

Csillagászati megfigyelések 2.

Csillagtérképek: papíron és számítógépen

A légkör: hatása, jelenségei, „kiküszöbölése”

Egyéb „bosszúságok”: precesszió és társai...

Légköroptikai jelenségek

Időmérés

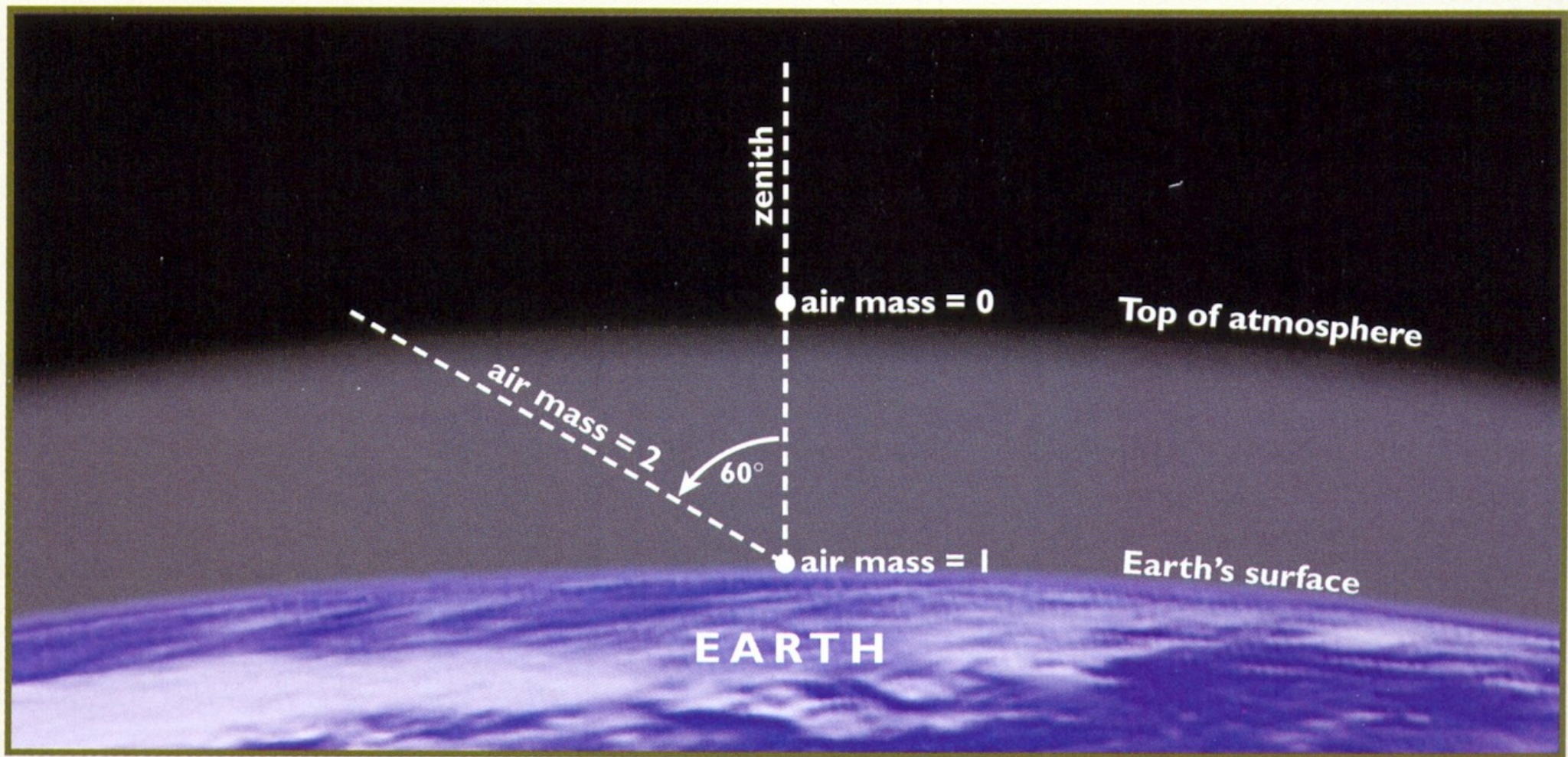
Csillagtérképek:

Pleione, Égabrosz, Uranometria...

(önállóan feladatok elvégzése a térképeken...)

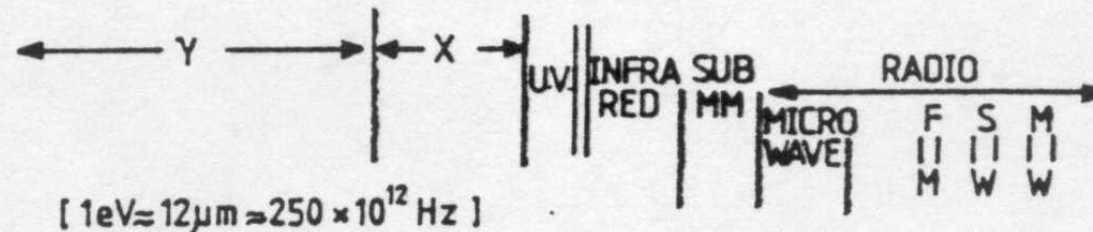
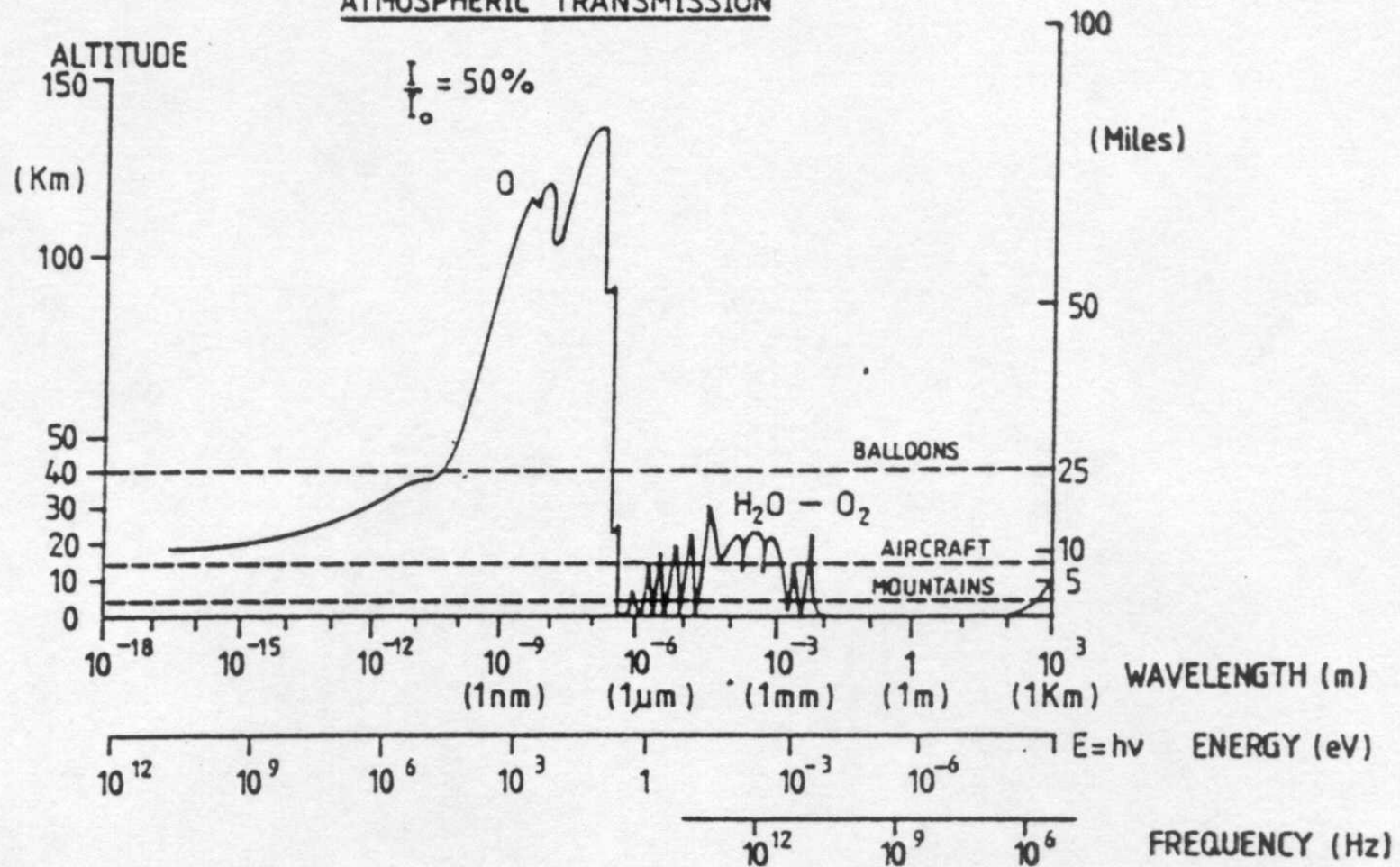
Guide, Xephem: gyakorlati foglalkozás az óra végén

adatbázisok (GSC, USNO A,B)



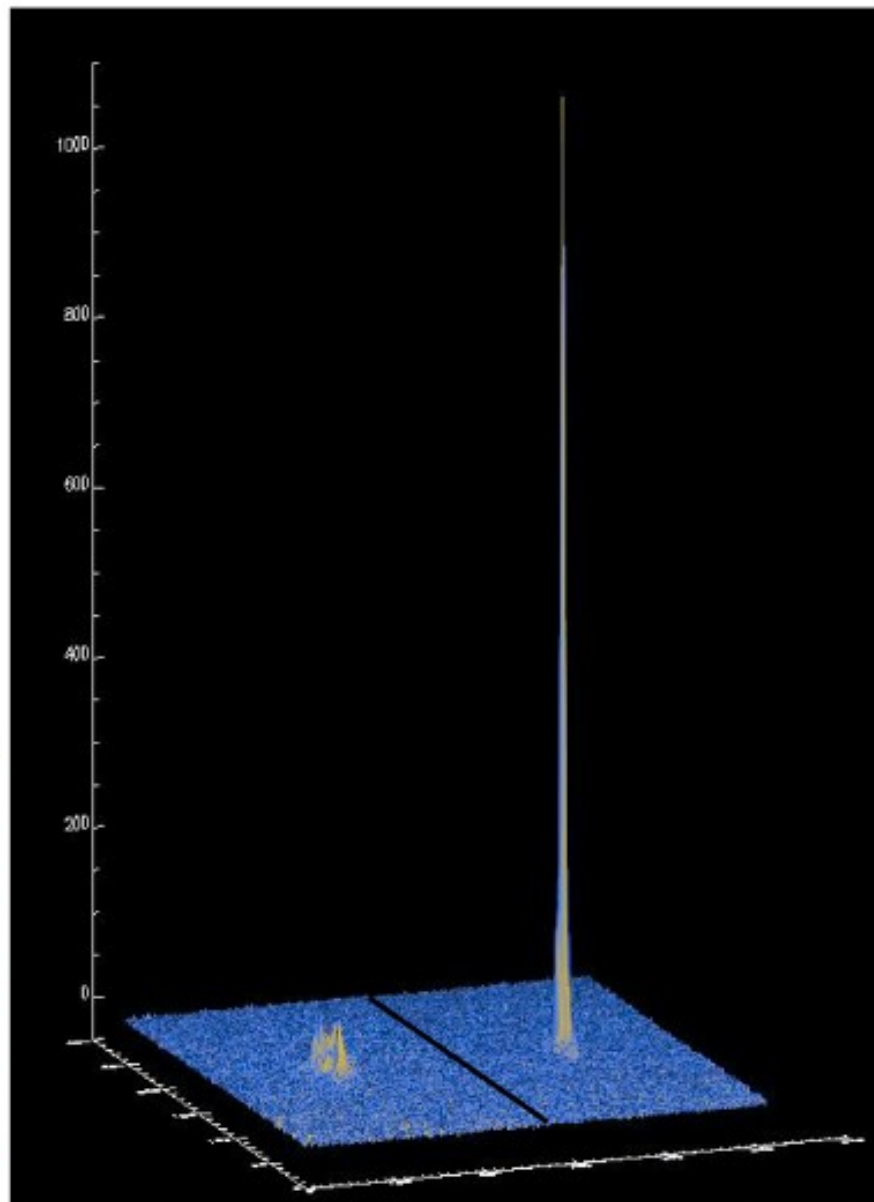
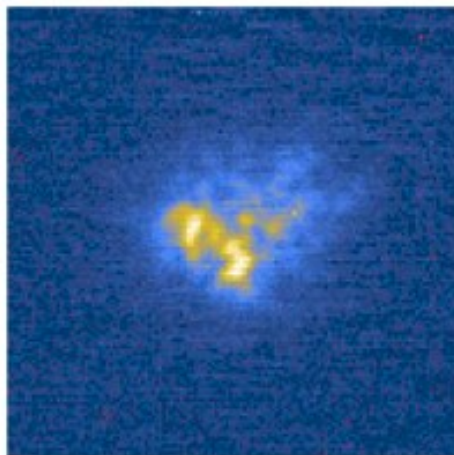
Light from a star passes through twice as much air (an air mass of 2) at an angle of 60 degrees from the zenith as it would at the zenith (an air mass of 1). Illustration courtesy of the author and Tom Ford.

