

## A világításról.\*

Korunknak egyik jelszava, »több világosságot«, nemcsak a szellemi, hanem az érzéki világban is napról napra inkább érvényesül. A több világosság követelése életünknek szellemi és érzéki szférájában sokoldalú vonatkozásban van egymással, sőt bármennyire paradoxonnak tűnjék is fel, kideríthető, hogy a kettő egymással valódi és okozatos kapcsolatban is van, és hogy egyik a másikat feltételezi. Felvilágosodott korunknak »papir-korszakában« ugyanis kelleténél jobban el van terjedve az az egyoldalú nézet, mintha az irodalom és az olvasás volna a helyes értelmi fejlesztésnek a legtökéletesebb, némelyek szerint és sokakra nézve talán kizárólagos eszköze. Olyan vén professzor mint én, tehetett olyan és annyi megfigyelést, hogy ezt a felfogást legalább az irodalom túlnyomó részének mai chaotikus könnyedsége, hogy ne mondjam, vétkes könnyelműsége mellett legalább is előítéletnek bélyegezzem. Kétségtelen, hogy az irodalomnak lelkiismeretesen megválogatott előkelő termékei hatalmas eszközei lehetnek a józan felvilágosodásnak, de nagy méretekben a sokaságra nézve ez többnyire csak oly föltételek alatt áll, melyek a valóságban legtöbbször nincsenek meg. Ezek a feltételek az olvasóknak helyes neveléssel fejlesztett józan ítélete és kritikai érzéke. Önök bizonyára értik, milyen nehéz föltételekről van itt szó, ha a társadalomnak nagy tömegére gondolunk.

Arra, hogy a mai irodalom papir-tengeréből az igazán jót, eredetit és igazat valaki kiszemelhesse, egyes szakmákban is csaknem egy emberélet komoly munkássága szükséges. De ha kiszemeltük, adjuk az ily módon megválogatott és igazán előkelő munkát tíz különféle egyén kezébe, kikben a fennvázolt előföltételek különféle módon és általában nem tökéletesen vannak meg. Képzeljük, hogy azokat a képeket és benyomásokat, melyek ezen kiváló munka olvasása közben a tíz egyénben előállottak, lefotografálhatnók. Tapasztalásom szerint mind a tíz fotogramm különböznék egymástól; és szép eredményről, szerencséről beszélhetnénk, ha a fotogrammok

\* Előadatott a Mária-Dorottya-egyesületben 1894 januárius 18-ikán.

közül egy-kettő kissé hasonlítana az eredetihez és 8—9-nél nem volna több a torzkép. A nagy baj nem is annyira az, hogy az az előítélet igen el van terjedve, hanem főképen az, hogy a tudós pedagógusok és a pedáns tanítók az iskolában és pedig az új nemzedék legzsengébb korában iszonyúan érvényesítik. Olyat és annyit meg úgy tanítanak és íratnak manapság a legjobb szándéktól áthatva a gyermekkel, hogy a tenger sok világosságtól megkáprázik a szeme és épen azokat a dolgokat nem látja, a melyeket legjobban kellene látnia.

De ne folytassuk ezt a sajnos témát, hanem lássuk, hogy a szellemi és érzéki világitás fokozásának szükségessége miképen kapcsolatos egymással a reális valóságban. Hat éves korától fogva a gyermek az értelmi felvilágosodás »fő eszközével«, az olvasással, írással és tanulással, zsúfolt rossz levegőjű és rosszul világitott helyiségben görnyedve és agyát egyoldalúlag fárasztva tölti életének azt a részét, melyben a természet törvényei szerint értelmén kívül izmainak, érzékeinek és megfigyelő tehetségének kellene első sorban kifejlődni.

Miként történik mindez, annak fejtegetése nem tartozik ide, de saját tapasztalásomból is elmondhatok annyit, hogy mikor a 12 éven át felvilágosított fiatalság e tanteremben a további felvilágosítás érdekében buzgósággal beiratkozik, arra a kérdésre, hogy jól lát-e, körülbelül 90%-a azzal válaszol, hogy »közellátó vagyok«. Még a klaszikus világ embereiről, a kik pedig talán a maguk nemében szintén felvilágosodottak voltak, azt állítják, hogy a Jupiter holdjait szabad szemmel látták, mostanában pedig a szünetnélküli felvilágosodás következtében a legtöbb felnőtt ember a steeringyertya világitásánál szemüveg nélkül nem tudja az újságot elolvasni. Igaz, hogy az újságok többnyire nem a felvilágosodás szellemétől követelt papíron és betűkkel vannak nyomva és ezért csak »több világosságot« követelnek. Ime az egyik kapocs, mely a szellemi felvilágosodás fokozását az érzéki világitás fokozásának szükségességével összeköti.

De térjünk át tulajdonképi tárgyunkra.

Előadásom tárgyául a világitás kérdését nemcsak azért választottam, mert egyáltalában fontos, hanem mert jelenleg az új világitási rendszerek alkalmazásával közérdekű, és tudományos szempontból is igen tanulságos. Természetes, hogy e terjedelmes kérdésnek apróbb részleteibe nem bocsátkozhatom, hanem csak arra kell szorítkoznom, hogy az eddig használatban levő világitási módoknak chemiai és fizikai mivoltát ismertessem meg önökkel.

