

**Paweł E. Tomaszewski**

Instytut Niskich Temperatur i Badań Strukturalnych PAN (Wrocław, Polska)

[petomasz1@wp.pl](mailto:petomasz1@wp.pl)

## Od wazeliny do krzemowej rewolucji: czyli niezwykła historia największego polskiego odkrycia, które zmieniło świat\*

### Abstrakt

W sierpniu 2016 r. minęło sto lat od odkrycia metody otrzymywania monokryształów nazwanej *metodą Czochralskiego* od nazwiska twórcy – Jana Czochralskiego (1885–1953). Dla uczczenia tej rocznicy opublikowano tłumaczenie podstawowej publikacji Czochralskiego na język polski. W niniejszej pracy pokazano farmaceutyczną inspirację, która zapewne stanowiła źródło odkrycia metody Czochralskiego. Omówiono rozwój metody aż

\* Pierwotna wersja pracy ukazała się na łamach *Biuletynu Roku Czochralskiego V* nr 25/165 z 19 sierpnia 2016 r. – zob. Tomaszewski [2016b](#). Pełni ona rolę nierecenzowanego preprintu aktualnej publikacji.

Przypisy oznaczane gwiazdkami oraz podział pracy na rozdziały, ich numeracja i tytuły pochodzą od Redakcji.

INFORMACJA O PUBLIKACJI		e-ISSN 2543-702X ISSN 2451-3202		 BRYLANTOWY MODEL OTWARTEGO DOSTĘPU
<b>CYTOWANIE</b>				
Tomaszewski, Paweł E. 2017: Od wazeliny do krzemowej rewolucji: czyli niezwykła historia największego polskiego odkrycia, które zmieniło świat. <i>Studia Historiae Scientiarum</i> 16, ss. 155–200. Dostęp online: <a href="https://doi.org/10.4467/2543702XSHS.17.008.7709">https://doi.org/10.4467/2543702XSHS.17.008.7709</a> .				
OTRZYMANO: 16.01.2017 ZAAKCEPTOWANO: 13.12.2017 OPUBLIKOWANO ONLINE: 18.12.2017	POLITYKA ARCHIWIZOWANIA <a href="#">Green SHERPA /</a> <a href="#">RoMEO Colour</a>	LICENCJA 		
WWW	<a href="http://pau.krakow.pl/Studia-Historiae-Scientiarum/">http://pau.krakow.pl/Studia-Historiae-Scientiarum/</a> ; <a href="http://www.ejournals.eu/sj/index.php/SHS/">http://www.ejournals.eu/sj/index.php/SHS/</a>			

do otrzymywania ogromnych monokryształów krzemu, podstawowego budulca współczesnej elektroniki i współczesnej cywilizacji.

**Słowa kluczowe:** *metoda Czochralskiego, test trychitony wazeliny, udoskonalenia Teala.*

## From vaseline to the silicon revolution: the unusual history of the greatest Polish discovery that changed the world

### Abstract

In August 2016 exactly one hundred years passed from the discovery of the *Czochralski method* of single crystal pulling, named after Jan Czochralski (1885–1953), the Polish chemist and metallurgist. To celebrate this anniversary, a translation of Czochralski main publication into Polish was published. In the present paper we show the pharmaceutical inspiration which was most likely a source of the discovery of the Czochralski method. We present the evolution of this method up to obtaining huge single crystals of silicon, the fundamental element of contemporary electronics and our civilization.

**Keywords:** *Czochralski method, trichite test of vaseline, Teal's improvements.*

### 1. Metoda Czochralskiego i słynny artykuł z 1916 r.

Czytelnicy *Biuletynu Roku Czochralskiego* oraz pasjonaci postaci Jana Czochralskiego dobrze wiedzą, że w sierpniu 2016 r. przypadła okrągła – *setna* – rocznica opracowania *metody Czochralskiego* otrzymywania monokryształów. To dzięki tej metodzie możliwa była rewolucja elektroniczna zaskakująca swoim tempem i zakresem. Dziś trudno sobie wyobrazić życie bez telefonu komórkowego, telewizora cyfrowego, radia cyfrowego (kiedyś było „tylko” tranzystorowe), pralki, kuchenki, samochodu z nawigacją, czy – oczywiście – komputera. Wszelkie urządzenia, które mają w swojej nazwie słowa *cyfrowy, elektroniczny, inteligentny* (np. dom!), mają w sobie jakiś element elektroniczny. A ten ma w sobie kawałek kryształu krzemu otrzymanego metodą Czochralskiego.

### Ein neues Verfahren zur Messung der Kristallisationsgeschwindigkeit der Metalle.

Von  
J. Czochralski.  
(Mit 3 Figuren im Text.)  
(Eingegangen am 19. 8. 16.)

Die Bestimmung der Kristallisationsgeschwindigkeit (*KG*) geht, wie Tamman gezeigt hat<sup>1)</sup>, bei den nichtmetallischen Stoffen in der Regel glatt von statten. Bei den Metallen konnte dagegen infolge deren Undurchsichtigkeit das Tamman'sche Verfahren nicht angewandt werden. Einige Untersuchungsergebnisse des Verfassers legten es nahe, die Messung der Kristallisationsgeschwindigkeit von Metallen auf einfache Weise durchzuführen. Das Verfahren beruht auf der Messung der Höchstgeschwindigkeit, mit der man einen dünnen Kristallfaden des betreffenden Metalles aus seiner Schmelze kontinuierlich ziehen kann, ohne dass ein Abreißen des Fadens erfolgt.

Die erforderliche, in Fig. 1 wiedergegebene Vorrichtung besteht aus dem Stativ *S*, der Führungsscheibe *F''* mit den beiden Führungen *F'* für den Seidenfaden *F*, an dem ein Mitnehmer *M* aus Glas für den Kristallfaden *K* befestigt ist. Die Schmelze *Sch* befindet sich in einem Holzkohlentiegel *H* mit einer seitlichen Bohrung für das Thermometer. Durch ein leicht regulierbares Uhrwerk *U* kann der Seidenfaden *F* leicht aufwärts und abwärts bewegt werden. Zur Messung der Geschwindigkeit dient der Zeiger *Z* und die Millimeterskala *MS*. Um das Anhaften der Schmelze an dem Mitnehmer *M* zu erleichtern, versteht man dessen Spitze *a* (Fig. 2) durch Reiben in dem halberstarrten breiigen Metall mit einem dünnen Metalllithergug.

Für die Versuchsausführung wird der Mitnehmer *M* in das flüssige, etwas überhitzte Metall getaucht und der Apparat, nachdem sich die Temperatur des Schmelzpunktes eingestellt hat, in Tätigkeit gesetzt. Infolge der Kapillarkraft zieht der Mitnehmer *M* zunächst eine kleine

<sup>1)</sup> G. Tamman, Kristallisieren und Schmelzen 1903.