ATMOSPHERIC TRANSMISSION





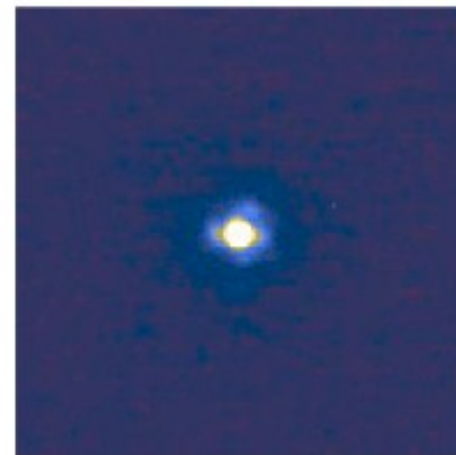
Uncorrected image
FWHM: 0.50"



Left: uncorrected

Right: corrected

AO corrected image
FWHM: 0.07"



"First Light" for NAOS-CONICA at VLT YEPUN
(November 25, 2001)

Az égitestek pontos helyének megadását néhány jelenség erősen megnehezíti és meghamisítja az észleléseket, ezért korrekciókat kell végezni.

KORREKCIÓK

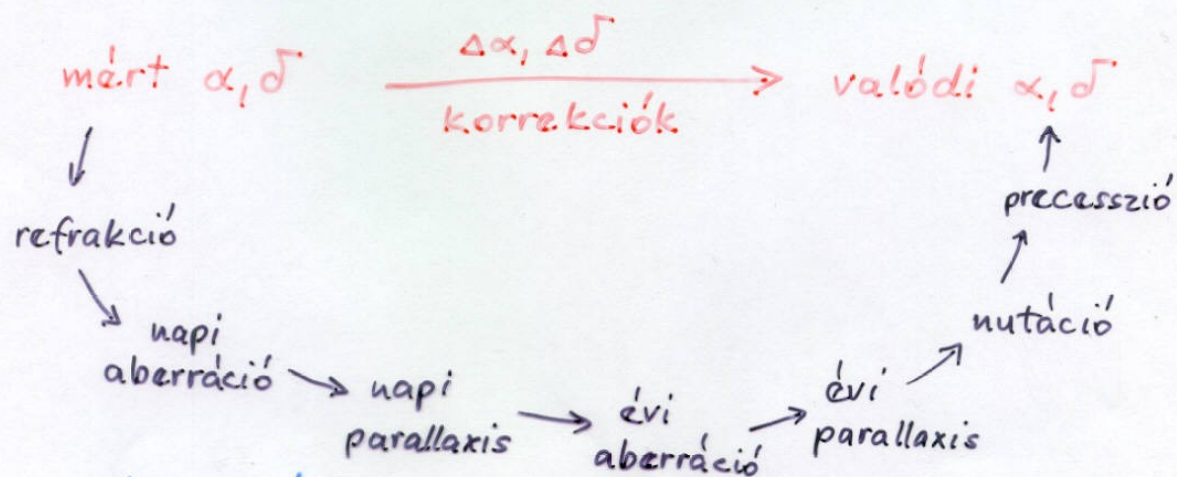
REFRAKCIÓ: a földi légkör fénytörő hatása miatt lép fel

PARALLAXIS: az égitestek véges távolsága miatt kell figyelembe venni

Föld mozgásai ↗
↘

ABERRÁCIÓ: a fény véges sebessége miatt adódik

PRECESSZIÓ: a Föld forgástengelyének, következőképpen a koordináta-rendszer tengelyeinek elmozdulása miatt



SAJÁT MOZGÁS
FÉNYGÖRBÜLÉS

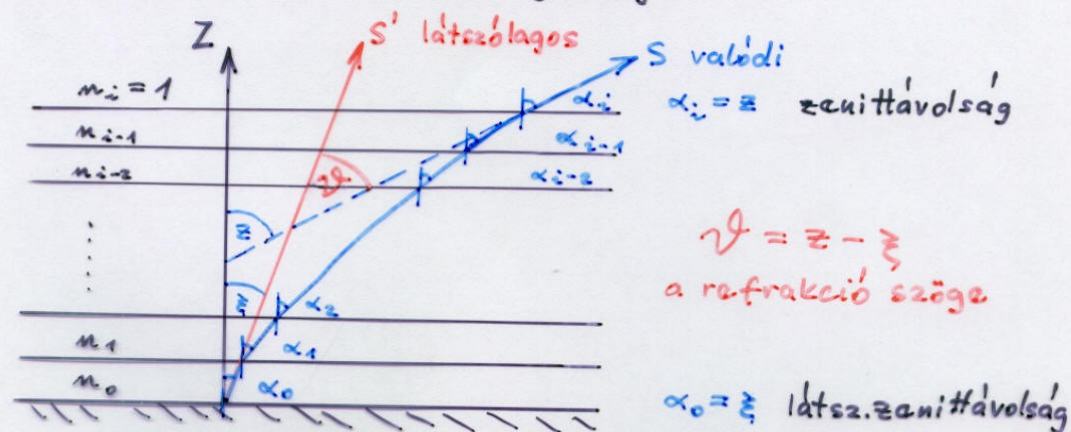
REFRAKCIÓ

A légkör sűrűsége: $\rho(h) \approx \rho_0 e^{-\frac{\rho_0 g}{p_0} h}$

skálamagasság
H = 5,5 km

A magassággal változik ρ, p, T , ezért az n törésmutató is.

Közelítés: párhuzamos sík légrétegek



Snellius-Descartes törvény

$$n \cdot \sin \alpha = \text{const.}$$

$$\left. \begin{aligned} \frac{\sin \alpha_i}{\sin \alpha_{i-1}} &= \frac{n_{i-1}}{n_i} \\ &\vdots \\ \frac{\sin \alpha_1}{\sin \alpha_0} &= \frac{n_0}{n_1} \end{aligned} \right\} 1.$$

$$\frac{\sin \alpha_i}{\sin \alpha_0} = \frac{n_0}{n_i} = n_0 \quad (n_i = 1)$$

$$\frac{\sin \xi}{\sin \zeta} = \frac{\sin(\vartheta + \zeta)}{\sin \zeta} = \frac{\sin \vartheta \cos \zeta + \cos \vartheta \sin \zeta}{\sin \zeta} = \frac{\sin \vartheta \cos \zeta + \sin \zeta}{\sin \zeta} = n_0$$

$$\vartheta \text{ kicsi} \rightarrow \cos \vartheta \approx 1, \quad \sin \vartheta \approx \vartheta$$

$$\sin \vartheta = (n_0 - 1) \tan \zeta$$

$$\sin \vartheta = C \frac{p}{760} \frac{273}{273+t} \tan \zeta$$

$$\vartheta'' = 206265 C \frac{p}{760} \frac{273}{273+t} \tan \zeta$$

$$\vartheta'' = 60,3 \frac{p}{760} \frac{273}{273+t} \tan \zeta$$

$$1 \text{ radián} = 206265''$$

$$\rho_0 = 1,2928 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \quad C = 2,264 \cdot 10^{-4} \frac{\text{m}^3}{\text{kg}}$$

$$p_0 = 1013,246 \text{ millibar} = 760 \text{ Hgmm}$$

A refrakció szöge a zenitben: $\vartheta = 0$

$$\rho = 760 \text{ Hgmm}, t = 0^\circ\text{C}, \xi = 45^\circ: \vartheta \approx 1'$$

$$\xi = 90^\circ: \text{a horizontban: } \vartheta \approx 37' \text{ (} \approx \text{Nap-átmérő)}$$

napkeltekor, napnyugtakor a Nap épp a horizont
a latt van, mikor úgy látszik, hogy felette érinti.
A ξ zenittávolsággal a horizontnál ϑ gyorsan
nö $\rightarrow$ a Nap zsemle alakú



Pontosabb modell: (sok gömbhéj)

$$\text{— Laplace } \vartheta'' = 60,27 \text{tg} \xi - 0,0669 \text{tg}^3 \xi + 0,000222 \text{tg}^5 \xi + \dots$$

$$\text{— } \xi \leq 70^\circ \text{ -ra } 1'' \text{ pontossággal } \vartheta = A \text{tg} \xi - B \text{tg}^3 \xi$$

$$A = A(\lambda), B = B(\lambda)$$

$$\text{pl. } \xi = 45^\circ$$

$$\left. \begin{array}{ll} \text{K } \lambda = 400 \text{ nm} & \vartheta = 61,362'' \\ \text{V } \lambda = 700 \text{ nm} & \vartheta = 59,845'' \end{array} \right\} \Delta \vartheta = 1,5''$$

A horizontális koordináta-rendszerben a látszó m_e
magasságból kikell vonni a $\vartheta = \Delta m$ refrakciót:

$$m = m_e - \Delta m$$

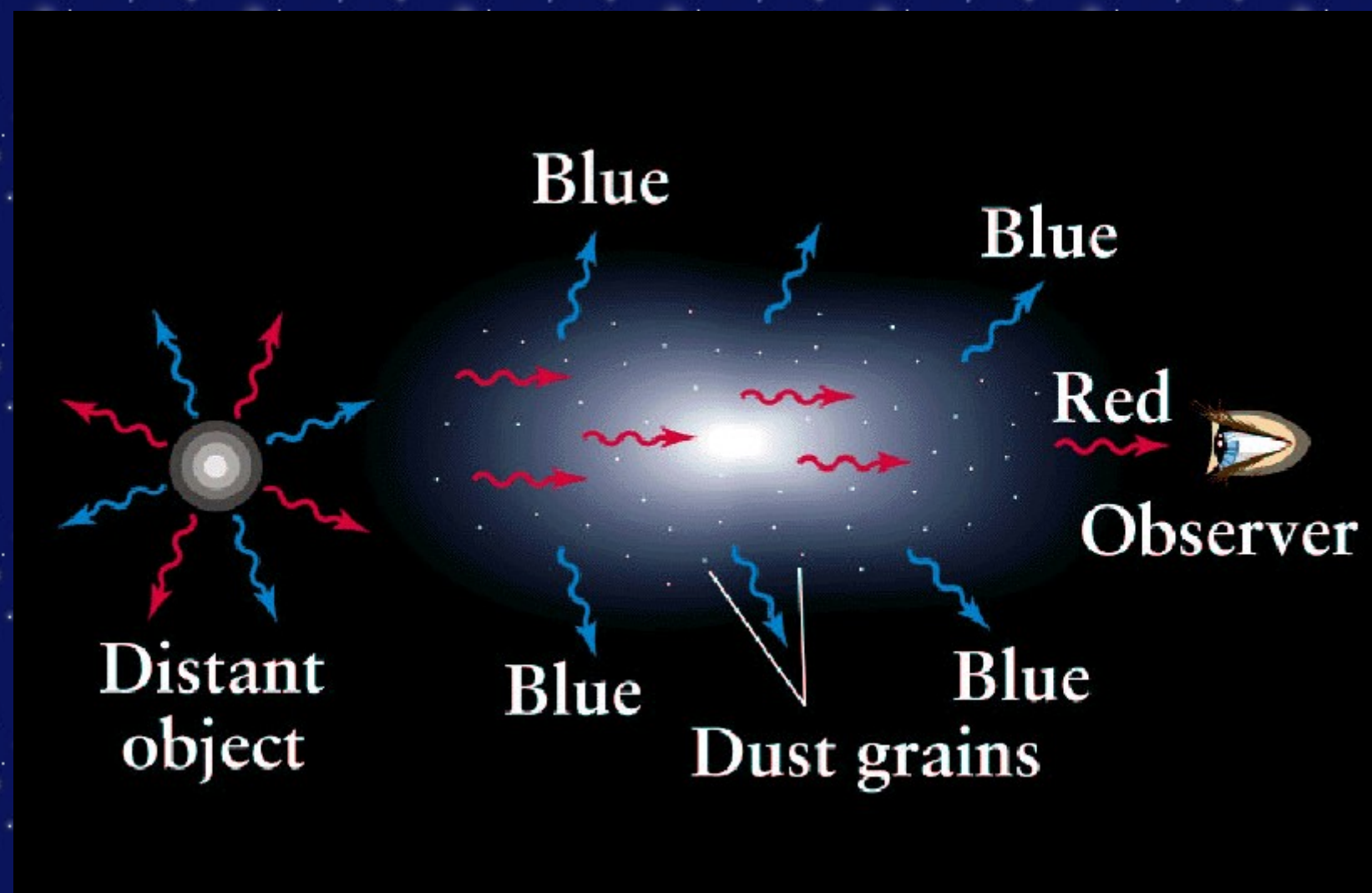
Navigáció, hajózás: a refrakció figyelembevétele
nélkül a helymeghatározásban

