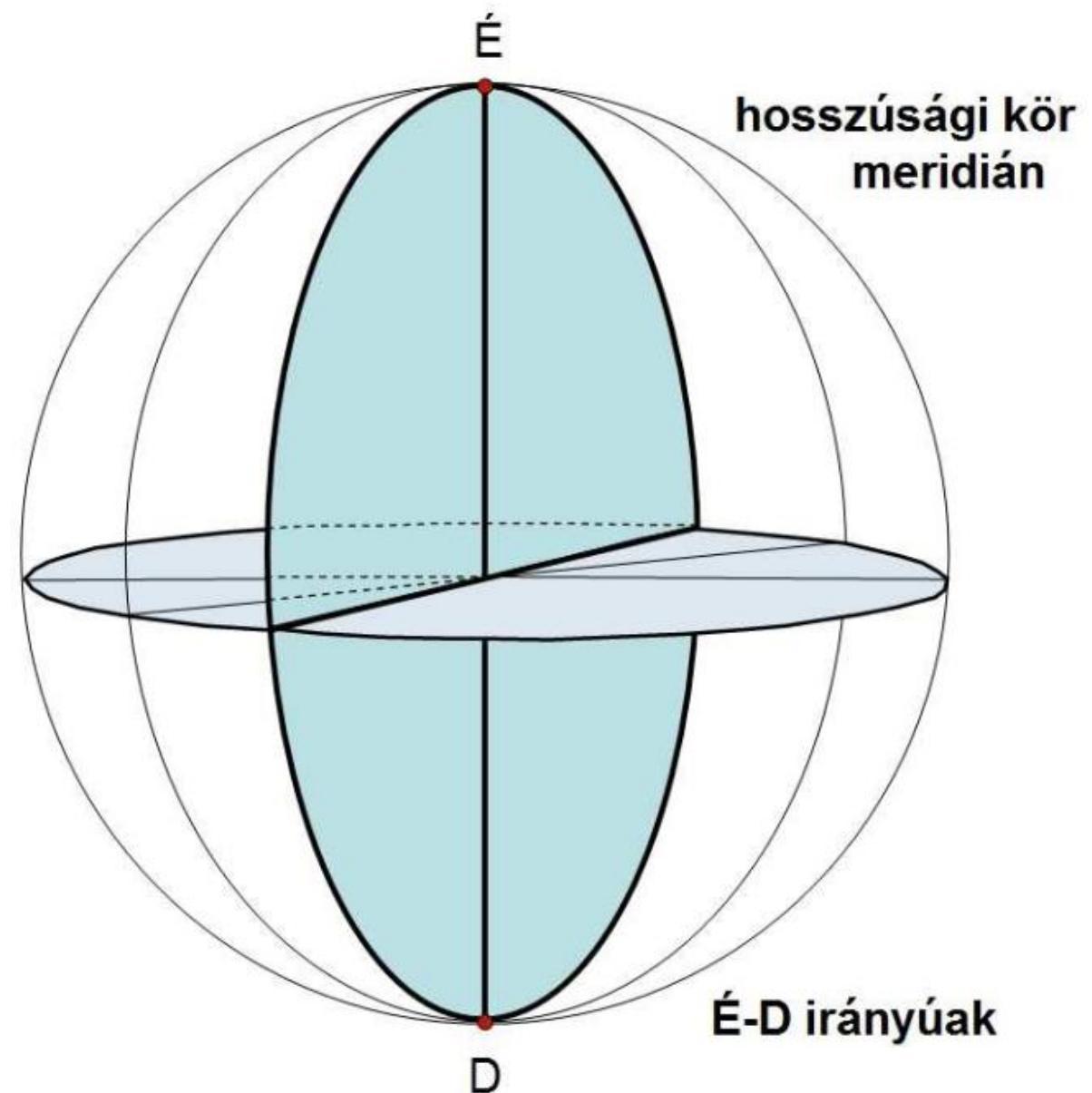
Az **egyenlítő síkjával** párhuzamos **síkok** a gömb felületéből a **szélességi köröket**, vagy más néven a **paralellköröket** metszenek ki. A szélességi körök **kelet-nyugat** irányúak. A szélességi körök egymással párhuzamosan futnak.



A hosszúsági körök, vagy meridiánok

A gömb forgástengelyén átmenő síkok a gömb felszínéből a földrajzi hosszúsági köröket, vagy más néven a **meridiánokat** metszenek ki. A meridiánok tehát mindig **észak – dél** irányúak.

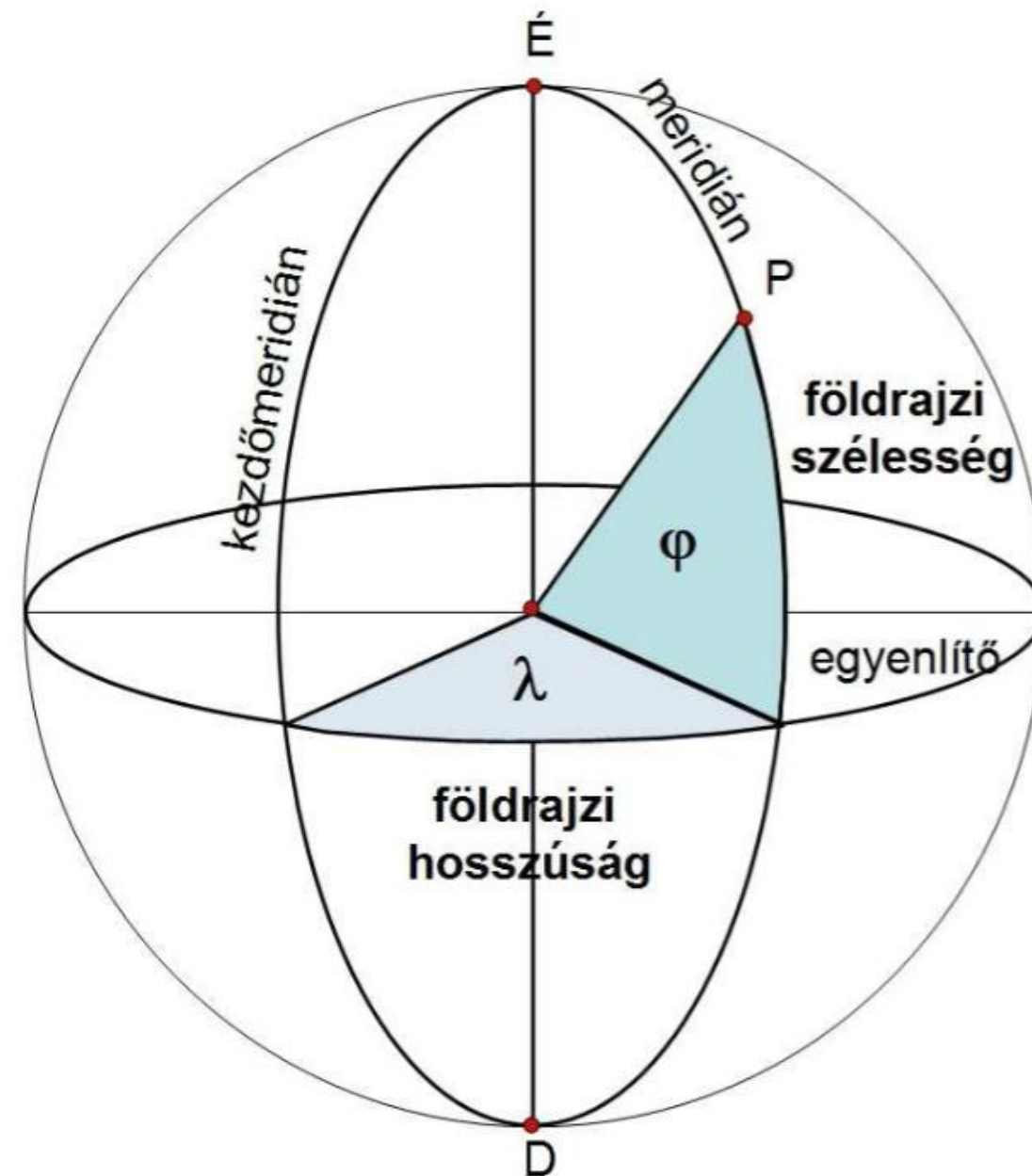
A hosszúsági körök összetartó vonalak, az északi és a déli pólusban metszik egymást. Az egyenlítőt merőlegesen metszik át.



Földrajzi koordináták, a szélesség

A Föld felszínének egy pontját vízszintes értelemben két adattal határozzuk meg. Az egyik a **földrajzi szélesség (Φ)**, mely az a szög, mely a **Föld középpontját és a térbeli pontot összekötő egyenes az egyenlítő síkjával bezár.**

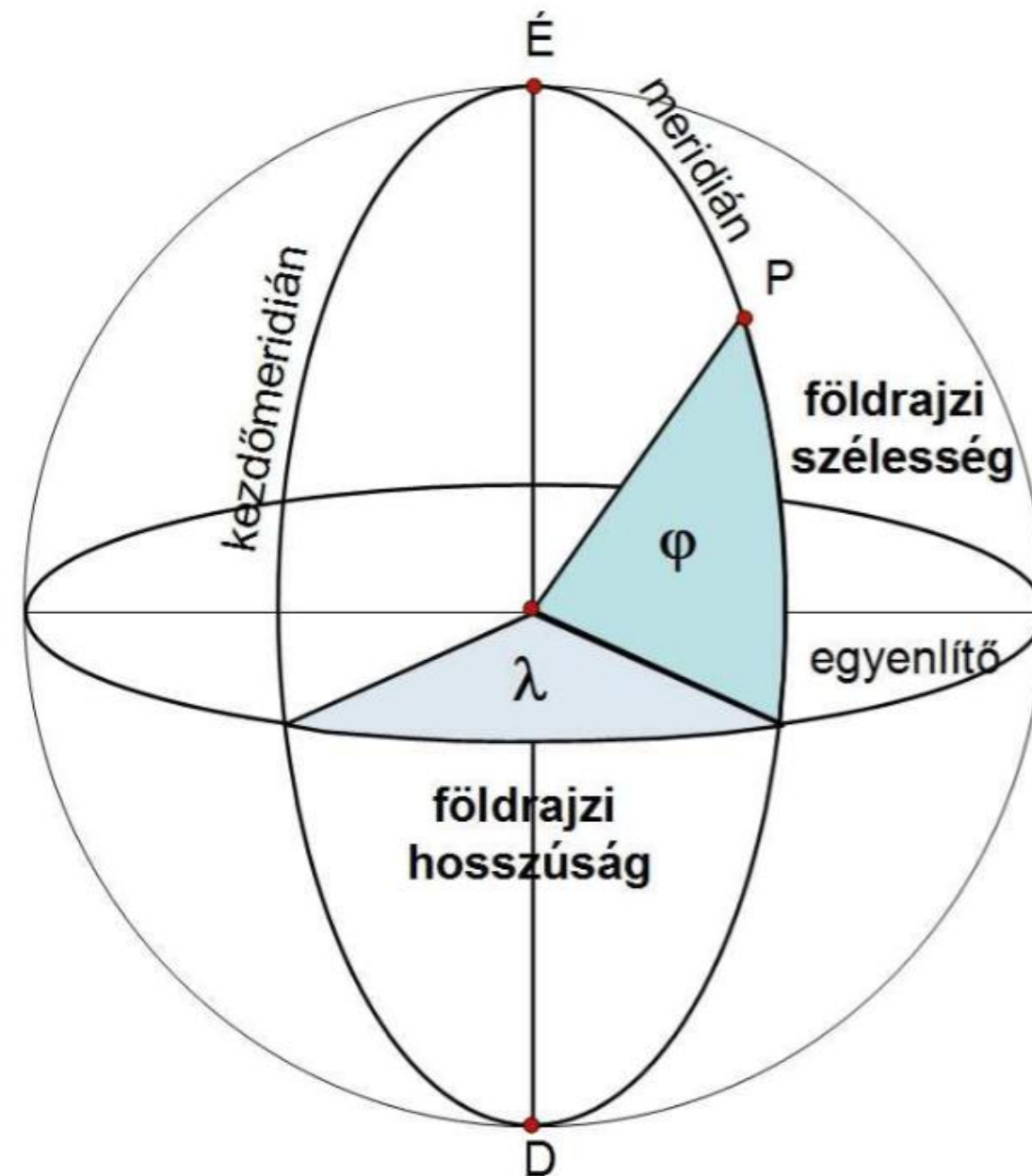
Az egyenlítő földrajzi szélessége tehát $\Phi = 0^\circ$.



Földrajzi koordináták, a hosszúság

A másik a **földrajzi hosszúság (λ)**. Ez az a szög, amelyet egy választott **kezdő meridián síkja és a kérdéses ponton átmenő meridián síkja egymással bezár**. A nemzetközileg elfogadott kezdő meridián a greenwichi meridián (London közelében). Keletre haladva pozitív az előjele.

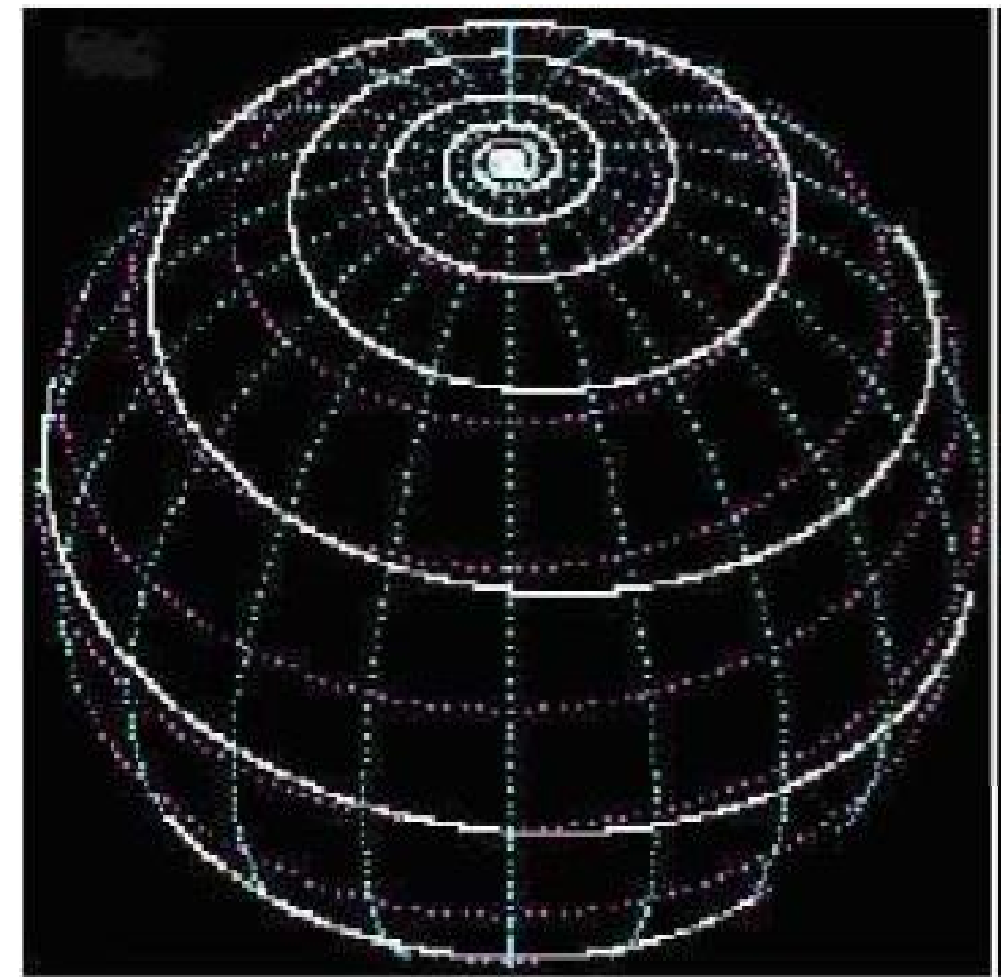
A **földrajzi szélességet** és a **földrajzi hosszúságot** együttesen **földrajzi koordinátáknak** nevezzük



Loxodroma

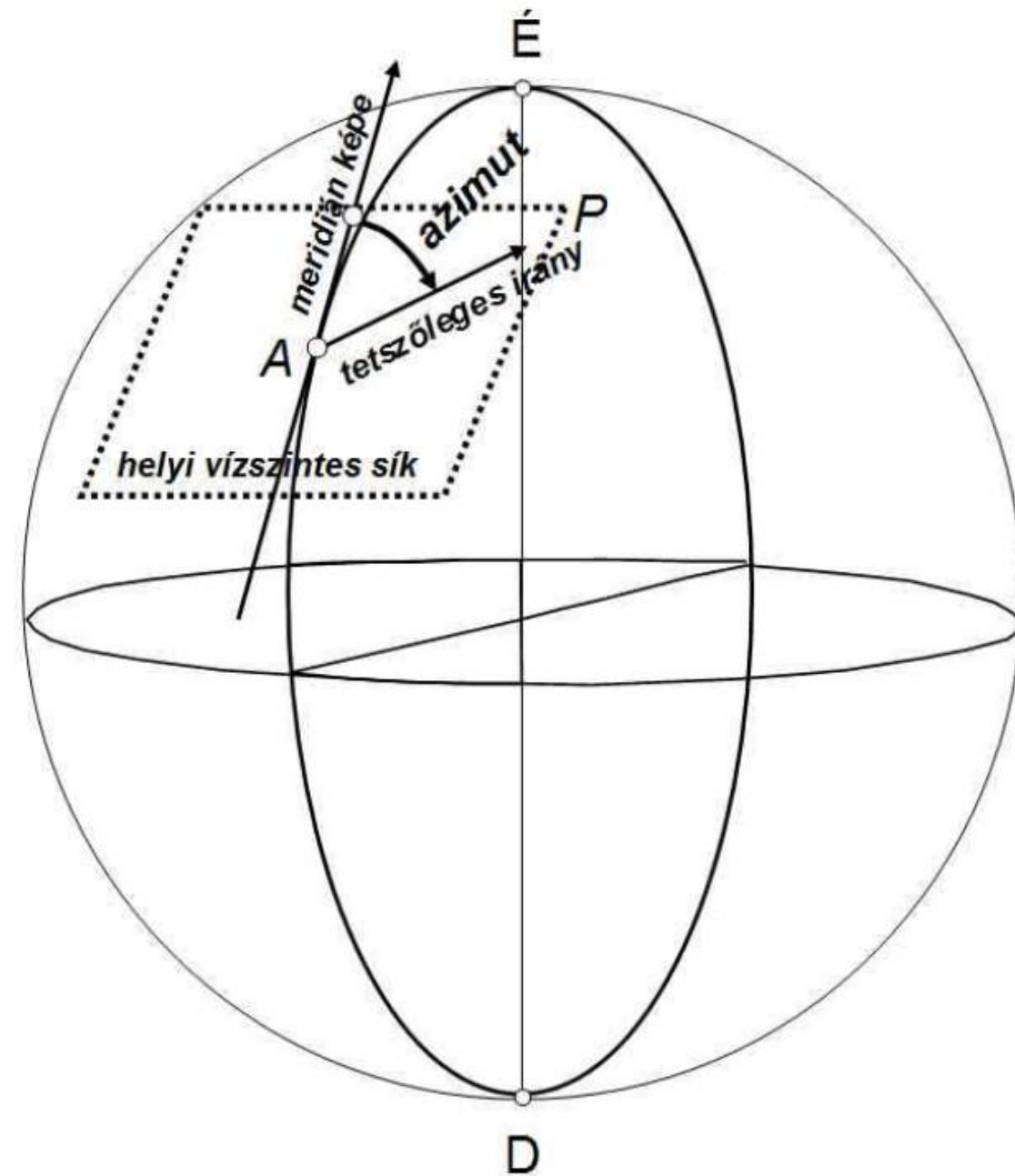
A gömfelület (ellipszoid) azon vonala, amely **a földrajzi hosszúsági vonalakat, a meridiánokat azonos szögben metszi, a Loxodroma** (rhumb line).

Ez a tulajdonsága teszi lehetővé, hogy a jármű állandó azimutot tartva jusson célba. A loxodroma a gömbfelületre írt csavarvonal.



Azimut

Az **azimut** egy pontban a meridián a északi ágának képe és egy tetszőleges irány között a helyi vízszintes síkban bezárt szög.



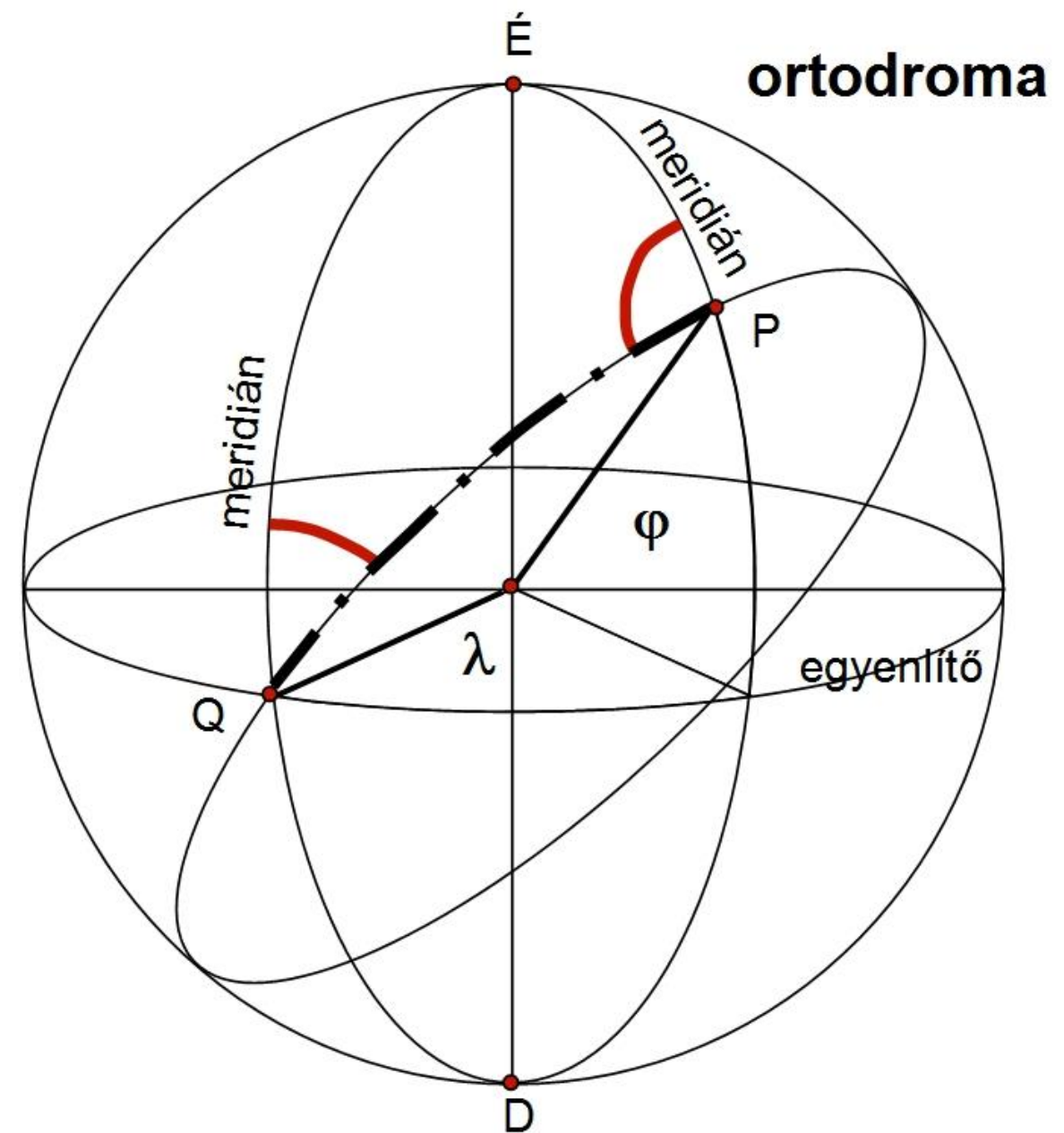
Ortodroma

Az **ortodroma** a gömb egyik főköre.

Két gömbfelületi pont közötti legrövidebb út az ortodroma íve (geodetikus vonal, great circle).

A hosszúsági köröket nem azonos szögben metszi, tehát az azimutja pontról pontra változik.

