This work is licensed under a Attribution-ShareAlike 3.0 Unported (CC BY-SA 3.0)

Megjelenik minden évnegyed 1-ső napján 3 nagy nyolczadrét ívnyi tartalommal; időnként szövegközi ábrákkal illusztrálva.

PÓTFÜZETEK A TERMÉSZETTUDOMÁNYI KÖZLÖNYHÖZ.

ÉVNEGYEDES FOLYÓIRAT.

E folyóiratot a társulat tagjai évi 1 frt ráfizetéssel kapják; előfizetési ára, a Természettudom. Közlönnyel együtt, 6 frt.

XXII. KÖTETHEZ. 1890. OKTÓBER. 4-dik PÓTFÜZET.

A színkép-elemzésről.*

Századunk második felében, nemsokára az erély megmaradása elvének szabatos kifejezése után s kétségen kivűl ennek hatása alatt egy új tudás-ág keletkezett, mely egyrészt, az alapját tevő Kirchhoff fölfedezte törvény miatt, a fizikában is elvi fontosságra emelkedett, másrészt, érdekességénél fogva, csakhamar tágabb körökben is általános figyelmet keltett: értem a színkép-elemzést, a spektrál-analízist. Érdekes marad a távolabb álló előtt is mindig a módszer, mely bennünket távol, vagy épen elérhetetlen messzeségekben lejátszódó jelenségekkel hoz kapcsolatba. Ez volt az új analízis első feladata, ennek köszöni az általános érdeket: méltányos, hogy ezzel kezdjük mi is rövid ismertetésünket, melynek folyamán az újabb haladásokat, az újabb törekvéseket is iparkodom fölemlíteni.

Mint a spektrál-analizisről tartott majdnem minden népszerűbb előadásban, én is azzal kezdhetném, hogy a fény és hang között levő analógiákat hoznám föl. Elmondhatnám, hogy a mi a hangnál a magasság, az a fénynél a szín; elmondhatnám, hogy az első jelenség rezgő mozgáson alapszik, s hogy a másodikról ma ugyanazt tételezzük föl, a mi az analógia találó voltát még fokozza; és fölhozhatnám, hogy valamint a hangszínezet, azaz a zenei műszerek alaphangjával járó és mellette megjelenő felhangok a hangforrást oly teljesen jellemzik, hogy még a nem iskolázott fül is teljes biztossággal meg tudja ítélni valamely hangnak valamely forráshoz való hozzátartozását: úgy valamely anyag kibocsátotta fényegyveleg is fölismerhetőn magán hordja a fényforrásra jellemző tulajdonságok bélyegét.

Nem fogok ez analógiákkal élni, hanem a korán elhúnyt astrofizikusnak, Zöllner-nek* példájára támaszkodva, hasonlataimat a szép nem foglalatoskodásaiból merítem.

* Előadatott a Term. tud. Társulat szakülésen, 1890, ápr. 16-ikán.

** Ueber die physische Beschaffenheit der Sonne. Wissensch. Abhandlungen. IV. k. 25. l.

This work is licensed under a Attribution-ShareAlike 3.0 Unported (CC BY-SA 3.0)

Képzeljék, hogy rövidke estélyünk után hazaérve, a készen tartott gyertyát az ilyenkor már sötét szobában meggyújtják. De csodálatos, a gyertya meg van bűvölve: fénysugarak helyett megszámlálhatatlan, apró, fénylő üveggyöngyöt szór. És ezek a gyöngyök nemcsak egyszínűek, hanem a legmélyebb vörös színtől a sárgán, a zölden át minden árnyalat meg van bennök a legsötétebb ibolyáig.

Valamely nagyon is tudós professzor ennek láttára tán mély elméjű okoskodásokba merülne, hogy földerítse e különös tünemény okait. Mennyivel gyakorlatiasabban viselkednék hasonló helyzetben a nő! A váratlan, gyönyörű tüneményen való rövid, de szívből fakadó öröm után csakhamar összeszedné a gyertya beléből még folyton kilövelt tarka szép gyöngyöket, hogy másnap alkalmas hímzésre használja. Azt hiszem, hogy az ilyen hímzés legalkalmasabb tárgya valami olvasójegy, vagy servietakötő lehetne, mert szalagalakú tárgyon valamennyi gyöngynek minden színárnyalata egyformán fölhasználható, sőt igen hatásosan csoportosítható.

Ez a kézimunka azonban még sem halad olyan gyorsan, mint gondolnók; mert a megbűvölt gyertya összevissza hányja fénylő gyöngyeit. Első dolgunk tehát ezeknek szín szerint való rendezése. Nagy munka az, mely az apró gyöngyök rendkivül nagy száma és az előforduló árnyalatok sokfélesége mellett talán még a kipróbált női türelmet is meghaladja. De nem kétlem, hogy a fölfedezések korszakában, melyet most élünk, csakhamar akadna valaki, a ki ezt a rendezést gép segítségével végeztetné, ha ily fajta szalagok pl. divattárgyakká lennének. Sőt e mechanikai rendezést nem is fogjuk oly nagyon nehéznek, a hozzá való gépeket nem is valami komplikáltaknak tartani, ha a gyöngyök közelebbi megtekintésére azt tapasztaljuk, hogy nagyságuk teljességgel csak a színtől függ, úgy hogy a sötétvörös gyöngyöknek közel kétszer akkora átmérőjök van, mint az ibolya-színűeknek.

Félek, hogy kis mesém fárasztó kezd lenni, mert tárgyammal való kapcsolata még eddig csak dereng; mindamellett még egy darabig folytatnom kell.

Tegyük fel, hogy az előttünk lejátszódó érdekes tünemény annyira leköti figyelmünket, hogy tovább is háborítatlanúl nézni akarván, lemondunk az esteliről s beérjük a gyöngyeső mellett elköltendő teával. Kéznél van a borszesz-lámpa; meggyújtjuk és, meglepetésünkre a megszokott halvány fény helyett ez is fényes gyöngyöket szór, melyeket szintén gyűjtünk. De ugyancsak fokozódnék csodálkozásunk, ha másnap ennek a lángnak gyöngyeiből is akarnánk szivárvány színű szalagot varrni: ez merő lehetetlenség volna, mert valamennyi gyöngy egyszínű, halványsárga.

This work is licensed under a Attribution-ShareAlike 3.0 Unported (CC BY-SA 3.0)

A borszesz-lámpába véletlenül bejutott konyhasó-szemecske a gyöngyeső sűrűségét, intenzitását növelné és elég okunk volna hinni, hogy e konyhasó, vagy annak valamely alkatrésze a sárga gyöngyök okozója. Megbizonyosodnánk ebben, ha tapasztalnók, hogy minden más anyag más-más színű gyöngyöt varázsol elő: a strontium a legszebb piros, a calcium zöldes, a thallium a legszebb zöld gyöngyöt, némelyik anyag több fajta, de egy és ugyanazon anyag mindig ugyanazon színű gyöngyöket hozza létre. Ha ezeket is fel akarjuk használni szalag hímzésére, következetesen oda fogjuk varrni a gyöngyöket, a hol a teljes szivárványszínű szalag azonos színárnyalata áll és a szalag természetesen annyi színes sávból fog állani, a hány fajta gyöngyöt az illető anyag a borszesz-lámpa lángjából kiszórt.

