



Hosztafi Sándor

■ hosztafi.sandor@semmelweis.hu

Grignard doktori dolgozata: előzetes a Nobel-díjhoz

A Nobel-díjat 1912-ben francia kutatók, Victor Grignard és Paul Sabatier kapták megosztva. Grignard 1901-ben védte meg doktori értekezését, melyben két év eredményeit foglalta össze, és a dolgozat jelentős mértékben hozzájárult a szintetikus szerves kémia fejlődéséhez. A Nobel-díjat gyakorlatilag a doktori dolgozat eredményei alapján ítelték Grignard-nak. [1–3]



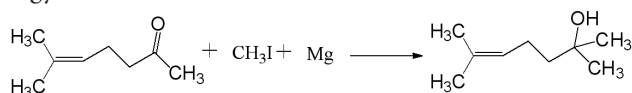
Victor Grignard



Paul Sabatier

Victor Grignard 1871-ben született Cherbourg-ban, iskoláit Cherbourg-ban és Clunyben végezte, majd a Lyoni Egyetemen kapott ösztöndíjat, ahol matematikatanárként (License és Sciences Mathématiques) végzett 1894-ben. Mivel nem tervezte, hogy matematikát tanítson, egy barátja javaslatára az egyetem fiatal szerves kémikusának az előadásait kezdte hallgatni, Louis Bouveault-ét, aki később az általa kidolgozott redukációs eljárás (Bouveault–Blanc-redukció) révén vált ismertté. Korábban Grignard a kémiát túlságosan empirikus és nem jelentős tudománynak tartotta, melyhez szükséges a jó memória, de az előadások hatására megváltozott a véleménye, és 1894 decemberében asszisztensi állást kapott Philippe Barbier professzor laboratóriumában.

Barbier [4] 1899-ben a Zajcev-reakcióval kísérelt meg tercier alkoholokat előállítani, ketonokból és szerves cinkvegyületekből, de ez a módszer csak korlátozottan volt használható, ezért Barbier a cinket a sokkal reakcióképesebb magnéziummal helyettesítette. Metil-heptén-ketont oldott éterben, és az oldathoz magnéziumforgácsot adott. Metil-jodid fokozatos adagolásakor heves reakciót tapasztalt, amit hűtéssel mérsékelt. A feldolgozás után (jég és híg sav) valóban a várt tercier alkoholt izolálta az alábbi reakcióegyenlet szerint:



A módszert nem sikerült általánosítani, mivel a reakciót nem tudták megbízhatóan kivitelezni, sokszor nem működött, és a hozamok sem voltak kielégítőek. Grignard beosztása ekkor a kísérleti munka „előkészítője” (préparateur) volt. Miután Grignard a laboratórium vezetője lett, Barbier megbízta a reakció felülvizsgálatával, de Grignard hamarosan holtpontra jutott, mivel a reakció megbízhatatlannak bizonyult és a hozamon nem lehetett javítani. Ugyanakkor Barbier szintén ennek a reakciónak a tanulmányozását jelölte ki Grignard számára a doktori dolgozat témájaként. Grignard ekkor felvetette a professzornak, hogy megpróbálja először az alkil-magnézium-jodidot előállítani és ezt reagáltatja a ketonnal. Barbier nem támogatta az ötletet, és felszólította az ifjú kutatót, hogy ne foglalkozzon többé a fenti reakcióval; a továbbiakban kettős és hármas kötéssel rendelkező szén-hidrogének szintézisét javasolta.

Grignard-nak tudomása volt Frankland és Wanklyn kísérleteiről, akik a cink-dialkil-vegyületeket éterben állították elő cinkforgács és alkil-jodid reakciójában, de a komponenseket zárt csőben melegítették. Grignard a metil-jodid és az izobutil-bromid reakcióját magnéziummal vízmentes éterben vizsgálta. [5] Az első kísérletek nem voltak sikeresek, mivel az éteres oldatot forralta, és a reakció nem volt kontrollálható. Hamarosan kiderült, hogy az alkil-halogenidek és a magnézium reakciója szobahőmérsékleten is beindul, és a heves reakciót hűtéssel lehet mérsékelni. A magnézium az alkil-halogeniddel történő reakcióban az éterben feloldódott, és szén-magnézium kötés jött létre. Grignard a kapott vegyületre R-MgX képletet feltételezett. Az izobutil-bromid oldószer nélkül is reagált magnéziumforgáccsal, de vízmentes éterben a reakció gyorsan végbement. Grignard az 1900-ban megjelent közleményben hivatkozik Barbier cikkére, vagyis a cink helyett a magnéziumot használta a Zajcev-reakcióban. Grignard a Barbier-reakcióra alapozva rámutatott, hogy a metil-magnézium-jodid reagenssel aldehidekből szekunder alkoholok, míg ketonokból tercier alkoholok nyerhetők. Néhány reakciót felsorolt példaként: benzaldehid és izobutil-magnézium-bromid reakciója szekunder alkoholt eredményezett, míg acetofenon és metil-magnézium-jodid, illetve benzil-magnézium-bromid és aceton reakciójában tercier alkoholokat állított elő.