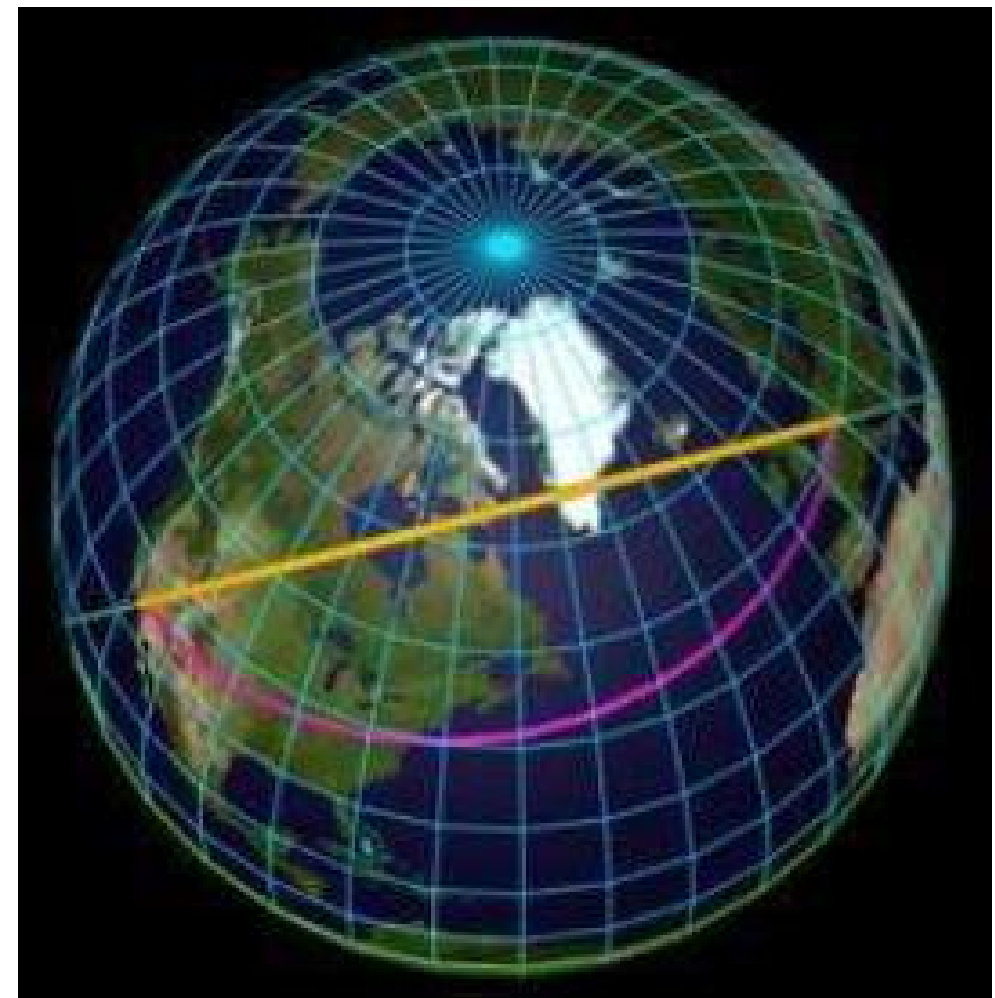
Ezért régen a navigáció során használata nehézkes volt.



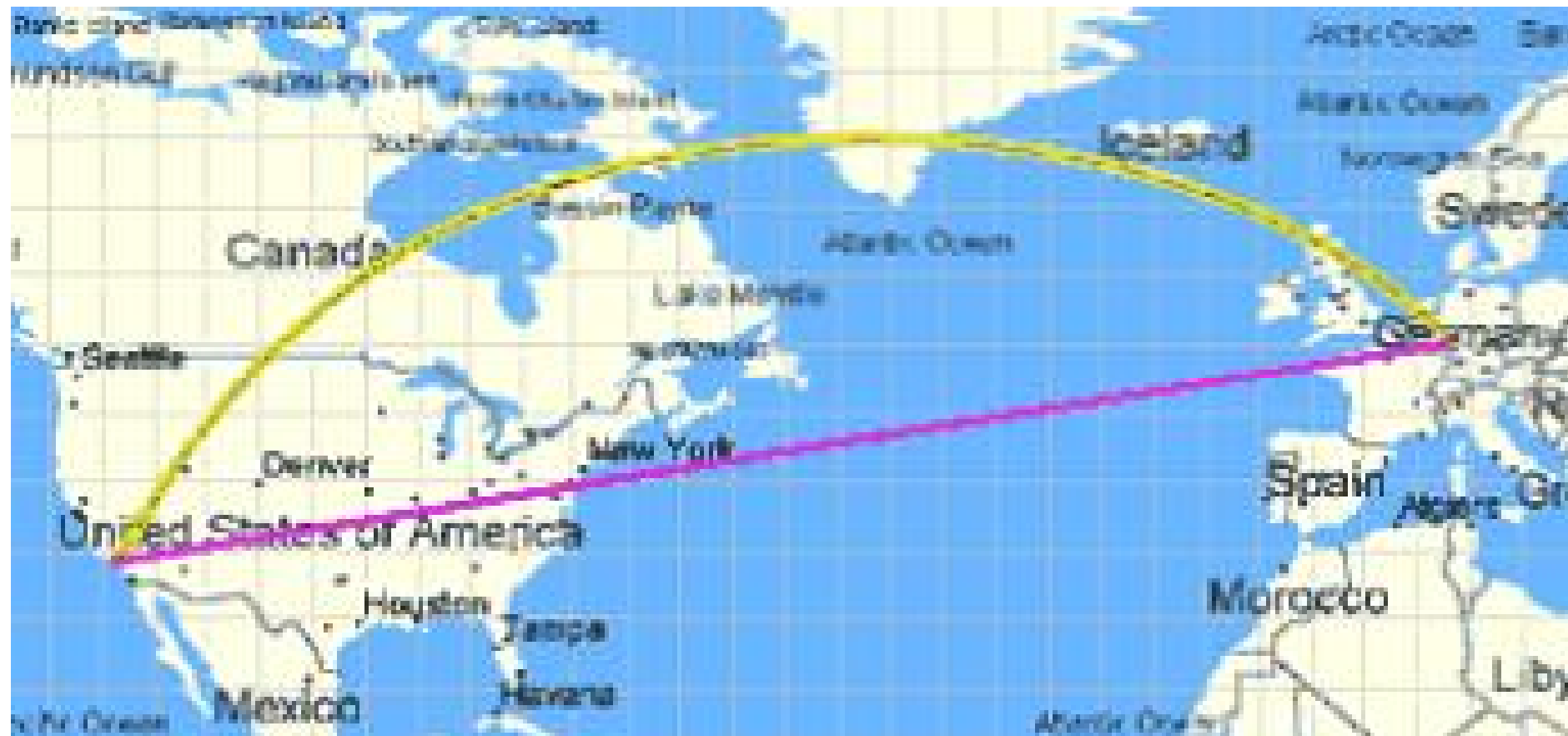
Frankfurt – Los Angeles között az ortodroma és a loxodroma

Két pont közötti távolságban azonban jelentős különbség mutatkozik a két vonal mentén, ezért a korszerű navigációs eszközökkel célszerű az ortodroma mentén haladni.

Pl. Frankfurt – Los Angeles között a távolság az ortodroma mentén 9300 km (Grönlandon át), a loxodroma mentén pedig 10600 km hosszú.



Frankfurt – Los Angeles között az ortodroma és a loxodroma Mercator vetületen ábrázolva

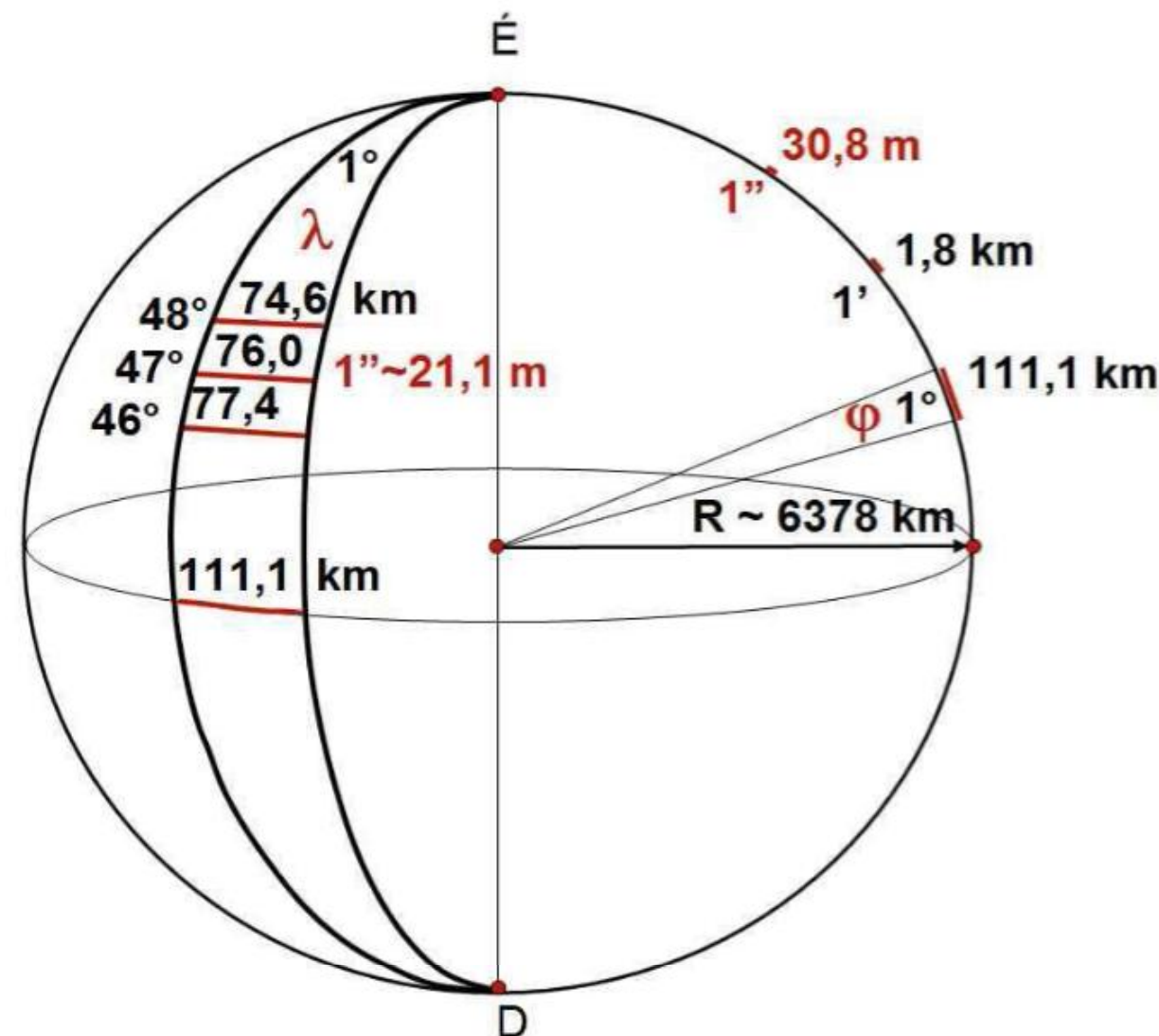


(a meridiánok ezen a vetületen párhuzamosak egymással ezért a loxodróma képe egyenes)

Néhány tájékoztató adat, a Föld méreteiről

A gömb alakúnak képzelt Föld sugara	6 378 km
A legmagasabb kiemelkedése: Mount Everest	8 887,8 m
A legmélyebb pontja: Mariana árok	-11 521,0 m
egyenlítő hossza	40 077 km
földrajzi szélesség változásának ívhossza a meridián mentén	
1 fok	111,1 km
1 perc	1,8 km
1 mp	30,8 m
földrajzi hosszúság változásának ívhossza a szélességi körök mentén	
1 fok / 0 fok szélességi körön (egyenlítőn)	111,1 km
1 fok / 46 fok szélességi körön	77,4 km
1 fok / 47 fok szélességi körön	76,0 km
1 fok / 48 fok szélességi körön	74,6 km
1 mp / 0 fok szélességi körön (egyenlítőn)	30,9 m
1 mp / 46 fok szélességi körön	21,5 m
1 mp / 47 fok szélességi körön	21,1 m
1 mp / 48 fok szélességi körön	20,7 m
1 mp / 60 fok szélességi körön	15,5 m
1 mp / 70 fok szélességi körön	10,6 m
1 mp / 80 fok szélességi körön	5,4 m
1 mp / 90 fok szélességi körön	0 m

Az 1 szögegységhez tartozó távolság a földrajzi hosszúság és a földrajzi szélesség esetén



A föld alakja

A Föld fizikai alakja a Föld szilárd felszínének és a felszíni vizeknek a **határoló felülete**. Ez az igen nagy változatosságot mutató felület, a Föld felszíne képezi a térképezés tárgyát, ennek a felszínnek a pontjait, elemeit, a rajta található természetes és mesterséges alakulatokat, együttes elnevezésükkel a **tereptárgyakat** kívánjuk a térképeinken ábrázolni.

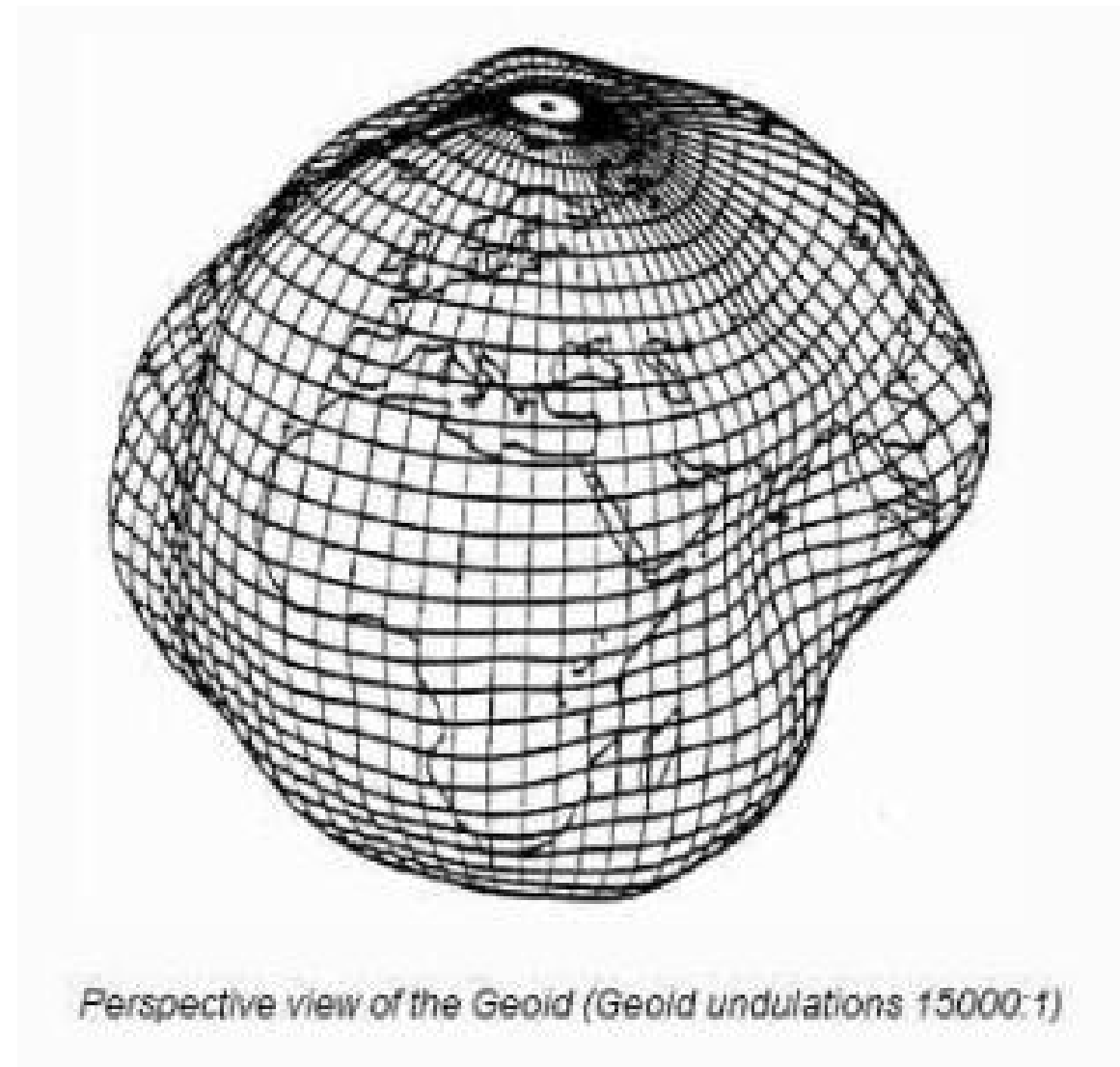


A Föld elméleti alakja

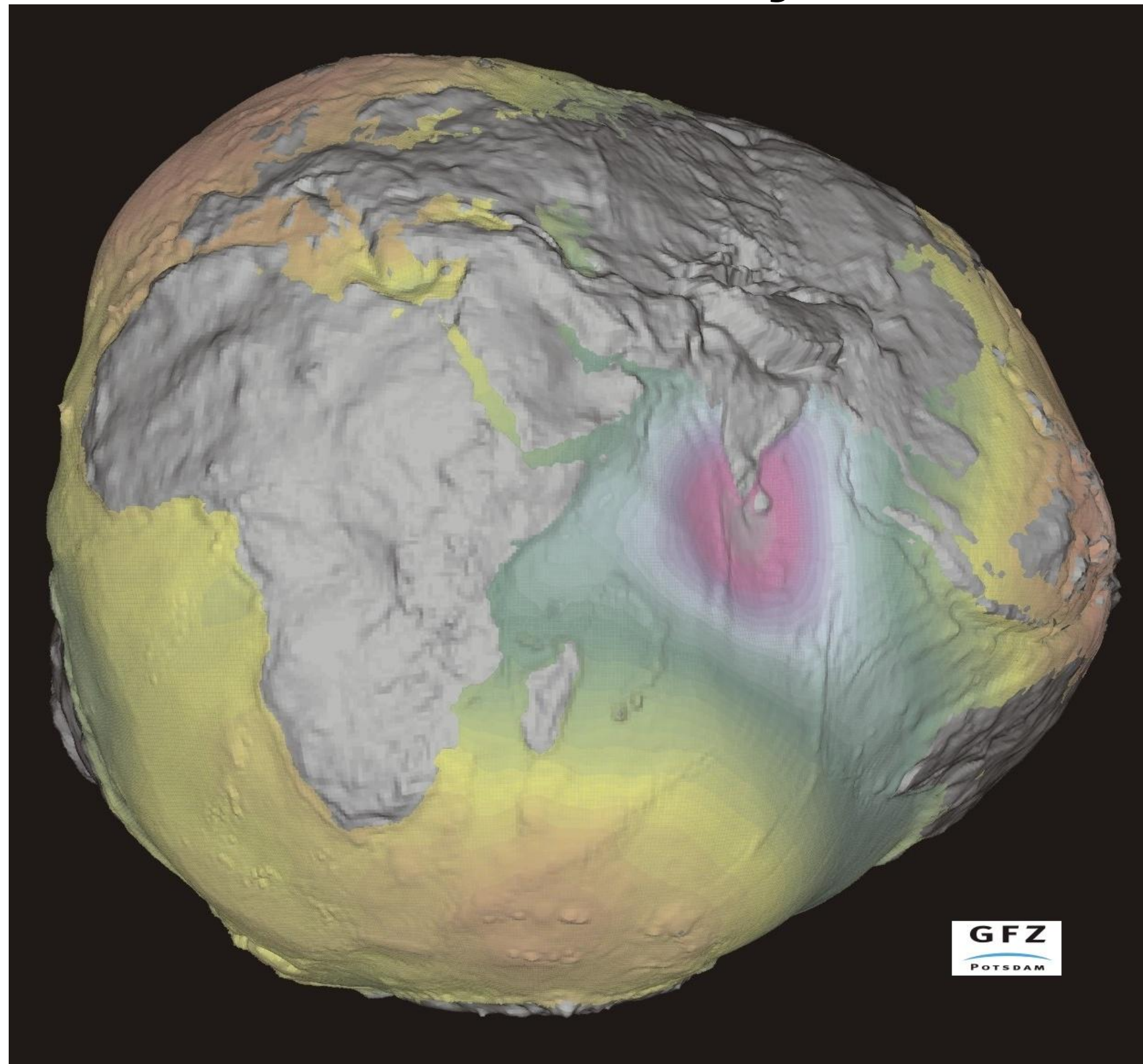
A Föld elméleti alakja a nyugalmi helyzetben elképzelt és a szárazföldek alatt is meghosszabbított óceánok felszíne. A nyugalomban lévő óceánok felszínét úgy képzeljük el, hogy rá csak a nehézségi erő hat. Ez egy idealizált, elméletileg elképzelt állapot, hiszen a tengerekre a nehézségi erőn kívül igen sokféle erő fejt ki egyidejűleg a hatását. (szél, Nap hőhatása, áramlások, árapály, Föld forgásából származó centrifugális erő, stb.) Ha ezektől eltekin-tünk, akkor egy vízfelület akkor van nyugalomban, ha a felületének minden pontjában ugyanakkora a nehézségi erő értéke, úgy is mondhatjuk, hogy akkor **ez a felület a nehézségi erő szintfelülete** (ekvipotenciális felülete).

A geoid perspektív képe

A Föld elméleti alakjának a nehézségi erőter valamely tenger középengerszintje magasságában kijelölt ponton áthaladó szintfelületét tekintjük, és ezt **GEOID-nak** nevezzük. (Listing német fizikus 1873-ban nevezte el így.)

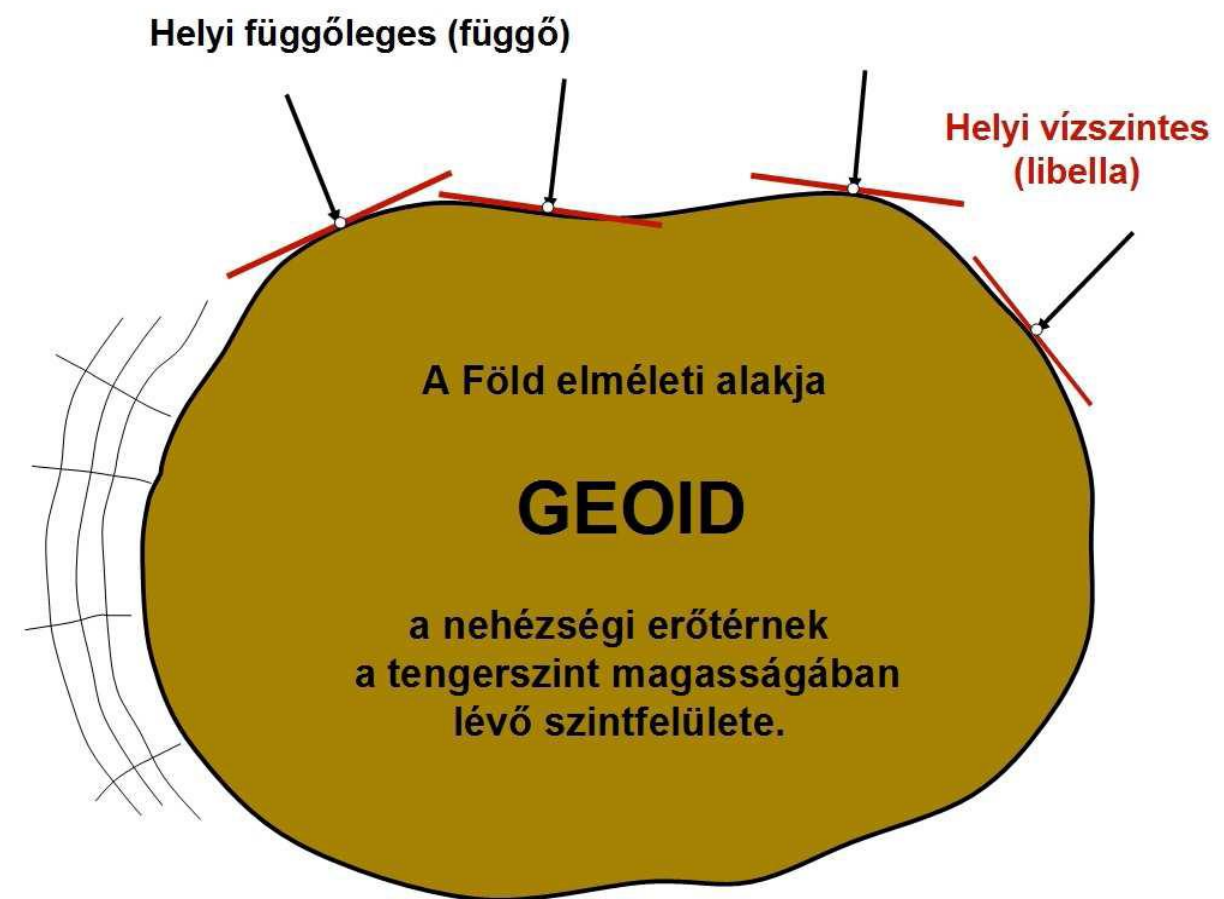


A Föld alakja



A geoid, a helyi függőleges és a helyi vízszintes sík

A **szintfelületek** a nehézségi erő irányára merőlegesen futó görbült felületek. (Az azonos nehézségi erő értékeket összekötő felületek). Nem párhuzamosak egymással, a pólusok felé közelebb helyezkednek el egymáshoz, görbületük sem egyenletesen változik. Enne oka, hogy a Föld nem gömb alakú, ill. a Föld tömegeloszlása nem homogén. Ezért a nehézségi erőter erővonalai térbeli görbék, ezeket **fűggővonalak**nak nevezzük. A függővonal egy pontjában a függővonal érintője a **helyi függőleges** irány. Ezt az irányt jelöli ki a függő.



