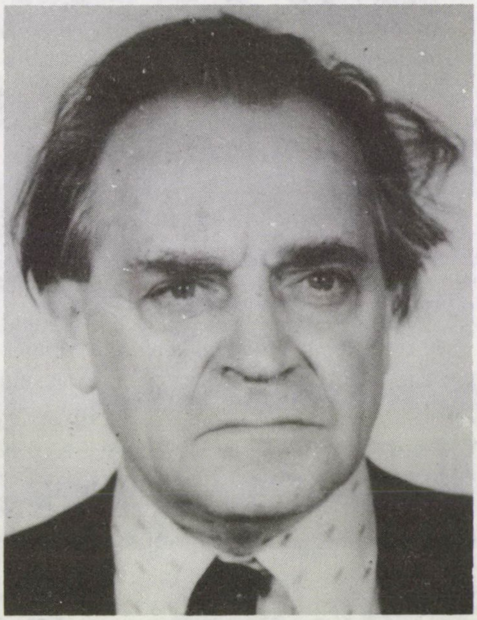
Az Osztály életéből

SZABÓ ÁRPÁD AKADÉMIAI LEVELEZŐ TAG SZÉKFOGLALÓ ELŐADÁSA



Az MTA 1979. évi 139. közgyűlése *Szabó Árpádot*, az irodalomtudományok doktorát levelező tagjainak sorába választotta.
Nagy érdeklődéssel kísért székfoglaló előadását 1980. február 21-én tartotta, amelyen megjelent *Szentágothai János*, az MTA elnöke is. *Mócsy András* osztályelnökhelyettes nyitotta meg az Osztály nyilvános ülését, majd az előadás elhangzása után avató beszédet mondott.

A LEGHOSSZABB NAP
(Tudománytörténeti előadás)

Igen tisztelt Elnök Úr! Tisztelt Osztályülés! Kedves Vendégeink!

Talán megengedik, hogy mielőtt hozzákezdenék előadásomhoz, néhány megjegyzést bocsássak előre a tárgyválasztással kapcsolatban. Minthogy tudománytörténeti előadást tartok, hadd hívjam fel figyelmüket mindenekelőtt magának a tudománytörténetnek néhány elvi problémájára.

Első pillantásra úgy látszik, hogy a tudománytörténet nagyon régi diszciplína. Már *Arisztotelész* az i. e. 4. században megbízást adott több tanítványának egy-egy tudományág történetének a megírására. Egyikük, *Eudémosz* meg is írta mind a matematika, mind az asztronómia történetét. Bár ezek a munkák elvesztek, csak egy-egy részletet, töredéket ismerünk belőlük, de azt, ami megmaradt, becses forrásként tartjuk számon ma is.

És mégis... Ha meglenne *Eudémosz* tudománytörténete, beérnénk-e vele manapság? (Ennek a kérdésnek természetesen csak akkor van értelme, ha ezúttal nem gondolunk többre, mint azokra a korszakokra, amelyeket jól ismerhetett *Eudémosz,* sőt amelyeknek a történetét ő írhatta meg legközelebbről.) – Nem hiszem, hogy az ókori tudománytörténetírás – bármennyire becses forrás számunkra – akár csak meg is tudná közelíteni mai, korszerű igényeinket. – Összehasonlításként gondoljunk arra: *Hérodotosz,* a „történetírás atyja" megírta a perzsa háborúk történetét, a méltán nagynak tartott *Thukydidész* pedig azét a peloponnészoszi háborúét, amelynek egy darabig ő maga is aktív részese volt. – És mégsem elégít ki bennünket – ezekre a korszakokra vonatkozóan sem – ennek a két ókori történetírónak a munkája. Mert időközben megváltoztak igényeink magával a történetírással szemben.

Még inkább így áll a helyzet akkor, ha a tudomány, az egzakt tudományok történetéről van szó. Ez a nagyon régi diszciplína ti. ugyanakkor valami merőben új is.

Annyira új a tudománytörténet, hogy alig egypár évtizeddel ezelőtt ilyesmiről még szó sem volt. Írtak ugyan tudománytörténetet az elmúlt évszázadok során, és ugyanígy ennek a századnak az első felében is, de akkor még alig volt pl. egyetemi képviselete ennek a szakmának. Akkor a tudománytörténet még alig volt több, mint egy-egy műkedvelő érdeklődése szakmájának a múltja iránt. Nem voltak tudománytörténeti kutató intézetek, társaságok, folyóiratok, kongresszusok és megbeszélések nemzetközi méretekben s olyan szinte áttekinthetetlenül nagy számban, mint manapság.

A tudománytörténet igazában csak a második világháború után bontakozott ki, lett közismertté, és terjedt el mindenütt a világon olyan mértékben, amilyenre eddig nem volt példa.

Túlságosan messzire vezetne, ha ki akarnék térni ezúttal arra: mi váltotta ki ezt a különös folyamatot. Hadd mondjak itt röviden csak annyit: az a merőben új helyzet, amelybe az emberiség a második világháború befejezésével jutott, olyan sok új, izgalmas kérdést vetett föl – többek között a tudomány mibenlétét, értelmét, alakulását, sorsát, jövőjét, és természetesen *múltját* illetően is, hogy már ezeknek a kérdéseknek a nagyrészt váratlan felmerülése is érthetővé teszi – legalább részben – a tudománytörténet iránt megnyilvánuló rendkívüli érdeklődést.

De nem lehet feladatom, hogy ezeknek a fontos problémáknak elvi boncolgatásába bocsátkozzam. Inkább arra szeretném felhívni a figyelmet, hogy a hirtelen népszerűvé lett tudománytörténet mennyire problematikus – többek között két egyszerű, gyakorlati szempontból.

Egyrészt ti. nehéz lenne általános, megnyugtató választ találni arra a kérdésre: *Ki írhat egyáltalán tudománytörténetet?* Ma, amikor a tudomány nagymértékű specializálódása eljuttatott oda, hogy nem könnyű gyakran még a rokonszakmák képviselői számára sem megérteniök egymás problémáit, nehezen képzelhető el, hogy lényeges történeti mondanivalója legyen egy-egy tudományszak belső életéről olyan valakinek, aki kívül áll a szakmán. – Ebből az következnék, hogy csak a tudományszak aktív művelői lehetnek egszersmind a szakma történészei. – Ezzel szemben áll viszont az a tapasztalati tény, hogy nem minden szakember igényli szakmájának történeti ismeretét.

Talán még ennél is nyugtalanítóbb a másik probléma: *Kihez szóljon a tudománytörténet és hogyan?* Mert ne tévesszük össze ezt a diszciplínát se a tudomány népszerűsítésével, se szórakoztató érdekességek gyűjtésével az ismeretek korábbi, ma már túlhaladott fokáról. – Az igényes tudománytörténet olyan összefüggések föltárására törekszik, amelyek éppen a szakember számára lehetnek igazán lényegesek. Annak, aki a tudomány múltját kutatja, munkája közben a szakma aktív művelőire kell gondolnia, mert elsősorban az ő számukra kell hogy mondanivalója legyen. De mit jelenthet akkor a tudománytörténet a kívülálló, a nem szakember számára, akitől senki sem várhatja, hogy otthonos biztonsággal kezelje egy-egy szakterület legbelsőbb, speciális problémáit?

Bár véleményem szerint a tudománytörténet messze van még attól, hogy megnyugtató választ adjon ezekre a problémákra, én magam, remélem, meg fogom tudni kerülni ezeket a nehézségeket ebben az igénytelen, pusztán tájékoztató jellegű előadásban. Egyrészt ti. olyan kérdésekről fogok beszélni, amelyeknek a megértéséhez nem kell szakmai előképzettség; másrészt pedig minden igyekezetemmel azon leszek, hogy közérthető formában fogalmazzam meg mondanivalómat.