Mielőtt az elektromosság szerepelt volna, a mesterséges világitás alapját kizárólag az égési folyamatok tették. Az égés alatt, mint önök jól tudják, közönségesen azt a chemiai folyamatot értjük, mikor

az éghető anyagok bizonyos hőfokra fölmelegítve, a levegőben foglalt oxigénnel hő- és fényfejlesztés kíséretében egyesülnek. Mindenekelőtt tehát tisztába kell azzal jönnünk, hogy mik a levegő főalkatrészei. E végből egy vizen úszó kis porcelláncsészében gyújtunk meg egy darabka phosphort és borítsuk le az égő tömeget egy nagy üveg-haranggal. Az égő phosphor a magas hőmérséklet következtében elpárolog és gőze égés közben a levegőnek oxigénjével fehér por-alakú testté egyesül, mely finomul el lévén a levegőben oszolva, a harangot erős fehér füsttel tölti be. Ez rövid idő múlva a vízben feloldódik és ekkor egy szintelen gáz marad vissza; ez körülbelül  $\frac{1}{5}$  részét teszi a harang levegőtartalmának, a melynek  $\frac{1}{5}$  része az égéskor eltűnt. Ez az  $\frac{1}{5}$  rész volt az *oxigén*, a mely a phosphorral egyesült. A visszamaradt gázba bármiféle égő testet belemártok, az benne kialszik, ez tehát az égő testek alkotórészeivel nem képes egyesülni, vagy, mint röviden, kifejezik az égést nem táplálhatja. Ez a gáz az, a melyet *nitrogén*-nek neveznek, és chemiai tekintetben egészen közönyös. A levegőnek öt térfogata tehát egy térfogat oxigénből és négy térfogat nitrogénből áll. A levegőben történő minden égéskor csak az első egyesül az égő anyaggal, az utóbbi pedig semmi részt sem vesz a chemiai folyamatban, hanem mindenkor változatlanul marad vissza. A levegőben e két főalkatrészen kívül még csekély mennyiségű vízpára és elenyésző kevés szén-sav is van, melyek azonban az égés folyamatában szintén nem szerepelnek.

Lássuk most, mik az égés tünetényének leglényegesebb feltételei. Látták előbb, hogy a phosphor úgy égett el, hogy a levegővel érintkezett és hogy meleg testtel érintve, legalább egy pontján bizonyos magasságú hőfokra, a gyulás hőfokára fölmelegedett. Ez a két feltétel, tudniillik az éghető testnek közvetlen érintkezése az oxigénnel s másrészt a gyulás hőfokára való fölmelegítés, az, a mit közönségesen meggyújtásnak mondunk, mindenféle égésnek a leglényegesebb két feltétele. Ha ezek egyidejűleg megvannak, akkor az égés minden körülmény között előáll, és hacsak az egyik hiányzik, az égés kimarad. Igen könnyen meggyőződnek erről, ha egy darabka phosphort a levegőre kiteszek, itt az oxigénnel való érintkezés megvan, de a phosphor még sem ég, mert a phosphornak a hőmérséklete, mintegy  $20^{\circ}$  C., holott a gyulási hőmérséklete  $60^{\circ}$  C. körül fekszik. Viszont, ha a phosphort  $70$ — $80$  C. fokú vízbe dobom, az edény fenekére száll és ott megolvad, de nem éghet, mert itt meg az oxigénnel nem érintkezhetik. Abban a pillanatban azonban, mikor az így fölmelegített phosphorhoz egy üvegcsövön át oxigéngáz vezetek, úgy hogy az egyes gázbuborékok vele érintkezessenek, mint látják, a phosphor a víz alatt is vakító fényvel ég el.

A világításra eddig használt éghető anyagok a különféle zsírok voltak, mint az olajok, a faggyú, és a belőle készült stearin, a viasz, a petróleum és a világító gáz. Mindezek az anyagok olyan vegyületek, melyek szénből és hidrogénből állanak, a zsírokban pedig kívülök igen kevés oxigén is fordul elő. Hogy mindezekről meggyőzzem önöket, megismertetem röviden a módszereket, melyekkel a chemikus e alkotórészek jelenlétét a vegyületekben bebizonyítja.

A hidrogén szintelen gáz, a mely közönséges hőfokon az oxigénnel nem egyesül; ha azonban ezt a gázt, a melyet alkalmas készülékből finom nyílású csövön hagyok kiáramolni, gyújtófavá meggyújtom, alig látható, mert nem világító lánggal ég el. Ha a lángot nagy üvegtékében hagyom égni, mint látják, a teke hideg falaira vízharat rakódik le. Ez onnét származik, mert égéskor a hidrogén a levegő oxigénjével vízzé egyesül, csakhogy a láng magas hőmérséklete miatt gőzalakú, és így nem látható; de láthatóvá válik, mihelyt a lombik hideg falain lehülve, harat alakjában jelenik meg.

Ha drótra erősített faszéndarabot, meggyújtva, oxigéngázzal telt lombikba állítok, mint látják, itt fényes izzással ég el és a szén látzólag eltűnik. Égés közben a szén az oxigénnel egyesült az úgynevezett szénsavgázzá, melynek az a sajátsága, hogy mésvízzel összevázva, vele calciumcarbonáttá, a kréta anyagává vegyül, mely a vízben oldhatatlan finom csapadék alakjában válik ki, s így a vizet tejszerűen zavarossá teszi.

