



# SpectrOpus

Az MKE Spektrokémiai Társaságának hírlevele. Megjelenik negyedévente.

I. évfolyam, 2. szám

2019. október 25.

## Gondolatok a SpectrOpus hírlevél születéséhez

A Spektrokémiai Társaság 2019-ben választott új vezetősége felmérve a Társaság jelenlegi helyzetét egy merően újszerű vállalkozásba kezdett a hírlevél elindításával. Ez az írásbeliség alkalmas lesz az analitikai spektrokémiai témakör jelentőségének bemutatására az egyéb kémiai területek művelői számára is, miközben növeli a tématerületen dolgozók elkötelezettségét.

Amikor hozzájárulásra kaptam felkérést a bevezető számhoz, az első gondolatom az volt, hogy „túl öreg vagyok már egy ilyen szerepléshez”. De, aztán eszembe jutott, hogy van nekem egy írásom a közelmúltból, mely visszaemlékezés a Társaság 60. évére, számba véve a területen dolgozó kollégákat és azok témáit.

Mivel egy szűkebb szakmai közösség számára íródott, kevésbé találták alkalmasnak a Magyar Kémikusok Lapja szélesebb olvasó tábora számára. A visszatekintés összefoglalja a szakterületen közvetlenül és közvetve érdekelt eltávozottak nekrológjainak elérhetőségi adatait és szerzőit. Személyes örömmre szolgált, hogy megtaláltam Plank Jenő professzor nekrológját, aki 1949-ben (első éves egyetemista koromban) kényszerült elhagyni a katedrát, de sikerült elhelyezkednie a Fizikai Kutató Intézet Spektroszkópiai Osztályán, gyakorló analitikusként. Ugyan ő nem spektroszkópiával foglalkozott, de barátságából vállalta az én első dolgozatom bírálatát és egy életre szóló tanácsokkal látott el.

Igen, tudnunk kell, hogy nincs jövőbe mutató újrakezdés a múltunk számba

vétele nélkül, és talán ehhez hozzásegíthet a mellékelt „visszatekintés” is.

Kántor Tibor

### Visszatekintés a hazai Spektrokémiai Vándorgyűlések 60. évére

#### A magyar spektroszkópiai konferenciák elnevezései

1958. Magyar Emissziós Színképelemző Vándorgyűlés (MESZEV)

1986. Magyar Színképelemző Vándorgyűlés és Molekula Spektroszkópiai Konferencia (MSZV)

1996. Magyar Spektrokémiai Vándorgyűlés (MSV)

#### Megjelent történeti visszatekintések

Török Tibor, Visszapillantás a Színképelemző Szakbizottság 20. évére, *Gép*, 24 (1972) 322-323.

Gegus Ernő, Jubileumi színképelemző konferencia, *Gépipar*, 12. sz. (1987).

Gegus Ernő, Beszélgetés Török Tiborral, *Anyagvizsgálók Lapja*, 2 (1992) 69-70.

Szakács Ottó, Történeti visszatekintés a Spektrokémiai Társaság kialakulására és működésére, *39. MSV Kiadványa, Társasági rovat*, Mosonmagyaróvár (1996) 238-241.

#### Megemlékezések

Plank Jenő (1890-1974), *Magyar Kémikusok Lapja*, 45 (1990) 414-415.

(Szabadváry Ferenc)

Schulek Elemér (1893-1964), *Magyar*

### Tartalom

Gondolatok a SpectrOpus hírlevélhez 1

Visszatekintés a hazai Vándorgyűlések 60. évére 1

Beszámoló SKT tisztújító üléséről 6

Atomspektroszkópiai Szakmai nap a DE-en 7

Kéri Albert 8

Palásti Dávid Jenő 9

Arisztotelészi termodinamika 11

- Kémikusok Lapja*, 19 (1964) 621-622. (Pungor Ernő)
- Erdey László (1910-1970), *MTA Kémiai Közlemények*, 34 (1970) 1-27. (Inczédy János)
- Erdey László (1910-1970), *Magyar Kémikusok Lapja*, 25 (1970) 225-226. (Mázor László)
- Szarvas Pál (1910-1986), *Gerundium Egyetemtörténeti Közlemények, Arcképcsarnok*, 3 (2012) 25-31. (Brücher Ernő)
- Mázor László (1912-1996), *Magyar Kémikusok Lapja*, 51 (1996) 386. (Szabadvány Ferenc)
- Török Tibor (1914-1999), *Magyar Kémikusok Lapja*, 54 (1999) 191. (Gegus Ernő)
- Török Tibor (1914-1999), *Magyar Kémiai Folyóirat*, 119 (2013) 70-72. (Záray Gyula)
- Benkő István (1916-1996), *Pannon Egyetem Veszprém*, (Kristóf János, Bartus Péter)
- Cornides István (1920-1999), *Magy. Kém. Lapja*, 55 (2000) 31. (Borossay József, Horváth Gyula)
- Gegus Ernő (1921-2006), *Magyar Kémiai Folyóirat*, 112 (2006) 34-35. (Inczédy János)
- Varsányi György (1921-2010), *Magyar Kémiai Folyóirat*, 118 (2012) 38-40 (Billes Ferenc)
- Szabadvány Ferenc (1923-2006), *Magyar Tudomány*, 167 (2006) 1022-1024. (Inczédy János)
- Pungor Ernő (1923-2007), *Magyar Kémiai Folyóirat*, 113 (2007) 5-6. (Sohár Pál)
- Pungor Ernő (1923-2007), *Magyar Kémikusok Lapja*, 62 (2007) 249-250. (Pokol György)
- Inczédy János (1923-2012), *Magyar Kémiai Folyóirat*, 119 (2013) 3. (Felingier Attila)
- Inczédy János (1923-2012), *Magyar Kémikusok Lapja*, 68 (2013) 105. (Kristóf János)
- Pólos László (1927-2005), *Magyar Kémiai Folyóirat*, 112 (2006) 3. (Bezúr László)
- Szakács Ottó (1927-2006), *Magyar Kémikusok Lapja*, 61 (2006) 400-401. (Záray Gyula)
- Zimmer Károly (1928-1991), *Gépipar*, 22, 9-10 sz. (1991). (Gegus Ernő)
- Károly Zimmer (1928-1991), *Spectrochim. Acta Part B*, 47 (1992) 761-763. (Tibor Kántor)
- Vecsernyés Lajos (1929-2004), *Távközlési Kutató Intézet, Budapest*.
- Pap Lajos (1929-2017), *Magyar Kémikusok Lapja*, 72 (2017) 255. (Posta József)
- Szabó Zoltán László (1930-1991), *ELTE Szervetlen és Analitikai Kémiai Tanszék*.
- Matherny Miklós (1930-2015), *Magyar Kémikusok Lapja*, 70 (2015) 297. (Flórián K., Heltai Gy.)
- Borossay József (1932-2002), *Magy. Kém. Lapja*, 57 (2002) 478. (Horváth Gyula, Szepes László)
- Billes Ferenc (1934-2016), *Magyar Kémikusok Lapja*, 71 (2016) 240. (Ziegler Ildikó)
- Billes Ferenc (1934-2016), *Magyar Kémikusok Lapja*, 71 (2016) 390.
- (Kubinyi Miklós, Kállay Mihály, Záray Gyula, Mihucz Viktor Gábor)
- Vértés Attila (1934-2011), *Magyar Kémikusok Lapja*, 67 (2012) 93. (Homonnay Zoltán)
- Kiss Józsefné Eröss Klára (1936-2010), *BME Általános és Analitikai Kémiai Tanszék*.
- Zentai Péter (1937-1984), *Gépipar*, 15 (1984). 9 sz.
- Tóth Klára (1939-2013), *Magyar Kémikusok Lapja*, 69 (2014) 62. (Horvai György).
- Gál Miklós (1942-2016), *Magyar Kémikusok Lapja*, 72(2017) 105 (Raisz Iván)
- Ikrényi Károly (1945-2000), *Magyar Állami Földtani Intézet, Budapest*. (Bartha András)
- Hlavay József (1945-2005), *Magyar Kémiai Folyóirat*, 60 (2005) 5-6. (Inczédy János)
- Horváth Gyula (1945-2007), *Magyar Kémikusok Lapja*, 63 (2008) 28. (Lelik László)

### Török Tibor előszava a Vándorgyűlésekhez

(I. Magyar Emissziós Színképelemző Vándorgyűlés Kiadványa, Sopron, 1958. május 16-18.)