Nagyon természetes, hogy most ezeket a szalagokat megfordítva arra is használhatjuk, hogy eldöntsük, minő anyagok voltak a borszesz-lángban, midőn a szalagunkat alkotó gyöngyöket szórta. Valahányszor a szalagon a halványsárga csíkkal találkozunk, bizton mondhatjuk, hogy a lángban konyhasó, vagy ennek egy alkatrésze volt. Ha több anyag volna jelen a lángban, a szalagon több csík is leend, annyi, a hány gyöngyfajt a jelenlevő anyagok összesen szórtak. S ha e csíkok eredete vagy hovatartozósága előttünk ismeretlen, csak olyan anyagot kell keresni, a mely lángba téve, e csíkkal egyárnyalatú gyöngyöt hoz létre. Hogy a szalaghoz fölhasznált gyöngyök milyen távolból jönnek, azt nem is kérdezzük, mert ennek a szalag minőségére semmi hatása nincs. Ha akár valamely csillag szór is fény helyett ilyen gyöngyöt, meghímezzük e gyönggyel szalagunkat és összehasonlítjuk földi fényforrásunk szalagjával, ha különböző anyagokat tettünk bele. Mindazok az anyagok vannak meg a csillagon is, a melyeknek gyöngyei a csillag fénygyöngyeivel árnyalatban egyeznek.

Most még csak egyet: minő alakot ölt szalagunk, ha borszesz-lángunk gyöngyeit a gyertyáéival keverjük, tán úgy, hogy a két lángot szorosan egymásután állítjuk, hogy a fényes gyertyaláng a halvány borszeszlángon át világítva, ezt majdnem teljesen túlsugározza?

A felelet nem nehéz: ha mindkét láng gyöngyeit rendezzük és a szalagra fölvarrjuk, ismét színszalag keletkezik, melyben minden egyes árnyalatnak megvan a maga helye. De ott, a hol a gyertyaláng sárga gyöngyei mellé még a borszeszláng ugyanily színű gyöngyeit kell elhelyeznünk, a hímezés tömöttebb lesz, a gyöngyök sűrűbben állnak egymás mellett, vagy sűrűn egymás fölé illesztendők. Lehetséges-e az olyan könnyen, mint elmondám, a hölgyek ítéletére kell bíznom; elég az hozzá, hogy hímzésünk ott, a hol két fényforrás

This work is licensed under a Attribution-ShareAlike 3.0 Unported (CC BY-SA 3.0)

gyöngyei egymásra esnek, nem egyöntetű, hanem egy kiváló csík van rajta. Világosabb-e ez a csík vagy sötétebb a szivárványszínű szalag hátterénél, az tisztán csak attól függ, hogy a borszesz-láng gyöngyei fényesebbek vagy homályosabbak-e, mint a gyertyáéi. Mert a sötét csík sötétsége csak látszólagos, a fényes háttér miatt keletkező ellenthatás. Ha most valami távoli, akár megközelíthetetlen fényforrás gyöngyei szivárványszínű szalagot adnak, a melyben fényes, vagy sötét csíkok látszanak, akkor is megtudjuk mondani, mint előbb, hogy e fényforrásnak minő anyaga nemzi a csíkot. De még többet is tudunk: biztossággal tudjuk, hogy fényforrásunk két részből áll: egyik részből, mely az egyszínű csíkot hozza létre, egy másikból, mely mint példánkban, eme mögött áll és valamennyi színt szórja.

És most, tisztelt hallgatóim, mesém véget ér. Szövevénye szemeink előtt oly átlátszó már, hogy alig kell mondanom, hogy gyöngyeink a színes sugarak, hogy gyertyánk minden képzelhető árnyalatú sugarat, borszesz-lángunk csak egy színű sugarat bocsát ki, mely a teljes színszalag hátterén fényes vagy sötét, a szerint, a mint keresztül bocsátva rajta a gyertya lángját, ez emennél fényesebb vagy homályosabb. A gyöngyöket rendező szűrő készülékünk a prizma, a spektroszkóp fő alkatrésze.

Nem is az a spektrál-analizis legfontosabb vívmánya, hogy kimondta, hogy az anyag fölismerhető a spektrumában megjelenő fényes csíkokból, hanem az, hogy a fényes és fekete csíkok egyértékűségét állíthatta, épen a Kirchhoff-féle törvény alapján, mely szabatos foglalatban így fejezhető ki:

Az emisszió-képesség és az abszorpczió-képesség közötti viszony egy és ugyanazon hőmérsékletnél egy és ugyanazon színű sugárra nézve *minden testen* ugyanaz. Vagy más szóval mondva: Valamely test egy bizonyos sugárnemből, meghatározott hőmérséklet mellett, annál többet lövel ki, annál intenzívebb fényt szór, mennél többet bir ugyanezen hőfoknál ugyanezen sugárnemből elnyelni. Az izzó nátriumgőzt egy fényes sárga csík jellemzi, ennélfogva ez a gőz ugyanezen sárga sugarakat erélyesen el is nyeli. Ha mögéje elektromos lámpát állítok, melynek fényében valamennyi szín meg van, a nátrium a többi színt kevéssé nyeli el, a sárgát ellenben olyan nagy mértékben, hogy belőle többet olt ki, mint a mennyit alacsonyabb hőmérsékleten saját fényéből hozzátesz. Ennek következménye, hogy a spektrumban ott, a hol különben a nátriumot jellemző fényes sárga csík állana, most egy fekete vonallal találkozunk. A csíkok helyzete azonban absolute nem változik, ha változik a hőmérséklet és ennélfogva valamely anyag fölismerésére egészen kö-

This work is licensed under a Attribution-ShareAlike 3.0 Unported (CC BY-SA 3.0)

zömbös, vajjon fényes vagy sötét vonallal van-e dolgunk. És így most már könnyen belátjuk, hogy a spektrál-analítikai módszernek minden hőmérsékleten van helye: magas hőfokokon magát az anyag kilövelte fényt vizsgáljuk, alacsony hőfokokon valamely ismert fényt, melyet a megvizsgálandó anyagon átbocsátunk.

Mint a bevezető kis mesében is említém, lényeges különbség van a szilárd testek és a gázok spektrumai között. Ott ugyan csak gyertya és borszesz-lángról szólottunk, de tudjuk, hogy amaz szilárd kis részecskék, emez gáznemű test izzásának köszöni létét. A gázok, különösen a chemiai gázállapotú elemek túlnyomóan oly spektrumot hoznak létre, melyben csak kevés, rendesen élesen határolt vonal látható; a szilárd testek ellenben úgynevezett folytonos spektrumot, melyben valamennyi színű sugár megvan. Chemiai vegyületek, ha ugyan az izzáskor uralkodó hőfoknál ilyenekül még általában megállhatnak, önálló sávos spektrumot adnak, azaz ismétlődő vonalcsoportokat, melyek egyik oldalukon élesen határoltak, a másik oldalon ellenben elmosódottak.

A Bunsen-láng, a durranó gáz lángja, az indukcziós szikra, végre az elektromos ívfény azok a hőforrások, a melyek segélyével az anyagokat izzó gőzzé változtatni sikerül. Utóbbinak még a legmakacsabb fém sem állhat ellen: megolvad és gőzzé, izzó gőzzé alakúl. És világos, hogy az anyagnak ezen gőzállapotba való átvitele szükséges, ha mineműségét föl akarjuk ismerni: mert csak így tünnek föl a jellemző fényes csíkok, míg a szilárd testek spektrumai épen valamennyi színárnyalat jelenléte miatt egymáshoz annyira hasonlítanak, hogy spektrumaikból mineműségöket megítélni nem, vagy csak nagyon nehezen sikerül.