Ismételjük most ezt az egyszerű kísérletet valamely világításra szolgáló anyaggal, például stearyertyával, vagy a világító gázzal. Ha ezeket meggyújtva, nagy üveglombikban hagyjuk egy darabig égni, látjuk, hogy az edény falaira harat rakódik le, és a lombikban levő gáz a mésvízet, vele összevázva, megzavarosítja. Ez bizonyítja, hogy a stearin anyagának és a gáznak alkotórészei a hidrogén és a szén. A hidrogén elégésekor vizet adott, a szén pedig szénsavat. Ugyanezt tapasztalnék, ha az előbb felsorolt világító anyagok bármelyikével ismételnék a kísérletet. A chemiai bizonyításokhoz nem lévén szokva, önök talán mégis kételkedhetnének, hogy a szintelen világító gáznak egyik alkotórésze lehet a fekete szén. Hogy pedig ez valóban így van, kézzelfoghatólag bebizonyíthatom egy másik kísérlettel. Ebben az üveghengerben a világító gáznak egyik fontos elegyrésze, az aethyléngáz van chlörgázzal keverve. Ha a keveréket meggyújtom, a lánggal égő elegyből fekete koromfelleg emelkedik fel. E kísérletben a chlór a gáznak csak hidrogénjével egyesült, a szén pedig oxigén hiányában nem éghetett el, mint az előbbi példákban, hanem szabad állapotban vállott ki, és így eredeti sajátságai észlelhetők.

Ezzel bebizonyítottuk, hogy a közönséges világító anyagok elemi alkotórészei a hidrogén meg a szén, melyek elégéskor a levegő oxigénjével egyesülve, vizet és szénsavat adnak és ekként a világító anyagok égési folyamatának anyagi részével tisztába jöttünk. De bennünket különösen az érdekel, miért világítanak ezek az anyagok elégéskor.

Ennek megértése végett figyeljék meg jól a következő kísérletet és a belőle vonható következtetést. Itt látnak egy vastagfalú keskeny üveghengert, melynek az alsó vége be van zárva; a hengerbe jól beleillő dugó tolható be a rúd segítségével, melynek végére a dugó van felerősítve. A dugó végén levő horogra egy kis durranó gyapotot tesztek, és most a dugót nagy erővel és gyorsan betolom a hengerbe, úgy, hogy a hengerben foglalt levegő térfogatának gyorsan mintegy tizedrészére összeszoruljon. E közben, mint észreveszik, a durranó gyapot meggyulad és fényes lánggal lobban fel. Ennek a tűneménynek magyarázatára elfogadták, hogy a gázoknak, és így a hengerben foglalt levegőnek legkisebb részei, úgynevezett molekulái, a gáz hőmérsékletétől függő és haladó mozgásban vannak. A gázoknak ezt a sajátosságát a mechanika nyelvén röviden úgy fejezik ki, hogy mozgási energiájuk van. A részek e mozgása következtében a molekulák az edény falaihoz és így a dugóhoz is ütköznek, a mely ütközéseknek számtalan ismétlődése az, a mi a gázok nyomását eredményezi. Ez a nyomás okozza az ellentállást, mikor a levegőt a hengerbe össze akarjuk szorítani. Ha elég nagy külső energia felhasználásával ezt a nyomást legyőzzük és a gázt rögtön kisebb térre szorítjuk össze, az egész külső energia átmegy a gáz részecskéire és mozgásuk energiáját, tulajdonképen sebességét szaporítja. Ekkor a gáz részecskéi iszonyú sebességgel mozogván, hevesen egymáshoz ütköznek és egymással sűrűlődnak; ennek pedig következménye, hogy a gáz részeire kívülről átvitt egész energia, mint minden más esetben, az ütközés és sűrűlódás miatt hőenergiává változik, mi abban nyilvánul, hogy a gáz megmelegsik, azaz hőmérséklete fölemelkedik. Fennebbi kísérletünk ezt határozottan bizonyítja; a durranó gyapotnak gyuláspontja ugyanis 90—100° fölött van, a levegő gyors összenyomásakor meggyuladt, a levegő hőmérsékletének ezen a hőfokon túl kellett emelkedni.

Egészen hasonló módon képzelhetjük el a chemiai folyamatokban, tehát az égés folyamatában is a hő létesülését; csakhogy ezekben nem szükséges kívülről energiát alkalmaznunk. Mikor a hidrogén meg az oxigén egymással vízzé egyesül, akkor azt a munkát, a melyet előbbi kísérletünkben a levegőnek összenyomására karom izmai végeztek, az az energia szolgáltatja, a mit chemiai rokonság-

nak neveznek. A hidrogén égésekor a vonzás energiája, mely a hidrogénnek és az oxigénnek atómjai között működik, a részeknek rendkívüli heves mozgását okozza, a mely az ütközés és surlódás miatt, mint előbbi kísérletünkben, hőenergiává változik, a mely olyan nagy mennyiségű, hogy az égő tömeg hőmérséklete mintegy 2800 C. fokra emelkedik.