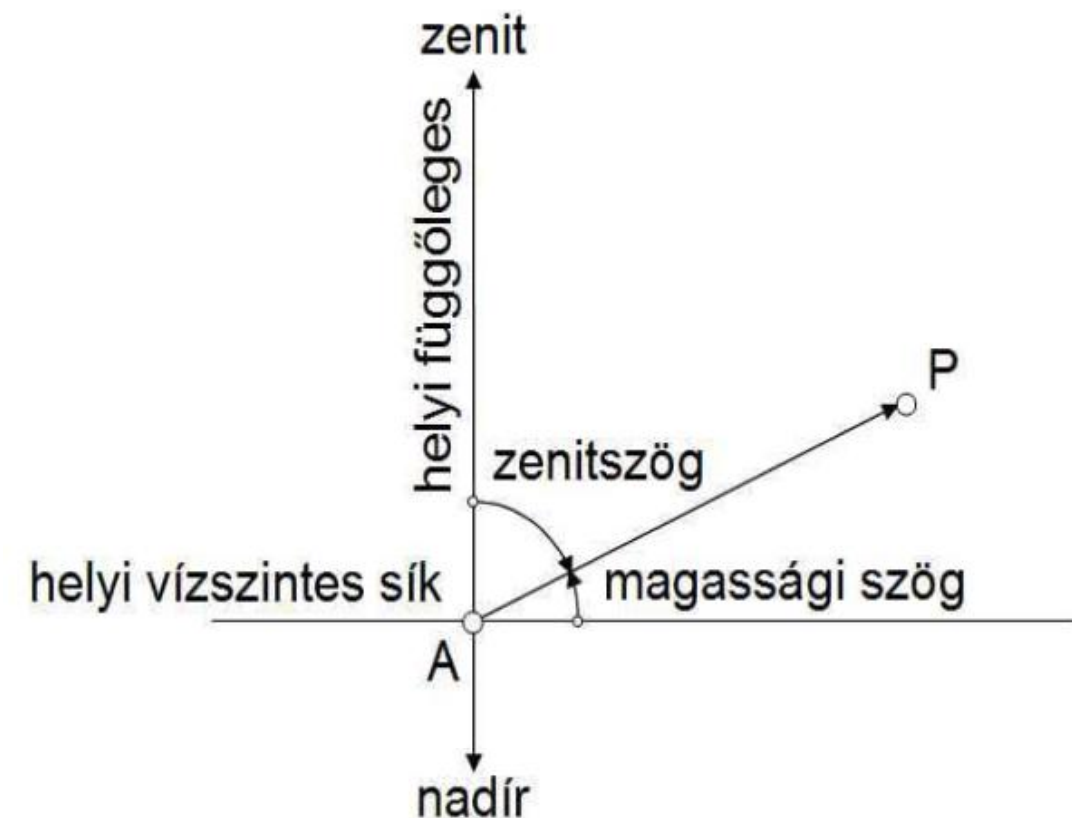
Zenit és nadír

Egy térbeli pontban a szintfelület érintősíkjá a **helyi vízszintes sík**. Ennek irányát jelöli ki a libella (vízmérce), illetve a geodéziai műszerekkel, pl. szintezőműszerrel ezt a vízszintes síkot tudjuk kijelölni.

A helyi függőleges képzeletbeli dőléspontja az égbolton a **zenit pont**, a Földön pedig a **nadír pont**.

Az álláspontunkból egy tetszőleges pontra menő irány és annak vízszintes vetülete között bezárt szög a **magassági szög**.

Az álláspontunkból egy tetszőleges pontra menő iránynak a helyi függőlegessel bezárt szöge a **zenitszög**. Egy pont esetében a magassági szög és a zenitszög egymást 90° -ra egészíti ki.



Alapfelületek

A Föld fizikai felszínén végzett méréseinket fel kívánjuk dolgozni, segítségükkel **számításokat akarunk végezni** (pl. távolság, terület, stb.) **akkor a Föld alakját** nem csak fizikai értelemben (nehézségi erő, geoid), hanem **matematikai formában is meg kell határoznunk**. A Föld nehézségi erőterét leíró függvény meghatározásához ismerni kellene a Föld fizikai alakját, a Föld belsejében lévő anyag tömegét, sűrűségeloszlását, a Föld és a körülötte lévő égitestek mozgását. Ez nagyon sok ismeretlen paraméter, a geoid matematikailag csak végtelen hosszú függvény-sorokkal lenne leírható, ezért csak közelítő megoldásokra van lehetőségünk. A közelítéshez véges számú gömbfüggvény sorokat, vagy matematikailag egyértelműen leírható geometriai alakzatokat alkalmazunk.

A Föld elméleti alakját matematikailag egyértelműen meghatározható (az elméleti, vagy a gyakorlati igényeket kielégítő) **közelítő felületek, a vízszintes értelmű geodéziai mérések alapfelületei.**

A Föld fizikai felszínén elhelyezkedő pontok helyének vízszintes értelmű meghatározásához a pontokat az alapfelületre vetítjük és a számításokat ezen az alapfelületen hajtjuk végre.

A geoid közelítő felületei

Az elvárt eredménytől függően a közelítés különböző mértékével élhetünk. A különböző típusú alapfelületek alkalmazásának fő oka, hogy **az egyszerűbb egyenletekkel leírható felületeken a számítások könnyebben végezhetők**, De ezek az egyszerűbb felületek **csak területileg korlátozott mértékben alkalmazhatók** a fellépő nagy torzulások miatt.

Szintzferoid

A Föld nehézségi erőterének leírásához használt gömbfüggvény-sorok véges számú tagját figyelembe véve kapjuk a szintzferoidokat. A Föld elméleti alakját, a geoidot legjobban közelítő, a tengerszint magasságában elhelyezkedő szintzferoidot **normál szferoidnak**, vagy **földi szferoidnak** is nevezik. Ezt az alapfelület a Föld alakjának egyre pontosabb meghatározására használják, igen bonyolultak az összefüggései. A napi mérnöki gyakorlatban nem használható.

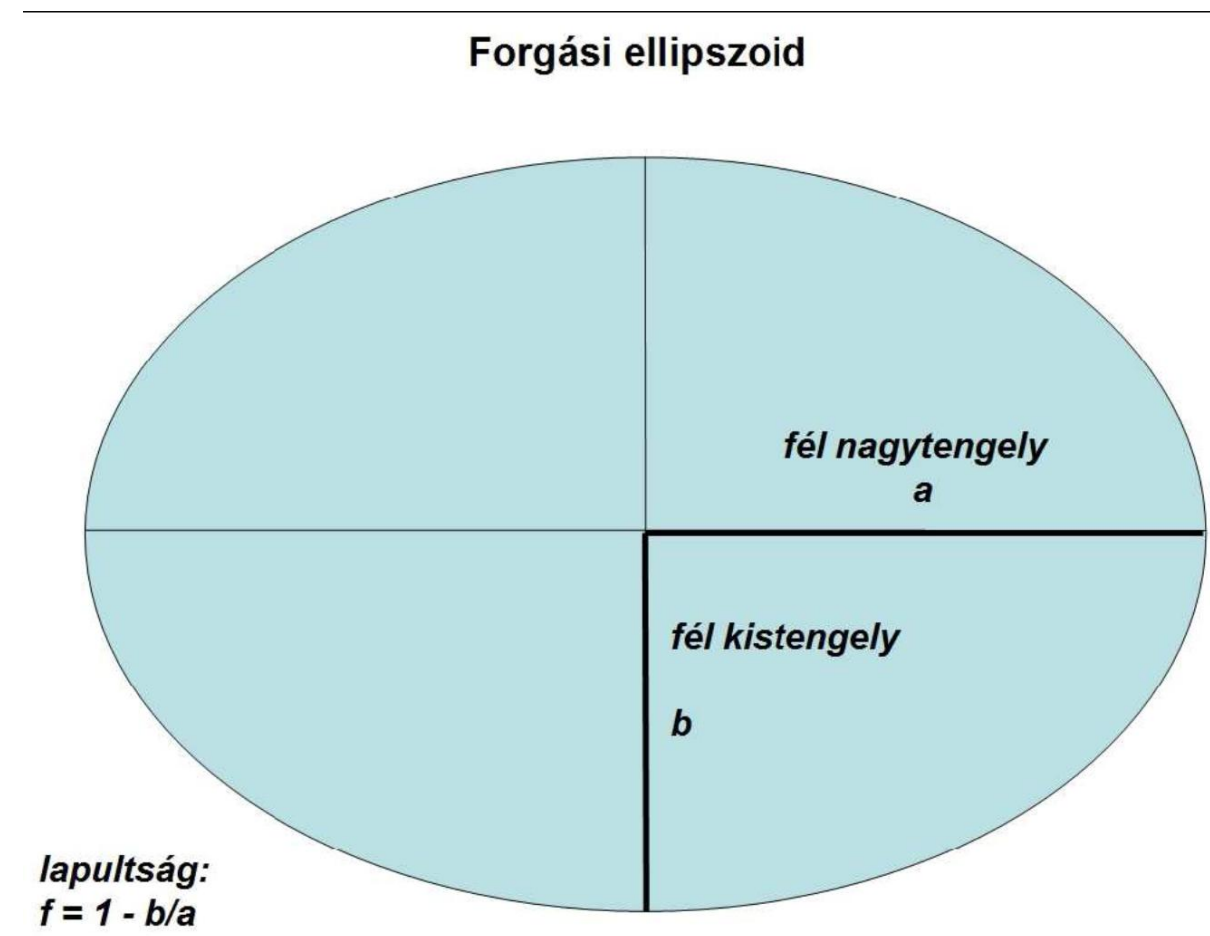
Forgási ellipszoid

A **Föld elméleti alakját**, a geoidot, ill. az őt helyettesítő normál szferoid méretét **jól megközelítő szabályos matematikai (geometriai) felület, a forgási ellipszoid**. A forgási ellipszoidot a fél nagytengelyének (a) és a fél kistengelyének (b) a hosszával, vagy a fél nagytengely hosszával és a lapultsági mérőszámával ($f=1-b/a$) határozzuk meg. A Földet helyettesítő forgási ellipszoidot úgy képzeljük el, hogy egy ellipszist a kistengelye körül megforgatunk, és ez a tengely egybeesik a Föld forgástengelyével.

Forgási ellipszoid

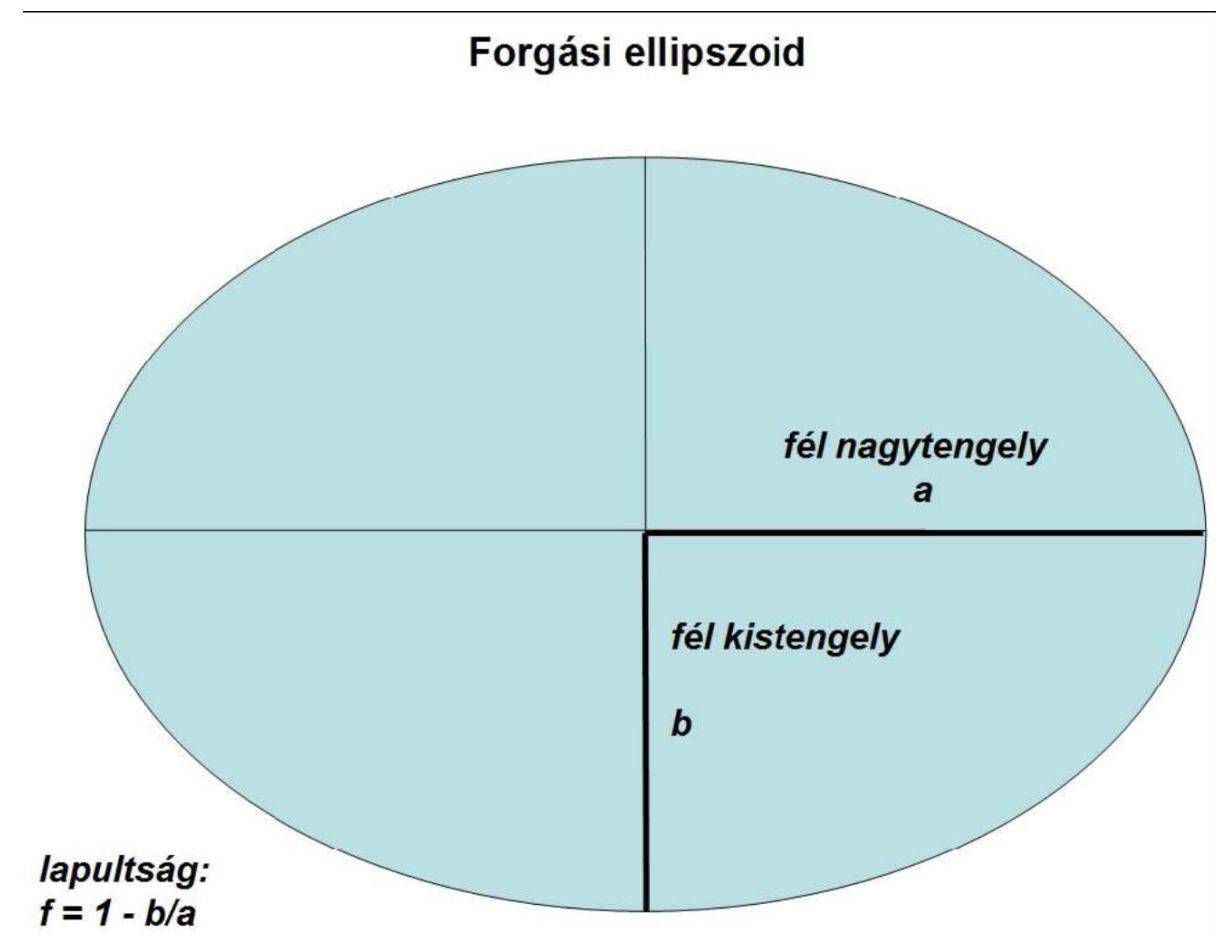
A forgási ellipszoid paramétereit az idők során többször meghatározták, így többméretű és elnevezésű ellipszoid is használatban volt, ill. használatban van. Magyarországon a következő elnevezésű ellipszoidokat használtuk ill. használjuk térképezési célokra:

- Bessel-féle ellipszoid (1842),
- Kraszovszkij ellipszoid (1942),
- IUGG/1967 ellipszoid („International Union of Geodesy and Geophysics”, más néven: GRS67, „Geodetic Reference System”),
- WGS-84 ellipszoid („World Geodetic System”, 1984).



Forgási ellipszoid

Forgási ellipszoidot alapfelületként
kontinentális, vagy egy egész
országterületre méresek
(elsősorban alapponthálózatok)
számításakor használják.



Gömb

Ha a térképezendő terület kisebb, mint 500 km², azaz egy $r < 13$ km sugarú körön belül dolgozunk, akkor az ellipszoid és az ellipszoidhoz a területközepében a legjobban simuló gömb közötti eltérésekből a vízszintes értelmű adatokban (pl. távolságokban) jelentkező különbség elhanyagolható, és a gömböt tekinthetjük alapfelületnek. A különböző ellipszoidokhoz a legjobban simuló gömb paramétereit Gauss módszerével két alkalommal is kiszámították, ezért az így előállított gömböket régi ill. új magyarországi Gauss-gömbnek nevezzük. Mindkét esetben az ellipszoid és a gömb érintési pontja a Gellérthegy nevű elsőrendű háromszögelési alappont volt. **Az összetartozó alapfelületek:**

- **Bessel-féle ellipszoid régi magyarországi Gauss gömb,**
- **IUGG/1967 ellipszoid – új magyarországi Gauss gömb.**

Gömböt alapfelületként az említett távolsághatáron belül, alappontok sűrítésekor, vagy speciális, nagy pontosságot igénylő feladatok végrehajtásakor használják.

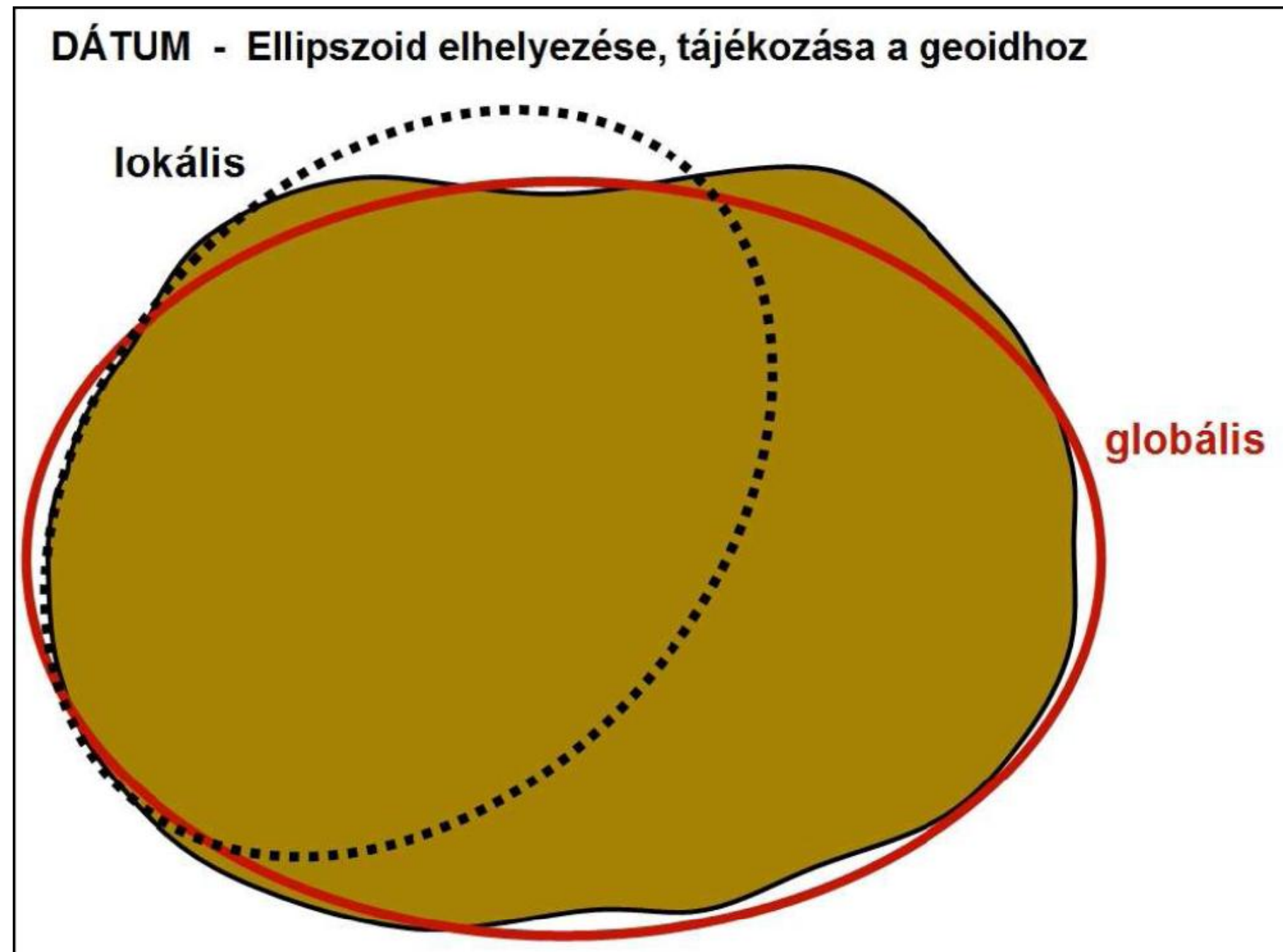
Sík

Ha a térképezendő terület kisebb, mint 50 km², azaz egy $r < 4$ km sugarú **körön belül dolgozunk**, akkor a gömb és a **terület középpontjában a gömböt érintő sík közötti** eltérésekből a vízszintes értelmű adatokban (pl. távolságokban) **jelentkező különbség elhanyagolható**, és a síkot tekinthetjük alapfelületnek. Ezt alkalmazzuk a napi gyakorlatban a már meglévő alapponthálózat pontjai között (azokra támaszkodva) végrehajtott részletmérések feldolgozásakor.

Alapfelületek elhelyezése

A nagy területre kiterjedő térképezési munkákat az államok szervezik, mindig az adott állam területére. Ezért **az alapfelületet is egyedileg tájékozták**, helyezték el **a geoidhoz viszonyítva**, mégpedig **úgy, hogy a területükön a két felület közötti eltérés a lehető legkisebb legyen. Ezt nevezzük lokális elhelyezésnek.** Ez természetesen azzal járt, hogy a Föld más területein ennek az alapfelületnek az eltérése a Föld elméleti alakjától igen nagy mértékű is lehetett, de ez senkit nem zavart, hiszen ott nem is végeztek rajta számításokat.

Lokális és globális elhelyezés



Ellipszoid lokális és globális elhelyezése a geoidhoz

GNSS - GLOBÁLIS

Megváltozott a helyzet a műholdak és még inkább a műholdas helymeghatározó rendszerek (Global Navigation Satellit System - GNSS) elterjedésével. Ezek a rendszerek már **nem csak egy állam területén működnek** és szolgáltatnak adatokat, **hanem az egész Föld felszínén** és a tágabban értelmezett légtérben. **Ez a globális** adatszolgáltatás az egész Földre nézve egységes referencia(koordináta) **rendszer** igényel. Ennek az alapja csakis egy globális elhelyezésű alapfelület lehet.

Mi a GNSS ?

Global Navigation Satellite System = (GNSS)

Globális Műholdas Navigációs Rendszer

Az összes műholdas helymeghatározó rendszer gyűjtőneve

Meglévő, rendelkezésünkre álló műholdas rendszerek:

GPS (30 műhold 6 pályasíkon) (teljesen kifejlesztett)

GLONASS (16 műhold 3 pályasíkon) (most kb 70%-os kiépítettségű)

A kettő együtt: 46 (?) műhold, 9 pályasíkon!

Jövőbeli rendszerek:

EURÓPA : GALILEO (2008 aug 6-án 2 teszthold fellőve)

KÍNA : COMPASS /BeiDou 2 (2008 aug 6-án 2 teszthold fellőve)

Bizonytalan a teljes kiépítettség határideje!