Kezdenem kell e tájékoztató beszámolót azzal, hogy elmondom: hogyan jutottam el a „leghosszabb nap" kérdéséhez. Ez a probléma ti. egyformán beleillik mind a *naptár,* a *csillagászat,* a *földrajz,* mind pedig a *matematika,* közelebbről: a *geometria* történetébe. Engem tulajdonképpen az ókori matematika történetének egyik részletkérdése foglalkoztatott, amikor szinte véletlenül belebotlottam ebbe a másik kérdésbe – anélkül, hogy előre sejtettem volna, milyen széles perspektíva bontakozik majd ki előttem, ha türelmesen követem a kezembe került fonalat.

A részletkérdés, amelyre kezdetben választ kerestem, ez volt: Hogyan került sor annak az ún. *húrtáblázat*nak az összeállítására, amelyet annak a görög csillagásznak, *Klaudiosz Ptolemaiosz*nak a művében találunk, aki időszámításunk 2. századában élt. (Az előadás időrendi kérdéseiről tájékoztat a rövid kronológiai vázlat, amelyet előre összeállítottam, illetőleg nyomtatásban az ábrákkal együtt a cikk végéhez csatolok.) A görögök húrtáblázatáról eddig csak azt tudtuk, hogy megvolt már kb. 300 évvel korábban a másik csillagásznak, *Hipparkhosz*nak elveszett munkájában. De az alapvető matematikatörténeti kérdésről a mai előadásban csak mellékesen lesz szó.

Középponti kérdésem ti. csakhamar elvezetett egy másikhoz: a napórának, a görögök *gnómón*jának a naptárral kapcsolatos szerepéhez. Majd hamarosan észre kellett vennem, hogy ugyanez a napóra az asztronómia történeti kibontakozása során a matematikai földrajznak is tudományos műszere, segédeszköze lett. Miután pedig sikerült tisztáznom: hogyan teremtették meg a gnómón segítségével az első geometriai világképet, további kérdésként adódott: hogyan módosult az egyszerűbb geometriai világkép akkor, amikor megpróbáltak csillagászati-földrajzi következtetéseket levonni a leghosszabb nap időtartamából.

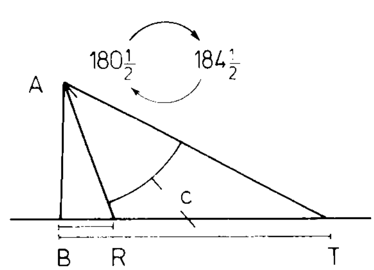
Lássuk ezek után legalább vázlatosan a „leghosszabb nap" tudománytörténeti problémáját.

Mint ismeretes, a nappalok időtartama egy viszonylag keskeny sávtól eltekintve a Földgömb minden pontján változó. (Az a keskeny sáv, amelyen nem mutatható ki a nappalok és éjszakák időtartamának különbsége, változása, az *Egyenlítő*.) Az északi féltekén pedig – ha megfigyeléseinket helyben mindig ugyanarra a viszonylag kis területre korlátozzuk – annál hosszabbak a nappalok, minél inkább közeledünk a nyári napforduló dátumához, nagyjából június 21-hez. A nyári napforduló két legfontosabb ismertető jegye az, hogy egyrészt ekkor leghosszabb a nappal időtartama, másrészt pedig ezen a napon legrövidebb a déli árnyék.

Ha ti. fölállítunk a vízszintes síknak bármely pontjában egy függőleges botot, és reggeltől estig figyeljük az árnyékát, azt tapasztaljuk, hogy ez napfölkeltétől napnyugtáig állandóan változik: előbb fokozatosan rövidül, majd egy idő múlva megint hosszabbodni kezd. A vízszintes síkban függőlegesen álló bot a napóra legrégibb formája; ez a görög *gnómón*. Bennünket ezúttal a napi legrövidebb árnyék időpontja érdekel. Ekkor áll ti. a Nap, az égitest a látszólagos napi körpálya legmagasabb pontján, a delelő ponton. Botunk napi legrövidebb árnyéka pedig földrészünkön, pontosabban: az egész északi féltekén, az észak–déli irányt mutatja.

Könnyű lesz észrevennünk azt is, hogy bár a napi legrövidebb árnyék, a déli árnyék iránya ugyanazon a helyen mindig változatlan ugyan, de nem így az árnyék hosszúsága. Nyáron ugyanis ugyanannak a botnak ugyanazon a helyen mért déli árnyéka rövidebb, télen pedig hosszabb. Ennek az oka az, hogy a Földgömb északi felén úgy látjuk: nyáron magasabban, télen pedig alacsonyabban delel a Nap.

Lesz tehát az árnyék megfigyelésére fölállított botunknak nemcsak napi „legrövidebb árnyéka" (ez a *déli árnyék*), hanem ez az árnyék maga is az év egyik napján „leghosszabb", egy másikon pedig „legrövidebb" lesz. Vázlatosan *1. ábránk* mutatja a függőlegesen álló AB botnak legrövidebb déli árnyékát (BR), és a leghosszabbat (BT). A legrövidebb déli árnyék a leghosszabb napra jellemző; ez a *nyári napforduló* déli árnyéka;



1. ábra

a leghosszabb (BT) pedig a legrövidebb téli napé; ez az utóbbi a *téli napforduló* déli árnyéka. – Éppen egy félesztendő kell ahhoz, hogy a legrövidebb déli árnyékból (BR) a leghosszabb legyen (BT), és megfordítva: hogy a leghosszabb déli árnyék a legrövidebbre csökkenjen.

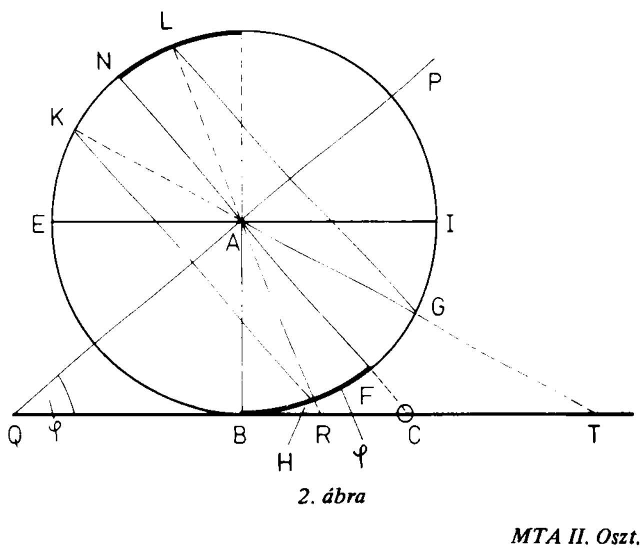
Érdekes mármost, hogy ezzel kapcsolatban a legrégibb fontosnak látszó megfigyelést éppen az első európai tudós, *Thalész* tette még az i. e. 6. században. Észrevette ugyanis, hogy több nap telik el a nyári napfordulótól a téliig, mint megfordítva: a télitől a nyáriig. – Nem tudjuk mivel magyarázta *Thalész* ezt a különös aszimmetriát, de érdemes fölfigyelnünk megállapítására. Az esztendő két felének ez a különböző hosszúsága ti. *Kepler* második törvényéből következik: a bolygómozgás Napközelben fölgyorsul, ezért rövidebb az esztendő egyik fele, mint a másik.

Árnyékmegfigyeléssel rögzítették hát az esztendő leghosszabb és legrövidebb napját. De mindjárt adódott ebből egy másik érdekes probléma is.