A testek, ha mintegy 525 C<sup>0</sup>-ra vannak hevítve, a hő kisugározásán kívül világítani is kezdenek. Mennél magasabb hőfokra melegítjük őket, aránylag annál erősebb világosságot sugároznak ki. A világosságot a fizikai bűvárlatok szerint úgy kell felfognunk, mint a rendkívül rugalmas fényéternek rezgő mozgását. A testek hevítésekor léte-sülő világosság keletkezését ehhez képest csak úgy magyarázhatjuk meg, ha felvesszük, hogy a testek molekulái és atómjai igen magas hőfokon rendkívül heves mozgásban vannak, és hogy ezt a mozgást az őket körülövedző éterrel is közlik. Az anyagi részek éterburká-nak mozgása a térben mindenütt előforduló étert is hullámozásnak iudítja és e mozgás ennél fogva minden irányban elterjedve, szemünkben a fény érzését idézi elő. Röviden kifejezve, a világító anyagok égésekor az égő anyagnak és az oxigénnek chemiai energiája, az energiamegmaradás törvénye szerint, végelemzésben hő-energiává, a sugárzó hő meg fényenergiává változik át.

Az égő tömegekben foglalt anyagoknak igen különböző mértékben van meg az a sajátságuk, hogy a chemiai energiájok nemcsak hővé, hanem sugárzó fényenergiává is átalakulhat. Ez a tulajdon-ság az egyes anyagoknak chemiai természetén kívül főképen a halmazállapotuktól függ. Általában véve, az átlátszó gáz- és gőz-alakú, meg az átlátszó folyékony testek magas hőfokon is csak kevéssé világítanak. Ha egy szélesebb csőből kitóduló hidrogéngáz lángjába a széles csőbe illesztett keskenyebb csövön át oxigént fuvunk be, a durranó gáz lángja áll elő. Fönnebb tapasztaltuk, hogy e két gáz egyesülésekor vízgőz képződik, itt tehát ez igen magas hőmérsékletű vízgőz teszi az égő láng tömegét. Ez a víz e lángban gázalakú és átlátszó, és, mint látják, a durranógáz-fujtatóból kitóduló gázok alig világító kékes lánggal égnek el. Ez a láng pedig igen meleg; mert ha vékony aczél órarugót tartok bele, ez aczélrugó nemcsak megolvad, hanem forrásnak is indul és egyes részei elpárolog-nak, és magas hőmérsékletük következtében elégsé, valóságos szikra esőt létesítenek. Sőt e lángban platinadrót is azonnal megolvad és részben el is párolog, pedig a platina csak 2500 C<sup>0</sup>-on olvad meg. Az ilyen csupán átlátszó gőzökből álló lángoknak, mint a durranógáz lángjában, a chemiai energia főképen hő energiává alakul és az energiának az a része, mely fényenergiává változik, alig számbavehető.

Vannak azonban olyan gőzök is, melyek nem egészen átlátszók, a mennyiben bizonyos színű fényt nem bocsátanak magukon keresztül. Az ilyen gőzök, ha izzó állapotba vannak, a Kirchoff-féle törvény szerint, épen azt a fénysugarakat lövelik ki, a melyekre nézve nem átlátszók. Ilyenek a fémeknek gőzei. Ezek izzó állapotban nem mindenféle színű, tehát nem fehér, hanem csak bizonyos, az egyes fémre nézve jellemző színű fényt lövelhetnek ki. Itt látják a thalliumnak, a lithiumnak, a nátriumnak, a réznek és a káliumnak az izzó gőzét, melyek a felsorolt rendben gyönyörű zöld, vérvörös, vakító sárga, kékes-zöld és fakó ibolya színben tündökölnek. A fémgőzöknek ezen a sajátságán alapszik a spektrálanalízis. De ezek a fényforrások világitásra nemcsak azért alkalmatlanok, mert nem igen erősek, hanem azért sem, mert a megvilágítandó tárgyakat egyoldalú színes világitásban tüntetnék fel.

Egészen másképp viselkednek azonban izzó állapotban a szilárd testek, kivált ha teljesen átlátszatlanok. Ezek a fönnebbi törvény értelmében mindenféle színű fényt lövelhetnek ki egyidejűleg, és az ilyen fényforrás, mint önök tudják, a fehér fény hatását okozza. Ez könnyen bebizonyítható az úgynevezett Bunsen-féle gázlámpával, melyet jelenleg a chemiai laboratóriumokban a magas hőmérsékleten végezendő műveletekre általánosan használnak. E lámpa lángjában levegővel kevert gáz ég el, és mivel ekkor a gáz teljesen vízgőzzé és szénsavvá ég el, ezek pedig mindketten átlátszó gázok, a kérdéses láng, noha igen magas hőfokú, úgyszólván semmit sem világit. Ha a lángba vékony platinadrótból készült hálót tartok, ez izzóvá válik és igen élénk, csaknem fehér fényt sugároz ki, mert a platina e hőmérsékleten meg nem olvad és átlátszatlan. Még nagyobb mértékben bírják e sajátságot némely földek, így az égetett mész, a mágnézia, különösen némely ritkábban előforduló földnem, mint a zirkon, kivált ha lanthan, thorium, yttrium, cerium és a neodymium oxidjaival van keverve. E földeknek salétromsavsói vízben oldhatók, és ha ezzel az oldattal pamutból szövött hálósipka alakú szövetet itatunk át és kiszáritjuk, azután erős gázlángban elégetjük, a szövet hamva finom háló alakjában visszamarad, mely most az említett földnemekből áll. Ha egy ilyen hálót a fénytelen Bunsen-féle lángba tartok, mint tapasztalják, benne izzásba jő és mindenfelé vakító fényt áraszt. A nevezett ritka földeknek ezt a sajátságát használta fel Auer von Welsbach bécsi chemikus arra, hogy a gázlángban a chemiai energiának sokkal nagyobb részét fényenergiává alakítsa át, mint régiebb eljárásokkal sikerült. A közönséges világitó lámpákban ezt a szerepet a finomul eloszlott szén veszi át. A szén, mint a nevezett földek, a legmagasabb hőfokon is megtartja szilárd