Ha most még hozzáteszem, hogy a 60 és egynéhény chemiai elem spektrumaiban levő fényes csíkok egymástól mind különbözők, azaz össze nem esők, már könnyen képzelhetjük, hogy az új tudáságban a minőleges analízisnek hatalmas segédeszközére tettünk szert, mely annál fontosabb, minthogy érzékenysége bámulatos nagy. Így pl. a Bunsen-lángban a nátrium egy milligrammjának 14 milliomodrészét még könnyen és biztosan fölismerhetjük; az indukcziós szikrában a strontium egy milligrammjának 100 milliomodrésze még kimutatható. Más elemeknek a még spektrál-reakcziót létesítő legkisebb mennyiségeik már nem oly kicsinyek; így pl. a Bunsen-lángban a kálium egy milligrammjának csak 3000-ed része hoz létre bizton fölismerhető reakcziót. Ha még sikerülne a spektrál-analízis útján a lángban izzó anyag mennyiségét is meghatározni, akkor igen tökéletes analitikai módszer birtokába juthatnánk; de, fájdalom, ez a törekvés eddig még kevés sikerrel járt.

This work is licensed under a Attribution-ShareAlike 3.0 Unported (CC BY-SA 3.0)

Ennyi az, a mit a spektrál-analízis alaptörvénye *közvetetlenül* a chemia számára ér. Lássuk most, mit olvas ki belőle a fizikus.

A spektrumnak, mint minden térbelileg kiterjedt tüneménynek, két vége van. A szabad szem ott látja őket, a hol a spektrum legmélyebb ibolyája kezdődik és a legsötétebb vörös vonala végződik. De a spektrum még ezeken a határokon messze túlterjed, sőt ki is mutatható. Hogy az ibolyán innen még terjed, azt legelőször a fotografia tüntette ki, mert különösen ezen úgynevezett ultraviola sugarak birtak tekintélyes chemiai hatással az akkor ismert fotografiai lemezekre. Ma már oly lemezek birtokába juthatunk, melyekkel nemcsak a látható spektrumot fotografáljuk, hanem még ultravörös részeit is tanulmányozhatjuk, mint azt különösen Abney kapitány tette, holott eleinte minden a vörös szín felé hajló sugárnak chemiai hatásképességét egyenesen tagadták. Az ultravörös spektrum létezéséről a thermometer adott legelőször fölvilágosítást: Herschel tapasztalta, hogy a spektrum különböző részeibe helyezett thermometer nem is a látható spektrumban, hanem azon kivül, az ultravörös részekben mutatta a legnagyobb hőemelkedést. Ez észleletek útján különböztettek meg régebben három spektrumot: a láthatót, az aktinikust és a kalorikus spektrumot; ez elnevezések ma teljesen fölöslegesek, sőt nem is találók.

A spektrumnak a látható határokon való túlterjedését a thermooszloppal mutathatjuk ki legkenyélmesebben, melynek egyik forrasztási helyét a spektrumon átvisszük. Ha a spektrum rásugárzásával az innenső forrasztási hely a túlsónál magasabb hőfokú, elektromos áram keletkezik, melyet a galvanometer-tühöz erősített tükör segítségével projekcióban is kimutathatunk. A spektrum mellé vetített fénysugár kitérései közel arányosak azon pontok hőmérsékleteivel, mely pontokon a thermo-elem épen áll.

Finomabb módszerekkel, mint a minőket vetítésre alkalmazni szokás, eddig a spektrumot a vörös mezőn túl a látható spektrum $5\frac{1}{2}$-szeresére, az ibolyán túl egy negyedére lehetett követni. Mindenesetre szép eredmény, ha tekintetbe vesszük, hogy a spektrum *abszolut* határa az ibolyán túl csak a látható spektrum hosszúságára terjed ki. Az ibolyán túl a mondott határt átlépni nem is igen fogjuk addig, míg levegővel telt térben észlelünk. Ez a rendkivül átlátszónak tetsző gázanyag az ibolyavégtől a látható spektrum egy fél hosszára fekvő sugarak számára már olyan átlátszatlan, hogy *egy* méternyi réteg majdnem teljesen elnyeli, kioltja, mint ezt Cornu kisérletei igazolják.

A mit a spektrum kiterjedésére vonatkozólag fölhoztam, voltaképen a nap-spektrumra érvényes. A többi test spektrumának kimu-

This work is licensed under a Attribution-ShareAlike 3.0 Unported (CC BY-SA 3.0)

tatható határa természetesen szűkebb vagy tágabb, a szerint, a mint ezek intenzitása nagyobb vagy kisebb. De jegyezzük meg, hogy a spektrum kimutatható határa ott van, hol az intenzitás a határsugár számára egy bizonyos, már ki nem mutatható végső érték alá sülyed. Nos ezen határokkal fogunk most némileg foglalkozni, a miben egy kis, de nagyon ártatlan számítás nagy segítségünkre leend.

A Kirchhoff-féle tétel azt mondta, hogy két testből ugyanazon hőmérsékletnél kibocsátott ugyanazon színű sugárnem intenzitása I és I_0 úgy aránylik, mint ezen testeknek ugyanazon hőmérséklet és sugárnemre szóló elnyelési képességeik E és E_0. Tehát arányba állítva:

$$\frac{I}{I_0} = \frac{E}{E_0}, \text{ vagy } I = E \cdot \frac{I_0}{E_0}$$

Most az abszorptiv testnek képzelhető legegyszerűbb esete az, midőn az egyenlőképen valamennyi ráeső sugarat elnyeli. Ekkor a test fekete, mert hiszen a fekete fogalom épen a fény meg szín hiányának kifejezője. Ez a test, mint szigorúbban mondani szokás, abszolut fekete, s bár az ilyen test csak képzelt, közelítőleg mégis előállítható pl. graphit vagy faszén által. Minthogy elnyelési képességen a test elnyelte fénymennyiség viszonyát értjük a testre ráeső fénymennyiséghez képest, nyilvánvaló, hogy ez esetben $E_0 = 1$. Marad tehát

$$I = E\, I_0,$$

hol most I_0 az abszolut fekete test kilövelte fény intenzitását jelenti, természetesen ugyanazon hőmérsékletre és sugárnemre vonatkozólag, a melyre a másik test is vonatkozik. Számítsuk ki most valamivel egyszerűbben az E elnyelési képességet.

Ezt vajmi könnyen fogjuk végezhetni, ha az eddig használt tudományos neveket köznapi fogalmakkal cseréljük föl.

Minden elnyelő test — takarékpénztár. A reáeső fény, az intenzitás, a tőke t, melyet beléje fektetünk. A pénztár, s ez az egyedüli különbség, nem mintaszerű, mert a helyett, hogy p perczentet adna, ezt a p perczentet elkezeli, elveszi, valóban elnyeli. Nyelje hát el, még pedig úgy, hogy a gondolatban n számú egyenlő rétegre osztott testnek már első rétegében vesszen. Akkor természetesen a többi réteg is kiveszi magának a megmaradt tőkéből a p perczentet, épen úgy, miként a valódi, jó takarékpénztár az n kamatozó és mindegyikében a meglevő és szaporodó tőke p perczentjét hozzácsatolja, míg az n-ik év végén, mint azt tudjuk, a kamatok kamatjaikkal

$$T = t\,(1 + p)^n$$

This work is licensed under a Attribution-ShareAlike 3.0 Unported (CC BY-SA 3.0)

nagyságú tőkére rúgnak; t volt a kezdeti tőke; a kamatok kamatjai, azaz az eredeti tőke szaporodása tehát:

$$K = T - t = t\,(1 + p)^n - t$$

értéket teszi.

