1993/28. Feladat

Amikor A. N. Chooras, a Nobel-díjas fizikus nyomtalanul eltűnt, egy ideig nagyon keresték. Később már csak kicsit, aztán egyáltalán nem. Ezért keltett nagy szenzációt, amikor néhány hónappal az eltűnés után az űrhajósok által a Holdon hagyott lézertükörben a csillagászok ütemes fényfelvillanásokat fedeztek fel, amelyek a beható vizsgálat során az eltűnt tudós kézi lézerkészülékéből származó morze-jeleknek bizonyultak. A jelek forrása Budapesten volt, de a sugárnyaláb szóródása ennél pontosabb lokalizációt nem tett lehetôvé. Sajnos az üzenet töredékes volt:

"...triviális perturbáció. Egyébként elrablóim jól bánnak velem, tegnap is rántott csirkét kaptam uborkasalátával. Egy nagy épület legfelső szintjén tartanak fogva, de néha kimehetek az erkélyre. Budapest is wonderful! A múltkor nagyon szépet láttam. Egy esős éjszaka után a napkelte pillanatában szivárvány feszült a Sashegy csúcsától a Margit-híd közepéig. Aznap este pedig a Nap éppen ott bukott le a láthatár mögé, ahol hajnalban a szivárvány kezdődött. Ami pedig az antigravitációs egyenletek tenzorhomomorfizmusait illeti, vegyük észre..."

Az üzenet itt sajnos megszakadt.

Az Interfiz feladata: megállapítandók az eltűnt tudós szivárványos élményének pontos téridőbeli koordinátái (hónap, nap, óra, perc, kerület, utca, házszám, esetleg emelet, ajtó). Aztán indulhat a kommandó! Jó nyomozást!

(Bihary Zsolt, Dávid Gyula)

Szerkesztette: Gombkötő Ákos, Dávid Gyula, Sándor László.
A versenyre beküldött megoldások közül felhasználásra került:
-
A megoldást ellenőrizte: Dávid Gyula

Általános megfontolások

Abból tudunk kiindulni amit egy ismeretlen helyen tartózkodó megfigyelő láthat adott pillanatokban, a teljes 4π térszögben.

Körülbelül 2π térszögben látszódik a horizont feletti tér. A hajnali első fénysugarak forrása, illetve a naplemente a horizonton, jó közelítéssel a megfigyelőre illesztett vizszintes síkon helyezkedik el (eltekintünk attól, hogy a felkelő nap véges szög alatt látszik). Ugyanez fennáll a lenyugvó napra is.

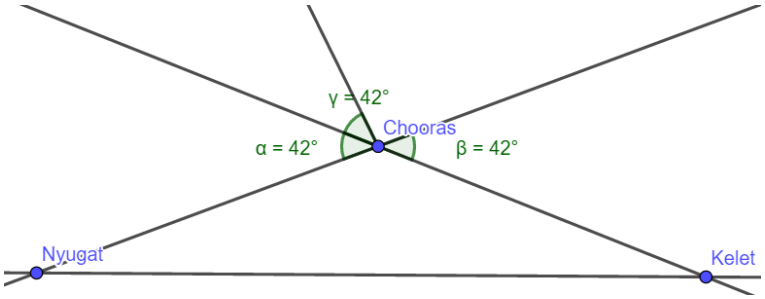
A szivárvány látható körívét megfeleltethetjük egy olyan kúp palástjának, mely:
-szimmetriatengelye átmegy a (pontszerűnek vett) fényforráson és a megfigyelőn,
-csúcsa a megfigyelő, és a fényforrással szemközti oldal felé nyílik,
-félnyílásszöge hozzávetőlegesen 40-42 fok.

A továbbiakban elfogadjuk a fenti közelítő állításokat, elhanyagoljuk a nap kiterjedését, azt a tényt hogy a horizont kissé a vizszint alatt látszódna, és minden egyéb zavaró körülményt. Ennek értelmében a továbbiakban síkban dolgozunk.

