

idegsejt-aktivitás figyelhető meg. Egy gátló pálya, amely ezeket a sejteket tartja kontroll alatt, valószínűleg komolyan beleszól a fájdalom megélésének intenzitásába.

A nagy rohammal járó epilepszia nem más, mint az egész agyra kiterjedő túlserkentett állapot. Az újabb kutatások szerint pedig két agykérgi terület között az egyik leghatékonyabb kapcsolat épp a talamuszon keresztül fut. Az intralamináris magvak sok különböző agykérgi területtel állnak kapcsolatban, és ha ezek gátlása nem megfelelően szabályozott, könnyen kialakulhat az egész agykéregre kiterjedő túlserkentés.

– *A kísérleteik során is alkalmazott optogenetika hatalmas lehetőség a kutatásban. Elképzelhető, hogy a módszernek szerepe lesz a gyógyításban is?*

– Jelenleg a retina megbetegedéseiben már próbálják is alkalmazni. Emberi agyban azonban a fény terjedésének korlátai problémát jelentenek.

– *Állítólag, ha agysérülés miatt öntudatlan vegetatív állapotba került beteg agyát a talamusznak épp az előbb említett intralamináris mag területén ingerlik, hatására mozogni és beszélni kezd. Tartós eredmény érdekében miért nem lehet alkalmazni az ún. mélyagyi stimulációt* (angol nevének rövidítése alapján DBS), ami sok esetben bevált eszköz például Parkinson-kóros betegek esetében?*

– Nagyon kevés betegen ugyan, de végeztek már ilyen beavatkozást. Azonban még sok további munka, analízis szükséges ahhoz, amíg ez a kezelés általánosan alkalmazhatóvá lesz, ahogy az már a Parkinson-kór esetében megtörtént.

– *Mennyire lepte meg felfedezésük nagy sajtóvisszhangja? Mennyire segíthet egy kutatónak az a bizonyos „15 perc hírnév”?*

– Valóban, a felfedezés viszonylag nagy médiavisszhangot váltott ki, ami természetesen nagyszerű, hiszen széles körben ismertté válik nemcsak maga a felfedezés, hanem a gondolkodásmód, a kísérleti módszerek is, ami a mai modern idegtudományt jellemzi. Magyarországon is egyre fontosabb, hogy az állampolgárok megismerjék, hogy azok a kutatások, amelyekhez a költségvetés hozzájárul, milyen eredményekre vezetnek. Természetesen nem egyszerű olyan kérdésekről röviden és közérthetően nyilatkozni, amit még a kutató sem teljesen ért, és ezzel kapcsolatban mindenképp érzékeltetni kell a hallgatóval/olvasóval, hogy az igazán jó felfedezés arról ismerszik meg, hogy rávilágít arra, mennyi mindent nem értünk meg.

Az interjút készítette: KITTEL ÁGNES

Szószedet

Karen Ann Quinlan esete: A huszonegy éves amerikai diáklány 1975-ben egy partin alkoholt és nyugtatót (Válium) fogyasztott, mely szívmegállást okozott nála. Újraélesztették, de tudatát nem nyerte vissza, vegetatív állapotban volt 10 éven át. Halála után agyának részletes vizsgálata megállapította, hogy agykérge csak minimálisan károsodott, a szívmegállás okozta hypoxia elsősorban a talamuszt károsította, ahol kiterjedt hegeseződést és cisztákat találtak. Mivel a lélegzést és szívfunkciókat szabályozó agytörzs szintén nem károsodott, a leletek arra utaltak, hogy a talamusz kulcsfontosságú szerepet játszott az öntudatlan állapot kialakulásában. (Karen Ann Quinlan esete az eutanáziára és az életet mesterségesen fenntartó és meghosszabbító eszközök használatára és visszavonására vonatkozó erkölcsi és jogi vitára is nagy hatást gyakorolt.)

Hemineglect vagy egyoldali elhanyagolás: olyan típusú, gyakran előforduló agykárosodás, amikor a beteg nem képes érzékelni a tér egyik – a sérüléssel ellentétes oldali – felét. Jellemző, hogy a legsúlyosabb és legtovább tartó tüneteket a jobb agyfélteke pl. szélütés okozta sérülése váltja ki. Az ilyen betegek közül többen nem csak hogy a tér egyik feléről nem vesznek tudomást, de ennek az állapotnak sincsenek tudatában.