Menge des flüssigen Metalles empor, das beim Passieren der Kristallisationsgrenze *e—e* (Fig. 3) in einer gewissen gleichbleibenden Entfernung von der Schmelze erstarrt und neue Mengen des flüssigen Metalles nach sich zieht. Bei übereinstimmender Geschwindigkeit werden lange zylindrische Fäden erzielt, während Unterschiede in der Ganggeschwindigkeit und der Geschwindigkeit der Kristallisation ein Verdicken, bzw. bei zurückbleibender Kristallisationsgeschwindigkeit ein

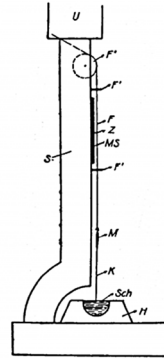


Fig. 1.

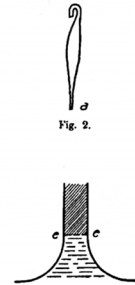


Fig. 3.

Verjüngen und Abbrechen des Kristallfadens zur Folge haben. Durch geeignete Ätzverfahren konnte man nachweisen, dass es sich in der Tat um homogene langgestreckte Kristallnadeln handelte.

In der Zahlentafel ist die Kristallisationsgeschwindigkeit einiger Metalle in der Nähe des Schmelzpunktes wiedergegeben. Unterkühlungen wurden nur bei Zinn, und zwar nur in einem Fall beobachtet; die Unterkühlung erstreckte sich bis auf 2° unterhalb des Schmelzpunktes,

Ein neues Verfahren zur Messung der Kristallisationsgeschwindigkeit usw. 221  
eine Erhöhung der Kristallisationsgeschwindigkeit innerhalb dieses Gebietes war nicht zu beobachten<sup>1)</sup>.

#### Zahlentafel.

Metall	Schmelzpunkt	KG in mm pro Minute etwa	Durchmesser des zylindrischen Metallfadens in mm	Länge der erhaltenen Kristallfäden in mm	Ätzmittel
Zinn	232°	90	{ 0,2 0,5 1,0 }	bis 150	{ Kaliumchlorat-Salzsäure (1 + 1000)
Blei	320°	140	{ 0,2 0,5 1,0 }	bis 120	Salzsäure 1-12
Zink	416°	100	{ 0,2 0,5 1,0 }	bis 190	Salzsäure 1-12

<sup>1)</sup> Über die allgemein-theoretischen Schlussfolgerungen s. auch J. Czochralski, Veränderung der Korngröße und der Korngliederung in Metallen, Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure 1916 (im Erscheinen).

Ryc. 1. Jan Czochralski, „Ein neues Verfahren zur Messung der Kristallisationsgeschwindigkeit der Metalle“. *Zeitschrift für Physikalische Chemie* 92(2), ss. 219–221.

Nie ma więc przesady w przyznaniu Janowi Czochralskiemu tytułu *ojca współczesnej cywilizacji elektronicznej*.

Setna rocznica związana jest z datą otrzymania przez redakcję czasopisma *Zeitschrift für Physikalische Chemie*, 19 sierpnia 1916 r., publikacji Jana Czochralskiego pt. „Ein neues Verfahren zur Messung der Kristallisationsgeschwindigkeit der Metalle” [„Nowa metoda pomiaru szybkości krystalizacji metali”]. Praca ta ukazała się w zeszycie drugim datowanym na 24 kwietnia 1917 r., ale tom 92 nosi datę... 1918 r.<sup>1</sup> Dlatego te trzy daty można spotkać przy cytowaniu pracy Czochralskiego przez innych autorów<sup>2</sup>. Na poprzedniej stronie pokazałem wygląd tej pracy, która powinna być zaliczona do grona najważniejszych publikacji zmieniających oblicze naszego świata!

Okazuje się, że tak znacząca i tyle razy wspominana także w polskich publikacjach praca<sup>3</sup>, nigdy nie została przetłumaczona na język polski. Tę niezrozumiałą lukę wypełniamy podając poniżej tłumaczenie wykonane przez Krzysztofa Szukowskiego i opracowane przez Marka Wolczyrza.

### **Nowa metoda pomiaru szybkości krystalizacji metali**

J. Czochralski

(z trzema rysunkami w tekście)

(wpłynęło 19.8.1916 r.)

Wyznaczanie szybkości krystalizacji (*KG*) przebiega z reguły gładko w przypadku materiałów niemetalicznych, jak wykazał to Tammann<sup>1</sup>. W przypadku metali nie można było jednak zastosować metody Tammanna wskutek ich nieprzejrzystości. Pewne wyniki badań autora nasunęły pomysł przeprowadzenia pomiaru szybkości krystalizacji metali w prosty sposób. Metoda ta polega na pomiarze szybkości maksymalnej, z jaką można wyciągnąć ze stopu danego metalu cienką nić krystaliczną, tak by nie doszło do jej zerwania.

<sup>1</sup> G. Tammann, *Kristallisieren und Schmelzen* [Krystalizacja i topienie] 1903

<sup>1</sup> Czochralski 1918.

<sup>2</sup> To pozwala też nam na obchody stulecia przez... trzy lata.

<sup>3</sup> Np.: Tomaszewski 2012.

Niezbędny przyrząd, odwzorowany na rys. 1, składa się ze statywu  $S$ , krążka prowadzącego  $F''$  z obiema prowadnicami  $F'$  dla nici jedwabnej  $F$ , na której zamocowany jest szklany haczyk [zabierak]  $M$  dla nici krystalicznej  $K$ . Roztopiony metal  $Sch$  znajduje się w tyglu z węgla drzewnego  $H$  z bocznym otworem na termometr. Dzięki łatwemu do regulowania mechanizmowi zegarowemu  $U$  nić jedwabna  $F$  może być łatwo poruszana w górę i w dół. Do mierzenia szybkości służy wskazówka  $Z$  i skala milimetrowa  $MS$ . Aby ułatwić przywieranie roztopionego metalu do haczyka  $M$ , jego czubek  $a$  (rys. 2) jest zaopatrzone w cienką powłokę metalową [uzyskaną] przez pocieranie w częściowo skrzepłym, papkowatym metalu.

W celu przeprowadzenia doświadczenia zanurza się haczyk  $M$  w ciekłym, nieco przegrzanym metalu i, po ustaleniu się temperatury punktu topnienia, uruchamia się aparat. W wyniku siły kapilarnej haczyk  $M$  najpierw wyciąga w górę małą ilość ciekłego metalu, który przy przechodzeniu granicy krystalizacji  $e - e$  (rys. 3) zastyga w pewnej stałej odległości od roztopionego metalu i pociąga za sobą nowe ilości płynnego metalu. Przy odpowiednio dobranej szybkości uzyskiwane są długie cylindryczne nici, podczas gdy konsekwencją różnic w szybkości podciągania i szybkości krystalizacji jest pogrubianie bądź, w przypadku niedostatecznej szybkości krystalizacji, przewężanie i odlamywanie się nici krystalicznej. Dzięki odpowiednim procesom trawienia można było udowodnić, że faktycznie chodziło o homogeniczne, wydłużone igły krystaliczne.