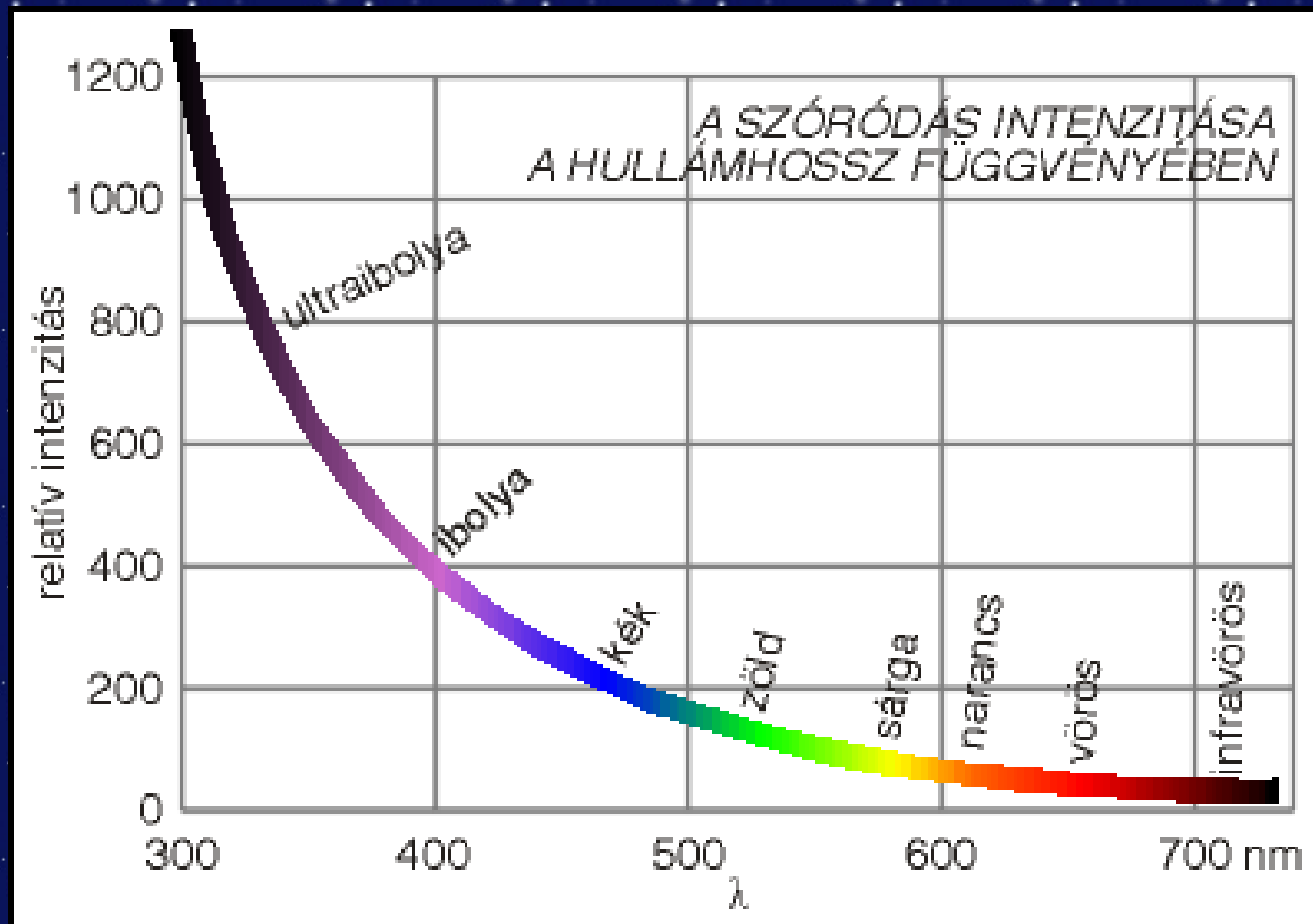
10-100 km hiba adódhat!

GPS

**A refrakció értékei (Δm) 0 C° hőmérsékletű és
1013 hPa nyomású levegőben**

m	Δm
90°	0'0"
80°	0'0",6
70°	0'21",9
60°	0'34",7
50°	0'50",4
40°	1'21",5
30°	1'43",8
20°	2'43",8
10°	5'29",8
5°	10'13",5
3°	14'58",8
2°	19'6",6
1°	25'37",0
0°	36'36",0





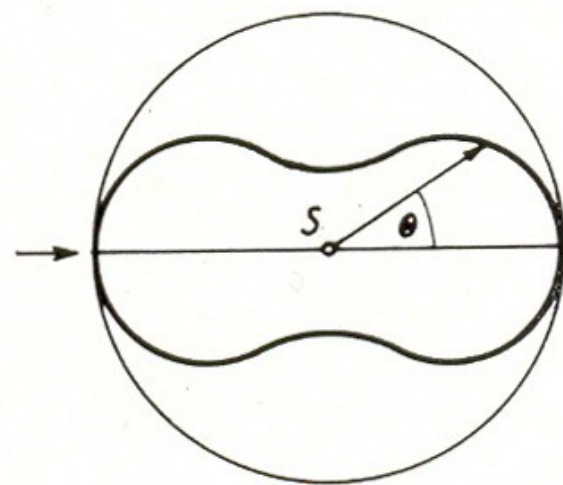
A szóródott fény intenzitásának szögeloszlását grafikusan piskóta alakú forgásfelület (284,5. ábra) ábrázolja. E felület alakját *Rayleigh* számításai szerint hűen írja le a

$$J_{\Theta} \approx J_0 \pi^2 (1 + \cos^2 \Theta) (n^2 - 1) V^2 / 2r^2 \lambda^4$$

formula, amely megadja egy n törésmutatójú, V térfogatú részecskén szóródott fény J_{Θ} intenzitását a λ hullámhosszúságú, J_0 intenzitású (nem polarizált) beeső fénnel Θ szöget bezáró r távolságban. A szóródott fény intenzitása tehát arányos a részecske d átmérőjének hatodik, és fordítva arányos a λ hullámhosszúság negyedik hatványával, feltéve, hogy $d \ll \lambda$, továbbá n értéke csekély.

A rövidebb hullámhosszúságú (kék) fényből tehát viszonylag sokkal több szóródik szét minden irányban, mint a hosszú hullámú (vörös) fényből, különösen molekulákon. Ez a magyarázata a nappali ég kék színének és annak is, hogy eléggé nagy hullámhosszúságú vörös, de még inkább infravörös fényben igen távoli oly tárgyakat is le lehet fényképezni (megfelelően érzékenyített fotorétegre), amelyek a viszonylag jobban szóródó és így csak közelre jutó kék fényben messziről nem is láthatók (infravörös fényképezés). Ezzel függ össze továbbá a felkelő, ill. lenyugvó Nap pirosas színe (hajnal-, ill. alkonypír).

Sötétben a közlekedést irányító színes jelzőlámpák közül a pirosat messzebből vagyunk képesek észrevenni, mint a zöldet vagy a kékét. Ezért az elhárítandó veszély, vagyis a tilalom jelzésére a nagyobb biztonsággal felismerhető

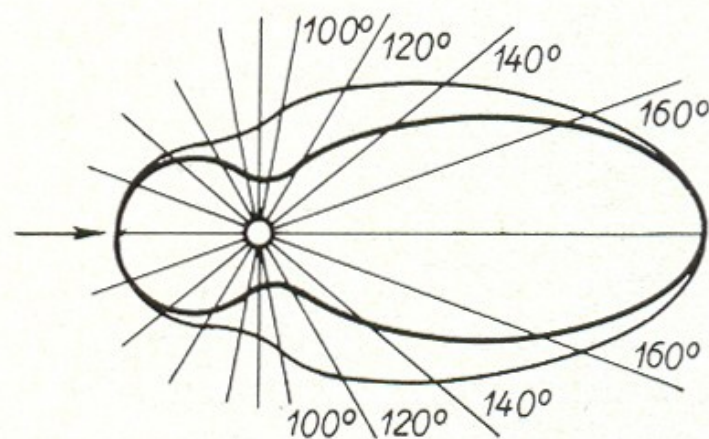
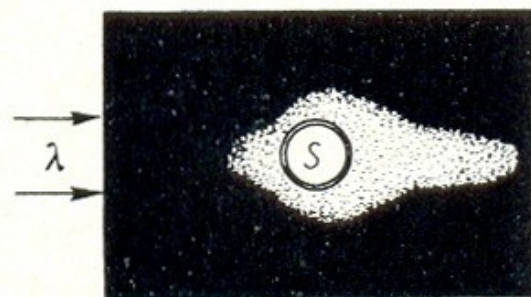


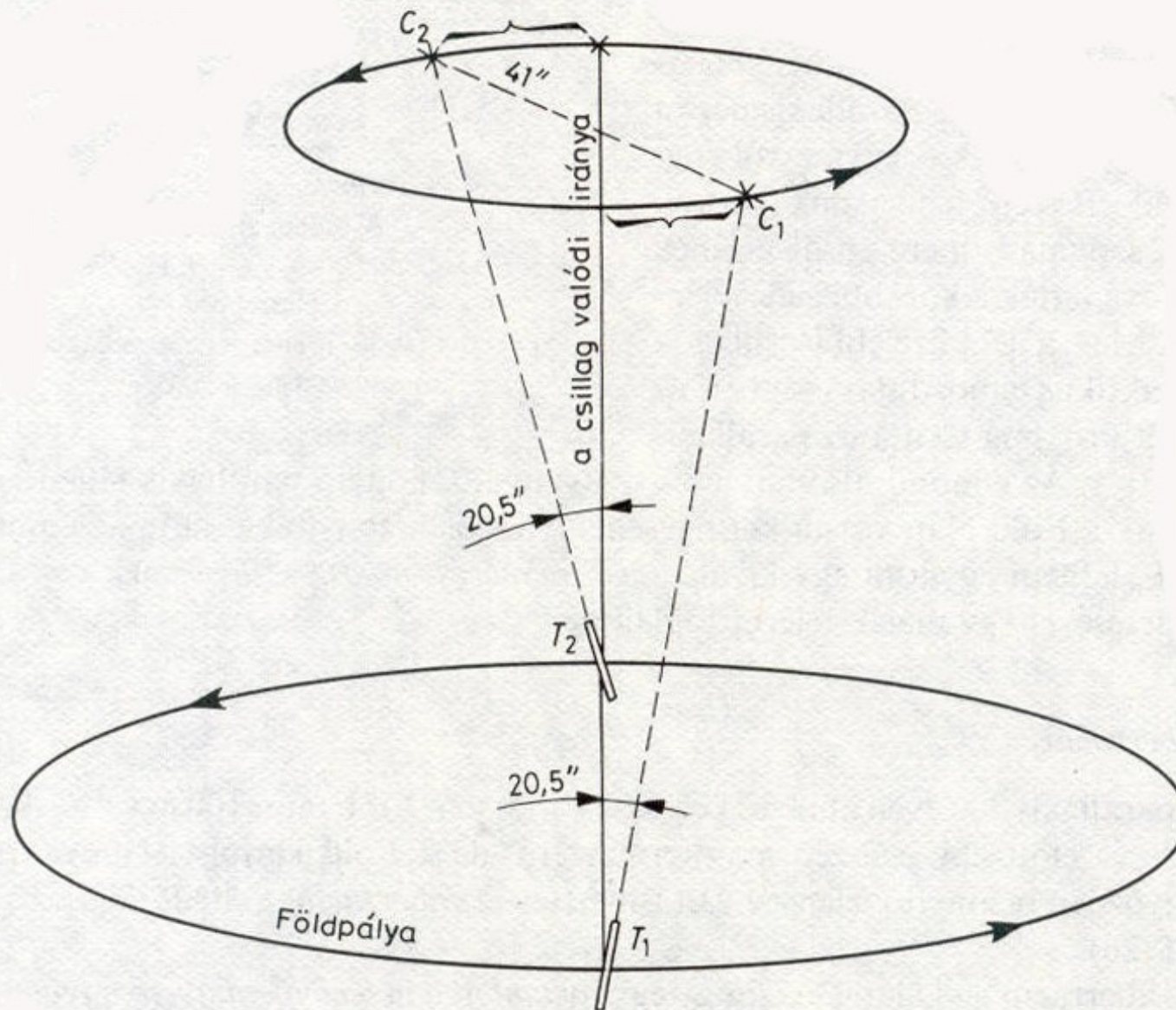
284,5. ábra

Látjuk, hogy a fény túlnyomó részben előre, vagyis a beeső fénnel egyező irányba szóródik. Ez az ún. *Mie-féle szóródás* a Rayleigh-félével ellentétben a fény hullámhosszával összemérhető átmérőjű, fém- vagy nagy törésmutatójú, kolloidális részecskéken, hosszú láncmolekulákon következik be. Ezért itt a szóródott fény a beesővel nem minden esetben koherens. A Mie-szóródás hatásfokának szögeloszlását pontosabban a (284,7. ábra) polárdiagram mutatja. A Mie-jelenség ad magyarázatot arra is, hogy pl. a víz vagy az üveg a benne eloszló kolloidális méretű arany szemcsék hatására fényszűrőként csakis a rubinvörös fényt engedi át (*rubinüveg*).