Az *agytörzs* a hátsó koponyagödörben helyezkedik el, a nyúltvelő (medulla oblongata), a hid (pons) és a központi (mesencephalon) alkotja. Nemcsak átjáróként szolgál a gerincvelőt az előagy különböző részeiben lévő magasabb idegi központokkal összekötő felszálló és leszálló pályák számára, hanem a légzés, vérkeringés és a tudatállapot szabályozásában fontos reflexek központjait tartalmazza, valamint itt helyezkednek el a III–VI. agyidegek fontos magjai is.

A mélyagyi stimuláció (deep brain stimulation, DBS): Az eljárás azon alapul, hogy az idegsejtek elektromos impulzusok hatására bocsátják ki a sejtek közti kommunikációhoz, jelátvitelhez nélkülözhetetlen ingerületátvivő anyagaikat. Amikor az agy meghatározott területébe két, vezérlőeszközzel összekapcsolat elektródát ültetnek, lehetőség nyílik agyi áramkörökhöz való csatlakozásra és a vezérlőeszköz segítségével a kommunikációs folyamatok stimulálására.

Thomas Beddoes oxfordi, edinburghi és londoni tanulmányai befejeztével 1787-ben lett orvosdoktor. Még abban az évben kinevezték Oxfordban a kémia előadójává. Sikeres tanárnak bizonyult, öt évvel később mégis lemondott az állásáról, mert az egyetem nem nézte jó szemmel, hogy nagyon is rokonszenvezett a francia forradalommal. (Ebben egyébként nem volt egyedül Angliában: sokak között *Robert Burns*, „a skótok Petőfije” vagy az oxigént felfedező



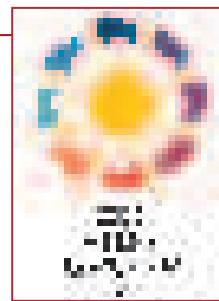
Thomas Beddoes, 1760–1808
(Edward Bird rajza)

Joseph Priestley is így gondolkozott. Meg is maradt a lelkesedés a felvilágosodás eszméi iránt a napóleoni háborúk kitöréséig. Akkor aztán az Angliát fenyegető invázió némileg megfordította az értelmiség hangulatát.) Beddoes doktor néhány év elmúltával Bristolban egy intézményt alapított *Pneumatic Institution* néven. Magyarul talán légnemű anyagok intézetének nevezhetnénk: Beddoes azt ígérte, különböző gázok belélegzése útján minden, addig gyógyíthatatlannak tartott betegséget meggyógyít. Írassék jávára, ingyen kezelte a betegeit. Tudományos érdeklődése vezette erre az útra.

A gondolat, persze nem a szédelő ígért, hanem a gázokkal való foglalkozás, egyébként nagyon korszerű dolog volt. A XVIII. század második felét a pneumatikus kémia korszakának nevezik a kémia történetében. Azt, hogy bizonyos vegyi átalakulások során „levegő”, vagyis légnemű anyag is keletkezhet, *Paracelsus* már a XVI. században észrevette. Amikor aztán a folyamatok leírásai szabatosabbakká, a megfigyelések megbízhatóbbakká váltak, kiderült persze, hogy többféle „levegő”, többféle gáz is keletkezik a laboratórium-

A kémia régi fénye

SCHILLER RÓBERT



ban, vagy van jelen a természetes atmoszférában. Van, amelyik ég, egy másik táplálja az égést, a harmadik elfojtja a tüzet ... az egyikben az állatok vígan, a szokásosnál is vígabban élnek, másokban megfulladnak. Sűrűségük is eltér egymástól, meg mindenféle kémiai átalakulásra is bírhatók: van például kettő, amelyekből víz keletkezhetik. Miután megtanulták, hogy hogyan kell bánni a laboratóriumban a gázokkal, a szorgalmas és kíváncsi kémikusoknak sok nagyszerű teendője akadt. Alapvető kémiai ismeretek dolgában nagyon sokat köszönhetünk a gázokkal való foglalatosságnak.

