

A SZÍNKÉP-ELEMZÉS.

Untersuchungen über das Sonnenspectrum und die Spectren der chem. Elemente von G. Kirchhoff. 1862.

Spectrum Analysis. By H. E. Roscoe. 1869.

L'Analyse spectrale et ses applications à l'astronomie. Cours de W. A. Miller, Traduit de l'anglais. (Revue des Cours Scientifiques. 1867. 1868. Les Mondes. 1869.)

Ergebnisse der Spectral-Analyse in Anwendung auf die Himmelskörper von W. Huggins. (Deutsch von W. Klinkerfues), 1868.

Az imént lefolyt évtized tudományos vívmányai közt kétségkivül első helyen áll a Bunsen és Kirchhoff által fölfedezett *színkép-elemzés* (spectral-analysis); egyike a fürkésző emberi ész és ernyedetlen munkásság legdicsebb diadalainak, mely a fölfedezők hírét s nevét a tudomány történetében megörökíté. Ezen méltán nagy feltűnést okozott fölfedezés által nemcsak a vegyészet biztos, egyszerű és rendkívül finom kémlelő módszerrel gyarapodott, hanem a csillagászat is hatalmas fürkésző eszközt nyert, mely már néhány rövid év alatt oly bámulatos és váratlan eredményeket szolgáltatott, hogy túlzás nélkül állíthatni, miszerint a színkép-elemzéssel a csillagászatnak egy új szépjövőjű ága született.

Átalánosan ismeretes tény, hogy ék alakú köszörült üvegen keresztül nézve, a tárgyak félretolt helyzetben és színesen szegélyezve tűnnek föl. Valahányszor t. i. a fénysugár oly átlátszó testen hatol keresztül, melynek oldallapjai nem párhuzamosak, mindannyiszor eredeti irányától eltér és színes sugarakra oszlik. Ha e tüénényt tökéletesebben kívánjuk észlelni, a napvilágot szűk hasadékon keresztül elsötétített szobába vezetjük és útjába flint-üvegből köszörült *hasábot* (prismát) állítunk akkép, hogy éle a rés hosszirányával párhuzamos legyen. A csillogó porszemeken könnyen észreveszszük, hogy a sugárnyaláb, a mint az üveghasábból kilép, előbbi irányától eltérül, *megtörik*; de egyszersmind szét is *szóródik*, mert a szemközti levő fehér falon vagy az útba állított ernyőn a hasadék rendes fehér képe helyett ragyogó színes szalagot pillantunk meg, melynek gyöngyörű tiszta szivárványszínei észrevétlenül egymásba olvadnak, a következő sorrendben: első a legkevésbé megtörött

vörös sugárnyaláb, mely az élénk narancs színén át beleolvad a ragyogó sárgába, ez ismét a kellemes zöld színbe megy át; ezután következnek a kéknek mindinkább sötétedő árnyalatai, és végül a bágyadt ibolyaszín, mely valamennyi közt a legerősebben törik meg.

A Nap e színes képét vagy rövidebben *színképét* (spectrum) már Newton ezelőtt 200 évvel ismerte és megvizsgálta (lásd a mellékelt tábla legelső képét). Ő mondá ki először s bizonyítá be mintaszerű kísérletek által, hogy az egyszerűnek látszó fehér fény a szivárványban találtató színes sugarak összeségéből áll, tehát *összetett* fény, melyet a hasáb eredeti színes alkatrészeire szétbont. E színes sugarak egy második hasáb által, mely ellentett fekvésénél fogva a sugarakat ellenkező irányban törí, ismét fehér fénynyé egyesíthetők.

Egyébiránt a színkép nem kizárólag a napvilág tulajdonsága; bármiféle fehér fény hasonló színképet idéz elé. A gyertya vagy lámpa világa, a kemence lobogó tüze, a gáz lángja, a pattogó villanyos szikra, a tündöklő csillagok fénye, de még a szt. János bogár vagy a nedves fa sajtyszerű fénye is az üveghasáb által színes sugarakra bontható. Sőt az *üveghasáb* sem nélkülözhetlen; pótolhatja minden oly átlátszó test, melynek oldalai nem egyenközűek. A legrégebben ismert színkép kétségtelenül a szivárvány, melynek főnséges ívében mindannyiszor gyönyörködhetünk, valahányszor a Nap sugarai a szemközt levő felhő esőcseppjeiben megtörnek. Hasonló színképet szemlélünk a szökő-kút víz-sugarában, a fűszálon rengő apró harmatcseppeken. Ugyane színjátékot bámuljuk a gyémántgyűrű szemkápráztató csillogásában; ezzel találkozunk számtalanszor, midőn az asztalunkon álló üvegedényen vagy a csillár lecsüngő csapjain kellő irányban áttekintünk.

A fénytöréssel együtt járó színszóródáson alapszik a színképelemzés is. Mielőtt azonban ez utóbbihoz tüzetesen hozzászólanánk, a későbbiek könnyebb megérthetése végett helyén lesz előbb a fönnebb leirt kettős tünemény belső mivoltát és általában a fénytünemények eredetét közelebbről szemügyre venni.

Az újabbkori természettan a fény- s a hőtüneményeket, a hang mintája szerint, mozgási tüneményeknek tekinti. Valamint a hang a megpendített húr vagy más rugalmas test szabályos hintázásai által támad: úgy a fény, de nemkülönben a hő is, a világító vagy melegítő test legkisebb részecskéinek a tömecsek (molecula) s parányok (atóm) végtelen gyors rezgései által keletkezik. Az első esetben a hangzó test rezgései a rugalmas levegővel közöltetnek és ebben 0° mérsékletnél 332 méternyi, kerek számban 1050 lábnyi sebességgel tovaterjednek; az utóbbi esetben a világító test parányai-

nak észrevehetlen rezgései bizonyos rendkívül finom s rugalmas folyadékkal, az egész világegyetemet s a testek likacsait betöltő *éterrel* közöltetnek, melyben e rezgések minden irányban 308 millió méter vagy 41500 geogr. mérföldnyi sebességgel tovább terjednek. Valamint a levegő durvább rezgései fülünk dobhártyájával, általa a fül belső részeivel és végre az agyvelőből kiágazó hallideggel közöltetnek: szintúgy az éter finomabb rezgései a szem különböző nedveiben létező éterparányokra s általok az érző látidegre ruháztatnak át. Valamint a hang annál erősebb, minél erélyesebben hintáznak a légrézecskek: úgy a fénybenyomás is annál hatályosabb, minél nagyobb térközökben rezegnek az éterparányok.

A fényérzetet gerjesztő éterrezgések azonban sokkal szaporábbak, mint a zöngő test keltette légrezgések. Így a párisi diapason szerint hangolt *a* hangvilla másodpercenként 435-öt rezeg; általában: a különféle hangok rezgéseinek száma 16-tól 36,000-ig terjed: ellenben a rezgő éter csak akkor képes szemünkben fényérzetet kelteni, ha másodpercenként legalább 450 *billió* rezgést végez, ekkor t. i. a legsötétebb vörösfény származik. Valamint a hang annál magasabb, minél gyorsabban rezegnek a részecskek, tehát minél rövidebbek a keltett léghullámok: úgy a világító testből kisugárzott fénynek színe az egy-egy másodperc alatt támasztott éterrezgések számától vagyis az éterhullámok hosszától függ. Így 540 billió rezgés sárga fényt, 580 billió rezgés zöld fényt gerjeszt sat. A legszélső vörös- és legvégső ibolyaszínű sugaraknak 450, illetőleg 760 billió rezgés felel meg másodpercenként. Az előbbieket hullámaiból kerek számmal negyvenezer, az utóbbiakéból hatvanezer fér el egy hüvelyk hosszában. Hangtanilag szólva: a vörös a legmélyebb, az ibolya a legmagasabb szín. E két szélső határ között pedig 310 billió színfokozat vagyon. De valamint a leggyakorlottabb zenészi fül sem képes a 436 rezgésű hang és a 435-öt rezgő hangvilla zöngése közt különbséget találni, úgy a legélesebb emberi szem sem tudja a szomszédos színárnyalatokat egymástól megkülönböztetni. Szemünk csak a jelentékenyebb különbségeket veszi észre és a színképben mindössze *hét fő színt* különböztet meg, habár több kevesebb árnyalattal.

Nem volna ugyan érdektelen a hang és fény közti párhuzamot tovább vonni, de miután ez kitüzött feladatunk keretén kívül esnék, csak azt akarjuk még kiemelni, hogy a hang- és fénytünemények közt tapasztalt feltűnő hasonlatosság daczára: a hang- és fényhullámok közt *lényeges* különbségek is vannak. Így a hanghullámban a levegő részecsei a terjedés irányában, azaz sugár hosszant hintáznak, minek folytán sűrűdések meg ritkulások váltakoznak egymással; a

fényhullámban ellenben az éterparányok nem a sugár irányában, hanem harántosan rezegnek oly módon, mint a megrángatott kötél ide-oda hintázó részei. Egy másik jelentékeny különbség a hang- és fénytünemények *alanyi felfogásában* mutatkozik. A gyakorlott fült. i. az öszhang (accord) különböző hangjait tisztán megkülönbözteti egymástól, ellenben a szem az *öszfényben* azaz színvegyülekben nem képes az egyes színfokozatokat megkülönböztetni. Amott tehát az öszhatás nem nyeli el az alkotó hangok egyediségét: emitt az egyes sugarak hatásai egyetlen egy benyomássá olvadnak össze és a szem bizonyos keverék-szint lát. Így a legtisztább fehér tulajdonkép a legösszetettebb keverék-szín, mert ez valamennyi színárnyalatot magában foglalja.