Szerves magnéziumvegyületek előállítására már Barbier közleménye előtt is folytak kísérletek, elsősorban Lothar Meyer kutatócsoportja (Tübingeni Egyetem) ért el jelentős eredményeket. [1,2] Ők alkil-jodidokat melegítettek zárt csőben magnéziumforgáccsal, és így nyerték például a dimetil-magnéziumot, a dietil-magnéziumot. Dialkil-higanyt magnéziumforgáccsal melegítve zárt, evakuált csőben szintén dialkil-magnézium-vegyületek képződtek. Utóbbi módszerrel preparálták a difenil-magnéziumot. A dietil-magnézium vízzel reagálva etánt és magnézium-hidroxidot eredményezett. Ugyanakkor ezek a szerves magnéziumvegyü-



tek levegővel érintkezve spontán meggyulladtak, és ezért a kutatók úgy gondolták, hogy ezek a vegyületek nem alkalmas reagensok a szerves szintézisekben.

Grignard az első sikeres kísérletei után felkereste H. Moissan és P. E. M. Berthelot professzorokat (mindketten a Francia Tudományos Akadémia tagjai) Párizsban, és a tanácsukat kérte, mivel felfedezésének prioritását meg akarta védeni. Moissan és Berthelot a szabadalmaztatást nem javasolták, hanem azt tanácsolták Grignard-nak, hogy az általa fontosnak tartott reakciókat valósítsa meg, és az eredményeit gyorsan publikálja. Grignard 1900-ban és 1901-ben hét közleményt publikált a Grignard-reagens alkalmazásáról, néhány dolgozatban Louis Le Tissier (később szenátor a Nemzetgyűlésben) volt a szerzőtársa. A dolgozatok a *Comptes Rendus* folyóiratban (a Francia Tudományos Akadémia tudományos folyóirata) jelentek meg, és az akkori szokásoknak megfelelően az eredményeket egy kémikus akadémikus mutatta be. Grignard ez esetben Moissan professzor támogatását élvezte, mivel valamennyi dolgozatát Moissan mutatta be. Mai szemmel ezeket a dolgozatokat az előzetes közlemények közé sorolnánk be, mivel két- vagy háromoldalas cikkekről van szó, részletes kísérleti leírásokat nem tartalmaznak. Abból, hogy Grignard Moissan támogatását kérte és Barbier professzort megkerülve végezte vizsgálatait, a későbbiek során felmerült a kérdés: miért nem szerepelt Barbier ezekben a közleményekben, hiszen Philippe Barbier volt az, aki a doktori munka témáját kijelölte mint témavezető, és Grignard a kísérleteit Barbier laboratóriumában végezte. A kérdést utólag nehéz megválaszolni, talán Barbier személyiségének az ismerete ad némi információt. Barbier jó előadó és briliáns kémikus volt, aki állandóan új ötletekkel állt elő, és ha egy általa kidolgozott reakció nem a várt irányban és módon játszódott le, akkor nekilátott egy újabb projektnek, és az előzővel nem foglalkozott tovább. Grignard doktori védésén Barbier volt a doktori bizottság elnöke, aki egyáltalán nem mutatta, hogy neheztelne amiatt, hogy Grignard nélküle publikálta eredményeit.