A mi esetünkben a tőke a testre eső intenzitás I_0; a további különbség abban áll, hogy a p perczentet a test nem adja ki, hanem levonja, p helyébe tehát $-p$ lép, mert levont perczent annyi mint negative kiadott perczent, a mint hogy a negativ vagyon az adóssággal azonos és ennélfogva a végtőke az eredetinél természetesen kisebb leend. A tőke fogyása tehát

$$I^0 - I^0\,(1 - p)^n;$$

és ez épen azon keresett I intenzitás, melyet a test kibocsát, ha egységnyi vastagság helyett n egyenlő rétegből áll.

Ebben most n a test vastagsága, p a test elnyelési képessége a vastagság egységére Az abszorpczióra nézve csak az döntő, hány elnyelő részecske fekszik a sugár mentében. Ha kétszer vagy háromszor olyan vastag a test, de egy félszer vagy $^1/_3$-szor ritkább, az abszorpczió nem változik és így n a test sűrűségét is jelentheti.

Menjünk most át a spektrum határaira, melyeken, mint mondtuk volt, az I intenzitás nagyon kis értéket képvisel, mely állandónak tekintendő és vegyük szemügyre előbb az ultraibolya véget. Az ultraibolya sugarakra nézve mint azt a levegőre nézve említettem is, az elnyelési képesség p igen nagy, a testek általában ezen sugarak számára igen átlátszatlanok, p igen közel 1-gyel egyenlő. De akkor nagyon közel $I = I_0$ vagy szavakban kifejezve: Bármily test spektruma ugyanazon hőmérsékletnél ugyanazon ultraibolya sugárnál kezdődik. Mert hiszen az I_0 abszolut fekete testre vonatkozik, mely nyilván semmi adatot nem tartalmaz, mely a másik testnek mineműségétől függne.

Tekintsük most a spektrum másik végét: p itt az elnyelési képesség, valamely határozott értékkel bir, ezen vég helye tehát nemcsak I_0-tól, hanem p-től és n-től, azaz nemcsak a hőmérséklettől, hanem anyagi mineműségétől és a test sűrűségétől is függ. Ime tehát, a spektral-analízis arra is képesít, hogy segítségével a fényforrás hőmérsékletét és sűrűségét is meg határozzuk, legalább elvben, mert bizony a véghezvitel még vajmi nehéz, ha nem épen lehetetlen. Különösen fontos a hőmérséklet meghatározása, mert ez lehető még akkor is, ha nem is ismerjük az izzó anyag természetét vagy felületi minőségét. A meghatározást a következőleg gondolhatjuk: Megkeressük az ismeretlen fényforrásnak ultraibolya határát, akár kisérleti úton, mi természetesen mindig csak közelítőleg lesz lehetséges, akár számítással, miről későbben még szólandok.

This work is licensed under a Attribution-ShareAlike 3.0 Unported (CC BY-SA 3.0)

Ez az adat szolgáltatja a test hőmérsékletét, bárminő legyen is anyaga, mert nem kell egyebet tennünk, mint egy tetszésszerinti testet addig hevíteni, míg ibolyántúli határa az adott spektruméval azonos. Ekkor a két test hőfoka is ugyanaz. Azután megvizsgáljuk a spektrumot, mely ha csíkos, könnyen ráutal az izzó anyag jellemére. Most már ismerjük a fényforrás hőfokát és anyagát, képezhetünk tehát magunknak kisérleti úton teljesen hasonló fényforrást, melynek akár vastagságát, akár sűrűségét addig változtatjuk, míg a két fényforrás spektruma ugyanazon ultravörös sugárnál végződik. Ekkor tudjuk, ha ugyan a két fényforrás hőfoka ugyanaz, hogy sűrűségeik fordítva arányosak vastagságaikkal. Számba nem véve a mozgásokat, a fizikus valamely anyag állapotát ismeretesnek tekinti, ha ismeri ez anyagot, ismeri hőmérsékletét és sűrűségét. Minő szép kilátásokat nyújt ez a spektrál-analízisnek a csillagos égre való alkalmazásában! De ismétlem, hogy e meghatározások eddig csak elvileg lehetségesek: hosszú idő fog még eltelni, mire valóban véghezvíve láthatjuk.

Tehet e téren bizonyára az elmélet is szépet és sokat. A kiindulás pontja kétségenkivül csak a Clausius fölállította és a spektrál-analízisben eddig épen nem méltatott törvény lehet, mely kimondja, hogy az abszolut fekete test emisszióképpessége különböző közegekben úgy aránylik, mint ezen közegek fénytörési mutatóinak négyzete. Ime kapcsolat van létesítve az abszolut fekete testből kilövelt fény intenzitása és egy mennyiség között, melyet az optika körében előforduló valamennyi mennyiség között majdnem legpontosabban tudunk meghatározni. A Clausius-féle törvényt kisérleti úton Quintus Icilius fizikus bizonyította be.

Ha már láttuk, hogy a spektrum jellemzi az izzó testek állapotát, joggal fog érdekelni a kérdés, hogyan változik a spektrum maga, ha változik a hőmérséklet meg az izzó test sűrűsége. Olyan kérdés ez, a mely addig, míg az intenzitás teljes mathematikai törvényét fölirni nem tudjuk, csak kisérleti úton, vagy mondjuk őszintébben, eddig átalában nem dönthető el, minthogy a kisérletnek alávethető jelenségekben a hőmérséklet és sűrűség hatásait egymástól különválasztani egyáltalában nem tudjuk.

Kutatásaink segédeszközei — itt leginkább a gázok magukviselete érdekel bennünket — a Geissler-féle csövek, meg az elektromos szénívnek fénye.

A Geissler-féle csövek rendkivül kis nyomás alatt álló gázzal töltött kapilláris üvegcsövek, melyen át az indukcziós szikrát vagy a Holz-féle gép áramát vezetve, a benn foglalt gáz izzásba jő, úgy hogy spektroszkóppal kényelmesen észlelhető. Ha az áram intenzitását

This work is licensed under a Attribution-ShareAlike 3.0 Unported (CC BY-SA 3.0)

növeljük, növeljük egyszersmind a hőmérsékletet is és ezen változással karöltve jár a nyomás változása is, a nélkül azonban, hogy ezt a két változást egyenként megmérhetnők, vagy a spektrumban különkülön hatásukat szétválaszthatnók. Bizonyára nagyon érdekes és más tekintetben tanulságos a gázoknak Geissler-féle csövekben észlelhető magukviselete: a spektrál-analízis számára tekintélyes haladás tőlük nem várható. Hogy ezt jobban is illusztráljam, csak egy tényt akarok fölhozni. Ha az izzó testek hőmérsékletét spektrumuk határából levezetjük, mint ennek lehetőségét a Kirchhoff-féle törvény alapján beláttuk, de ezen határt a *látható* spektrum határával azonosítjuk, a mi mindenesetre csak durva közelítés, egy tételhez jutunk, melyet Draper állított föl először, s mely azt mondja, hogy valamennyi test 525 C.^{0}-nyi hőmérsékleten kezd izzani.

Már pedig Wiedemann és Hasselberg kimutatták, hogy Geissler-féle csövekben a gázok izzása már a víz forráspontján alúli hőfokon is kezdődhetik, úgy hogy egyáltalában kérdezhetjük: kalorikus izzással van-e itt dolgunk, vagy talán csak az elektromosságnak a gáz legkisebb részecskéire való egyenes hatásával, melyet tán mechanikai izzásnak mondhatnánk?