A téli napforduló után hosszabbodnak a nappalok és rövidülnek az éjszakák; a nyári után pedig a nappalok rövidülnek, és az éjszakák hosszabbodnak. Önként adódik ebből a várakozás: lesz nyilván két olyan alkalom is az esztendőben, amikor *ugyanolyan hosszú a nappal, mint az éjszaka.* Az egyik a tavaszi, a másik meg az őszi *napéjegyenlőség.*

Azt viszont már korántsem volt könnyű megállapítani: milyen hosszú lesz a napéjegyenlőség déli árnyéka, ha BR a déli árnyék a leghosszabb nyári, BT pedig a legrövidebb téli napon – amint ezt *1. ábránk* mutatja. Első közelítésként ti. szinte önként adódott a válasz, amit ábránk sugallni látszik: *nyilván feleznünk kell az RT szakaszt.* – Csakugyan: a görögség előtti keleti népek így próbálták megmérni a napéjegyenlőség déli árnyékát. Ez a mérés azonban félrevezető és korántsem ad megnyugtató eredményt. A helyes megoldást később egy ilyen meggondolás alapján érték el a görögök:

Legrövidebb a déli árnyék (BR) akkor, amikor a Nap fönn az égboltozaton valahol az RA szakasz meghosszabbításának egy pontján látszik delelni. Nevezzük ezt a pontot L-nek. – Leghosszabb viszont a déli árnyék (BT) akkor, amikor a Nap az égbolt K pontján delel. – Nem kell hozzá sok fantázia, hogy *körívet* képzeljünk az égboltra a két delelési pont, L és K közé. Ennek az égre vetített körívnek a tükörképét kapjuk meg akkor, ha az AB árnyékmérő bottal mint rádiusszal és a bot *A* csúcsával mint középponttal kört rajzolunk. Ha viszont felezzük az égre vetített körívnek földi tükörképét az F pontban (a *2. ábrán*), akkor nem is kell már egyebet tennünk, mint összekötnünk ezt az F pontot a gnómón csúcspontjával, és az összekötő egyenesnek a meghosszabbítása megadja a napéjegyenlőségi déli árnyék végpontját a BT egyenesen. (Bekarikáztam ezt a C pontot a *2. ábrán.*)



2. ábra

A hagyomány szerint *Anaximandrosz* volt az első görög az i. e. 6. században, akinek sikerült megmérnie a napéjegyenlőség déli árnyékát. A napéjegyenlőség (az aequinoctium) ugyanis már korántsem olyan könnyen megfigyelhető valami, mint a napfordulók időpontja. Azt, hogy mikor leghosszabb, vagy mikor legrövidebb a nappal, viszonylag könnyű észrevenni. De a nappalnak és az éjszakának az egyenlősége igazában már *nem* megfigyelhető, inkább csak *kiszámítható* valami. – Rekonstrukcióm szerint ez a kiszámítás Anaximandrosznak az említett módon a körív felezésével sikerült.

Mint a jóval később élő római *Vitruvius*nak egyik leírásából kiderül: az a művelet, amelyet az előbbi rekonstrukció során a gnómónnal végeztünk, egyszersmind *asztronómiai világképet* is ad. A következőkben mindenekelőtt ismertetem ennek az asztronómiai világképnek legfontosabb elemeit.

A kör, amelyet a gnómónnal mint rádiusszal és a gnómón csúcspontjával mint középponttal rajzolunk: a *meridián,* magyarul: a *délkör.* Ha ti. abból indulunk ki, hogy a B pontban állunk, és innen figyeljük az égi jelenségeket, akkor úgy látjuk, mintha a Nap mindig a most megrajzolt körnek baloldali felső negyedében *delelne.* (Ugyanennek a körnek jobboldali alsó negyede tükörképe a baloldali felső negyednek.) Vitruvius leírásában a délkör, a meridián egyszersmind kétdimenziós képe is a teljes látszólagos éggömbnek, illetőleg a kozmosznak.

A BRT betűkkel jelölt egyenes – minthogy mindig erre a vonalra esik a gnómón déli árnyéka – természetesen az észak–déli irányt mutatja. – A vele párhuzamos, EAI betűkkel jelölt egyenesnek – amely átmegy a meridián-kör A középpontján – Vitruvius a *horizón* nevet adja. Ezt a görög eredetű terminus technicust (újabb akadémiai helyesírásunk *horizont*nak mondja) magyarul a *„látóhatár"* szóval szoktuk fordítani. A fordítás csak nagyjából felel meg a görög eredeti jelentésének. Ez a görög tudomány szaknyelvéből kölcsönzött általános európai kifejezés ti. *nem* abban az értelemben jelöli a *határt,* hogy addig a pontig vagy addig a vonalig látunk. A görög *„horizón kyklosz"* igazában (értelemszerűen) *„elválasztó kör".* Mert ez a kör választja el a teljes égboltozat felső látható félgömbjét a másik, az alsó félgömbtől, amelyet nem látunk. – Ha, persze, elhagyjuk a Föld felületén azt a pontot, ahonnan az égboltot vizsgáltuk, és messzebb megyünk (esetleg pár száz, vagy pár ezer kilométerre) eredeti vizsgálódásunk helyétől, mondjuk délre vagy északra, megváltozik *horizón*unk. Ha pl. dél felé mentünk, akkor ebben az irányban többet látunk az égboltból; északon viszont ugyanannyival kevesebbet. Az északra vagy délre haladással az egyik oldalon csökken, a másikon pedig növekszik *horizón*unk. Ez annak a következménye, hogy a Föld gömb alakú, és a *horizón* tulajdonképpen az az érintő körlap, amelynek középpontjában mi magunk állunk; e körlap pedig merőleges a Földnek arra a rádiuszára, amely függőlegesen álló törzsünk folytatásaként a Föld középpontja felé mutat.

2. ábránkon a *„horizón kört"* egyetlen egyenes vonal (EAI) – a kör átmérője – képviseli. – Mondtam már, hogy az ábrán látható teljes kör, a meridián, nemcsak a B megfigyelő pontra vonatkoztatott *délkör,* hanem egyszersmind szimbolikus képe az egész éggömbnek is – felső látható, és alsó nem látható féltekéjével. – A Föld maga ti. eszerint a szimbolikus-asztronómiai világkép szerint nem több, mint magának a gnómónnak a felső csúcspontja. – Az NAF betűkkel jelölt egyenes az a déli napsugár, amely megadja a BRT egyenesen a napéjegyenlőség árnyékát (C végponttal.). Ugyanez az egyenes (NAF) azonban nemcsak az ábránkon látható meridián-kör vízszintes átmérője, hanem egyszersmind átmérője egy másik, még érdekesebb körnek. A Nap mint égitest ti. napéjegyenlőségkor egy olyan körpályán látszik mozogni, amelynek átmérője éppen ez az NAF egyenes. NAF tehát mindenekelőtt az *égi egyenlítő átmérője.* Természetesen tekinthető ugyanez szimbolikusan a földi egyenlítő átmérőjének is. Mert a földi egyenlítő csak vetülete az éginek. Az égi egyenlítő a Nap látszólagos pályája napéjegyenlőségkor; a földi egyenlítőn viszont – az égi alatt – mindig egyenlő a nappalok és az éjszakák időtartama.

Látható ezenkívül ábránkon még két, az egyenlítő átmérőjével párhuzamos egyenes; az egyik jobbra tőle – némileg „fölötte" (LG); a másik balra, szinte az egyenlítő átmérője „alatt" (KH). Vitruvius szövege ezt a két egyenest is *„átmérőknek"* nevezi. Ha ti. ábránkat a déli árnyékok alapján konstruált szimbólikus világképnek tekintjük, akkor a Nap, mint égitest, a két napforduló alkalmával egy-egy olyan körpályát látszik leírni, amelynek átmérője a KH és az LG egyenes. Szimbólikusan tehát ez a két *„átmérő"* is egy-egy hozzá tartozó kört képvisel: LG a nyári napforduló, KH pedig a téli napforduló körét.

A napfordulók neve görögül: *„tropikoi kykloi".* Ebből a kifejezésből származik a mi *trópusok* szavunk is. Csakhogy mi, amikor *trópusokról* beszélünk, akkor legtöbbször már nem arra a két körre gondolunk, amelyet a közvetlen szemlélet mint Nap-pályát (június 21-én és december 21-én) az égboltra vetít, hanem ugyanennek a kettőnek a földi vetületére. Az északi féltekén az egyenlítőtől kb. 23 és 1/2 fokra a *Ráktérítő* az egyik, délre pedig az egyenlítőtől ugyanilyen távolságra a *Baktérítő* a másik trópusi kör; a kettő között húzódik *a forró égöv.*

Az égbolton, illetőleg pontosabban a meridián-körön látjuk *(2. ábránkon)* az LK betűkkel jelzett ívet. Ezt az ívet (LK), azaz ennek földi tükörképét, a két gnómón-árnyék között, a *HG* ívet kellett feleznünk ahhoz, hogy megkapjuk árnyékmérő botunknak napéjegyenlőségi árnyékát, és ezzel együtt az égi egyenlítő síkját, az NAF egyenest.

