



MEGJEGYZÉSEK A KÉMIAI FORRADALOM TÖRTÉNETÉHEZ

MOLNÁR LÁSZLÓ, DR., HABIL.:
nyugdíjas egyetemi docens, BME
E-mail: drmolnarlaszlo@gmail.com

DOI: <http://doi.org/10.23716/MTT.5.2022.04>

Absztrakt

A 18. század nyolcvanas éveiben a flogiszton elméletet megdöntötte Antoine Lavoisier, aki egy oxigén-központú elméletet alapított meg. Ezt a folyamatot nevezik kémiai forradalomnak.

1772-ben Lavoisier ellentmondásokat fedezett fel a flogiszton elmélet és az elmélet által leírt valóság között. Ez a felismerés volt programjának kiindulópontja. Programja a kémia megújítását célozta, magában foglalta a kalcinációt, a redukciót és a pneumatikus kémia kutatási területét. Meggyőződése szerint munkája forradalmat idéz elő a fizikában és a kémiában. Az előadás ennek a folyamatnak bizonyos aspektusaival foglalkozik. Problémákat mutat be a rivális paradigmák közti kommunikáció során, kitér a tudományos elméletek összemérhetetlenségének kérdéseire.

Kulcsszavak: kémiai forradalom, flogiszton elmélet, oxigén-központú elmélet, összemérhetetlenség

1. Bevezető megjegyzések

Az előadás a kémiai forradalomnak néhány fontos vonatkozását mutatja be az oxigén felfedezéséhez kapcsolódva. Ez a folyamat paradigma váltásként jellemezhető. Ennek során az előadás olyan kérdésekkel foglalkozik, mint a tudományos elméletek folyamatossága és összehasonlíthatósága egy olyan kísérlet kontextusában, amelyeket Priestley és Lavoisier egyaránt elvégzett.

Mielőtt a két rivális kísérletét főbb vonalaiban bemutatom, úgy vélem, helyénvalónak tűnik, ha néhány információt kiemelek a témával kapcsolatban.

Most az álláspontok jobb áttekinthetősége végett Conant alapján felvázolom azt a három kémiai reakciót, ami Lavoisier és Priestley e témában foglalkoztatta.¹

¹ CONANT 1964, 13

2. Néhány kémiai reakció eltérő értelmezésben

1. táblázat

Kémiai reakciók oxigén-központú felfogásban (Higany)			
Kémiai reakció típusa		Művelet	Eredmény
Kalcináció, 2Hg, fém	plusz O ₂ oxigén gáz	hevítés	2HgO = vörös por
Elemekre bontás (dekompozíció: 2HgO)		erős hevítés	2Hg+O ₂ , higany és oxigén
Redukció (faszén felhasználásával) 2HgO	plusz faszén	hevítés	2Hg+CO ₂ higany és széndioxid (kötött levegő)
forrás: Conant, 1964, 13			

2. táblázat

Kémiai reakciók flogiszton elméleti felfogásban (Higany)			
Kémiai reakció típusa		Művelet	Eredmény
Kalcináció			
Kalcináció (Mercurius, (Hg.) benne flogiszton)	mínusz flogiszton	hevítés	Mercurius precipitatus per se=vörös por (HgO)
Elemekre bontás, dekompozíció, Vörös por (HgO)	plusz flogiszton	erős hevítés	Mercurius (Hg) + deflogisztonizált levegő (O ₂)
Redukció (faszénnel) vörös por (HgO)	plusz faszén és flogiszton	hevítés	Mercurius (Hg) + kötött levegő (CO ₂)
A táblázat forrása: Conant 1964, 13			

A fenti táblázatok áttekintése után látható, hogy a két álláspont eltérő fogalmi apparátussal ír le azonos kémiai reakciókat. De többről van szó: „A paradigmaváltozás arra készíti a tudósokat, hogy másképp lássák kutatási kötelezettségeik világát. Amennyiben e világot csak ismereteiken és cselekedeteiken keresztül tudják megközelíteni, joggal mondhatjuk, hogy a forradalom után egy másik világ hat rájuk, és erre a másik világra reagálnak.”²