"Hat évvel ezelőtt alapította meg néhány lelkes ember a Gépipari Tudományos Egyesület keretein belül az Emissziós Színképelemző Bizottságot. Vágyaikat egy akarattá kovácsolta össze szaktudományuk iránti lelkesedésük, tanítani és tanulni vágyásuk, egymás és mások iránti segítőkészségük."

A Gépipari Tudományos Egyesület (GTE) Anyagvizsgáló Szakosztályához való csatlakozást szakmailag indokolta, hogy az emissziós színkép-

elemzés alkalmazásában a fémipari laboratóriumok játszották a fő szerepet az 50-es, 60-as években. Emellett, a GTE nagyipari érdekeltsége révén, nagyobb anyagi támogatást tudott nyújtani a tudományos szakosztályoknak. A Magyar Kémikusok Egyesületéhez való csatlakozás 1994-ben valósult meg Záray Gyula elnöksége alatt Spektrokémiai Társaság néven (MKE-SKT).

**Kutatási témák főbb irányai az analitikai atomspektrometria területén** az iránymutató kutatók és az előadásokon gyakrabban szereplő szerzők megnevezésével.

A jelen áttekintés nem foglalkozik a **molekulaspektroszkópiái** témákkal, melyek visszatekintő értékelése avatottabb szerzőt kíván. A főként analitikai irányítottaságú molekulaspektroszkópiái szekció 1986-tól Billes Ferenc vezetésével került megrendezésre párhuzamosan az atomspektroszkópiái szekcióval, melyet Török Tibor után Zimmer Károly vezetett. Az alábbiakban az előadások és szerzők csoportosítása az alkalmazott mérés technika szerint történik az alkalmazási terület említése nélkül, ami egy egyszerűsítésnek felel meg. Az utóbbi időben mind inkább igény merül fel a különböző típusú analitikai feladatok szerinti csoportosításra.

**1940-től (kb). Grafit hordozóelektródos ívgerjesztés** (Főként egyenáramú kisülés, anódos kapcsolás).

A grafit elektród furatába mért porminta (esetleg fémforgács vagy beszárított oldat) hevítése a grafitfalon át megy végbe kb. 3700 °C-ig, a keletkező mintagőz a furat feletti ívplazmába lép be, melynek az 5-6000 °C-os hőmérséklete optimális a legtöbb fémes elem gerjesztésére. Kis költségigényű, egyszerűen kezelhető forrás, melyet a legtöbb spektrográfias laboratóriumban alkalmaznak. A mátrixhatás jelentős, de tájékoztató (félmennyiségi) elemzéshez tolerálható mértékű, ha biztosított a jel integrálása az alkotók tejes elpárolgása alatt.

**1950-től. Vizuális spektroszkópia kifejlesztése fémötvözetek gyors azonosító elemzésére**

Az optikai berendezés (spektroszkóp és leképzőrendszer) tervezése és hazai gyártásának előkészítése Török Tibor és Barabás János nevéhez fűződik. A grafit ellenelektródos váltóáramú ívgerjesztés elsősorban acélok elemzésére alkalmas homológ vonalpáros kiértékeléssel. A különböző típusú acélok elemzéséhez alkalmas vonalpaárok kiválasztásában és ellenőrzésében Kéthelyi József, Németh Krisztina, Csicsák Károly, Szakács Ottó, Zimmer Károly, Krasznai László és Pethő Attila működtek közre. Az alumínium-ötvözetek elemzéséhez nitrogén atmoszférában működő váltóáramú ívkisülés alkalmas, melynek megvalósításával Kántor Tibor foglalkozott.

**1955-től. Fémek és ötvözetek közvetlen elemzése szikragerjesztés alkalmazásával**

Résztevő ipari kutató laboratóriumok az 1958-as Vándorgyűlésen: Csepel Vas- és Fémművek

(Budapest), Egyesült Izzó (Budapest), Gördülőcsapágygyár (Debrecen), Kohászati Művek (Miskolc), Vasipari Kutató Intézet (Budapest) Alkalmazási módszerek fejlesztése és optimalítása a különböző minta típusokhoz: elektród geometriák, kisülési paraméterek, kisülési atmoszféra, gerjesztési időparaméterek, standardok kiválasztása és előállítása: Török Tibor, Szikora Gizella, Kéthelyi József, Papp Lajos, Demény Dezső, Krasznai László. Gerjesztési folyamatok vizsgálata: vonalintenzitás változások a gerjesztési idő alatt (leszikkázási hatás), kalibrációs görbék függése az ötvözet típusától (harmadik elem hatás), a metallurgiai előélet hatása. (Török Tibor, Zimmer Károly, Paksy László)

**1955-1965. Elektronikus vezérlésű szikra- és ívgerjesztők kifejlesztése és gyártásra való előkészítése** Bardócz Árpád és Klacsmányi Árpád nevéhez fűződik, az ívgerjesztők fejlesztésében Vorsatz Brúnó vett részt (KFKI, BME). E gerjesztőkkel nyerhető időfelbontásos spektrumok elméleti kiértékelése: Bardócz Árpád, Varsányi Ferenc, Úrhegyiné Vanyek Márta, Vörös Tibor. Standardok kémiai elemzése: Plank Jenő.

**1960-1970. Fotográfias fénymérés kiértékelési módszereinek fejlesztése**

A spektrográfokkal nyert, fényképezett spektrumok kiértékelésének fejlesztése (Török Tibor, Zimmer Károly, Heltai György, Flórián Károly, Sámsoni Zoltán, Kántor Tibor). Az intenzitásskálás és az időskálás feketedési görbék elméleti leírása: Kántor Tibor. Áz emissziós analitikai függvény vizsgálata: Kerkesné Cséti Sarolta, Kántor Tibor

**1965-től. Az optikai és Röntgen spektrométerek telepítése a fémipari laboratóriumokban.** A telepítésben résztvevő specialisták: Zsámboky József, Dudás Béla. Laborvezetők: Réti Pál, Veszprémi Barna, Kovács Gyuláné Márta

**1955-1970. Oldatporlasztásos szikraemissziós gerjesztés bevezetése és széleskörű alkalmazása fémötvözetek elemzésére.** Az oldatpermet bejuttatása a szikrakisülésbe az alsó elektród furatán át történik. E módszerrel az oldatban lévő mintakomponensek pá-

rolgása elsődlegesen az ellenelektrod felületén lecsapódó permetből (és nem a szikra-plazmában) megy végbe: Erdey László, Gegus Ernő, Kocsis Elemér. A kémiaileg kifejlesztett fémhidridek emissziós spektroszkópiái detektálása az irodalomban elsőként ugyanezzel a szikrakisüléses módszerrel történt (1955).

**1950-1970. Emissziós lángspektrometria** (az oldatok pneumatikus porlasztásával végzett mintabevitellel) párhuzamosan fejlődött hazánkban az 50-es évektől (Pungor Ernő, Hegedüs András, Zapp Erika).

**1960-1975. Oldatok forgó grafitkorongos szikragerjesztése** Az oldatporlasztásos szikra módszer alternatív módszere, hasonló analitikai teljesítménnyel. A forgó grafitkorongos módszernél kisebb a korrózió veszélye (leképzőrendszer stb): Szakács Ottó, Újhidyne Farkas Klára, Lakatos István, Szabóné Ákos Zsuzsa, Tésy Jánosné Mária, Kántor Tibor.