A jelenség téridőbeli pozíciójának adatai

A hajnali nap - lemenő nap - megfigyelő háromszög egy egyenlő szárú háromszög. Tudjuk hogy a naplemente, mely szintén a horizonton helyezhető el, a Sasheggyel egybeeső helyen fog látszani. Az ábráról leolvasható módon a háromszög belső szögei $21°; 21°; 138°$, ha $42°$. Ha $40°$ félnyílásszöggel számolunk akkor természetesen $20°; 20°; 140°$ eredményre jutunk.

Chooras térbeli helyéről tudjuk, hogy egyrészt rajta van a Sashegyhez és a Margit híd közepéhez tartozó 80-84 fokos látókörön –ennek a délkeletre néző oldalán– , illetve hogy rajta van egy olyan egyenesen, mely a



1. ábra. Az ábrán sematikusan ábrázolva vannak azok a jellemző szögek, melyek összekötik Choorast a (nap)-kelettel, és a (nap)-nyugattal, feltételezve hogy a kúp félnyílásszöge 42°.

Sashegyet érinti, és a keleti irányhoz képest 20-21 fokot zár be északkeleti irányban. Ez az adat elegendő lehet a probléma szerkesztéssel történő megoldásához.

A jelenség időpontjának meghatározása azon alapul, hogy budapesti (északi szélesség $47°29'$, keleti hosszúság $19°3'$) pozícióból a naptári 1993.-as év mely időtartama alatt volt $138° - 140°$ fok a napkelte-napnyugta bezárt szöge. Az időpont-meghatározáshoz 138 fokkal számolunk.
Megfelelő táblázatok [1] alapján Nov 1. 06:27 ; Nov 2. 06:28
vagy Feb 9. 06:59 a lehetséges időpontok.

Figyelembe véve, hogy az Ortvay-versenyek hagyományosan mindig október végén, november elején zajlanak, a februári időpontot ki kell zárnunk, mint fizikailag-;szociológiailag-;pszichológiailag értelmetlen megoldást.

Az időpont analitikus becslése (avagy kalapbiccentés egykori megoldók felé)

Az általunk hivatkozott, interneten könnyen elérhető táblázatok/algoritmusok 1993-ban nem voltak elérhetőek. Térkép, szögmérő, körző, papír számológép és ceruza viszont akkor is a rendelkezésünkre állt.

Az időpont meghatározásához tisztában kell lenni egyrészről bizonyos csillagászati formulákkal, másrészt az ezekben szereplő mennyiségek jelentésével.

A nap zenithez mért szögét

$$\cos\theta_z = \sin\Phi\sin\delta + \cos\Phi\cos\delta\cos h \tag{1}$$

formula adja, ahol Φ a szélességi fok, δ a nap pillanatnyi deklinációja, és h az óraszög. A napkelte és napnyugta a $\theta_z = 0$ -nak felel meg.

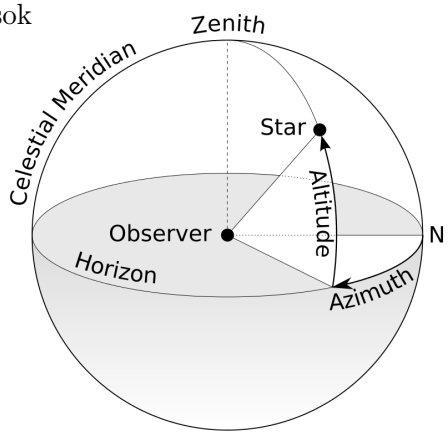
$$0 \approx 0.72\sin\delta + 0.68\cos\delta\cos h \tag{2}$$

Ugyanakkor a Nap azimutális szögére a következő formulát írhatjuk [4]:

$$\cos\phi_a = \frac{\sin\delta - \cos\theta_z\sin\Phi}{\sin\theta_z\cos\Phi} \tag{3}$$

Mivel a naplemente és napkelte helyzete a földrajzi dél irányára vonatkozóan –igen jó közelítéssel– szimmetrikusnak vehető, az eddigiek értelmében a felkelő napot $\phi_a = 111°$-el, a lemenő napot $\phi_a = 249°$-al jellemezzük. Mindkét esetre az írható, hogy:

$$-0.23 \approx \sin\delta,$$



2. ábra. Néhány jellemző csillagászati paraméter [2]. Az azimutális szöget a földrajzi északhoz képest mérjük. A h óraszög egy, az adott helyzettől függő mennyiség, úgy hogy a csillagászati dél $h = 0$-hoz rögzített, és óránként jó közelítéssel 15°-el változik.