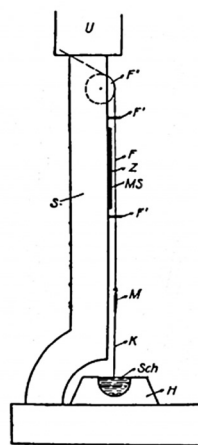


Fig. 1.

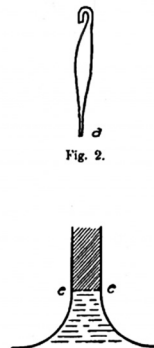


Fig. 2.

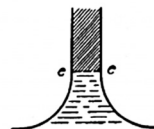


Fig. 3.

W tablicy danych liczbowych podano szybkość krystalizacji niektórych metali w pobliżu punktu topnienia. Przechłodzenia zaobserwowano tylko w przypadku cyny i to tylko w jednym przypadku; przechłodzenie rozciągało się do 2°C poniżej punktu topnienia, nie zaobserwowano podwyższenia szybkości krystalizacji w obrębie tego obszaru<sup>2)</sup>.

Tablica danych liczbowych

Metal	Punkt topnienia	KG w mm na minutę około	Średnica cylindrycznej nici metalu w mm	Długość otrzymanych nici krystalicznych w mm	Środek trawiący <sup>4</sup>
cyna	232°	90	0,2	do 150	chloran potasu – kwas solny (1 + 1000)
			0,5		
			1,0		
ołów	320°	140	0,2	do 120	kwas solny 1,12
			0,5		
			1,0		
cynk	416°	100	0,2	do 190	kwas solny 1,12
			0,5		
			1,0		

© *Biuletyn Roku Czochrańskiego*

<sup>2)</sup> Na temat ogólnoteoretycznych wniosków patrz również J. Czochrański, Veränderung der Korngrösse und der Korngliederung in Metallen [Zmiana wielkości ziaren i ułożenia ziaren w metalach], *Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure* 1916 (zostanie wydane wkrótce).

Ryc. 2. Przekład na język polski artykułu Jana Czochrańskiego, „Ein neues Verfahren zur Messung der Kristallisationsgeschwindigkeit der Metalle”. *Zeitschrift für Physikalische Chemie* 92(2), ss. 219–221. Tłumaczenie Krzysztof Szukowski; opracowanie Marek Wolcyrz. © *Biuletyn Roku Czochrańskiego*

<sup>4)</sup> Chodzi tu o skrócony zapis poniższych danych: 1g chloranu potasu + 1000 ml kwasu solnego oraz kwas solny o stężeniu masowo-objętościowym 1,12 g/100 ml. Por. Czochrański [1924a](#), ss. 59 i 62.

## 2. Komentarz do artykułu Czochralskiego

W artykule zaskakiwać może informacja, że Czochralski stosował tygiel z węgla drzewnego. Okazuje się, że takie tygle są nadal stosowane przy topieniu metali szlachetnych<sup>5</sup>.



Ryc. 3. Tygiel z węgla drzewnego.

Źródło: Zakład Wytwórczo-Produkcyjny Eugeniusza Słuchockiego, P.P.H. [2016](#) (dostęp 30 XII 2016).

Węgiel drzewny nie łączy się z tymi metalami, co pozwala uzyskać tę samą ilość topionego stopu. Poza tym węgiel drzewny w czasie topienia oczyszcza stop i szlamuje zanieczyszczenia ze stopu, przez co nadaje mu doskonałą kowalność w ich dalszej obróbce walcowania. Zauważmy, że na szkicu z pracy Czochralskiego widać... taki właśnie tygiel (w przekroju)!

Swoją metodę Czochralski opisał jeszcze w kilku innych pozycjach<sup>6</sup>. Zanim ukazała się oryginalna publikacja, jej wyniki zamieszczono w *Dingler Polytechnisches Journal* w lipcu 1917 r.<sup>7</sup> Pierwsza recenzja powyższej pracy Jana Czochralskiego ukazała się jeszcze w roku 1918 w czasopiśmie *Stahl und Eisen* z datą 24 stycznia 1918<sup>8</sup>.

<sup>5</sup> Zakład Wytwórczo-Produkcyjny Eugeniusza Słuchockiego, P.P.H. [2016](#) (dostęp 30 XII 2016).

<sup>6</sup> Czochralski [1917](#); 1921; [1924a](#).

<sup>7</sup> Loebe [1917](#).

<sup>8</sup> Durrer [1918](#).

Dalsze udoskonalenia i modyfikacje – już w zastosowaniu do otrzymywania monokryształów – pojawiły się bardzo wcześnie. Już w 1918 r. Hans J. von Wartenberg otrzymał kryształy cynku<sup>9</sup>, a Ervin von Gomperz w 1922 r. otrzymywał kryształy o zadanym przekroju poprzecznym<sup>10</sup>. Kolejne prace zostały omówione w biografii Czochralskiego<sup>11</sup> oraz w monografiach Roberta S. Feigelsona<sup>12</sup> i Reinharda Ueckera<sup>13</sup>.

Sam Jan Czochralski nazwał metodę otrzymywania monokryształów „*metodą kapilary*” (Capillarverfahren, Capillarmethode) nawiązując do początkowego zasysania stopionego materiału przez haczyk zakończony kapilarą. W obszernej pracy „Die Beziehungen der Metallographie zur physikalischen Forschung” [„Zależność między metaloznawstwem a badaniami fizycznymi”]<sup>14</sup> nie tylko podał nową nazwę metody, ale stwierdził, że „znalazł ją przez zadziwiający przypadek”<sup>15</sup>. Musiało być coś niepokojącego, zaskakującego w tamtym wydarzeniu, że Czochralski powiedział o tym w referacie na Międzynarodowym Kongresie Mechaniki Stosowanej w Delft w kwietniu 1924 i napisał w swojej pracy, czego zwykle nie robi się w pracach naukowych! Jürgen Evers i współpracownicy pisali<sup>16</sup> nawet o „twórczym błędzie” i „odkrywczej pomyłce” Czochralskiego stanowiącej „kamień milowy” na drodze do epoki gigabajtów.

Przypomnijmy w skrócie podstawową wersję opowieści o okolicznościach narodzin metody Czochralskiego znaną z opowiadań rodzinnych<sup>17</sup> oraz książeczki Antoniego Łaskiewiczza<sup>18</sup>, choć tu w nieco innej scenerii i z innymi atrybutami (telefon i... wieczne pióro!), i wielokrot-

---

<sup>9</sup> Wartenberg 1918.

<sup>10</sup> Gomperz 1922.

<sup>11</sup> Tomaszewski 2012.

<sup>12</sup> Feigelson 2014.

<sup>13</sup> Uecker 2014.

