

MATERIAŁY PLASTYCZNE PRZEWODNIKAMI I

Inżynieria materiałowa jest tym działem nauki, który przeżywa niezwykły rozwój. W laboratoriach otrzymuje się coraz lepsze, coraz czystsze materiały, większe i doskonalsze kryształy, nowe nadprzewodniki, półprzewodniki, magnetyki, dielektryki, ceramiki itd. Wydaje się czasem, że już nic nowego nie można wymyślić. Tymczasem ostatnio wciąż jesteśmy zaskakiwani kolejnymi odkryciami, o trudnych do przecenienia możliwościach zastosowań. Takim właśnie bardzo ważnym krokiem jest otrzymanie materiałów plastycznych świetnie przewodzących prąd elektryczny. Wszystko zaczęło się od przypadku w laboratorium tokijskiego instytutu technologicznego. Student syntetyzujący poliacyetylen dodał tysiąc razy za dużo katalizatora i otrzymał coś podobnego do folii aluminiowej.

Prowadzone w USA, późniejsze, systematyczne badania tego metalicznego plastiku doprowadziły w 1977 roku do wniosku, iż domieszkowanie jodem jest w stanie zmniejszyć jego opór elektryczny miliard razy. Natomiast firma BASF z RFN w 1987 roku otrzymała poliacyetylen o przewodnictwie właściwym $\sigma = 147\ 000\ (\Omega\text{cm})^{-1}$. Rezultat ten stanowi około 25% wartości przewodnictwa miedzi uważanej dotąd za najlepszy przewodnik w temperaturze pokojowej. Biorąc jednak pod uwagę fakt, iż poliacyetylen jest osmiokrotnie lżejszy od miedzi stwierdzamy, że "druć" plastikowy jest dwukrotnie lepszy od miedzianego o tym samym ciężarze. Ponadto przewodzące plastiki wykazują silną anizotropię przewodnictwa. Może ono być 1000 razy większe wzdłuż łańcuchów molekularnych niż w kierunku do nich prostopadłym. Samo domieszkowanie plastików ma inny charakter niż w przypadku półprzewodników.

Stosowane koncentracje domieszek są bardzo duże — do kilku procent. Ponadto domieszki nigdy nie zastępują atomów pierwotnego łańcucha węglowego, tylko dołączają się do niego lekko zaburzając położenie atomów węgla. W ten sposób powstają w materiale "wyspy" przewodzące, które przy wysokiej koncentracji domieszek zaczynają na siebie nachodzić i dramatycznie zwiększają wartość przewodnictwa właściwego. W zależności od rodzaju domieszek możemy otrzymywać różne rodzaje nośników. Domieszkowanie poliacyetylenu jodem prowadzi do otrzymania przewodnictwa dziurowego (typu p), natomiast domieszkowanie sodem — elektronowego (typu n). Należy jednak stwierdzić, iż mechanizm przewodnictwa w polimerach jest bardziej skomplikowany niż w półprzewodnikach. W konsekwencji nie istnieje jeszcze dobry model teoretyczny opisujący to zjawisko. Mimo to w 1987 roku japońska firma Seiko rozpoczęła już sprzedaż pierwszego akumulatora do zegarka ręcznego z jedną z elektrod wykonaną z przewodzącej polibutyliny. Akumulatorki te, o napięciu 3V, mają trzykrotnie większą pojemność od znanych akumulatorów litowych. Szereg innych firm również szykuje różnego rodzaju akumulatory plastikowe zdecydowanie lepsze od dotychczas używanych. Planowane zastosowania przewidują również wykorzystanie przewodzących plastików zarówno w obwodach scalonych i komputerach, jak i w ciele ludzkim w charakterze sztucznych włókien nerwowych. Wydaje się, że zaczyna się druga era plastików, być może równie ważna jak pierwsza...