vagyis a nap deklinációs szögére $\delta \approx -13.3°$-ot kapunk, amit az választ ki a többi lehetőség közül, hogy $\delta \in [-23.44°, 23.44°]$. A (hajnali) óraszögre (2) alapján

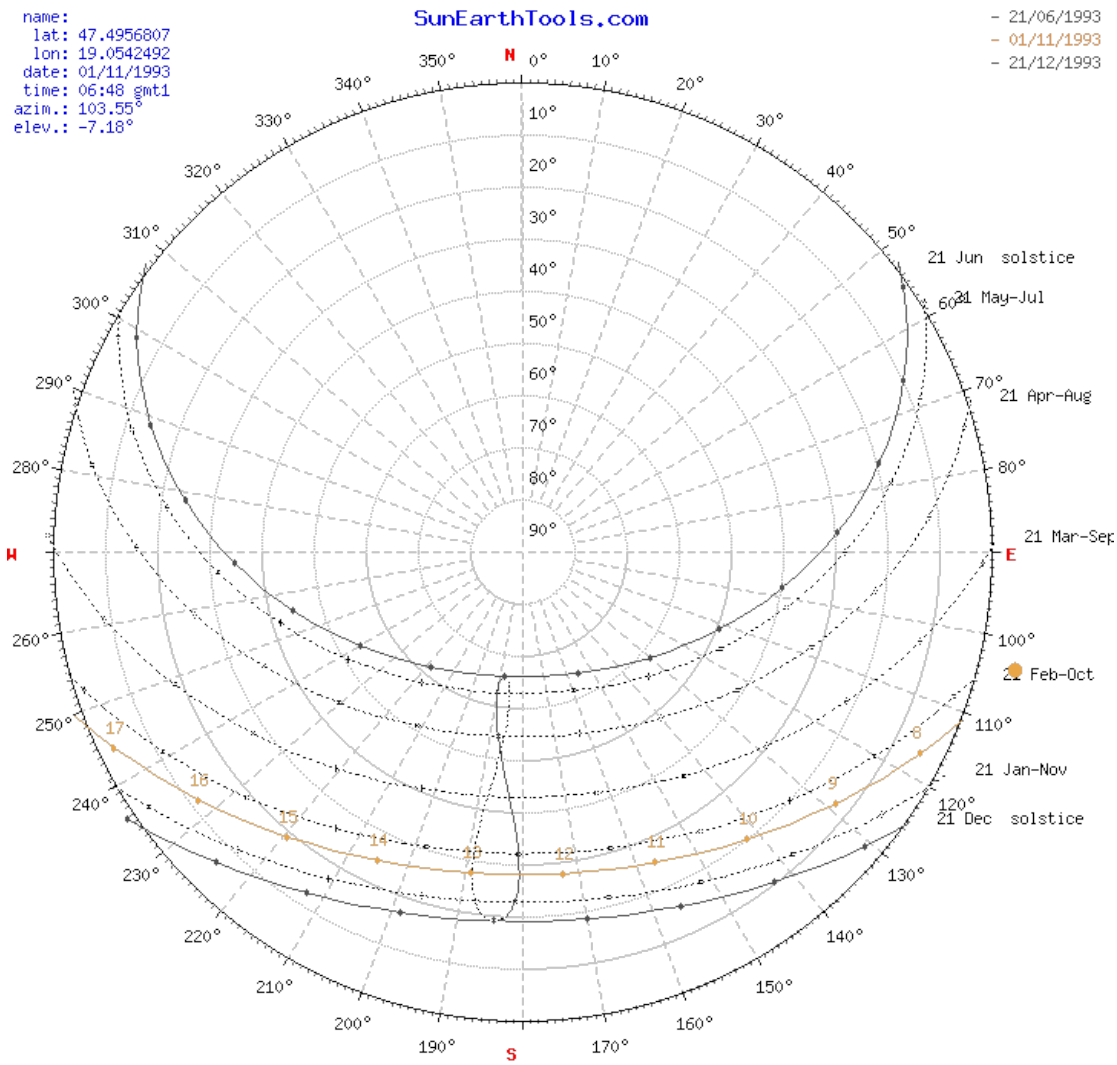
$$\cos h \approx -1.06 \operatorname{tg} \delta \quad \Longrightarrow \quad \cos h = 0.25 \quad \Longrightarrow \quad h_2 \approx \mp 75°$$