<sup>14</sup> Czochralski 1924b; [1925](#).

<sup>15</sup> Czochralski [1925](#), s. 426.

<sup>16</sup> Evers, Klüfers, Staudigl, Stallhofer [2003](#).

<sup>17</sup> Jan Czochralski, bratanek, wspominał o opowieściach jego stryja, gdy w 1950 roku wspólnie pracowali nad polskim przekładem i uwspółcześnieniem jego monografii pt. *Moderne Metallkunde in Theorie und Praxis* ([1924](#)). Niestety, to tłumaczenie nie zostało nigdy wydane, a rękopis nie zachował się. Rozmowa z bratankiem Jana Czochralskiego, około 1985 r.

<sup>18</sup> Łaskiewicz 1967; tekst cytowany także w: Tomaszewski 2012, s. 44.



nie publikowaną w różnych opracowaniach<sup>19</sup>. Opowieść trafiła także do zagranicznych odbiorców, bo była po prostu ciekawa<sup>20</sup>.

Latem 1916 r. Jan Czochralski pracował w laboratorium metalurgicznym koncernu AEG w Berlinie nad sposobem pomiaru szybkości krystalizacji. Uważał bowiem, że ta wielkość jest ważnym parametrem opisu własności metali. Niestety, nie wiedział jak tę własność mierzyć i to w sposób powtarzalny. Nie mając formalnego wykształcenia z zakresu nauk ścisłych mógł dość swobodnie podchodzić do eksperymentów i interpretacji ich wyników. Ważniejsze mogły być dla niego własne skojarzenia i przekonania niż uznane procedury badawcze.



Ryc. 4. Idea „odkrywczej pomyłki” Czochralskiego.  
Źródło: Tomaszewski 1987.

Któregoś wieczoru, zmęczony pomiarami w laboratorium, przygotowywał konieczne notatki. Chwilowy brak uwagi – pióro zanurzył w tyglu ze stygnącą cyną zamiast w stojącym obok kałamarzu z atramentem. Nagły przeblask – szybko wyciągnął pióro z tygla, ale stało się – ze stalówki zwisał cienki drucik zestalonego metalu. Cóż, zniszczona

---

<sup>19</sup> Np.: Tomaszewski 2012; Wiśniewski 2006; Czerwińska-Rydel 2013 oraz wiele artykułów prasowych.

<sup>20</sup> Tomaszewski 1998; [2002](#); 2003; Feigelson 2014.

stalówka nadawała się tylko do wymiany. Ale Czochralski nie powrócił do pisania – zaczął eksperymentować z kolejnymi stalówkami zmieniając szybkość ich wyciągania z tygla. Tak, to była metoda, której poszukiwał<sup>21</sup>.

Dotychczasowa interpretacja niezwykłości tego wydarzenia bazowała na trzech okolicznościach:

- zjawisko odkryte przez Czochralskiego *nie występuje* w przyrodzie;
- musiał to być wielki *zbieg okoliczności*, że w tym jednym – wyjątkowym i krótkim – momencie Czochralski zanurzył pióro w stygnącej cynie; chwilę wcześniej byłaby zbyt płynna, chwilę później – zbyt twarda, by zjawisko krystalizacji zostało wygenerowane w szparce stalówki.
- Czochralski nie wyrzucił zniszczonej stalówki, ale dostrzegł w wyciągniętej nici metalu to, czego uparcie szukał; błyskotliwość umysłu pozwoliła 30-letniemu chemikowi-metaloznawcy na dokonanie odkrycia i jego poprawną analizę.

Sądzę jednak, że istnieje jeszcze dodatkowe, bardziej racjonalne wyjaśnienie genezy odkrycia Czochralskiego.

### 3. Nowa interpretacja – test wazelinowy

Dziś wydaje się, że genialność pomysłu Czochralskiego nie wynikała tylko z samej genialności twórcy. Pod koniec 2013 roku prof. Roman Kaliszan z Katedry Biofarmacji i Farmakodynamiki Gdańskiego Uniwersytetu Medycznego, zwrócił uwagę na inną możliwą przyczynę poprawnej analizy zaobserwowanego zjawiska<sup>22</sup>. Przypomnił, że Czochralski miał bogatą praktykę... aptekarską! Przedstawił zaskakującą hipotezę o inspirującej roli doświadczenia farmaceutycznego w odkryciu metody Czochralskiego otrzymywania (wyciągania) monokryształów. Było to zgodne z wcześniejszymi sugestiami dr. Jana Majewskiego z „Apteki pod Złotym Lwem” w Poznaniu (znanego propagatora postaci Czochralskiego wśród farmaceutów!) o znaczeniu pracy

---

<sup>21</sup> Schemat odkrycia pokazany na załączonym rysunku powstał w listopadzie 1986 r. i został dołączony do pierwszego opracowania o Janie Czochralskim (patrz: Tomaszewski 1987, s. 37). We wrześniu 1987 r. został pokazany na Zjeździe Fizyków Polskich w Łodzi: *Prof. Jan Czochralski a metoda Czochralskiego otrzymywania monokryształów*.

<sup>22</sup> Tomaszewski [2014a](#).

Czochralskiego w aptekach dla jego późniejszych odkryć<sup>23</sup>. Oto co napisał prof. Roman Kaliszan:

Można przyjąć graniczące z pewnością założenie, że Jan Czochralski, jako genialny eksperymentator i obserwator, inteligentnie wykorzystał swoją wiedzę i umiejętności doświadczalne farmaceuty w badaniach krystalograficznych i metalurgicznych. Wystarczy przeanalizować jego metodę wyciągania kryształów metali, rzekomo powstałą przypadkowo przez pomyłkowe zanurzenie pióra w naczyniu ze stopioną cyną zamiast w kałamarzu. Otóż, pracując w aptece musiał Czochralski rutynowo badać podstawowy wówczas składnik leków – wazelinę. Test odróżniający dobre gatunki wazeliny (czyli takie, które zawierają głównie wyższe węglowodory o prostym łańcuchu) od gorszych polegał na tym, że dobre gatunki wazeliny po krystalizacji tworzą tzw. mikrokrystaliczne trychity. To sprawia, że dobrą wazelinę można „wyciągać w nitki”.

Sądzę, że Czochralski świadomie „zanurzył pióro w roztopionej cynie, a nie w kałamarzu z atramentem”. Anegdotę zaś wymyślił, bo lubił barwne fantazje. Jako farmaceuci możemy trochę żałować, że Jan Czochralski, całe życie fascynujący się farmacją, nie wskazał tej niewątpliwie farmaceutycznej inspiracji jego krystalograficznych badań, prowadzącej do epokowego odkrycia.

Rzeczywiście, z biografii Jana Czochralskiego wiadomo, że był on w młodości związany z różnymi aptekami lub drogeriami\* i tam zapewne poznał i stosował tzw. *test trychitony* do badania jakości wazeliny, podstawowego surowca w pracach aptekarza. Czochralski mógł

---

<sup>23</sup> Kaliszan 2013.