**1960-1975. Egyenáramú plazmaégők oldatporlasztással**

Az oldatpermet bevitele a plazmába tangenciális áramoltatással: Gegus Ernő, Vecsernyés Lajos.

**1975-től. Rádiófrekvenciás, induktív csatolású plazma atomemissziós spektrometria (ICP-AES)** oldatporlasztásos mintabevitellel. Feltalálók: Greenfield és mts-i (1964-65) és Fassel és mts-i (1965). A permet bejuttatása a gyűrű alakú plazmába axiálisan történik. Az első hazai ICP-AES monokromátoros spektrométer üzembe helyezése az ALUTERV-FKI-ban (Kocsis Tivadarné) és első alumínium ipari alkalmazása: Záray Gyula, Vitéz János. Az ICP-AES széleskörű elterjedése 1985-től: Fodor Péter, Bezúr László, Kántor Tibor, Záray Gyula, Varga Imre, Borszéki János, Halmos Pál, Hlavay József, Tatár Enikő, Veres Sándor, Ernyei László, Győri Zoltán, Kovács Béla, Prokisch József, Percsich Kálmán, Baczó Gáborné Gyöngyi, Ballók Istvánné Mária, Besnyi Anikó, Csasznné Nagy Edit, Lopusnyi Éva, Lakatos Jánosné Ildikó, Fekete Ilona, Dobosy Péter. Speciációs analitikai módszerek kidolgozása: Fodor Péter, Posta József, Prokisch József, Mihucz Viktor Gábor, Gáspár Attila, Sógör Csilla, Béni Áron, Nagy Dávid.

**1965-től. Újabb irányzatok porminták közvetlen elemzésére ívgerjesztéssel**

(1) Egyen- és váltóáramú ívgerjesztéssel végzett elemzések: Zentai Péter, Vig Antalné, Szabó Édua, Baktay György, Pethő Attila, Pankotai Lászlóné Mária. Kémiai reakciók vizsgálata váltóáramú ívkisülésben: Szabó Zoltán László, Tatár Enikő, Bertalan Éva.

(2) A porminta gázárammal történő fellazítása és szállítása az ívplazmába (eredetileg Rusanov-féle módszer): Benkő István, Szabó László, Tóth József. A módszer fő problémája, hogy bizonyos alkotók és mátrixok teljes elpárolgása az ívplazmában nem biztosított.

(3) Szabályzott teljes elpárolgotatásos ívgerjesztés. Keskeny furatú grafit hordozóelektrod intenzív hűtésével és folyamatos előtolásával elérhető, hogy az alkotók eredő párolgása folyamatos és szelektivitás mentes: Kántor Tibor, Zakaria Hanna, Erdey László, Jobs Viktória. Alkalmazások: ívhőmérséklet mérések, arany meghatározása nemesiszapban.

**1970-től. Lángatomabszorpciós (és lángemissziós) módszerek fejlesztése és alkalmazása**

Az atomabszorpciós észlelés bevezetését (Alan Walsh, 1955) csak a 60-as évek végén követte annak elterjedése hazánkban: Erdey László, Svehla Gyula, Pungor Ernő, Szász Ágnes. Az acetilén/levegő láng döntő előnyre tett szert, mely kb. 45 elem meghatározásához alkalmas. A J.B. Willis által 1963-ban bevezetett acetilén/dinitrogén-oxid lánggal további 25 elem meghatározása vált lehetővé. A szerteágazó mintatípusok elemzési módszereinek kidolgozásán túlmenően kutatások folytak a kémiai zavaró hatások értelmezésére és kiküszöbölésére. A publikációs aktivitás ezekben a témákban igen jelentőssé vált: Nagy Zoltán, Posta József, Lakatos János, Gáspár Attila, Borszéki János, Halmos Pál, Tomcsányi László, Pólos László, Bezúr László, Szívós Klára, Hanákné Juhai Éva, Bartha András, Ikrényi Károly, Vajda Ferenc, Fonyóné György Ildikó, György Józsefné Ili, Oroszlánné Szovik Krisztina, Bagdi Gyula, Ajtony Zsolt, Hadady Gyula, Murányi Zoltán, Rácz László, Sas Barnabás, Mihálka István, Kékedi-Nagy László, Lakos István, Beinrohr Ernest, Borsodi Mihályné, Szekeres Rozália, Kántor Tibor. Kémiai dúsítási eljárások, mint

csatolt módszerek: Horváth Zsuzsa, Lásztity Alexandra, Zih-Perényi Katalin.

### **1975-től. Elektrotermikus atomabszorpciós módszerek fejlesztése és alkalmazása**

A grafitkemencés ETA-AAS módszer feltalálása (V.B. L'vov, 1959) után elég hosszú idő alatt fejlődtek ki a megfelelő készülékek és módszerek. Hazánkban a Varian Techtron és nagyobb mértékben a Perkin Elmer cégek által forgalmazott készülékek nyertek bevezetést. A grafitkemencés-AAS módszerek kidolgozói és fejlesztői: Halász András (első hazai publikáció), Földiné Polyák Klára, Bozsai Gábor, Papp Lajos, Gráfné Harsányi Etelka, Tekuláné Buxbaum Piroska, Juhász Miklós, Merthné Béres Tünde, Hoffmann László, Zih-Perényi Katalin, Kelemen János, Sarudi Imre, Bencs László, Szoboszlai Norbert, Ajtony Zsolt, Borbély Dezső, Kapitány Sándor, Kučorová Livia, Kántor Tibor, Hidrid- és higanykifejlesztés mint kapcsolódó technikák: Ikrényi Károly, Bartha András, Bezúr László, Varga József.

### **1973-tól. Az ívpárolgatással nyert aeroszol bevitelle lángokba emissziós vagy atomabszorpciós észleléshez**

A grafitív-láng kombinált forrás elsősorban porított szilárd minták elemzéséhez (pl. timföld, korund) nyert kidolgozást: Kántor Tibor, Pungor Ernő, Fodor Péter. E módszernél a minta "termikus diszpergálása" valósul meg, melynek további módszerei a grafitkemencés és a lézersugaras párolgatás. Az elektrotermikus párolgatásos (ETV) mintabeviteli módszert lángokhoz (Kántor Tibor, Bezúr László) és ICP-hez alkalmazták (Kántor Tibor, Záray Gyula, Fodor Péter, Galbács Gábor).

### **1980-tól. Csökkentett nyomású kisülések emissziós spektrometriás alkalmazása**

Üregkatódos és sikkatódos fényforrások vizsgálata, fejlesztése és alkalmazása. Legfontosabb sajátosságuk, hogy (1) a fémgőzök katódpolasztással kerülnek a kisülésbe közel szelektivitás mentesen (termikus frakcionálás nélkül), valamint (2) a gerjesztés túlnyomórészt elektron-ütközéssel történik viszonylag kis gázhőmérsékleten, ami éles színképvonalakat eredményez. A témakör kutatói: Török Tibor, Záray Gyula, Szilvássyné Vámos Zsuzsa, Papp Lajos, Szabó Árpádné, Demény Dezső, Győrfiné Buzási

Anna. Fémrétegek elemzésére sikkatódos gerjesztéssel: Bocz András, Pallósi József.

### **1970-től. Lézer-sugaras mikroelemzés**

(1) Lézersugár és szikrakisülés kombinációja. Elérhető műszer: Zeiss (Jena). Gegus Ernő, Nagyné Balogh Judit

(2) Lézerablációs aeroszol előállítás mintabevitelhez lángokba. 1976-tól: Kántor Tibor, Pungor Ernő, Pólos László, Fodor Péter.