írható. Ez azt jelenti, hogy a szivárvány megfigyelése körülbelül $12 - 75°/15° = 7$ óra környékén történhetett.

A deklinációs szög alapján becsülhetjük meg a napot, felhasználva hogy:

$$\sin \delta = \sin(-23.44°) \sin(EL). \tag{4}$$

Itt EL az ekliptikai hosszúság mely számszerű értéke közelítőleg az őszi napéjegyenlőség óta eltelt napok számát adja. Mivel $EL \approx 35$ vagy ≈ -215 , a becslésünk az év 300. illetve 50. napját adja. Ez Október 27, illetve Február 19.



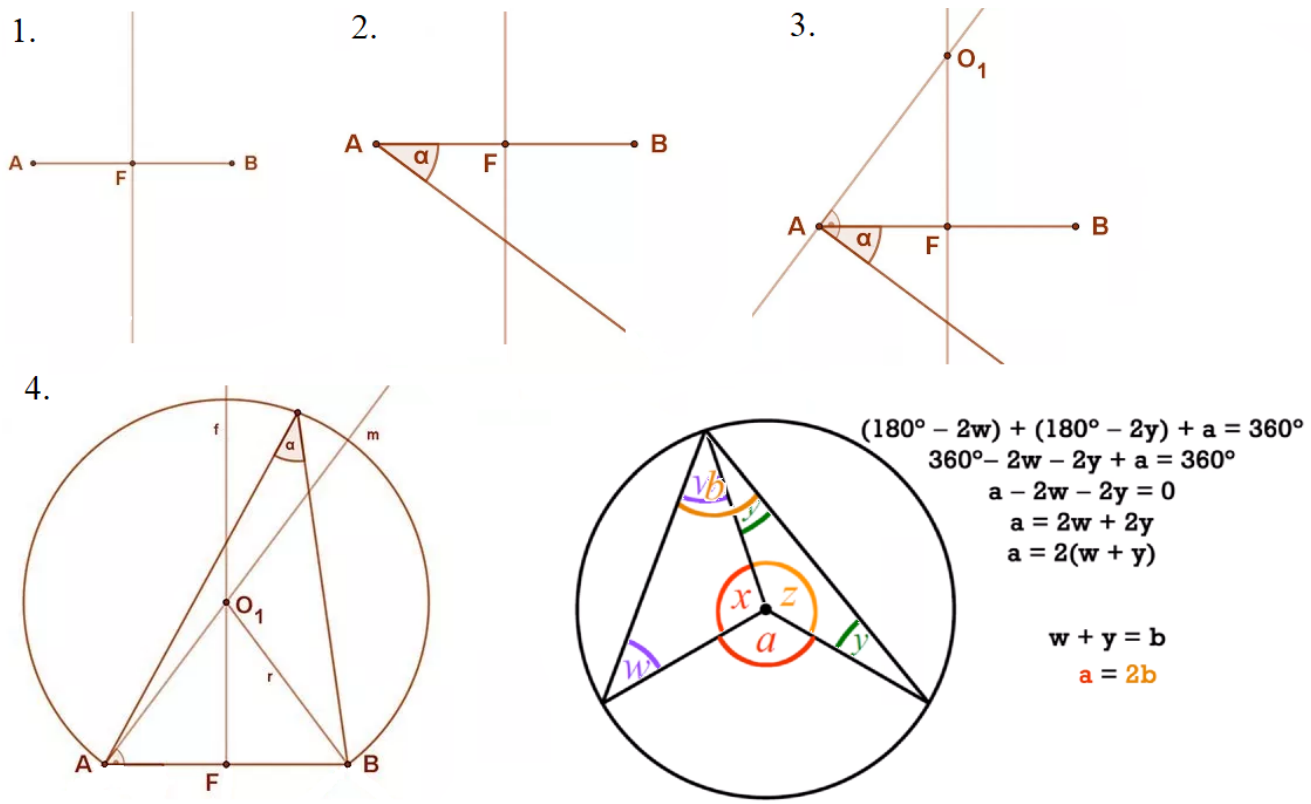
3. ábra. A nap pályája az égbolton, azimutális és meridionális szögek szerint. A feladat szerinti napot jellemző pálya sárga színnel van kiemelve. Az ábrán látható a delelési pontok által kirajzolt jellegzetes görbe is. [3]