1901-ben Grignard két közleményt [6,7] jelentetett meg egyedüli szerzőként. Az izobutil-magnézium-bromid és a metil-magnézium-jodid mellett etil-



Philippe Barbier

bromidból is előállította az etil-magnézium bromidot. Vizsgálta mindhárom reagens reakcióit etil-formiáttal, és szekunder alkoholokat kapott. A metil-magnézium-jodid és metil-acetát reakciójában tercier butil-alkoholt preparált, amelyet Butlerov írt le először, ez volt az első szintetikus tercier alkohol. A metil-jodid és a magnézium reakciójában keletkező termékre Grignard már az első közleményében CH_3MgI képletet feltételezett. Kizárta a dimetil-magnézium-szerkezetet, mivel az aldehidekkel történő reakcióban csak szekunder alkohol képződik, míg dimetil-magnézium-szerkezet esetén a szekunder alkohol mellett metán is képződne mint társtermék. Grignard nem tudta kimutatni a metán keletkezését, ezért metil-magnézium-jodid-szerkezetet feltételezett, amely dietil-éterrel addíciós vegyületet képez.

Tissier és Grignard [8] alkil-magnézium-bromiddal savkloridok és savanhidridek reakcióiban tercier alkoholok képződését tapasztalta. Az $\text{RMgBr} + \text{ROH}$ reakcióban R-H szénhidrogén keletkezését figyelték meg, a társtermék ROMgBr magnézium-alkoholát-bromid só. Etilén-dibromid és magnézium reakciójában nem sikerült preparálni a bifunkciós reagenst, etiléngáz fejlődését tapasztalták [9]. Sikerült előállítani aril-bromidokból is az aril-magnézium-bromidokat. A brómbenzolból kapott fenil-magnézium-bromid metil-benzoáttal trifenil-karbinol (tritol-alkohol) állítható elő, míg acetonnal dimetil-fenil-karbinol képződik. [10]

Grignard és Tissier [11] hidroximetil-csoport beépítésére dolgozott ki új módszert a Grignard-reagens alkalmazásával: alkil(aril)-magnézium-bromidok és 1,3,5-trioxán (formaldehid trimer) reakciójában etil-magnézium-bromidból propil-alkohol, fenil-magnézium-bromidból benzil-alkohol, míg 1-naftil-magnézium-bromidból 1-hidroximetil-naftalin állítható elő.

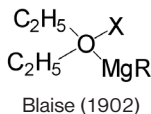
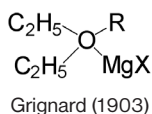
Az 1901-ben megjelent közleményekre alapozva Grignard benyújtotta a doktori dolgozatát. Moissan ugyan kérte, hogy dolgozatát Párizsban mutassa be és védje meg, de Grignard ragaszkodott a Lyoni Egyetemhez, ahol a felfedezéseit tette. A tézisekben felsorolt 29 új vegyületet, melyeket az általa felfedezett reagenssel preparált. Ezek jórészt szekunder vagy tercier alkoholok voltak, valamint alkil-magnézium-halogenidek. A tézisben beszámolt a karbonsavak új előállításáról is: alkil-magnézium-bromidok éteres oldatába szén-dioxid bevezetésekor a megfelelő alifás karbonsavak keletkeznek. Grignard 1901 júliusában [12] védte meg doktori értekezését a Lyoni Egyetemen. A doktori bizottság elnöke Philippe Barbier professzor volt, másik két tagja a fizikai kémikus Leo Vignon és a fizikus Georges L. Gouy. A bizottság a doktori értekezést „Mention très honorable” (kimagasló) értékeléssel fogadta el. Grignard doktori értekezésének egy rövidített változata megjelent az *Ann. Chim. et Phys.* folyóiratban még 1901-ben.

A doktori értekezés fontosabb következtetései: Alkil-bromidok vagy alkil-jodidok (RX) könnyen reagálnak magnéziummal vízmentes éter oldószerben, a képződő szerves magnéziumvegyület szerkezete RMgX általános képlettel írható le. A szerves magnéziumvegyületek jól oldódnak éterben, és ebben az oldatban kivitelezhetők a további reakciók. A szerves magnéziumvegyületek helyettesíthetők a szerves cinkvegyületekkel, és reagensként előnyösebb az alkalmazásuk. Az RMgX általános képletű vegyületek víz hatására elbomlanak, a reakcióban R-H szénhidrogének keletkeznek. A szerves magnéziumvegyületek reakcióba lépnek száraz szén-dioxiddal, majd hidrolízis után alifás vagy aromás karbonsavak keletkeznek. A szerves magnéziumvegyületek előnyösen használatosak szimmetrikus szekunder vagy tercier alkoholok szintézisére.