Miután a fény nem egyéb, mint rezgő éter, könnyen megfogható, hogy midőn a fényhullámok vagyis a hintázó éterparányok sorai egyik közegből (testből) a másikba hatolnak, itt a változott sűrűségi viszonyoknál fogva mozgásukban változást szenvednek. Mellőzve a mennyiségtani fejtegetéseket, melyek a rezgő mozgás törvényeinek tüzetes ismeretét föltételezik, csak azt akarjuk itt kiemelni, hogy *e tudományos fejtegetések, a fönnebb röviden megismertett hypothesis alapján, szorosán kimutatják*, miszerint valahányszor a rezgő éter hullámai valamely új — akár sűrűbb, akár ritkább — közegbe hatolnak, mindannyiszor eredeti irányuktól szükségkép eltérülnek, szóval *megtöretnek*, a mint ezt a tapasztalás is bizonyítja. Jelesen, ha az új közeg sűrűbb a réginél, pl. ha fénysugár a levegőből üvegbe hatol, akkor a belépő sugár *közeledni* fog azon irány felé, mely a közegek válasz-lapjához derék szögben áll. Ellenkező esetben, midőn a sugár a sűrűbb közegből ritkába jut, az említett vonaltól elhajlik, *eltöretik*.

Tudjuk továbbá, hogy a különböző színű sugarak éterparányai különböző sebességgel rezegnek. A szaporább rezgésű és ez okért rövidebb hullámokban terjedező kék sugarak az új, sűrűbb (v. ritkább) közegben *aránylag* nagyobb (illetőleg kisebb) ellenszegülésre akadnak, mint a lassabban hintázó és ezért hosszabb hullámokban terjedő piros sugarak; minélfogva az előbbieket erősebben térnek el eredetileg követett irányuktól, mint az utóbbiak. Innen magyarázható, hogy a hasábot átjáró különböző színű sugarak közül a vörös törik meg legkevésbé, a sárga már jobban, a zöld és kék még erősebben, az ibolya színű sugár pedig, mint leggyorsabban rezgő, legerősebben.

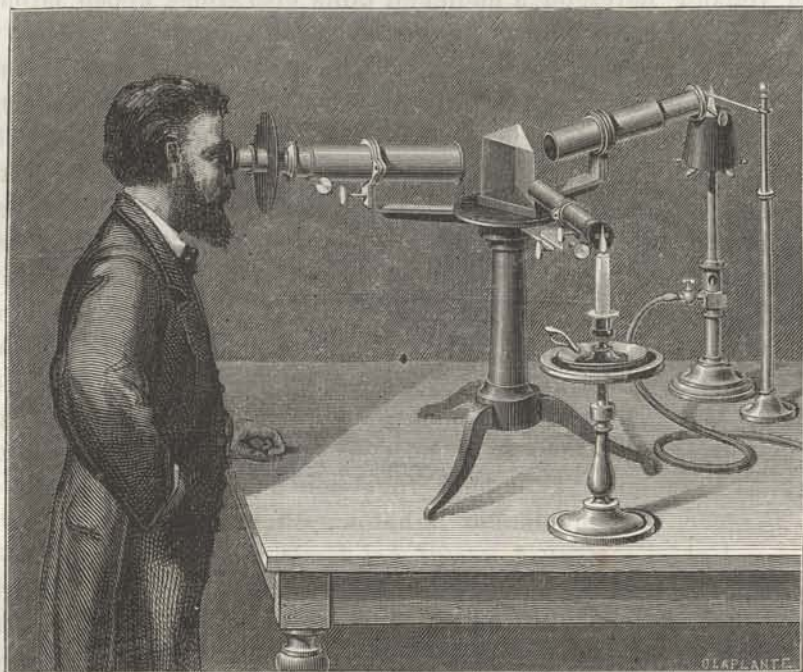
Ezen tán kelleténél hosszabbra nyúlt magyarázat után térjünk vissza ismét színekpünkhöz. A jelen század elején (1802) Wolleston a Nap színeképében néhány sötét vonalat talált. Fraun-

hofer, a híres müncheni optikus, kinek e meglepő felfedezésről tudomása nem volt, 1814. évben újból felfedezte e nevezetes vonalokat. Az ő fáradhatlan vizsgálataiból kiderült, hogy a Nap színképét igen számos finomabb meg vastagabb sötét vonal szegi át, melyek hol ritkább, hol sűrűbb csoportokban, de állandóan a színkép ugyanazon helyein mutatkoznak. Szabad szemmel ugyan nem igen láthatók, de jó távcsővel nagy számban észlelhetők. Mai nap már közel tizezret ismernek. Fraunhofer-nek örök érdeme, hogy a feltünőbb fekete vonalok viszonyos fekvését pontosan meghatározá és a kiválóbbakat betűkkel megjelölé, miért is a szóban forgó vonalokat az ő emlékére Fraunhofer-féle vonaloknak nevezik. (A kitünőbb sötét vonalok helyzetét a mellékelt tábla első színes képén láthatni.)

A Nap színképe tehát nem teljes, következésképp a napfény sem mondható tökéletes fehérnek; hogyha t. i. fehér alatt az összes színárnyalatokat a szélső vöröstől a legvégső ibolyaszínig értjük. De hát honnan származnak az említett vonalok? A közelebbi ok kétféle lehet. Vagy a napfényben már eredetileg bizonyos törekenységű sugarak hiányzanak, vagy pedig e sugarak útközben a levegőben elvesznek. Még a jelen század második negyedében a természettudósok nagyobb része az utóbbi véleménynek adott hitelt; miután csakugyan a Nap keltekor és nyugtakor, midőn t. i. a nap-sugarak a levegőben hosszabb, mert ferdebb utat tesznek, nemkülönben páratelt nedves levegőben, a sötét vonalok feltünően szaporodnak. Másrészt azonban számos, különböző helyeken és a legkülönbözőbb légköri viszonyok közt megtett észleletek kimutatták, hogy a Fraunhofer által már régebben meghatározott sötét vonalok *állandók*, azaz mindenkor láthatók; ellenben a *légköri sötét vonalok a légköri viszonyok szerint hol kisebb, hol nagyobb számmal mutatkoznak* s Janssen újabb kísérletei szerint valószínűleg a légköri vízpáráktól származnak. A Fraunhofer-féle vonalok oka tehát nem a légkörben, hanem magában a Napban keresendő, a mit egyébként azon tapasztalat is csattanósan bizonyít, miszerint e vonalok a csillagok színképeiben legnagyobbbrészt nem találhatók; már pedig ha a földet környező levegő okozná, úgy az álló-csillagok színképében is okvetlen előfordulnának. Ezzel természetesen korán sincs megmagyarázva azon feltünő jelenség, hogy a Nap, mely annyi sokféle fény- és hősugarakat pazarul áraszt ki maga körül, bizonyos meghatározott törekenységű sugarakat tőlünk állandóan megvon, a mint ezt a színkép sötét vonaljai kétségtelenül bizonyítják. A tünemény valódi oka azonban félszázadig ismeretlen maradt.

Miután a Nap színképének nevezetes sajátosságai ismeretesek voltak: a természetbuvárok figyelme a többi fényforrás felé irányult,

Sorra megvizsgálták a különféle földi fényforrások színképeit. Az e célra újabb időben használt eszköz négy főrészből áll. 1) Első a fényt átbocsátó készülék, azaz oly cső, melynek egyik végén szűk hasadékon behatolnak a fénysugarak (a mellékelt képen e cső jobb felől van). 2) Második lényeges alkatrésze ugyanezen cső másik (belső) végén találtató üveglencse, mely az átmenő sugarakat párhuzamos irányokba tereli. 3) Innen a fénysugarak a színszűrő hasábjába jutnak, mely hibátlan flint-üvegből készül és egy kerek asztalkán van megerősítve; végre a 4-ik alkatrész a vizsgáló csillagászati távcső, melyben a szemlélő a fényforrás nagyított színképét látja. Ezenkívül az előbb említett cső külső végén a hasadék felső feléhez kis üveg-



Vízszintes spektroszkóp.

hasábocska van alkalmazva (a képen nem látható), mely lehetővé teszi egyszerre két különböző fényforrás színképét megvizsgálni és egymással összehasonlítani. Az elősorolt legszükségesebb alkatrészekhez gyakran még egy harmadik cső is hozzájárul, mely szintén az asztalkához van megerősítve, mint a másik kettő, és velők egyazon fekvő síkban fekszik. Ezen csőnek külső végébe üvegre fényrajzolt parányi fokozat van illesztve, melyet a közvetlen előtte álló gyertya megvilágít. A cső továbbá akkép irányul az üveghasáb azon lapja felé, mely a távcsővel szemben áll, hogy a nevezett két csőnek tengelyei ezen lappal egyenlő szögeket alkotnak, minek

következtében a megvilágított fokozat képe a visszaverődés törvényei szerint a távcsőben a színképpel együtt szemlélhető. Az utóbbi cső tehát arra szolgál, hogy a színek egyes részeinek viszonyos hosszát *megmérni* lehessen. A leírt eszközt *spectroskóp*-nak hívják, magyarul *színkép-elemzőnek* nevezhetjük.