A. N. Chooras helyzetének megszerkesztése

A probléma megoldásához egy (megfelelő méretű és pontosságú, az adott területen minimális torzítású, szélességi köröket egyenesbe képező) Budapest-térkép felett meg kell szerkeszteni a látókört, illetve az egyenest.

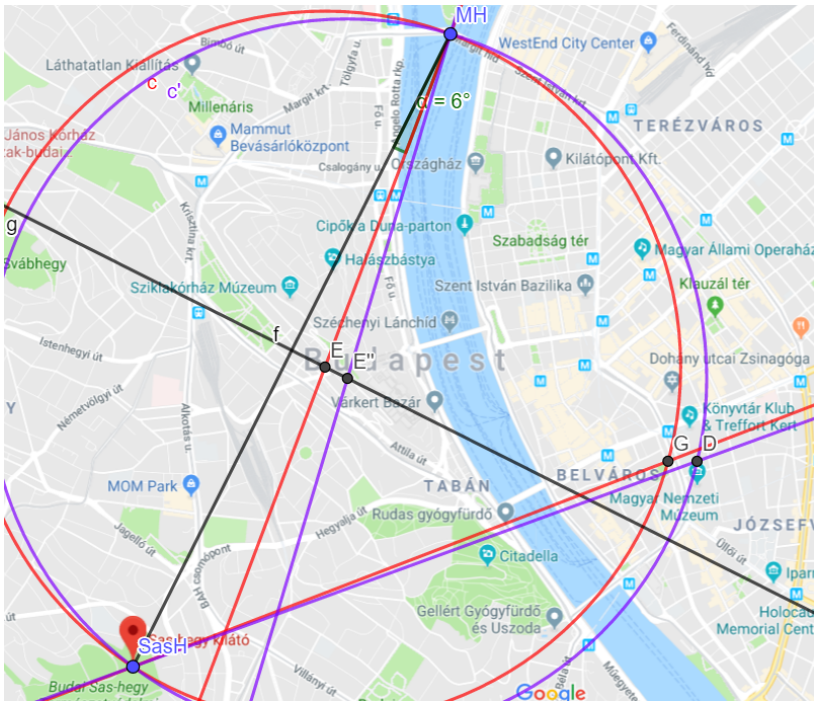
Ezek metszéspontjai határozzák meg a tudós búvóhelyének potenciális koordinátáit.

Egy adott AB szakaszhoz tartozó, α szögű látókör megszerkesztése az alábbi képen látható módon lehetséges.

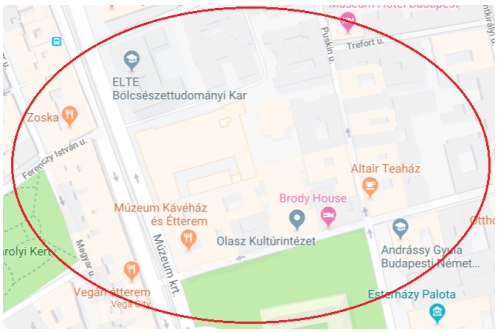


4. ábra. Látókör megszerkesztése négy lépésben. A szerkesztés során impliciten felhasználtuk az egyik geometriai tételt, melynek vázlatos bizonyítása az ötödik ábrán látható. [4]

Budapest térképünkhöz a Google térképszolgáltatását vesszük igénybe, a szerkesztést geogebrában végezzük el. Az algoritmus elérhető a https://ggbm.at/undunddn címen. A.N. Chooras potenciális helyzetét a szerkesztéssel sikerül egy, vörös ellipszissel körülhatárolt területre szűkíteni. Ezen belül kell magas, a legfelső szinten erkéllyel rendelkező épületet keresni, ahonnan lehetséges rálátás a Sas-hegyre és a Margit-hídra.