Grignard fundamentális felfedezésének jelentőségét Franciaországban is felismerték és értékelték. 1901-ben kitüntették, és elnyerte a Francia Tudományos Akadémia Cahours-díját és a Berthelot-érmet. Grignard neve és felfedezése hamarosan az egész világon ismert lett a kémikusok között. A Grignard-reagens alkalmazásával nagyszámú új vegyületet tudtak előállítani. A fém-organikus vegyületek vizsgálatakor E. Blaise 1902-ben az alkil-magnézium-halogenidek szerkezetére éteres oldatban oxónium-szerkezetet javasolt, az etilén-oxid alkil-magnézium-bromidok reakcióját tanulmányozva [13]. Blaise a reakcióban etilén-brómhidrint (β -bróm-etanol) izolált, és ebből következtetett az oxónium típusú szerkezetre. Grignard is megvizsgálta az etilén-oxid reakcióját alkil- és aril-magnézium-bromidokkal, és fenil-magnézium-bromid esetén β -fenil-etanol izolált főtermékként. Grignard



egészen más szerkezetet javasolt az alkil-magnézium-bromid-dietil-éter komplexre. [14]

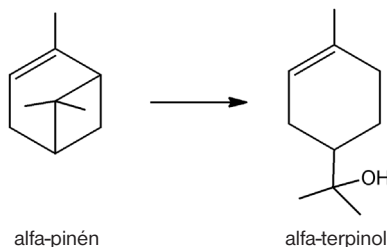


Az alkil-magnézium-halogenid-dietil-éter komplex szerkezete

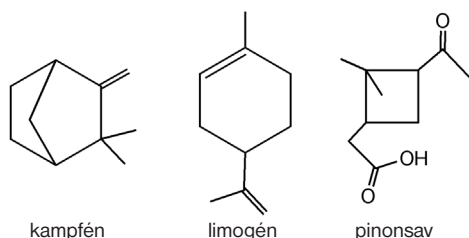
A Grignard-reagens sokoldalú alkalmazhatóságát példazzák E. Blaise vizsgálatai is a Nancy Egyetemen. [15] Blaise alkil-magnézium-bromid és alkil-cianidok (nitrilek) reakciójában ketonokat állított elő, és rámutatott, hogy az alkil-magnézium-bromid, $\text{R}'\text{MgBr}$ reagálhat egy nitrillel, R-CN , majd az addíció köztitermék hidrolízise nem szimmetrikus ketont ($\text{R-CO-R}'$) eredményez. Blaise kísérleti példát nem közölt. Érdekes, hogy 1901-ben a nitril képletében a nitrogén vegyjelére „Az” jelölést használt (franciául a nitrogén neve azote).

1905 végén a Grignard-reagenssel kapcsolatos publikációk száma 200 volt, míg 1908-ban további 332-vel nőtt ez a szám. 1912-ben több mint 700 közlemény jelent meg, melyekben alkalmazták a reagenst. Furcsának tűnik, hogy a Grignard által felfedezett reagenst szülőhazájában „organomagnésien”-nek nevezik, míg külföldön Grignard-reagensként ismert, illetve a reakció neve Grignard-reakció.

Grignard a doktori fokozat megszerzése után tovább folytatta kutatásait a szerves magnéziumvegyületek körében, majd 1907-től Barbier professzorral együttműködve a terpénvázak vegyületek kémiai vizsgálatát. [1] A tanár-tanítvány jó kapcsolatot jelzi, hogy a *Comptes Rendus* és *Bull. Soc. Chim. France* folyóiratokban 11 közös publikációt jelentetettek meg. Grignard a terpénvázak vegyületek szerkezetvizsgálata során is gyakran alkalmazta a Grignard-reagenst. Ekkor már az α -pinén szerkezete ismert volt, korábban Barbier is beszámolt néhány új származékról. Barbier és Grignard a vegyület új átalakítását közölte, az α -pinént ecetsavban benzolszulfonsavval melegítve α -terpinol képződött. (Az α -terpinol fontos alapanyag az illatszeriparban.)