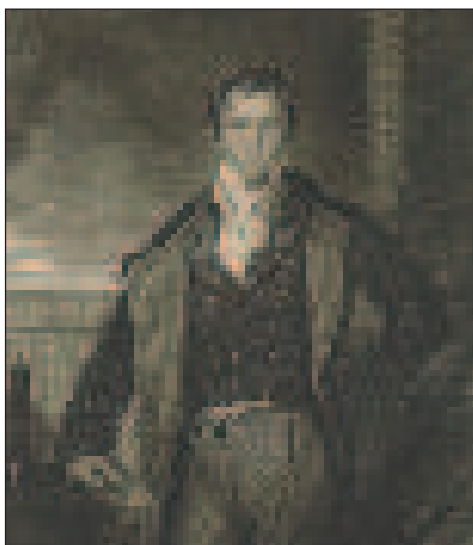
Ennek a korszaknak a legnagyobb alakja bizonyára *Lavoisier* volt. Ő ismerte fel, így tanuljuk, hogy az égéshez oxigénre van szükség, és hogy a „földek” (mai nevükön fém-oxidok) keletkezése fémekből épp úgy oxigénnel való egyesülés, mint az égés maga. Hát ... majdnem így mondta. Ő ugyanis az oxigéngázt nem tekintette elemnek. Olyan összetett anyagnak gondolta, amelynek egyik komponense az „oxigénbázis” a másik a „hőanyag”:

oxigénbázis + hőanyag = oxigéngáz.

Égés vagy oxidáció során az „oxigénbázis” vegyül az éghető anyaggal, a „hőanyag” pedig felszabadul – hiszen melegszünk a tüzhely mellett.

Az időzajelekkkel arra akartam csak utalni, hogy manapság nagyon másképp gondolkodunk az égés folyamatáról, de ki-gúnyolni biztosan nem merném ezt a nagy természettudóst. Mély megfontolás volt ennek a gondolatának az alapja is. Fiatalabb éveiben, *Laplace* társaságában, hőtani kutatásokkal foglalkozott. Világosan különbséget tudtak tenni hő és hőmérséklet között, így eljutottak a fájó fogalmához is, és – az égés elméletével kapcsolatosan ez a fontos – kimutatták, hogy a hő megmaradó mennyiség. Ebben hasonlít a tömeggel bíró anyaghoz. Ha ugyanis hőszigetelt edényben hozunk össze hidegebb és melegebb testeket, a melegebb épp annyi hőt veszít, amennyit a hidegebb nyer. Akárhoa folyadékot töltögetnénk egyik edényből a másikba.

Megmaradó mennyiséget kétfélet ismeretek abban a korban. Az egyik a tömeg, a másik a mozgási energia, amit akkoriban eleven erőnek neveztek. *Lavoisier* és *Lap-*



Sir Humphry Davy, 1778–1829
(*Sir Thomas Lawrence festménye*)

lace, kritikus gondolkodók, világosan tudták, hogy a hő megmaradását bizonyító kísérleteik alapján nem lehet eldönteni, hogy a hő anyagi test-e vagy energia. *Lavoisier* azonban, talán mert vegyészként folyadékok között telt az élete, a hőt anyagnak tekintette. Ha pedig ez a helyzet, akkor az égéshez nélkülözhetetlen anyagnak, az oxigénnek hőt kell tartalmaznia, hiszen hő nem keletkezik és nem is vész el – a hő megmarad.

Azt hiszem, itt egyszerre jelent meg két szemlélet. Az egyik a nagyon korszerű: a felismert megmaradási tétel és annak következményei. A másik még az alkímia idejéből való: egy kémiai átalakulásban csak olyasmib szabadulhat fel, ami a kiindulási anyagokban eleve benne volt. Például a fából, ha szárazon lepároljuk, faszesz szabadul fel, ezért azt kell gondolnunk, hogy a nyers fa faszest tartalmazott. Mivel égéskor meleg lesz, tehát hőanyag szabadul fel, ezért az égést tápláló oxigénben is kell hőanyagnak lennie.