Minthogy az előbb azt mondtam: a Rák- és a Baktérítő kb. 23 1/2 fokra van az egyenlítőtől északra és délre, ebből az következik, hogy a két trópusi kör távolsága egymástól kb. 47° lehet. – Az erre vonatkozó régi görög mérések még ennyire sem voltak pontosak. Az i. e.-i 5. század híres görög csillagásza, a khioszi *Oinopidész* ezt a távolságot még úgy határozta meg, hogy a két napforduló kör távolsága az egyenlítőtől északra és délre* megfelel a körbe írt szabályos 15-szög egy oldalának. Ez ti. pontosan 24°. (Mindenesetre már az i. e.-i 3. században *Eratoszthenész,* majd 100 évvel később *Hipparkhosz* tovább tökéletesítették ezt a mérést.) – Érdemes azonban fölfigyelnünk erre az adatra. Mert ez a szögmérték (24°) egyszersmind a Föld tengelye és az ekliptika tengelye által bezárt szög is. *Ferdeségnek* („loxotész") nevezi ezt az antik tudományos irodalom.

Fordítsuk ezek után figyelmünket arra a derékszögű háromszögre *(2. ábránkon),* amelynek egyik befogója a függőlegesen álló gnómón (AB); a másik befogó a vízszintes síkban a napéjegyenlőségi árnyék (BC); az átfogó pedig AC: a déli napsugárnak az a szakasza, amely az előbbi árnyékot veti. Különös érdeklődésünkre tarthat számot ebből a

*Azaz a két trópus-kör egymástól való távolságának a fele.

derékszögű háromszögből az A pontnál levő szög, amelyet egyszerűség kedvéért a *BF körívvel* mérhetünk. Ez a körív ti. – amint ez az ábráról is azonnal leolvasható – *a B pontnak az egyenlítőtől való távolsága a meridián mentén.* Ezt a fogalmat nevezi a mai terminológia *a B pont földrajzi szélességének, amelyet fokokban szoktunk megadni.* A „földrajzi szélesség" ókori neve egy olyan görög szó, amelyet manapság már kissé megváltozott értelemben használunk, ti.: *klíma.* Eredetileg ez a szó *„hajlást", „görbületet"* jelentett. Ókori latin fordítása elárulja mindjárt azt is, minek a *hajlásáról, görbületéről* volt itt szó. Rómában ugyanis *declinatio caeli*-vel jelölték azt a fogalmat, aminek görög neve *klíma* volt. A görög tudománynak ez a szakkifejezése valójában az *„ég hajlása"* volt. (A magyar „éghajlat" már csak mint emlék tükrözi a görög eredeti jelentését.) A *2. ábra* segítségével azt is meg tudjuk oldani, melyik az az *„éghajlás,"* amelyet az ókori terminológia mint *„klíma"* fogalmat ugyanabban az értelemben használt, mint amit számunkra a *„földrajzi szélesség"* jelent. Ennek a megértéséhez a következő gondolatmenetre van szükségünk.

Minthogy árnyékmérő botunkat – a *2. ábra* szerint – a **B** pontban állítottuk föl, a valóságban ebből a pontból vizsgáljuk fejünk fölött az égboltot. Amikor viszont meghúztuk a *horizón*-kör átmérőjét, az EAI egyenest, ezzel szimbólikusan nemcsak az éggömböt osztottuk egy felső látható, és egy alsó nem látható féltekére, hanem – ugyancsak szimbólikusan – áttolódott vizsgálódásunk kiindulópontja is **B** pontból az A-ba. (Szimbólikusan tehát most már az A pontba képzeljük magunkat.) Fejünk fölött az égbolt legmagasabb pontja a *zenit.* (A *2. ábra* nem betűzi meg ezt a pontot.) A zenitnek az egyenlítőtől – illetőleg pontosabban: az egyenlítő átmérőjének N pontjától – való távolsága ábránkon egy vastagon kihúzott körív, a szóban forgó *„éghajlás"*, a *klíma,* amit a mai terminológia *„földrajzi szélességnek"* nevez. – Természetesen nem tudjuk megmérni ezt a körívet vagy szöget sem – az égbolton. Helyette ugyanennek a körívnek földi tükörképét mérjük, a BF körívet ábránkon. (A két szög mint csúcsszög egyenlő.)

Ne felejtsük el azt sem: milyen különös gondolatmenet húzódik meg e görög szakkifejezés mögött. Amikor *klímáról* beszéltek, az ég *hajlását* mérték, ami csak puszta látszat. De ez a látszathajlás mégis megadja a Földgolyónak nagyon is konkrét görbületét a meridián mentén az egyenlítőtől addig a pontig, ahol az árnyékmérő bot áll. Persze, hiszen az eget azért látjuk félgömbnek a fejünk fölött, mert talpunk alatt a Föld csakugyan gömb alakú. Ugyanakkor ezt a Földgolyót a világegyetem középpontjába is képzeljük. Igaz, a mi világnézetünk már nem geocentrikus. De a világegyetem roppant méreteihez arányítva a heliocentrizmus vagy geocentrizmus különbsége jelentéktelenné törpül. A matematikai földrajz szélesség- és hosszúságmérései ma is ugyanabból a fikcióból indulnak ki, ami a görög csillagászatnak alaptétele volt: a Föld mozdulatlan gömb a világegyetem középpontjában. Az egész világegyetem mozgását erre a mozdulatlannak képzelt pontra vonatkoztatjuk.

Föl kell itt még hívnom a figyelmet egy olyan fogalomra, amely a görög *klíma* és a mi *„földrajzi szélesség"* fogalmunkkal egyenértékű, jóllehet ez nem az „ég hajlását", és nem is a Föld „görbületét", azaz a megfigyelőnek az *„egyenlítőtől való távolságát"* méri, hanem valami olyasmit, ami az előbbi kettővel (vagy: *hárommal?*) csak mint *mennyiség* egyenlő.

2. ábránkon ti. a PQ egyenes merőleges az A pontban az egyenlítőnek NAF átmérőjére. Ez az egyenes tehát (PQ) a Földnek, illetőleg az egész világegyetemnek képzeletbeli *tengelye.* Úgy látjuk, mintha az egész égbolt e körül a tengely körül végezne egy teljes fordulatot 24 óra alatt. A tengely felső vége, a P pont az északi sark felé mutat. – De nézzük meg most azt is: milyen szöget zár be ez a tengely a *horizón* vonalával. (Ha most *horizón*ról beszélek, egészen mindegy, hogy annak a *„horizón körnek"* az átmérőjére gondolunk-e, amelyet az EAI egyenes ábrázol, vagy az ezzel párhuzamos BRT egyenes meghosszabbítására – bal felé. Egyszerűség kedvéért a szöget az utóbbin jelöltem a görög φ betűvel.) Ha figyelmesen vizsgáljuk, azonnal észrevesszük: a BF ívvel jelölt szögnek egyfelől, és másfelől a φ szögnek a szárai *merőlegesek egymásra.* Ezért ez a két szög – egy nagyon régen fölismert geometriai tétel értelmében – *egyenlő.* Látszólag csak nevében különbözik ez a két szög egymástól, pedig igazában a két név, két különböző fogalmat is jelöl. A BF ívről tudjuk már, hogy ez a *klíma,* a „földrajzi szélesség", a B pontnak az egyenlítőtől fokokban mért távolsága. A φ szög viszont: az adott helyen az *északi sark magassága a horizón fölött.* – Ez a most három néven megjelölt két fogalom azonban ugyanazon a helyen mindig *azonos mértékszámot* ad.