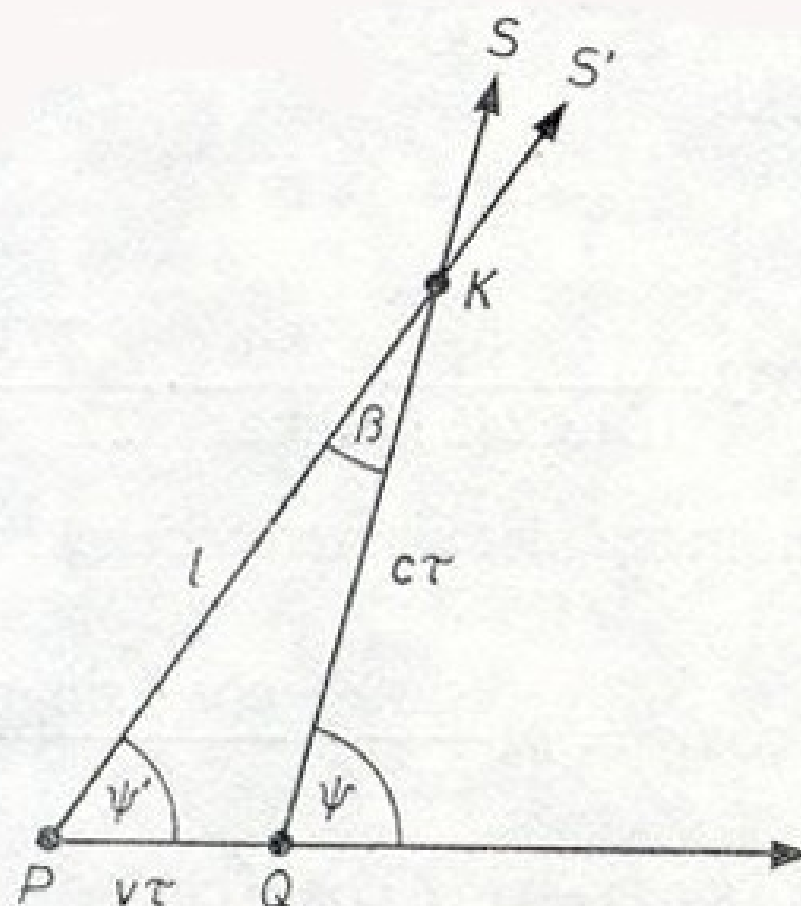
4. Különböző kolloid-oldatokban szóródó fény relatív intenzitásából következtetni lehet a részecskék koncentrációjára, közepes méreteire (vagyis diszperzitásfokára), sőt fényszóródást keltő egyes polimer vegyületek molekulasúlyára is. Ilyen „zavaros” oldatokban általában a beeső fénnel $\pi/2$ vagy $\pi/4$ szöget bezáró irányban szokás mérni a szóródó fény relatív intenzitását (*nefelometria*) főleg a Rayleigh-féle szóródás esetén. Mie-szóródás esetén ezzel szemben különösen az oldaton áthaladó fény intenzitáscsökkenéséből, amelyet a szóródáson felül az oldószernek a külön is mérhető fényelnyelése tetéz, célszerű következtetni főleg az előreszóródás mértékére (*turbidimetria*).

A szóródott fény polarizációs állapotára a 295. §-ban még visszatérünk.





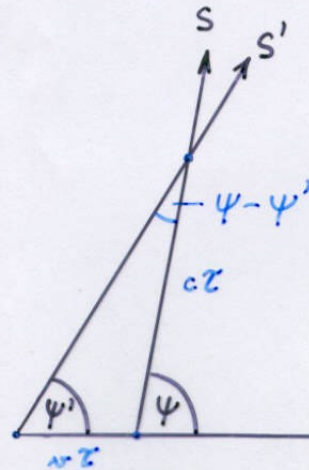
Az aberráció jelenségének sematikus rajza. A T_1 és T_2 pontban helyet foglaló szemlélő a pillanatnyi mozgásiránynak megfelelően (az ábra szerint T_1 -ben jobbra, T_2 -ben balra) fordítja el távcsövét, így a csillagot nem ugyanazon a helyen látja. Mivel a mozgás iránya állandóan változik, a csillag látszólagos helye is fokozatosan eltolódik, létrejön az aberrációs idom



Az évi aberráció jelensége
miatt a csillagot nem ψ irányban, hanem
 ψ' irányban látjuk

ABERRÁCIÓ

1728-ban J. Bradley fedezte fel.



$$\frac{\sin(\psi - \psi')}{\sin \psi'} = \frac{vZ}{cZ} = \frac{v}{c}$$

$$\sin(\psi - \psi') = \frac{v}{c} \sin \psi'$$

Az aberráció szöge kicsi $\Rightarrow \sin(\psi - \psi') \approx \psi - \psi'$ [rad]

$$\psi - \psi' = \frac{v}{c} \sin \psi' \text{ [rad]}$$

$$\psi - \psi' = 206265 \frac{v}{c} \sin \psi' ["] = 0,688 v \sin \psi'$$

A Föld keringése: $v = 29,8 \text{ km/s}$ ÉVI ABERRÁCIÓ

forgása: $v_{\text{eq}} = 0,465 \text{ km/s}$ NAPI ABERRÁCIÓ

$$\text{ÉVI: } \psi - \psi' = 20,5 \sin \psi'$$

$$\text{NAPI: } \psi - \psi' = 0,32 \cos \varphi \sin \psi'$$

$\epsilon = 23,5^\circ$: évi aberráció's állandó

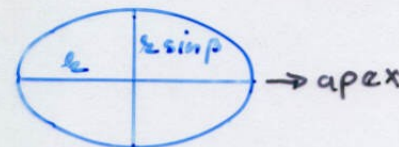
$$1983 - c = 299\,792,458 \text{ km/s}$$

$$\text{ÉVSZÁZADOS: Napr. } v = 19,5 \frac{\text{km}}{\text{s}} \\ \lambda = 270,5^\circ \quad \beta = 34,3^\circ \quad (\psi - \psi')_0 = 13'' \sin \psi'$$

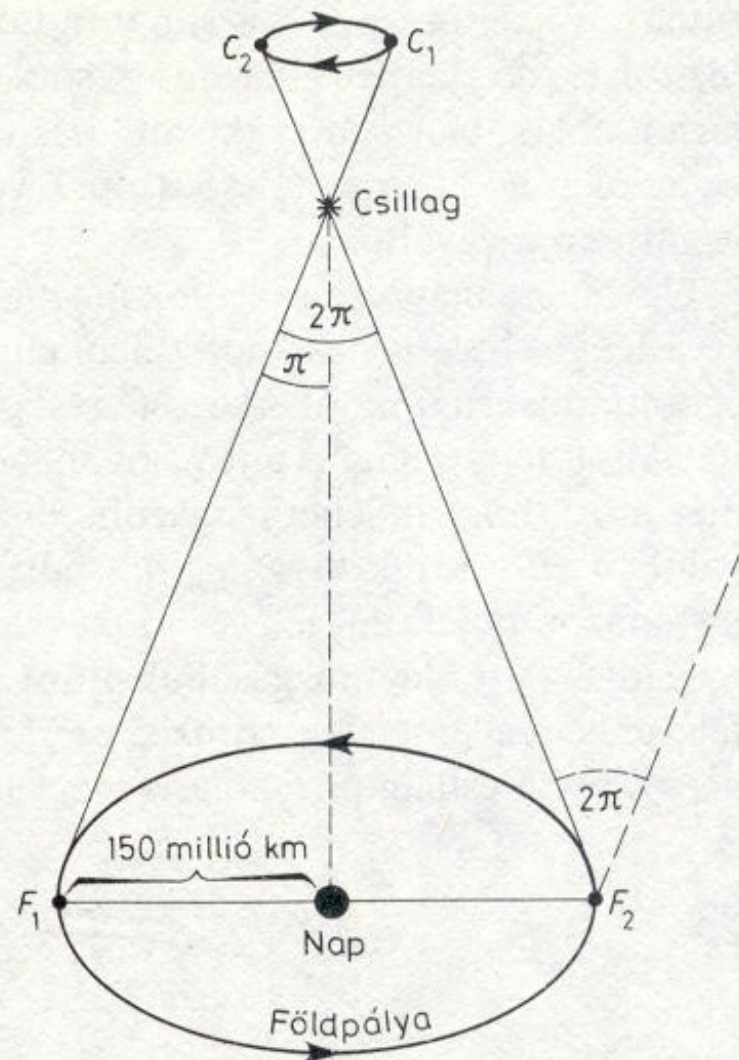
Koordináta - korrekciók:

$$\left. \begin{aligned} \lambda' - \lambda &= -\epsilon \cos(\lambda_0 - \lambda) \sec \beta \\ \beta' - \beta &= -\epsilon \sin(\lambda_0 - \lambda) \sin \beta \end{aligned} \right\} \frac{(\lambda' - \lambda)^2 \cos^2 \beta}{\epsilon^2} + \frac{(\beta' - \beta)^2}{(\epsilon \sin \beta)^2} = 1$$

$$\lambda'_0 = \lambda_0 - \epsilon \quad \beta'_0 = \beta_0$$



$$\begin{aligned} \text{Ekv.: } \alpha' - \alpha &= -\epsilon \sin \lambda_0 \frac{1}{15} \sin \alpha \sec \delta - \epsilon \cos \lambda_0 \cos \epsilon \frac{1}{15} \cos \alpha \sec \delta \\ \delta' - \delta &= -\epsilon \sin \lambda_0 \cos \alpha \sin \delta - \epsilon \cos \lambda_0 \cos \epsilon (\tan \delta \cos \delta - \sin \alpha \sin \delta) \end{aligned}$$



49. ábra. A parallaxis elve.