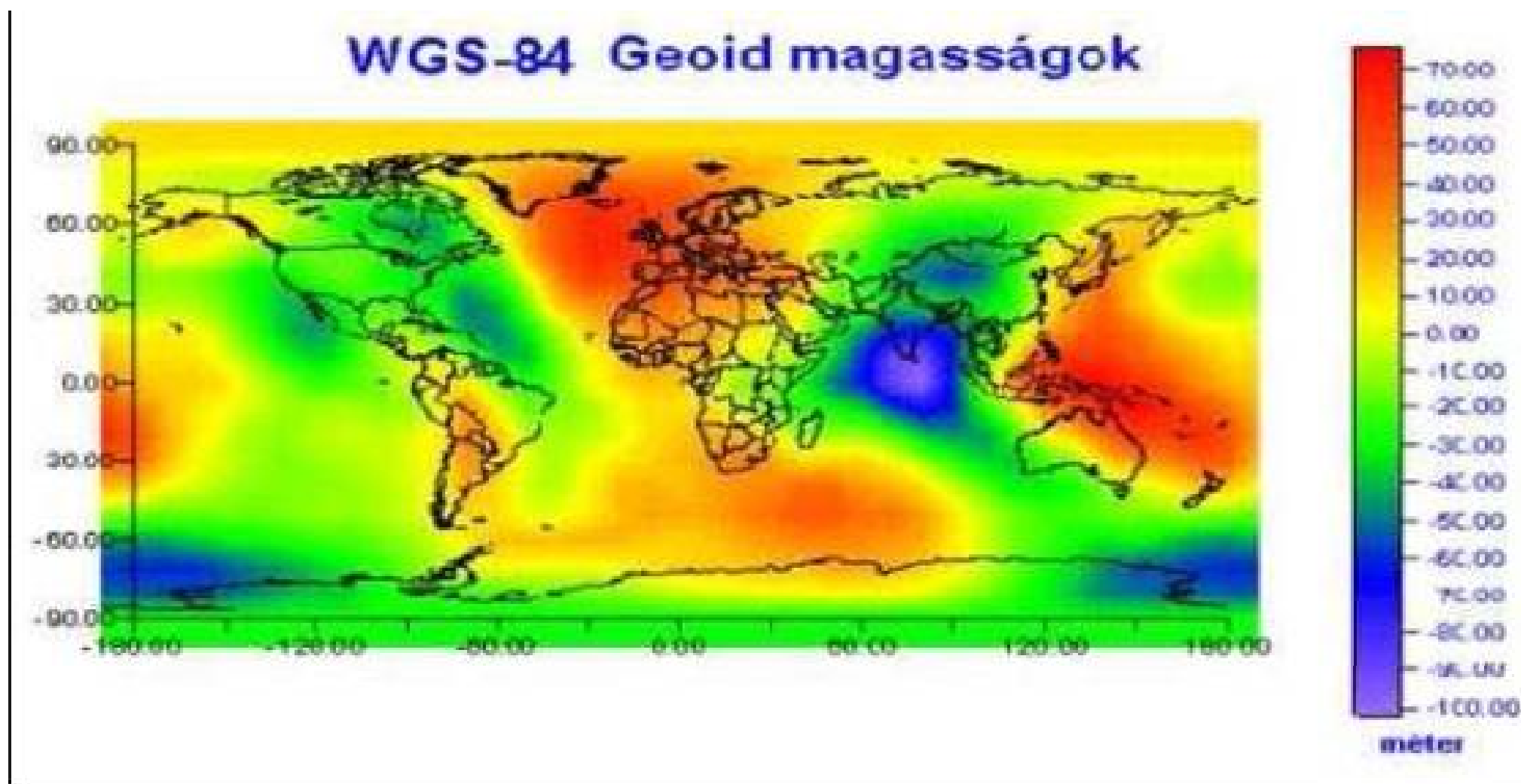
A geodéziai dátum

Az ellipszoidnak a geoidhoz (Föld elméleti alakjához) viszonyított elhelyezési paramétereit jelentik a geodéziai dátumot (vonatkozási rendszert).

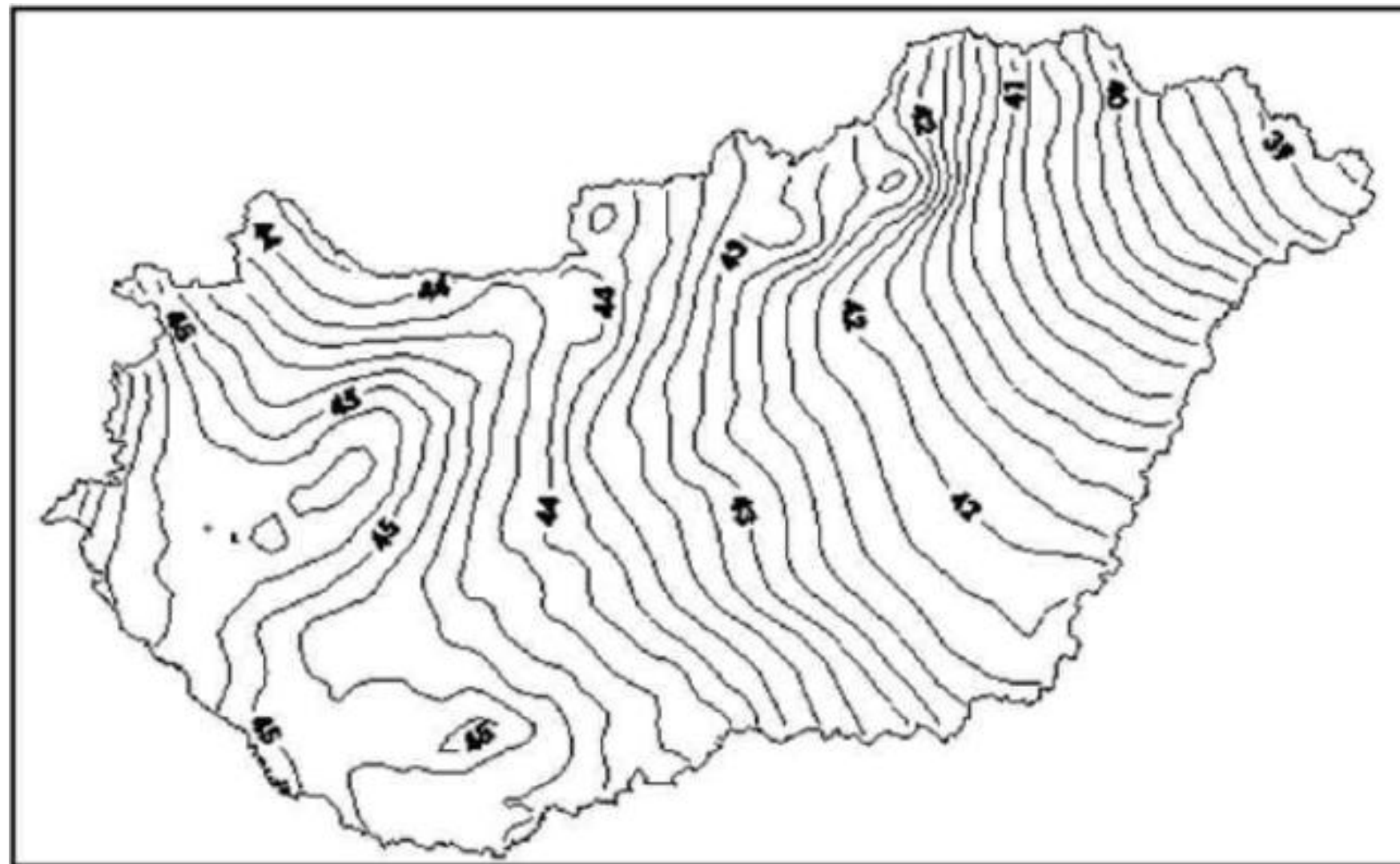
Magyarországon jelenleg két ilyen dátumot használunk, az egyik az IUGG/1976 ellipszoid Magyarországi alkalmazásokhoz meghatározott, lokális elhelyezését leíró HD72 jelű dátum (Hungarian Datum 1972), és a nemzetközileg meghatározott, globális, geocentrikus elhelyezésű WGS 84 (World Geodetic System 1984) dátum (ezt alkalmazzák pl. a GPS mérések esetén).

Geoidundulációk

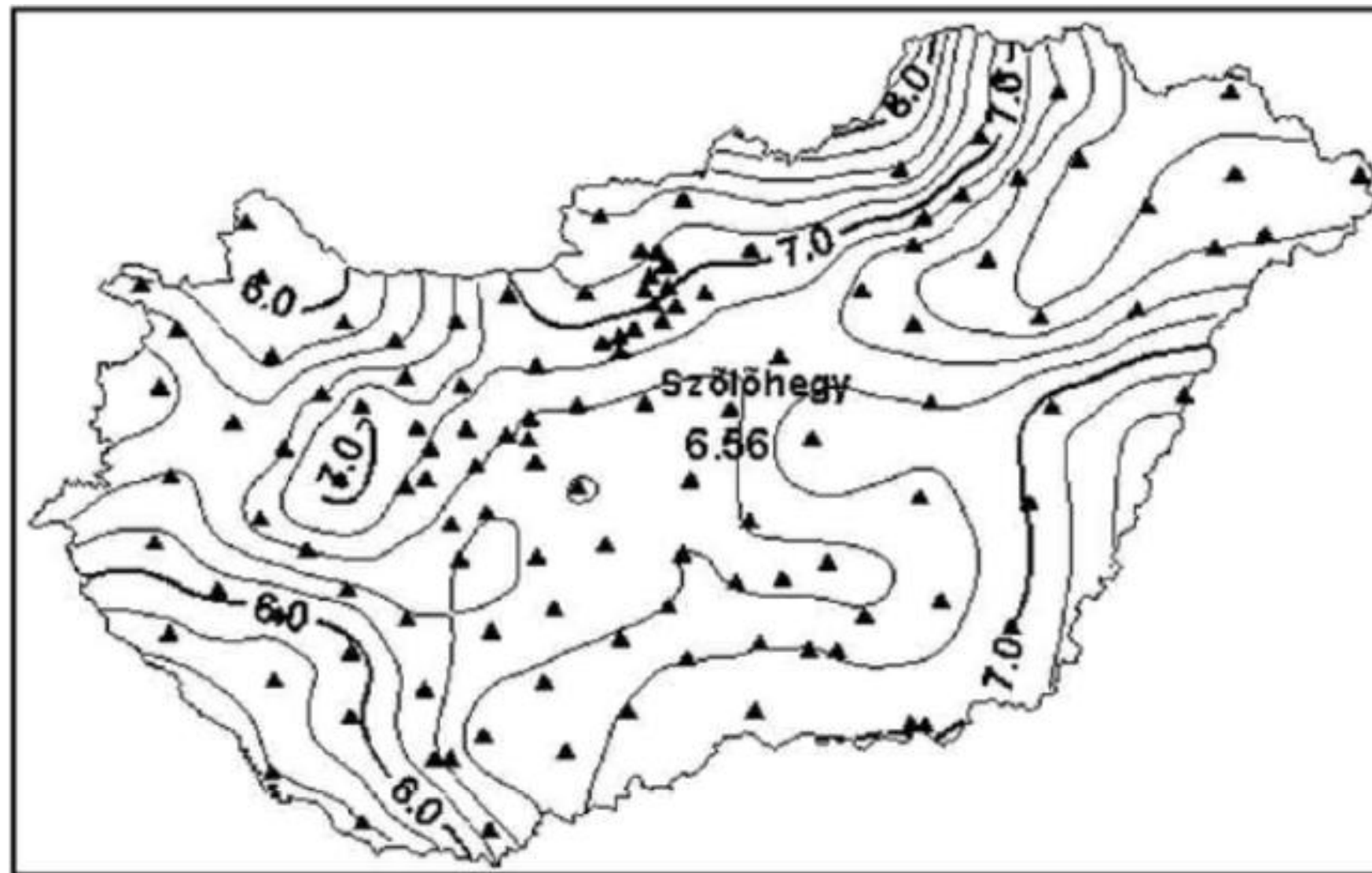
Láthattuk, hogy a geoid nem szabályos geometriai felület, ezért **az ellipszoid és a geoid között** – bármilyen elhelyezés esetén is **eltérések mutatkoznak**. Ezeket az eltéréseket **geoidundulációnak nevezzük**. Az ábrákon látható, hogy csak Magyarország területén a lokális elhelyezés esetén mutatózó (5-8 méter) eltérések és egy globális elhelyezés esetén mutatózó eltérések (36-46 méter) között lényeges különbség van. A WGS 84 rendszer esetén az egész Földre nézve a geoidunduláció értékek a +/- 100 métert is elérik.



Geocentrikus (abszolút) elhelyezésű GRS80 ellipszoidra vonatkozó geoidundulációk térképe. Izovonalköz: 0,2 m. (Ádám at al. 2000)



Az önálló relatív elhelyezésű és tájékozású IUGG 1967ellipszoidra vonatkozó geoidundulációk térképe. Izovonalköz: 0,2 m. (Ádám at al. 2000)



Alapszintfelületek vízszintes és magassági meghatározáshoz

A Föld fizikai felszínén elhelyezkedő **pontok helyének meghatározásakor** úgy járunk el, hogy először a meghatározandó **pontokat a helyi függőleges mentén levetítjük egy alapul választott szintfelületre**. Az alapfelület kiválasztásakor arra törekszünk, hogy a pontok vízszintes értelmű helyzetének meghatározásában ez a helyettesítés csak megengedhető mértékű eltérést jelentsen.

A magassági értelemben viszont az alapfelület és az alapul választott **szintfelület (geoid) közötti eltérés** még a legjobb illesztés esetén is eléri a **több métert**, ill. a több tízméteres nagyságrendet (lásd: geoidunduláció). Magasság méréseinket természetesen ennél pontosabban szeretnénk végrehajtani, ill. az eredményeket megkapni, ezért a **magasságmérésekhez nem a vízszintes mérésekhez használt alapfelületeket használjuk**, hanem a szintfelületek közül választunk egy alapszintfelületet.

Tengerszint feletti magasság

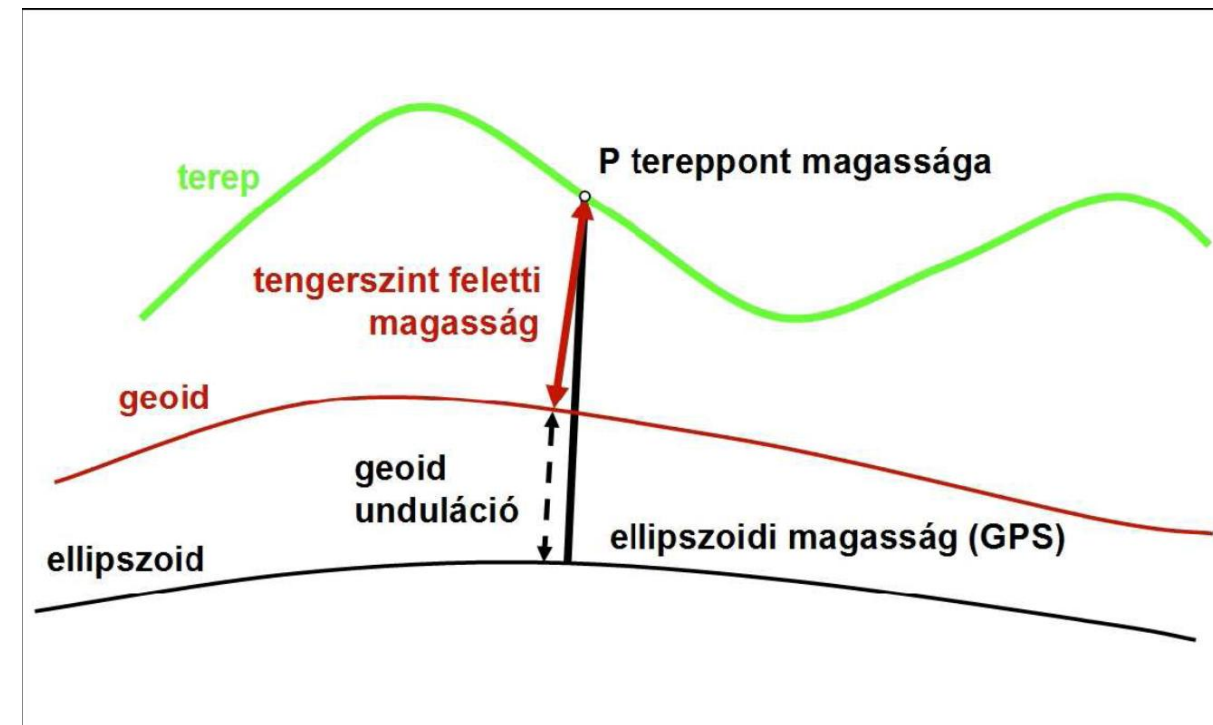
Magasságot csak relatív értelemben tudunk mérni. **Egy magasságot mindig csak valamihez képest határozzunk meg.**

Ősi és a mai napig használt műszereink, a libella és a függő, a helyi vízszintezés a helyi függőlegest jelölik ki számunkra, egy pontban ezekhez képest tudunk méréseket végezni (lásd: pl. magassági szög, zenitszög).

Azonban a helyi vízszintes ill. **a helyi függőleges a szintfelület változásait követi, tehát a nehézségi erőter függvénye és nem egy geometriailag (matematikailag) meghatározható irány.** Ezért a magasság-meghatározás viszonyítási alapjának is a nehézségi erőter által meghatározott szintfelületek közül célszerű választanunk egyet, melyet alapszintfelületnek fogunk tekinteni. A történelem során az alakult ki, hogy **a tengerszint magasságában elhelyezkedő szintfelületet tüntetjük ki,** és így a nehézségi erőternek a tengerszint magasságában elhelyezkedő szintfelülete a magasságmérések **ALAPSZINTFELÜLETE.**

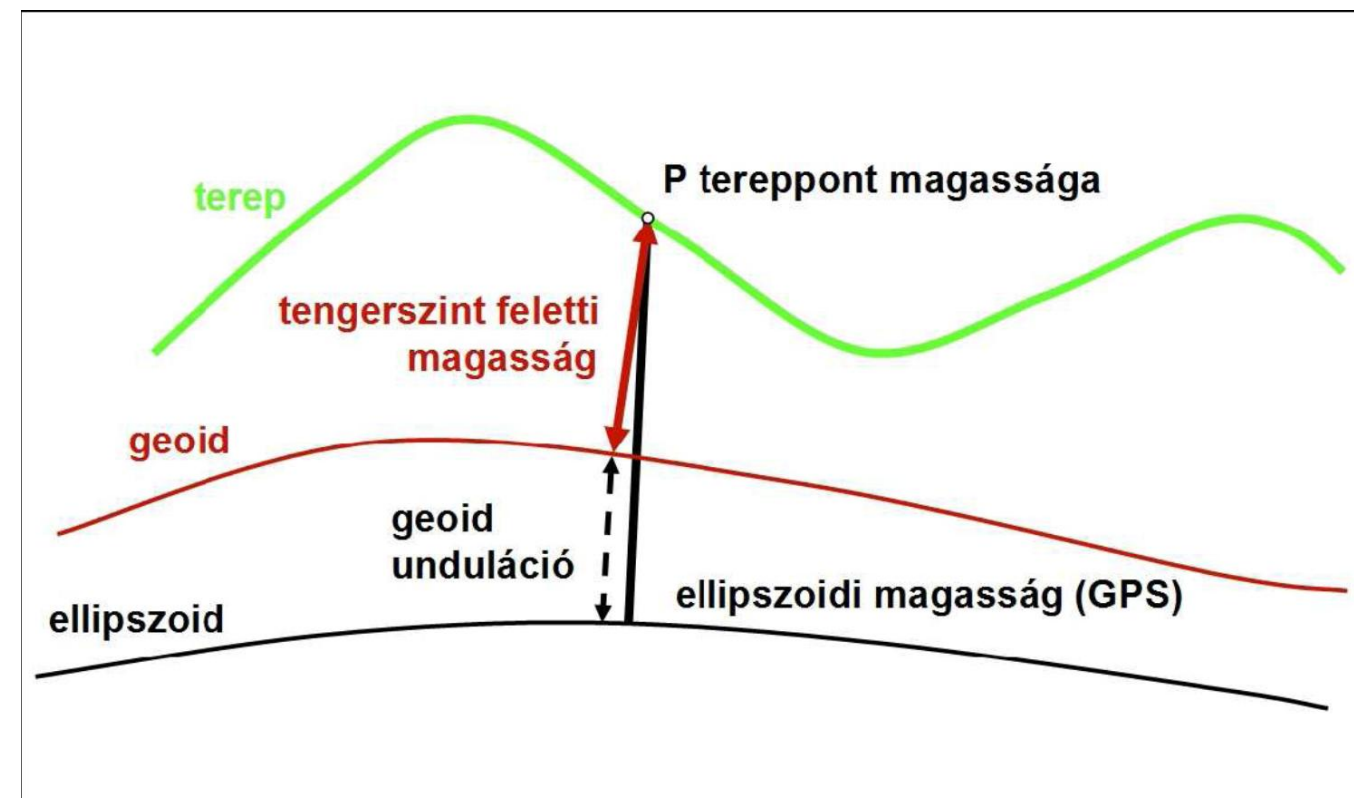
Tengerszint feletti magasság

A tengerszint magasságában elhelyezkedő alapszintfelületről, a kívánczpontig, a helyi függőleges mentén mért távolságot nevezzük **TENGERSZINT FELETTI MAGASSÁG**-nak, és egyben **ABSZOLÚT MAGASSÁG**-nak.



Tengerszint feletti magasság

Azt viszont már korábban láttuk, hogy a nehézségi erőtérenak a tengerszint magasságában elképzelt szintfelületét a Föld elméleti alakjának tekintettük és ez a geoid. Tehát a **tengerszint feletti magasság nem más, mint egy pontnak a helyi függőleges mentén a geoidtól mért távolsága** (ortométeres magasság). A GPS műszerek, navigációs eszközök terjedésével már most érdemes felhívni a figyelmet arra, hogy a GPS méréskor a WGS84 ellipszoid feletti magasságot kapjuk meg. Ha ebből tengerszint feletti magasságot szeretnénk kapni, akkor a minden pontban a geoidunduláció értékét is figyelembe kell vennünk, hiszen ennek értéke több tíz méter is lehet.



Középtengerszintek

A magasságmérések viszonyítási alapja a geoid (ortometrikus magasságok), amely a tengerszint magasságában helyezkedik el. Tenger azonban több is van, és **a tengerek szintje időben változó**. A gyakorlatban **ezért egy konkrét tenger egy adott pontjában, egy adott időszakban meghatározott középtengerszintjét választjuk alapul**.

Magyarországon **1875-től** a földmérési munkák során és a topográfiai térképeken is **az adriai (nadapi)** magasságot használták, majd 1953-tól a katonai térképészetben és **1958-tól** a polgári földmérési és térképészeti munkáknál is kötelezően **a balti magasságot használjuk**.

Az adriai középtengerszintet 1875-ben a trieszti kikötőben lévő Molo Sartorio mareográfján határozták meg. A Bécsi Katonai Földrajzi Intézet a volt Monarchia területén hét magassági főalappontot létesített, melyek magasságait mérésekkel a trieszti vízmércétől vezetett le. Egy ilyen főalappont esik a mai Magyarország területére, ez a Nadapi főalappont, mely a Velencei tó északi oldalán, Nadapközség határában található.

Középtengerszintek

A főalappont magassága az adriai tengerszint felett **173,8385 méternek adódott**, mely azonban később **hibásnak bizonyult**, egyrészt a középtengerszint nagyobb időszakra számított értéke, másrészt a magasságmérés közben elkövetett hibák miatt. **Ezért a számértékek változatlanul hagyása mellett**, magassági alapszintnek azt a szintfelületet fogadták el, mely a Nadapi pont alatt 173,8385 méterre helyezkedik el, és az ehhez viszonyított magasságokat **nem adriai, hanem Nadapi magasságnak nevezték.**

Középtengerszintek



Trieszt, Molo Sartorio-n a
mérőállomás, Adriai tenger
szintje, 1875



Nadapi ősjegy

Az Osztrák-Magyar Monarchia területén az 1875 után levezetett hét magassági főalappont

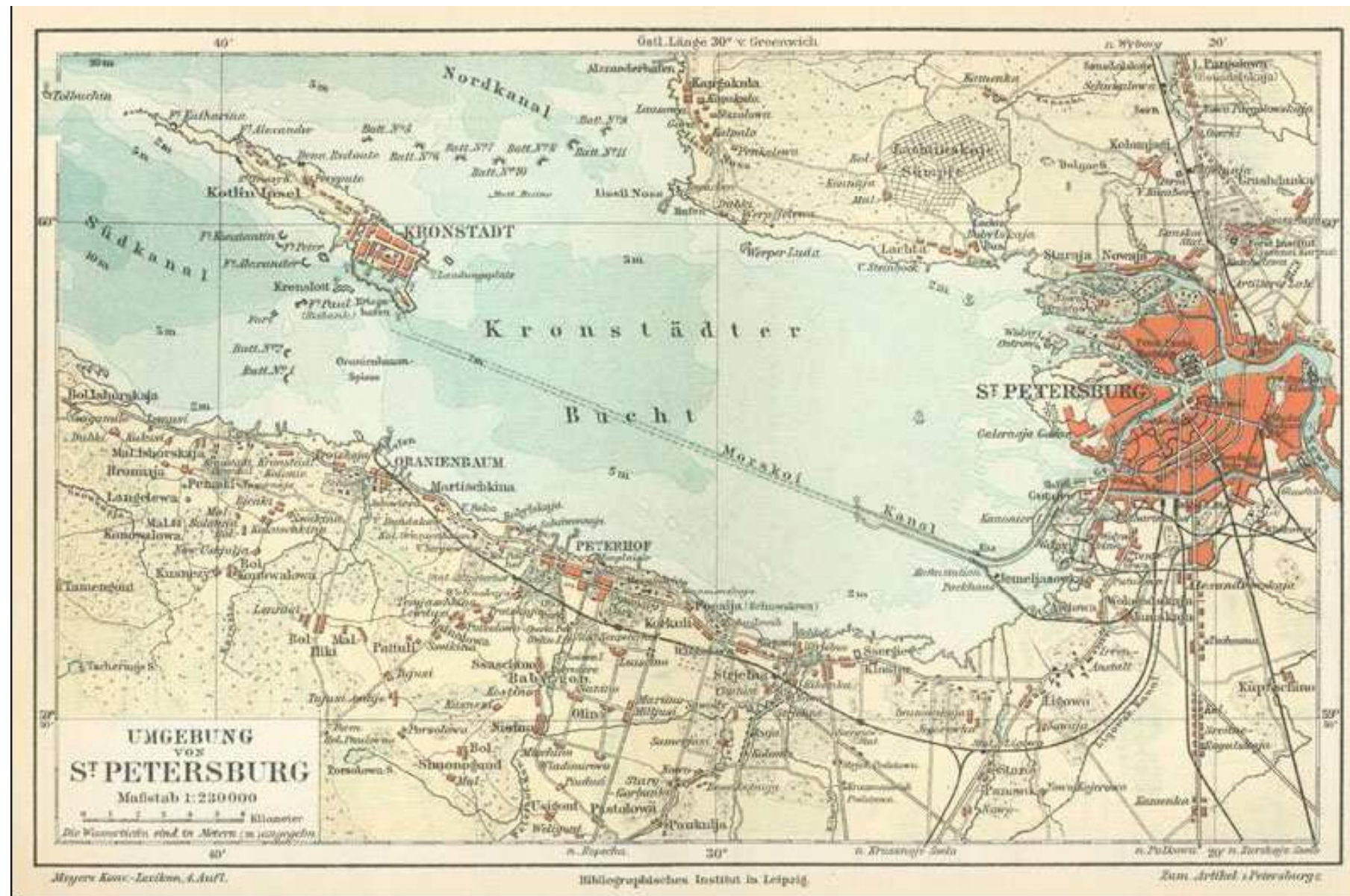
Magassági jegy	Helység, környék	magasság
Pénzügyőrház (magasságjegy)	Trieszt, Molo Sartorio mellett	3,3250
Maria Rast	Bolzano	295,5974
Franzenfeste	Klagenfurt	736,4138
Lisov	Ceske Budejovice	565,0336
Nadap I.	Velencei hegység	173,8385
Kláraszikla	Ruttka	371,0241
Terebes	Ukrajna	367,6216
Vöröstorony	Olt-áttörésnél	359,6245

Az Osztrák-Magyar Monarchia területén az 1875 után levezetett hét magassági főalappont



Balti tenger, kronstadti öböl

A balti középtengerszintet a Balti tengeren a Finn-öbölben, a Szentpétervár közelében lévő kronstadti kikötő vízmércéjén határozták meg. Ehhez viszonyítva a Nadapi főalappont magassága 173,1638 méter.