Érdemes lesz a két azonos mértékszámot adó fogalmat (*„sarki magasság"* és *„klíma"* – a szó antik értelmében) gondosan megkülönböztetnünk. Az antik tudomány ugyanis, mint majd látni fogjuk, a kettő kiszámítására két egymással párhuzamos módszert dolgozott ki. A két módszer biztosította az eredmény ellenőrizhetőségét.

Az egyik módszert röviden így jellemezhetem: megmérték valamely adott helyen a gnómónnak és napéjegyenlőségi déli árnyékának az arányát. (Pl. Rómában ez 9:8; ez azt jelenti, hogy ezen a helyen napéjegyenlőségkor délben a 9 egység hosszú gnómónnak 8 egység hosszú az árnyéka. Ugyanez az arány Athénben 4:3) Ebből a két adatból ki tudták számítani a kérdéses hely távolságát az egyenlítőtől fokokban, a *„klímát".*

A másik módszer viszont abból állt, hogy megállapították a kérdéses helyen órákban (és esetleg az óra törtrészeiben) a leghosszabb nap időtartamát, és ebből az adatból számították ki a *„sarki magasságot".* – A két módszernek, ha jó volt a mérés, és ha nem követtek el hibát a kalkuláció során – ugyanazon a földrajzi helyen ugyanazt az eredményt kellett adnia.

Előadásom a továbbiakban abból áll, hogy ismertetem – legalább nagy vonásokban – e két egymással párhuzamos számítási módszernek a gondolatmenetét.

Mielőtt azonban rátérnék erre a vázlatos ismertetésre, közbe kell itt még iktatnom egy rövid kitérőt az ún. *húrtáblázatok* kérdéséről.

Ezek a táblák ahhoz hasonló segédeszközei az antik alkalmazott matematikának, mint manapság pl. a szögfüggvény- vagy logaritmus-táblák. Lehetővé teszik, hogy egy-egy konkrét esetben hosszadalmas számítgatás helyett az eredményt (vagy esetleg csak a részeredményt) az előre elkészített táblázatból keressük ki. A legrégibb ilyen fönnmaradt görög húrtáblázat meglehetősen késői: az i. sz. 2. századból származik, *Klaudiosz Ptolemaiosz* csillagász művében található. Tudjuk azonban, hogy volt ilyen táblázat már 300 évvel korábban is. (Kutatásaim egyik részleteredménye, hogy kimutatom ilyen görög táblázat első nyomait már az i. e. 5. századból.) – A húrtáblázat összeállítása nagyjából ilyen gondolatmenetből indult ki.

Ha egyenessel kötjük össze a kör kerületének két tetszőleges pontját, *húrt* kapunk. A *legnagyobb húr* az átmérő, amely a kör két egymástól legtávolabb eső pontját köti össze. Tulajdonképpen minden húrhoz a kör kerületének *két* része, *két* íve tartozik. Minthogy azonban a kör legnagyobb húrja az átmérő, tekintsük „legnagyobb ívnek" az átmérőhöz tartozó félkört. (A félkörnél *nagyobb* ívek ezúttal figyelmen kívül maradnak.) Mivel pedig a félkört 180°-ra szoktuk osztani, vezessünk be most egy ennek megfelelő hosszúsági osztást az átmérőre; legyen az átmérő 120 hosszúság egység, és jelöljük ezt így: 120^p. Első lépésként kimondjuk: *a 180°* ívhez tartozó húr 120 egység hosszú. (A táblázat ezt így jelölheti: 180° . . . 120^p.)

A következő, legkönnyebben megválaszolható kérdés ezután: Milyen hosszú a 60° ívhez tartozó húr ugyanebben a táblázatban? – Minthogy az egész kör 360°, ennek a hatodrésze éppen 60°. A kör kerületének a hatodrészét pedig úgy kapjuk meg, ha ráméijük a körre – tetszőleges pontból kiindulva – a kör rádiuszát. (Így szerkesztjük a szabályos hatszöget.) És mekkora lesz a *húr*, amely az így szerkesztett hatszög két szomszédos szögét köti össze? – Ez nyilván maga a rádiusz. – Ha tehát előre kimondtuk, hogy a kör átmérője 120^p, akkor a szabályos hatszög oldala 60^p. – Meglepő ez az eredmény azért, mert az előbb láttuk, hogy a 180° ívhez 120^p hosszú húr tartozik. Most második lépésben az ív fokokban megadott mértéke *egyharmadára* csökkent (60° = 180/3°); az ívhez tartozó húr hosszúsága azonban nem csökkent ilyen gyorsan; csak *fele* lett az előbbinek (60^p = $120/2^p$ – Ebből a megfigyelésből indultak ki azok a görögök, akik – idők folyamán – táblázatban foglalták össze: milyen húrhosszúságok tartoznak az egyes ívekhez 1°-tól 180°-ig – esetleg félfokonként haladva – ha abból indulunk ki, hogy 180° . . . 120^p.

Ez a húrtáblázat aztán fölhasználható egy adott hely földrajzi szélességének (a „*klímá*"-nak) a kiszámításához, ha ismeretes ezen a helyen a gnómónnak és napéjegyenlőségi déli árnyékának az aránya. A számítás módszerét – vagyis a húrtáblázat használatát az adott esetben – nagyjából a következő példán mutatom be.

Tekintsünk a *2. ábrára,* és legyen ezen a gnómónnak (AB) és napéjegyenlőségi déli árnyékának (BC) az aránya: 4 : 3; tehát AB : BC = 4 : 3 – ahogy ezt az ókori Athénben mérték. Megkapjuk ebből Athénnek a távolságát az egyenlítőtől fokokban, ha kiszámítjuk a BF körívet.

Mindenekelőtt azt kell megállapítanunk: mekkora az ABC derékszögű háromszög átfogója, AC, ha AB = 4, és BC = 3 egység. – Ezt a közismert *Pythagorasz*-tétel alapján számítjuk ki; tudjuk ugyanis, hogy a befogókra emelt négyzetek összege egyenlő az átfogó négyzetével. Tehát $4^2 + 3^2 = AC^2$ vagyis $16 + 9 = 25$. Ha viszont $AC^2 = 25$, akkor AC = 5 egység.

Miután pedig megállapítottuk, hogy AC = 5 egység, alkalmazhatjuk az ABC derékszögű háromszögre *Thalész* közismert tételét: minden derékszögű háromszög átfogója egyszersmind *átmérője* annak a körnek, amelyet e háromszög köré írunk. – Nekünk tehát most tulajdonképpen annak a körívnek a fokokban kifejezett mértékszámát kellene megtalálnunk, amelynek átfogója AC, és amelyhez a BC = 3 befogó mint *húr* tartozik.

A baj csak az, hogy erre a mi derékszögű háromszögünkre – amelynek oldalszámai sorban: 4, 3 és 5 egység – nem alkalmazható az előbb említett húrtáblázat. Mert e táblázat összeállításakor egy olyan körből indultak ki, amelynek átmérője 120p; a mi esetünkben viszont csak 5 egység az átmérő. – Ez más szóval azt jelenti: ha mégis használni akarjuk az említett húrtáblázatot, akkor egy olyan derékszögű háromszögre kell gondolnunk, amely éppen 24-szerese a mienknek, mert 24 x 5 = 120.

Az a húr is, amelyhez a körívet keressük (BC), nem 3 egység lesz, hanem 24-szer ekkora: 3 x 24 = 72. – Nézzük meg most *Ptolemaiosz* húrtáblázatában: mekkora körív tartozik a 72p hosszú húrhoz. – Azt találjuk, hogy közelítő értékben a 72p-nek 74° felel meg.

De hát csakugyan 74° volna Athén földrajzi szélessége? Nem túlságosan sok ez? Hiszen bizonyos, hogy Athén ennél délebbre fekszik. – Valóban. Hiányzik számításainkból még az utolsó lépés, ami nélkül *hamis az eredmény.*

Mert eddig figyelmen kívül hagytuk azt, hogy a táblázat *középponti szögekhez* tartozó íveket és húrokat sorol föl; az A pontnál levő szög viszont *kerületi szög* egy olyan körben, amelynek átmérője az AC egyenes. Vagyis alkalmaznunk kell még azt a régi geometriai tételt, amely kimondja: „a kerületi szög *fele* az ugyanazon a köríven álló középponti szögnek". Csakugyan, ha felezzük az előbb kapott eredményt (74°), megkapjuk Athén földrajzi szélességét: 37°.