Ezután jogosan merül fel a kérdés: hogy így milyen lehetőségei vannak a Lavoisier és Priestley közti érdemi vitának? Mivel a két paradigma — a

² KUHN 2002, 119

flogiszton alapú és az oxigén-központú — fogalmi apparátusa eltérő, ezért az általuk leírt valóság is ilyen. Azt lehet mondani, hogy központi kategóriájuk — a flogiszton, illetve az oxigén — kölcsönösen hiányzik a másiktól. Ennek következtében összemérhetetlenek (inkommenzurábilisak). A kérdés most az, hogy lehetséges-e összemérhetetlen elméletek közti racionális választás? Ennek a megválaszolásához először vegyük szemügyre magát a fogalmat. A fentiekből érthető Kuhn állítása, miszerint:

„Egy bizonyos...értelemben... a rivális paradigmák képviselői nem ugyanabban a világban dolgoznak...Az egyikben bizonyos oldatok, vegyületek, a másikban elegyek. Az egyik világ egyenes, a másik görbült térben helyezkedik el.”³

Továbbá Kuhn szerint — a hagyományossá vált pozitivistá felfogással ellentétben — a megfigyelő észlelése elmélet-függő: „A két tudóscsoport, mivel különböző világban dolgozik, ugyanonnan ugyanabba az irányba nézve különböző dolgokat lát. Ez megint csak nem jelenti azt, hogy bármit láthatnak, amit akarnak. Mindkét csoport a világot nézi és amit néznek, az nem változik meg. Bizonyos területeken azonban mást látnak, és a dolgokat más viszonyban látják egymással. Ezért történhet meg, hogy ugyanaz a törvény, amelyet az egyik csoport még bizonyítás alapján sem képes belátni, a másik számára intuitív alapon nyilvánvalóvá válik.”⁴

A matematikában és a logikában a bizonyítástól a meggyőzéshez vezet az út, itt fordítva, a meggyőzéstől a bizonyításhoz: „Az elmélet kiválasztása körüli viták nem bonyolíthatók le logikai vagy matematikai bizonyításhoz teljesen hasonló formában... A vita a premisszák örül folyik, eszköze a meggyőzés s ez teremtheti meg azután a bizonyítás lehetőségét.”⁵

Az említettekől az következik, hogy a két, különböző paradigmához tartozó tudós észlelése is csak akkor lesz azonos, ha egyikük elhagyja az általa eddig elfogadott paradigmát és a másikat elfogadja. Kuhn szerint „*csak az egyik csoport megtérésétől várhatják egymás teljes megértését; ezt neveztük paradigmaváltásnak. Mivel az átmenet összemérhetetlen dolgok között zajlik le, a rivális paradigmák közötti átmenet nem történhet lépésenként, a logika és a semleges tapasztalat kényszerének engedve. Ha egyáltalán végbemegy, akkor az alakváltáshoz hasonlóan egy csapásra (ha nem is szükségszerűen egyetlen pillanat alatt) kell végbemennie.*”⁶

³ KUHN 2002, 154, 155, 156

⁴ KUHN 2002, 156

⁵ KUHN 2002, 203

⁶ KUHN 2002, 156

Ennek tehát szükséges, de nem elégséges előfeltétele, hogy megértsék egymást: Ez pedig első menetben egymás nyelvének a saját nyelvre történő lefordítása.⁷ Ez után van lehetőség a másik fél meggyőzésére. Az új elmélet intellektuális elfogadásához járuló, ahhoz való elkötelezettséget, a „*tényleges, tudatos áttérést*” — amit Kuhn az alaklélektanból ismert látási élményváltáshoz hasonlít M. L. — „*továbbra is a forradalmi folyamat lényegének tekinti.*”⁸

Az esetek többségében a racionális érvelés önmagában csak szükséges, de nem elégséges feltétele a meggyőzésnek, annak, hogy a partner áttérjen egy új elméletre.