A pinén izolálása során Grignard négy további terpénváz vegyületet izolált: kampfént, l-limonént, dl-limonént és terpinolént. Grignard a Barbier által 1883-ban előállított pinén-hidrokloridot magnéziummal reagáltatta, majd az α -pinén-magnéziumvegyület bomlásakor alkoholok keverékét kapta, a borneolt és fenchil-alkoholt. Barbier és Grignard az α -pinén kálium-permanganátos oxidációjával d- és l-pinonsavat preparált, a pinonsav triszubsztituált ciklobután-származék.



A pinonsavat vizes oldatban bromozva, majd 200 °C-on melegítve érdekes átrendeződési reakciót tapasztaltak: aromás gyűrű kialakulásával meta-xilol-4-ecetsav képződött.

Mivel a Nancy Egyetemről Blaise professzor 1909-ben Párizsba került és a Sorbonne Egyetemen lett tanszékvezető, a francia oktatási minisztérium felkérte Grignard-t, hogy vegye át Blaise előadásait és laboratóriumi kurzusait. Grignard elfogadta a felkérést, és 1910-ben kinevezték egyetemi tanárnak és a Szerves Kémiai Tanszék professzora lett. A tanszék felszereltségét megfelelőnek tartotta, így a kutatócsoporttal tudta folytatni a Lyonban elkezdett munkát.

Barbier 1910-ben publikált egy rövid levelet a *Bull. Soc. Chim. France* folyóiratban [16], melyben felhívja a figyelmet arra a helytelen tendenciára, hogy a kémiai szakirodalomban a szerves magnéziumvegyületek alkalmazását a szerves szintézisekben kizárólag Grignard-nak tulajdonítják. Szerinte ez téves információ, mivel Barbier volt az első, aki szerves magnéziumvegyületet használt a dimetilhepténol szintézise során. Ezen bevezetés után Barbier megismételte a *Comptes Rendus* folyóiratban megjelent közlemény teljes szövegét. Hozzátette, hogy ezzel a módszerrel előállította a citonellalból a metilezett szekunder alkoholt. Ezeket az eredményeket azonban nem közölte, mivel a reakció felülvizsgálatával és általánosításával megbízta Grignard-t, vizsgálja meg, előnyös-e helyettesíteni a Zajcev-reakcióban a cinket magnéziummal. Barbier rámutatott, hogy a kérdéses reakció típus megtalálható Grignard kiváló doktori értekezésében. Kétségtelen, hogy a reakció sikeres volta Grignard munkájának köszönhető, de Barbier úgy vélte, hogy a témát ő javasolta, és az ő érdemei sem vitathatók, ezért joga van magát olyan (társ)szerzőnek tekinteni, aki megalapozta a reakciót. A levél tartalma alapján arra lehet gondolni, hogy Barbier ezzel a dolgozattal támadta Grignard-t, aki önző módon kihagyta Barbier nevét az új reakció leírásakor. Grignard válaszul szintén publikált egy rövid levelet ugyanebben a folyóiratban szintén 1910-ben. Grignard valamennyi közleményében mindig kiemelte Barbier dimetilhepténol-szintézisét, Barbier ötletét a Zajcev-reakció módosítására.

1912 novemberében Grignard Paul Sabatier professzorral megosztva megkapta a kémiai Nobel-díjat. Ez volt a harmadik kémiai Nobel-díj H. Moissan (1906) és M. Curie (1911) díja után, melyet francia kémikusok kaptak. Grignard a Nobel-díj átadó ünnepségen tartott előadásában is hangsúlyozta Barbier professzor eredményeit, mivel a felfedezése ezen eredményekre épült. 1912 decemberében a *Salut Public* újságban megjelent egy rövid cikk „L'oeuvre d'un savant” (Egy tudós munkája) címmel. Az írás ismertette Victor Grignard felfedezését és Nobel-díját, amely egyben a francia szerves kémia eredményeinek az elismerése volt. A cikk kiemelte, hogy Grignard a Lyoni Egyetemen Barbier professzor irányításával folytatta kutatásait, valamint Barbier volt a doktori munka témavezetője is. Barbier reagált az újságcikkre egy levélben, melyben elismerte és méltatta tanítványa eredményeit, de idézte a *Comptes Rendus*-ben 1899-ben megjelent cikkét, és kifejtette, hogy Grignard felfedezése az általa kidolgozott szintézisen alapul. A professzor és tanítvány viszonyát a fent említett prioritási viták nem befolyásolták, amit az is bizonyít, hogy 1914-ben a terpének vizsgálatáról közös dolgozatuk jelent meg a *Bull. Soc. Chim. France* folyóiratban. 1919-ben, nyugdíjba vonulásakor Barbier Grignard-t javasolta intézetvezetőnek.