Gwiazdy Władysławowskie

(na marginesie rocznicy śmierci Heweliusza (1611 – 1687))

Prof. dr Jerzy Dobrzycki

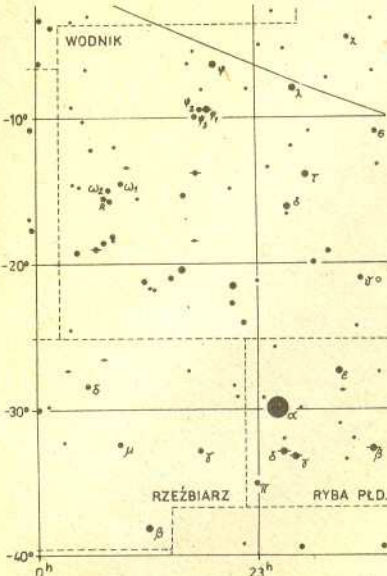
Wiele pomysłowości, talentu i wysiłku wkładał Heweliusz w staranną konstrukcję budowanych przez siebie przyrządów pomiarowych. Służyły one do opracowania ostatniego w historii astronomii wielkiego katalogu gwiazd, wykonanego wyłącznie drogą obserwacji gołym okiem, bez pomocy lunety. Heweliusz okazał się tu konserwatystą: właśnie w okresie, gdy pracował nad swym katalogiem, uczeni podejmowali próby wykorzystania lunety w pomiarach i zwiększenia w ten sposób ich dokładności. W pełni zastosował lunetę jako celownicę około 1670 roku Jean Picard przy pomiarach triangulacyjnych we Francji, kiedy to po raz pierwszy nowożytną metodą wyznaczał wielkość promienia Ziemi. Wkrótce też stanowisko Heweliusza broniącego swych klasycznych instrumentów, spotkało się z krytyką uczonych angielskich, przede wszystkim Roberta Hooke'a. Hooke zaprzeczał możliwości wyznaczenia położenia gwiazd z dokładnością przewyższającą — a choćby nawet dorównującą — dokładności pomiarów z lunetą celowniczą. Polemika była gorąca (choć, jak na ówczesne czasy, jeszcze niezbyt gwałtowna), a Heweliuszowi wyraźnie sprawiała przykrość.

W 1679 roku Towarzystwo Królewskie w Londynie (*Royal Society*), którego członkiem był Heweliusz, delegowało do Gdańska młodego, ale znanego już astronoma, Edmunda Halleya dla zapoznania się z instrumentarium i techniką obserwacji Heweliusza. Prowadzone równoległe przez obu astronomów pomiary przekonały Halleya o zaskakującej precyzji pomiarów osiągniętej przez gdańskiego astronoma. Niemniej jednak angielscy uczeni pozostali zwolennikami instrumentów nowego typu i przynajmniej w korespondencji między sobą krytycznie wyrażali się o uporze starszego pana (w roku 1679 Heweliusz miał lat 68; Halley — 23, Hooke — 44, Flamsteed, opracowujący katalog gwiazd już nową techniką — 33).

Kto miał rację w tym sporze? Właściwie obie strony po trochu. Sekundy łuku, jakimi operował Heweliusz w zapisie i rachunkowym opracowaniu pomiarów, nie są dostępne przy pomiarach gołym okiem. Za to umiejętności Heweliusza jako konstruktora przyrządów i wyjątkowa zapewne ostrość wzroku zapewniły równowartość pomiarów gdańskich i — podejmowanych współcześnie pomiarów, już teleskopowych — astronomów angielskich. Potwierdza to też niedawna statystyczna analiza XVII-wiecznych katalogów gwiazdowych, opracowanych przez Brahego, Heweliusza i (dla nieba południowego) Halleya. Autor opracowania na ten temat, P. Rybka (*Katalog gwiazdowy Heweliusza*, Wrocław-Warszawa 1984) wnioskował, że głównym źródłem błędów pozycji gwiazd były w epoce Heweliusza nie przeziernice pozbawione optyki, ale niedokładność podziałości instrumentu.