Már ha ilyen készülékkel a gyertya lángjának színekét vizsgáljuk, ezt ugyan — kivált kékes részében — jóval bágyadtabbnak fogjuk találni mint a Nap színekét, de az utóbbiban látható sötét vonalak amabban nem észlelhetők. A gyertya lángja tehát *folytonos*, szakadatlan színeképet idéz elő. Ugyanez áll mindazon közönséges fényforrásokról, melyek világító erejüket legnagyobbbrészt a lángokban izzó szénrészeskéktől nyerik, pl. az olajos lámpa vagy világító gáz lángjától. Hasonlóan a villanyos lámpa izzó szenei, a villanyáram által fehér izzóvá tett platinahuzal, a durranó gáz (hydrooxygén) lángjában izzó mészenger (Drummond-féle fény) és általában mindazon szilárd testek, melyek vegyi változás nélkül a fehér izzásig hevíthetők, izzó állapotjukban csorbátlan folytonos színeképet tüntetnek elő*), melyben minden színárnyalat képviselve van. Ugyanezt tapasztalták a fehér-izzó folyadékoknál is. A megömlött réz, vas, meg platina fénye folytonos színeképet idéz elő.

Mínthogy e szerint a fehér izzásig hevített szilárd és csepegős testek színeképei közt lényeges különbség nincs, magától értetik, hogy a nevezett testek színeképeiből az illető anyagot felismerni sem lehet.

Ellenkezőt tapasztalunk, midőn valamely *légnemű* testnek, izzó gőznek, vagy az izzásig hevített gáznak színekét vizsgáljuk. Itt a színek korántsem folytonos, hanem egyes *színes csíkokból* álló, melyeket nagyobb-kisebb sötét közök választanak el egymástól. Viszont valahányszor csíkos színeképet veszünk észre, mindannyiszor következtethetjük, hogy e csíkok valamely izzó gáztól erednek.

Mi okozza már most e feltűnő különbséget a légnemű és a nem légnemű anyagok színeképei közt? Szépen mondja Huggins: Valamíg a test szilárd állapotban van, addig parányait a tetemes vonzó erők fogva tartják; csepegős állapotban a kötelékek kissé lazulnak ugyan, de csak miután az összetartó kapcsok végkép megszakadtak és a test légneművé lett, csak ekkor rezeghetnek izzó parányai *egész* szabadon, azaz anyagi természetöknek megfelelő mó-

*) Vannak azonban egyes, habár igen ritka kivételek is. Akadt t. i. két oly szilárd test, névszerint: az erbin-föld és a didymoxyddal vegyes phosphorsav, melyek izzó állapotjukban bizonyos színárnyalatokat aránylag nagyobb mennyiségben sugároznak ki és színeképeik egyes színes csíkok által tűnnek ki. E két anyag különben csak igen ritkán fordul elő, és azért e kivételeket nem vesszük tekintetbe.

don; csak most érvényesíthetik az őket jellemző képességet, melynélfogva bizonyos meghatározott törékenységgű színes sugarakat lövelnek ki magukból. E sugarak a színszűrő hasábon átmenve egy vagy több, de *meghatározott számú* színes csíkot képeznek.

Az utóbbiak különösen azért oly fontosak, mivel az illető anyagot határozottan *jellemzik*, ép úgy mint összes physikai és chemiai tulajdonságai, melyek egyediségét alkotják. E nagy horderejű fölfedezést Bunsen és Kirchhoff heidelbergi tanároknak köszönhetni. Ők t. i. a körléggel kevert világító gáz gyenge fényű de nagy hőségű lángjában (vagyis a Bunsen-féle lámpában minőt az előbbi kép is mutat) különböző elemi anyagokat gőzzé pároztatván, színeképeiket megvizsgálták és számos kísérleteikből azon meglepő eredményre jutottak, hogy mindenik elemi gőznek saját meghatározott fekvésű csíkjai vannak, melyeket semmiféle más elem nem idéz elő.

Így a *nátrium* vagy a nátriumvegyek a lángot sárgára füstik és színeképök ragyogó sárga (kettős) csíkból áll. (Lásd a tábla harmadik képét.) A *kálium* már kétféle színt sugároz ki; színeképe t. i. két csíkból áll; az egyik a szélső vörös, a másik az ibolya színben mutatkozik. A *lithium* színeképe egy pompás piros fényzalagot és egy bágyadtabb, csak nehezen észrevehető, narancsszínű csíkot tüntet elő. Viszont e csíkokból az illető elemet könnyen felismerhetjük. Különösen bámulatos ezen új elemző módszernek rendkívüli finomsága és érzékenysége. E tekintetben a régi vegykémlő módszerek vele össze sem hasonlíthatók. Így pl. valamely nátriumsónak $\frac{1}{2,000,000}$ milligrammját a színekép még tisztán kimutatja. Sőt más idegen anyagok színeképében is rendszeren ott terem a ragyogó nátriumcsík, minthogy már a levegőben szállongó porszemek annyi konyhasót (chlornátriumot) tartalmaznak, a mennyit a színekép megérez.

A főntebb említett lithiumot azelőtt csak néhány ritkább ásványban lelték. A színeképi vegyelemzés ellenben kimutatta, hogy ezen anyag igen elterjedt. Megvan a tenger vizében, a legtöbb folyó- és forrásvizben, számos ásványban, a meteor-kövekben a dohányban s egyéb növényekben, a tejben és az ember vérében. A színeképelemzés finom kémlelő erejét legjobban tanúsítja azon körülmény, hogy Bunsen és Kirchhoff ezen módszer által két új elemet, a *caesiumot* és *rubidiumot* fődözték föl, melyek szintén meglehetősen elterjedtek a természetben, habár mindenütt csak csekély mennyiségben találhatók. (Színeképeiket a tábla 5. és 6. képe mutatja.) Ezekhez járult később még két elem: a *thallium* és az *indium*. Az előbbinek színeképe egyetlen egy tündöklő zöld csíkból, az utóbbié meg két kék csíkból áll. Az égvényes földfémek

(magnésium, calcium, baryum, strontium) színeképei azonban már nem oly egyszerűek; legbonyolultabb a *baryumé* (a strontium színeképét lásd a táblán).

Mindezen elemi anyagok színeképei lényegesen különböznek egymástól, azaz csíkjaik nem vágnak össze. Ha tehát egyszerre több különböző elem kerül is a lángba, mindegyiknek csíkjai külön-külön mutatkoznak, még pedig illékonyaságuk szerint; azaz elsőbb az illékonyabb, majd a kevésbé illó anyagok jelenkeznek és ugyanily rendben el is tűnedeznek mint a ködfátyol-képek. Például vizsgáljuk meg a szivarhamu alkatrészeit. E célból valamely finom platina-huzalnak meghajtott végével, melyet elébb sósavba mártunk, parányi szivarhamut fölszedünk és a huzalt a spectrokop hasadéka előtt álló Bunsen-féle lámpa lángjába tartjuk (lásd az előbbi képet): ekkor a színekép-elemzőben a nátrium, lithium, kálium és végül a calcium csíkjai tűnnek elő. Ime a színekép-elemzés által néhány rövid pillanat alatt megtudtuk azt, a mit a régi vegyelemző módszer segítségével csak több napi fáradság után sikerült volna kipuhatolni!

Eddig oly fémekről és fémvegyületekről szóllottunk, melyek a Bunsen-féle lámpa lángjában elpároltathatók. Ámde a legtöbb fém elpároltatásához jóval magasabb hőfok kívántatik, mint a minő az említett lángé szokott lenni. Szerencsére ezen magas hőfok előállítására igen kényelmes eszközünk van, t. i. a Rühmkorff készüléke, melynek gyorsan pattogzó villanszikrái által még a legnehezebben ömlő fémek is elpároltathatók. E végből a készülék két fővezetőjébe megfelelő fémpálcákat illesztünk; a hegyes végek közt átcsapó villanszikra a fémcsúcsokból valami parányit elragad s elpároltat; az izzó fémgőz színeképe azután a már ismeretes módon megvizsgálható. Az ezüstgőz pl. pompás zöld fényt sugároz ki, mely leginkább két élénk zöld csíkban öszpontosul. A rézgőznek színeképe is tündöklő zöld csíkokból áll, de bonyolódottabb alkatú. Legtöbb csíkja van a *vasgőz* színeképének, melyben néhány száz különböző színű vonal mutatkozik.