(a) A. N. Chooras térbeli pozíciójának meghatározása szerkesztéssel. Vörös és ibolyaszínnel különböztetjük meg azt a két esetet, amikor a szivárvány félnyílásszögét 42°, illetve 40°-nak vesszük.



(b) A "G" és "D" pontok környékének kiemelése

A M.E.G.O.L.D.Ó.K jegyzőkönyvének kivonata

Az eltűnt tudós felkeresésére nyomozóink akciócsoportot, (Magyarhoni Elegánsan Geolokalizáló és Olykor Lelki Dicsőséget Óhajtók Köre) szerveztek. Ők számításainkat különböző kiadású Budapest-térképeken ismételték meg, így a mi végeredményeinktől valamelyest különböző eredményre jutottak. Nyomozóink egymástól függetlenül négy különböző toronyszobába csöngettek be - köztük volt az is, ahol A.N.Choorast fogva tartották.

Nyomozóink a Puskin utca 5-7. alatt található, az ELTE TTK hajdani fizikus D épületének legfelső emeletén lévő rejtélyes faépületben találták meg az eltűnt tudóst.

Megjegyezzük, hogy volt, aki a Károly körút és a Dob utca sarkán lévő, különös alakú toronyba mentek fel. Itt egy extravagáns művész lakott egyedül, aki azonban sajnálatos módon semmit sem tudott az antigravitációs egyenletek tenzorhomomorfizmusairól...

Ezt az épületet az 1880-as években Eötvös Loránd tervezteette és építtette, maga is itt lakott családjával (lányai a hatvanas években még itt éltek), és itt végezte nevezetes gravitációs kísérletei nem terepi részét. Az épület Nagytermében havonta tartott ismeretterjesztő előadásokat és kísérleti bemutatókat, melyeken a főváros érdeklődő elitje szép számban jelent meg. Ezeknek az előadásoknak az utóda a Sándor László által a kilencvenes években szervezett Gólyavári esték és a jelenleg futó Atomcsill.

5. ábra. Drónfelvétel az egykori helyszínről.

Az épület egyik sarkán egy kis torony emelkedik terasszal és márvány korláttal (az utóbbi csak a tatarozás során elvégzett nagytakarítás és nagynyomású gőzzel végzett tisztítás során derült ki). A teraszt Eötvös meteorológiai és csillagászati megfigyelések céljára építtette. A csillagászat utóbb átköltözött az egyetem Főépületének tetejére, ahol újabb torony és kupola épült, ide került Konkoly-Thege Miklós ógyallai távcsöve, amit aztán a kilencvenes évek elején elloptak...

Az Eötvös-teraszt a hatvanas években Jánossy Lajos a kozmikus sugárzás vizsgálatára használta, ekkor épült a műszerek számára egy fakunyhó (ez eredetileg jóval nagyobb és magasabb volt, mint (5.) ábrán látható). Több tanú egybehangzó állítása szerint is különösen festett az "egyetemi épület tornyán gólyafészekként trónoló, düledező kalyiba".

Jánossy halála után a torony és a kunyhó elhagyottan állt. Az emberrablók számára adott volt, hogy 1993-ban itt rejtsék el az elrabolt A. N. Chooras (ejtsd: éhenkórász) professzort.

Amikor a TTK 1998-ban Lágymányosra költözött, az épületbe bölcsészek költöztek, légkalapáccsal verették szét Eötvös gravitációs kísérletekhez használt, az épület alapjaiba ágyazott márványasztalát. (Szerencsére Eötvös saját készítésű Foucault-ingáját derék fizikusok megmentették, Lágymányoson külön kis torony épült neki.) A fakunyhót lebontották, helyére antennák (és egy kisebb kunyhó) kerültek. Itt megy át az internet országos gerincvonalának rádióhullámú része a Nagyvárad téri SOTE-torony felé.