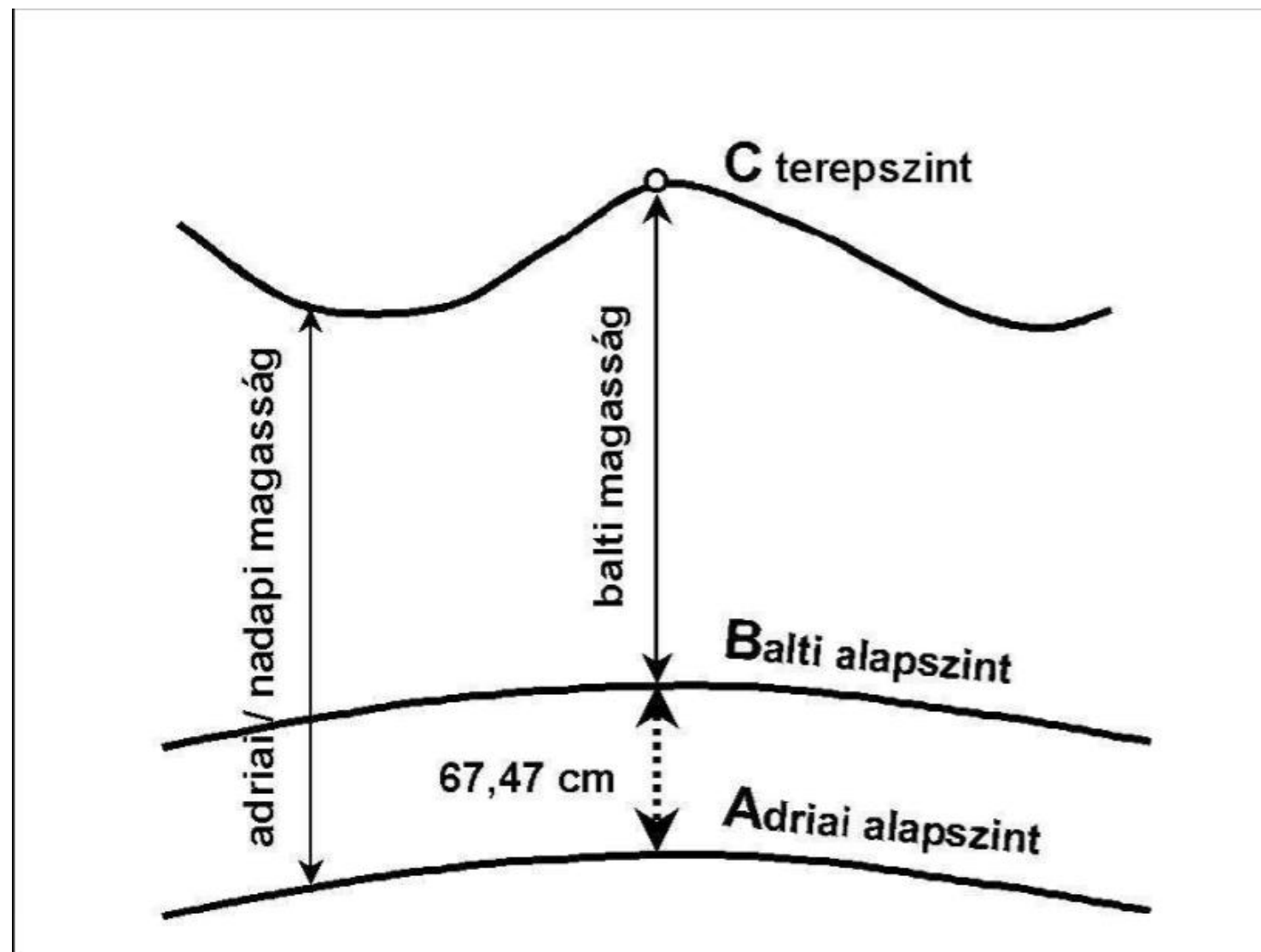


Kronstadti vízmérce



Kronstadt-i vízmérce

A balti alapszint tehát magasabban van, mint az adriai/nadapi alapszint, ezért egy tereppont tengerszint feletti magassága 67,47 cm-rel kisebb a balti magassági rendszerben, mint a nadapi magassági rendszerben.



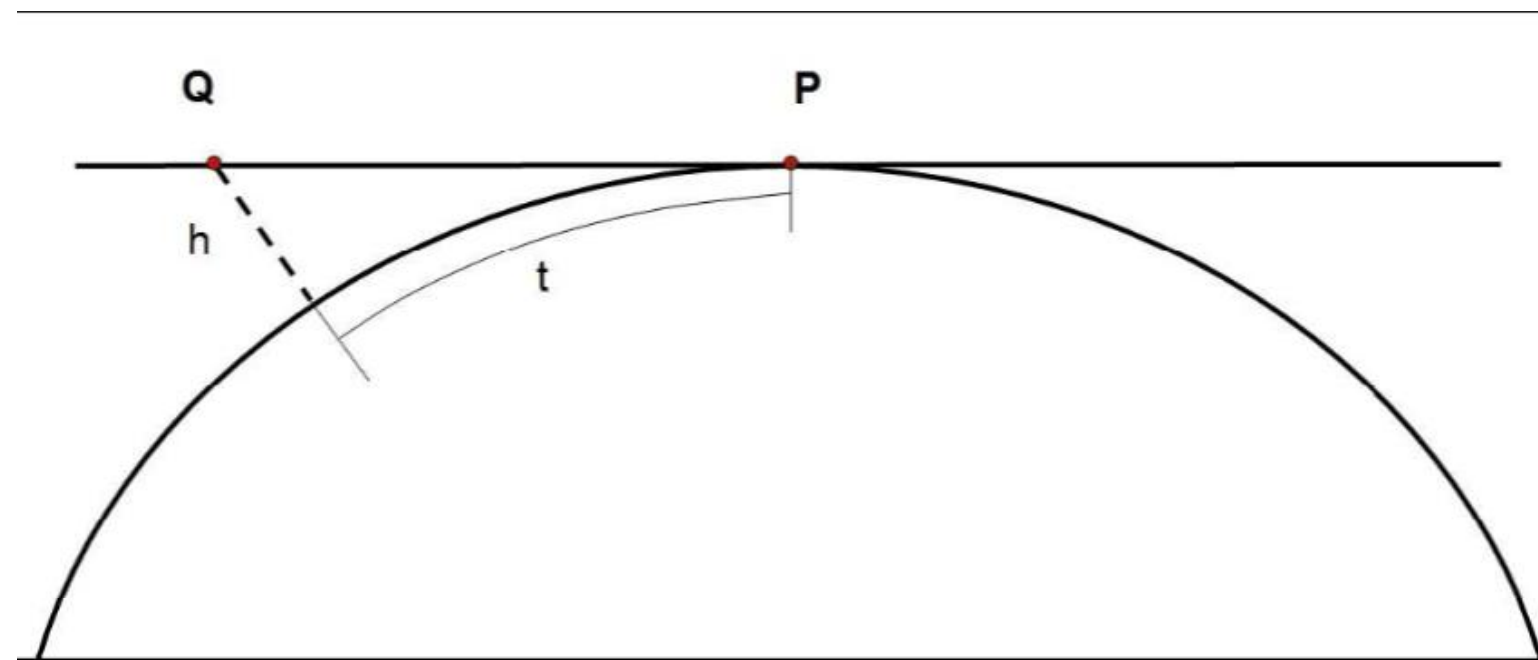
Adriai és balti magassági alapszintfelületek különbsége

Az adriai és a balti középtengerszintek egyike sem jelentett ill. ma sem jelent nemzetközileg egységes alapszintfelületet. **Az egyes országok, különösen, ha közvetlen tengeri kapcsolattal rendelkeznek, saját középtengerszintet alkalmaznak alapszintfelületnek.** Néhány példa:

- Németország Amsterdam-i vízmérce, (Normalnull),
- Olaszország Genova-i vízmérce,
- Svájc Marseille-i vízmérce,
- Szlovénia Trieszt-i vízmérce, (1900).

Alapszintfelület közelítő felülete

Amíg a vízszintes értelmű mérések feldolgozásához, a számítások egyszerűsítése érdekében közelítő alapfelületeket alkalmaztunk, addig a **magasságmérések esetén nem alkalmazunk közelítő felületet!** Hiszen láttuk, hogy a geoid –ellipszoid illesztése esetén a legjobb esetben is métereselek eltérések adódnak. Ekkora eltérések a magassági adatokban nem engedhetők meg.



Gömb és az érintő sík távolsága

Alapszintfelület közelítő felülete

Magasság meghatározásoknál a földgörbület hatásával már néhány száz méter távolság esetén számolnunk kell. Ennek szemléltetésére nézzük meg, hogy egy 6378 km sugarú gömb és az őt érintő sík távolsága az érintési ponttól távolodva hogyan változik.

vízszintes távolság az érintési ponttól (t) km	az érintő sík és a gömb távolsága (magasság különbség, h) m
1	0,08
2	0,31
3	0,71
4	1,25
5	1,96
10	7,85
20	31,38
30	70,61
40	125,50
50	196,10
100	784,60
200	3138,00

Vízszintes érintő sík és a 6378 km sugarú gömb eltérései

Önellenőrző kérdések:

1. Egy gömb felszínén milyen adatokkal határozhatjuk meg egy pont helyzetét?
2. Mit értünk földrajzi koordinátákon?
3. Mi a loxodroma, az ortodroma és az azimut?
4. Mi a Föld elméleti alakja? Hogyan definiáljuk?
5. Mit értünk helyi függőlegesen és helyi vízszintesen?
6. Mi a magassági szög és a zenitszög?
7. Mik a geoid közelítő felületei?
8. Milyen ellipszoidokat használunk Magyarországon alapfelületként?
9. Mi a geodéziai dátum?
10. Mi a geoidunduláció?
11. Mi az alapszintfelület?
12. Mit értünk tengerszint feletti magasságon?
13. Mi az adriai és a balti magasság?
14. Az ekliptika, forgás tengely, tengelyferdeség?
15. Napéjegyenlőség, napforduló,
16. Csillagászati dátumok?
17. A geodézia feladata és ágai?

Köszönöm a türelmet !



Felhasznált irodalom: Krauter A. Geodézia

Házi feladat !

***A következő diák tartalmát önállóan kell
elsajátítani!***

A Föld méretének meghatározása

Poszeidoniosz (i.e. 103-19 ~ i.e 1.század):

Rhodosz és Alexandria földrajzi szélességkülönbségét a Kanopusz csillagkép segítségével határozta meg és sugarat a következő intervallumba helyezte : $5300 \text{ km} \leq R \leq 7066 \text{ km}$

Al-Mammum (827-ben ~ 9. században):

Bagdadtól ÉNY-ra, a Szindsár- sivatagban végzett fokmérést és a Föld sugarát $R = 7013 \text{ km}$ -ben határozta meg.

Fernel (1497-1558 ~ 16. században):

1525-ben Párizs és Amiens között végzett fokmérést: a földrajzi szélességkülönbségét kvadránssal, a távolságot kocsi kerekének a fordulatszámának segítségével mérte s így $R = 6373,2 \text{ km}$.

A Föld fizikai alakja

A felszíni vizek nyugalomban képzelt felülete geoid.

A folyadékfelszín alakját a Föld nehézségi erőtere határozza meg.

$g = b + \zeta$ ahol a g a nehézségi gyorsulás (egységnyi tömegre ható erő)

b a gravitációs gyorsulás,

ζ a centrifugális gyorsulás

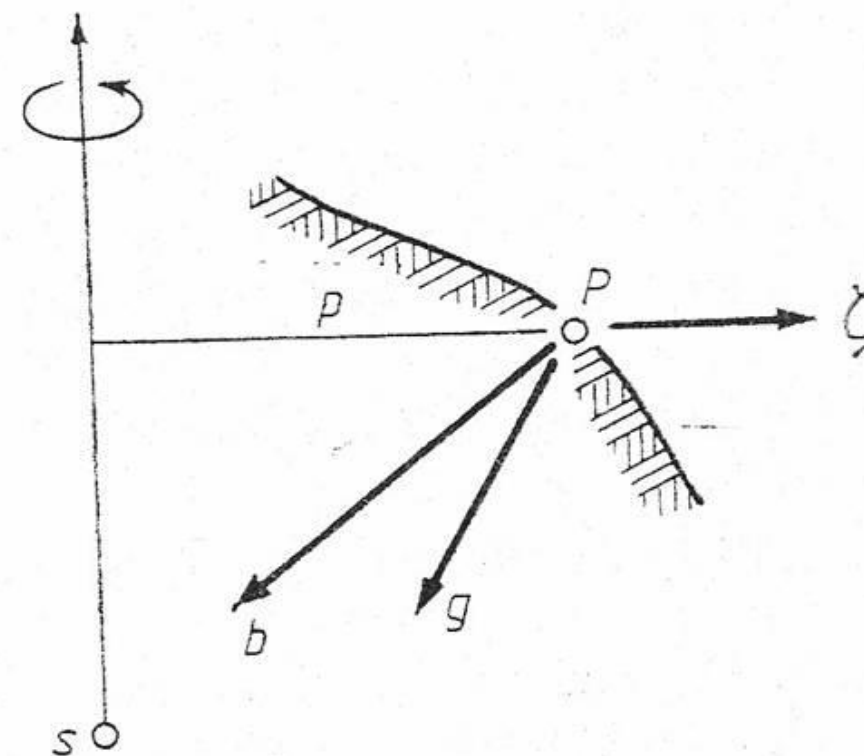
A Földet korábban **lapos korongnak** képzelték.

A XVII.szdz-ig **gömb**.

Newton a tömegvonzás és a centrifugális erő) ismeretében bebizonyította, hogy a gömb a folyadék egyensúlyi alakja.

Így gömb nem lehet, forgási elipszoid kell hogy legyen.

Számítások, mérések célja: a, b tengelyek hosszának megállapítása.



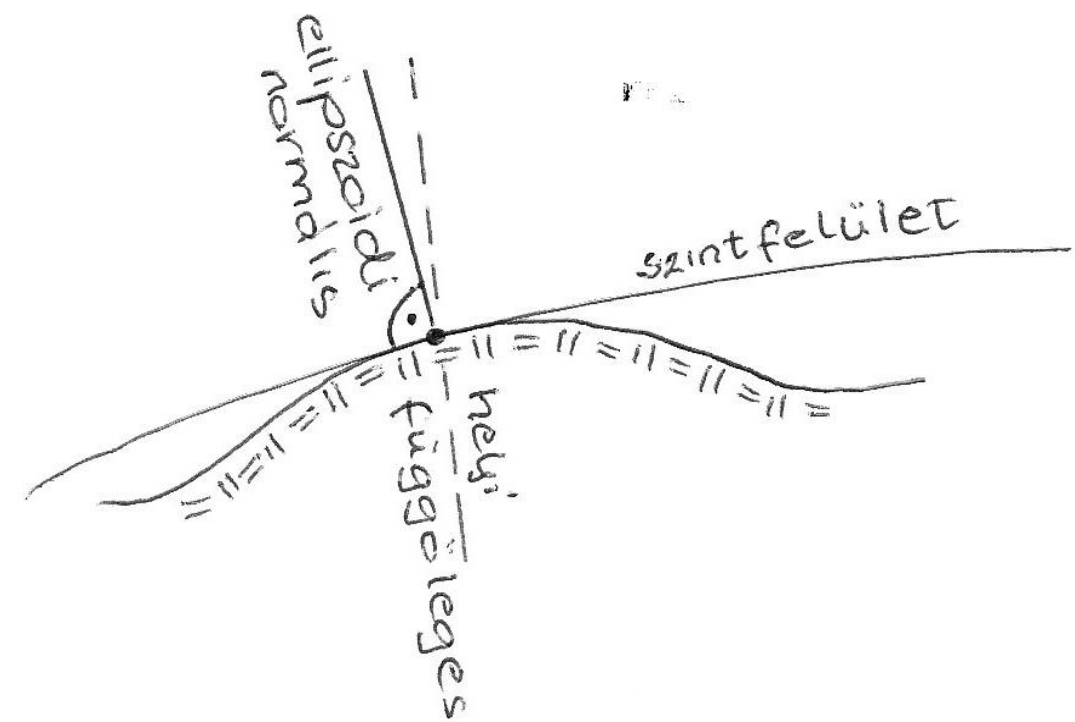
A Föld tömegeloszlása 2.

Föld alakja nem más mint :

valamely tenger
középtengerszintje közelében
kijelölt ponton áthaladó
szintfelület.

Ez a Föld elméleti
(matematikai alakja) a GEOID.
Pillanatnyi eltérések
(tengerfelszínek) a geoidtól
+/- 15 m-en belüli értékek.
(Hosszabb időtartamban a
középérték +/- 2 m lehet.)

Ez a tengerfelszín topográfiája



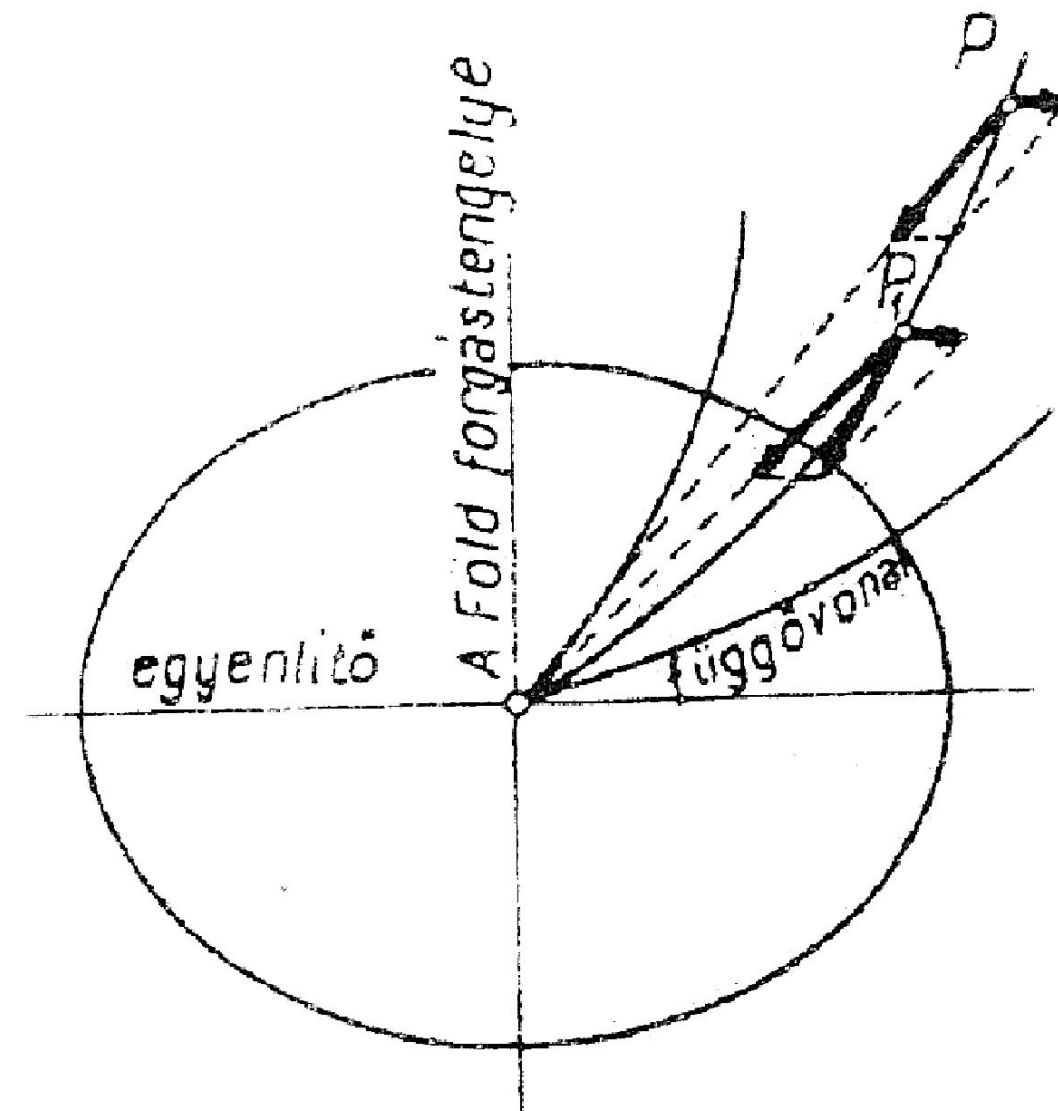
Függővonalak 1.

A függővonalat vetítővonalnak nevezzük.

Szintfelület, nem más mint a nehézségi erő azonos potenciájú, pontjainak felülete.

Föld forgásából ered	Föld tömegvonzásából ered a
Centrifugális erő	gravitációs erő
eredője	
nehézségi erő	
Galileo → jele „G” (gal)	

A nehézségi erő függ a tömegtől!
Ha a tömeg 1 gr., akkor számszerű
értékben
nehézségi erő = nehézségi gyorsulás
(bár dimenziójuk különböző)



Függővonalak 2.