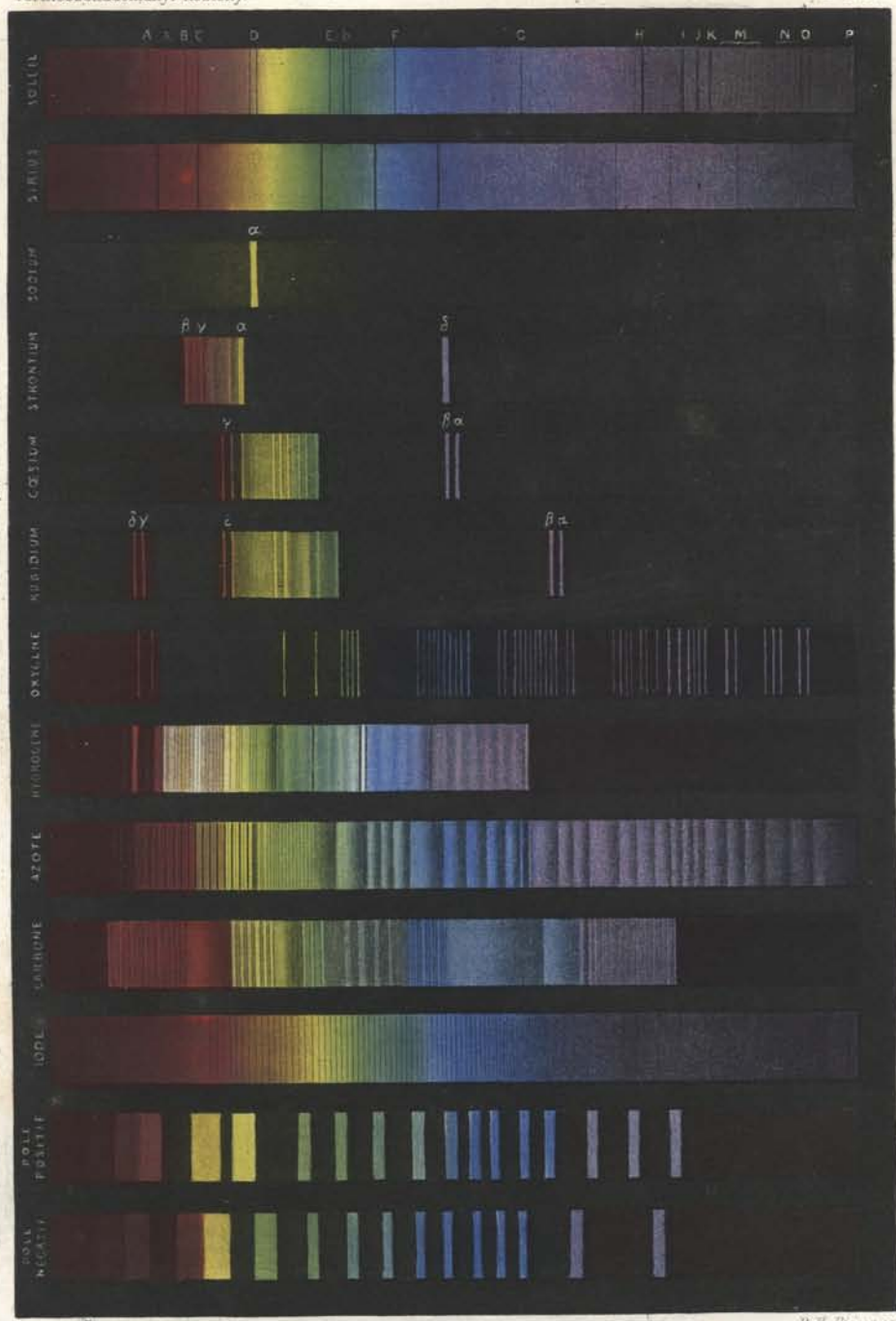
A nemfémek közül a légneműek színeképeit akkép nyerjük, hogy a megvizsgálendő gázt szűk üvegcsőbe (Geissler-féle csőbe) zárjuk és a Rühmkorff-féle készülék vagy a Holtz-féle villanygép gyorsan pattogzó szikrái által izzóvá teszszük. A hydrogen színeképe egy ragyogó piros, egy zöld, meg egy kék fényszalagból áll. Az oxygen kilencz különböző színű csíkot idéz elő. A nitrogén színeképe igen változatos; nagyszámú csíkjai közül az ibolya színűek válnak ki. (Mindezen gázok színeképei a táblán láthatók.)

Azongan a vizsgálás ez utóbbi módja csak a színeképek tanulmányozására, de nem egyszersmind a gázok felismerésére alkalmas.

Köztudomás szerint az elemi anyagok (számszerint körülbelül 65-en) *igen* számos vegyületet képeznek egymással. Ezért a vegyésznek lesz többször alkalma vegyületek alkatrészeit nyomozni, mint az egyes elemek milyenségét kipuhatólni. Ámde ha ugyanazon fémnek különféle sóit színeképileg elemezzük, meglepetésünkre azt vesszük észre, hogy mindig ugyanazon csíkok tűnnek elő. Például a chlór-calcium, bróm-calcium, jód-calcium, salétromsavas mész, szénsavas mész sat. színeképei tökéletesen megegyeznek a tiszta calcium (mészény) színeképeivel. Általában a fémvegyületek mindig csak az illető fém színes csíkjaít tüntetik elő; a nemfémi alkatrészek színeképei ellenben nem láthatók; jöllehet vegyületlen állapotban a nemfémek is jellemző csíkokat tüntetnek elő. Így a felhordott példában a chlór, bróm, jód, oxgyén- s nitrogén-gázoknak saját színeképeik vannak, (lásd a táblát) de a calcium színeképeivel egybevetve nem láthatók. Minek oka valószínűleg azon körülményben keresendő, hogy a nemfémek színeképei a fémek ragyogó csíkjaihoz képest igen bágyadtak. Az élénk benyomás elnyomja a nála sokkal gyöngébbet. Így például könnyen megeshetik, hogy a nátrium tündöklő sárga csíkja a vele egyidejűleg megjelenő gyöngébb világú fémi színeképet elnyomja, azaz láthatlanná teszi.

A mondottak szerint tehát *a színekép-elemzés a vegyületeknek csak fémi alkatrészeit mutatja ki, de ezeket könnyen és gyorsan felismeri*, minek horderejét különösen azok fogják kellően méltányolni, kiknek ama kényes és hosszadalmas munkálatokról némi fogalmuk van, miket a vegyész egy vagy más anyag kipuhatólása végett olykor foganatba venni kénytelen.

Eddigelé a földi fényforrásoknak kétféle színeképeivel ismerkedtünk meg. Jelesül ismerjük 1. *a folytonos színeképet*, minőt a fehér izzásig hevített szilárd és csepegős testek idéznek elő; és 2. *a csíkos színeképet*; milyent az izzó gázok nemzenek. Van azonban még egy *harmadik* neme a színeképeknek, mely az előbbi kettőnek egybevetése által származik és akkor szemlélhető, midőn valamely erősen izzó testre gyöngébben világító gázon keresztül tekintünk. Ez esetben a gáz színeképeivel együtt a mögötte levő fényforrásnak színeképe is előtűnik; de a mi különösnek látszhatik, a gáz színeképe visszásan mutatkozik, azaz csíkjai nem világosak, hanem sötétek. Például, ha a színekép-elemző készüléket élénken égő lámpa lángjára irányozzuk és közvetlen a műszer hasadéka elé konyhasóval telített borszesz-lángot állítunk, (ez utóbbi csaknem tisztán egynemű nátriumfényt áraszt) a lámpa-előidézte folytonos színeképben a nátriumláng sárga csíkja helyett *sötét* szalagot látunk. Itt tehát fény fény nyel párosulva sötétséget szül. Vannak ugyan esetek, midőn hang



R. H. Dugon 20

Különböző fényforrások SZINKÉPEI.

Sorrendben a Nap, Sirius, nátrium, strontium, caesium, rubidium, oxgyén, hidrogén, nitrogén, szén, jód, a pozitív és a negatív villansark szinképe.

hanghoz járulva néma csendet okoz, hogyha t. i. a találkozó hanghullámok ellentétes rezgései egymást megsemmisítik, minek következtében a levegő nyugalomban marad és a hang elhal. Vannak továbbá hasonló természetű fénytünemények is, midőn két fénysugár alkalmas találkozása folytán az éter nyugalomban marad; de az említett sötét csíkok egészen más okból származnak, minek végleges földerítését Kirchhoff-nak köszönhetjük. A nevezett tudós részint a maga és Bunsen társa kísérleteiből, részint egy elméleti tételből*) átalános következteté: miszerint *a gázok mindazon sugarakat, melyeket önmön maguk kisugározni képesek, ha más fényforrásból jönnek, elnyelik.*

Világosan kitűnik ez már Roscoe egyik kísérletéből is. Roscoe hidrogéngázzal telt üvegcsőbe kis darab nátriumot tön és elzárván a csövet, alsó végén a gyöngé izzásig hevíté. A képződött nátriumgőz a napvilágon nem volt észrevehető; azaz a cső tökéletesen átlátszónak és színtelennek mutatkozott. De midőn a csövet sötét szobában konyhasóval telített borszesz láng elé tartá, a nátriumgőz koromfekete átlátszatlan füstgomolyként tűnt föl és határozott árnyékot veté maga elé. Kirchhoff magyarázata szerint a csőben foglalt nátriumgőz, a borszesz lángban izzó nátriumgőznek fényét nem bocsátja keresztül, hanem visszatartja, máskép: *elnyeli.* A mit ugyancsak Kirchhoff még csattanósabban bebizonyított azáltal, hogy a nátriumgőzzel telt csövet a színekép-elemző készülék hasadáka elé állitá és a hevített csövön keresztül lámpafényt bocsátá, ekkor az utóbbinak különben folytonos színeképében sötét kettős csík mutatkozott ugyanazon a helyen, a hol máskor az izzó nátriumgőz kettős fényszalaga látszott. A nátrium gőze tehát ép azon törékenységű fénysugarakat nyeli el, miket izzó állapotjában maga kisugároz, a többi sugarakat ellenben változatlanul átbocsátja.