halmazállapotát és korom alakjában teljesen átlátszatlan, ezért a fönnebbiek szerint a világításra kiválóan alkalmas. Mint már többször láttuk, a hidrogéngáz lángja, mert égéskor belőle az átlátszó vizgöz képződik, alig látható fénytelen lánggal ég. De ha ugyanezt a gázt olyan csövön hajtom keresztül, mely benzinnel megnedvesített gyapottal van megtöltve, mint látják, ekkor a láng azonnal erősen világítótá válik. A benzin, a petróleumnak illékonyabb része, elpárologván, gőze a hidrogéngázhoz keveredik és ezzel együtt ég el. A benzin maga, mint a petróleum, szénnek és hidrogénnek a vegyülete, a hidrogénláng magas hőmérsékletén felbomlik hidrogénre és korom alakjában kiváló szénre, mely a láng belsejében erős izzásig felhevül és ekkor, fennérintett sajátságainál fogva, a chemiai energia egy részét, mely különben csak hővé változott volna, fényenergiává alakítja át. Hogy a benzin-lángban, valamint egyéb világító lángokban is valóban a finomul eloszlott szén van, egyszerűen bebizonyíthatjuk, ha a benzin-lángot, vagy a stearingyertya lángját fémkanállal közepéig leborítjuk. A jó vezető fémkanál a lángot lehűti és így az égést megakadályozza, a mikor a lángban úszó finom szén korom alakjában rakódik a kanálra.

De a különféle szénvegyületek is nagyon különböző mértékben alkalmasak arra, hogy égéskor a chemiai energiát fényenergiává alakítsák. A legalkalmasabbak e célra az olyan szénvegyületek, melyek kevés, vagy semmi oxigént se tartalmaznak, a milyen például a petroleum, a mely csupán szénből és hidrogénből áll. A fényenergia fejlesztésében azonban még ezen is tútesznek az úgynevezett endothermikus szénvegyületek, vagyis az olyanok, melyekben már előállításuk alkalmával igen sok chemiai energia halmozódott fel. Ilyen chemiai energiában dúsgazdag vegyület a szénsulphid és a nitrogén-oxid. Ez az üveghenger az utóbbi gázzal van megtöltve, ha néhány köbcentiméter szénsulphidot öntök a hengerbe, összerázáskor, e folyadék nagyon illékony lévén, párái a gázzal elegyednek. Most meggyújtva az elegyet, az egész meggyulad és alig elviselhető vakító kékes fehér fényt áraszt. E kísérlet bizonyítja, hogy az ily vegyületekből az égéskor kiváló szén a legalkalmasabb fényenergia fejlesztésére, a mely eddigelé bizonyos technikai nehézségeknél fogva, még csak kivételesebb esetekben használható a gyakorlatban.

Világítsuk meg erős elektromos ívlámpával a közönséges stearingyertyának a lángját. Elég erős megvilágítással az égő gyertya lángjának — hogy úgy mondjam — árnyékát lencse segítségével a falra vethetjük, s rajta a láng egyes részeit megvizsgálhatjuk. A három lényegesen különböző részt vehetünk észre. A gyertya belébe felszívott égő anyag a láng magas hőmérséklete miatt chemiai bom-

lást szenved, a stearinból itt valóságos világító gáz áll elő, mely a gyertya belét közvetlenül környezi, de a levegőt a láng külső burkai nem engedik hozzá jutni. Itt benn tehát égés nem történik és világosság sem fejlődik; a lángnak ez a belső magva még nem is igen magas hőmérsékletű és a valóságban egészen sötét is. Ez a belső mag kicsinyben a gázgyárat helyettesíti. A magvat környező világító rétegben a belső magnak szénből és hidrogénből álló alkotórészei közül főképp az utóbbi ég el és ez által magas hőmérséklet keletkezik, mely a finom állapotban kiváló szénét izzásban tartja; ez a része a lángnak tehát az, a melyben a chemiai energia egy része fényenergiává változik át, és a világításra nézve legfontosabb. Végül ezt a réteget egy átlátszó burok környezi, a melyhez minden oldalról elég levegő férhet; itt történik az izzó szénnek is teljes elégése szénsavvá, ez a réteg t. i. vízgőzből és szénsavból, tehát csupán átlátszó gázalakú testekből áll, és ennél fogva nem világít.

A gyertyaláng alakja az említett viszonyokból könnyen megmagyarázható. A láng tengelye, a melyet a burkok leginkább megvédnek a lehüléstől, aránylag a legforróbb, és így a legritkább; ez a rész tehát legnagyobb sebességgel emelkedik felfelé. A tengelytől távolabb eső lángrétegek inkább ki lévén téve a lehülésnek, mindinkább kisebb sebességgel emelkednek felfelé, s ez okozza, hogy a láng alakja hegyével felfelé irányuló tojásdad kúp.