A Nancy Egyetemen Grignard és Courtot munkatársa jelentős eredményeket értek az indén új származékainak szintézisében. Mivel az indén C-1 hidrogénje fémnátriummal helyettesíthető,



Grignard feltételezte, hogy az indén reakcióképes hidrogénje reakcióba lép az alkil-magnézium-bromiddal. A megfelelő szénhidrogén képződése mellett az indént tudták szubsztituálni a reagenssel, és az éterben oldhatatlan indenil-magnézium-bromid képződött. Utóbbi vegyületből szén-dioxiddal az indenil-1-karbonsav, hidrolízissel 1-indenol keletkezett. Az indén mellett hasonló reakciót figyeltek meg ciklopentadién és RMgBr, valamint fluorén és RMgBr reakcióiban.

Az I. világháború kitörése után a tudományos kutatók a hadipar szükségleteinek igyekeztek eleget tenni. [1] Grignard egy évét a Nancy Egyetemen toluol előállításával foglalkozott, Friedel-Crafts reakciót alkalmazva. Ekkor a francia vegyipar nem tudott elegendő toluolt termelni, és újabb fejlesztésekre volt szükség, mivel a toluolból trinitro-toluol robbanóanyagot állítottak elő. Ezután Grignard-t Párizsba rendelték, és a Sorbonne Egyetemen harci gázok szintézisét vizsgálta. Grignard egy ma is használható laboratóriumi módszert dolgozott ki a foszgén előállítására: szén-tetraklorid és óleum reakciójában foszgén és klórszulfonsav képződik, és ez a reakció lehetővé tette a foszgén ipari léptékű előállítását. (1920-ban Grignard és Urbain publikálta az eljárás részletes leírását a *Bull. Soc. Chim. France* folyóiratban.) Később az eljárást módosították: a kénsav és a szén-tetraklorid 80 °C-on képes reagálni kovaföld katalizátor alkalmazásával, a reakcióban foszgén, sósavgáz és pirozsulfuril-klorid ($S_2O_5Cl_2$ a pirokénsav dikloridja) képződik. A szén-tetraklorid és az óleum reakciójában melléktermékként képződő több tonna klórszulfonsavat is felhasználták: etilénnel történő addíciós reakcióban béta-klóretanol szulfátészter keletkezett, amely könnyeztető hatású, a hidrolízissel nyerhető béta-klóretanol viszont alapanyag a mustárgáz szintéziséhez. Grignard a mustárgáz kimutatására kidolgozott egy érzékeny analitikai módszert: a mustárgáz és a nátrium-jodid reakciójában szubsztitúcióval a 2,2'-dijód vegyület keletkezik, amely azonnal kristályosan kiválik. A módszer 1 cm³ levegőben 0,01g mustárgázt is ki tud mutatni. Az I. világháború éveiben Grignard vizsgálta a klórszénsav-metilészter és a metil-formiát klórozási reakcióit. A klórszénsavból és metilészterből keletkező klórszénsav-triklórmetilészter vagy difoszgén a foszgén prekursorának tekinthető, mivel csontszén jelenlétében melegítve két molekula foszgénre bomlik.

1919-ben Barbier professzor nyugdíjba ment, Grignard megpályázta az egyetemi tanári állást, és visszatért Lyonba. Kinevezték a Kémiai Intézet igazgatójának, mely pozíciót 1935 decemberéig betöltötte. Itt folytatta a fémorganikus vegyületek reakcióinak tanulmányozását. Az alkil-magnézium-halogenidek és a ke-