Hibaforrások:
-Először is meg kell jegyeznünk, hogy a történet nem valódi szivárvány-megfigyelésen alapul, hanem szerkesztésen, amelyben 42 fokos ívet feltételeztek. Az 1993-ban használt Budapest-térképen igen pontosan kijött a szerkesztés, még az is, hogy az épület nyugati sarkán van a torony.
-25 év alatt a GPS-nek köszönhetően kissé pontosabbá váltak a térképek.
-A Föld gömbölyűsége már Budapest (vagy éppen Balaton) méretekben is igen jelentős. Ennek megfelelően semmilyen sík térkép és semmilyen euklidészi szerkesztés nem lehet pontos.

Az emberrabló vallomása

"Igazából nem is raboltuk el a tudóst. Ezért a szivárványt sem látta, annak adatait csak a papír fölé hajolva számolgattuk ki. Síktérképen. Tudván, hogy a szivárvány nem egy végtelenül vékony vonal, ezért belefér némi lötyögés.

Sőt, akkor (1993) még nem is jártam azon a bizonyos teraszon. Oda csak akkor jutottam föl, amikor megkezdődött a D épület átépítése a bölcsészigények szerint (márványasztal stb...), 1999-ben. Ezért a feladat kitűzésekor nem tudtam szabad szemmel ellenőrizni, látszik-e a Sas-hegy és a Margit-híd a toronyból.

Viszont egy kicsit odébb jártam. Ha megnézed a (5.) képet, a torony mögött az épület tetején egy kis kiemelkedés látszik. Ez egy világítóudvar (azóta befedett) teteje. Ha a második emeleti fiú-wc ablakán kimásztál a lichthofba, el tudtál kapni egy, a mélység fölött lebegő rozsdás vaslétrát, ami felvezetett a tetőre. Ott jött a következő meglepetés: a tetőt süppedős és törékeny kátránypapír borította. Egy embert még elbírt, ha nem nagyon mocorgott. De tizet? Egy egész specire való fizikust? Határeset.

1997 tavaszán járt földközelben a Hale-Bopp üstökös. Közvetlenül naplemente után, kb egy fél óráig lehetett jól megfigyelni. Nekünk viszont akkor éppen áltrel specink volt... Mit volt mit tenni, a mondott úton felmásztunk a tetőre, a srácok füzettel és tollal, és ott, állva tartottam meg a másfél órás specit. Lábunk alatt a görbülő és recsegő kátránypapír testközelből illusztrálta a görbe, sőt időben változó görbületű tér nemes eszméjét. Az idő(járás) görbüléséről pedig a változó intenzítású viharos szél gondoskodott.

A srácok szorgosan jegyzeteltek, közben lestük az eget, hogy látszik-e már az üstökös. Amikor többen szóltak, hogy már nem tudnak írni, mert lefagyott a kezük, abbahagytuk a Christoffel-szimbólumok tárgyalását, és áttértünk erre a szivárványos feladatra, szorgosan meresztve a szemünket, hogy láthatjuk-e a megnevezett objektumokat. Sajnos a Sas-hegyet kitakarta valami: pont a nevezetes márványkorlátos torony, és a tetején akkor még álló kaliba. Ezért a feladat teljes kísérleti ellenőrzése akkor is elmaradt.

Aztán tényleg megjött az üstökös, és nagyon szép volt. Megérte felmászni. Ráadásul nem tudom, van-e még valaki a TTK-n, aki elmondhatja, hogy nemcsak a D épület összes termében (plusz a Trefort-szobornál, a Múzeum-kertben, a Kálvin-téri műgyepen, a Rábán evezve stb), hanem a D épület süppedékeny tetején is tartott előadást."

(dgy)

Hivatkozások:
[1] https://www.timeanddate.com/sun/hungary/budapest?month=11&year=1993

[2] https://en.wikipedia.org/wiki/Azimuth
[3] https://www.sunearthtools.com/dp/tools/pos_sun.php
[4] https://en.wikipedia.org/wiki/Solar_azimuth_angle
[5] https://matekarcok.hu/keruleti-szogek-tetele/