Még egy körülményt kell önöknek kiemelnem, a mely nagy hatással van a fényforrások világító erejére: ez a hőmérséklet. Ha a világítás feltételei valamely égő testben egyáltalában megvannak, akkor világosságának ereje vagy fénye annál nagyobb, mennél magasabb a hőmérséklete. Mivel minden chemiai folyamatban egészen meghatározott hőmennyiség áll elő, az égés hőmérséklete annál magasabb, mennél rövidebb idő alatt áll elő e hőmennyiség; szóval, mennél gyorsabb és teljesebb az égés, annál nagyobb a fény. Ezt a feltételt a közönséges lámpákban a jó és erős légvonat előidézésével szokták elérni. Legfeltűnőbben bizonyítja állításomat az a kísérlet, ha ugyanazt a gyertyát egyszer levegőben, másszor pedig tiszta oxigénben égetjük el. Mivel a levegőnek csak egy ötöd része oxigén, ez utóbbi gáznak egyenlő térfogata ötször annyi oxigént tartalmaz, mint a levegő. Az égés ennél fogva tiszta oxigénnel sokkal hamarabb történik, a minek következménye, hogy a hőmérséklet és ezzel együtt a fényfejlés is sokkal magasabb fokra emelkedik. És valóban láthatják, hogy a stearingyertya a levegőben megszokott fényével lassan ég, az oxigénnel telt lombikba mártva pedig sokkal gyorsabban és élénkfehér fényvel ég. Ha hasonló két kísérletet magnéziumszalaggal végezzünk, minthogy a magnézium égésekor igen sok hőt fejleszt,

ezenfelül az égéskor képződő magnéziumoxid a legmagasabb hőmérsékleten is szilárd és átlátszatlan marad, és ezek, mint tudják, igen kedvező feltételek a fényfejlesztésre: a magnézium már levegőben elégetve is vakító fényt áraszt; ha azonban a csavaralakúlag összehajlított égő magnéziumszalagot oxigénnel telt lombikba égetem el, az égés csaknem lobbanásszerűleg történik és a fényt a szem alig viselheti el.

Röviden összefoglalva, az eddig leginkább használatban levő világítási módok alapját oly égési folyamatok tették, melyekben a kémiai energia nagy része hővé és egy csekély része fényenergiává változik. A világítás annál tökéletesebb volt, mennél nagyobb része volt a kémiai energiának fénné átalakítható. Ennek a leglényegesebb feltételei pedig a következőkben foglalhatók össze:

1. Hogy a világító anyagok lehetőleg tiszták legyenek és sok energiát tartalmazzanak.

2. Hogy az égés mennél teljesebben és mennél gyorsabban történjék meg.

3. Hogy viszonylag sok fény fejlesztése mellett lehetőleg kevés hőséget és mennél kevesebb égési termékeket származtassanak.

E feltételek szemmeltartásával könnyen megítélhetjük azt a nagy haladást, mely a világítás technikájában az utóbbi évtizedekben történt.

1. Az antik mécs, melyet kivételesen még ma is használnak, olajba vagy faggyúba beágyalt belével, kiálló végén meggyújtva, szomorúan pislogó lánggal ég és kellemetlen büzt terjeszt.

2. A faggyúgyertya hasonló világosságot és nem kellemesebb büzt áraszt.

3. Az olajlámpa, különösen a még pár évtizeddel ezelőtt használt »moderateur«-lámpa már nagy haladást jelez. A köralakú bél és a fölébe állított üvegkürtő a légvonatot nagyon elősegítette és így az égést gyorsabbá, a világítást fényesebbé tette. A világításnak ez első korszakát az jellemzi, hogy a nyers zsirokat, tehát az olajat és a faggyút közvetlenül égették el. Minthogy pedig ezek a szénen és hidrogénon kívül oxigént is tartalmaznak, az égés kémiai energiája, és így a hőmérséklet meg a fény aránylag szerény, mondhatnánk szegényes.

A nyers zsirok égetése még azért is igen kedvezőtlen, mert a vízgőzön és szénsavon kívül, a melyek a tökéletes égésnek termékei, a tökéletlen elégés folytán a zsiroknak bomlási termékei is bekerülnek a levegőbe, melyek nemcsak kellemetlen büzűek, hanem az egészségre is nagyon ártalmasak. A mécs- és a faggyúgyertya, meg a moderateur is, kivált ha idejében le nem kopantották őket, e kelle-

metlen bűzű termékekből néha annyit árasztottak szét, hogy a tartózkodás ily helyiségekben kiállhatatlan volt. Ezt a kellemetlen büzt manapság többnyire csak a híréből ismerik; fogalmat ad róla a takaréktűzhely izzó lapjára kiömlött zsír füstje.

Nagy haladásnak tekinthető, hogy 1834 óta a faggyúból el tudják választani a stearinsavat a glicerintől, és az előbbi a stearingyertyák készítésére alkalmazzák, a melyben kevesebb oxigén van, tehát több chemiai energiát és így nagyobb fényt ad. Minthogy pedig glicerint nem tartalmaz, egészen büztelenül ég. Még nagyobb haladás a hatvanas évek óta a petróleum-világítás. Ez megtisztított állapotban csupán szénből és hidrogénből áll, és elégéskor igen sok chemiai energiát fejleszt, teljes és gyors égéskor tehát igen szép erős és nyugodt fényt áraszt. A most használatban levő petróleumlámpák körbéllel vannak ellátva és a láng fölé egy fémkorong, az égető korong van állítva. A láng fölé ügyesen szerkesztett és könnyen el nem pattanható üvegkürtő van alkalmazva. A körláng nagy hőmérsékletétől az égető korong is erősen fölmelegszik, mi által hatalmas levegővonat áll elő a kürtőben, úgy hogy a körlángot kívül és belül szünet nélkül friss levegő erős áramlata veszi körül. Ennek tulajdonítható a gyors égés és erős fényfejlesztés, valamint általában a teljes elégés szénsavvá és vízzé, mely kissé gondos kezelés mellett minden büzt kizár.