A csillag F_1 -ből

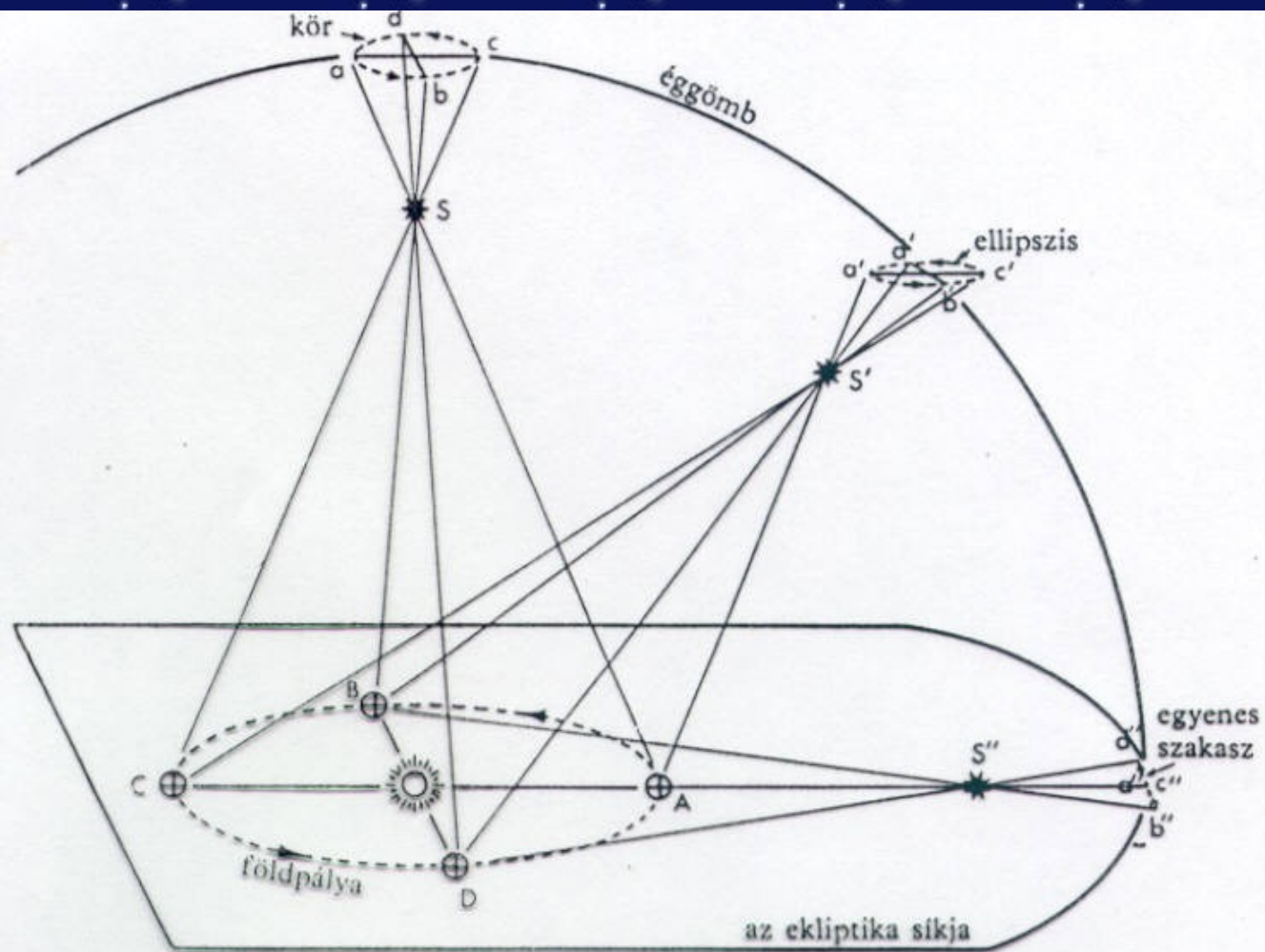
C_1 -ben, F_2 -ből C_2 -ben látszik.

π a Nap-Föld

közepes távolság látószöge a csillagból,

vagyis a parallaxis

16-1. ábra. A csillagok parallaktikus elmozdulása, amely látszólag ellipszisek mentén történik, a Föld pálya menti keringésének következménye

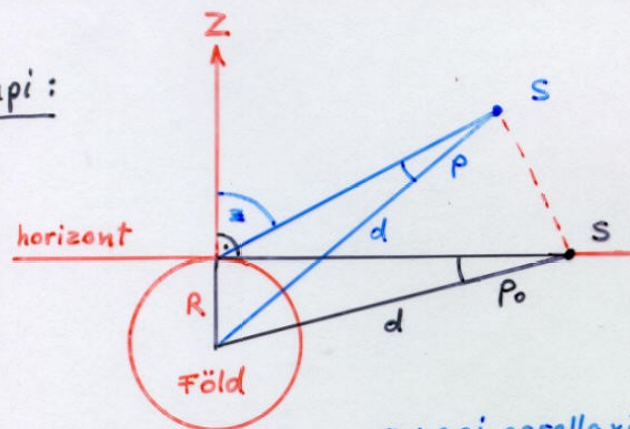


PARALLAXIS

Az égitestek koordinátái megváltoznak a megfigyelő térbeli mozgása miatt.

Föld forgása → napi parallaxis
 Föld keringése → évi parallaxis
 Naprendszer mozgása → szekuláris parallaxis

Napi:



$$\frac{R}{d} = \frac{\sin p}{\sin z}$$

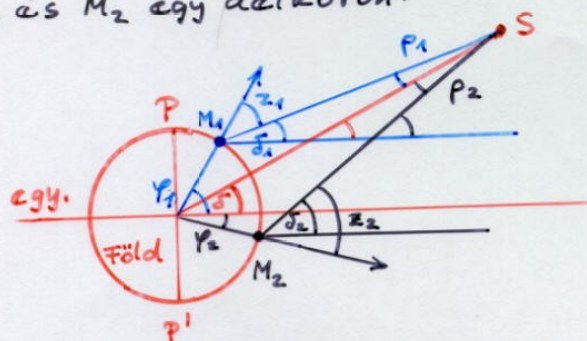
$$\frac{R}{d} = \sin p_0$$

$$\sin p = \sin z \cdot \sin p_0$$

a napi parallaxis: $p'' \approx p_0'' \cdot \sin z$

Horizontális napi parallaxis: p_0

M_1 és M_2 egy délkörön:



$$p_1 = p_0 \cdot \sin z_1 = \delta_1 - \delta$$

$$p_2 = p_0 \sin z_2 = \delta_2 - \delta$$

$$\delta_2 - \delta_1 = p_0 (\sin z_1 + \sin z_2)$$

$$p_0 = \frac{\delta_2 - \delta_1}{\sin z_1 + \sin z_2}$$

$$\delta_1 = \gamma_1 - z_1 \quad \delta_2 = z_2 - \gamma_2$$

$$p_0 = \frac{z_1 + z_2 - \gamma_1 - \gamma_2}{\sin z_1 + \sin z_2}$$

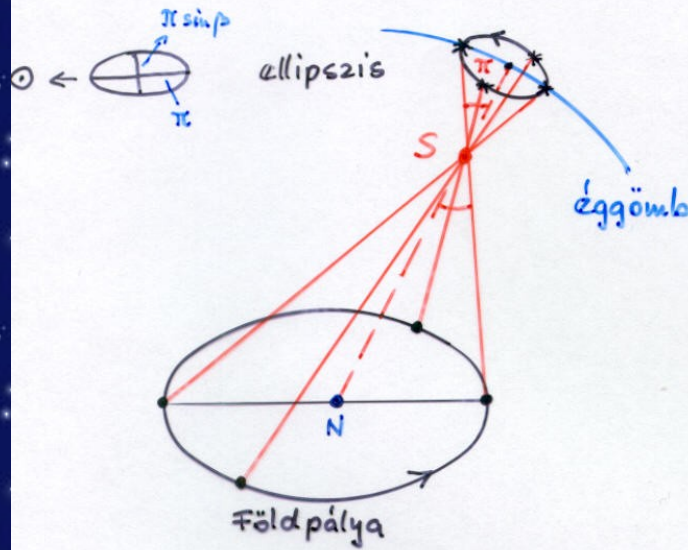
Hold: $p_0 = 57' 21.67''$ $p_0 = 8.7942''$

távolság: $d = \frac{R}{\sin p}$ $d_0 = 384\,000 \text{ km}$ $d_0 = 149\,600\,000 \text{ km}$

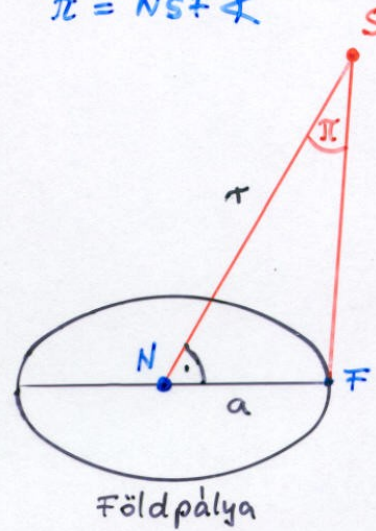
A Naprendszeren belül jó.

Évi parallaxis

1838 Bessel, Struve, Henderson
61 Cyg Vega



$$\pi = NSF \angle$$



$$\tan \pi = \frac{a}{r}$$

π : évi parallaxis szög

Parsec def.: $\pi = 1''$, $\perp$ ránézés $\rightarrow r = 1 \text{ pc}$

$$1 \text{ pc} = 206\,265 \text{ cs.E.} = 3,26 \text{ fényév} \approx 3,08 \cdot 10^{13} \text{ km}$$

Égitest távolsága: $\tan \pi \approx \pi \text{ [rad]}$

$$r = \frac{a}{\pi} = \frac{206\,265 \text{ [cs.E.]}}{\pi''} = \frac{1}{\pi''} \text{ [pc]}$$

$$\pi'' = \frac{1}{r \text{ [pc]}} \quad \text{a csillagokra: } \pi < 1''$$

trigonometriai parallaxis: $r < 100 \text{ pc}$ ($\pi > 0,01''$)

HIPPARCHOS: $0,001''$ GAIA $10^{-6}''$ 6000 csillag

Proxima Centauri $0,76''$ ($1,31 \text{ pc} = 4,25 \text{ fé}$)

Sziriusz $0,37''$ ($2,7 \text{ pc} = 8,8 \text{ fé}$)

Szekuláris parallaxis

csillagokhoz képest

Bázis: $v(T_2 - T_1)$

a Naprendszer mozog a környező

$v = 20 \text{ km/s}$; Herkules irányába

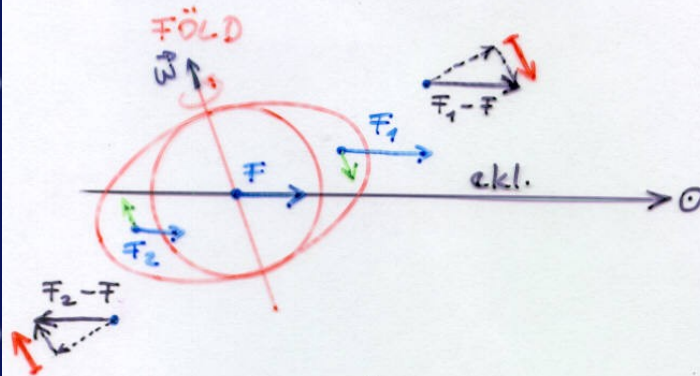
$$r = v(T_2 - T_1) \frac{\sin(\angle \text{apex})}{\sin(\angle \text{elmozd.})}$$

PRECESSZIÓ

Hipparkhosz (i.e. II. sz.): a csillagok ekl. hosszúságai $1,5^\circ$ -kal nagyobbak Timokharisz i.e. 273-ban mért értékeinél $\rightarrow$ az égi pólus lassan körbemozg az ekliptika pólusa körül $\rightarrow$ a γ a Nap járásával ellentétes irányban elmozdul az ekliptikán: NY felé (Kos $\rightarrow$ Halak)

$$P = 25600 \text{ év} \quad 50,2''/\text{év}$$

Bradley 1747: van a pólus mozgásában egy 18,6 év periódusú ingadozás. } NUTÁCIÓ
Féléves, féléves stb.



$$\frac{R_{\text{egy}} - R_s}{R_{\text{egy}}} = \frac{1}{298}$$

csőpár $\rightarrow$ forgatónyomaték

Nap

$$\vec{N} = \vec{M}_\odot + \vec{M}_\oplus$$

Hold

$$\vec{N} = \Theta \vec{\omega}$$

Luniszolaris precesszió: $50,37''/\text{év}$ $\gamma \rightarrow \text{NY}$

$$P = 25729 \text{ év}$$

Planetáris precesszió: $0,11''/\text{év}$ $\gamma \rightarrow \text{K}$
(direkt)

Nutáció: $P = 18,6 \text{ év}$ stb.

$$\gamma: \Delta\gamma = at + l \sin 2\lambda_\odot + m \sin 2\lambda_\oplus + b \sin \Omega + c \sin 2\Omega + \dots$$

$i_\oplus = 5^\circ 11''$
 $\rightarrow$ holdpálya elm.
(-2)