Nie miał racji Hooke, kwestionując rzetelność pomiarów Heweliusza, ale, oczywiście, użycie lunety musiało z biegiem czasu doprowadzić do nowej skali dokładności pomiarów, zwłaszcza po wynalezieniu nowej metody kreślenia podziałek kątowych (Michel F. de Chaulnes, 1765). Granica dokładności pomiaru bez lunety wyznaczona jest przecież przez samą anatomię oka: elementy światłoczułe siatkówki (czopki) mają średnicę około 3 mikronów. Rozłączne dostrzeżenie dwóch punktowych źródeł światła przez obserwatora możliwe jest dopiero, gdy oba obrazy oddzieli co najmniej jeden nie oświetlony, a więc nie pobudzony czopek siatkówki. Łatwo obliczyć graniczną wartość kątową — zdolność rozdzielczą oka ludzkiego. Skoro obrazy na siatkówce muszą być oddalone prawie o podwójną średnicę światłoczułego zakończenia nerwowego, to jest o 5 do 7 mikronów, przy przeciętnej ogniskowej soczewki oka, wynoszącej 17 mm, otrzymujemy graniczną wartość około jednej minuty-łuku. Dodajmy, że granica ta jest niższa, gdy chodzi nie o rozdzielenie obrazów punktowych, ale np. stwierdzenie równoległości linii (około 30 sekund łuku).

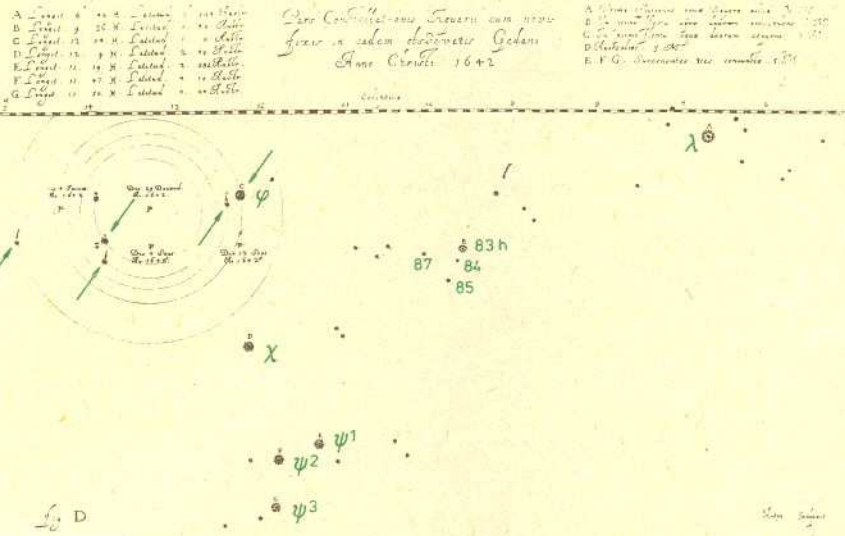
Spór o lunetę w astronomii dotyczył tylko jej użycia w pomiarach kątowych. Heweliusz był przecież sam wytrwałym konstruktorem lunet; jeśli tylko nie były to ogromnie niewygodne w użyciu lunety-giganty (największa, zbudowana przez Heweliusza, miała ponad 40 m długości), osiągał za ich pomocą cenne rezultaty. Najważniejsze to, oczywiście, studia nad topografią Księżyca i badanie zjawiska libracji. Właśnie przy okazji obserwacji teleskopowych, jeszcze w wcześniejszym okresie swej działalności, uzyskał Heweliusz materiał do krytycznej oceny twierdzeń współczesnego mu autora, Antoniego M. Schyrlego, zakonnika z Reity w Czechach,



Gwiazdozbiór Wodnika i okolice wg atlasu Jerzego Dobrzyckiego, PWN, Poznań 1956.