\* Dopisek Redakcji (M.K.): Ze wspomnień matki Jana Czochralskiego przekazanych w 1956 r. przez Leonie Czochralską-Wojciechowską, córkę Jana Czochralskiego, prof. Kazimierzowi Gierdziejewskiemu, wiadomo, że jej ojciec już jako dwunastoletni chłopak „przesiadywał godzinami w aptece albo w drogerii [w Kcyni]” – zob. Tomaszewski 2012, s. 22; 2013, s. 21.

Autor niniejszego artykułu twierdził pierwotnie, że była to apteka „Pod Czarnym Orlem”, należąca od 1896 r. do Niemca Paula Gneuthera, a od 1900 r. do Niemca Bruno Pardona – zob. Tomaszewski 2012, s. 23; 2013 s. 22. Później jednak skłonił się ku

więc dostrzec podobieństwo zachowania wazeliny w tamtym teście do tego, co zaobserwował z cyną! Byłby to więc kluczowy moment odkrycia Czochrańskiego.

Zaskoczony Czytelnik zapewne zapyta co jednak wspólnego mają tak różne substancje jak wazelina (badana kiedyś przez Czochrańskiego),

---

tezie, że jest bardziej prawdopodobne, że była to drogeria „Pod Lwem”, gdyż należała do Polaka Wojciecha Siemianowskiego – zob. Tomaszewski 2013, s. 22; 2014d, s. 60.

Inni autorzy sugerowali ponadto, że Jan Czochrański przed wyjazdem z Wielkopolski do Berlina mógł pracować w Krotoszynie (tu mieszkał jego brat) w drogerii u Szplitza albo w aptece u Władysława Wicherskiego lub w Ostrowie Wielkopolskim w aptece-drogerii u Opiełińskiego. Nie ma na to jednak żadnych dowodów – zob. Tomaszewski 2012, s. 24.

Autor niniejszego artykułu twierdził też pierwotnie, że po wyjeździe do Berlina w 1904 roku Jan Czochrański pracował w aptece-drogerii u doktora Augusta Herbranda w Altglienicke (w pobliżu Berlina, obecnie w jego obrębie) – zob. Tomaszewski 2012, s. 35. Jednak i ten fakt nie jest dotąd pewny: z życiorysu Jana Czochrańskiego z marca 1908 roku (gdy starał się o posadę we Frankfurcie nad Menem) *wiadomo tylko*, że przez półtora roku uczył się u „*pewnego aptekarza*”. *Nie wiadomo jednak* czy było to u doktora Augusta Herbranda w Altglienicke, tamtejszego właściciela instytutu mikroskopii bakteriologicznej i analiz chemicznych i drogerii, czy u Gustava Motzkiego w Berlinie, właściciela salonu drogeryjno-farbiarskiego według danych z książki adresowej z 1928 r. (gdyż po przybyciu do Berlina w 1904 roku Jan Czochrański miał mieszkać u swego brata Stanisława, ożenionego z Klarą Motzki, siostrą Gustava) – zob. Tomaszewski 2016a, ss. 1–3; 2017.

W ramach ciekawostki genealogicznej załączamy dodatkowe informacje na temat rodziny Motzkich, które wiążą się pośrednio lub bezpośrednio z osobą Jana Czochrańskiego. *Wybiórce, kilkudniowe* poszukiwania przeprowadzone przez M.K. doprowadziły do odnalezienia strony genealogicznej rodziny Motzkich (<https://www.myheritage.pl/site-202134121/motzki>), prowadzonej przez dr. Heraldę Motzkiego i nawiązania kontaktu z tym genealogiem rodzinnym. Okazuje się, że Klara Czochrańska z domu Motzki (30.12.1881–19.06.1946), która wyszła za mąż w 1904 roku za Stanisława Czochrańskiego (brata Jana), miała siostrę Agnes Gertrude (1.12.1886–8.07.1973) i trzech braci: Aloysiusa (zmarł wkrótce po 1904 roku), Richarda (zginął w 1914 r. podczas I wojny światowej) oraz Gustava (zginął podczas II wojny światowej).

Z drzewa genealogicznego rodziny Motzkich jednoznacznie wynika, że rodzina ta pochodziła z Warmii: świadczą o tym np. biogram genealogiczny wspomnianej Agnes Gertrude Motzki, z którego dowiadujemy się, że urodziła się ona we wsi Groß-Bertung bei Allenstein (w Barzągu koło Olsztyna; położonej na południe od stolicy Warmii; aktualnie 2,5 km od granic miasta) i wiele innych biogramów jej bliższych i dalszych krewnych i powinowatych (mieszkali oni m.in. w Olsztynku, Mrągowie, Olsztynie, Dobrym Mieście).

Takie informacje genealogiczne są w pełni zgodne z wynikami badań językoznawczych, z których wiadomo, że nazwisko „Motzki” / „Moc(z)ki” występowało na Warmii

cyna (w której zanurzył pióro) i krzem (masowo produkowany metodą Czochralskiego)? Otóż wiadomo, że: a) wszystkie trzy krystalizują (choć w nieco inny sposób), b) Jan Czochralski jest osobą, która w sposób zaskakujący „połączyła” krystalizację wspomnianych substancji oraz c) dziś obchodzimy setną rocznicę epokowego wydarzenia, jakim było odkrycie metody Czochralskiego.

Wspomniane wyżej wazelina i test trychitowy oraz ich możliwy związek z odkryciem Czochralskiego, wymagają bliższych wyjaśnień.

---

jeszcze przed I rozbiorem Polski i ma słowiańskie korzenie – zob. Alicja Naruszewicz-Duchlińska [2007](#): *Nazwiska mieszkańców komornictwa lidzbarskiego (1500–1772 r.)*. Olsztyn: Uniwersytet Warmińsko-Mazurski, Wydział Humanistyczny; Polskie Towarzystwo Historyczne, s. 192; Karlheinz Hengst 2001: Mazur und Motzki: slawische Familiennamen als kulturgeschichtliche Zeugen. In: Jürgen Eichhoff, Wilfried Seibicke, Michael Wolffsohn (eds.). *Name und Gesellschaft: soziale und historische Aspekte der Namengebung und Namenentwicklung*. Mannheim, Leipzig, Wien, Zürich: Dudenverlag, ss. 209–225. Co za tym idzie, rodzina Motzkich należała do autochtonicznych mieszkańców Warmii.

Z powyżej wzmiankowanego drzewa genealogicznego rodziny Motzkich dowiadujemy się również, iż Aloysius, który mieszkał w Olsztynie, był kupcem i świadkiem na ślubie Klary w 1904 roku i wkrótce po roku 1904 zmarł; Richard określany jest mianem aptekarza, nie podano jednak kiedy i gdzie się urodził, w jakiej miejscowości żył i pracował; Gustav mieszkał w Berlinie, nie podano jednak od kiedy tak było, o dacie urodzenia i o jego profesji nie ma żadnej informacji.