E nemű vizsgálódásoknak mindamellett van egynéhány becses, habár a tüneményt csak minőlegesen, nem quantitative körülíró adatja, melyeket a következőkben lehet kifejezni: A hőmérséklet növelése a spektrum intenzitását egészben véve növeli; a spektrum egyes részei azonban nem vesznek részt egyenlőképen e változásban, a mennyiben a spektrum legintenzívebb mezeje növekedő hőmérséklettel mindinkább az ibolyarészek felé vándorol, úgy hogy a vörös felé eső részek e mellett látszólag gyengülnek. Ha a spektrumnak fényes vonalai, csíkjai vannak, ezek is részt vesznek az erősödésben, illetve a látszólagos fakulásban, úgy hogy vonalak, melyek tán alacsonyabb hőmérsékleten láthatatlanok voltak, most föltünnek, az előbb jelenlevők pedig a spektrumból elenyészhetnek. Látjuk, hogy ilyen körülmények között a spektrum jelleme esetleg egészen módosúl, úgy hogy tisztán hőmérsékleti változások útján valamely spektrum most egészen ismeretlen anyag spektrumának tünhetnék föl. Minthogy a hőmérséklet emelésével egyáltalában több vonal tünik föl, mint a mennyi elenyészik, világos, hogy a spektrum komplikálódik. Ezért tanácsolta már Bunsen, hogy színképi elemzésekben mindig azt a legalacsonyabb fokú lángot használjuk, a mely czélunkra egyáltalában kifutja.

A nyomás hatására vonatkozólag azt tanítjuk, hogy a nyomás vagy sűrűség nőttével a spektrumnak előbb éles határú vonalai elmosódnak, majd kiszélesednek, míg összeérve az egész spektrumot

This work is licensed under a Attribution-ShareAlike 3.0 Unported (CC BY-SA 3.0)

folytonossá nem teszik. Ekkor a puszta szem előtt nincs többé különbség szilárd és gázalakú test spektruma között.

Ugyanezt mutatja $I = I_0 - I_0 (1 - p)^n$ egyenlet is, melyben $1 - p$ valódi tört. Ha ezt mind magasabb hatványra emeljük, $(1-p)^n$ értéke mindig kisebbedik, úgy hogy I a testtől kilövelt fény intenzitása azon I_0 érték felé közeledik, mely az abszolut fekete testnek felel meg.

Valahányszor tehát vonalakból álló spektrumot látunk, bizton tudjuk, hogy izzó gáz az, a mely nemzi. Ha folytonos spektrumot látunk, hamis volna következtetnünk, hogy fényforrásunk szilárd izzó anyag: lehet az nagynyomású gáz is.

A kisérletezés másik eszköze az elektromos ívfényben van, a melynek hatalmas hőmérsékletében még a platina gőzét is megfigyelhetjük. Lockyer egy fölötte egyszerű, de elmés gondolata alapján tudjuk ugyanazon ívfényben a hőmérsékletnek és sűrűségnek a spektrumra való hatását térbelileg, egymás mellett tanulmányozni, hogy mind a hőmérséklet, mind a sűrűség bizonyos határok között folytonosan változzék, a mi Lockyer módszere nélkül csupán csak más-más hőforrások fölhasználásával, rendkivül nehéz, vagy épen lehetetlen volna.

Addig az ívfényt rendesen úgy figyelték, hogy a spektroszkóp hasadékát lehetőleg közel tették a fényforráshoz. Ebből következik, hogy e hasadék minden pontja a fényforrás minden pontjából kapott fényt, úgy hogy a spektrum nyilván a fényforrás utóbb nem is minden részében azonos állapotának közepes állapotát ábrázolta. Lockyer az izzó szenek lencsével létesített képét vetíti a hasadékra úgy, hogy iránya merőleges legyen a szenek összekötési vonalára s hogy az ívet közepén szelje át. Természetes, hogy a megfigyelés ezen módjánál a spektroszkóp hasadéka az ívfénynek csak bizonyos, meghatározott állapotú pontjaitól kap világot, s a hasadék közepe teszem, csupán az ív közepes, tehát legmagasabb hőfokú és legnagyobb sűrűségű részeiből, a hasadék széle az ív széleitől, melyeken a hőmérséklet már oly alacsony, hogy a látható ízzás megszünik, s melyeken egyszersmind az izzó anyag sűrűsége is csekély. Ennek megfelelőleg a spektrum is egészen más kifejezést ölt: mindazon színű sugarak és csíkok, melyek nemcsak magas, hanem alacsony hőmérsékleten is megállhatnak, a spektrum egész szélességén áthúzódnak, ellenben azok, a melyek létrejöttükhez magas hőfokot és nagy sűrűséget követelnek, a spektrumnak csak középső részein jelennek meg. A spektrum olyan külsőt ölt tehát, mintha hosszabb és rövidebb vonalokból állana és ennélfogva a megfigyelés körülírt módját gyakran a rövid és hosszú vonalak módszerének is szokás nevezni.

This work is licensed under a Attribution-ShareAlike 3.0 Unported (CC BY-SA 3.0)

Ha nem is valljuk magunkénak mindenban azokat a következtetéseket, melyeket Lockyer az észlelés e módja alkalmazásából levezet, mégis ki kell mondanunk, hogy ez különösen a csillagászra nézve fontos, a mennyiben távcsövön végzett észlelései tényleg ezen módszer sajátságainak felelnek meg. A távcső objektiv lencséje az égi testeknek, teszem egy üstökösnek *képét* veti a hasadékra, úgy hogy a spektrum közepe az üstökös magvának, széle a környező ködburoknak felel meg. Az üstökös spektrumvonalai ilyen viszonyok között tényleg különböző hosszúságúaknak látszanak.

Vizsgáljuk most meg közelebbről az ilyen viszonyok között létrejövő spektrumot. Vonalai hosszúak és rövidek, a spektrum közepe táján szélesednek, a spektrum széle felé keskenyedők, mint ez a középen uralkodó magasabb hőbeli és sűrűségi foknak megfelel. Mennél inkább közeledünk tehát a spektrum széléhez, azaz mennél alacsonyabb hőfokon és sűrűségben észleljük az izzó anyagot, annál egyszerűbbé válik a spektrum, míg utóbb az egész spektrum csak egyetlen egy vonalra redukálódik. Ugyanazon következtetés, melyhez előbb is jutottunk: a különbség csak az, hogy ott egymásután teendő megfigyelésekből alkotunk nehézkes indukcziót, ellenben itt a tényállást egy szempillantással mérhetjük. Franklandnak és Lockyer-nek sikerült is egyes, különben elég komplikált spektromú anyagokat, mint a hidrogént meg a nitrogént olyan állapotba vinni, hogy spektrumuk csak egyetlenegy fényes csíkból állott. Ugyanazon vonalak ezek, melyek az anyag spektrumában a leghosszabbak, s melyekkel a színképi elemzés alkalmazásában mindúntalan találkozunk: az üstökösök, a ködfoltok, a Nap chromoszférája és az északi fény spektrumában. Jogosan mondhatjuk, hogy ezek olyan jelenségek, a melyek aránylag alacsony hőmérsékleten és csekély sűrűségben játszódnak le.