A „pontosság" kedvéért érdemes lesz itt azonnal megemlíteni: Athén földrajzi szélessége a „valóságban" – azazhogy inkább: a valóságot jobban megközelítő *mai mérés* szerint – nem 37°, inkább 38°. Az antik „pontosság" azonban – ha beleszámítjuk ebbe a mérőeszközök egzakt megbízhatóságát is – messze elmarad amögött, amit ma ezen a fogalmon értünk.

Athén példáján azt mutattam be az imént: hogyan használta föl az antik tudomány a napéjegyenlőségi déli árnyék mérését valamely hely földrajzi szélességének – azaz az egyenlítőtől való távolságának – a kiszámítására. Természetesen, mint előzőleg utaltam rá: magának a napéjegyenlőségi déli árnyéknak a mérése sem volt egyszerű feladat; hiszen igazában már ezt is nem is annyira mérni, mint inkább *kiszámítani* kellett az évi legrövidebb és leghosszabb déli árnyékból.

Csak mint érdekességet említem meg ezzel kapcsolatban még az alábbiakat. A könnyebben hozzáférhető antik írók közül a római építész, *Vitruvius* sorol föl művében egyszer 5 várost (Róma, Athén, Tarentum, Rhodosz és Alexandria) az ezekben mért gnómón-arányokkal együtt – azaz elmondja: mi az aránya ezekben a városokban a gnómónnak déli napéjegyenlőségi árnyékához, amely arányokból kiszámítható e városok távolsága az egyenlítőtől (vagyis: földrajzi szélességük). Vitruviusnál azonban nyoma sincs az itt most általam bemutatott antik matematikai-földrajzi számításnak. Ő csak példaként mondja el gnómón-arányait – azt akarván illusztrálni: ezt kell tudnia annak, aki az említett városokban napórát akar szerkeszteni.

Kortársa volt *Vitruvius*nak a közismert földrajzíró, *Sztrabón.* Ő is fölsorolja munkájában elég sok földrajzi helynek a gnómón-arányát, amelyből ugyanúgy kiszámítható ezeknek a helyeknek a földrajzi szélessége, mint Vitruvius adataiból. Ugyanakkor azonban megállapítható – minden kétséget kizáróan – Sztrabónnak sejtelme sem volt arról, hogyan kell fölhasználni adatait matematikai-földrajzi számításokra, jóllehet ő ezekkel az adatokkal nyilvánvalóan a megnevezett helyek földrajzi fekvését akarta jellemezni. – A legrégibb antik szerző, akinek fönnmaradt művéből kimutatható, hogy csakugyan végzett ilyen számításokat, a nikaiai *Hipparkhosz,* az a görög csillagász volt, aki az i. e. 2. században élt.

Bizonyos viszont, hogy n e m *Hopparkhosz* volt a legrégibb antik tudós, aki rájött erre az érdekes összefüggésre, és aki először végzett ilyen számításokat. Sajnos, a rendelkezésünkre álló történeti adatokból nem is tudjuk megállapítani: egyáltalán mikor ismerték föl a görögök a Föld észak–déli görbületének ezt a kiszámíthatóságát. Úgy látszik azonban, végeztek ilyen számításokat már az i. e. 4. században, nagyjából ugyanakkor, amikor Arisztotelész élt. Sztrabón művében maradt fönn az az adat, amely szerint a híres utazó, *Pytheasz,* aki állítólag olyan messze fönn északon is járt, ahol nyáron – nyilván a nyári napforduló idején – alig egy-két óra az éjszaka, megmérte szülővárosában, Massaliában (Marseilles) nyári napfordulókor a gnómónnak déli árnyékához való viszonyát, és ebből kiszámította a Massalián áthaladó szélességi kör távolságát az Egyenlítőtől. Sztrabón föl is jegyezte a gnómónnak ezt az állítólag Massaliában mért arányszámát: *120 : 41,8,* és ebből csakugyan kiszámítható – meglepő pontossággal – Marseilles földrajzi szélessége: valamivel északabbra van ez, mint a 43. szélességi kör. – Úgy látszik, ez a legrégibb görög adatunk egy olyan árnyékmérésről, amelyet fölhasználtak matematikai-földrajzi számításra.

* * *

Én azonban ennek az előadásnak a „leghosszabb nap" címet adtam, minthogy tulajdonképpen arról akartam beszélni: hogyan használta föl a görög tudomány a leghosszabb nap időtartamát ilyen természetű földrajzi számításokra. Az, amit eddig elmondtam, nem is volt még több, csak bevezetés. Azért beszéltem a gnómónnal kapcsolatos árnyékmegfigyelésekről, mert ezek szorosan összefüggenek a „leghosszabb nap" problémájával.

Szó volt már eddig is nemcsak a napi legrövidebb árnyékról – ez a déli árnyék –, hanem arról is, hogy ez maga az esztendő egyik nyári napján (június 21.) a legrövidebb, egy másik, egy téli napon meg (december 21.) a leghosszabb. Könnyű lesz belátnunk, hogy az esztendőnek éppen az a napja a leghosszabb, amikor legrövidebb a déli árnyék, és megfordítva. Ha elgondolkozunk rajta egy kicsit, rögtön belátjuk még a következő két összefüggést is.

Bizonyos, hogy ugyanannak a botnak ugyanazon a napon mért árnyéka sem lehet egyforma hosszú, ha két olyan helyen végzünk egyszerre mérést, mint pl. délen, Rhodosz szigetén, és fönt északon, valahol Skandináviában. A Rhodosz szigetén mért déli árnyék nyilván rövidebb lesz, mint ugyanannak a napnak déli árnyéka Skandináviában, minthogy Rhodosz fölött mindig magasabban delel a Nap, mint akárhol Skandináviában.

De nemcsak a déli árnyék hosszúsága más északon meg délen. Más és más ezeken a helyeken az év leghosszabb napjának az időtartama is. Hiszen ún. „fehér éjszakák" csak messze fönn északon vannak. Minél délebbre megyünk, annál kevésbé vesszük észre, hogy a nyári nappalok hosszabbak, mint a téliek. Sőt, ha magán az Egyenlítőn töltenénk hosszabb időt, azt kellene tapasztalnunk, hogy itt változatlanul mindig 12–12 óra a nappal és az éjszaka időtartama. Kimondhatjuk tehát, hogy – amennyiben figyelmünket az északi féltekére összpontosítjuk – a nappalok időtartama nemcsak aszerint növekszik vagy csökken, amint közeledünk időben június 21-hez – a nyári napforduló időpontjához – vagy távolodunk ettől a dátumtól, hanem aszerint is, hogy mennyire távolodtunk el az Egyenlítőtől az északi sark felé. Az Egyenlítőn még minden nappal és minden éjszaka azonos időtartamú; az északi sarkon viszont már teljes hat hónap a nappal és hat hónap az éjszaka.