A világítás történetének legújabb korszakáig, az elektromos világításig, a legnagyobb haladás volt a gázvilágítás fölfedezése, mely legelőször Londonban, 1812-ben alkalmaztak gyakorlatilag. A gyertya- és lámpavilágításnál az éghető gázok magában a lángban keletkeznek, a gázvilágításnál pedig az éghető gázok gyártását a központi gázgyárban végezik, és a lángban csupán ez a kész gáz ég el a világítás céljából. A világító gáznak körülbelül fele tiszta hidrogéngázból, a másik fele pedig szénhidrogéntartalmú gázokból áll. Mint-hogy ezeknek égésekor igen sok chemiai energia alakul át, a láng hőmérséklete, és így világító ereje is jó szerkezetű lámpákban igen nagy. De mivel e gázoknak égési melege is igen nagy, általánosan ismert rosszoldala a gázvilágításnak az igen is nagy hőfejlesztés. A leginkább használt gázlámpák közül közönséges az egyszerű pillangó égő, melyben vonalalakú nyílason ömlik ki az eléggő gáz; ez a leg-tökéletlenebb gázláng, és egyenlő erősségű fényre vonatkoztatva, a legtöbb hőt fejleszti. Ennél tökéletesebb az Argand-féle gázlámpa, a melyben a gáz köralakban ég, és a fölébe helyezett üvegkürtő levegővonata az égést annyira fokozza, hogy fénye sokkal erősebb a pillangó lángénál. A gázvilágításban nagy haladást jeleztek a különféle Siemens-lámpák. E lámpákban a meleg égési ter-

mékek arra használatnak fel, hogy a gáz és az elégetésre használt levegő előre fölmelegíttessék. Ez által az elégés teljesebb és az égés hőmérséklete és így a fényfejlesztés is magasabb.

Fényfejlesztés dolgában a gázlámpák közt legtökéletesebb az Auer-féle izzólámpa. Ebben levegővel kevert gáz ég el olyformán, mint a Bunsen-lámpában, s e nagyon meleg lángban a fönnebb már leírt ritka földetből álló hamuhálószeret van platinadrót segítségével beállítva. Ez a hamuszövet erős fehér izzásba jő és vakító zöldesfehér fényt áraszt. Mivel itt az elégés a gázhoz kevert levegő hatása miatt tökéletes, a fény teljesen nyugodt és oly intenzív, hogy az egyszerű pillangó lánghoz képest 50%, a Siemens-féle lámpához képest 28%, a gázmegtakarítás. Ennélfogva a világítás nemcsak olcsóbb, hanem, mivel aránylag kevesebb hőt terjeszt, a teljes elégés és a fény nyugodtsága miatt a gázvilágítás különféle fajai között közegészségi szempontból is a legjobb. Ez okokból az Auer-féle világítás különösen olcsóságánál fogva még sokáig fog versenyezni az elektromos izzólámpával.

Kétségtelen azonban, hogy a világítási technika legnagyobb vívmánya az elektromos világítás. Ennek lényege abban áll, hogy gőzgépek segítségével egy vagy több központban dinamógépeket tartanak tevékenységben. Ezeknek hatalmas elektromos áramát, ha az áram váltakozó, az az irányja minden pillanatban ellenkező, elszigetelt kábeleken át közvetlenül a lámpákba vezetik. Egyirányú áram esetében az áramot kiegyenlítés kedvéért többnyire előbb akkumulátorokba gyűjtik össze és azután vezetik az előbbi módon a lámpákba. Zárt helyiségekben az izzólámpákat használják. Ezek kis tojásdadalakú üvegtékék, melyekben két platinadrót van beforrasztva, a melyek igen tömör, de nagyon vékony szénfonal végeivel vezetőleg vannak összekötve. Ha az áramot a kiálló platinadrótok közbenjárásával ezen a szénfonalon keresztül vezetjük, a szén, nagy elektromos ellenállása miatt, erős fehér izzásba jő és világít. Hogy a szénfonal el ne éghessen, az üvegtékéből ki van szíva a levegő.

Nagy és tágas helyiségek, vagy nagyobb vidékek megvilágítására a szabadban és az utcákon az úgynevezett ívfényt használják. E végből az áramot két, mintegy 1·5 cm. átmérőjű s igen tömör szénrudba vezetik, melyeknek végei egy kis önszabályozó gépezet segítségével néhány milliméternyi távolban tartatnak. Az áram itt a még nagyobb ellenállású levegőrétegen kénytelen keresztül hatolni, és ezt, valamint a szénrudak hegyeit és az áram heves mozgásától elszakgatott szénrészecskéket mintegy 3000 C<sup>o</sup>-ra hevíti fel. Ennek következtében a szénrudak vége a legerősebb fehérizzásba van és ennek megfelelőleg vakító kékes-fehér fényt lövel. Az ívfénynek

vetített képén látják a két izzó szénrúd hegyét, melyek közül az egyik, a pozitív sarkot képező még erősebben izzó mint a másik, egyúttal tapasztalják, hogy a két csúc között az izzó levegőből és szénrészecskékből álló izzó fényív áll elő. Fényerősségre nézve az ívfény minden más világítási módot sokszorosan felülmul, mert fénye szoros értelemben véve vakító, és hogy ezt mérsékeljük és egyenletesebben eloszlassák, mindig homályos üvegtekébe állítják. Ezt célszerű lehetőleg magasban elhelyezni, hogy még a mérsékelt fény se juthasson egyenesen a szembe, a melyet rövid idő multán igen megviselné.