Meg kell jegyezni, hogy már Lavoisier is felismerte, hogy az új elmélethez új nyelvezet is kell. Elméletének győzelméhez az általa és kollégái által kidolgozott új kémiai nomenklatura elterjesztése döntő mértékben járult hozzá.

3. A fordítás kudarca és az interpretáció szükségessége

A probléma Kuhn-nál szorosan kapcsolódik a tudományos forradalom koncepciójához: „A tudományos forradalom fogalma annak megértéséből eredt, hogy a múltbeli tudomány bármely rendszerének megértéséhez a történelemnek először meg kell tanulnia azt a nyelvet, amelyen a múltat leírták. A régi nyelvre való fordítás szükségszerűen kudarcot vall és ezért a nyelvtanulás folyamata interpretatív és hermeneutikai jellegű.”⁹

A tudományos forradalom fogalmával való összefüggése pedig a következő: „Mivel sikert az interpretációban általában nagy adagokban érnek el („a hermeneutikai körbe történő betörés”), a múlt történész által történő kutatása ismételt új minták vagy formák (gestalt) hirtelen felismerésével jár. Ebből következik, hogy — legalábbis a történész — forradalmakat tapasztal. Ezek a tézisek voltak eredeti pozícióm mélyén és ehhez most is ragaszkodom.”¹⁰

A tudományos elméletek összemérhetetlenségének fogalmát több, neves tudós bírálta. A kritika, amely irracionalizmusban marasztalja el, két lényegi vádat fogalmaz meg: „(1) *Az összemérhetetlenség lehetetlen, mert az érthetőséggel együtt jár a lefordíthatóság és az összemérhetőség.* (2) *Ha ez lehetséges lenne, annak az lenne a következménye, hogy a tudomány alapvető*

⁷ KUHN 2002, 205–206

⁸ KUHN 2002, 208

⁹ KUHN 2000, 56

¹⁰ KUHN 2000, 56

változásai nem tudnának reagálni a bizonyítékokra és ezért alapvetően irracionálisak lennének.”¹¹

Erre válaszul Kuhn bemutatja, hogy egyrészt ez a fajta összemérhetetlenség létezik. Másrészt azt, hogy miként lehet ezt kezelni minden fajta irracionalizmus nélkül. *„Azonban helyes-e azt állítani, hogy az olyan 18. századi kémiai terminusok, mint a „flogiszon,” lefordíthatatlanok? Végül is már számos olyan esetet leírtam modern nyelven, amelyben a „flogiszon” terminusnak referenciája van. Például a flogiszon az égés során felszabadul, csökkenti a levegő elaszticitását és élet-fenntartó tulajdonságát. stb. Úgy tűnik, mintha a modern nyelv olyan kifejezései, mint ezek, összekapcsolhatók lennének úgy, hogy a „phlogiston” szó modern nyelvi fordítását eredményezzék. De ez nem lehet!”*¹²

Ennek oka pedig szerinte a következő: „Azon kifejezések (phrases) között, amelyek leírják, hogy a „flogiszon” terminust hogyan azonosítjuk, számos más, olyan, lefordíthatatlan terminus van, mint a „principium” (principe) és az elem. Ezek a „flogisztonnal” együtt egymásra vonatkoztatott, vagy egymást kölcsönösen meghatározó szókészletet (set) alkotnak, amit először úgy kell megtanulni, mint egy egészet, mielőtt bármelyiket használhatnánk, a természeti jelenségekre alkalmaznánk.

Csak azután tudjuk a 18. századi kémiát olyanként elismerni, amilyen volt: egy olyan diszciplínaként, ami nem egyszerűen abban különbözik 20. századi utódjától, hogy mit mondott az individuális szubsztanciákról és folyamatokról, hanem abban a módban is, hogy miként strukturálta és osztotta fel a kémia világának nagy részét.”¹³