(3) Lézerindukált plazma emissziós spektrometria (LIPS és LIBS): Galbács Gábor, Kálomista Ildikó, Metzinger Anikó, Nemes László (gázlézerek).

### **1975-1985. Mikro-szikra gerjesztés megvalósítása és alkalmazása fémek mikroelemzésére: Gegus Ernő, Péter László.**

**1980-tól. Röntgen fluoreszcens spektrometria:** Csikósné Hartyáni Zsuzsa, Tráger Tamás, Bacsó József, Hegedüs András, Török Szabina, Osán János.

**1980-tól. Kemometriás módszerek alkalmazása az atomspektrometriában:** Pap Tamás, Paksy László, Kárpáti Péter, Bánhidi Olivér, Lengyel Attila.

**1984-1990. Lángatomabszorpciós detektálás csatolása grafit és/vagy termoanalitikai kvarc kemencéhez** a párolgási folyamatok és nagy hőmérsékletű halogénezés vizsgálatára: Kántor Tibor, Simon Judit, Bezúr László, Varga József, Fazakas János, Varga Katalin, Manolo A. Prieto, Posta József, Nagy Dávid.

### **1991-től. Induktív csatolású plazma tömegspektrometria (ICP-MS)**

Első hazai üzembe helyezés a Magyar Állami Földtani Intézet Laboratóriumában: Bertalan Éva, Bartha András, Viczián Miklós. Lézerablációs mintabeviteli mód alkalmazása és elvi-elméleti vizsgálata: Bertalan Éva, Bartha András, Kántor Tibor, Stefánka Zsolt, Király Edit, Kovács-Széles Éva, Kincse Attila. Szikra-tömegspektroszkópia: Opauszki István, Kaposi Olivér

**1991-től. Kapcsolt mérés technikák HPLC-ICP-AES, HPLC-ICP-MS, GC-MS, GC-ICP-MS:** Bálint Mária, Borossay József, Torkos

Kornél, Gál Miklós, Fodor Péter, Mihucz Viktor Gábor, Záray Gyula, Posta József, Sugár Éva, Dernovics Mihály, Szabó Éva.

**1995-től. Mikrohullámú plazma emissziós spektrometria:** Heltai György, Braun Mihály, Baranyai Edina, Horváth Márk, Harangi Sándor.

**1997-től. Totalreflexiós röntgenfluoreszcens spektrometria (TXRF)** Záray Gyula, Varga Imre, Óvári Mihály, Szoboszlai Norbert, Kröpfl Krisztina, Mihucz Viktor Gábor.

Részben elhangzott előadásanyag a 60. Magyar Spektrokémiai Vándorgyűlés és XIII. Környezetvédelmi Analitikai és Technológiai Konferencia c. rendezvényen. Debrecen, 2017. augusztus 23-25.

Kántor Tibor

Magyar Bányászati és Földtani Szolgálat  
1143 Budapest, Stefánia krt. 14.

kantort86@gmail.com

## Beszámoló az MKE Spektrokémiai Társaságának tisztújító üléséről



A Magyar Kémikusok Egyesületének Spektrokémiai Társasága (MKE SKT) tisztújító ülést tartott 2019. április 10-én az egyesület székházában. Záray Gyula *professor emeritus*, MKE SKT tiszteletbeli elnök kezdeményezésére a tisztújító ülést megelőzően az egybegyűltek *Stipendium Hungaricum* ösztöndíjas PhD-hallgatók beszámolóit hallgatták meg. Így Timothy Anemana (Eötvös Loránd Tudományegyetem, ELTE) az *Arsenic stabilization in artificially contaminated soils using an agricultural waste-based activated charcoal by inductively coupled plasma mass spectrometry and total-reflection X-ray fluorescence spectrometry* illetve Sirat Sandil (ELTE – MTA Ökológiai Kutatóközpont, Duna-kutató Intézet – MTA ÖK DKI) *Uptake and translocation of arsenic in bean and lettuce plants by dynamic reaction cell inductively plasma mass spectrometry* címmel tartottak előadást. Ezen előadások kivonatát a SpectrOpus hírlevél 1. évfolyamának 1. számában közöltük.

Ezt követően a tisztújító taggyűlés titkos szavazással választott vezetőséget. Az előzetesen felállított Jelölő Bizottsági feladatok ellátására Heltai György és Kristóf János társelnökök Kántor Tibor és Záray Gyula professzorokat kérték fel. A jelöltekkel a Jelölő Bizottság E-mailen és/vagy telefonon egyeztetett. Természetesen új jelöltek is állíthatók voltak még a szavazás helyszínén is. A választást Heltai György levezető elnökként bonyolította le. A levezető elnök személyéről a Jelölő Bizottság tett javaslatot.

A javaslatokat a helyszínen az MKE munkatársai közül felkért kéttagú szavazatszámoló bizottság összesítette. Az újonnan megválasztott elnökség tagjai így Dobosy Péter (MTA ÖK – DKI), Galbács Gábor (Szegedi Tudományegyetem), Horváth Márk (Szent István Egyetem, Környezettudományi Intézet, Gödöllő), Mihucz Viktor (ELTE) és Ziegler Ildikó (Richter Gedeon Nyrt.). Közvetlen szavazással választotta meg a tagság a Társaság új elnökének Mihucz Viktort. Mihucz Viktor megköszönte a megelőlegezett bizalmat és a titkári feladatok ellátására Ziegler Ildikót kérte fel, aki ezt örömmel vállalta.

A Szerkesztőség

## Atomspektroszkópiai Szakmai Nap a Debreceni Egyetemen

Idén szeptember 6-án immáron hatodik alkalommal rendezte meg az Atomspektroszkópiai Szakmai Napot a Debreceni Egyetem Szervetlen és Analitikai Kémiai Tanszéke, a budapesti székhelyű Novo-Lab Kft.-vel karöltve. A rendezvényre az ország minden pontjáról érkeztek elemanalitikával foglalkozó szakemberek, ahol előadások formájában ismerkedhettek meg a legújabb készülékekkel, felhasználóktól hallhattak mérés-technikai innovációkról és új alkalmazási lehetőségekről. A szakmai fórum egyaránt teret adott az ipari szereplők és a tudományos kutatást végzők számára, hogy eredményeiket bemutassák és megvitassák egymással. A szűk, kerekasztal-konferenciaként indult továbbképző szimpóziум az évek során közel 100 fős rendezvénné nötte ki magát, amelyen a részvételt a Novo-Lab Kft. térítésmentesen biztosítja.

Az előadások között földtudományi, élelmiszeripari és régészeti alkalmazások is teret kaptak, valamint műszergyártó cégek képviselői tartottak előadásokat a legkorszerűbb irányzatokról. A megnyitót a hagyományoknak megfelelően Fábíán István professzor tartotta, aki pár mondatban visszaemlékezett, hogyan is kezdődött hat évvel ezelőtt a példaértékű együttműködés a Novo-Lab Kft., valamint az általa forgalmazott termékek nemzetközi gyártói és a Szervetlen és Analitikai Kémiai Tanszék között. A közel 100 millió forintos beruházás eredményeképpen kialakított Atomspektroszkópiai Partner Laborató-



riumban a legmodernebb elemanalitikai műszerek és minta-előkészítést segítő berendezések állnak a hallgatók és kutatók korlátlan rendelkezésére, akik így könnyedén megvalósíthatják elképzeléseiket, ötleteiket és újabb eredményeket érhetnek el. A külföldi vendégelőadók közül a Milestone cég képviselőjében a legújabb feltárási módszerekről hallhattak előadást a látogatók, míg az Agilent Technologies szakértő munkatársa az ICP-OES és ICP-MS újításairól beszélt. A Viresol Kft. képviselőjében Rapi Sándor a mikrohullámú plazma élelmiszeripari alkalmazásait mutatta be a gyártásközi- és késztermékek vizsgálata során, míg a Miskolci Egyetemről érkezett Tóth Márton vörösiszap elemanalízisére fejlesztett MP-atomemissziós (AES) módszerről tartott előadást. Braun Ádám, a Debreceni Egyetem volt hallgatója egy LA-ICP-MS mérőrendszerhez kidolgozott képalkotási technológiát mutatott be, Braun Mihály pedig egy átfogó tanulmány eredményeit összegezte, amelyben a Tisza hullámterében zajló feltöltődési folyamatokat vizsgálták MP-AES technikával. A rendezvény házaszszonya, Baranyai Edina régészeti előadásában az első magyar vonatkozású egyiptomi ásatás során előkerült gamhudi csonttöredékek és bandázsdarabok ICP-OES és FTIR elemzésének eredményeit foglalta össze. A szakmai programot Prokisch József vendégelőadása színesítette, aki „Hogyan főz egy vegyész, azaz lábasom a lombikom” címmel tartott előadást a konyhai folya-



matok és a kémia kapcsolatáról.