Lavoisier már néhány éve nem élt – guillotine alatt végezte –, amikor *Beddoes* doktornak munkatársra volt szüksége, aki

a *Pneumatic Institution* laboratóriumát vezesse. Összekevert egy orvos húszéves segédjével, ezt a gyors eszű, mohón és válogatás nélkül tanuló és tanulni vágyó fiút, *Humphry Davy* fogadta fel maga mellé. A fiatalember kísérletezésbe fogott, tapasztalatai és a frissen olvasottak alapján úgy érezte, fejében készen áll már a természeti jelenségek nagy, magyarázó szintézisére. Alig volt huszonegy éves, amikor *Beddoes* jóvoltából már közreadhatta munkáját, amely címe szerint *Tanulmány a hőről, a fényről és a fény vegyületeiről*.

Davy később a kémia nagy alakjai között kapott helyet. Hogy csak néhányat idézzünk fel fontos eredményei közül, felfedezte a klórgázt, elektrolízis segítségével tiszta fém állapotukban állított elő nátriumot, káliumot és báriumot, feltalálta a nevével viselő, robbanásmentes bányászlámpát. A *British Association*, az azóta is működő, nagyszerű londoni ismeretterjesztő társaság igazgatójaként alakot és szerepet adott az intézménynek; ő maga is ragyogó előadó volt. Legnagyobb tudományos eredményének, talán méltánytalanul bánva vele, mégis azt szokták tekinteni, hogy felfedezte *Michael Faradayt* (munkatársának, tanítványának fogadta). Abban az időben azonban, amelyről most írok, ilyen pályafutásról, magán *Davyn* kívül, legfeljebb csak *Beddoes* álmodhatott.

A fiatalember mindenestre tett már néhány fontos megfigyelést. Hőtől elszigetelt edényben dörszölt meg viaszt vagy jeget: ettől mindkét anyag megolvadt. Az olvadáshoz hőre van szükség, a dörszölés tehát hőt fejleszt. *Davy* így észrevette, hogy mechanikai munkát alakított hővé ebben az egyszerű kísérletben. (*Rumford* sokat idézett ágyúfűrészi kísérlete néhány évvel megelőzte *Davy* munkáját, aki azonban nem tudott erről.) A hő tehát nem anyag, hanem mozgási energia. Ha így van, nem is lehet alkotórésze semmilyen anyagnak.

Newton ideje óta mindenki biztos volt abban, hogy a fény igen apró részecskékből álló anyag; *Davy* se gondolta másképp. Az égés fény kibocsátásával jár együtt. Mivel pedig az égés oxigénnel való egyesülés, úgy kell lennie, hogy



Lavoisier és Laplace kalorimétere egy XIX. századi rajzon. A középső térben olaj égett, ennek „hőanyag-tartalmát” határozták meg a segítségével. Az égő teret körülvevő kamrában olvadó (tehát pontosan 0 °C hőmérsékletű) jég volt, az azt körülvevőben olvadó hó – ez utóbbi csak hőszigetelésre szolgált. Az égés során felszabaduló hő mennyiségét a megolvadt jég mennyiségével tekintették arányosnak

az oxigén fényanyagot tartalmaz. Ezért, Lavoisier felfogásától eltérően, de csak az ő gondolkodásmódjának a nyomán, az oxigéngázt ilyennek képzelte Davy:

oxigénbázis + fény = oxigéngáz.

James Gilray karikatúrája a Royal Institution egy ülését ábrázolja 1802-ben. A fűtatót Davy kezeli, Rumford gróf a kép jobb széléről figyel; dr. Garnett, az előadó, befogja az áldozat orrát



Ennek megfelelően ebben a fiatalkori tanulmányban phosoxygen lett a gáz neve.

Ezt az elgondolást egy sor, jól-rosszul átgondolt és végrehajtott kísérlettel igyekezett alátámasztani. De egy lendülettel elektromos és mágneses jelenségeket, meteorológiai folyamatokat, csillagászati megfigyeléseket, növényi és állati élettant is nagy bátran értelmezni akart. Összegyűjtött műveit az öccse, John Davy adta ki, aki nem győzött lábujgyeiteiben elnézést kérni a szöveg sok vakmerően tudatlan megállapításáért. De maga a szerző sem volt néhány évvel később elnézőbb ifjúkori művével szemben: „a túl korán szerzett tapasztalat vezetett a türelmetlen általánosítások bolondságára”. És szemrehányást tett Beddoesnak, amiért nem tartotta vissza a tanulmány közlésétől.