A helyzet hasonlósága miatt megemlíti Newton 2. törvényét: $p=m \times a$. Szerinte „Nem lehet megtanulni a „tömeg” és „erő” fogalmát egymástól függetlenül és aztán tapasztalat által felfedezni, hogy az erő egyenlő a tömeg szorozva a gyorsulással. Az sem lehet, hogy először megtanuljuk a „tömeg” (vagy erő) fogalmát és aztán az „erő” (vagy tömeg) definiálására használjuk a 2. törvény segítségével. Ehelyett mind a három fogalmat együtt, egészként kell megtanulni, egy új (de nem teljesen új) mechanika részeként.”¹⁴

Vagyis ahogy Newton második törvényének fogalmai külön-külön nem „működnek”, nem érthetők, ugyanúgy a 18. század kémiájának fogalmai egymást feltételezik. És nem lehet önmagában lefordítani a „flogiszon” kifejezést, mert az például csak a „principium” terminussal együtt érvényes.

¹¹ KUHN 2000, 6

¹² KUHN 2000, 43

¹³ KUHN 2000, 43–44

¹⁴ KUHN 2000, 44

(A flogiszton az egyik „principium“, melytől a testek tulajdonságai származnak.)

Ezért az olyan terminusokat, mint principium, flogiszton, nem lehet önmagában modern nyelvre lefordítani. Interpretálni kell a maga történelmi kontextusában, majd pedig a modern tudomány szemszögéből.

4. Egy nevezetes kísérlet – az oxigén vagy a „deflogisztonizált levegő” felfedezése?

Vegyünk most szemügyre egy nevezetes kísérletet, a higanyoxid (HgO) redukcióját, amelyet mind Priestley, a flogiszton elmélet képviselője, mind Lavoisier, az oxigén-küzpontú kémia megalkotója elvégzett. A kísérlet általuk adott értelmezései az összemérhetetlen elméletek jellegzetes megnyilvánulásai.

Mit is fedeztem fel? Priestley „levegőkkel” (gázokkal) végzett kísérleteiről. A mercurius calcinatus per se (HgO) redukciója Priestley szerint. Kísérleteinek elméleti kerete: a flogiszton elmélet.

Egyik kísérlete meglepő eredménnyel járt: „1774. augusztus elsején „levegőt” kívántam kinyerni kalcinált higanyból. (HgO.mercurius calcinatus per se). Úgy találtam, hogy a nemrég vásárolt gyújtólencse segítségével igen gyorsan el tudtam távolítani belőle a „levegőt”... Vízet eresztettem rá, és úgy találtam, hogy nem szívja fel. De ami jobban meglepett engem annál, mintsem hogy ki tudnám jól fejezni, az az volt, hogy egy gyertya ebben a „levegőben” figyelemre méltó élénkséggel égett. Igen hasonlóan ahhoz a megnagyobbodott lánghoz, amellyel egy gyertya nitrogén monoxidban ég. (nitrous air).(NO).

De mivel egyik fajta „levegőnél” sem tapasztaltam ilyen figyelemre méltó jelenséget, kivéve a nitrogén monoxid (nitrous air, NO) e sajátos modifikációját, és tudtam, hogy nem használtam salétromos savat (nitrous acid, HNO₂), a kalcinált higany előkészítésénél, igen nagy zavarban voltam: hogyan magyarázzam meg ezt?”¹⁵

A „levegőnek” ezt a sajátos fajtáját Priestley ekkor a nitrogén monoxid (NO, nitrous air) egyfajta változatának tekinti, de minősítésében bizonytalan. Októberben Párizsba megy, ahol tájékoztatja Lavoisiert erről a kísérletéről.¹⁶

1775. március 15-én Pringle-hez írott levelében, melyben kísérleteiről beszámol, már arról ír, hogy „...ezt a fajta „levegőt” nem helytelen deflogisztonizált „levegőnek” nevezni. (dephlogisticated air). Ezt először

¹⁵ PRIESTLEY 1790, 106–107

¹⁶ PRIESTLEY 1790, 108–109

kalcinált higanyból (mercurius calcinatus per se(HgO) nyertem ki, majd vörös porból (red precipitate of mercury, HgO), és most miniumból. (Pb₃O₄)¹⁷

Lavoisier koncepciójának elfogadása óta tudjuk, hogy ez a Priestley által a vörös porból, (HgO), vagy a miniumból (Pb₃O₄) kinyert anyag oxigén. Ő azonban élete végéig azon az állásponton volt, hogy az deflogisztonizált (flogiszton tartalmától megfosztott) levegő.