A délutáni szekció keretében a résztvevők megtekinthették a 2013 szeptemberében létrehozott, majd 2016 februárjában teljes körűen felújított bemutató laboratóriumot, amelyben egy több lépésben megvalósuló beruházás eredményeképpen modern, elemanalitikai feladatok megoldását célzó szolgáló műszerpark került installálásra. Az ebédszünetet követő

workshopok is nagy érdeklődésre tartottak számot, ahol interaktív bemutatók keretében többek között a lángatomabszorpciós méréstechnika gyors szekvenciális mérési lehetőségével, ICP-OES háttérkorrekciós módszerekkel és minta-előkészítést nem igénykő higany-meghatározási technikával ismerkedhettek meg a résztvevők.

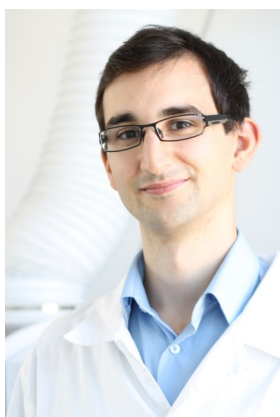
Baranyai Edina

## Bemutakoznak fiatal kollégáink

Hagyományteremtés szándékával indítottuk útjára fiatal kollégáinkat bemutató sorozatunkat a SpektrOpus első számában. E rovatunkban egy-egy kutatóhelyről kérünk fel újabb jelöltet, ezáltal közelebb hozva egymáshoz szakmai közösségünk tagjait.

Hírlevelünk jelen számában a Szegedi Egyetem két ifjú kutatópalántájának munkáját szeretnénk ismertetni. Mindketten a SZE Természettudományi Karán, a Szervetlen és Analitikai Kémiai Tanszék munkatársai, eredményeik tovább öregbitik e méltán ismert iskola hírnevét.

### Kéri Albert



**Kéri Albert,**  
doktoráns hallgató

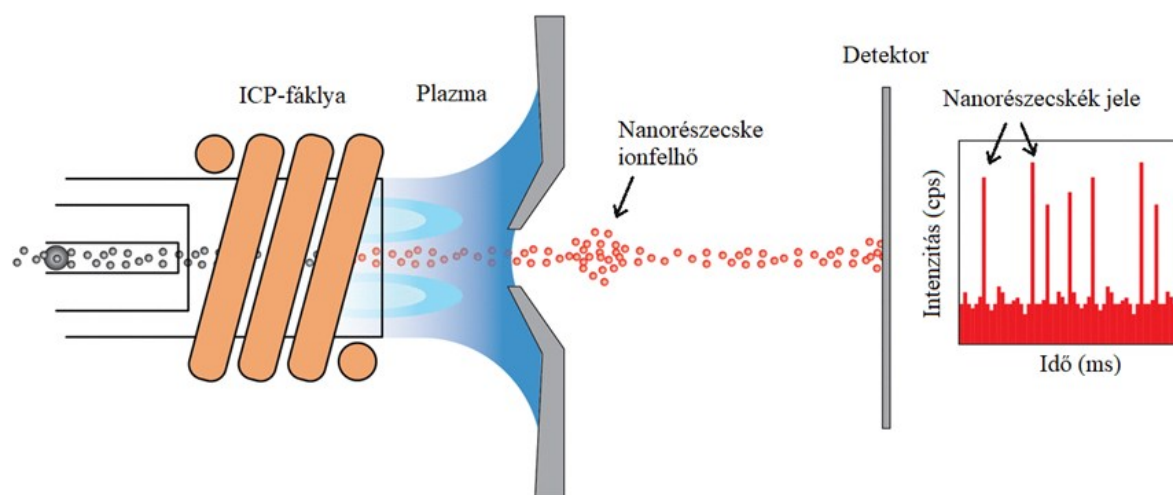
1990. július 6-án születtem Szegeden. Középiskolai tanulmányaimat a szegedi Körösy József Közgazdasági Szakközépiskola angol nyelvi osztályában végeztem. Ezt követően a Szegedi Tudományegyetem előbb környezetmérnök alapképzésének, majd vegyész mesterképzésének hallgatója voltam. A mesterképzés során kapcsolódtam be Dr. Galbács Gábor egyetemi tanár SZTE Szervetlen és Analitikai Kémiai Tanszékén működő Lézer- és plazmaspektroszkópiai kutatócsoportjának munkájába, ahol jelenleg negyedéves doktorandusz hallgatóként tevékenykedem. Doktori kutatásaim témája induktív csatolású plazma tömegspektrometria (ICP-MS) mérési eljárások kifejlesztése nanorészecskék vizsgálatára, de tanulmányaim során lézer ablációs ICP-MS és lézer indukált plazma spektrometriával (LIBS) is foglalkoztam.

Eddigi kutatási eredményeimet kilenc, nemzetközileg rangos szakmai folyóirat publikációban jelentettük meg szerzőtársaimmal, továbbá számos alkalommal vettem részt nemzetközi és magyar konferenciákon mint poszter, illetve szóbeli előadó és társszerző. Külföldi tanulmányút keretei között 2017. májusában a University of Natural Resources and Life Sciences (Tulln, Ausztria), majd 2018. szeptember-december között a bécsi Technische Universität Wien egyetemeken nyílt lehetőségem kutatásokat végezni. Munkám elismeréséért 2018-ban az Új Nemzeti Kiválósági Program Felsőoktatási Doktori Hallgatói Ösztöndíjában, 2019-ben az SZTE Talent Ösztöndíj PhD képzési kategóriában Év Tehetsége díjjal jutalmaztak.

A nanorészecskék nagy felület/térfogat arányuknak köszönhetően a tömbi anyagokhoz képest olyan speciális tulajdonságokkal rendelkeznek, amelyek különleges felhasználási lehetőségeket rejtenek magukban. Alkalmazásuk előnyeiből profitál többek között az orvostudomány és a gyógyszeripar (pl. tumorspecifikus terápiás módszerek fejlesztése, gyógyszerhatóanyagok specifikus célba juttatása), a félvezetőipar (megújuló energiaforrások hatékonyabb kiaknázása, úrkutatás), az építőipar és az elektronikai ipar is. Mivel a nanorészecskék tulajdonságai (méret, elemi összetétel, alak, stb.) alapvetően

befolyásolják alkalmazhatóságukat illetve toxicitásukat, ezért kiemelten fontos a jellemzők vizsgálata, a nanorészecskék karakterizálása.

Kutatásaim középpontjában egy újszerű, feltörekvő ICP-MS-alapú technika, az egyrészecskés ICP-MS (single particle ICP-MS, azaz spICP-MS) fejlesztése áll, amely alkalmas koloidális rendszerek individuális nano- és mikrorészecskéinek vizsgálatára. Az spICP-MS alkalmas a nanorészecskék diszperziójának közvetlen vizsgálatára. Időfüggő jelek rögzítésére kerül sor (TRA, time resolved analysis). Az egyes nanorészecskéket időben elválasztva, individuálisan detektáljuk; jelesúcsaik száma a koncentrációjukra, magassága a méretükre vonatkozóan szolgáltat információt.