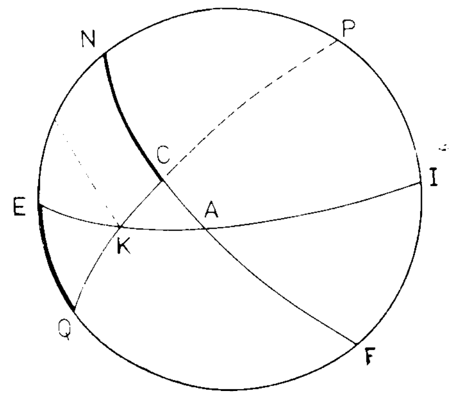
Ennek megfelelően *Klaudiosz Ptolemaiosz* a „szélességi köröket" – amelyeket ő *párhuzamos köröknek* nevez – az Egyenlítőtől kiindulva az északi sark felé éppen aszerint osztályozza: hogyan növekszik rajtuk az év leghosszabb napjának az időtartama. Mi ezeket a köröket egyszerűen csak számozzuk, 0°-tól 90°-ig: 0° az Egyenlítő, 90° pedig az északi sark. Ismeri ezt a számozást Ptolemaiosz is, de az ő beosztásában a fokonként való megjelölés – mint az Egyenlítőtől mért távolság – csak második helyre kerül. Előbb mindig azt említi meg: mennyi ideig tart a kérdéses helyen a leghosszabb nap. Első párhuzamos köre az, amelyen a leghosszabb nap 12 óra 15 perc. Majd ezt követik sorban a körök, amelyeken a leghosszabb nap időtartama előbb negyedórákkal, félórákkal, majd órákkal növekszik, végül az órákból hónapok lesznek, míg aztán az északi sarkon – ahol Ptolemaiosz, persze, már nem járt, csak elméletből tudja: a leghosszabb nap éppen egy félév. (Bár a leghosszabb nap időtartama körről körre egyre nagyobb arányokban növekszik, Ptolemaiosz körei észak felé egyre közelebb sorakoznak egymás után.)

A leghosszabb nap időtartamának megállapítása után Ptolemaiosz – ahol teheti – megnevez egy-egy ismertebb földrajzi helyet, amelyen áthalad az éppen szóban forgó párhuzamos kör, végül pedig följegyez minden egyes esetben három-három adatot: milyen hosszú az adott szélességi körön egy 60 egységnyi botnak, a gnómónnak az árnyéka délben nyári napfordulókor, napéjegyenlőségkor és a téli napforduló idején.

Ptolemaiosz korában, i. sz. 2. században, nem sok értelme volt már annak hogy: ismervén valamely adott helynek az Egyenlítőtől mért távolságát (fokokban), ebből számítsák ki az esztendő négy napjára jellemző árnyékhosszúságot. Ez akkor már csak „hagyomány" volt. Valamikor régen azonban, évszázadokkal korábban éppen megfordítva: az árnyékot mérték, és ebből számítottak ki több fontos adatot. A napi legrövidebb árnyék alapján mondták meg azt, hogy mikor van dél. Az évi legrövidebb árnyék volt a nyári napforduló jele és így tovább. A bot és a napéjegyenlőségi árnyék hosszából viszont az Egyenlítőtől mért távolságot, a földrajzi szélességet számították ki. Aztán egyszer valamikor – mai tudásunk szerint az i. e. 4. században – rájöttek arra is, hogyan lehet kiszámítani valamely adott helyen a leghosszabb nap időtartamából a kérdéses hely *sarki magasságát.* Minthogy viszont – amint erre már korábban utaltam – valamely helynek az Egyenlítőtől mért távolsága fokokban ugyanaz a mennyiség, mint a sarki magasság ugyanazon a helyen, a két számításnak azonos eredményre kellett vezetnie. Ezért adja meg a matematikai földrajzi irodalom egy-egy alkalommal a helyre jellemző „leghosszabb nap–időtartamot" órákban; ebből az adatból számították ki a *sarki magassdgot* – amit persze, derült, csillagos éjszakákon közelítő pontossággal meg is tudtak mérni. – Ismervén ezenkívül a gnómón napéjegyenlőségi árnyékának a hosszát, ebből ki tudták számítani a kérdéses hely távolságát az Egyenlítőtől fokokban; ez az utóbbi a *földrajzi szélesség.* A két eredménynek (sarki magasság – szélesség) azonosnak kellett lennie; éppen ebből állt a számítás ellenőrzése.

A következőkben ismertetem – legalább nagyvonásokban – annak a gondolatmenetnek legfontosabb lépéseit, amely lehetővé tette a régi görögök számára már az i. e. 4–3. században, hogy valamely adott helyen a leghosszabb napnak órákban megadott időtartamából kiszámítsák az ott észlelhető sarki magasságot.

A számítást mindenekelőtt annak az asztronómiai világképnek az átalakítása tette lehetővé, amelyet a gnómónnal kapcsolatban megismertünk már, és amelyet a *2. ábra* mutat. A mellette levő *3. ábra* viszont azt mutatja: mi lesz az előbbi sematikus rajzból a térbe kivetítve. Hasonlítsuk össze a kettőt. A *2. ábra* teljes köre: a meridián; ennek bal oldali felső negyedében delel a Nap. Ugyanez a teljes kör változatlanul megmarad a *3. ábrán* is, de egyszersmind hangsúlyozottabban most már nemcsak a meridiánt, hanem a teljes világgömböt is jelképezi.



3. ábra

A *2. ábrán* NAF a napéjegyenlőségi déli napsugár az égi Egyenlítő átmérője. A *3. ábra* e helyett az átmérő helyett magának az Egyenlítőnek a szemlélő felé eső félkörét mutatja, amit az ábrázolás szerint (elvben) az egész körből láthatunk.

A *2. ábra* vízszintes EAI egyenese a horizón-kör átmérője. Ezt az átmérőt helyettesíti a *3. ábrán* az a vízszintes félkört jelző görbe, amelyet ugyanúgy EAI betűkkel jelöltem. – Itt azonnal föl kell hívnom a figyelmet az Egyenlítő és a horizón főkörének A metszéspontjára. Szimbólikusan ez a pont jelöli azt a helyet, ahol a Nap aeqinoctium idején reggel láthatóvá lesz. Szemléletünk ugyanis azt mutatja, mintha ezen a napon a világító égitest az Egyenlítő síkjában végezné mozgását. A *3. ábra* N pontja viszont az aequinoctium delelője. Az NA ív tehát az Egyenlítő félköréből pontosan 90°-ot jelképez. A Nap az Egyenlítőnek ezt a 90°-át 6 óra alatt teszi meg, minthogy a teljes kör (360°) megtételéhez 24 óra kell.

Még egy félkört jelképező görbe van a *3. ábrán,* az, amelyet a következő négy betűvel jelöltem: QKCP. Az összehasonlítás a *2. ábrával* rögtön megmutatja, hogy ez meg annak a körnek a szemlélő felé eső része, amelynek átmérője – a *2. ábra* szerint – a PQ világtengely. – Látható tehát – az eddigiek szerint – 3. ábránkon a meridián teljes körén kívül még három félkör: a horizón vízszintes félköre (EAI), az Egyenlítő félköre (ennek is a fele az NA ív) és a tengelyhez tartozó PCKQ félkör.

Figyeljük meg mármost ezekből a félkörökből (és a hozzájuk tartozó teljes körökből) a következő 4 ívet:

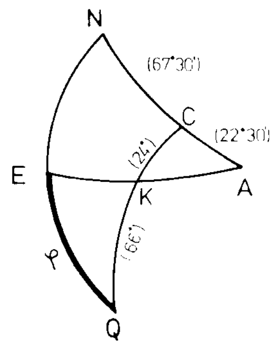
1. Az Egyenlítő NA ívéről megállapítottuk már, hogy ez 90°, minthogy ez a Nap pályája aequinoctiumkor napfölkeltétől délig;

2. minthogy szemléletünk szerint az Egyenlítő az egész világgömböt két egyenlő féltekére bontja, a horizón-kör EA íve is csak egy negyed kör, azaz 90° lehet;

3. ugyanígy az előbbi megokolás szerint a QC ív is 90°;

4. ugyanez érvényes az NQ ívre.

Kaptunk tehát a világgömb elképzelt felületén egy érdekes geometriai formát, amelyet csupa 90°-os körív határol. Ez a geometriai forma a *3. ábrán 4 egymást metsző körív:* NQ, NA, EA és QC. A *4. ábra* külön ki is emeli ezeket a negyedköröket az egész gömb felületéből.