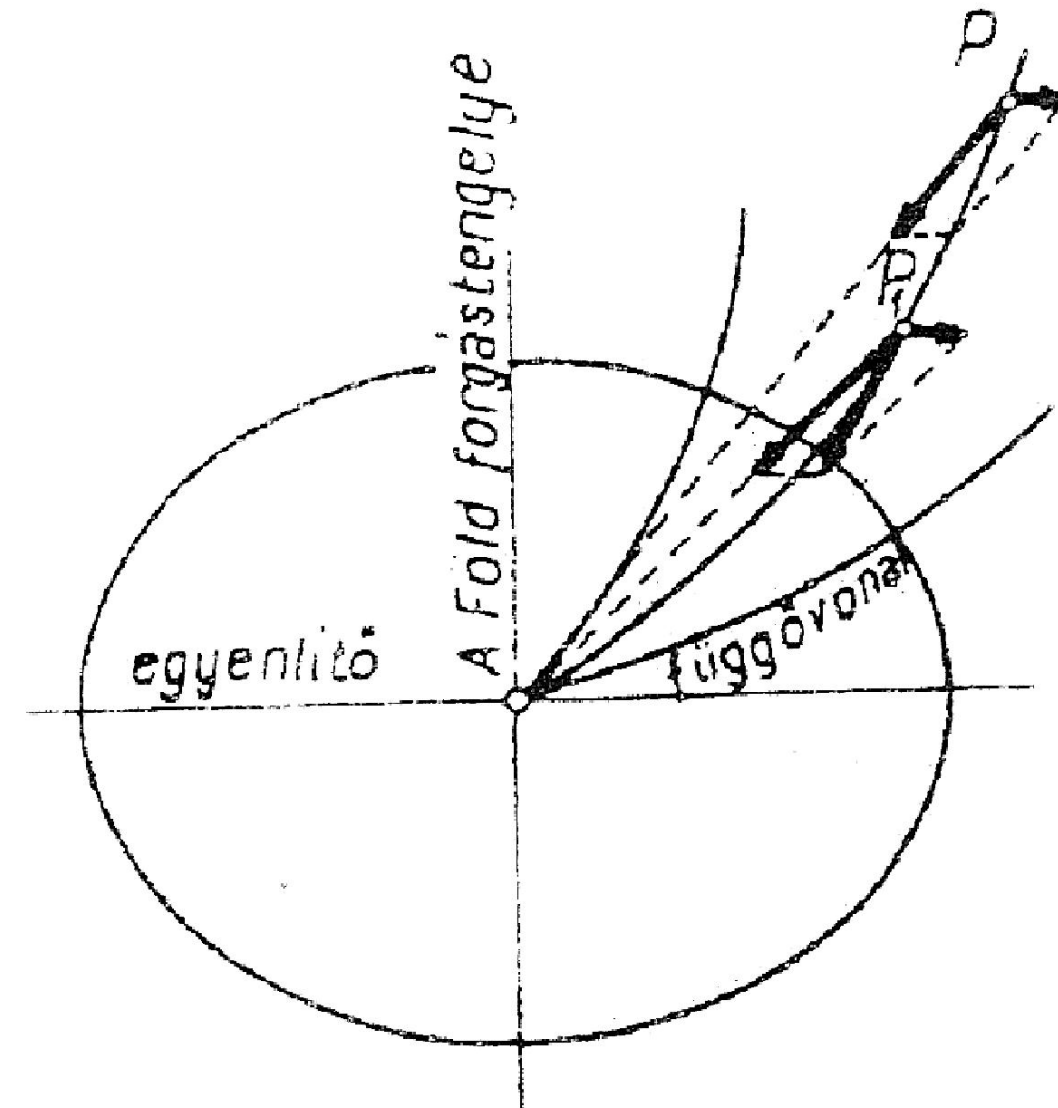
A Föld tömegvonzásának iránya kb. tömegközéppontja felé mutat. (nagysága a tömegközépponttól mért távolság négyzetével fordítva arányos)

A Föld forgásából eredő centrifugális erő iránya merőleges a Föld forgástengelyére (nagysága a forgástengelytől mért távolsággal egyenesen arányos).

A függővonal minden pontjában a nehézségi erő irányához simul! Olyan görbe, amely homorú oldalát mutatja a Föld forgástengelye felé.

Ha a tömegeloszlás egyenletes lenne akkor síkgörbe alakot venne fel, de mivel nem egyenletes, így térgörbe.

Függővonal görbülete változik ahol a közeg sűrűsége változik!



A függővonal elhajlás elméleti meghatározásai

1. Helmert féle elhajlás

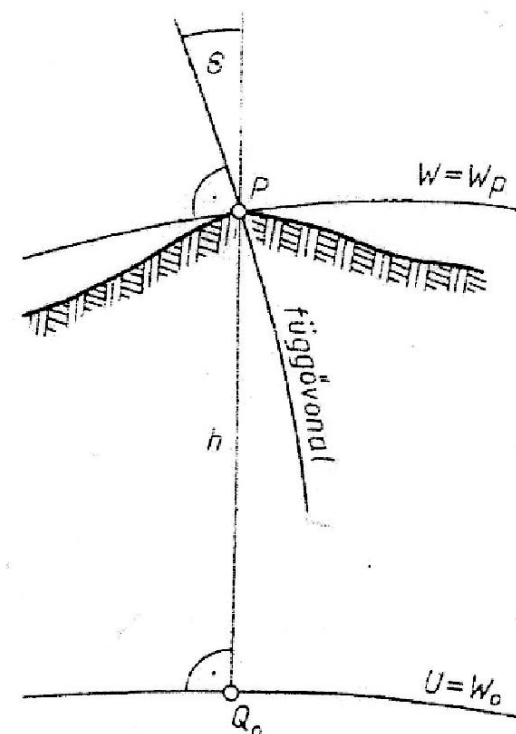
A felszíni pont függővonalának a pont ellipszoidi normálisával bezárt szöge

2. Pizetti féle elhajlás

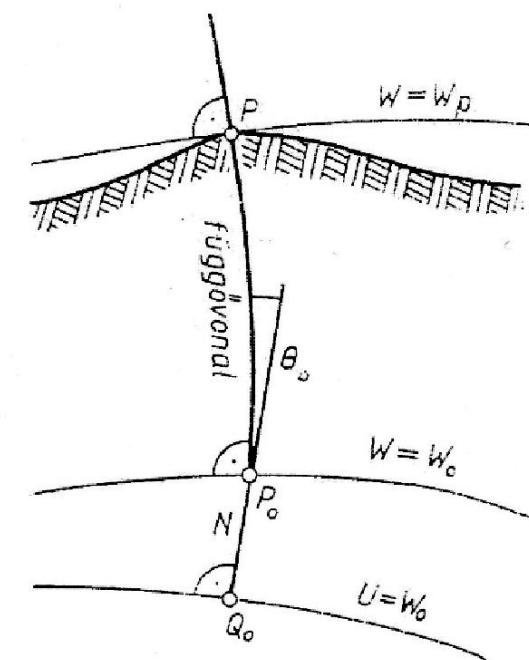
θ_0 az a szög, amelyet a P felszíni pont P_0 vetületében a függővonal az ellipszoidi normálissal bezár. (Először a P pontot a függővonal mentén a geoidra kell vetíteni.)

N a geoidunduláció

HELMERT FÉLE



PIZETTI FÉLE



$$\delta = \frac{\Delta}{3}$$

Geodéziai vonal tulajdonságai 1.

Szerkesztés lépései

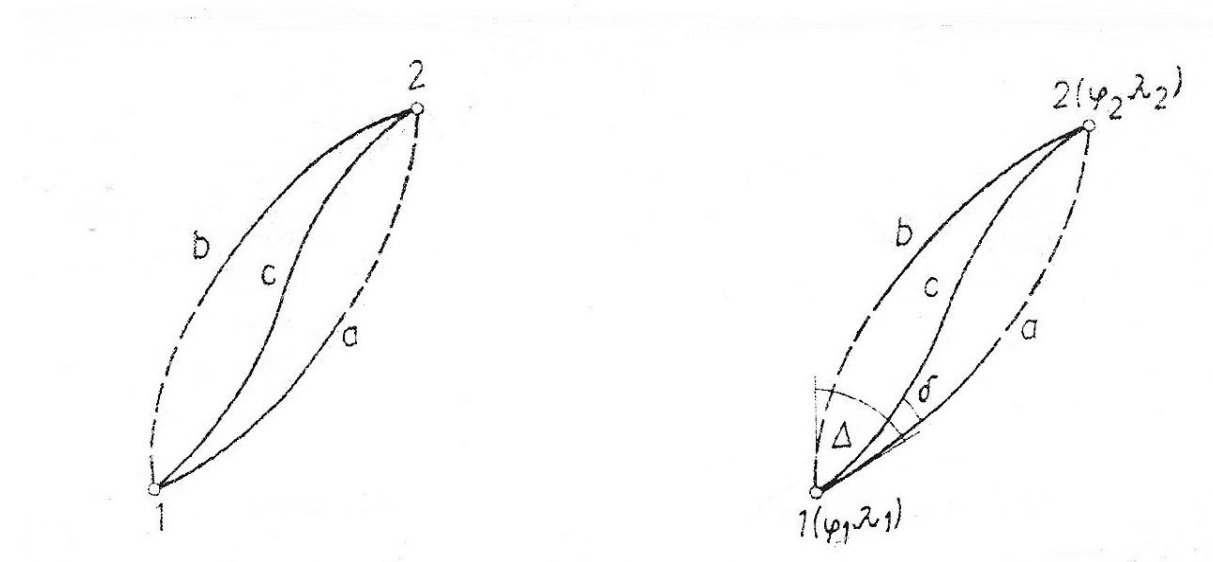
1. Fekteszünk az 1-es pont felületi normálisán és a 2-es ponton egy síkot, amely az „a” görbét metszi ki.
2. Fekteszük a 2-es pont felületi normálisán és az 1-es ponton egy síkot, ez a „b” görbét metszi ki.

A gyakorlatban:

1. Ha teodolittal felállunk az 1-es pontra és megirányozzuk a 2-es pontot, úgy az irányvonalnak az „a” görbe 1 pontbeli érintője (2-es pontban fordítva)

Ahhoz, hogy geodéziai méréseink egyértelműek legyenek, olyan görbe kell, amely „a” és „b” görbékhez képest egyértelműen meghatározott.

GEODÉZIAI VONAL



$$\delta = \frac{\Delta}{3}$$

Geodéziai vonal tulajdonságai 2.

Vonal hossza a legrövidebb az 1,2 pontok között.

Hossztérése az „a” és „b” hosszaktól minimális.

Az 1,2 pont távolságát távmérővel mérve (Fermi elv alapján) a legrövidebb távolságot tehát a geodéziai vonalat mérjük.

Bizonyítható, hogy a geodéziai vonal és a normál metszet közötti szög

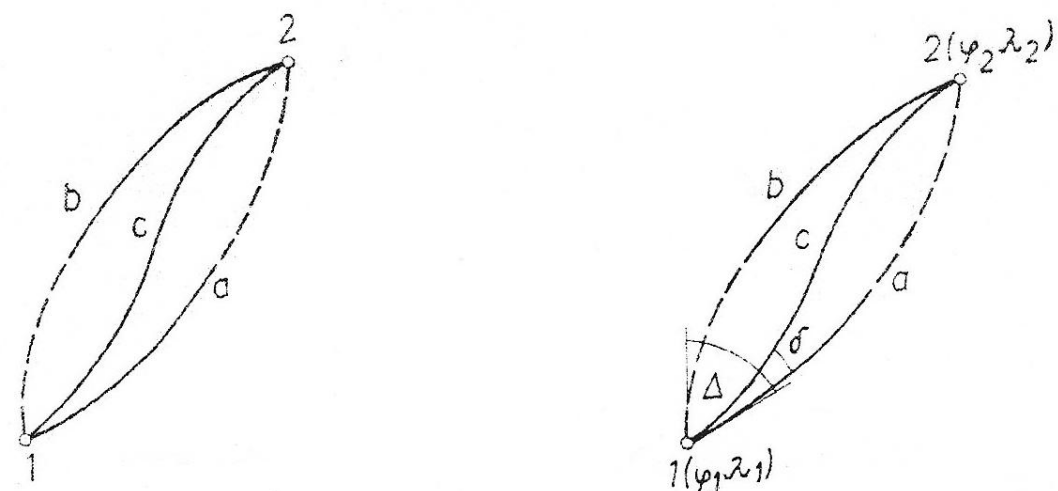
$$\delta = \Delta/3$$

irányméréseinket redukálnunk kell a geod.vonalakra $\pm \delta$ javításokkal.

Ezt az első és második irányredukciókkal érhetjük el.

Szögtartó vetületeknél az első irányredukció értéke 0, így csak a másodikkal kell számolnunk.

GEODÉZIAI VONAL



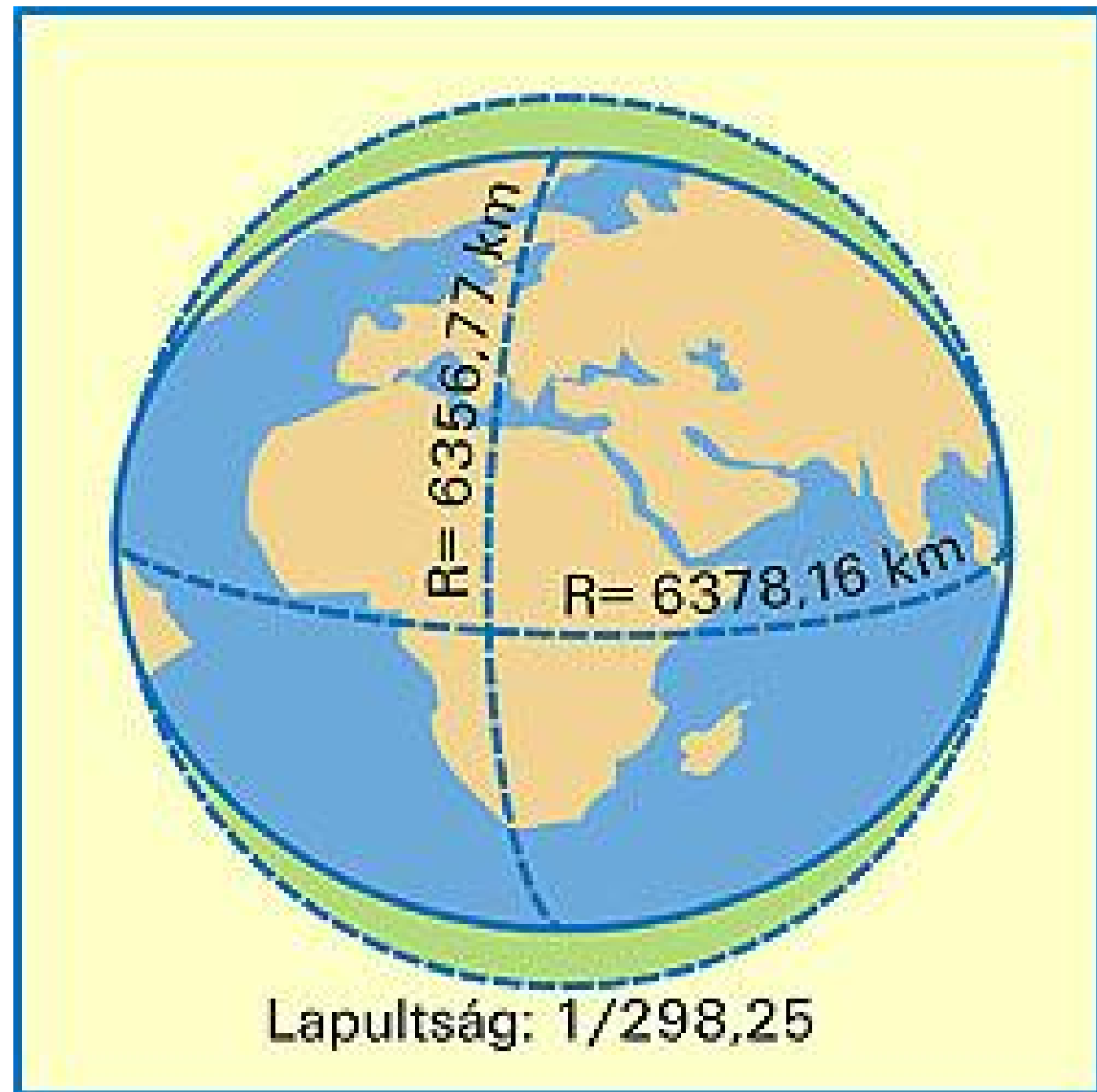
Angol Francia földalak vita

A franciák a Cassini család mérései alapján a sarkoknál kicsúcsosodó földalakot fogadtak el. Ezzel szemben az angolok olyan forgási ellipszoidnak tartották a Földet ,melynek a sarki átmérője rövidebb.

A vitás kérdés eldöntésére a Francia Tudományos Akadémia expedíciókat szervezett Peruba, majd egy évvel később Lappföldre , hogy méréseket végezzenek az ellipszoid meridián egyfoknyi ívhosszának meghatározására. Peruban ez az ív rövidebbnek bizonyult, mint Lappföldön , így ezek az eredmények a pólusainál lapult ellipszoid alakot igazolták.

A Föld alakja

➤ Forgási
ellipszoid?



Földalak meghatározás



Az angol francia ellentmondás feloldása Gauss nevéhez fűződik. Gauss (1777-1855)

Megállapította, hogy Föld felszíne olyan felület, amely a nehézségi erő irányát mindenütt merőlegesen metszi, és amelynek egy részét a világtenger felszíne valósítja meg.

A nehézségi erő irányát viszont minden pontban a Föld szilárd része és annak egyenlőtlen sűrűsége, valamint a centrifugális erő határozza meg. Mivel a Föld belsejének különböző sűrűségű övezetei nem egyenletesen helyezkednek el, ezért a nehézségi erő eloszlása is szabálytalan. A szintfelületek a sarkok felé kissé összetartanak. E szerint továbbra sincs akadálya annak, hogy a Földet, mint egészt forgási ellipszoidnak tekintsük, amelytől a valódi felszín hol erősebb, hol gyengébb undulációkkal eltér.

A föld-alakot közelítő felületek

Földet közelítő matematikailag jól megfogható felületek:

- 3 tengelyű ellipszoid a legjobb közelítés)
- 2 tengelyű (=forgási) ellipszoid
- gömb (a legalacsonyabb szintű, még elfogadható közelítés)

- Földdel azonos térfogatú gömb

- Földdel azonos felszínű gömb

Gauss-gömb_{régi} = 6.378.512,966 m (*Bessel*-ellipszoid)

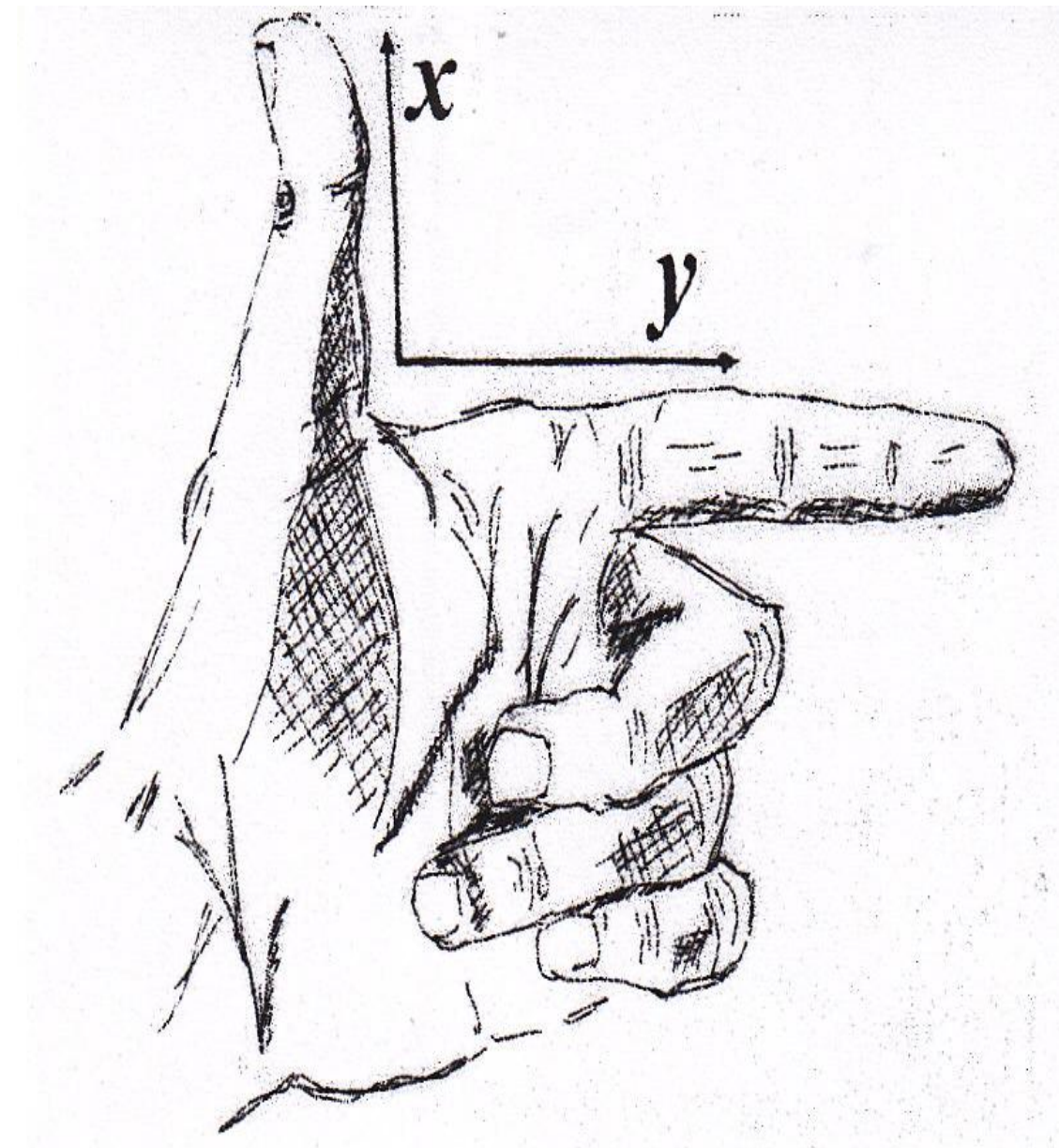
Gauss-gömb_{új} = 6.379.743,001 m (IUGG/1967-ellipszoid)

Nevezetes forgási ellipszoidok

<i>NÉV [hely] (év)</i>	<i>a (km)</i>	<i>b (km)</i>	<i>L=(a-b)/a</i>
Fokmérésnél használt (1799)	6375,7390	6356,6665	1:334,290
Walbech (1819)	6376,8960	6355,8340	1:302,780
Everest (1830)	6377,2330	6356,0750	1:300,800
Bessel (1841)	6377,3970	6356,0790	1:299,150
Clarke (1866)	6378,2060	6356,5840	1:294,988
Clarke (1880)	6378,2490	6356,5150	1:293,460
Helmert (1901)	6378,2000		1:298,300
Hayford (1906)	6378,2830	6356,8680	1:297,800
Hayford (1910)	6378,3880	6356,9120	1:297,000
Kraszovszkij (1936)	6378,2100	6356,8490	1:298,660
Kraszovszkij (1942)	6378,2450	6356,8630	1:298,300
IAU [Hamburg] (1964)	6378,1600		1:298,250
IUGG (1967)	6378,1600	6356,7740	1:298,247
IAG [Grenoble] (1976)	6378,1400		1:298,257
IUGG [Canberra] (1980)	6378,1370	6356,7520	1:298,257
WGS (1984)	6378,1370	6356,7523	1:298,257
Airy (?)	6377,5634	6356,2569	1:299,320

Kétdimenziós koordinátarendszer

A pontok helyzetét számszerű formában koordinátákkal adjuk meg. A geodéziában leggyakrabban Descartes-féle derékszögű koordinátákat használunk. Ehhez fel kell venni a kezdőpontot mely a koordinátarendszer origója, és fel kell venni egy kezdő irányt, ez rendszer x tengelye. A másik tengelyt úgy kapjuk (y), hogy az x tengelyt pozitív irányba elforgatjuk az origó körül. A pont helyzetét a koordinátarendszerben két távolság adattal adhatjuk meg úgy, hogy a pontot az y tengellyel párhuzamos egyenessel az x tengelyre vetítjük és a pont x koordinátája az origó és az x tengelyre vetített pont távolsága. Az y koordinátákat hasonlóan határozzuk meg.