Ha az egyes anyagokat a mondott módszer alapján vizsgáljuk — Lockyer megmérkőzött e nehéz munkával, hogy elődjeinél pontosabban vizsgálhassa meg a Napban levő elemeink számát — csakhamar meggyőződünk, hogy a spektrum hosszú vonalai azok, melyek az illető anyagra nézve *különösen* jellemzők, ellenben a rövid vonalak több ok összeműködésének köszönhetik létöket. Részben ezek is jellemző, de a hőfok és sűrűség adott viszonyai mellett tökéletesen ki nem fejlődő vonalak; részben idegen, kis mennyiségben jelenlevő más anyagok, fertőzmények vonalai; részben pedig a halványabban megjelenő fel- és alhangokkal analóg fénytünemények. Ha ez így van, akkor eleve is várhatjuk, hogy a rövid vonalak egyikemásika más anyagok vonalaival össze fog esni, mint ezt Lockyer számos esetben csakugyan tapasztalhatta is.

This work is licensed under a Attribution-ShareAlike 3.0 Unported (CC BY-SA 3.0)

Ez összeesésekre, vonalkoinczidencziákra Lockyer a mennyileges analízisnek bár bonyolódott, de adott esetekben igen életreváló módszerét alapította, melyet később részletesebben fogok ismertetni. Most ki akarom mutatni, hogy a Lockyer-féle módszer úgy mint a Draper-féle törvény, elméletileg is szigorúan megállapítható és egységesen levezethető a Kirchhoff-féle alaptételből.

Ha megint felírom a Kirchhoff-féle törvényt,

$$I = I_0 - I_0 (1 - p)^n$$

mely adott színű fénysugarakra nézve kapcsolatot hoz létre valamely test fénykibocsátása és fényelnyelése és egy vele egyenlő hőmérsékletű abszolut fekete test kilövelte fény között: ebben a baloldalt helyettesíthetem i-vel, az intenzitás azon határ-értékével, melyre nézve a fényhatás teljesen megszünik. Ekkor kapcsolatot kapunk a sugarak színe s a test hőmérséklete meg sűrűsége között, a mely viszony valamely adott színű sugár számára a hőmérsékletet adja, a melynél e sugár kialszik, vagy a melynél fényhatása megszünik; vagy kapcsolatot a melyből adott hőmérsékleten megtudhatjuk azon sugarak színét vagy helyét a spektrumban, a melyeknél a spektrum végződik. A fizikus röviden azt mondaná, hogy ez a kapcsolat a spektrum mindazon pontjainak geometriai helye, melyeken a fényhatás megszünik. Ha tehát az egyenletből adott hőmérsékletre és sűrűségre a sugarak helyét keressük, megkapjuk a spektrum két, ultraibolya és vörösentúli határát, ha ellenben adott sugár számára a hőmérsékletet vagy sűrűséget keressük, megkapjuk azon görbe vonalat, mely a hosszú és rövid vonalak csúcspontjait összeköti, más szóval a spektrumnak teljes határvonalát, mely különösen szilárd izzó testek esetében igen szép szabályos görbe vonal, melyet bárki is könnyen előállíthat, ha a spektroszkóp hasadékával egyközűen állított vékony platinadrótot egyik végén izzítja s a fehértől a vörös izzásig minden átmenetben mutatkozó fonál képét lencsével a hasadékra veti.

Ha az abszolut fekete test fénykibocsátását képlet alakjában ismernők, felírhatnók a spektrum ezen határvonalát is, mely az észlelések szerint nagyjában hasonlít azon görbe vonalhoz, mellyel a mathematikus a végtelen sok lehető eset egyes eseteinek valószínű bekövetkezését ábrázolja.

Menjünk vissza ismét a megfigyelés tényeire. A különböző anyagok leghosszabb vonalai az anyagra nézve teljesen jellemzők, azaz az anyagot egyértelműleg meghatározzák; a rövidebb vonalak sorában gyakran akadnak olyanok is, melyek több anyag spektrumában is előfordulnak. Számba nem véve azokat a koinczidencziákat a melyek az alkalmazott műszer nem elég nagy optikai hatásában lelik magyarázatukat, e körülmény — mint említők — fertőzmények

This work is licensed under a Attribution-ShareAlike 3.0 Unported (CC BY-SA 3.0)

hatására is vissza vezethető. Lockyer számos, ez irányban végzett kisérletéből kitünik, hogy két anyag keverékének spektrumában a kisebb mennyiségű alkatrésznek csak hosszú vonalai maradnak meg rövid vonalakúl. Gázokra nézve ezt különben terjedelmes kisérleti sorozat alapján már Lengyel Béla tanár is kimutatta* noha a megfigyelések időbeli egymásutánja a következtetések fonalát nem láttatja oly szembeötlően, mint ez a spektráltünemények Lockyer-féle észlelési módjánál lehetséges.

A mondott tételre alapította Lockyer a quantitativ analízis egy eredeti módszerét, mely specziális esetekben felette hasznavehetőnek bizonyúlt, különösen akkor, midőn fémek keverékéről van szó. Ha két fémet ismert százalékos viszonyokban ötvényezünk, valamely megszabott állandó hőmérsékleten a kisebb mennyiségű alkatrésznek annál több vonala fog megjelenni a keverék spektrumában, mentől magasabb arányszámban van jelen. Igy a vonalak száma, az egyik alkatrész spektrál-vonalainak egyszerű megolvasása, mértéket ad ez alkatrész mennyiségére, még pedig annál pontosabbat, minél dúsabb vonalakban a spektruma. A londoni pénzverő intézetben Lockyer e módszer szerint az arany ötvényekben foglalt aranytartalom nagyságát 0·01 százalékig határozhatta meg.

A módszernek nagyon kellemetlen oldala az, hogy minden megvizsgálandó ötvényből a különböző ismeretes százalékos összetételek egész sorozatát meg kell csinálni és megvizsgálni s hogy valamennyi elemzésnek ugyanazon hőmérsékleten kell végbemennie.

Ha már quantitativ spektrál-elemzésről szólunk, legyen szabad a többi részint alkalmazásban lévő, részint javaslatba hozott módszereket is röviden ismertetni. Az első, legközvetetlenebb módszer azon alapszik, hogy a kibocsátott fény intenzitása nő, ha nő az anyag mennyisége. A fényes csíkok intenzitás-méréseiből tehát az izzó anyag mennyiségére is következtethetünk. E módszer azonban legtöbb esetben teljesen hasznavehetetlen, először azért, mert ilyen fénymérések nem csak nagyon körülményesek, hanem minden esetben nagyon pontatlanok is, és másodszor, mert a különböző anyagok igen különböző idők mulva jutnak a hasznavehető spektrál-reakczió állapotába, a szerint, a mint kevésbbé vagy többé illók. Az utóbbi körülmény miatt a módszer egyáltalában csak megállapodott, stationaer izzási folyamatokban volna alkalmazható, teszem a Nap, vagy álló csillagok mennyileges elemzésében.

A második mód az abszorpczión alapszik; sokkal egyszerűbb és tényleges alkalmazásban is van. Alapgondolatát már mi is em-

* Néhány gázkeverék szinképi vizsgálata. Akad. székfogl. ért. Budapest 1879.