I. ábra Az spICP-MS mérések sematikus ábrája

E mérés technika méretkimutatási határai jellemzően 10-20 nm körüliek, amely természetesen elem- és izotópfüggő. Az spICP-MS nagy előnye, hogy alacsony részecskeszám koncentrációjú szuszpenziók ( $10^3$ - $10^5$ /mL) is vizsgálhatók, és az egyes minták mérési ideje is rövid (jellemzően 1-2 perc). Továbbá, e mérés technika képes a vizsgált nanorészecskék több tulajdonságáról is egyidejűleg sokrétű információt szolgáltatni. Lehetőséget nyújt meghatározni a nanodiszperziók részecskéinek méreteloszlását, számkoncentrációját, elem- és izotóppozícióját, illetve speciális műszerbeállításokkal és kiértékelési módszerekkel kutatócsoportunknak sikerült információkat gyűjteni részecskék alakjáról, szerkezetéről és porozitásáról is.

## Palásti Dávid Jenő

1993. március 20-án születtem Szentesen. Középiskolai tanulmányaimat a kecskeméti Katona József Gimnáziumban, az Arany János Tehetség gondozó Program keretein belül végeztem. Az érettségi vizsgát követően a Szegedi Tudományegyetem Kémia alapképzésének, majd Vegyész mesterképzésének hallgatója voltam. Alapképzésem során kapcsolódtam be az SZTE Szervetlen és Analitikai Kémiai Tanszékén, Dr. Galbács Gábor egyetemi tanár által vezetett Lézer- és plazmaspektroszkópiai kutatócsoport munkájába, ahol jelenleg doktori tanulmányaim harmadik évét végzem. Doktori kutatásaim két összefüggő téma köré összpontosulnak. Ezek a lézerindukált plazma spektroszkópiás (LIBS) eljárások fejlesztése és kemometriai módszerek alkalmazása különböző, gyakorlati fontossággal rendelkező mintatípusok mennyiségi és minőségi analízise céljából, illetve egy térbeli heterodin spektrométer (SHS) fejlesztése nagy felbontású és érzékenységgel LIBS spektroszkópiai mérések



Palásti Dávid Jenő,  
doktoráns hallgató

céljára. Doktori tanulmányaim során lézeralblációs induktív csatolású plazma spektroszkópiával (LA-ICP-MS) és Raman spektroszkópiával is foglalkozom.

Eddigi eredményeimet három, nemzetközileg rangos szakmai folyóiratban publikáltuk szerzőtársaimmal, valamint számos hazai és nemzetközi konferencián poszter és szóbeli előadás formájában mutatam be. Egy külföldi tanulmányút keretein belül 2018. júliusában a Bundesanstalt für Materialforschung und –prüfung (Berlin, Németország) intézetben volt lehetőségem kutatást végezni. Munkámat 2017-ben és 2019-ben Új Nemzeti Kiválósági Program Felsőoktatási Doktori Hallgatói Ösztöndíjjal ismerték el.

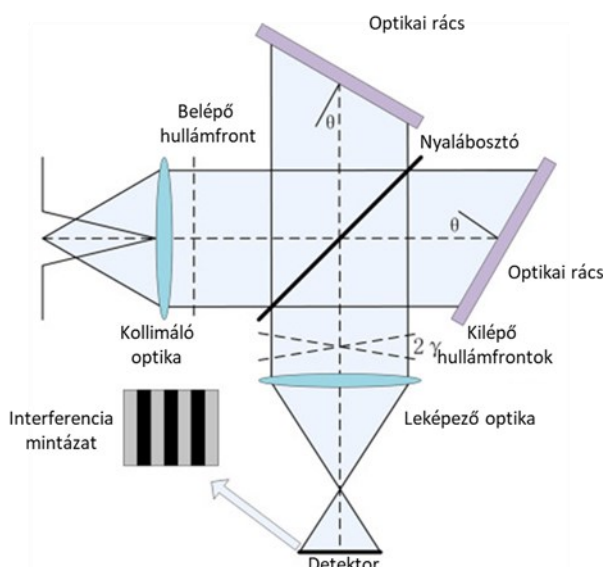
A LIBS gyors, robusztus és költséghatékony, virtuálisan nem destruktív lézeres elemanalitikai módszer, mely a periódusos rendszer legtöbb elemére általában pár ppm kimutatási határral rendelkezik. A LIBS további előnyei közé tartozik, hogy hordozható méretű berendezés is kialakítható, ami terepi mérések végrehajtását is lehetővé teszi. Számos előnyös tulajdonságának köszönhetően manapság egyre több tanulmány foglalkozik a LIBS különböző ipari felhasználási lehetőségeivel (*in situ* koncentráció meghatározás, osztályozás stb.).



I. ábra Egy LIBS rendszer általános felépítése

Eddigi kutatásaim elsősorban nagy hasonlóságot mutató minták terepi azonosítására irányultak. Erre a LIBS azon különleges tulajdonsága ad lehetőséget, hogy egyszerre szolgáltat információt a fő komponensekről és a nyomnyi szennyezőkről, az így létrejövő spektrális ujjlenyomat pedig nagyon jellemző a mintára. Az általam vizsgált anyagok között szerepeltek ásványi szenek, korom aeroszolok, növényi termékek, illetve üveg mikrorészecskék is. Mindegyik mintatípus számára a sajátosságainak megfelelő

mérési és kemometriai kiértékelő rutint dolgoztunk ki, ami által nagy pontosságú mintaazonosítást sikerült elérnünk.



2. ábra Egy térbeli heterodin spektrométer felépítésének sematikus ábrája

A térbeli heterodin spektrométerek olyan újszerű interferometrikus berendezések, melyekkel már egyszerű optikai elemek alkalmazásával, kis méretben is nagy optikai felbontás és érzékenység érhető el bármely hullámhossz tartományban, mozgó alkatrészek felhasználása nélkül. Ezt az újszerű technikát számos előnye ellenére a közelmúltig csupán limitáltan alkalmazták, elsősorban kis intenzitású diffúz fényforrások UV tartományú megfigyelésére, az elmúlt években kezdtek feltérképezni a hagyományos laboratóriumi asztali berendezésekben való alkalmazásának lehetőségeit.

Jelenleg az SHS paramétereinek számítógépes modellezéssel és kísérleti úton való optimalálásán dolgozom. Célom olyan konfigurációk létrehozása, melyek kiemelik az SH spektrométerek egy-egy előnyös tulajdonságát, különös tekintettel a felbon-

tásra és az érzékenységre. Az ilyen berendezések ugyanis nagymértékben tudnák segíteni a LIBS elterjedését további olyan területeken, ahol kis kimutatási határokkal (pl. biológiai minták és ásványi minták), vagy nagy felbontással (pl. számos szennyező együttes jelenléte, izotóparány meghatározás) rendelkező berendezések lennének szükségesek, akár a terepen.

## Arisztotelészi termodinamika

Martinás Katalin\*, Tremmel Bálint\*\*

\* kati.martinasi@gmail.com

\*\* tremmel.balint@gmail.com

Az arisztotelészi fizika mint antik termodinamika interpretációs lehetőségét mutatjuk be először, majd azt, hogy a tudományos forradalommal együtt járó paradigmaváltás korából származó, ma is népszerű Arisztotelész kritikákkal szemben a mai modern tudomány az ókori tudósoknak ad igazat.

Egyetemista korom óta izgatott az a kérdés, hogy miért csak a XIX. században született meg a termodinamika, miközben a körülöttünk lévő világ törvényszerűségeit, hétköznapi tapasztalatainkat fogalmazza meg. A válaszom most az, hogy a fizikában először az antik termodinamika, az arisztotelészi fizika formálódott, de amikor a XIX. században megszületett a termodinamika – az uralkodó newtoni paradigma keretei között – a rokonság eltűnt. A newtoni paradigmában Arisztotelész fizikája egy „katasztrofálisan rossz mechanika” interpretációt kapott.