Hasonlóan, ha a lithium-tartalmu lángon keresztül napsugarakat vezetünk, a Nap színeképében a lithium piros csíkja helyén, feltűnő sötét vonal látszik, a mely tisztaságára nézve a legkiválóbb Fraunhofer-féle vonalokkal vetélkedik, de legott eltűnik, mihelyt a lángot eltávolitjuk. Kirchhoff és Bunsen ezenkívül még kimutatták, hogy a kálium, strontium, calcium és báryum fémek gőze szintén ugyanazon színárnyalatokat tartja vissza, melyeket az illető fémgőz izzó állapotban kisugározni szokott.

A rezgési elmélet értelmében a fény elnyeletése nem egyéb, mint az éterparányok rezgő mozgásának átruházása a sugár útjába

*) Ezen fény- és hősugarakra nézve egyaránt érvényes törvény, melyet Kirchhoff maga feltalált és bebizonyított, így hangzik: *A testek szín-sugárzó és elnyelő képessége, ugyanazon hőmérséklet mellett, minden testnél egy ugyanazon állandó viszonyban van.*

eső test parányaira; minden egyes parány főleg oly hullámokat fogván fel, melyeknek rezgései az övéivel egyidejűleg történnek. A szóban forgó fénytüneménynek az *egybezöngés* (resonantia) név alatt ismert hangtünemény felel meg.

Ha a zöngő hangvillát kellő hosszúságú nyílt csőnek vagy síp-
nak szájához illesztjük, a csőben foglalt levegő a villával együttesen zöng. De ez csak akkor fog bekövetkezni, ha a cső hossza a hangvilla-ébresztette léghullámok hosszának *megfelel*, azaz ha a csőben foglalt légoszlop a villával egyidejű rezgéseket tehet. Ellenben ha a rezgések nem egyidejűleg történnek, a cső sem fog megszólalni. Az első esetben t. i. a cső levegője a villa rezgéseit elnyeli, de legott ismétli, vele egyidejűleg hintáztat. Ellenben a második esetben a villa által keltett hullámzó mozgás a csövet további hatás nélkül keresztül járja.

Hasonló történik akkor, midőn a fénysugarak gőzök által elnyeletnek. A nátriumgőz parányai a fényforrás azon sugarainak rezgő mozgását veszik magukba, melyek a nátrium izzó gőzével egyezőleg rezegnek, tehát a színekben az ismeretes sárga fényszalagot idézik elő; a színek többi sugarait ellenben változatlanul át-eresztik.

Továbbá a nátrium vagy más fémgőz-gyakorolta fény-elnyelés annál szembeötlőbben mutatkozik, minél gyöngébb a fémgőz világító ereje, azaz minél alacsonyabb a hőmérséklete a fényforráséhoz képest. Azon esetre, ha a nátriumgőz hőmérséklete jóval alacsonyabb, mint a mögötte levő izzó testé: az elnyelt sugarak kissé fokozandják ugyan a fémgőz hőmérsékletét, a gőz tehát valamivel erősebb fényt árasztand, mint különben egy maga tehetné; de minthogy az elnyelt fény *minden irányban* kisugárzik, a színeképeket illető helyére kétségkívül kevesebb jut belőle, mint a mennyt a színeképe többi részei a fényforrástól nyernek. Innen magyarázható, hogy a közös színeképen *sötét* csík jelentkezik, ámbátor ez tulajdonképen csak gyöngébben világító *fényszalag*, mely azonban a teljes színeképe ragyogó fényéhez képest feketének látszik.

Hogy a fényes nátriumcsík elsötétedése csakugyan a fénybenyomások kirívó *ellentétességéből* (contrast) származik, kétségtelenül kitűnik a következőkből. Ha a fény-elnyelő nátriumgőz hőmérsékletét annyira fokozzuk, hogy világító ereje a másik fényforrást megközelíti, pl. ha a Drummond-féle fény mellé, mely, mint tudjuk, folytonos színeképet idéz elő, a Bunsen-féle gázlámpát alkalmazzuk, melynek forró lángjában konyhasót pároltatunk el: akkor az említett sötét vonal nem fog a színeképen előtűnni, jóllehet a nátriumgőz most is elnyeli a másik fényforrás megfelelő sugarait ép úgy, mint az imént

elnyelte; de mivel a jelen esetben a nátriumgőz hőmérséklete, következésképp világitó ereje is, tetemesen gyarapodott, az éles contrast megszűntével a sötét csík is eltűnik. Sőt azon esetben, ha a nátriumláng világitó ereje a másik fényforrását meghaladja, a színképen nem hogy sötét vonalat, hanem ellenkezőleg a nátrium ragyogó csíkját láthatni. Szóval a nátriumgőz hatása valamely fényforrás színképére egyes egyedül a gőz hőmérsékletétől függ. Ugyanez áll a többi fémgőzökre nézve is.

Ha tehát valamely élénken izzó szilárd vagy csepegős testet alacsonyabb hőmérsékletű gázok vagy gőzök környeznek, az izzó test folytonos színképében fekete vonaloknak kell taláztatniok és pedig ugyanazon helyeken, hol a gőzök színes csíkjai mutatkoznának azon esetben, ha e gőzök maguk világoálnának. Viszont oly világitó test, melynek hézagos — azaz sötét vonalokkal barázdált — színképe van, szükségkép gázoktól környezett szilárd vagy csepegős test. E gázok milyenségét pedig a sötét vonalok viszonyos fekvéséből ítélhetjük meg.

És ezzel a Fraunhofer-féle vonalok eredetét borító fátyol is föllebbent. Tudjuk, hogy a Nap színképét sötét vonalok szelik át, azaz a Nap színképe is a hézagos színképek sorába tartozik. Miből Kirchhoff joggal következtet: 1. hogy a Nap magva hevesen izzó, szilárd vagy csepegős test, melynek tiszta fehér fénye egymaga folytonos csorbulatlan színképet idézne elő, a hogy ezt pl. a fehérén izzó platinahuzalnál tapasztaljuk. 2. De a Nap tüzes magvát valamivel hidegebb, ámbár izzó gőzök és gázok környezik, melyek egymaguk fényes csíkokból álló színképet nemzenének. E csíkok ugyanazon helyeken mutatkoznának, hol a Nap színképében a Fraunhofer-féle vonalok látszanak.

De még jobban bámult tudós, nem-tudós világ egyaránt, midőn Kirchhoff azon földi elemeket is meghatározá, melyek a Nap kérgében, tehát 20 millió mérföldnyi távolban tőlünk izzó gáz állapotban taláztatnak. E végből a földi elemek csíkos színképeit a Nap színképével összehasonlítá.

Mindenek előtt azonban a Fraunhofer-féle sötét vonalok helyzetét kelle kimerítőbben meghatároznia. Mert tudnivaló, miszerint Fraunhofer e vonalok közül csak körülbelül 400-at mért meg pontosan. Kirchhoff, ki ebbeli észleleteibe majd hogy belevakult, több mint 3000 sötét vonal fekvését határozá meg. E vonalokat azután a különböző vegyelemek izzó gőzének színképével összehasonlítván, következő eredményeket talált, mikhez kiegészítésül más természetbuvárok idevágó észleleteit is hozzákapcsoljuk.

Már Fraunhofer észrevehé, hogy az ő általa *D* betűvel jelölt

kettős vonal pontosan összevág a nátriumláng előidézte kettős csíkkal. A vasgőz nagyszámú színes csíkjai közül Kirchhoff 60-at, később Angström, Thalén, Huggins, Roscoe és mások 400-nál többet vizsgáltak meg és valamennyire nézve hasonlót tapasztaltak, mint a nátriumcsíkra nézve. T. i. ugyanazon a helyen, ahol a vasgőz valamelyik színes csíkja mutatkozik, a Nap színképében sötét vonal vehető észre, és minél tündöklőbb az előbbi, annál feketébbnek mutatkozik az utóbbi. Különösen érdekes volt, — ugymond többi között Kirchhoff — azon anyagok színképeit megvizsgálni, melyek földünkön igen elterjedtek és egyszersmind feltűnő színes csíkokat idéznek elő; ilyenek az említett nátriumon kívül a calcium és magnesium. Való ugyan, hogy e témekek színképei aránylag kevés csíkból állanak, ámde ezen csíkok úgy mint a velők összevágó sötét vonalok igen tisztán s élesen tűnnek elő, minéltogva egybeesésöket a legszabatosabban megvizsgálhatjuk. A mihez még azon kedvező körülmény is hozzájárul, hogy az említett csíkok egyes csoportokat képeznek; már pedig az ilyeneknek a sötét vonalokkal való összevágását pontosabban lehet megítélni, mint egyes magános vonalok egybeesését. Hasonló áll a chromról is, melynek feltűnő csík-csoportja szintén összevág a Fraunhofer-féle vonalok egyik szembetűnő csoportozatával.