tonok vagy aldehidek reakcióiban olyan melléktermékeket izolált (α,β -telítetlen ketonok), melyek a ketonok autokondenzációs reakcióiban keletkeztek. Grignard kiderítette, hogy a képződő magnézium-alkoholátok katalizálják az autokondenzációt. Az alkil-magnézium-halogenidek és aldehidek reakciójában felfedezte, hogy a Grignard-reagens redukáló hatással is rendelkezhet. A Grignard-reagens további alkalmazása az alkinek szintézise. A propin CH_3-C_2H és alkil-magnézium-halogenid reakciójában az aktív hidrogén helyettesíthető, és CH_3C_2MgX képződik, melyből jódal diacetilén-származék nyerhető. Grignard jelentős eredményeket ért el a katalitikus hidrogénezések vizsgálatakor is, mivel a hidrogénezési reakciókat csökkentett nyomáson hajtott végre. Benzaldehidet sikerült benzilalkohollá redukálni jó hozamokkal 150 °C-on és 100 Hgmm nyomáson. Nikkelkatalizátor alkalmazásával fenolt tetrahidrofenollá hidrogénezett, amely a ciklohexanon enol formája. Platina-oxid katalizátort használva benzil-kloridot redukált benzaldehiddé 200 °C-on és 140 Hgmm nyomáson. Lyonban kezdett hozzá egy részletes, többkötetes szerves kémiai kézikönyv írásához, *Traité de chimie organique* címmel, melyből életében két kötet megjelent, további két kötet pedig csak a halála után.

Grignard-t a Francia Tudományos Akadémia 1926-ban a tagjai közé választotta, de számos külföldi akadémia is tiszteletbeli taggá választotta. Ugyancsak számos külföldi kémiai társaságnak volt a tiszteletbeli tagja. 1935 decemberében hunyt el teljesen váratlanul, gyors lefolyású betegség következtében. [17]

IRODALOM

- [1] C. S. Gibson, W. J. Pope: Victor Grignard. (Obituary) J. Chem. Soc. (1936) 171–179.
- [2] H. Rheinboldt: Fifty years of the Grignard reaction. J. Chem. Educ. (1950) 28, 476–488.
- [3] H. B. Kagan: Victor Grignard and Paul Sabatier: Two showcase laureates of the Nobel Prize for chemistry. Angew. Chem. Int. Ed. (2012,) 51, 7376–7382.
- [4] P. Barbier: Comptes Rendus (1899) 128, 110–111.
- [5] V. Grignard: C. R. (1900) 130, 1322–1324.
- [6] V. Grignard: C. R. (1901) 132, 336–338.
- [7] V. Grignard: C. R. (1901) 132, 558–561.
- [8] L. Tissier, V. Grignard: C. R. (1901) 132, 683.
- [9] L. Tissier, V. Grignard: C. R. (1901) 132, 835.
- [10] L. Tissier, V. Grignard: C. R. (1901) 132, 1182.
- [11] V. Grignard, L. Tissier: C. R. (1902) 134, 107.
- [12] V. Grignard: Ann. Chim. Phys. (1901) 7/24, 433–490.
- [13] E. Blaise: C. R. (1902) 134, 551.
- [14] V. Grignard: C. R. (1903) 136, 1260.
- [15] E. Blaise: C. R. (1901) 132, 38–41.
- [16] T. Urbanski: Barbier-Grignard: explosive reaction. Chemistry in Britain (1976) 12, 191–192.
- [17] Grignard publikációs listája és életrajza: C. Courtot: Notice sur la vie et les travaux de Victor Grignard. Bull. Soc. Chim. Fr. (1936) 5, 1433–1472.

Mesterséges intelligencia térképezi fel a városok energiaéhségét

Műholdas adatok és mesterséges intelligencia házasságából született a Paulinyi & Partners új innovációja, az Urban Energy Scan, amely városrészek teljes energiafelhasználásának feltérképezésére és szimulációjára képes.

A fejlesztés bekerült az Európai Unió SPACE4Cities programjának 20 legígéretesebb városfejlesztési projektje közé, és hamarosan európai nagyvárosok energiahatékonysági döntéseit támogathatja. A Fraunhofer Integrált Áramköri Intézettel közösen fejlesztett platform MI-alapú képfelismerő algoritmusokkal elemzi a műholdfelvételeket, majd előre jelzi az egyes épületek és városrészek energiaigényét. Az MI alkalmazása nemcsak felgyorsítja az elemzést, hanem a hagyományos módszereknél jóval részletesebb és pontosabb képet ad az energiahatékonysági lehetőségekről.

Sőt, a szakemberek egy-egy fejlesztés potenciális hatását is megnevezhetik – nemcsak egy-egy épület, hanem akár kerületek szintjén is. (via *muszaki-magazin.hu*)