Poláris koordináták

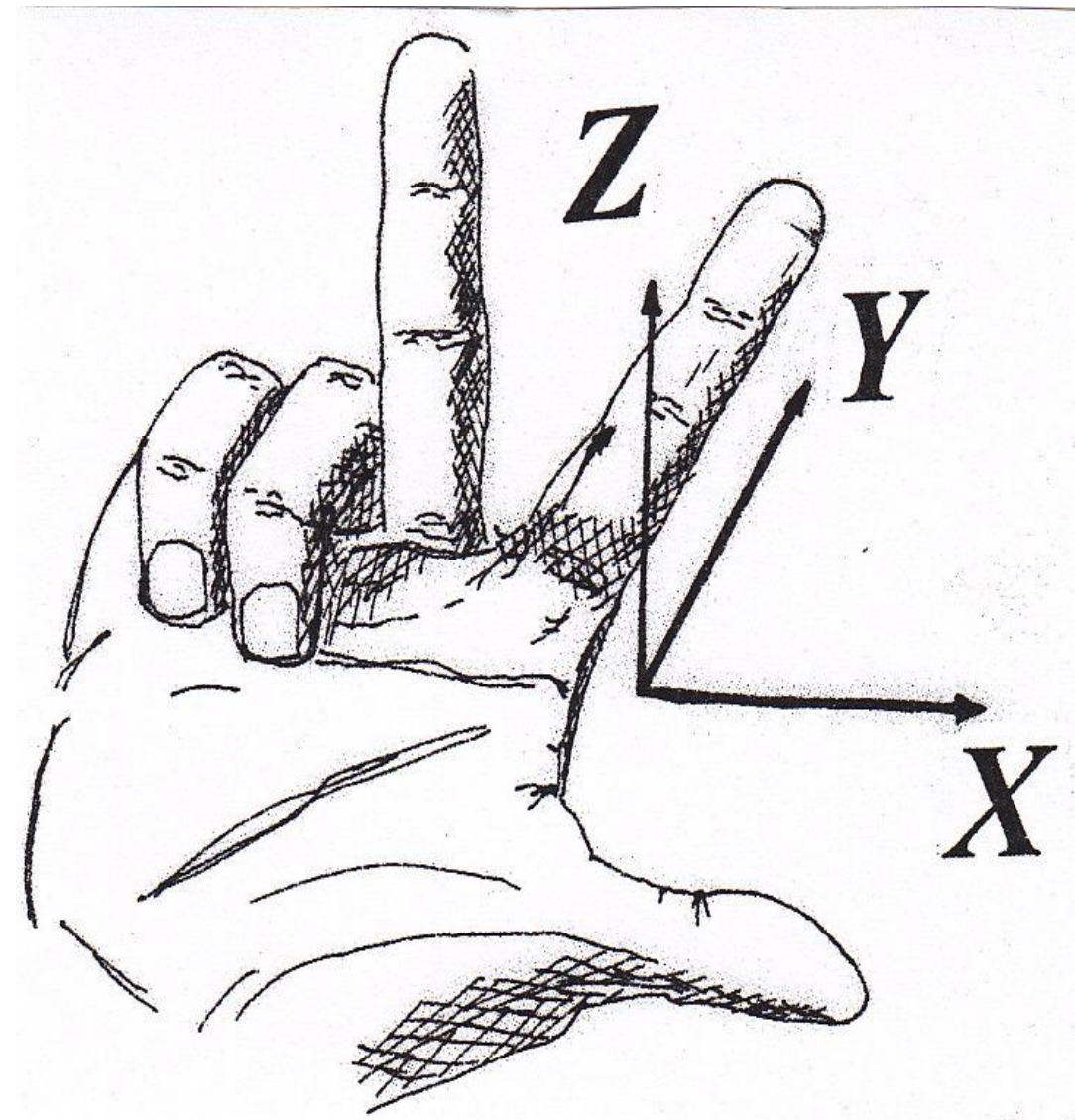
Gyakran használunk poláris koordinátákat is. Ebben az esetben a pont helyzetét az origótól mért távolsággal és a távolság irányával adjuk meg.

A geodéziában a koordináta rendszer lehet országos vagy helyi a rendszer érvényességi területe alapján. Az országos rendszerben a koordináta rendszer kezdőpontját földrajzi koordinátákkal adják meg. A kezdő irányt vagy az északi vagy a déli iránynak megfelelően választják meg.

A helyi koordináta rendszerek egy kisebb területen érvényesek. Legegyszerűbb esetben ez egy, egyetlen mérési vonal, de lehet egy lakótömbre, vagy egy ipartelepre kiterjedő is.

Háromdimenziós koordinátarendszer

A térbeli rendszer három koordináta tengelye páronként egymásra merőleges. Az egyes tengelyeket x, y, z tengelyeknek nevezzük. Ha az x, y és z tengelyek úgy követik egymást mint a jobb kezünk hüvelyk-mutató és középső ujjá, akkor jobbsodrású rendszerről beszélünk. Ha a koordináta tengelyek a bal kezünk ujjainak felelnek meg, akkor balsodrású rendszerről beszélünk. Földhöz kötött koordináta rendszerként a koordináta tengelyeket úgy helyezzük el, hogy az x tengely a Földi egyenlítő síkjában legyen és Greenwichi meridián irányába mutasson. Az y tengely a Földi egyenlítő síkjában fekszik és merőleges az x tengelyre. A z tengely a Föld forgástengelyének északi ága.



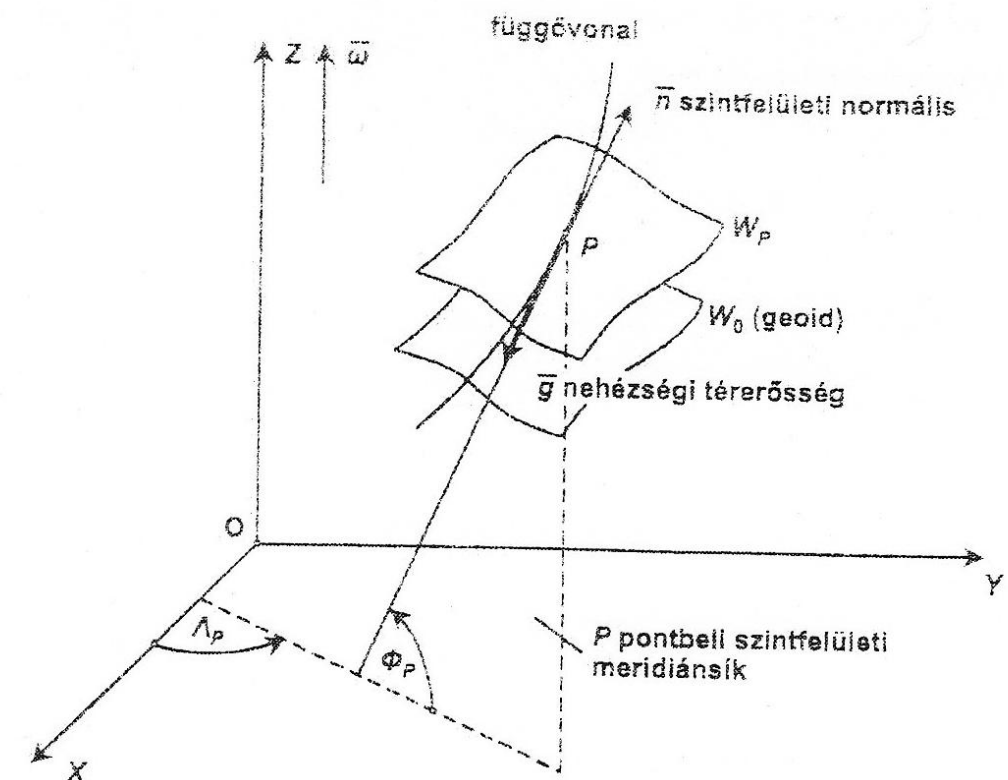
Szintfelületei (csillagászati) koordináta-rendszer 1.

Jellemzői:

z $\parallel$ a Föld forgástengelyével
 xz síkja $\parallel$ Greenwichi kezdő
meridián síkkal.

Ha a sík változik, akkor
változik a Föld forgástengelye,
az un. pólusmozgás követke-
ztében jön létre.

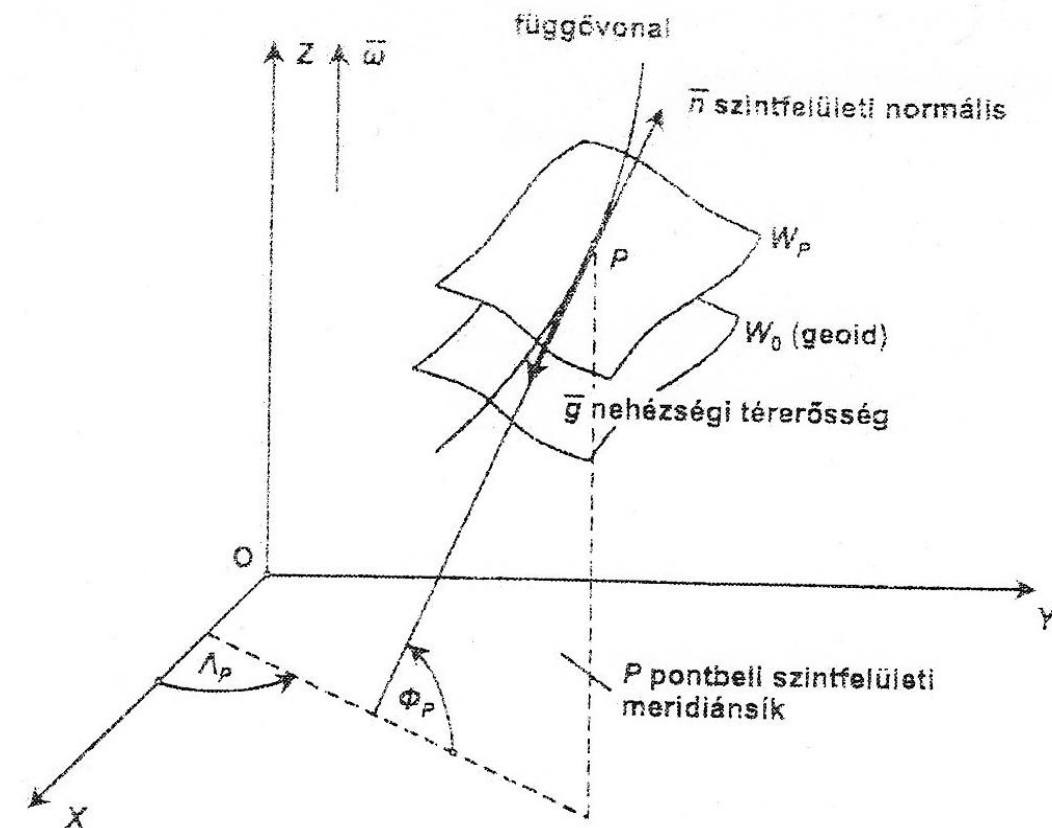
A forgás tengely alatt közepes
értéket kell érteni, melyet az
„IERS” (International Earth
Rotation Service) határoz meg.



Szintfelületei (csillagászati) koordináta-rendszer P pontja

A „P” pont helyzete

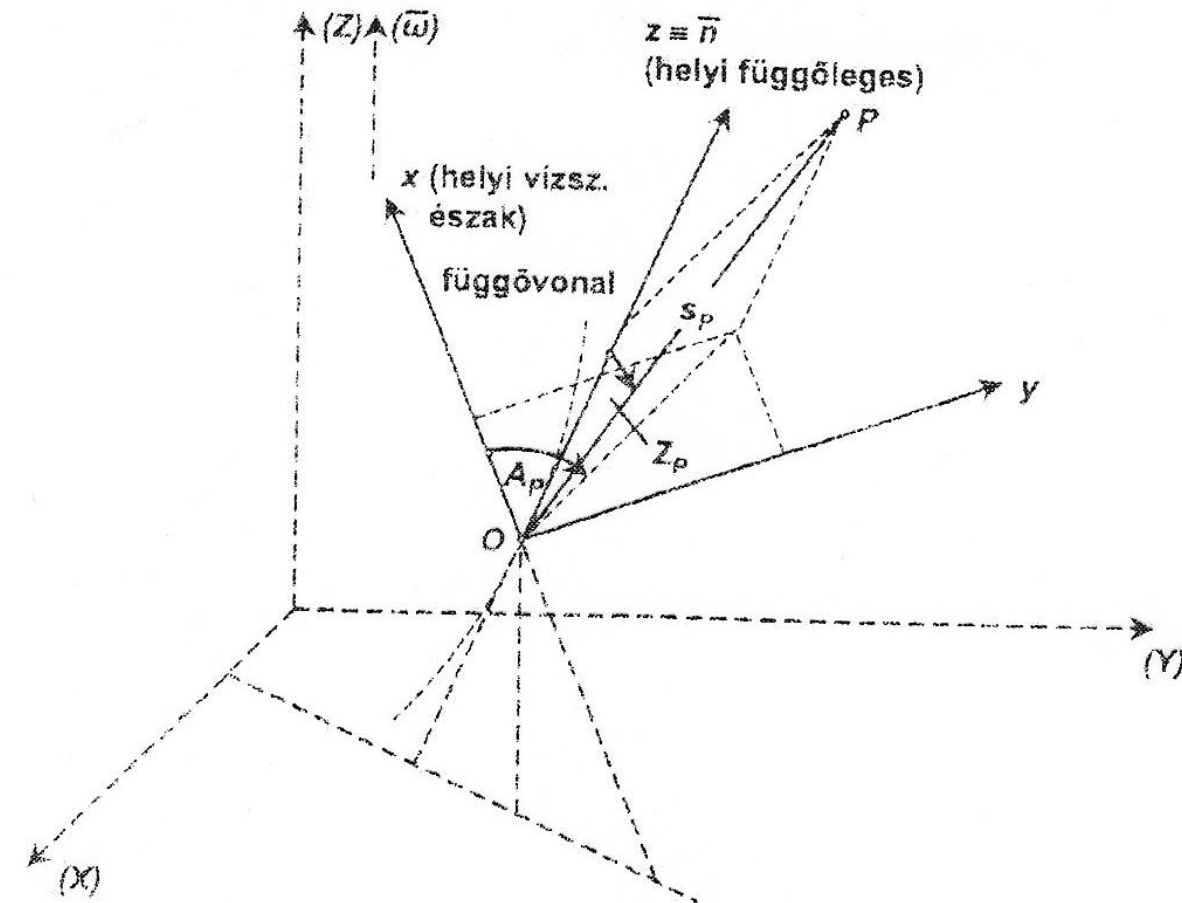
1. φ_P földrajzi szélesség: a P pontbeli függőlegesnek a Föld forgás tengelyére merőleges síkkal 90° -nál nem nagyobb szöge (É-ra pozitív, D-re negatív).
2. λ_P földrajzi hosszúság a P ponton áthaladó meridián sík és a kezdő meridián sík (Greenwich) által bezárt 180° -nál nem nagyobb szöge (keletre pozitív, nyugatra negatív).
3. Harmadik adata a P W_P potenciál értéke lenne de nem ismerjük, így a geoidhoz viszonyítva $\Delta W_P = W_P - W_0$ a 3. koordináta.



Szintfelületi (helyi) koordináta- rendszer 1.

Jellemzői:

- A geodéziai mérések szokásos koordináta rendszere, mert kezdőpontja „**0**” műszerálláspont
- **z** tengelye pedig a helyi függőleges
- állótengely „**+z**” irányba mutat (felfelé)
- **x, y** tengely a helyi vízszintes síkban az állásponton átmenő szintfelület pontbeli érintő síkjában van.



Szintfelületi (helyi) koordináta- rendszer 2.

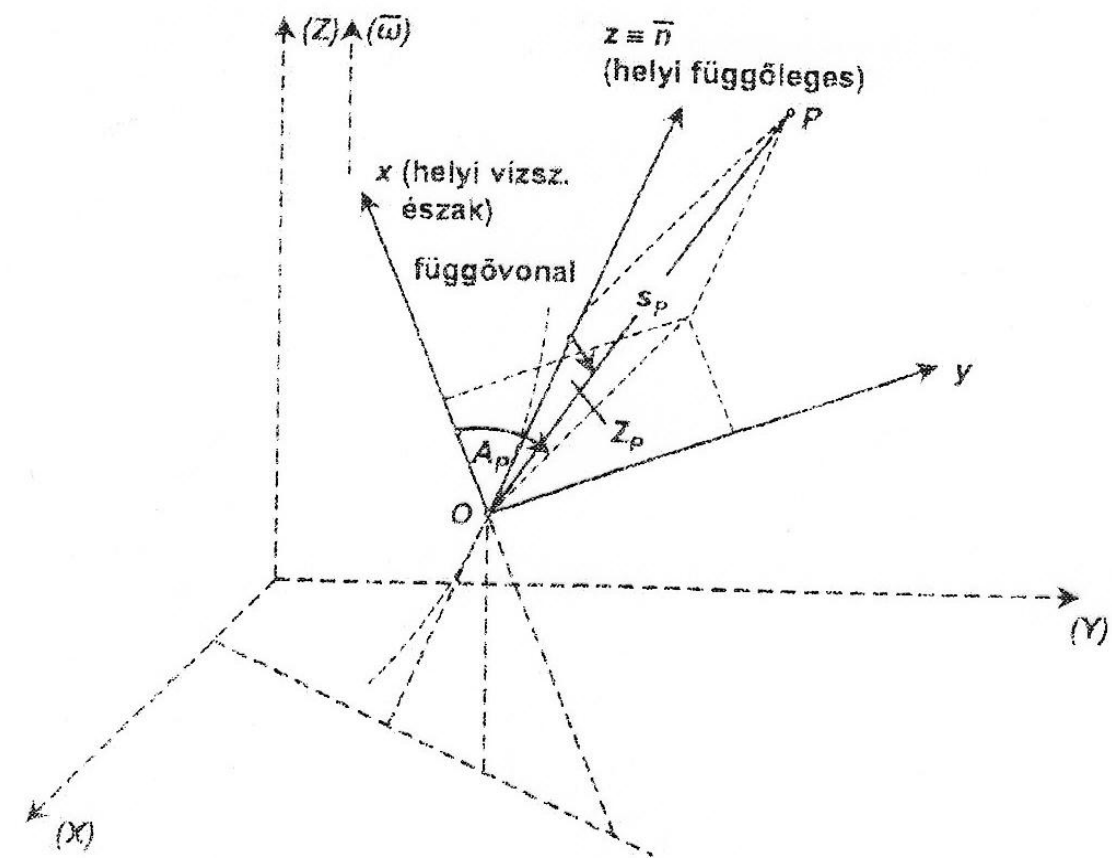
- „+x” a helyi vízszintes és a helyi meridiánsík metszésvonalának É-i félegyenese (a helyi É-i irány vízszintes vetülete)

-Az „y” tengely a másik két tengelyre $\perp$ -en úgy helyezkedik el, hogy a három tengely jobbsodrású rendszert alkot.

-ZP (zenitszög) szög az OP szakasz és „+Z” tengely által bezárt szög.

-AP (azimut) az OP szakasz „xy” síkkal bezárt szöge.

-SP (távolság) az OP szakasz hossza.



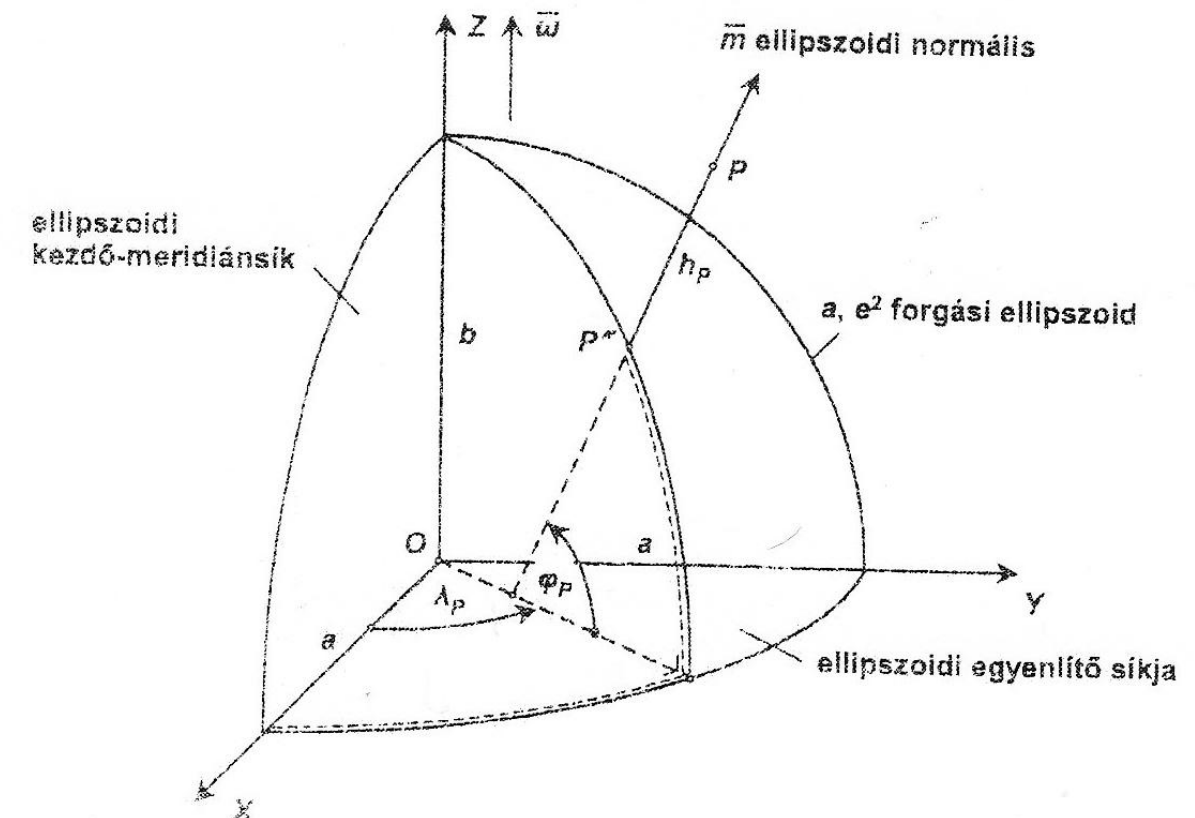
Ellipszoidi földrajzi (geodéziai) koordináta rendszer 1.

A rendszer egy forgási
ellipszoid,
amely az „a, b” féltengely
hosszúságú ellipszis
kistengely körüli forgásával
jön létre.

z tengely = **b** kistengely

x tengely $\parallel$ Greenwichi kezdő
meridián síkkal

Koordinátarendszer
jobbsodrású!



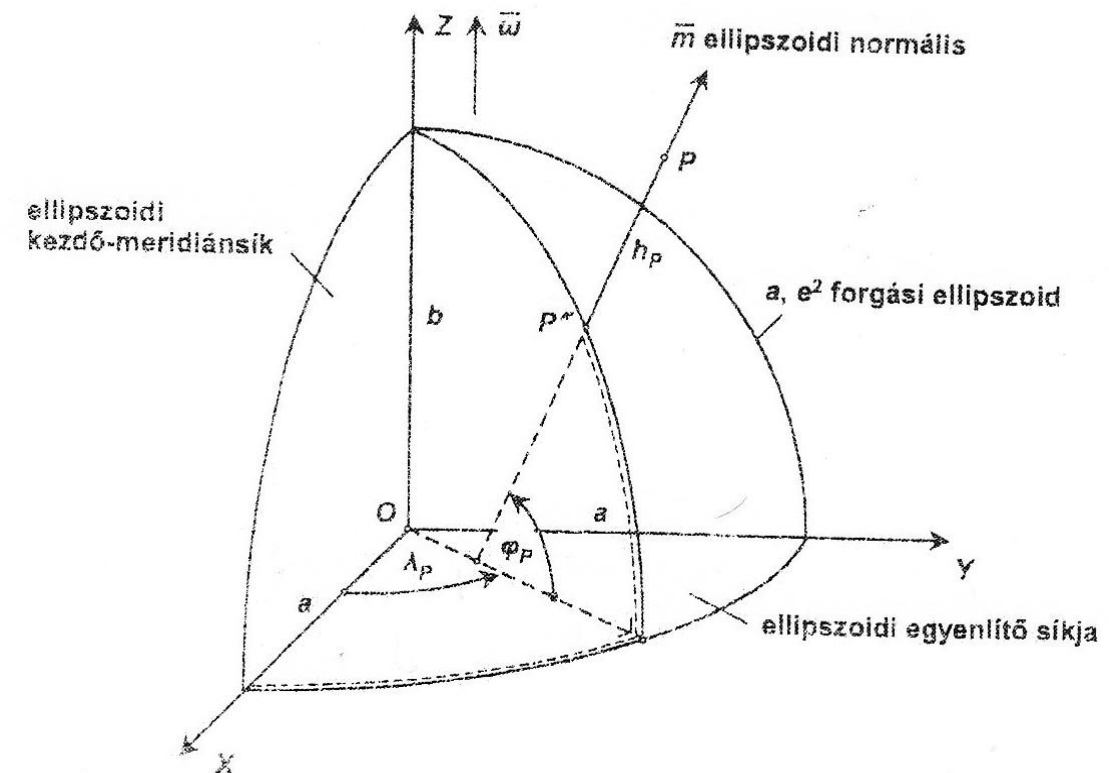
Ellipszoidi földrajzi (geodéziai) koordináta rendszer P pontja

A „P” pont helyzete

φ_P (geodéziai szélesség) – P ponteli ellipszoidi normális, kistengelyre $\perp$ tetszőleges síkkal bezárt szöge 90° -nál nem nagyobb.

λ_P (geodéziai hosszúság) a P pontot és a kis tengelyt tartalmazó sík és a kezdő meridiánsíkkal bezárt 180° -nál nem nagyobb szöge.

h_P (P pont távolsága a ellipszoidtól) ellipszoid feletti magasság a ponton átmenő normálison mérve.