Ugyaníly módon sikerült még más elemi anyagok színes csíkjaíró, többi közt a báryum, réz, horgany, nickel és kobalt nevű fémek és a hydrogégáz élénkebb csíkjaíró is kimutatni, hogy bizonyos sötét vonalokkal összeváganak.

A színes csíkok és a Fraunhofer-féle vonalok ezen összevágásából az előadottaknál fogva szükségképek következik, hogy az elősorolt elemek a Nap burkában izzó gáz állapotban találtnak; máskéülönb a fényes csíkok és a sötét vonalok egybetalálása mérőben megfoghatatlan volna. Csakugyan, ha megfontoljuk, hogy már magának a vasgőznek körülbelül 400 színes csíkja tökéletesen összetalál a Nap színképének sötét vonalaival, ezt esetlegességnek nem tulajdoníthatjuk, hanem kénytelenek vagyunk elismerni, hogy a főntebbi következtetés igen valószínű; hiszen matematikai bizonyosságról semmiféle természeti törvénytél úgy sem lehet szó.

A netalán még hátramaradt vagy felmerülő kételyeket győzedelmesen eloszlatta az 1868. évi augusztus havi teljes Napfogyatkozás.

Ugyanis képzeljük, hogy a Nap tüzes magva hirtelen eltűnék, ott hagyva maga után izzó burkolatát. Már ha a Kirchhoff elmélete helyes, úgy az elébb sötétekeknek tapasztalt vonalok szükségképek színes csíkokká változnak át. Teljes Napfogyatkozásor földünk

kísérője, a Hold teljesen eltakarja a Nap gömbjét és ennél fogva az utóbbiból felénk lövellt sugarakat is elfogja előlünk. A kérdés tehát: vajjon a teljes elsötétüléskor a Hold korongja a Nap *légkörét* is eltakarja-e? vagy ha nem fűdi el teljesen és a Nap légkörének világossága részben észlelhető, vajjon ez esetben a sötét vonalok csakugyan színes csíkokká változnak-e?

A különböző névelt nemzetek részéről kiküldött természettudósok mindannyian egyezőleg jelenték, hogy a teljes elsötétülés pillanatában a Hold korongja szélén a Nap gáztengerének piros lánghullámai (protuberantiák) tűntek elő, sajátságos alakban övezve körül a sötét Holdat és imitt-amott hatalmasan kiemelkedő lángoszlopokat alkotva. Az éjszakkémet küldöttség photographiai szakosztályának sikerült e protuberantiák négy fényképét elkészítenie, úgy hogy most már mindenki saját szemével meggyőződhetik az említett lángok létezéséről.

Az angol és francia észlelőknek az idő jobban kedvezett és így módjuk volt a protuberantiák *színképét* is megvizsgálni. E vizsgálatból kiderült, hogy a Nap színképének azon helyein, hol máskor a *B, C, D, E, b, F, G*-vel jelölt Fraunhofer-féle vonalok mutatkoztak, most színes csíkok tűntek elő. Az úgynevezett protuberantiák tehát izzó gázokból és gőzökből állanak, és különösen nagy mennyiségű hidrogéngázt foglalnak magukban, mert ez utóbbi légnem kiválóbb csíkjai közül az egyik a *C* vonal tözsomszédságába, a másik *F* vonal helyére esik.

Kirchhoff elmélete tehát nemcsak a Fraunhofer-féle vonalokról helyes magyarázatot adott, hanem egyszersmind nagy valószínűséggel kimutatta, hogy a Nap kérgében egyéb ismeretlen anyagokon kívül *vas, calcium, magnesium, chróm, nickel, kobalt, réz, cink, báryum, nátrium* különösen pedig roppant mennyiségű *hidrogén* található izzó légnemű állapotban.

És ezzel odáig értünk, hol a színkép-elemzés a csillagászat avatott segédeként lép föl. Vessünk tehát mi is egy pillantást a csillagok rengeteg világába; ismerkedjünk meg legalább nagyjában a legujabb fölfedezésekkel, miket a színkép-elemzés ügyes alkalmazásának köszönhetni. A mérész röptű tudomány messze-messze túlvisz ama távoli határokon, melyeket az előre törő emberi szellem ez ideig túlszárnyalhatlan korlátoknak tartott. Kísértsük meg és kövessük haladását.

Mindenekelőtt szóljunk a hozzánk legközelebb álló *Hold* és azután naprendszerünk *bolygóinak* színképeiről. Ha igaz az, hogy a nevezett égi testek saját fénynyel nem bírnak, hanem csak annyiban világítók, a mennyiben a Naptól nyert fényt visszavetik; akkor

színképeik a Nap színképétől lényegileg nem különbözhetnek és a netán mutatkozó eltérések azon körülménynek rovandók fel, hogy a Nap fénysugarai a visszaverődés alkalmával, vagy tán akkor, midőn a nevezett égi testek légkörét átjárják, némi változást szenvednek.

A Hold színképe Huggins és Miller vizsgálatai szerint csakugyan a legtökéletesebben öszhangzik a Nap színképével. Mint-hogy a Hold színképében a Fraunhofer-féle vonalokon kívül semmiméjű jellemző sötét vonalok nem találhatóak, joggal következtethetni: hogy a Holdnak nincsen légköre; a mit különben a csillagászok már régebben sejtítettek, mivel csillag-födözések alkalmával, midőn valamely csillag a Hold korongja mögé kerül és az utóbbi által elfödetik, ennek szélén soha sugártörést nem tapasztaltak.

A mi a bolygókat illeti, *Mars*, *Jupiter* és *Saturnus* színképében szintén megvannak a Fraunhofer-féle vonalok, de ezeken kívül azon úgynevezett földi sötét vonalok is láthatók, melyek a Nap színképében légkörünk nedvességi állapota szerint hol nagyobb, hol kisebb számmal mutatkoznak. Sőt a Jupiter színképének vörös részében még egy jókora fekete csík látható, mely a földi légköri vonalok egyikével sem vág össze. Ugyanez áll a Saturnusról is, melynek színképe jóval halványabb mint a közelebbi bolygók színképei. E szerint a nevezett bolygónak is van légkörük, szintúgy mint földünknek. Vajjon ezen légkörök hasonlóan vízpárákat vagy tán más valami anyagot tartalmaznak-e, mely a színképből hiányzó fénysugarakat elnyeli, azt még egyelőre eldönteni nem lehet. A *Venus* tündöklő színképében a Fraunhofer-féle vonalok igen tisztán szemlélhetőek; de a légköri sötét vonalok nincsenek meg. Ebből azonban még nem következik, hogy a nevezett bolygónak légköre sincs; mert csillagfödözések alkalmával a Venus karimája szélén sugártörést észlelték, a mi pedig légkörre mutat. Meglehet, hogy e légkörnek fény-elnyelő képessége aránylag kisebb mint a többi bolygóké és ezért nem vehető észre.

De különösen nevezetes és valóban meglepő az Uranus színképe, melyet legújabb időben Secchi vizsgált meg. Szerinte e színképen két széles fekete csík mutatkozik, egyik a spectrum zöld, másik a zöldeskék részében; a sárga szín egészen hiányzik, a vörösből is csak kevés látszik, s a színkép végei szintén homályosak. Az egész spectrum tehát oly formán tűnik elő, mintha a Nap sárga sugarai végkép kivesztek volna. Mikép magyarázható e különös tünemény? vajjon a nátrium-gőznek tulajdonítandó-e, melynek csíkja, tudomás szerint, épen a hiányzó részbe esik, vagy talán e bolygó saját fényt áraszt, miután színképe a Napétól egészen elüt, vagy tán

még nem tömörült meg, hanem alakulási korát éli csak, melyen a közelebbi bolygók már átestek? Mindezen kérdésekre csak újabb kitarató észleletek adhatnak határozott választ.

Az *álló* csillagok, habár nem ötlenek annyira szemünkbe és végtelenül távolabb vannak tőlünk, mint a Hold és a bolygók, mégis mint eredeti azaz tulajdon fényükben tündöklő tényforrások belső mivoltukról többet sejtetnek, mint a kölcsönzött fényvel világító bolygók. A távcsövekhez azonban e tekintetben hasztalan folyamodnánk; mert a legnagyobbszerű, legtökéletesebb ilyenmű látszerekben is az álló csillagok csak egyszerű ragyogó pontokul tűnnek föl. A tudományos közvélemény az álló csillagokat már régóta megannyi napokul tekinti. Mindegyiknek megvannak az őt környező és tőle függő bolygói. De e vélemény eddigelé csakis hasonlatosságon alapult; azaz pusztá föltevés, hypothesis, volt; mivel a közvetlen szemlélet e távoli fénypontok mivoltáról tudomást nem adott. A színekép-elemzés végre meghozta a régóta várt híreket és mai nap már képesek vagyunk az álló csillagok színeképeiből belső természetök némi jeleit kibetűzni. E célra a csillag fényét hatalmas távcső által öszpontosítani és a nyert fénypontot hengerded üveglencse által keskeny *fényvonallá* kinyújtani szükséges. Az ekkép származott sugárnyaláb keskeny résen keresztül a színekép-elemző készülékbe jut, melynek főalkatrészei már ismeretesek. Ezenkívül még szükséges, hogy a távcső a vele összekapcsolt spektroskop-készülékkel együtt a csillag látszólagos mozgását pontosan kövesse, a mit egy óramű eszköz, mely a távcsövet odább mozgatja.