This work is licensed under a Attribution-ShareAlike 3.0 Unported (CC BY-SA 3.0)

lítettük, kifejtve, hogy ugyanazon anyag egyenlő abszorpcziót tanusít, akár egyenlő sűrűségben 1, 2, 3 . .-szor vastagabb rétegben alkalmazzuk, akár adott vastagságban sűrűségét 1, 2, 3 . .-szor nagyobbnak vesszük. Eszerint a megvizsgálandó, rendesen folyadék-állapotban adott anyagon valamely fényforrás fényét bocsátjuk át, s azt spektrumba fejtjük, mert a mondott egyszerű törvény csak homogén, nem pedig kevertszínű fényre is érvényes. Ha az anyag vagy önmagában, vagy chemiai reagencziák hozzátevése után a spektrum valamelyik helyén abszorpcziós sávot ad, a spektrál-fotométer segítségével megmérjük, hogy e sávban az eredeti fény ugyane színű sugárnyalábjának hányadrésze van még jelen. E viszonyszám adja a folyadékban föloldott s a spektrál-reakcziót létesítő anyag mennyiségét, ha ismerjük a folyadékréteg vastagságát, melyet rendesen állandóan megtartunk, és az anyag előzetes kisérlettel megállapítható abszorpczió-koefficiensét, vagy más szóval az anyag azon mennyiségét, mely az adott fényt, teszem, eredeti értékének egy tizedére szorítja le. Az elemzés ezen eljárás a még akkor is alkalmazható, ha a folyadékban több, egymásra chemiailag nem ható anyag van feloldva.

E kitérés után vissza kell mennünk megint a vonal-koincziden-cziákra, a különböző anyagok spektrumaiban megjelenő közös vonalakra, melyeket eddig részben a használt műszer tökéletlenségének rovására írtunk, részint idegen anyagok jelenlétének tulajdonítottuk. Vannak azonban az elemek spektrumaiban ily közös vonalak, a melyeket még ily módon sem magyarázhatunk, s a melyek tényleg különböző anyagokkal közös vonalakúl tünnek föl. Ezek Lockyert egy föltevésre vezették, mely, noha inkább a konjekturális spektrál-analízisbe sorolandó és egyenlőképen talált ellent és imádót, itt megemlítésre méltó, mert kapcsolatosnak látszik olyan jelenségekkel melyekkel a színkép-elemzés kozmikus alkalmazásában mindúntalan találkozunk.

Lockyer ez ismert okokra való visszavezetésnek oly makacsúl ellenálló vonalakat bazikus vonalaknak nevezi, azon nézetre támaszkodva, hogy e vonalak valamely, az úgynevezett elemeinket tevő ősanyag sugarai lehetnének. Ilyen általánosan mondva ki az eddig egyszerű összetételeknek gondolt elemeink szétbonthatóságát, Lockyer nézete nem találkozhatott a chemikus tapasztalataival és így tán nem volt fölösleges új közvetítő fogalom bevezetése, mely különbséget tesz chemiailag és optikailag elem módjára viselkedő anyagok között.

Ha lehetőleg alacsony hőmérsékleten izzítunk chlórbáriumot, brómbáriumot, három különböző spektrumot kapunk, melyekből ugyancsak nem olvasnók ki, hogy e három anyagban egy közös

This work is licensed under a Attribution-ShareAlike 3.0 Unported (CC BY-SA 3.0)

alkatrész rejlik. Ha azonban a hőmérsékletet fokozzuk, chémiai bomlás jő létre, melynek lefolyása alatt a három spektrumban közös vonalak jelennek meg; a bárium vonalai. Erre az analógiára támaszkodva, Lockyer nézete már világosabb alakot ölt; ezt elhagyjuk azonban, hogy ismét a tapasztalat s a kisérlet mezejére léphessünk.

Ha üres térben és lehetőleg alacsony hőmérsékleten káliumot desztillálunk, a gőzökön átütő szikra zöldszínű és határozott spektruma van. Ha azonban a desztillácziót magasabb hőfokon végezzük, a szikra vérvörös és spektruma lényegesen más. Úgy látszik, mintha a kálium egyik alkatrésze alacsony, a másik, teljesen elütő alkatrésze ellenben magasabb hőmérsékleten desztillálódnék. Hasonló tüneményeket észlelt Lockyer a nátrium, phosphor, calcium, a vas s több elem spektrumán. Ezen eddigi tapasztalatokkal és nézetekkel össze nem férő jelenségek különösen magas hőmérsékleten nyilvánúlnak, mert ekkor legnagyobbak a különbségek a megfigyelés föltételei között. Innen van, hogy a nélkül, hogy a spektrál-analízisnek kozmikus alkalmazásait részletezném, mégis kénytelen vagyok átmenni az égboltozatra, mert a végtelen térnek óriási egyedei tömegre, kiterjedésre, hőmérsékletre és a reájok nehezedő nyomásra nézve oly fizikai föltételeket adnak, melyeket kisérletileg nemcsak hogy még megközelítőleg is előállíthatnánk, de gyakran észszel föl sem foghatunk.

Spektrál-analitikai tanulmányokra legkedvezőbb égitest a Nap, részint közelsége, részint óriási fényereje miatt, melyre a leghatalmasabb spektroszkóp is sikerrel alkalmazható. A Nap spektruma egészben véve rendkivül bonyolódott abszorpczió-spektrum, melyben eddig vagy 10,000 sötét vonalat számlálnak. Ezek a vonalak a spektrum vörösöntúli és vörös részeiben szélesek, majdnem sávszerűek, de fölötte ritkák; minél inkább közeledünk az ibolyavég felé, annál finomabbak, élesebbek s egyszersmind fokozatosan úgy torlódnak és halmozódnak, hogy az ibolyában és még inkább az ibolyántúli részekben a vonalaknak már kétségbeejtő zűrzavara van meg. Ez onnét van, mert általában minden anyag spektrálvonala a spektrum ibolyavége felé halmozódik; fokozottabb mértékben tehát több anyag keverék-spektrumában. Az abszorpczió-spektrum jelleméből a bevezetésben mondottak szerint arra kell következtetnünk, hogy a Nap szilárd vagy nagynyomású gázállományú magból áll, melyet alacsonyabb hőmérsékletű gázburok, az úgynevezett fotoszféra környez. Az ezen gázburokban foglalt anyagok nemzik e fekete vonalakat, melyeket első megfigyelőjökről Fraunhofer-féle vonalaknak szokás nevezni. Teljes napfogyatkozások alkalmával födöztek föl még két külső burkot: a chromoszférát, azontúl a koronát. A

This work is licensed under a Attribution-ShareAlike 3.0 Unported (CC BY-SA 3.0)

chromoszférát a benne lejátszódó tüneményekkel, a vulkáni kitörésekhez hasonló protuberánczíákkal együtt most már függetlenül a fogyatkozásoktól bármikor észlelhetjük. A fotoszféra felületi rétegeiben úsznak azon látszólag fekete sötét tömegek, melyeket napfoltoknak nevezünk. Azért említem e jelenségeket, mert ezek fontos hőmérsékleti fokozatot tüntetnek föl: a protuberancziák, melyek a Nap belsejéből törnek elő a legmagasabb, a napfoltok, mint a fotoszférához tartozó képződmények valamivel alacsonyabb, az elnyelő gázburok s a chromoszféra a legalacsonyabb hőmérsékletnek felel meg. Úgy látszik, hogy e hőmérsékleti fokozat szoros kapcsolatban áll a hozzátartozó spektrumok megérthetésével. Az elnyelő gázburoknak chémiai összetétele miatt roppant komplikált, de alacsony hőmérsékletnek megfelelő spektrumát teljesen értjük, azaz majdnem minden vonalát földi anyagok vonalaira tudjuk visszavezetni. A napfoltok spektruma aránylag egyszerűbb chemiai összetételnek felel meg, mint az abszorpczióburok s mégis sokkal több spektrálvonalat tartalmaz, melyeknek hovatartozásáról számot adni nem tudunk. Az eruptív protuberancziák spektruma végre csak néhány vonalból áll s ezek legnagyobb részének eredetéről mitsem tudunk. Helyesebben talán még így is formulázhatjuk a mondott tételt: Valamely kozmikus jelenség spektruma ma annál érthetetlenebb, minél egyszerűbb. A mi bizonyára nem annak tulajdonítandó, hogy itt ismeretlen elemekkel van dolgunk, hanem inkább annak, hogy az izzó anyagok oly állapotban vannak, a milyet mesterségesen előidézni mindeddig nem tudunk. Lássunk egy párt ezen bizonyára érdekes példákból.