A kortárs vegyészek közül sokan, például Humphrey Davy Priestleyt tartotta az oxigén felfedezőjének: „Az oxigén gázt Dr. Priestley fedezte fel 1774 augusztusában.”¹⁸ A kémia történészek közül Partington is ezen a véleményen van:”Az oxigén felfedezése a tiszta gáz izolációját és azon tulajdonságainak megfogalmazását jelenti, amelyek megkülönböztetik más gázoktól. És ez történt meg Priestleyvel.”¹⁹

Más, jelentős kutatók nem osztották ezt az álláspontot., például Thomas Kuhn, aki Lavoisier tekint az oxigén felfedezőjének. A felfedezés fogalmát másképpen értelmezi, mint Partington. Az általa megadott dimenziót kibővíti:”...a felfedezésben a megfigyelés és fogalomalkotás, a tény és annak beépítése az elméletbe elválaszthatatlanul összekapcsolódik...Mondhatjuk-e azt, hogy a fölfedezéssel együttjár a paradigma megváltozása?...az itt tárgyalt esetben mindenképpen igennel kell válaszolnunk.”²⁰

(Szabadváry Ferenc álláspontja e kérdésben lényegében megegyezik Kuhnéval.)²¹

5. Ha ketten csinálják ugyanazt, az nem ugyanaz. A mercurius calcinatus per se (HgO) redukciója Lavoisier értelmezésében

Lavoisier megismétli Priestley kísérletét, amelyet a következőképpen ír le: Először higanyt kalcinált. Majd elvégezte redukcióját, amit így ismertet: „Vettem 45 gran” (45 X 0,0648=2,9 gramm) vörös port (HgO), ami a kalcináció során képződött. Bele tettem egy kis retortába, amihez adaptáltam egy, a kinyert folyadék és gáz befogadására alkalmas készüléket. (A gáz és a folyadék egymástól szétválík.) A retortát egy kemencébe (fourneau) tettem, majd begyűjtöttem a kemencét. Ekkor azt figyeltem meg, hogy a vörös por (Hg O) színének intenzitása hevítésének mértékével arányosan fokozódott. Amikor a retorta már majdnem vörösön izzott, a vörös por tömege fokozatosan

¹⁷ PRIESTLEY 1775, 387

¹⁸ DAVY 1840, 167

¹⁹ PARTINGTON 1962, V

²⁰ KUHN 2002, 66–67.

²¹ SZABADVÁRY 1987, 31–34

csökkenni kezdett és néhány perc múlva teljesen eltűnt. Ezzel egyidejűleg 41,5 gran (2,68 gramm) higany gyűlt össze a gyűjtő edényben, és 7 vagy 8 köbhüvelyk (7 vagy 8-szor $2,54^3 = 7$ vagy 8-szor $16,38\text{cm}^3$) $114\text{--}131\text{cm}^3$ gáz gyűlt össze az üvegbúra alatt. Ez a gáz (air) az atmoszféra levegőjénél sokkal nagyobb mértékben támogatta az égést és az állatok lélegzését.

A „levegő” (air) egy részét beengedtem egy 2,54cm (1 hüvelyk) átmérőjű üvegsőbe és a következő tulajdonságokat mutatta: Egy gyertya-kanóc vakító fényvel égett benne. Egy faszén darab ahelyett, hogy csendesen elégett volna, amint azt a közönséges levegőn szokott történni, égés közben sercegő hangot hallatott, mint a foszfor. Olyan ragyogó fényt sugárzott, hogy a szem alig tudta elviselni.