Ama száznál több álló csillag közül, miket eddig Secchi, Huggins és Miller színeképíleg megvizsgáltak, három ritka szép csillagot szemelünk ki, kitűnő képviselőit azon három főrendnek, melyek keretébe, néhány nevezetes csillagot kivéve, a többiek is sorozhatók.

Az első rendet az általánosan ismeretes *Sirius* képviseli. Ez valamennyi álló csillag közt a legfényesebbik, és mindamellét oly roppant messze vagyon tőlünk, hogy a fénye csak tizennégy meg egytized év alatt jut el földünkre. Jóra való színeképi készülékben e csillag élénk színeképet idéz elő (lásd a tábla 2-dik képét), melyben úgy mint a Nap színeképeben számos sötét vonal látható. De e vonalok közül (mint a kép is mutatja) kevés egyezik meg fekvésére és szélességére nézve a Fraunhofer-féle vonalokkal. E szerint a *Sirius* csak annyiban hasonlít a Naphoz, a mennyiben ő is izzó magból és fénylő gázburokból áll, mely utóbbiban számos vegy-elem foglaltatik gőz állapotban, de ez elemek csak részben azonosok a Nap kérgében foglalt anyagokkal.

A színképi észleletek és velök összekapcsolt pontos mérések a *Sirius* csillag kérgében nátrium-, magnésium-, vasgőzt és kiválóan hidrogéngázt mutattak ki. Ez utóbbi, mint tudjuk, ugyanaz a gáz, mely a Nap kérgében a hatalmas protuberantiákat okozza. A többi — látszólag ismeretlen elemektől — származó sötét vonalok pedig, a milyek úgy a Sirius, mint a Nap színképében nagy számmal előfordulnak, részben azon vegyületektől származhatnak, melyek a nevezett csillagok gázkörének külső hidegebb részeiben képződnek, hol az alacsonyabb hőmérséklet mellett a vegyvonzás már erőre kap és hatni képes.

A Nap*) és a Sirius a fehér fényű égi testekhez tartoznak. De vannak csillagok, még pedig feles számmal, melyek részint piros, részint sárgás, részint kékés fényben tündökölnék. E különféleség okát a legújabb időkig nem tudták megmagyarázni; hanem egyszerűen föltételezték, hogy a különböző égi testek különböző színű fényt árasztanak. A fáradhatlan Secchi megfejté a talányt.

Nézete szerint valamennyi csillag eredetileg fehér fényt lövel ki magából, de miután a gáznemű burok bizonyos törekenységű sugarakat elnyel, az utóbbiak nem juthatnak el hozzánk, minék folytán azután a színképben az ismeretes sötét vonalok támadnak. Secchi csakugyan saját észleletei alapján kimutató, hogy mindazon csillagok, melyeknek sötét vonalai a színképet egyenletesen lepik el, fehér fényben tündökölnék. Ezeknél t. i. a színkép különböző részei körülbelül egyenlő veszteséget szenvednek; következésképp egyik szín sem vergődik túlhatalomra. Ellenben, ha a sötét vonalok a csillag színképének valamelyik — akár piros, akár kékés — részében aránylag nagy számmal tűnnek elő: a csillag e visszatartóztatott sugarak hiánya miatt színesnek látszik, t. i. azon színben fénylik, mely kevesebb csorbát szenvedett. Ezért ha a színkép-elemző készüléket kékés fényű csillagra irányozzuk, eleve tudhatjuk, hogy a színkép piros részében jó széles fekete csíkok mutatkoznak; ellenben, ha pirosas csillagot veszünk szemügyre, meglehetünk győződve, hogy a sötét vonalok kiválóan a színkép kékés részében jelentkeznek. Az észleletek e föltevést valóban igazolták is; a magyarázat tehát helyesnek mondható.

Sirius csillagról lévén a szó, még egy érdekes fölfedezésről kell megemlékeznünk, mely bizonyos tekintetben a színkép-elemzés minden eddigi vívmányait túlszárnyalja.

Már régebben, midőn Bunsen és Kirchhoff a színkép-elemzést éppen fölfödötték volt, tudományos körökben azon sejtelen merült fel,

*) Némelyek a Napot a sárgás csillagok közé sorolják és négy rendbeli csillagokat különböztetnek meg.

hogy majdan, ha a csillagok színekpi vonalainak viszonyos fekvését pontosan megmérni sikerül, lehető lesz azt is meghatározni, vajjon bizonyos csillag közeledik-e földünkhöz, vagy eltávozik-e tőle? Mert mennyiségtanilag bebizonyíthatni, hogy az első esetben, midőn a csillag felénk közeledik, az összes színekpi vonalok szükségkép a színekp vörös széle felé tolódnak egy kevéssé; ellenben a második esetben, midőn a csillag tőlünk eltávozik, a színekpi sötét vonalok az ellenkező irányban, azaz a színekp kékes vége felé nyomulnak. Már ha e félre tolódás valóban észrevehető és megmérhető, akkor a színekpi észlelések által arról is meggyőződhetünk: közeledik-e a csillag felénk, vagy távozik-e tőlünk; és mennyivel közeledik vagy távozik? E szép gondolat azonban hat éven át gyümölcstelen maradt; végre 1867-ik évben Secchi, majd Huggins megkísérték foganatosítását. Secchinek észleletei ugyan pozitív eredményt nem szolgáltatottak; de annál szerencsésebb volt Huggins, ki finomabb vizsgáló szerekkel rendelkezvén, színekpi észleletei és mérései alapján kiszámítá, hogy Sirius másodpercenként hetedfél (6.5) mérföldnyi sebességgel távolodik el tőlünk.

Az álló csillagok második rendjét az Orion csillagzat *Beteigeuze* nevű csillaga (másképp *α Orionis*) képviseli. Fénye vöröses; de nem állandó, hanem koronként változó, az az hol növekedő, hol csökkenő. E fényváltozásokról a színszóró hasáb igen érdekes felvilágosításokat adott.

A szóban forgó csillag színekpében a sötét vonalok *öt* sűrű csoportban tűnnek elő, és miután kiválóan a színekp törekenyebb azaz kékes részét sötétítik el, nem csodálhatni, hogy a csillag pirosas fényűnek látszik. Nevezetes azonban, hogy azon néhány év alatt, a mióta, e csillag színekpét vizsgálják, sötét vonalai az észlelők egyező tapasztalata szerint megváltoztak. Minthogy e vonalok itt is úgy, mint más égi testeknél a burookban elpárolgó anyagokat jelzik: a színekpi vonalok megváltozása csak úgy magyarázható, hogy az említett csillag gázkörében bizonyos vegyanyagok koronként eltűnnek, minek folytán a csillag fénye is szükségkép megváltozik. Magukat ez elemeket egyébiránt nagyobbára nem ismerjük. Annyit még is tudunk, hogy e csillag légkörében nátrium, magnésium, calcium, vas és wis-muth-gőzök vannak. Különösen pedig jellemző rá nézve a *hydrogégáz hiánya*: e légnem t. i. a másik két rendbeli csillagokon bőven előfordul.

A harmadik rendet a *Bika* csillagzatba tartozó *Aldebaran* képviselheti. Fénye még pirosabb, mint az előbbié. Habár színekpét a sötét vonalok nem lepik el oly tömeges csoportokban, mint az Orion (*α*)-ét, de a sárga, zöld és kékes részben mégis igen sok egyes

sötét vonal találtatik; miért is e színek háttérbe szorulnak, és a vörös szín tulnyomólag érvényesül.

Az Aldebaran légkörében is sok oly vegyelem párolog, mely földön nem fordul elő, de van ott néhány ismeretes anyag is; jelesen nátrium, magnésium, vas, wismuth, tellur, antimon, higany és a mi különösen jellemző: tömérdek hidrogéngáz. Az utóbbi miatt e csillagot, mely egyébként inkább az Orion (α)-hoz, mint a Siriushoz hasonlít, külön rendbe kell sorozni.

A többi csillagok — a mennyiben eddig megvizsgáltattak -- a főntebbi három rendbe sorolhatók. A Siriussal rokon a *Nap*, továbbá a *Lant* és *Hattyú* csillagzatok legfényesebb csillagai. Az Aldebaranhoz hasonlók a *Czethal*, *Sárkány*, *Eridanus* és egyéb csillagképek csillagai. Orion (α)-hoz tulajdonságaikra nézve legközelebb állanak a *Herkules* nevű csillagképhez tartozó csillagok, melyek *hydrogén* hiányuk által tűnnek ki.

Ezen osztályozás különben csak ideiglen tartó; mert kétséget nem szenved, hogy idővel, a tudomány haladtával, más felosztás fog érvényre emelkedni. Így legujabban a Cassiopeja közelében három kisebb csillagot találtak, melyek az eddig megvizsgált csillagoktól egészen elütnek. Színképök t. i. fekete vonalok helyét *színes* vonalokat tüntet fel. E talány megfejtését a jövő kortól kell várunk.