A világítás előbbi módjaival az égő tömegek zárt helyiségekben szünet nélkül fogyasztják az oxigént, és belőle vízgőzt meg szénsavat fejlesztenek. Az elsőnek csökkenése, az utóbbiaknak növekedése bizonyos határon túl a lélekzésre és így az egészségre igen kártékony. Ehhez járul, hogy gondatlan kezelés vagy rossz szerkezetű lámpák miatt bűzös és valóban mérges égési termékek is képződhetnek.

Az elektromos világításban, különösen az izzólámpák használatában a nagy haladás épen abban áll, hogy itt minden chemiai folyamat ki van zárva, ennél fogva a zárt helyek levegőjét semmiféle égési termék sem rontja meg. Ezenfelül a fényfejlesztéshez képest a hőfejlesztés minden másféle világítással szemben igen sokkal csekélyebb.

A nemzeti színháznak egyes pontjain a gázvilágítás utolsó napjaiban és az elektromos világítás első napjaiban a hőmérséklet megmérve, azt tapasztaltam, hogy az utóbbi esetben a hőmérséklet átlag 5—6 R<sup>0</sup>-kal csekélyebb volt, számba sem véve, hogy a vízgőznek és meleg szénsavnak a gőzfürdőre emlékeztető hatása is csaknem egészen megszűnt. Árnyoldala az elektromos világításnak egyelőre a nagy ára, mert alig kételkedhetünk, hogy 2 $\frac{1}{2}$ —3-szor annyiba kerül, mint a jó gázvilágítás. Remélhető azonban, hogy idővel ez a baja is enyhülni fog.

Hogy milyen viszonyban van a szereplő összes energia az égés termékeihez meg a viszonyos fényenergiához, határozottabban tűnik elő a következő számokból:

Egy lóerőnyi elektromos energia = egy köbméter gáz fejleszt mint	Szénsavat	Vízgázt	A fejlesztett fény viszonya	A fényenergia %-okban
Közönséges gázláng . . . . .	0'57 m <sup>3</sup>	1'07 m <sup>3</sup>	1'0	0'31
Argand-féle » . . . . .	0'57 »	1'07 »	1'6	0'5
Nagy Siemens-féle gázláng . . . . .	0'57 »	1'07 »	3'2	1'0
Auer-féle gázláng . . . . .	0'57 »	1'07 »	4'4	1'4*
Elektromos izzólámpa . . . . .	semmi	semmi	2'4	5'5
Elektromos ívfény . . . . .	semmi	semmi	12'2	28'6

\* Ha az Auer-lámpa fényviszonyát az izzólámpáéhoz hasonlítva, ebből számítjuk ki fényfejlesztő erejét, 1'4% helyett 10'1%-ot kapunk.

Noha e számok nem egészen megbízhatók, annyi kétségtelen, hogy fényfejlesztésben a gázlángok közül az Auer-féle a legjobb, és hogy az elektromos világítás általában véve nagy felsőbbségben van a világítás többi módja felett.

Végül, ha azt kérdezzük, honnét vesszük mind azt a fényt, a melyet a világításban értékesítünk, erre a rövid válasz az, hogy végelemzésben mindezt a jótékony Nap fényétől kölcsönözzük. A zsirok és egyéb éghető anyagaink eredetileg a növényországból származnak. De az élő növényekben ezek az éghető anyagok csak a Nap melegének és világosságának közreműködésével állhatnak elő. Az újabb tudomány kétségen kívül kiderítette, hogy mikor a növények életfolyamatában az egyszerű inorganikus nem éghető anyagokból, milyenek a víz és szénsav, az éghető organikus vegyületek képződnek, a Nap sugárzó energiája chemiai energia alakjában halmozódik fel bennök. Épen ennek köszönik azt a sajátságukat, hogy elégethetők. Elégéskor a bennök felhalmozott chemiai energia, mint láttuk, ismét hő- és fényenergiává alakul vissza. Minthogy a köszén eredete is ugyanaz, világos, hogy a gáz meg az elektromos áram fejlesztése a gőzgépek segítségével, végelemzésben szintén a Nap energiájának forrására vezethető vissza. Nagy jelentőségű a tudománynak e vívmánya; és noha jelenleg még leginkább csak filozófiai fontossága van, meggyőződésem szerint ez az a tér, a melyen az exakt tudományok hivatva vannak arra, hogy e törvényeknek még behatóbb tanulmányozásával és értékesítésével egykor a leghatalmasabb segédeszközévé váljanak a jövő nagy szociális kérdéseinek békés úton való kielégítő megoldásában. Ez annyival fontosabb, mert a szociális kérdésnek óriási és ijesztő méretekben való fölmerülése irányában a tudománynak más irányai elégteleneknek, csaknem tehetetleneknek látszanak.

DR. THAN KÁROLY.