

Színes tinták és káosz

Tél Tamás a környezeti áramlásokról

– A Kármán Környezeti Áramlások Laboratóriuma egy egészen különleges hely az ELTE Természettudományi Karán. A laboratórium honlapján található felhívás szerint szinte bármilyen szakos hallgató érdeklődésére számot tartanak. Honnan eredt a laboratórium ötlete? Hogyan lehetett mind ezt létrehozni?

– A laboratórium kialakulása hosszú történet. Mutatja egyrészt, hogy a tudományos tevékenység milyen ágas-bogasan fejlődik, másrészt pedig azt is, hogy az oktatás hathat megtermékenyítőleg a kutatásra. A nyolcvanas évek vége felé rám bízta a meteorológushallgatók elméleti fizika előadását. Addigra kollégáim már kialakították a törzsanyagot, amit én kiegészítettem a kutatási terü-

letemet jelentő káosszal. Ez új témaként jól illeszkedett az oktatásba. A hallgatókkal való beszélgetések során kiderült, hogy a meteorológusokat még mi minden érdekli, és hogy az mennyire más, mint amit oktattunk. Így kialakult egy nyitottság a számukra is érdekes problémák iránt.

Ettől teljesen független az eseményeknek egy másik vonulata is. A '91-es évben ünnepeltük volt témavezetőm hatvanadik születésnapját, melyre tudományos előadásokkal készültünk. Ekkor akadt a kezembe egy új könyv, a „Kaotikus keveredés”, egy amerikai vegyész-mérnök, Ottino könyve. Láttam, hogy az áramlásokban történő keveredés nagyon érdekes téma, melyről az ünnepi esemény kapcsán be is számoltam. Abban az időben Németországban dolgoztam, ahol egy kollégám újságolta, hogy már ép-

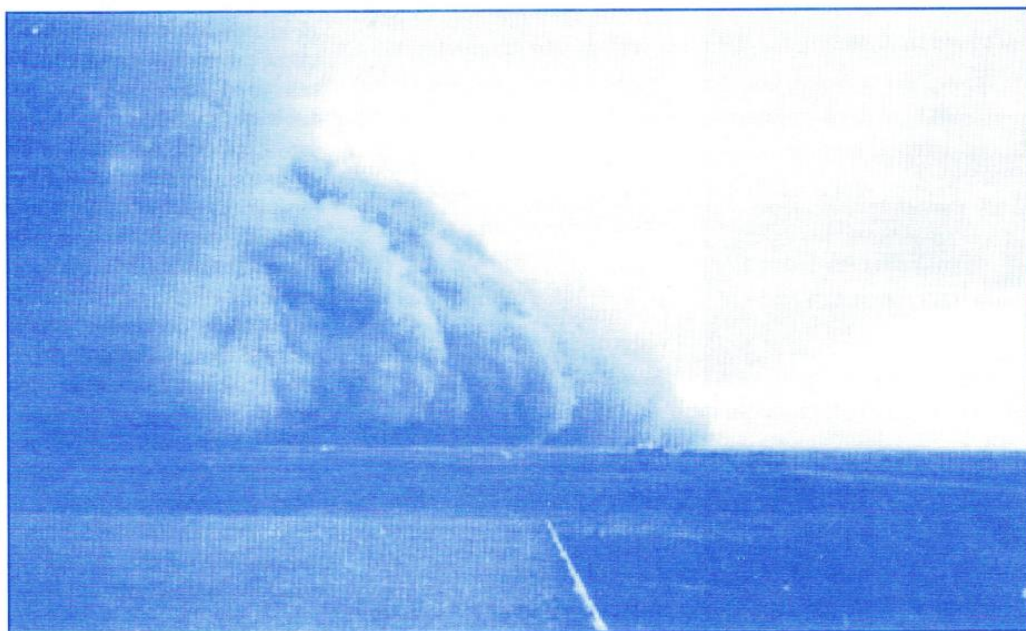
pen elkezdett a henger mögötti áramlásban történő kaotikus keveredésen dolgozni. Hazajöttem, visszatértem a meteorológusokhoz, és addigra már tudtam, hogy mi az, amivel kapcsolatban kutatásokat lehetne végezni: el is kezdtük vizsgálni, hogy pontörvények terében hogyan terjednek a szennyezések. Egy évre rá a már említett német kolléga meglátogatott azzal, hogy a témája kapcsán felmerült új probléma vizsgálatának szenteljük az előtünk álló két hónapot. Tanulmányi kirándulást is tettünk: elmentünk evezni a Dunára. Szentendre alatt egy földnyelv nyúlik a folyóba, mely mögött ugyanolyan típusú áramlás alakul ki, mint egy henger mögött. Így a gyakorlatban tökéletesen érezhettük, amit elméletben számoltunk, hogy az örvény hogyan hat egy behelyezett testre. Amikor észrevettük, hogy