A színkép-elemzés fölfedezései azonban még korántsem értek véget. Már régebben ismeretes tünemény, hogy koronként egyes csillagok hirtelen élénkebb fényben tündökölnek, s miután fényök bizonyos ideig napról-napra növekedett s tetőpontját elérte, csakhamar ismét csökken és a csillagok előbbi állapotjukba visszaesnek. Így 1866. évi májushó elején az éjszaki korona-csillagzatban váratlanul egy új csillag tűnt föl, melynek fénye napról-napra oly gyorsan növekedett, hogy már május 10-én a másodnagyságú csillagokéval vetélkedett. Huggins és Miller megvizsgálván a jövevény színképét, ezt két különböző színképből összetettnek találták. A fő színkép a Napéhoz hasonlított, azaz sötét vonalok által barázdált színes szalagot képezett; a másik színkép ellenben négy tündöklő színes csíkből állott. Az első színkép oda mutat, hogy e csillag, úgy mint a Nap, izzó magból és légnemű burokból áll; az utóbbi csak hevesen izzó gázoktól származhatott; még pedig a két legfényesebb csík helyzete szerint ítélve e gázok egyike hidrogén volt. A csíkok élénk fénye ezenkívül azt bizonyította, hogy a gázok a csillag magvánál jóval melegebbek, izzóbbak voltak. A csillag fénye azonban csakhamar ismét csökkent, elannyira, hogy május 24-én már a nyolczadnagyságú csillagok sorába süllyedt és csak távcsövel volt észlelhető; a fényes csíkok lassanként eltűntek, de a fő színkép megmaradt.

Mindezeket összevetve, föl kell tennünk, hogy a szóban forgó csillagon valamely hirtelen s nagy erőszakosan kitört forradalom következtében roppant mennyiségű hidrogéngáz fejlődött; ez más elemmel vegyülván meggyuladt, lángba borítá az égi testet és izzó tömegét még inkább áthevité. Elfogyván lassanként a hidrogén, a lángok hatályossága is csökkent, a csillag mindinkább kihült és elhalaványodott.

Most pedig a végtelen világűr azon tájaira vessük pillantásunkat, hol eddig a tudomány is, a rendelkezésére álló óriási távcsövek daczára, csak tétovázva bolyongott és pusztá sejtelmekkel beérte; szálljunk a világköd régióiba, hol William Herschel fölfedezései óta új látkör nyílt meg végtelen messze határokkal.

Hogyha a csillagos égboltozatot középerejű távcsövel vizsgáljuk, számtalan bágyadt fényű ködfoltot veszünk észre, melyek a csillagok ragyogó pontjaitól egészen elütnek és a csillagászok figyelmét már régebben magukra vonták. Kétséget nem szenved, hogy e ködfoltok nemcsak tőlünk, de egész tejút-rendszerünktől végtelenül messze esnek, elannyira, hogy ha e ködfoltokról néznők a rengeteg tejutat, ez az ő milliányi napjaival együtt szintén csak ködfoltnak látszanék.

A képzelet sebes szárnyú sas,
Elfárad mégis, mire odaér.

Herschel az ő óriási távcsöve segítségével e roppant távoli ködfoltok közül többeket hatalmas napcsoportokul ismert föl és bennök ezer meg ezer apró, de egymástól tisztán megkülönböztethető csillagot észlelt; a közben derengő kétes fény pedig azon sejtelmet kelté benne, hogy az valószínűleg tömérdek, tán milliányi, kisebb naptól származik, melyek roppant távolságuk miatt elkülönítve nem láthatók. E szerint azon ködfoltok, melyek hatalmas távcsöveken szemlélve napcsoportoknak, tejútnak bizonyultak be, csak *látszólagos* ködfoltok, valósággal pedig már megalakult világtestek-, kész világrendszerekül tekintendők.

De vannak a ködfoltok közt olyanok is, melyeket a leghatalmasabb távcsövek sem bírtak szétszedni. Igaz ugyan, hogy a látszerrek tökélyesültével mind nagyobb számú ködfoltokat sikerült szétbontani és csillagcsoportokul felismerni; de egyidejüleg még számosabb új meg új és finomabb ködfolt tűnt fel a láttérben; úgy hogy az utóbbi és az előbbi képződmények azonossága iránt méltán kételyek merültek föl.

Herschel véleménye szerint ama nagyszámú látszólagos köd-

feltokon kívül, melyek megalakult világokat képeznek, vannak *valóságos világködök* is, hol az ős anyag még eredeti állapotában ősi zürzavarban forrong és a melyek csak idővel, tán billió évek múlva, tömörülnek meg. A valódi ködfoltok tehát csak alakuló félben levő világok, melyek naprendszerünk multjának egyes korszakait, phasisait, tüntetik elő. Azonban e merész magyarázat — valószínűsége daczára — pusztá sejtelen maradt mindaddig, míg bizonyítékokra nem támaszkodhatott.

Az ötvenes években Ross angol lord egy új és az eddigieknél még nagyobb szerű csillagvizsgáló csövet szerkesztetett; de ez sem hozott újabb felvilágosítást. Mert jóllehet ezen óriási távcső számos, addig valódinak tartott ködfoltot szétbontott, kimutatva, hogy azok tulajdonkép összehalmozódott apró csillagok; de voltak másrészt oly ködfoltok is, melyek e hatalmas nagyító erőnek sem engedtek és ködös jellemöket állandóan megtarták. Sőt ezeken kívül még számos új, finomabb és furcsábbnál furcsább alakú ködfoltok tüntek elő. A kérdés tehát mind bonyolódottabbá lön.

A mit azonban az óriási teleskop egymaga nem bírt eldönteni, azt, szövetkezve a bár igénytelen külsejü, de rendkívül finom spectroscóppal, sikeresen megfejté.

A színképi vizsgálat csakugyan határozottan kimutatja a valódi és látszólagos ködfoltok közti *lényeges* különbséget. Az utóbbiaknak fényes színképök van, melyet sötét vonalok szelnek át, ép úgy mint egyéb csillagokét. Ellenben a valódi világködök gáznemű állapotát a színkép is elárulja, mert ebben sötét mezőn néhány *szines* csík látható, világos jeléül annak, hogy e ködök izzó gázok és még csak alakulási korukat élik.

Sőt az említett csíkok *eredetét* is részben ismerjük. Mert Huggins színképi vizsgálatai szerint eme tőlünk mérhetetlen távolban levő ropant tömegekben két igen közönséges anyag, u. m. hidrogén- meg nitrogén-gáz találtak.

A ködfoltokhoz hasonló természetű anyagból valók az eddig megvizsgált üstökösök is.

Az utóbb előadottakat röviden a következő pontokba foglalhatjuk össze.

1. *Az álló csillagok a Naphoz hasonló alkatú égi testek.*
2. *A csillagok oly elemi anyagokat is foglalnak magukban, melyek a Napban és Földünkön előfordulnak.*
3. *A csillagok színezete légkörük vegyi alkatától függ.*
4. *A változó csillagok közt egynéhánynak fényváltozatai a színkép sötét vonalainak megváltozásával vannak kapcsolatban.*
5. *A korona T jegyű csillagán észlelt fénytüncmennyek azt sejt-*

tekik, hogy e csillag physikai alkatában újabb időben jelentékeny változások történtek.

6. *Vannak valóságos ködfoltok: világködök, melyek izzó gázokból állanak.*

7. *Az üstökösök hasonnemű anyagból valók mint a ködfoltok.*

Ezek a színekép-elemzés eddigi eredményei, főbb vonásaikban vázolva.

Valóban, ha tekintetbe vesszük a kezdet sokféle nehézségeit, teljes méltánnyalattal kell a tudomány ez új ágának vívmányait elismernünk, bizton remélve, hogy a sokat ígérő kezdetet újabb, nagyobb-szerű felfedezések követendik.

ÁBEL KÁROLY.



Creative Commons License Deed

Nevezd meg! - Így add tovább! 3.0 Unported (CC BY-SA 3.0)

Ez a [Legal Code \(Jogi változat, vagyis a teljes licenc\)](#) szövegének közérthető nyelven megfogalmazott kivonata.

[Figyelmeztetés](#)



A következőket teheted a művel:

szabadon másolhatod, terjesztheted, bemutathatod és előadhatod a művet

származékos műveket (feldolgozásokat) hozhatsz létre

kereskedelmi célra is felhasználhatod a művet

Az alábbi feltételekkel:



Nevezd meg! — A szerző vagy a jogosult által meghatározott módon fel kell tüntetned a műhöz kapcsolódó információkat (pl. a szerző nevét vagy álnévét, a Mű címét).



Így add tovább! — Ha megváltoztatod, átalakítod, feldolgozod ezt a művet, az így létrejött alkotást csak a jelenlegivel megegyező licenc alatt terjesztheted.

Az alábbiak figyelembevételével:

Engedélyezés — A szerzői jogok tulajdonosának engedélyével bármelyik fenti feltételtől [eltérhatsz](#).

Közkinccs — Where the work or any of its elements is in the [public domain](#) under applicable law, that status is in no way affected by the license.

Más jogok — A következő jogokat a licenc semmiben nem befolyásolja:

- Your fair dealing or [fair use](#) rights, or other applicable copyright exceptions and limitations;
- A szerző [személyhez fűződő](#) jogai
- Más személyeknek a művet vagy a mű használatát érintő jogai, mint például a [személyiségi jogok](#) vagy az adatvédelmi jogok.

- **Jelzés** — Bármilyen felhasználás vagy terjesztés esetén egyértelműen jelezned kell mások felé ezen mű licencfeltételeit.