### Arisztotelészi fizika

Arisztotelész szerint a világ időben végtelen és térben véges. Elvetette az atomhipotézist, a demokritoszi atomokat, azaz a végső, belső szerkezet nélküli építőelemeket. Ehelyett Arisztotelésznél a világot felépítő négy őselem a tűz, a víz, a levegő és a föld, amelyek a legfontosabb különbségeket (hideg-meleg, könnyű-nehé) képviselik. Ezek a különbségek a dolgok természetét kialakító alapvető aktív minőségek, amelyek egyszerre szerepelnek szervező elvekként és konkrét terminus hatásaikkal is: pl. a meleg melegségénél fogva meggyógyíthat (rendbe tehet) beteg testrészeket. Vagyis általában nem pusztán elvont elvekként működnek, hanem nagyon konkrétan is. Az Arisztotelész féle tűz sem elsősorban éget, hanem inkább a mai hő és energia fogalmak antik megfelelője.

Arisztotelész a változásokat két csoportra oszt-

ja. A természetes mozgások és az általuk létrehozott kényszerített mozgások.

A természet alaptörvénye Arisztotelésznél: minden a természetes helyére megy. Ez a törvény a II. főtétel antik megfogalmazásának tekinthető. A természetes mozgások eredménye egy egyensúlyi helyzet volna: pl. a felhőkben lévő víz arisztotelészi értelemben „nehéz” természete miatt eső formájában leesik, a tengerbe jut. Amikor minden a helyére kerül, megszűnik a mozgás. Mai megfogalmazással beáll az egyensúly. Zárt rendszer az egyensúlyi állapothoz tart.

Arisztotelésznél az örök mozgást, változást a Nap melege biztosítja. A víz nem marad a természetes helyén, ugyanis a Nap ismét elpárologtatja. A Föld nyílt rendszer: energiát kap (a Nap melegét).

Az I. főtétel lényegének megsejtése abban a kérdésében látszik, hogy honnan ered a Nap melege?

Abban a korban a súrlódás volt az a mechanizmus, amellyel az örökké tartó hőtermelést meg lehetett magyarázni. A Nap a mozgatóerejét a szférák súrlódása révén szerzi, s így képes a vizet párává alakítani.

De mi tartja fenn ezt a mechanizmust, honnan származik a szférák mozgása?

A szférák egymáson súrlódó mozgását az első szféra mozgása váltja ki, amelyik viszont közvetlenül a mozdulatlan mozgató beavatkozására jön létre. Vagyis: a természetes mozgások révén kialakuló egyensúly folytonosan megbomlik a mozdulatlan mozgató állandó beavatkozása miatt. A mozdulatlan mozgató akadályozza a stabil egyensúly beálltát, a rendet folytonosan összezavarja, állandó keletkezésre készíti. Ez egy termodinamikusan Isten: éles ellentétben áll a XVII-XVIII. század mechanikus Istenével, aki majd a rend nagy létrehozója, a nagy konstruktor szerepét fogja játszani.

Így az arisztotelészi rendszerben nincsen hőhalál, ez egy nyílt rendszer. A mozdulatlan mozgató ilyen módon való bevezetésével Arisztotelész a rendszerét logikailag zárttá, de fizikailag, energetikailag nyílttá tette.

Arisztotelész mai interpretációja

Aquinói Szent Tamás (1224-1274) Arisztotelész fizikájának sok elemét átörökítette (pl. Isten vette át a mozdulatlan mozgató szerepét, a feladatot az angyalok végezték, lásd 1. ábra). A skolasztikus Pázmány Péter (1570-1637) termikus istenbizonyítéka jól példázza, hogy mennyire értették már az alapvető termodinamikai összefüggéseket. Az "Isteni igazságra vezető kalauz" című műve "A levegőég és vizek csudái" fejezetében a következőket írta:

*Mikor a teli fazék forró víz párája megütközik a fődőben, és apró cseppekké sűrűsödik; mikor rózsavízet vésznek, vagy égetett bort csinálnak: a nedvességnek gőzölő párája felemeltetvén a melegségtől, megütközik, meghidegedik, megsűrűdik, és azután cseppenként alászivárkozik. Hogy esők, ezen formán, cseppenként esnének, Isten a levegőégnek középső részét hidegen teremtette; ... Ebben Istennek két csudáját látom: Elsőt, hogy noha a naphoz közelebb vagyon a levegőégnek középső, hogyses alsó része, mégis hidegebb a középső része. Másikat, hogy nem szakad egyszersmind alá az eső, hanem*



1. ábra A mozdulatlan mozgatók a középkorban

*cseppenként esik.” [1]*

Napjainkra azonban megváltozott Arisztotelész megítélése. A népszerű tudománytörténet szerint Arisztotelész a Fizika című művében katasztrofálisan rossz mechanikát épített fel. Az természetesen igaz, hogy katasztrofálisan rossz ez mechanikaként. A kérdés, amit felteszünk az, hogy valóban mechanikát épített-e fel Arisztotelész, vagy Kuhnt követve azt mondjuk, hogy egy jó fizikát, ami nem mechanika. Ez a fizika egy antik termodinamika [2]. Arisztotelész egy csodálatos termodinamikai paradigma alapjait fogalmazta meg.

A modern fizikai paradigmánkban értelmezett termodinamika nem található meg Arisztotelésznél. Kuhn fizikus volt, és ismerte Arisztotelész munkáit is, de a newtoni fizika paradigmájában tanulta a termodinamikát és a statisztikus fizikát, feltételezhetően ezért nem vette észre, hogy Arisztotelész a Fizikában egy antik termodinamika alapjait fektette le. Fehér Márta írása alapján ismertetjük Kuhn véleményét.

*„Kuhn azt írja, hogy őt éppen az indította el a Structure [3] kidolgozása felé vezető pályán, hogy amikor frissen végzett fizikusként egy fizika-történet kurzusra készülvén beleolvasott Arisztotelész Fizikájába, azt meghökkentően tévesnek, velejéig elhibázottnak találta [4]. (Kuhn, 1987). Am nem érte be azzal a kézenfekvő, de szellemtelen magyarázattal, hogy természettudós eleink, még az olyan nagyok is, mint Arisztotelész, nemcsak hogy tudatlanok, hanem egyenesen ostobák voltak, és a legprimitívebb empirikus és logikai tévedések áldozataivá váltak a természetkutatás területén. Kuhn ehelyett elszántan beleásta magát a Fizikába, és egyszer csak összeállt a kép: „leesett az állam – írja –, mert rájöttem, hogy Arisztotelész nem is volt rossz fizikus, csak másfajta, mint amelyet addig el tudtam képzelni.” Röviden: fölfedezett egy új, más világot, az arisztotelészi fizikáét, amely kívülről, felőlünk nézve furcsa és ferde, ám ha megértjük a szerkezetét és működési módját, kognitíve értelmesnek és értékesnek bizonyul, még ha idegensége megmarad is.” [5].*

Az, hogy a tudománytörténet és a népszerűsítő irodalom fizika képe lényegében a XIX. században maradt, az a mai arisztotelészi kritikákban is jelentkezik.

Néhány arisztotelészi „tévedést” itt felsorolunk, amikről ugyanakkor a mai tudományos ismeretekre hivatkozva bemutatjuk, hogy a kritikák nem megalapozottak:

### 1. Horror vacui, az üres terektől való félelem

A természet nem tűri a légüres teret, ezért azonnal kitölti. Arisztotelész abból a feltételezésből indult ki, hogy vákuumban semmi nem akadályozza egy test mozgását, így sebessége végtelen nagy is lehet. Mivel végtelen nagy sebesség nem létezhet, ezért vákuum sem létezhet. A természet tehát irtózik az ürességtől. A középkorban az egyház a vákuum gondolatát erkölcsstelennek, sőt eretneknek tartotta. Minden hiány egyúttal Isten hiányát jelenti, visszautalva a világ teremtése előtti „semmire”.