W czasopiśmie Niemieckiego Towarzystwa Farmaceutycznego „Apotheker-Zeitung” [21(1906), s. [821](#)], znajduje się informacja, iż pewien Richard Motzki, zatrudniony w aptece Hohmanna w Mehlsack w Prusach (czyli w Pieniężnie na Warmii), w dniach 19–22 września 1906 roku zdał wstępny egzamin farmaceutyczny (Pharmazeutische Vorprüfung) w Królewcu na Prusach. Biorąc pod uwagę, że rodzina Motzkich pochodziła z Warmii, jest więc prawdopodobne, że chodzi tu o brata Klary. Warto by było to jednak potwierdzić dzięki dalszym, bardziej wnikliwym badaniom, gdyż może to być tylko imiennik brata Klary, choć z nią spokrewniony, z uwagi na to, że ród Motzkich na Warmii mógł być dość rozgałęziony. (Wspomniane drzewo genealogiczne rodziny Motzkich wymienia wprawdzie tylko jednego Richarda, ale drzewo to nie musi być kompletne.)

Z ksiąg adresowych Berlina dostępnych w [Digitale Landesbibliothek Berlin](#) wiadomo m.in., że Gustav Motzki od 1923 r. (a nie od 1928 r.) do 1938 r. prowadził w Berlinie drogerię. Księgi te milczą jednak o Aloysiusie (bo ten mieszkał przecież w Olsztynie na Warmii i zmarł w 1904 roku) i Richardzie (bo mieszkał w Pieniężnie na Warmii i zginął w 1914 roku).

Mimo takich ustaleń, nadal brak potwierdzonych informacji czy Jan Czochralski kiedykolwiek (w szczególności w latach 1904–1906) współpracował zawodowo z pochodzącymi z Warmii Motzkimi, drogerzystą Gustavem czy aptekarzem Richardem – należałoby to wykazać w wyniku bardziej szczegółowych badań.

We współczesnym podręczniku dla studentów farmacji pt. *Receptura* pióra Stanisława Bukowskiego<sup>24</sup> można znaleźć stwierdzenie, że

zanurzony w zastygłej wazelinie przedmiot (np. sucha bagietka lub łyżeczka) powinien po wyjęciu wyciągać z niej kilkunastomilimetrową „nitkę”; związane jest to z wewnętrzną budową cząstek wazeliny.

Podobnie pisze Feliks Modrzejewski w swoim podręczniku w roku 1977<sup>25</sup>:

wazelina z ropy amerykańskiej (...) daje się wyciągać w nitki za pomocą pręcika. Właściwość ta uwarunkowana jest obecnością tzw. trychitów, cienkich igielek krystalicznych, które ustawiają się w kierunku wyciągania. (...)

Wazelina jest naturalnym żelem. Szkielet tego żelu tworzą krystality w kształcie igieł lub pęczków igieł, złożone z wyższych węglowodorów. Są one widoczne pod mikroskopem.

Opis próby „trychitowej” został powtórzony w podręczniku *Farmacji Stosowanej* pod red. Stanisława Janickiego i innych, w rozdziale 14.1.2.1. pióra Danuty Partyki i Małgorzaty Sznitowskiej<sup>26</sup>:

Wazelina naturalna daje się wyciągać w nitki za pomocą np. bagietki, co uwarunkowane jest obecnością tzw. trychitów – formy krystalicznej węglowodorów w kształcie cienkich igielek ustawionych w kierunku wyciągania.

W starszym wydaniu (na s. 257) napisano jedynie:

Dobre gatunki wazeliny (...) po krystalizacji tworzą mikrokrystaliczne trychity, co sprawia, że taką wazelinę można „wyciągać w nitki”.

Z kolei w polskiej wersji<sup>27</sup> niemieckiego patentu na sztuczną wazelinę (z roku 1918)<sup>28</sup> napisano, że

---

<sup>24</sup> Bukowski 1968, s. 295.

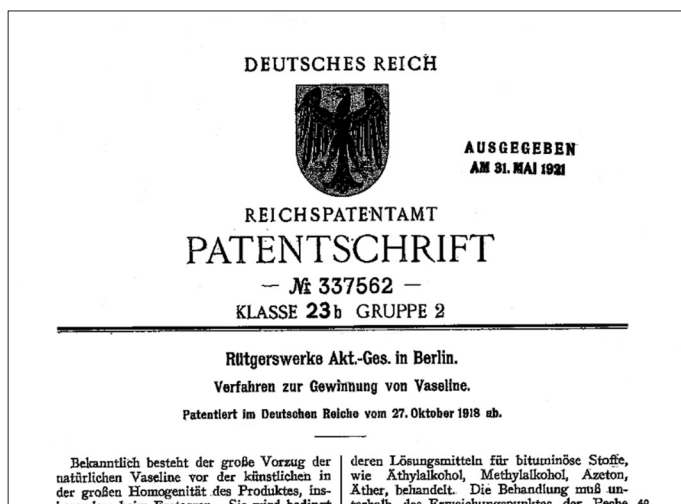
<sup>25</sup> Modrzejewski 1977, ss. 242–243.

<sup>26</sup> Janicki, Fiebig, Sznitowska (red.) 2002, ss. 263–264.

<sup>27</sup> Rütgerswerke A.G. 1920.

<sup>28</sup> Rütgerswerke A.G. 1918; 1919.

(...) wielka zaleta naturalnej wazeliny w porównaniu ze sztuczną polega na dużej jednolitości produktu, szczególnie przy krzepnięciu. Jest ona uwarunkowana koloidalnym stanem zawartych w wazelinie wysokocząsteczkowych ciągliwych olejów i właściwością rozpuszczonej w nich parafiny i uzewnętrznia się nadto u naturalnej wazeliny zjawiskiem „*ciagnienia nitki*”.



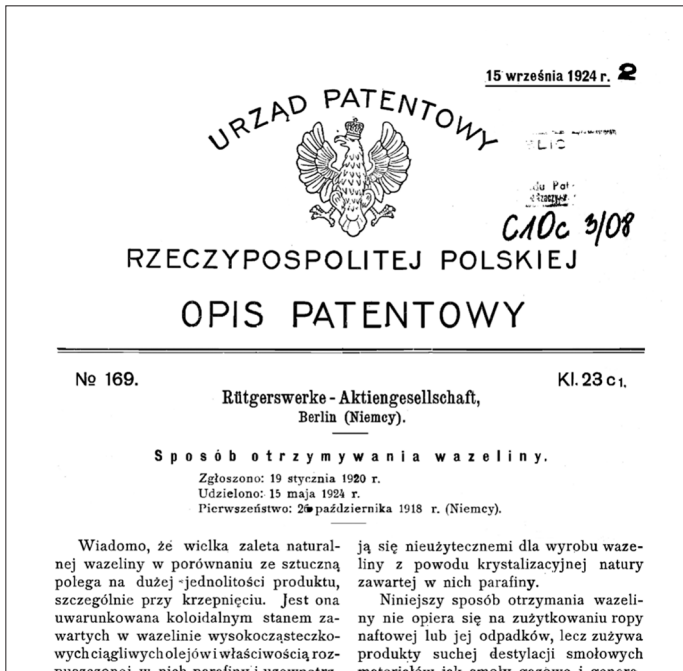
Ryc. 5. Niemiecki patent na sztuczną wazelinę.  
Źródło: Rütgerswerke – A.G. 1918.