znanego – od nazwy tej miejscowości – jako Rheita (1597 – 1660). Dodajmy od razu, że Rheita był utalentowanym technikiem-konstrukтором przyrządów optycznych, wynalazcą lunety ziemskiej (o obrazie prostym) i nowej konstrukcji okularu (określenia: obiektyw i okular pochodzą również od Rheity). Dużo gorzej powiodło mu się przy wykorzystywaniu przyrządów do obserwacji astronomicznych: najwyraźniej pozbawiony niezbędnego zmysłu samokrytycznego, działał jakby pod przymusem dokonania jakiegokolwiek odkrycia. W rezultacie w 1643 r. ogłosił informację o zaobserwowaniu dziewięciu księżyców Jowisza, sześciu – Saturna i dwóch – Marsa. Nowe pięć księżyców Jowisza Rheita nazwał gwiazdami Urbana VIII (*Stellae Urbanoctavianae*), wyraźnie w przeciwstawieniu z czterema gwiazdami Medycejskimi – pierwszymi czterema księżycami Jowisza nazwanymi tak przez Galileusza. Sceptycznych i krytycznych uwag współczesnych nie przyjmował do wiadomości, podtrzymując swe odkrycie.

Dzięki tej polemice dotarły do Heweliusza szczegóły obserwacji Rheity i wykres przedstawiający konfigurację dziewięciu domniemych księżyców Jowisza w grudniu 1642 r. (Jowisz znajdował się w pobliżu φ Wodnika). Heweliusz, który systematycznie obserwował wielkie planety, mógł obserwację Rheity porównać z własnymi obserwacjami tej samej okolicy nieba, wykonanymi w Gdańsku w drugiej połowie 1642 r. Były to obserwacje teleskopowe, przy których Heweliusz rejestrował graficznie położenie księżyców Jowisza i konfigurację gwiazd stałych. Dzięki temu mógł wykazać, że owoch pięć księżyców Rheity to w rzeczywistości gwiazdy, poza φ Wodnika gwiazdy niewidoczne gołym okiem, a więc o jasnościach poniżej 6 wielkości gwiazdowej.



Gwiazdy Władystawowskie (zaznaczone strzałkami) wg *Selenographii* Heweliusza. Strzałki i greckie oznaczenia gwiazd dorysowane przez grafika.

Oczywiście najdotkliwszą pomyłką Rheity było przemianowanie na satelitę Jowisza gwiazdy φ Wodnika – gwiazdy czwartej wielkości, znanej dobrze od czasów starożytnych i określonej przez Ptolemeusza w gwiazdozbiórze Wodnika jako ostatnia z gwiazd w pierwszym zakolu strumienia.

Obserwacjom własnym i Rheity poświęcił Heweliusz sporo miejsca w wydanej w 1647 r. *Selenographii*. Podkreślając własny wkład w obserwacje gwiazd – domniemych satelitów Jowisza – i w określenie ich położenia, zaproponował nadanie im nazwy *Gwiazd Władystawowskich* – *Stellae Vladislavianae*, na cześć Władysława IV (*Selenographia*, s. 63; o dedykacji i stosunkach Heweliusza z dworem Władysława IV pisała K. Targosz; *Uczony dwór Ludwika Marii Gonzagi*, Wrocław-Warszawa 1975, s. 292 i nn.). Król zapewne przychylnie przyjął tę dedykację. Nie zaznaczyła się ona jednak ani w postaci wyraźnego mecenatu królewskiego dla działalności Heweliusza (jak to później miało miejsce za Jana III), ani też nie przyjęła się w literaturze naukowej. Były to zresztą dość groźny w skutkach precedens nadawania nazwisk możliwych tego świata w olbrzymim zbiorze gwiazd teleskopowych. Inaczej rzecz się miała z nowymi gwiazdozbiórami, jakie wprowadził Heweliusz. Obejmowały one gwiazdy widoczne gołym okiem, a do ich przyjęcia przez społeczność uczonych przyczynił się autorytet Heweliusza, autora katalogu i atlasu nieba *Firmamentum Sobiescianum*. Tam właśnie, z dedykacją odwołującą się do bitwy wiedeńskiej, wyodrębnił i nazwał Heweliusz Tarczę Sobieskiego na cześć zwycięskiego monarchy.