Mi már tudjuk, hogy van vákuum. Hiszen példaként ott van a vákuumfizika, illetve az angol nyelvterületen a porszívó vacuum cleaner, azaz vákuumos tisztító. Azonban itt egy szó használati probléma van. A vákuum mai jelentése szerint egy olyan adott teren belüli térfogat, mely elhanyagolható mennyiségű anyagot tartalmaz csak, így a benne levő nyomás jóval alacsonyabb, mint a standard légnyomás. A szó latin eredetű, a „vacuus” melléknév jelentése: „üres, valamitől megfosztott, szabad”, jöllehet egy tér soha nem lehet teljesen üres. A „tökéletes vákuum” csak filozófiai fogalom, a valóságban még soha nem figyeltek meg „tökéletes vákuumot”, a kvantumelmélet szerint nem is lehetséges.

Arisztotelész és a középkori egyház csak a „tökéletes vákuum” létezését tagadta, amiről mi már tudjuk, hogy valóban nem lehetséges. A mai fizika szerint Arisztotelész állítása a helyes. A mechanikai inerciarendszer tökéletes vákuuma absztrakció.

### 2. Nem fogadta el az atomhipotézist

Az atom a filozófiában valaminek – például a térnek, az időnek, a folytonosságnak, vagy az anyagnak – a valamilyen szempontból való elemi, tovább már nem osztható egységeit jelenti (atomosz gör. „oszthatatlan”).

Démokritosz, az atomelmélet megalapítója az atomokat még oszthatatlannak tartotta. A kémiában az atom a kémiai elemek azon legkisebb részecskéje, ami megőrzi az elem kémiai tulajdonságait.

Arisztotelész az ellen érvelt, hogy léteznek végső (belső szerkezet nélküli) oszthatatlan építőelemek. A modern tudomány alapján ma már tudjuk, hogy nevükkel ellentétben az atomok maguk is szubatomi részecskékből épülnek fel. Azaz filozófiai értelemben nem atomok.

A végső építőelem keresése most is folyik. A jelenlegi ismereteink alapján azonban Arisztotelész állítása helyes.

### 3. A nehéz testek gyorsabban esnek

A filozófusok között szállóigeként terjed, hogy milyen lett volna, ha Arisztotelész nem csak spekulált volna, hanem kísérleteket is végez, és a spekulatív elméleteivel nem veti vissza a fizika fejlődését közel kétezer évig.

Ennél a pontnál érdemes eltűnődni a fizika oktatással átadott tudás minőségén. A felhajtóerő és a közegellenállás miatt csak a tökéletes vákuumban igaz az azonos sebesség. A nem-fizikusok egy részénél csak az azonos sebesség üzenete ment át. Ahhoz viszont, hogy ez igaz legyen, a közegellenállás elhanyagolhatósága feltételének is teljesülnie kell. Személyes tapasztalataim szerint az üzenetnek ez a része már kevésbé ismert. Természetesen további problémák is felmerülnek az egyidejűséggel, ha a relativitáselmélet is eszünkbe jut...

Arisztotelész állítása helyes is lehet, hiszen vannak olyan esetek, amikor a sebesség arányos az erővel. (Megjegyezzük, hogy Arisztotelész akár végezhetett is kísérleteket a témában, hiszen ha egy tollpíhét és egy kőgolyót leejtünk, akkor mi sem jutunk más eredményre, mint amit ő leírt.)

### 4. A testek a természetes helyük felé mennek

A mozgások természetszerű (a mozgó egyed természetéből adódó) vagy természetellenes (kényszerített) mozgások. Minden tárgy azon hely felé tart, melyben otthon van, mégpedig gyorsuló mozgással. Ha valamely tárgy a maga természet rendelte helye felé mozog, akkor ez természetszerű mozgás, így szükségképp gyorsuló, ha ellenben más irányba erőszakosan terelgetik, akkor mozgása lassuló.

A természetes hely fogalom azt sugallja, hogy a gravitáció a tér geometriáját határozza meg. A newtoni tömegvonzás törvény alapján ez badarság, hiszen a gravitáció kölcsönhatás. Azonban az általános relativitáselmélet szellemének meg-

MKE  
SPEKTROKÉMIAI  
TÁRSASÁG

Magyar Kémikusok Egyesülete  
Budapest  
Hattyú utca 16. II/b.  
1015

Telefonszám: +36 | 201  
6883

Faxszám: +36 | 201 8056

E-mail cím:

spectropus1@yahoo.com

A teljes adatvédelmi  
nyilatkozatunk  
megtalálható lesz on-  
line a honlapunkon,  
most a mellékelt  
fájlban olvasható.



## I. évfolyam, 2. szám

felel, ami a gravitációt egységesen a tér és az idő, azaz téridő geometriai tulajdonságaként írja le.

Arisztotelész állítása közelebb áll az általános relativitáselmélet világához, mint a gravitáció newtoni értelmezése.

Összefoglalva, a XIX. században megfogalmazott Arisztotelész kritika megfelelt a kor ismereteinek, az uralkodó paradigmának. A XX. században azonban a fizika megváltozott, míg Arisztotelész fizikájának tudománytörténeti interpretációja valamiért mégis változatlan maradt. Ennek egyik lehetséges magyarázata a fizika oktatása, amely máig a XIX. századi paradigma tanításával indít, és az újabb eredményeket mint kevesek által megérthető tudást ismerteti.

Végül egy adalék Arisztotelész történetiségéről. A lóvá tett Arisztotelész. A középkori Európában népszerű volt az indiai eredetű történet, amely szerint Arisztotelész annyira belehabarodott egy Phyllis nevű hölgybe, hogy a nő ráülhetett a hátára (2. ábra).

### Felhasznált irodalom

1. Pázmány Péter: Isteni igazságra vezető kalauz, in: Pázmány Péter művei, Szépirodalmi Könyvkiadó, Budapest, 1983.
2. Martinás K. - Ropolyi L.: Arisztotelészi termodinamika. Fizikai Szemle, 38 (11), 418-422, 1988 .  
b) Martinás, K. and Ropolyi, L.: On the Hidden Aristotelian Thermodynamics. Doxa 9 23, 1988. c) K. Martinás, Aristotelian Thermodynamics, in:
3. Kuhn, Th. S. (1984): A tudományos forradalmak szerkezete. Bíró Dániel ford. Budapest: Gondolat.
4. Kuhn, Th. S. (1987): The Presence of Past Science. The Shearman Memorial Lectures. Nem publikált kéziratok. London: University College.
5. Fehér Márta, A paradigmától a lexikonig Thomas S. Kuhn harmincöt év után. Replika, Replika 27 29–36. 1997 .
6. <https://hu.wikipedia.org/wiki/Atom>



2. ábra Lucas Cranach: Phyllis és Arisztotelész (1530)

Thermodynamics: History and Philosophy, K. Martinás, L. Ropolyi, and P. Szegedi, eds., World Scientific, Singapore, 1990.

### Impresszum

**SpectrOpus, I. évfolyam 2. szám., 2019. október 25.**

**A SpectrOpus az MKE Spektrokémiai Társaság hírlevele. Megjelenik negyedévente.**

**Felelős kiadó: Mihucz Viktor Gábor**

**Felelős szerkesztő: Ziegler Ildikó**

**Terjeszti az MKE titkársága, feliratkozni az alábbi e-mail címen lehet. Ötleteket, észrevételeket, cikkeket a [spectropus1@yahoo.com](mailto:spectropus1@yahoo.com) címre várunk.**