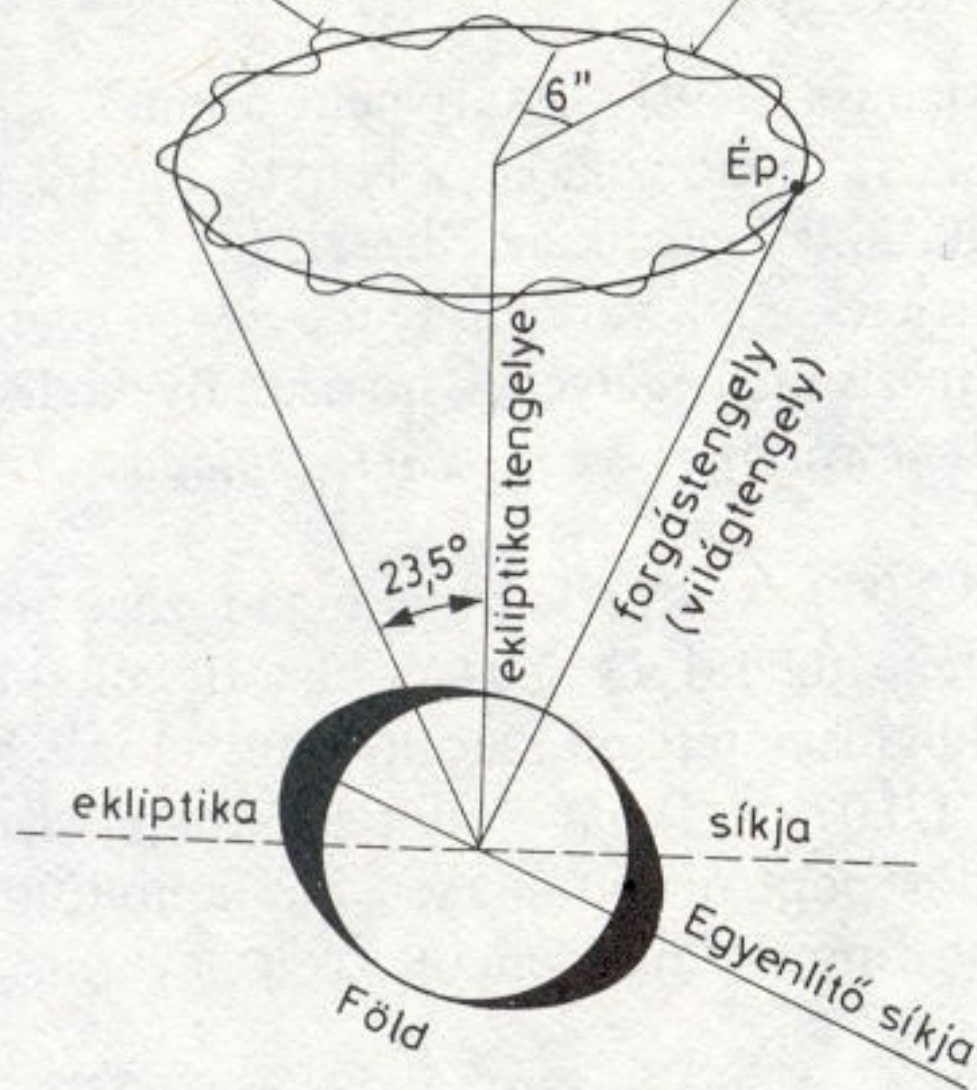
$$\odot: a_1 t \quad a_1 = 15,77''/\text{év} \quad a = a_1 + a_2 = 50,37''/\text{év}$$

$$\oplus: a_2 t \quad a_2 = 34,60''/\text{év}$$

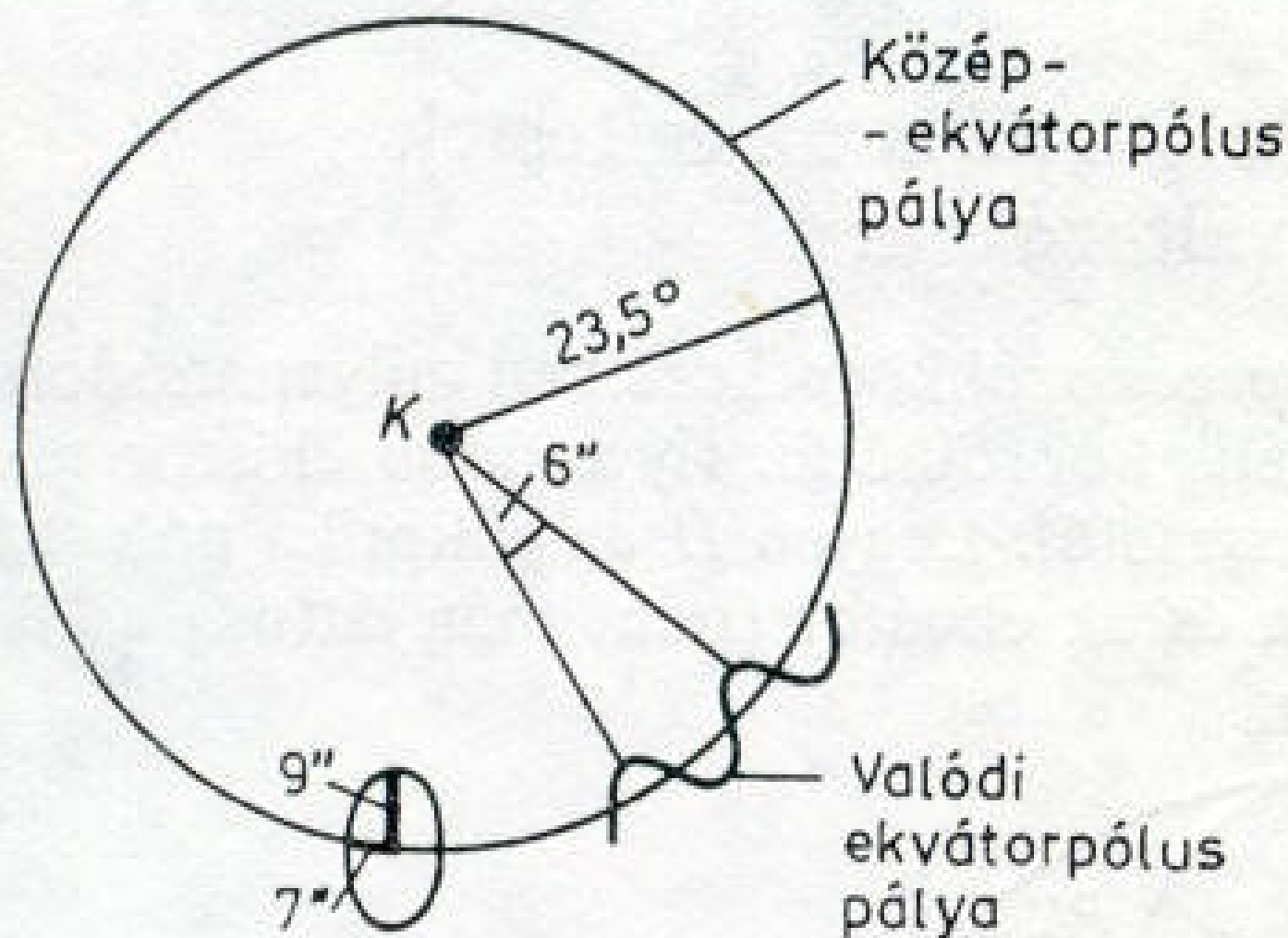
tropikus év < sziderikus év
(γ) 21perc (*)

a valódi pólus
pályája (nutáció)

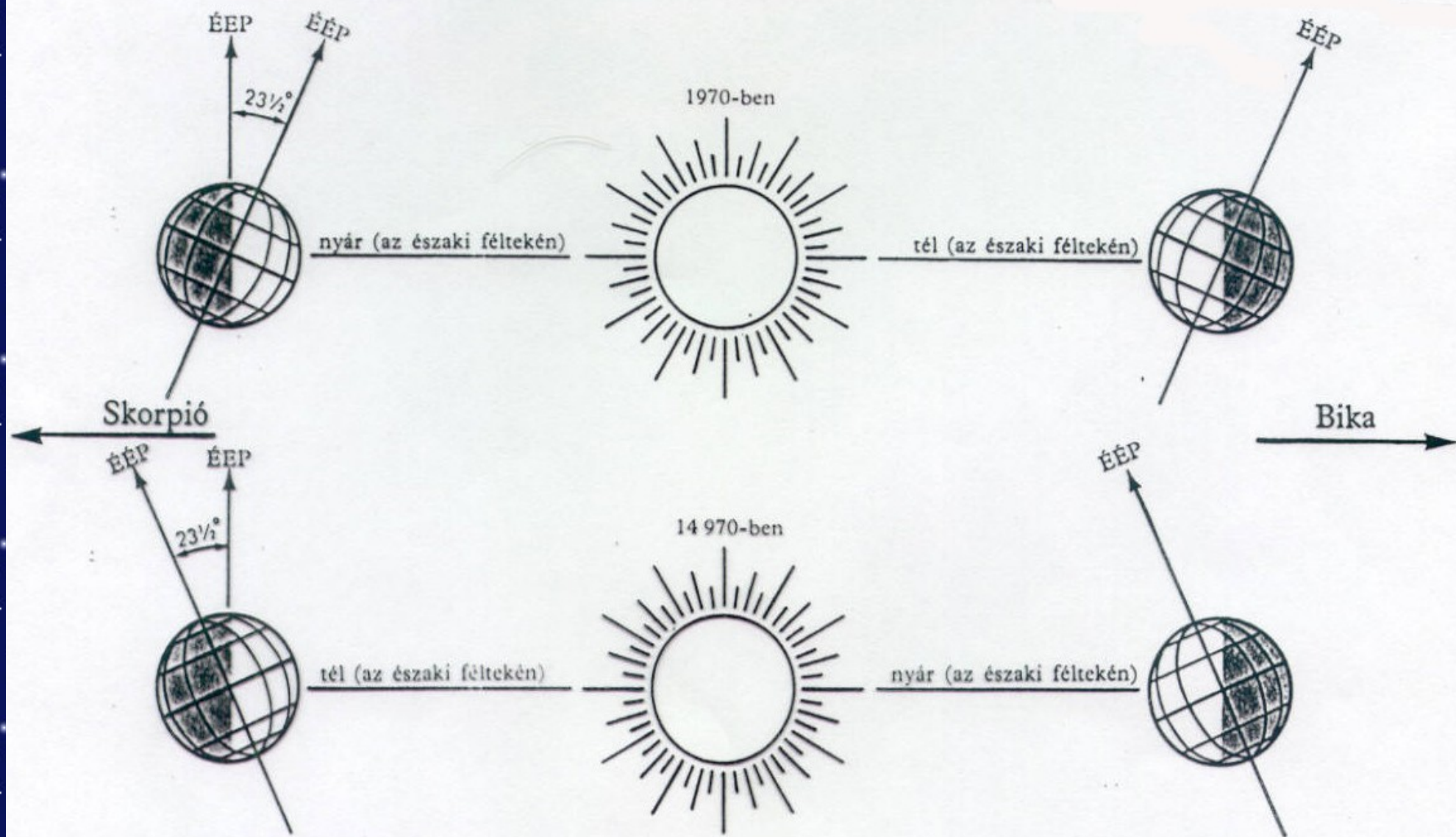
a közép ekvátor-pólus
pályája (precesszió)