Az ellipszoid által megvalósított térbeli derékszögű koordináta-rendszer

Jellemzői:

„z” tengely $\parallel$ a Föld közepes forgástengelyével

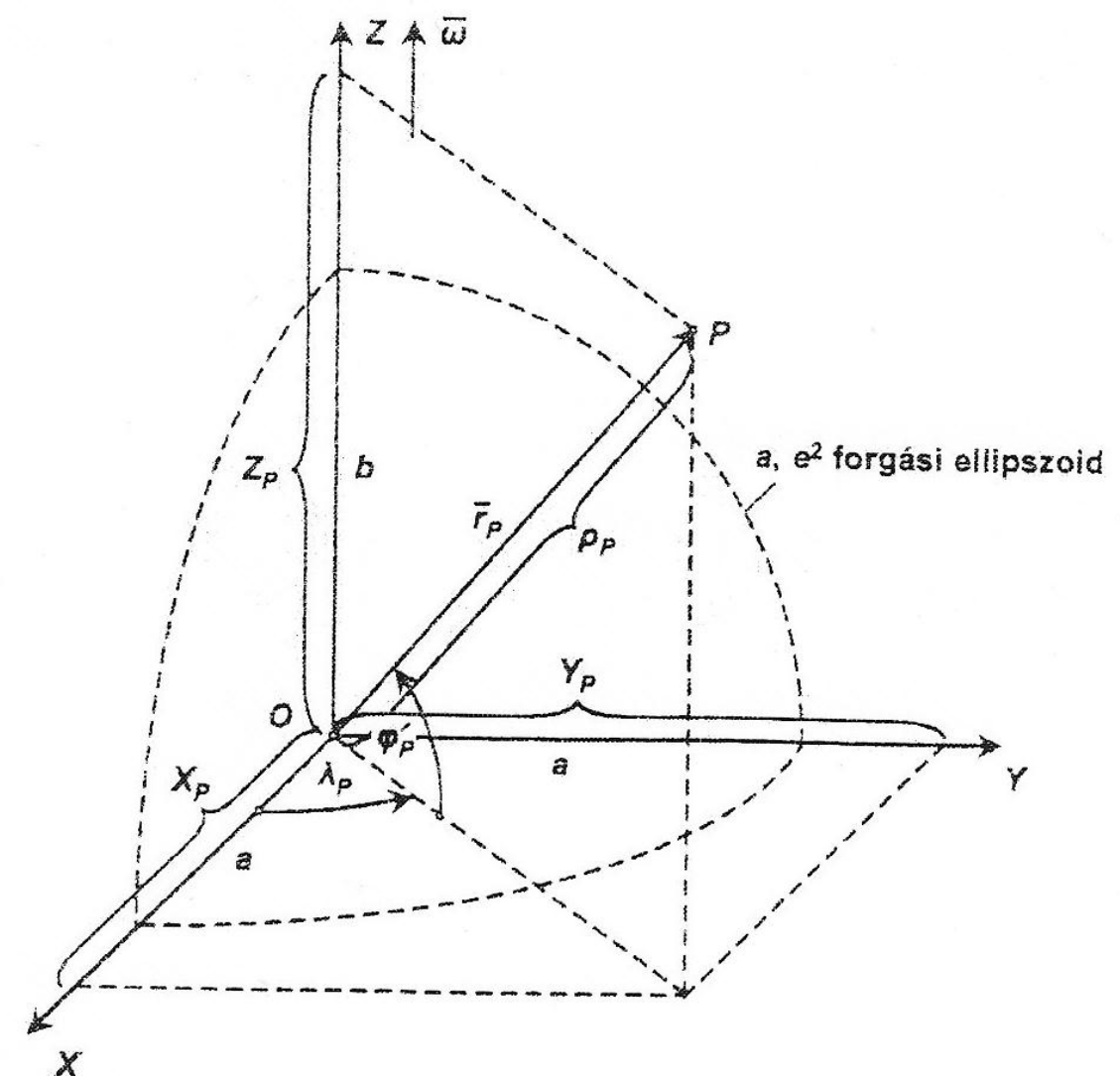
„x” tengely $\parallel$ a Greenwichi kezdő meridián síkkal

A rendszer jobbsodrású

A „P” pont adatai:

A kezdőpontból a P-re mutató r_P vektor 3 tengely irányú vetülete (X_P , Y_P , Z_P) koordináták.

Lényeges: Bármely ellipszoidi koordináta-rendszer egy derékszögű rendszert is megvalósít!



Ellipszoidi helyi (topocentrikus) koordináta-rendszer 1.

Jellemzői:

- kezdőpontja „O” pont (álláspont is, mint szintfelületi helyi koordináta-rendszerénél)

- „z” tengelye az „O” pontbeli ellipszoidi normális

- „xy” koordinátság $\perp$ „z” tengelyre

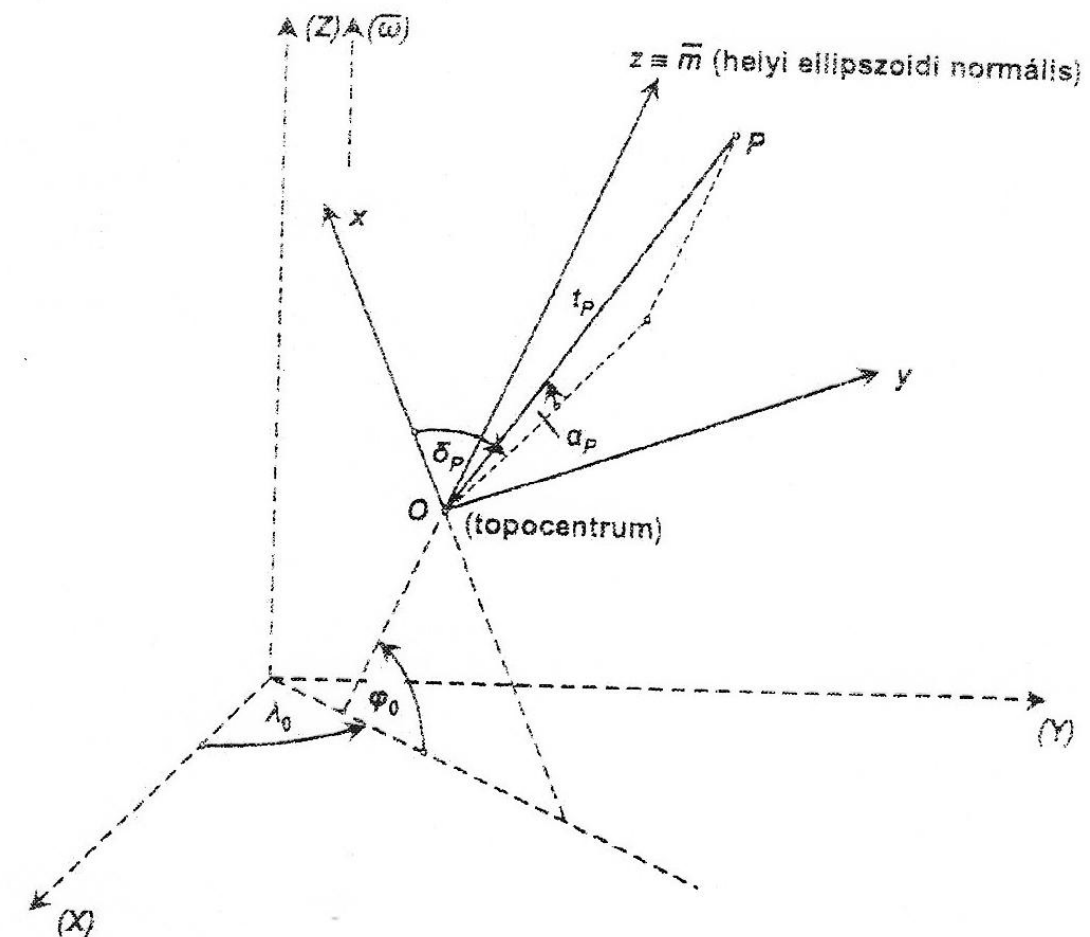
- „y” tengely K felé mutat, a rendszer bal sodrású

Helymeghatározó adatok

- δ_P (az OP irány azimutja) az OP szakaszt és a helyi függőlegest tartalmazó sík, valamint az (x z) helyi kezdő meridián sík által bezárt szög.

- α_P (az OP irány magassági szöge) az iránynak az xy koordinátságokkal 90° -nál nem nagyobb szöge

- t_P (az OP szakasz hossza)



Ellipszoidi helyi (topocentrikus) koordináta-rendszer 2.

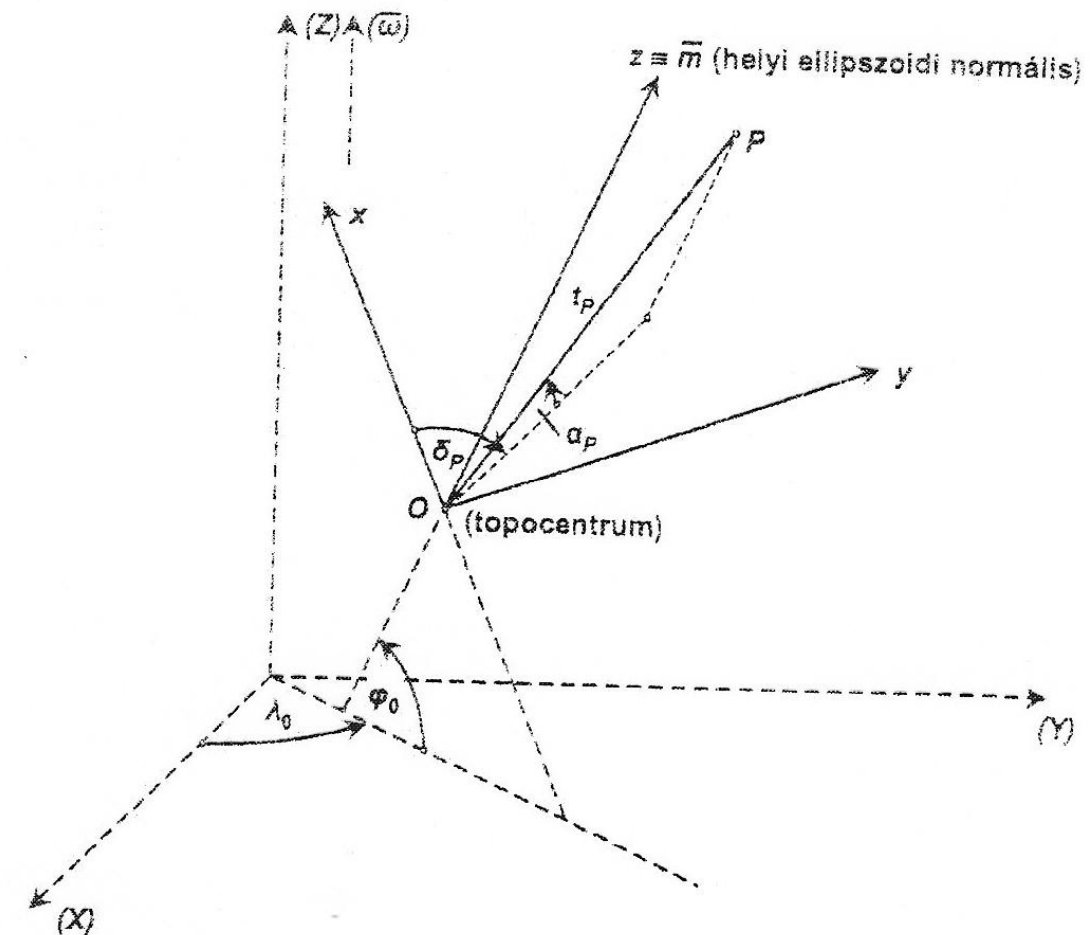
A koordináta-rendszereknek kétféle elhelyezése lehetséges (kivéve a szintfelületi helyi és topocentrikus rendszereket)

Geocentrikus elhelyezés

- koordináta-rendszer kezdőpontja = a Föld tömegközéppontjával.
- z tengelye = Föld közepes forgástengelyével.

Általános elhelyezés

- z tengely $\parallel$ a Föld közepes forgástengelyével.
- x,z sík $\parallel$ Greenwichi kezdő meridián síkkal.
- x,y sík $\parallel$ egyenlítő síkjával
- kezdőpont valamely eltolás vektorral jellemezhető tetszőleges helyzetben van.



Égi egyenlítői koordináta- rendszer 1.

Felhasználási területek

- kozmikus geodézia
- műholdas helymeghatározás területe

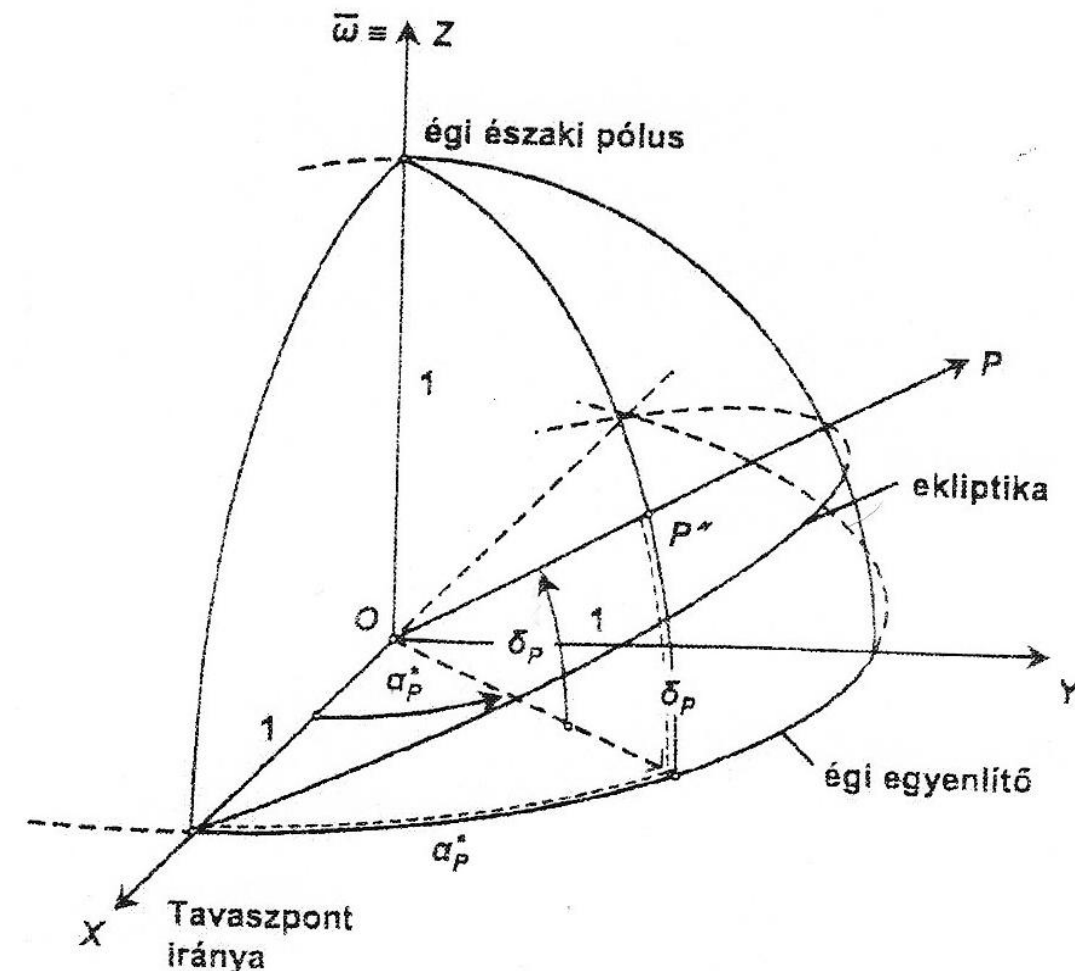
Az égitestet egy egységnyi sugarú gömbre vetítve képzeljük!

GÖMB középpontja a GEOCENTRUM

P égitest meghatározása

- α_P (rektaszcenzió) az égi egyenlítő síkjában lévő szög (Az Égi egyenlítő a Földi egyenlítő éggömbre vetített képe)
- δ_P (deklináció) a P ponton átmenő égi meridián síkjában lévő szög. (a földi meridián éggömbre vetített képe)

Rektaszenciót az égitestek látszólagos napi mozgása miatt az idő függvényében szokás megadni.



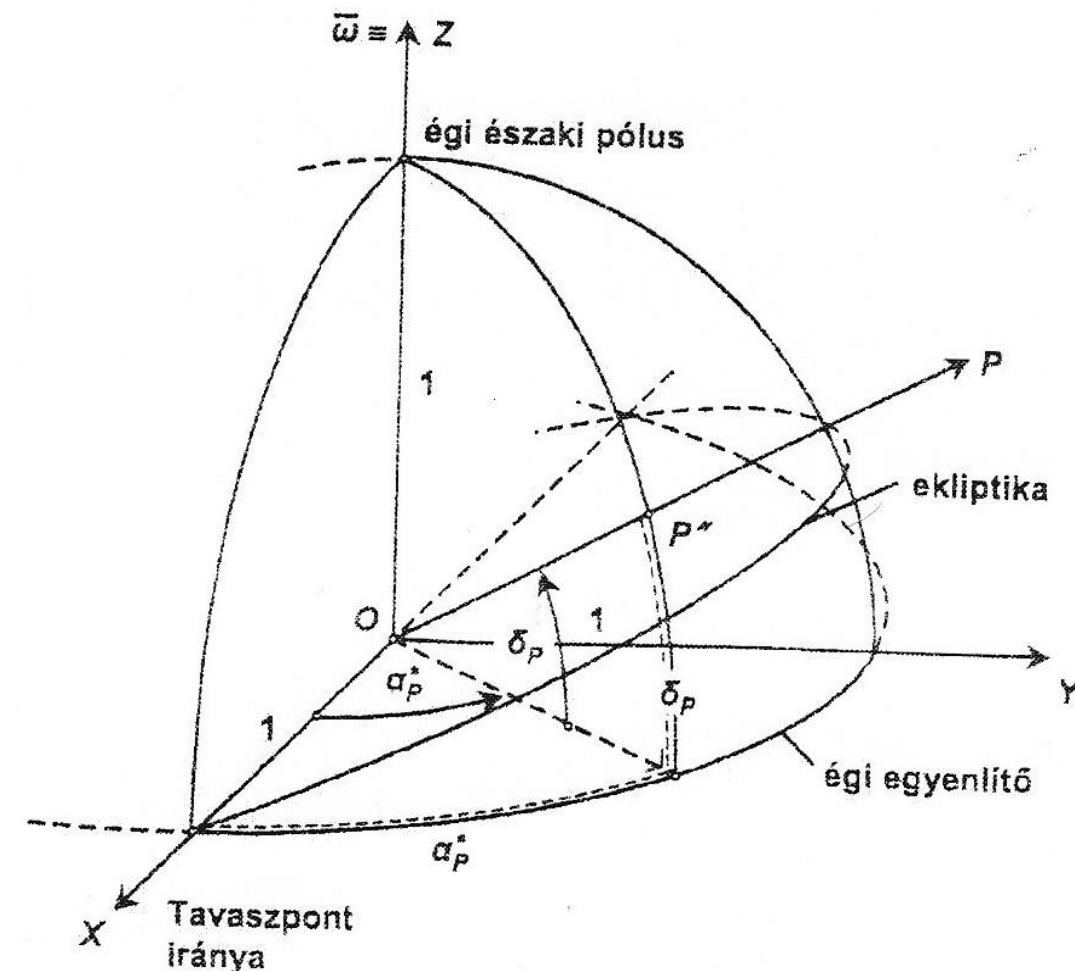
Égi egyenlítői koordináta- rendszer 2.

Jellemzői:

- „**z**” tengely = a Föld közepes forgástengelyével.
- „**x**” tengelye az égi egyenlítő sík és a Föld pályasíkjának metszészvonala a Napnak a tavaszi nap – éj egyenlőség pillanatában elfoglalt helye azaz a TAVASZPONT

(Ez a pont jelenleg a vízöntő csillagképben van).

- Az égi egyenlítői koordináta rendszerben a földi pontok koordinátái állandóan változnak!
Ezért célszerűbb a műholdas meghatározásban egy a Földdel együtt forgó rendszer használata



Az álló csillaghoz rögzített (x_0, z_0) és a Földdel együtt forgó (x, z) egyenlítői koordinátarendszer kapcsolata

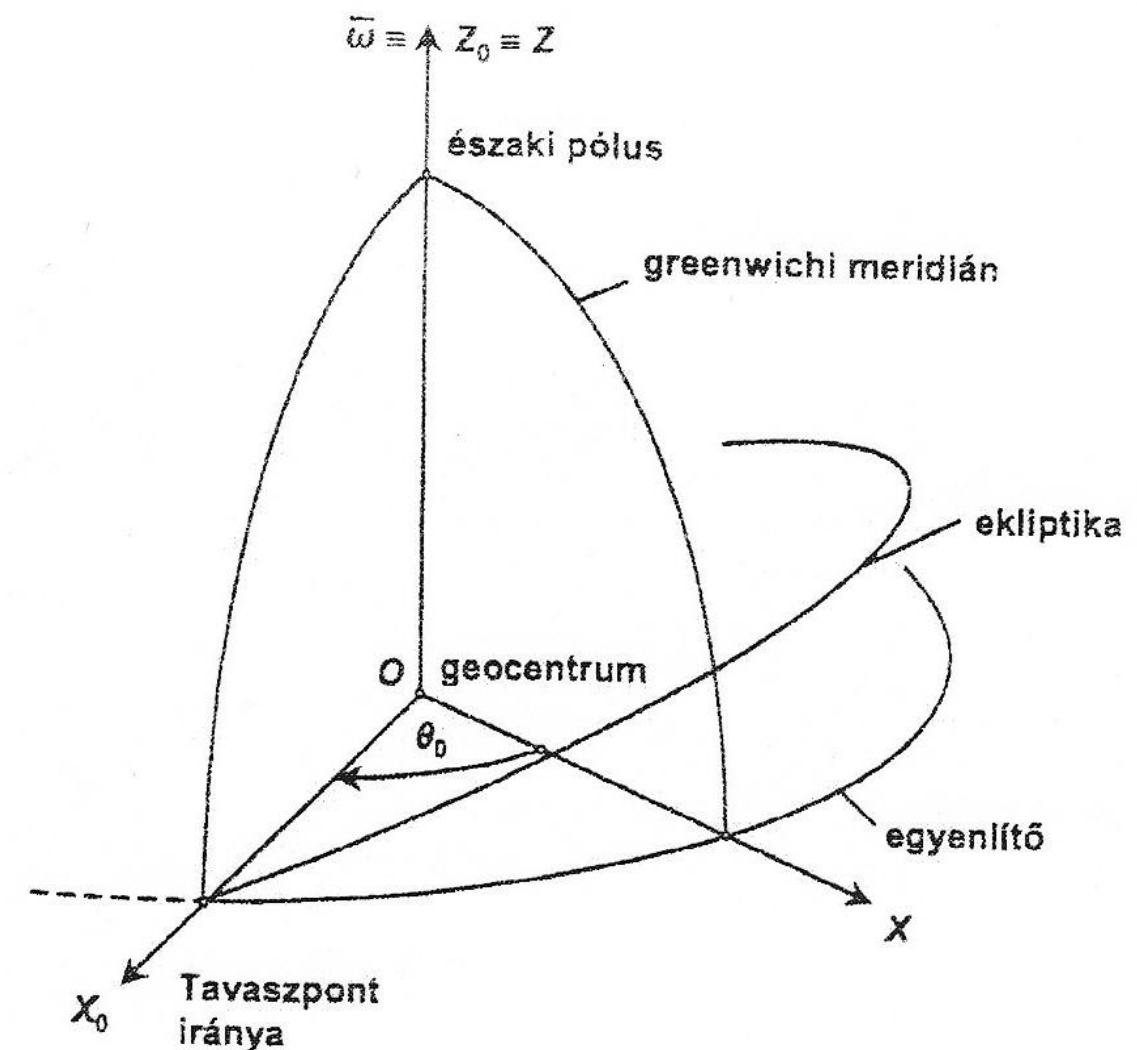
(Az Y tengelyeket nem tüntettem fel!)

Jellemzői:

„**z**” tengely = Föld közepes forgás tengelyével = égi egyenlítői koordináta-rendszer „**z**” tengelyével.

„**x**” tengely az egyenlítő síkja és a Greenwichi kezdő meridián sík metszéspontjában van.

A két rendszert a rektaszcenzióknak nevezett az idő mértékegységében meghatározott θ_0 szög kapcsolja össze ami a GREENWICH I CSILLAGIDŐ.



A házi feladat önellenőrző kérdései:

1. A Föld méretei, meghatározására tett kísérletek ?
2. A Föld fizikai alakja és tömegeloszlása ?
3. A függővonal és a függővonal elhajlás fajtái?
4. A geodéziai vonal és tulajdonságai?
5. A Föld alakját közelítő felületek ?
6. A két és háromdimenziós koordináta rendszerek?
7. Ellipszoidi földrajzi (geodéziai) koordináta rendszer tulajdonságai?
8. A poláris koordináták jellemzői?
9. Égi egyenlítői koordináta rendszer felépítése ?