Niestety, nie udało się (jak dotąd?) odnaleźć pierwszego opisu metody badania wazeliny poprzez „wyciąganie nitki”. Najstarsze znane farmakopee uważają widocznie tę metodę za tak oczywistą, że nie podają jej opisu. Jedyną znaną mi wzmiankę o tym, że dobra wazelina powinna być „lepka, nitkowato ciągnąca się na szpatułce” podano w *Encyklopedii wszystkich farmaceutów* z 1909 r.<sup>29</sup>

Czymże jest więc owa substancja znana pod wieloma różnymi nazwami? W Polsce i większości krajów Europy jest to *wazelina*<sup>30</sup> (Vaseline,

<sup>29</sup> Geissler, Moeller 1909.

<sup>30</sup> Nazwa utworzona z transkrypcji *vas* z sylaby *Was* niemieckiego słowa *Wasser* = woda, greckiego *elaion* = olej, smar, i sufiksu odpowiadającego francuskiemu *-ine*. Zob. *Wikipedia* 2017a.



Ryc. 6. Polski patent na sztuczną wazelinę.  
Źródło: Rütgerswerke A.G. 1920.

Vaseline); a w USA – *Petrolatum*. Żeby było ciekawiej, nazwy zmieniały się z czasem i różne substancje zdają się nosić tę samą nazwę. Czasami trudno rozróżnić, która z nich odnosi się do „naszej” wazeliny<sup>31</sup>. A warto pamiętać, że nazwa *wazelina* nadana została przez odkrywcę tej substancji pochodzącej z pozostałości po rafinacji ropy naftowej, Roberta A. Chesebrougha. Tę substancję odkrył w 1870 r. i uzyskał patent w 1872 r., a w 1876 r. otrzymał Wielki Medal i Dyplom na Międzynarodowej Wystawie Stulecia w Filadelfii, USA<sup>32</sup>. Oto ten najważniejszy dokument w rękopisie z 4 kwietnia 1870 r.<sup>33</sup> i w oryginalnym patencie nr 127 568 z 4 czerwca 1872 r.<sup>34</sup>:

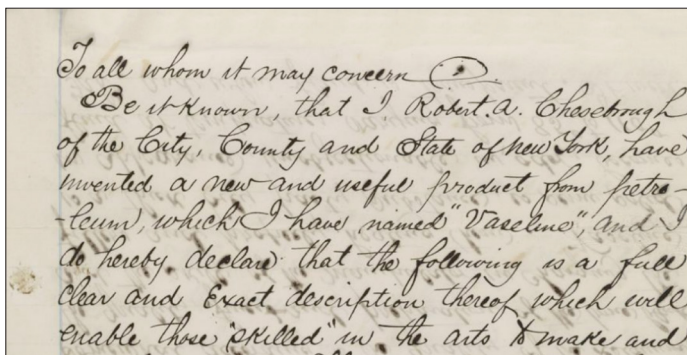
<sup>31</sup> Zastrzeżenie nazwy *wazelina* zmusiło różnych producentów do wymyślania innych nazw na ten sam lub podobny produkt. Patrz: Geissler, Moeller 1909.

<sup>32</sup> Wagner 1877.

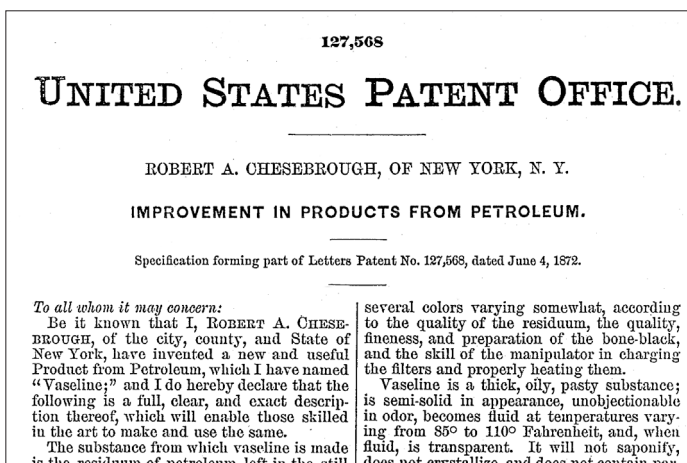
<sup>33</sup> Chesebrough [1870](#).

<sup>34</sup> Chesebrough [1872](#).





Ryc. 7. Rękopis doniesienia patentowego na wazelinę autorstwa Roberta A. Chesebrougha.  
Źródło: Chesebrough 1870.



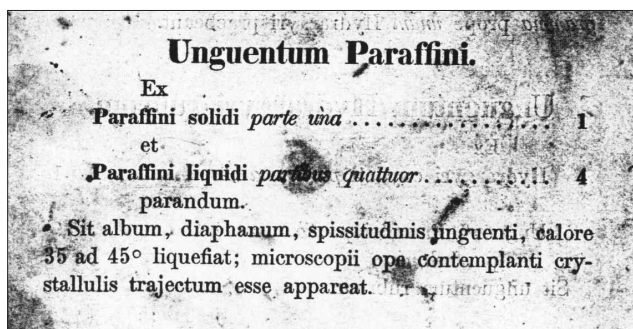
Ryc. 8. Patent Roberta A. Chesebrougha na otrzymywanie wazeliny.  
Źródło: Chesebrough 1872.

(...) Ja, Robert A. Chesebrough, wynalazłem nowy i użyteczny produkt z ropy naftowej, który nazwałem „*Vaseline*”  
(...). Nie krystalizuje i nie zawiera parafiny.

Trudno więc się dziwić, że w najstarszej niemieckiej farmakopei z 1872 r. nie ma hasła „wazelina”<sup>35</sup>. Przez pierwsze kilka lat po odkryciu Che-

<sup>35</sup> Hager 1872.

sebrougha panowało swoiste zamieszanie – firmy usiłowały otrzymać podobną substancję, ale żadna, jak sam przyznał wynalazca<sup>36</sup>, nie odpowiadała jego wazelinie. To zamieszanie uwidoczniło się także w różnorodności i znaczeniu stosowanych nazw. Np. znana wcześniej maść parafinowa *Unguentum Paraffini* (sama parafina została odkryta w 1829 r.<sup>37</sup>) opisana jest m.in. w kolejnym wydaniu Farmakopei Niemieckiej z 1882 r.<sup>38</sup> jako mieszanina parafiny twardej i płynnej (w stosunku 1:4), która topi się pomiędzy 35 a 45°C; a pod mikroskopem obserwuje się kryształy. Nie ma tu jednak nazwy „wazelina”.