A napfoltok, a protuberancziák, a chromoszféra és majdnem valamennyi *fényes* vonalú álló csillag spektrumában a fényes hidrogénvonalakon kivül mutatkozik egy, a nátriumvonal szomszédságában fekvő fényes csík, melyet hélium-vonalnak szokás nevezni. E vonal mindig a hidrogén társaságában fordúl elő, ha a hidrogén fényes vonalakat ad; ha a hidrogén vonala sötét, a hélium vonala eltünik. Ezt a vonalat feketének soha nem látta senki; a mi csak úgy magyarázható, hogy ez a vonal a legmagasabb hőmérsékleteken jelenik meg, alacsonyabb hőfokokon ellenben egyáltalában nem mutatkozik. A korona jellemző vonala, melyet a presumptív coronium elemhez tartozónak mondunk, a zodiakális fényben is megtalálható. A légkörünkben, mondhatnám kézzelfogható közelségünkben lejátszódó északi fényben is akad egy vonal, melynek eredetéről még halvány fogalmunk sincs. A ködfoltok spektruma rendesen három vonalból áll: egyik a hidrogéné, másik a nitrogéné, a harmadiknak mibenlétéről teljes tudatlanság uralkodik. Mind oly jelenségek, melyek, ha nem is támogatják egye-

This work is licensed under a Attribution-ShareAlike 3.0 Unported (CC BY-SA 3.0)

nesen Lockyernek az elemek szétbonthatóságáról szóló tanát, legalább megdönteni épen nem bírják.

De menjünk tovább; a földi elemeknek mintegy felerésze a Napon is fölfedezhető. Ily viszonyok között mindenesetre fölötte meglepő, hogy egyetlen-egy metalloidot sem sikerült kimutatni ez égi testen, noha a ködfoltok, az üstökösök és a Napnál hidegebb vörös csillagok élénken bizonyítanak a nitrogénnek, a szénhidrogéneknek s tán az oxigénnek is a világűrben való előfordulása mellett. Mintha csak azt bizonyítgatná e tény, hogy a metalloidok a Nap magas hőmérsékletében mint ilyenek többé meg nem állhatnak, hanem egyszerűbb és előttünk még ismeretlen alkatrészeikre bomlanak. És tudvalevőleg épen a metalloidok azok az anyagok, a melyek az atomhő törvényének csak kelletlenűl hódolnak, melyek gőzsűrűsége a hőfok növekedtével ugrásonként változik, s melyek a laboratoriumban egyébként is gyanusan viselkednek.

A legérthetetlenebb jelenséget azonban legvégül mondom el. Az az észlelet, mely szerint a közeledő vagy távozó lokomotív sípjának hangját emelkedni vagy sülyedni halljuk, a fényre is átvihető, a mennyiben közeledő vagy távozó fényforrások spektrálvonalai is magasabb vagy alacsonyabb színnek felelnek meg, azaz az ibolya vagy vörös határ felé tolódnak. A Napnak látóvonalunkba eső, elég gyorsasággal emelkedő vagy leszálló légáramában a spektrálvonalak eltolódnak, a mi rendesen a vonal eltorzulásában is nyilvánúl, ha a mozgás sebessége nem szabályos. Joggal várhatja mindenki, hogy ha valamely anyagnak több vonala van, ez anyag minden vonala vegyen részt ez eltolódásokban. De ez tényleg nincs úgy: ugyanazon egy anyagnak némelyik vonala eltorzulásaival a leghevesebb mozgásokat árulja el, holott némely más vonala ugyanez anyagnak teljes nyugalmára vall. Valóban, a ki ezen nem is épen ritka jelenséget tapasztalja, majdnem kénytelen hinni, hogy ez anyag a Napon szétbomlott állapotban van jelen, hogy az egyes alkatrészek rétegenként helyezkednek el, s hogy az egyik réteg mozgásban van, a magasabb réteg pl. pedig nyugszik, vagy még nem vesz részt a mozgásban.

Ilyen tényekkel szemben a chemiai elemek egyszerűségében vetett legmegátalkodottabb hit sem fogja zokon vehetni a spektrálanalitikusnak, ha jobb föltevés hiányában az elemek szétbonthatóságában hisz.

A dolgok ilyen állásában nem árthat, ha a legújabb idő egy elméletéről is teszek röviden említést, melyet Grünwald Antal,

This work is licensed under a Attribution-ShareAlike 3.0 Unported (CC BY-SA 3.0)

a prágai polytechnikum mathematikus tanára fejtett ki.* Mindig megbecsülendő, ha mathematikus foglalkozik e tárggyal. Grünwald kifejt egy tételt, mely szerint valamely vegyület spektruma kiszámítható az alkatrészek spektrumából, ha a vegyület szerkezeti képlete ismeretes. A feladat megfordítása, adott vegyületből meghatározni számítás útján az alkotó részeket és összetételük mineműségét természetesen sokkal nehezebb feladat. Grünwald 7 elemre, nevezetesen a hidrogén, oxigén, nitrogén, magnézium, szén és a czinkre vonatkozólag végezte a számítást és arra a nevezetes eredményre jutott, hogy mind e 7 és ugyancsak különböző elem két hipothetikus őselem vegyületének tekinthető, a melyeknek szerkezeti képlete kapcsolatba hozható az elemeknek a Mendelejev-féle táblázatban elfoglalt helyével. A hidrogén képlete pl. a_4 b, tehát ammonium-typusú vegyület; egyik őseleme, a, a coroniumnak, a másik. b, a héliumnak felelne meg, melyek mint láttuk, a Napon szabad állapotban is előfordulnak.

Én magam is egészen más úton azon következtetésre jutottam, hogy a hidrogén disszocziáczió-hőmérséklete $1\,^1/_2$-szer akkora, mint a Nap chromoszférájának közepes hőmérséklete. A chromoszféra egyes helyei e csekély hőmérsékleti különbséget bizonyára elérhetik s így nem látok lehetetlenséget Grünwald állításában, habár azt, egyéb okoknál fogva, egészen kifogástalanoknak mondanunk nem lehet.

Ezek a tárggyal való hosszas foglalkozásom alatt szerzett tapasztalataim és meggyőződésem szerint azon pontok, melyeknek a színkép-elemzés terén ma aktuális elvi jelentőségök van, s melyekből kiindulva e szép tudásság tovafejlődése várható. Én, habár a dolgok mai állásán a spektrál-analízisnek inkább chemiai, mint fizikai oldaláról voltam kénytelen beszélni, benne tisztán fizikai segédeszközt látok. Benne látom szebb jövőjét a fizikai asztronomiának, s nekem a spektroszkóp egyesített thermométer és barométer, a melylyel az utókor megméri majd a végtelen csillagok fölszinén a nyomást meg a hőfokot és levezeti az égi testek állapoti föltételeit.

Dr. Kövesligethy Radó.

* Astr. Nachr. 2797., továbbá: Sitzungsberichte d. k. Akad. d. Wissensch. Wien. XCVI. köt. dec. füzet és XCVII. köt. okt. füzet. Spektral-analyse des Magnesiums und der Kohle, illetve Spektral-analyse des Kadmiums czím alatt.