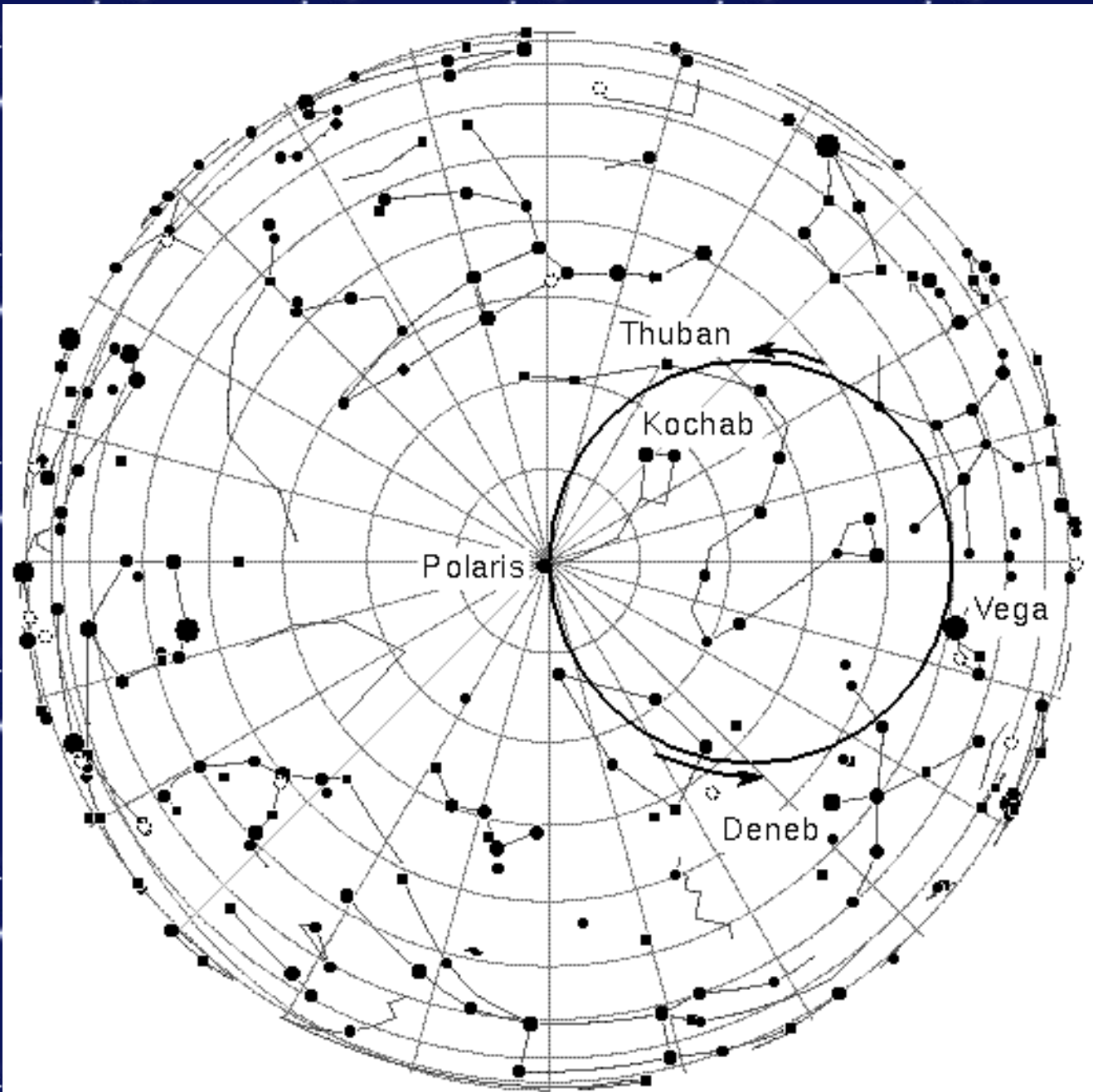


52. ábra. A precesszió és a nutáció



1.44. ábra. A nutáció jelensége miatt az ekvátorpólus a középekvátorpólus körül egy ellipszist ír le, így az ekvátorpólus eredő mozgása hullámvonal





The path of the precession of the Earth's rotation axis.
It takes 26,000 years to complete a full 360° wobble.

**A légköroptikai jelenségekről lásd:
Dr. Hegedűs Tibor összeállítását!**

asterope.bajaobs.hu/cski/legkoroptika/Legkoroptika.htm

Érdemes itt is körülnézni a „Jelenségek” fül alatt:

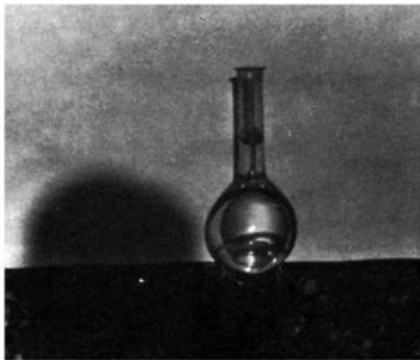
<http://legkoroptika.uw.hu/>



1. ábra
Aranyhíd az Égei-tengeren
(Márton Antalné fotója)



2. ábra
Fényjáték - A Hold csillogása a vízen
(Manhattan Beach - David K. Lynch fotója)



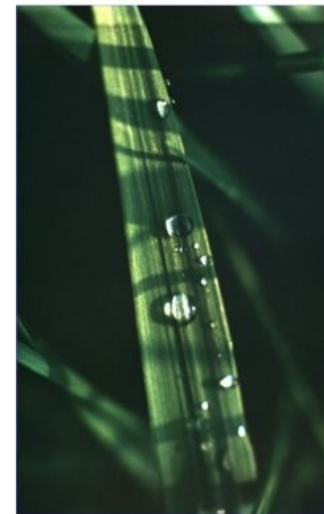
3/a. ábra
A "dicsfény" magyarázatához: vízzel töltött lombik,
távoli háttér előtt (Tricker könyvéből)



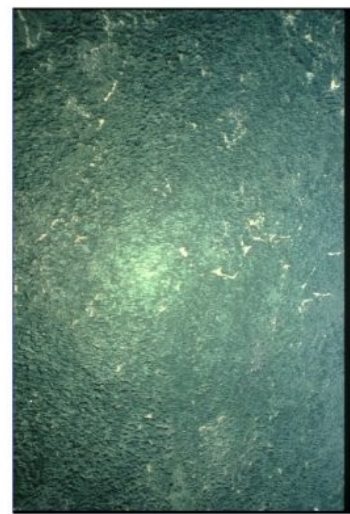
3/b. ábra
A "dicsfény" magyarázatához: vízzel töltött lombik,
közeli háttér előtt (Tricker könyvéből)



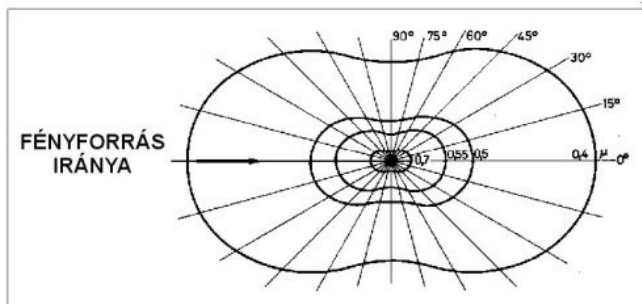
4/a és b. ábra
Dicsfény - az észlelő arca előtt-, majd kinyújtott karal tartott fényképezőgéppel
(Keystone - David K. Lynch fotója)



5. ábra
Vízcseppek növényi levélen
(Hegedűs Zoltán fotója)



6. ábra
Az oppozíciós effektus
(David K. Lynch fotója)



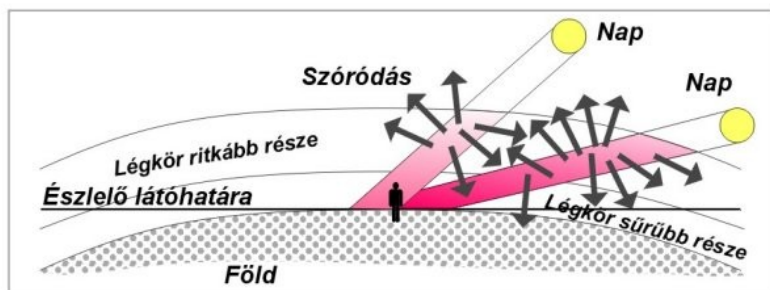
7. ábra

A Rayleigh-szórás intenzitás eloszlása a megvilágító fényforrás irányához képest (Bernolák Kálmán könyvéből)



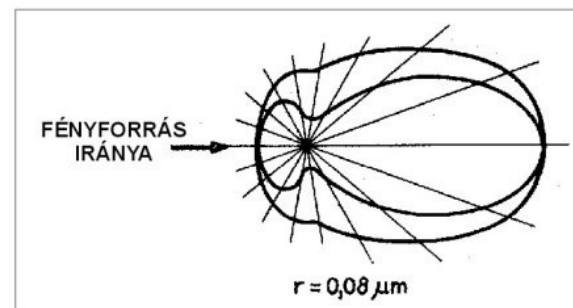
8. ábra

Magashegységben megfigyelhető mélykék égbolt (Sierra Nevada - a szerző fotója)



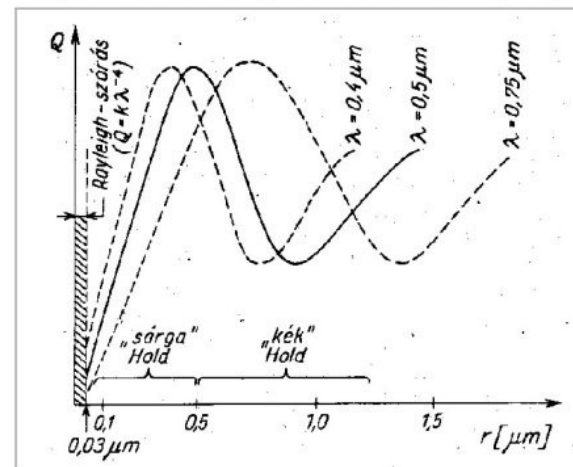
9. ábra

A fény légkörben megtett útja hosszabb az alacsonyabb Nap-magasságoknál



10. ábra

A Mie-szórás intenzitás eloszlása a megvilágító fényforrás irányához képest ('r' a szóró részecske sugara - Bernolák Kálmán könyvéből)



11. ábra

A fényszórás hatékonysága a részecskeméret és a fény hullámhossza függvényében (Czelnai Rudolf könyvéből)



12. ábra

Egy rendkívüli átlátszóság: A Magas Tatra látkepe a Mátrából (a szerző képe)



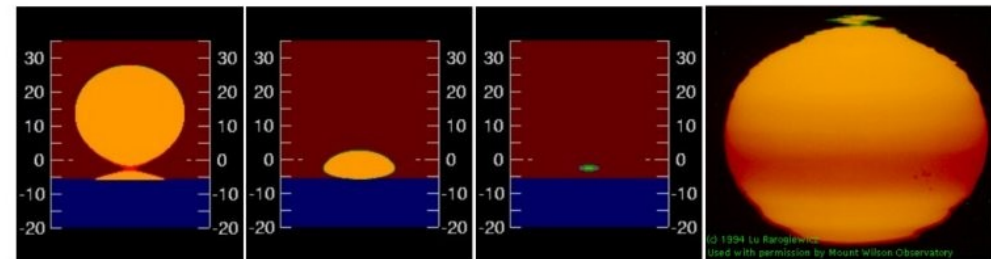
13. ábra
Tyndall jelenség (Anatólia, a szerző felvétele)



14. ábra
Krepuszkuláris sugár (Balaton, a szerző felvétele)



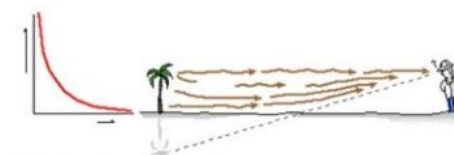
15. ábra
Antikrepuszkuláris sugár (napnyugta után, keleti irányban - a szerző fotója)



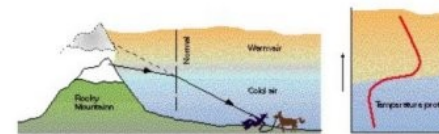
16. ábra
A vörös sugár és zöld sugár modellszámítási sorának három fázisa, valamint egy tényleges "green flash" fotója (USA honlap)



17. ábra
Vörös sugár ("red flash") a Hold korongján - és a Novaya Zemlja jelenség (jobbra) (német és USA honlap)



© 1998 Wadsworth Publishing Company/ITP



© 1998 Wadsworth Publishing Company/ITP



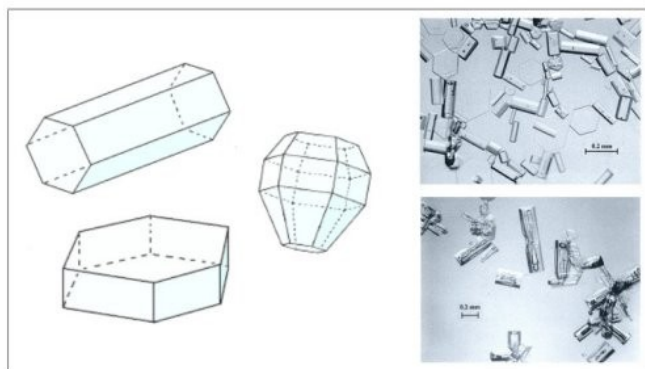
18. ábra
A délibáb létrejöttének szemléltetése, és egy-egy tipikus felvétel (a felsők az objektum irányba alatti-, az alsók a fölötti képet eredményeznek - USA honlap)



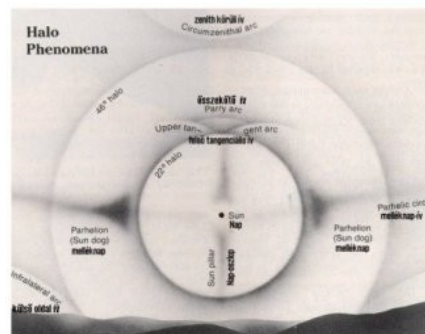
19. ábra
Tipikus kettős szivárvány. A belső íven belül jól megfigyelhetően világosabb van! (A szerző felvétele)