Az írás valóban nagyon rossz. De fény és kémia ... itt talán valami mély összefüggést sejtett meg ez a tudatlan fiatalember. Történetesek gyakran beszélnek a „hosszú” tizenkilencedik századról – a francia forradalomtól az első világháborúig terjedő időszakra gondolnak. A tizenkilencedik század a kémia történetében éppen ilyen „hosszú” volt – úgy gondolom, Lavoisier idejétől (összefoglaló műve 1789-ben jelent meg) Bohr atommodelljéig (1913) és Lewis vegyértékkötés-szabályáig (1916) tartott. Hatalmas mennyiségű kísérleti adat és azokat értelmező meggondolás született ebben a században. Elemekről, vegyületekről, atomokról, molekulákról gyűltek az információk, szintéziseket és analíziseket dolgoztak ki, egyensúlyi viszonyokat és átalakulási sebességeket határoztak meg, bonyolult molekulaszervezeteket képzeltek el és igazolták a létezésüket. Egy valamit nem tudtak: azt, hogy mi tartja össze az ato-

mokat a molekulákban. Vagyis épp azt a hatást nem ismerték, ami minden kémiai jelenség alapja.

Ezt ugyanis Newton mechanikájának és Maxwell elektrodinamikájának a segítségével akarták megérteni. Nem tehettek egyebet, más fizika nem létezett. Ezek a klasszikus elméletek azonban nem tudnak semmit mondani az atomok közt ható erőkről. Ezt a tényt nem a vegyészek ismerték fel elsőnek, hanem az atomok fényelnyelését és fénykibocsátását vizsgáló fizikusok. Alig valószínű, hogy amikor Heisenberg 1925-ben és Schrödinger 1926-ban kidolgozta a kvantummechanika alapjait, amelynek közvetlen célja a hidrogénatom szinképének az értelmezése volt, akkor gondoltak volna a kémiai vegyértékkötés problémájára. De már egy évvel ő utánuk, az ő gondolataik nyomán és eljárásuk szerint, Heitler és London szabatos leírását adta annak, hogy miért és milyen módon kapcsolódik össze két H-atom egy H₂-molekulává.

A kvantumkémia tudománya abból a felismerésből fejlődött ki, hogy a kvantummechanika, amely eredetileg egyes fényjelenségek leírására szolgált, az egyedül alkalmas elméleti módszer a molekulák tulajdonságainak a megértésére. Ennek a tudományágnak egyik klasszikusa, Linus Pauling így beszél erről: „Az atomok elektronszerkezetének megértése szükséges ahhoz, hogy tanulmányozhassuk a molekulák elektronszerkezetét és a kémiai kötés természetét. Az atomok elektronszerkezetéről szerzett ismereteink pedig szinte kizárólag a gázok szinképének az elemzéséből származnak.”

Nem szeretnék a kísérleti kémiában tisztes eredményeket elért Humphry Davynek profétai képességeket tulajdonítani. Nem látható a száz évvel előre ezt a fejlődést. De annyit azért elismerhetünk talán, hogy – meglehetősen tudatlanok bátorságával – megérezte két, egymástól távolinak látszó jelenségkör szoros, mély összefüggését. Hogy fénynek és kémiának dolga van egymással. ✦

Hivatkozások

- Collected Works of Sir Humphry Davy, Vol II Smith, Eder and Co, Cornhill, London 1839 reprint kiadás: Thoemmes Press, Bristol 2001
David Knight, Humphry Davy : Science & Power, Blackwell, Oxford 1994
Mike Jay, The Atmosphere of Heaven : The Unnatural Experiments of Dr Beddoes and His Sons of Genius, Yale University Press, New Haven 2010
Linus Pauling, The Nature of the Chemical Bond, 3rd Edition, Cornell University Press, London 1960