4. ábra

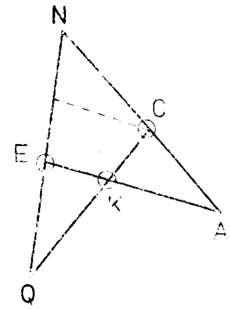
Még egy további mérésre ad lehetőséget a következő megfigyelés. Ha gondosan összehasonlítjuk a *3. ábrát* a *2-kal,* feltűnik a *3-on* a **K** pont. Ez a pont a *2. ábrán* nincs ugyan megbetűzve, de némi fantáziával kitalálhatjuk: ha félkört rajzoltunk volna a *2 ábrán* **KH** „átmérő" köré, akkor a *3. ábrának* ez a **K** pontja jelképezhetné a most csak képzeletben meghúzott félkörnek és a horizón-félkörnek a metszéspontját. Vagyis *3. ábránkon* a **K** pont nemcsak a horizón-félkörnek és a világtengely köré képzelt félkörnek a metszéspontja, hanem ez a pont az is, ahol a *2. ábra* **KH** „átmérője" köré képzelt félkör metszi a horizón látható félkörét. Csak azt kell még újra kiemelnünk: mi volt a *2. ábrán* a **KH** „átmérő"? – A téli napforduló teljes körének az átmérője. – Ebből rögtön rájöhetünk: a *3. ábrán* a **K** pont azt a helyet jelképezi, ahol a legrövidebb téli napon reggel a Nap a horizón fölé emelkedik. Az a pontozott görbe pedig, amelyet a 3. ábrán **K** pontból kiindulva fölfelé jelöltem, a Nap útja téli napfordulókor. Szinte azt mondhatnánk: a **K** pont – a december 21-én fölkelő Nap – ezen a pontozva jelölt vonalon látszik a delelő felé haladni. – De ne felejtsük el azt sem: a *3. ábra* **K** és **C** pontja ugyanazon a tengely körüli félkörön fekszik. Mivel pedig az egész világ a körül a tengely körül látszik forogni, amely átmérője a *3. ábrán* látható QKCP betűkkel jelölt félkörnek, nyilvánvaló az is, hogy ennek az ábrának **K** és **C** pontja ugyanabban az időben éri el a meridián-kört – mind a kettő (**K** és **C**) saját delelési pontját.

Tegyük föl mármost, hogy a *3. ábra* a Földnek egy olyan pontjára érvényes, ahol a *leghosszabb nap* 15 óra (június 21-én). Ugyanezen a ponton a leghosszabb naphoz tartozó *legrövidebb éjszaka* csak 9 óra lehet (mert 15 + 9 = 24). De ugyancsak 9 óra kell legyen – legalábbis antik elgondolás szerint – ezen a helyen a *legrövidebb nap* (december 21.). – (Ez ugyan a valóságban nem egészen pontos megállapítás, de el kell ismernünk: *elvben* feltétlenül helyes volt az az antik elgondolás: a Föld bármely pontján a *legrövidebb nap* pontosan ugyanolyan hosszú időtartamú kell legyen, mint ugyanezen a helyen a *legrövidebb éjszaka.*) – Azon a helyen tehát, ahol a *leghosszabb nap* 15 óra, a *legrövidebb* 9 óra; napfölkeltétől délig, a nappal közepéig pedig ugyanitt 4 1/2 óra telik el. *3. ábránkon* tehát – ha ezen a helyen 15 óra a leghosszabb nap – a **K** pont 4 1/2 óra alatt éri el a meridiánt. De ugyanennyi idő alatt ér a **C** pont is **N** pontba. Az NC ív tehát 4 1/2 órának felel meg. Az NA ív pedig korábbi megállapításunk szerint 90° és a Nap 6 órai útja. Ha 6 óra 90°-kal egyenlő, akkor 1 óra csak 15° lehet. 4 1/2 óra viszont 4,5 x 15° = 67°30'. Az NC ív tehát 67°30'; ha ezt levonjuk a 90°-ból, megkapjuk a CA ívet: 22°30'.

Könnyen megállapítható az is, hogy a KC ív meg – régi antik mérés szerint – 24° ez az ív ti. nem egyéb, mint a két tropikus kör egymástól való távolságának a fele, más néven: az „ekliptika ferdesége" („*loxotész*", amelyről volt már szó korábban). Levonva ezt a mennyiséget 90°-ból, megkapjuk a QK ívet: 66°.

Ezek után még csak arra kell fölhívnom a figyelmet: vajon mit jelképez *3. ábránkon* az EQ ív? – Azonnal felelni tudunk erre a kérdésre, ha meggondoljuk, hogy az E pontból húzhatunk egy rádiuszt a horizón-kör középpontjáig; e kör középpontja pedig – tekintve a világegyetem roppant méreteit – elvben egyszersmind a világ középpontja is lehet. De ugyancsak a világ középpontján megy keresztül képzeletbeli tengelye is – a Q ponttól a középponton át húzott egyenes. – Az EQ ív (vagy szög) szárai tehát: a horizón sugara és a világtengely. Ennyi már elég a legutóbbi kérdés megértéséhez. Hiszen a *2. ábra* azonnal meggyőz bennünket arról, hogy a világtengely és a horizón által bezárt szög (φ) – a *3. ábrán* ennek a szögnek az EQ ív felel meg – a *sarki magasság.*

Ha tehát ki tudnánk számítani valamiképpen fokokban az EQ ívet, ezzel azt is megmondanánk: mekkora annak a helynek a *sarki magassága,* ahol 15 óra a leghosszabb nappal időtartama. A *4. ábrán* odaírtam az egyes ívek mellé zárójelben azokat a szögmértékeket, amelyek megállapíthatók voltak pusztán abból a tényből: hány óra a leghosszabb nap az adott helyen. Kiszámítható természetesen ebből az adatból a *sarki magasság* (φ) is egy elég egyszerű geometriai művelettel. Nem részletezem tovább mai előadásomban ezt a számítási műveletet. Csak arra hívom még föl a figyelmet: az *5. ábrán* vázolt egyenesek sematikusan tulajdonképpen a *4. ábra* íveihez tartozó húrok. (Bár a geométer számára *problematikus* még ezen az *5. ábrán* az a három pont, amelyet bekarikáztam. De nem akarván tovább nyújtani az előadást, ezúttal túltesszük magunkat e nehézségen – csak annyit jegyezvén meg most ezzel kapcsolatban: az ókorban rendkívül szellemesen oldották meg ezt is.) A figyelmes szemlélő azonnal észreveszi ti. – ha nem törődik a bekarikázott pontok itt elhallgatott nehézségével –, hogy az *5. ábra* több egymásba illesztett háromszöget mutat. Van ezeknek az egymásba illesztett és egymás közt hasonló háromszögeknek több ismert, és több nem ismert oldala. Csak némi találékonyság kellett ahhoz, hogy az ismert oldalak arányaiból ki tudják számítani már az i. e. 4. században (vagy legkésőbb a 3-ban) az ismeretleneket. Ezek közül az ismeretlenek közül az egyik pedig éppen annak a *4. ábrán* φ betűvel jelzett ívnek a húrja, amelyre kíváncsiak voltak: a *sarki magasság.*



5. ábra

Remélem, ez az erősen összevont előadás mégis némi tájékoztatást adott arról: milyen természetűek manapság az ókori tudománytörténet legérdekesebb problémái.

Időrendi tájékoztató

1. Thalész i. e. 6. sz.
2. Anaximandrosz i. e. 6. sz.
3. Pythagorasz i. e. 6. sz. vége, 5. sz. eleje
4. Hérodotosz kb. i. e. 480–424
5. Oinopidész virágkora kb. i. e. 450–425
6. Thukydidész i. e. 471–396
7. a peloponnészoszi háború i. e. 431–404
8. Arisztotelész i. e. 384–322
9. Pytheasz kb. Arisztotelész kortársa
10. Eudémosz kb. 4. sz. vége
11. Eratoszthenész i. e. 276–195
12. Hipparkhosz i. e. 160 és 120 csak két évszám életéből
13. Sztrabón i. e. 64 – i. sz. 19
14. Vitruvius nagyjából Sztrabón kortársa
15. Klaudiosz Ptolemaiosz i. sz. 2. sz.
16. Kepler 1571–1630.