Ezt a fajta „levegőt” (air) majdnem egyidejűleg fedeztük fel; Priestley, Scheele, és jómagam. Priestley „deflogisztionizált levegőnek” (air déphlogistiqué) nevezte el, Scheele-től az „égi levegő” (air empyreal) nevet kapta. Én először a „nagyon jól belélegezhető levegő” (air éminemment respirable) nevet adtam neki, amit azóta felcseréltem az „éltető levegő” (air vital) elnevezéssel.”²²

Ez után pedig értelmezi a kísérletet: „E kísérlet körülményeit mérlegelve azt látjuk, hogy a higany kalcinálása során elnyeli a levegő egészséges és belélegezhető részét, vagy pontosabban szólva ennek a belélegezhető résznek a bázisát; Azaz a megmaradó rész egyfajta káros légnemű anyag, (une espèce de mofette) ami nem támogatja az égést és a légzést. Tehát a (normál) légköri levegő két, különböző fajta és ellentétes tulajdonságokkal rendelkező gázból (deux fluides élastiques) tevődik össze.”²³ (A nitrogén itt még mint káros légnemű anyag [une espèce de mofette] szerepel.)

A higany kalcinációja során Lavoisier szerint „hőanyag és fény szabadul fel...De a következő okok akadályozzák meg, hogy érzékeljük ezt a folyamatot: Az első: mivel a kalcináció több napig tart és a hőanyag, valamint a fény felszabadulása ugyanolyan hosszú időintervallumra oszlik el, és minden pillanatban végtelenül gyöngé. A második: a kalcináció egy kemencében történik tűz segítségével, az általa létrejött tűz összekeveredik a tűzhelyével.”²⁴

Először is rögtön belátható, hogy Lavoisier itt lényegében az oxigén elméletnek megfelelő gondolatmenet segítségével értelmezi a higany kalcinációját, illetve a higany oxid redukcióját. Éppen csak az oxigén szót nem használja. (még).

A flogisztion elmélet szerint a HgO hevítésével végzett redukciója során a higany a flogisztonnal egyesül. A higany kalcinációja, vagyis atmoszferikus levegő

²² LAVOISIER 1864, 36–37

²³ LAVOISIER 1864, 37–38

²⁴ LAVOISIER 1864, 39

környezetében történő hevítése során pedig eltávozik a flogiszton a higanyból. A HgO redukciójához (is) a flogiszton elmélet szerint szükség van (lenne) flogisztonra is. De kiderült, hogy ez anélkül is (faszén égetése nélkül is) végbemegy. A flogiszton elmélet ezen gyengesége Lavoisier korában ismert volt.²⁵

Nem véletlen, hogy Lavoisier a HgO redukciójának folyamatát bemutató kísérletet elmélete (egyik) bizonyításának tekintette.

Lavoisier a flogiszton elmélet állításait a tömeg megmaradás elvének, valamint a mérlegkészítés módszerének együttes alkalmazása segítségével vizsgálja.²⁶ Ez az elv és ezek a módszerek nem voltak újak. Lavoisier csak következetesen alkalmazta azokat.²⁷

Lavoisier első lépése az új kémia kidolgozásához vezető úton az volt, hogy felmutatta a kísérleti eredmények és Stahl elmélete közti ellentmondást. A flogiszton elmélet alapján ugyanis az várható, hogy az anyagok égése során súlycsökkenés következik be, mert a flogiszton eltávozik az anyagból. De az általa végzett kísérletek során ennek az ellenkezőjét tapasztalta.

Ezt a felismerését először explicit módon 1772-ben egy, a Francia Akadémiánál letétbe helyezett írásában fogalmazta meg:

„Nyolc napja felfedeztem, hogy a kén égése során egyáltalán nem veszít súlyából, épp ellenkezőleg, a súlya megnő... Ez az általam kísérletileg megállapított felfedezés szerintem döntő jelentőségű. Ez a felfedezés szükségszerűen vezetett engem a következő felismeréshez: Az, ami megfigyelhető a kén és a foszfor égése során, nagyon is végbemehet minden olyan anyag (corps) esetében, amelynek súlya gyarapodik kalcináció vagy égés folyamán. Meggyőződtem arról is, hogy a fémoxid (chaux métallique) súlynövekedésének ugyanaz az oka.