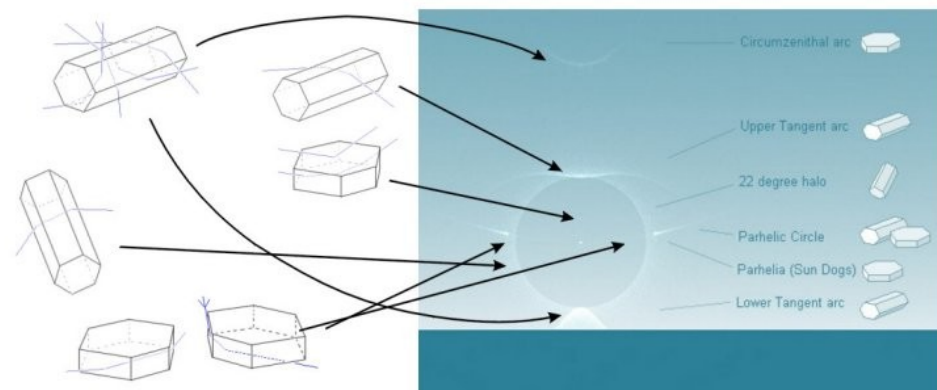
20. ábra
Ködszivárvány ("fogbow" - David K. Lynch fotója)



21. ábra
A legtipikusabb jégkristály módosulatok rajza, és mikroszkópos képe (USA honlap)



22. ábra
A teljes halo komplexum rajza - és a egy ritka szép valóságos fotón (nagy látószögű optikával, Déli Sark, USA honlapról)



23. ábra
A komplex halo-jelenség főbb részeinek kialakulásáért felelős kristályok, és a megfelelő sugármenetek (USA honlapról)

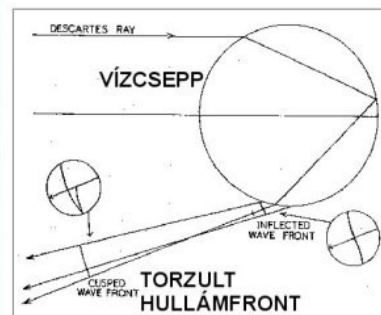


24. ábra
Bal oldal: melléknapp (a szerző fotója), közép: tangenciális ív (Balaton, a szerző fotója)
jobb oldal: nap oszlop (USA honlap)



25. ábra

A szerző feje által kitakart telihold (kissé hiányos) 22 fokos halo ive, és mindkét oldali mellék-holdja (saját felvétel)



26. ábra

Egy esőfüggöny által megszabdalt szivárvány fő íve alatt megfigyelhető számfeletti ív (Hegedüs Zoltán fotója) és a létrejöttéhez szükséges optikai útkülönbségek kialakulásának szemléltetése (jobb oldalon)



27. ábra

Glória jelenség (Pireneusok, Hegedüs Zoltán fotója)

A megadott honlap anyaga
szigorúan számonkérés
tárgya!

A SZÁMFELETTI ÍVEK ELHELYEZKEDÉSE

IDŐMÉRÉS

1 közép(napi)nap = 1,00273790934 csillagnap

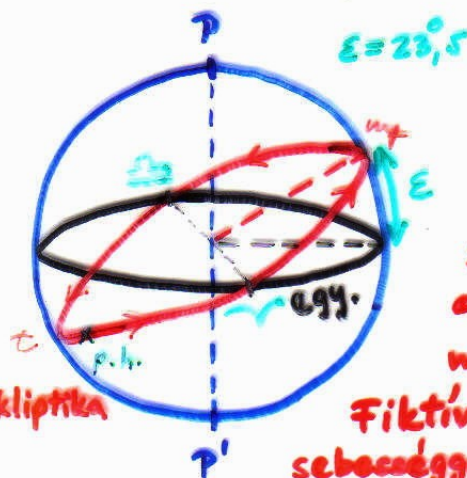
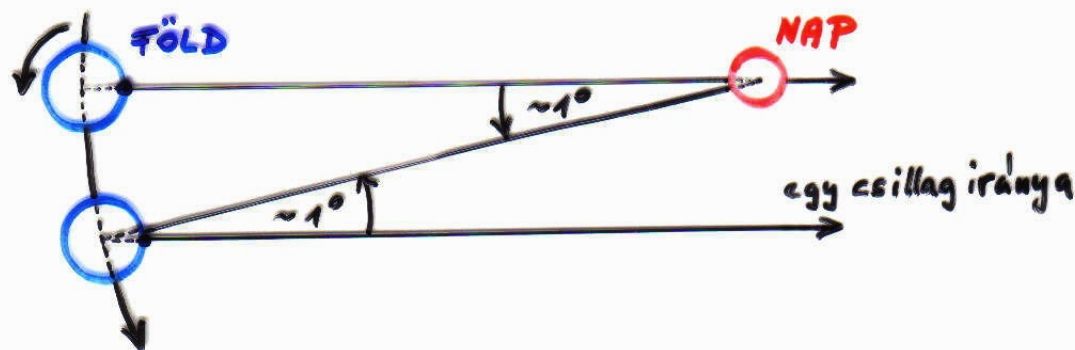
↓
= $24^h 03^m 56^s,55536$ csillagidő

a Fiktív Egyenlítői Középnapi két egymást követő delelése

1 csillagnap = 0,99726956637 közép(napi)nap

↓
= $23^h 56^m 04^s,09053$ középidő

a tavaszpont két egymást követő delelése közti idő



Kepler II. törv. $\Rightarrow$ a Nap nem egyenletesen mozog az ekliptikán, két delelés között eltelt idő, a valódi nap hossza változik.

Fiktív Ekliptikai Középnapi: egyenletes szögsebességgel ua. idő alatt, mint a valódi Nap, vele a perihéliumban =.

Fiktív Egyenlítői Középnapi: egyenletes szögsebességgel ua. idő alatt, mint F. Ekl. K., vele a γ -ban egyezik meg.

Közép szoláris (napi) idő: a F. Egy. K. óraszöge $+ 12^h = m$

Valódi szoláris idő: a Nap középpontjának óraszöge $+ 12^h = m_{\odot}$

Időegyenlítés: $E = m - m_{\odot}$ $E_{max} = 14^m$ $E_{min} = -16^m$

VILÁGIDŐ: UT (Universal Time)

UT0: a pillanatnyi $\lambda = 0^\circ$ meridiánra, tehát a pillanatnyi pólusokra vonatkozó greenwichi közép szoláris idő

UT1: az évi közepes pólusokon áthaladó meridiánra vonatkoztatott greenwichi közép szoláris idő

UT2: az UT1-ből a Föld forgásának rendellenességei kiküszöbölése után

UTC: koordinált világidő (rádióadók időjelei)
nem veszi figyelembe a forgás hirtelen változásait

$$\text{Ha } |UT - UTC| > 0,9 \rightarrow UTC = UTC \pm 1^s$$

ZÓNAIDŐ: Z DCF77

$$Z = UTC \pm k \text{ óra} \quad \begin{array}{ll} k > 0 & \text{KELETRE} \\ k < 0 & \text{NYUGATRA} \end{array}$$

$$1 \text{ óra} \rightarrow \Delta\lambda = 15^\circ$$

DEKRETÁLIS IDŐ: eltérés a zónaidőtől

EFFEMERIS IDŐ: ET 1 tropikus év = 31 556 925,9747 ef. sec.
az időmérték, melyet a bolygók mozgását leíró egyenletek tartalmaznak $\rightarrow$ az inerciaidő legjobb közelítése

$$ET - UT = 24,349 + 72,318 \cdot T + 29,95 \cdot T^2 + 1,72144 \cdot B$$

T: 1900-tól eltelt évszázadok száma B: a Hold alapján

ATOMIDŐ: AT egyenletesen múlik ET-vel (!?)

$$ET - AT = 32,184$$

CSILLAGIDŐ: S a tavaszpont óraszöge

1 szinodikus hónap = $29^d,530589$ középnap = $29^d 12^h 44^m 02,9^s$
(2 újhold között)

1 tropikus hónap = $27^d,321582$ -"- = $27^d 07^h 43^m 04,7^s$
(tavaszponthoz képest ua. rel. helyzetig)

1 sziderikus hónap = $27^d,321662$ -"- = $27^d 07^h 43^m 11,6^s$
(fix csillaghoz képest ua. rel. helyzetig)

1 anomalisztikus hónap = $27^d,554550$ -"- = $27^d 13^h 18^m 33,1^s$
(2 perigeum között)

1 drakonikus hónap = $27^d,212221$ -"- = $27^d 05^h 05^m 35,9^s$
(2 felszálló csomópont között)

1 tropikus év = $365^d,242194$ középnap = $365^d 05^h 48^m 45,5^s$
(= $366,242194$ csillagnap)
(tavaszponttól tavaszpontig) -

1 sziderikus év = $365^d,256361$ középnap = $365^d 06^h 09^m 09,6^s$
(fix csillaghoz képest ua. rel. helyzetig) +

1 anomalisztikus év = $365^d,259644$ -"- = $365^d 06^h 13^m 53,2^s$
(2 perihélium között) +

1 drakonikus év = $346^d,620058$ -"- = $346^d 14^h 52^m 53,0^s$
(a Napnak a Hold felsz. csomópontján való két egymás
utáni áthaladása között) +

1 trop. év < 1 szid. év < 1 anomal. év

↓
precesszió
↖ hátra mozog

↓
perturbáció
a perih. előre mozog

NAPTÁR

A naptárkészítés alapvető problémája:
a csillagászati vonatkozású időegységek, a nap,
a hónap és az év nem összemérhetők!

1 tropikus év = 365,2422 középnap
holdhónap - napév → luniszoláris naptár

JULIÁN-NAPTÁR i.e. 46-tól Julius Caesar, Szostigenész

$$\frac{3 \cdot 365 + 366}{4} = 365,25 \quad \text{ez } 11^m 14^s \text{-al hosszabb}$$

a tropikus évnél → 128 év alatt már 1 nap

31, ²⁹₃₀, 31, 30, 31, 30, 31, 30, 31, 30, 31, 30 de Augustus Caesar
J F M A M J J A S O N D megváltoztatta → mai

GERGELY-NAPTÁR XIII. Gergely pápa

1582. okt. 4. után okt. 15.

tavaszpont: márc. 21. (mint a niceai zsinat
idején i.sz. 325-ben)

minden 4. év szökőév, kivéve a 100-zal osztható,
de 400-zal nem oszthatókat, így (2000 igen, szökő)

$$\frac{303 \cdot 365 + 97 \cdot 366}{400} = 365,2425$$

a hiba csak 3300 év alatt lesz 1 nap

VILÁGNAPTÁR 1930 Elizabeth Achelis

30 30 30 30 30 30 30 30 30 30 30 30
31 31 (W) 31 31 W

jan. 1. vasárnap W: név nélküli ünnepnap dec. 31. hétfő

JULIÁNDÁTUM

i.e. 4713 első napjának déletől eltelt napok száma (greenwichi)

pl. 1986. okt. 1. UT=0^h → JD = 2 446 704,5

1987. — " —
1988. — " —

2 447 069,5
2 447 435,5

Módosított JD: MJD = JD - 2 400 000

1989. okt. 1. UT=0^h →
1990. — " —

JD = 2 447 800,5
2 448 165,5

Julián naptár → JD 1995. okt. 9. UT=12^h 2 450 000

```
100 INPUT "EV, HO, NAP, ORA, PERC"; EV, HO, N, O, P
110 O = O + P / 60 : N = N + O / 24
120 NI = INT(N) : F = N - NI - 0.5
130 J = -INT(7 * (INT((HO + 9) / 12 + EV) / 4))
140 J = J + INT(275 * HO / 9) + NI + 1721027 + 367 * EV
150 IF F >= 0 THEN 170
160 F = F + 1 : J = J - 1
170 PRINT "JD = ", J, F
```

JULIÁN ÉVSZÁZAD = 36 525 középnap

2000. jan. 0. UT=12^h = JD 2 451 545,0 ≡ JD₀ új
1900. jan. 0. UT=12^h = JD 2 415 020,0 ≡ JD₀ régi

$$T = \frac{JD - JD_0}{36 525}$$

T: pályaelemek változásánál
év-típusok változásánál
F.E.K. α változásánál
középnap-csillagnap változásánál, S₀

Szürkületek:

90 fok < z < 96 fok: *polgári*

96 fok < z < 102 fok: *navigációs*

102 fok < z < 108 fok: *csillagászati*

Fehér éjszakák: Nap alsó kulminációja polgári szürkületben
(földrajzi szélesség > 60.5 fok)