az áramlás megforgatja a kajakot sodródás közben, ez újabb ötletet adott a modell kialakításához.

– Volt szó már akkor valamiféle kísérleti laboratóriumról?

– Akkor még egyáltalán nem. Az eredmények kapcsán '93-ban eljutottam egy olaszországi konferenciára. Itt vetődött fel, hogy induljunk a European Science Foundation pályázatán, mely néhány éves együttműködésre adott lehetőséget. A téma végül a TAO (Transzport az Atmoszférában és az Óceánban) nevet kapta. Három év alatt, a program keretében szervezett néhány konferencián sikerült elérni, hogy a legkülönbözőbb területek kutatói – oceanográfusok, meteorológusok, fizikusok, matematikusok – kerüljenek össze. Ez volt életem egyik legélvezetesebb nemzetközi együttműködése, ahol barátságos légkörben tudtunk egymástól tanulni: ők, hogy mi a káosz, mi pedig azt, hogy hogyan is áramlik nagy skálán az óceán és a légkör.

Az együttműködés révén szereztem tudomást arról is, hogy minden évben rendeznek egy kéthetes nyári iskolát Cambridge-ben a környezeti áramlásokról. Erre egy kollégám, Szabó Gábor, 1996-ban el is jutott. Az iskolához tartozott egy laborfoglalkozás is, de olyan összeget kértek, hogy arra nem tudott beiratkozni. Néhány mérést sikerült viszont messziről megnéznie. Ez nagyon fellelkesítette, úgyhogy amikor hazajött, az első mondata az volt: „Tamás, csináljunk mi is egy ilyen laboratóriumot!” Azt kell még tudni, hogy ez a laboratórium Cambridge-ben az Alkalmazott Matematikai és Elméleti Fizikai Tanszék laboratóriuma. Ez ugyanaz a tanszék, amelyen egykor Newton dolgozott és ahol ma a neves kozmológus, Stephen Hawking is kutat. A labor mintegy harminc éve létezik, de csak a nyári iskolák idejére



Hidegfront – ez is modellezhető a Laboratóriumban.

áll össze működő egységgé. Az első válaszom természetesen az volt, hogy „Gábor, ez reménytelen.” Azért mégis gondolkozni kezdtünk a dolgon. Szerencsére a TAO konferenciák résztvevői segítettek az irodalmat felderíteni. Idő közben az elméleti kutatásaink is haladtak, új témát találtunk: hogyan terjednek a szennyeződések akkor, ha ráadásul még kémiai vagy biológiai reakciók is zajlanak?

A labor ügyének megnyertük két, komoly kísérleti tapasztalattal rendelkező kollégánkat, Horváth Viktort és Jánosi Imrét is. '98-ra négyen kidolgoztuk az alaptervek koncepcióját, majd javasoltuk a laboratórium létrehozását a Fizika Tanszék-csoport keretén belül. Szerencsénkre ez éppen a látványosi épülettömbbe való átköltözés előtt történt, így sikerült két szobányi laboratóriumi helyet kapnunk – erre a Trefort-kertben nem lett volna lehetőség.

– Mik voltak az első benyomások?