Párizs, 1772. november 1. Lavoisier”²⁸

Néhány hónappal később ebből kiindulva fogalmazza meg Lavoisier „forradalmi” programját: a kalcinációval és redukcióval, valamint a „levegők” (gázok) vizsgálatával *kapcsolatos* kutatások (pneumatikus kémia) megújítását. „A tárgy fontossága kötelezett engem arra, hogy újrakezdjem ezt a munkát, ami úgy tűnik, hogy forradalmat idéz elő a fizikában és a kémiában.”²⁹ – indokolta meg programját Lavoisier.

Lavoisier nem győzte meg Priestleyt. De a század kilencvenes éveiben a kémikusok többsége már elfogadta az új, oxigén-központú kémiát.

²⁵ GUERLAC 1975, 83

²⁶ LAVOISIER 1864, 101

²⁷ PARTINGTON 1962, 377–378

²⁸ LAVOISIER 1862, 103

²⁹ LAVOISIER 1990, 229–230

Some remarks on the history of chemical revolution

In the eightieth of the 18th century, the phlogiston theory was overthrown by Antoine Lavoisier who established an oxygen-centred theory. This has been named as a chemical revolution.

In 1772 Lavoisier discovered contradictions between the phlogiston theory and the reality. That was the starting point of his program intended to renew the chemistry, which included the renewal of research on calcination, reduction and that of pneumatic chemistry. In his view, this work brings about a revolution in physics and chemistry.

The presentation deals with some aspects of this process. It presents some problems of communication between rival paradigms, touches upon questions of incommensurability of scientific theories.

Keywords: chemical revolution, phlogiston theory, oxygen-centred theory, incommensurability

Irodalomjegyzék

- CONANT, J.: *The Overthrow of Phlogiston Theory*, Cambridge/Mass., 1964, 13.
- CONANT, J.– HAUGELAND, J.: Editors' introduction In: KUHN, T. S., *The Road since Structure*. 1970–1993, Chicago, 2000, 1–9.
- DAVY, H.: *Oxygen gas*, In: *Collected Works*, 4k. London, 1840, 167.
- GUERLAC, H.: Antoine-Laurent Lavoisier. Chemist and revolutionary, New York, 1975, 83.
- KUHN, T. S.: *Commensurability, Comparability, Communicability*, In: uő, *The Road since Structure*, philosophical essays 1970–1993, Chicago, 2000, 33–57.
- KUHN, T. S.: *A tudományos forradalmak szerkezete*, Budapest, 2002, 119, 154, 155, 156, 203, 205, 206, 208.
- LAVOISIER, A. L.: *Traité Élémentaire de Chimie, Oeuvres*, T.1., Paris, 1864, 36–37, 101.
- LAVOISIER, A. L.: Détails historique sur la cause de l'augmentation de poids, In: *Oeuvres* T.2, Paris, 1862, 99–104.
- LAVOISIER, A.L.: *The Memorandum of February 20, 1773* In: Henry Guerlac, *Lavoisier-The Crucial Year*, 1990, New York/London, 1990, 229–230
- SZABADVÁRY, F.: *Antoine-Laurent Lavoisier*, Leipzig, 1987, 31–34

Irodalom

- CONANT, J.: *The Overthrow of Phlogiston Theory*, Cambridge/Mass., 1964.

CONANT, J.– HAUGELAND, J.: *Editors' introduction* In: KUHN, T. S., *The Road since Structure, 1970-1993*, Chicago, 2000, 1–9.

GUERLAC, H.: *Antoine-Laurent Lavoisier. Chemist and revolutionary*, New York, 1975.

GUERLAC, H.: *Lavoisier-The Crucial Year*, New York/London, 1990.,

KUHN, T.S.: *The Road since Structure „philosophical essays 1970–1993*, Chicago, 2000.,

KUHN, T. S.: *A tudományos forradalmak szerkezete*, Budapest, 2002

SZABADVÁRY, F. *Antoine-Laurent Lavoisier*, Leipzig, 1987.