– A labor 1998 decemberében indult el, négy 80 x 60 x 40 centiméteres üvegcáddal és sós vízzel. Az első méréseket Jánosi Imrével végeztük, aki azóta is a labor fő mozgató ereje. Ezek a mérések óriási személyes élményt jelentettek számomra. Tudnivaló, hogy az áramlásokat ételfestékkel tesszük láthatóvá. Az első időben én valóban „színes tintákról álmodtam”. A másik meghatározó felismerés az volt, hogy milyen egyszerű eszközökkel lehet légköri, óceáni, tavi jelenségeket bemutatni. Ráadásul ezek a kísérletek nem romthatók el, szinte kivétel nélkül sikerülnek. (Aki valaha is volt már laboratóriumban, tudja, hogy ez mennyire nem nyilvánvaló!) Mindez arra utal, hogy a ciklonok, frontok stb. a természetben is robusztusnak jelennek.

Talán mondanom sem kell, hogy elsőként a meteorológushallgatók jöttek a laborba, diákkori és diploma-

munkák születtek. Mára már természetesen sok más szakos hallgató is megfordult itt.

– Említette, hogy az eredeti kutatási témája a kaosz. Mikor és hogyan született meg ez a kutatási terület?

– Edward Lorenz amerikai meteorológus találta meg az első perdöntő bizonyítékot arra, hogy az egyszerű rendszerek időbeli viselkedése szinte tetszőlegesen bonyolult lehet. Ez azért jelentős felismerés, mert a XX. század hetvenes éveitől annak pontosan az ellenkezőjét gondoltuk, tehát hogy az egyszerű rendszerek hosszú távon is egyszerűen viselkednek. Számítógép hiányában ugyanis ezeket a folyamatokat senki sem tudta analitikus módszerekkel végigkövetni. Például a már említett szennyezések is ilyen kaotikus módon terjednek: nagyon kis kezdeti különbségek esetén is nagyon különböző pályákat futnak be. A viselkedés tehát előrejelezhetetlen, de egyben nagyon jellegzetes térbeli (fraktál) szerkezettel társul.

– Pontosan hogyan alkalmazhatók ezek az eredmények valamilyen más tudományra?

– Hadd mondjak egy egészen friss példát! Éppen tavaly jelent meg az első olyan közlemény, amely kimutatja, hogy az Ausztrália melletti óceáni áramlásnak milyenek az ún. Ljapunov-exponensei (a kaosz jellemző adatai), és hogy ezek ismeretében hogyan lehet megjósolni, hogy a hőmérsékletelőzárás az óceánban egy szeletében milyen fraktálszerkezetet mutat. Ma már az oceanográfusok is használják a dinamikai rendszerek elméletének eredményeit: olyan kérdéseket tesznek fel, amelyeket a saját tudományukból nem eredeztethettek volna. A kaosz- és a környezeti tudományok között tehát az egész világra kiterjedő együttműködés létezik.



Fraktál

– Már szóba került, hogy a laboratórium nyitva áll szinte minden TTK-s hallgató előtt. Az már világos, hogy egy meteorológus hallgató mit és hogyan profitálhat ebből – mire számíthat itt egy földrajz vagy egy vegyész szakos hallgató?

– A laboratóriumnak többfajta szerepe van. Egyrészt kutatási munka folyik benne a még nem tisztázott jelenségek felderítésére. Másrészt demonstrációs és mérési lehetőséget kínál a hallgatóknak. Ezzel együtt van egy általános, az egész karra kiterjedő küldetésünk is. Készen állunk arra, hogy a labor bármely szakos oktatásban felhasználható legyen. A nem

fizikusoknak is igyekszünk egyfajta metodológiai szemléletet adni: megmutatjuk, hogy a mérés szisztematikusan munka, és hogy érdemes az elméletbe is belegondolni. Messze nem nyilvánvaló ugyanis, hogy egy több kilométeres jelenséget hogyan lehet fél méteren hűen bemutatni. Semmilyen általános természeti elvből nem következik, hogy a körülmények éppen olyanok a Földön, hogy ez lehetővé váljon. Összességében a laboratórium működésének az a tanulsága, hogy ha egyszer valamit egy kicsit mélyebben megértünk, akkor már egészen más szemmel nézzük a körülöttünk levő világot – végülis minden természettudományos kutatásnak ez a lényege.

Balás Márk