Ryc. 9. Przepis na maść parafinową (*Unguentum Paraffini*).  
Źródło: *Pharmacopoea Germanica II*, 1882, s. 298.

Dwa lata później Hermann Hager w swoim *Komentarzu do Farmakopei Niemieckiej*<sup>39</sup> podaje, że wspomniana maść *Unguentum Paraffini* ma też inną nazwę – wazelina! Jest zbudowana z drobnoziarnistych kryształów w formie sztabek o długości ok. 2 mm, widocznych pod mikroskopem przy 100-krotnym powiększeniu. Ten opis musiał znać młody adept farmacji – Jan Czochralski. I zapamiętał, by wykorzystać w odpowiednim momencie. Osobnego hasła o wazelinie (naturalnej) nie ma.

Powyższy opis powtarza farmakopea francuska z 1884 r.<sup>40</sup>. Dopiero farmakopea holenderska z 1889 r.<sup>41</sup> ma poszukiwane hasła: *Vaseli-*

<sup>36</sup> Geissler, Moeller 1909.

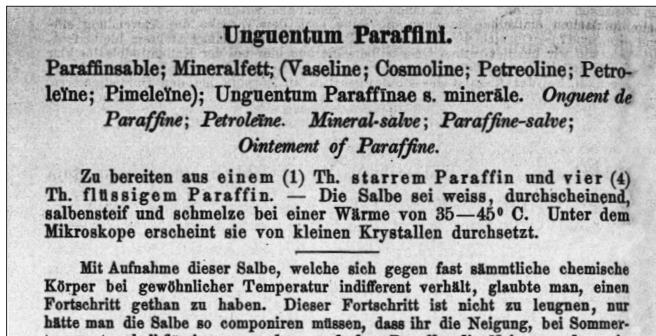
<sup>37</sup> Dumesny 1900.

<sup>38</sup> *Pharmacopoea Germanica II*, 1882, s. 298 oraz: *The German Pharmacopoeia* 1884, s. 225.

<sup>39</sup> Hager 1884, s. 750.

<sup>40</sup> *Codex Medicamentarius Gallicus...* 1884, s. 256: Pétroléine (... vaseline, etc.).

<sup>41</sup> *Pharmacopoea Nederlandica III* 1889, s. 249.



Ryc. 10. Opis maści parafinowej (Unguentum Paraffini).

Źródło: Hager 1884, s. 750.

*num album* (wazelina biała otrzymywana z *Vaselinum flavum*) i *Vaselinum flavum*. Farmakopea szwajcarska z 1893 r.<sup>42</sup> opisuje dwie odmiany wazeliny – żółtą i białą. Pod koniec XIX wieku farmakopee różnych państw mają już hasła poświęcone wazelinie. Równocześnie ustalone zostaje rozróżnienie na wazelinę *naturalną* i *sztuczną*<sup>43</sup>.

Dziś przyjmuje się, że mamy trzy podstawowe rodzaje wazeliny: **naturalną żółtą** (synonimy: *Vaselinum*, *Vaselinum flavum*, *Petrolatum*, *Vaselinum molle flavum*, *Petrolatum flavum*, *Petrolatum molle flavum*.) bezpośrednio otrzymywaną z ropy naftowej, **naturalną białą** (synonimy: *Vaselinum album*, *Vaselinum molle album*, *Paraffinum molle album*, *Petrolatum album*) powstającą poprzez oczyszczanie żółtej m.in. kwasem siarkowym, i **sztuczną** (*Unguentum paraffini*) wytwarzaną przez zmieszanie parafiny stałej (cerezyny) i ciekłej (oleju parafinowego). Definicja podana w „Komentarzu...” Hagera odnosi się zatem do wazeliny sztucznej.

Najprawdopodobniej pierwsza praca w języku polskim o wyrobie wazeliny ukazała się w czasopiśmie *Kosmos* w 1890 r. – artykuł Franciszka Bandrowskiego i Michała Seńkowskiego pt. „O przeróbce mazi ponafkowej na wazelinę”<sup>44</sup>. Autorzy piszą o wyrobach fabryki kłęczańskiej – wazelinie żółtej włoskowatej i wazelinie białej będącej mieszaniną olejów naftowych i cerezyny (*Unguentum paraffini*). Dziś nie mówimy o tej

<sup>42</sup> *Pharmacopoea Helvetica III 1893*, s. 304.

<sup>43</sup> Engler, Böhm 1886, ss. 468–475, 524–530. N.B. to najobszerniejsza analiza własności chemicznych i fizycznych dostępnych wówczas wazeliny. Schmidt 1896.

<sup>44</sup> Bandrowski, Seńkowski 1890.

ostatniej wazelinie jako białej ale o sztucznej. I tak napisano w kolejnej informacji, że w Komarowie wyrabia się wazelinę sztuczną (*Unguentum paraffini*) i wazelinę naturalną (włoskowatą). O tym jak wyglądała produkcja wazeliny pisze w swoim raporcie Stefan Bartoszewicz w 1902 r.<sup>45</sup>

Z innej publikacji wiemy, że na przelomie wieków XIX i XX na terenie Galicji była tylko jedna wytwórnia wazeliny. Była nią *Rafinerya nafty i fabryka wazeliny* Ferdynanda barona Brunickiego w Kłęczanach. Produkowała wazelinę naturalną:

- a) „wazelinę aptekarską – włoskowatą, odznaczającą się ciągliwością i brakiem zapachu.
- b) wazelinę techniczną, żółtą, mniej ciąglą, używaną do transmisyj, skór, broni i t. p.
- c) wazelinę białą”<sup>46</sup>.

Trudno dziś powiedzieć dlaczego wazelina techniczna nosi nazwę „żółta” i czym jest więc wazelina aptekarska. Pojawiała się tu dodatkowa nazwa – *włoskowata* jako cecha wazeliny aptekarskiej. O jakich włoskach mowa? Ma to zapewne związek ze strukturą warstwową wazeliny naturalnej – część krystalizuje w postaci włosków zwanych także trychitami<sup>47</sup>.

Rodzi się pytanie – dlaczego badano tak wazelinę? Otóż, uważa się, że wprowadzenie wazelin białej i sztucznej spowodowało pewien zamęt u odbiorców. Chcieli mieć „starą” – naturalną (żółtą) – czyli w ich mniemaniu dobrą wazelinę. I to musiał udowodnić aptekarz stosując test trychitowy. Niestety, nie wiemy jednak, czy chodziło o odróżnienie wazeliny żółtej od białej (ta ostatnia mogła być zanieczyszczona kwasem siarkowym służącym do wybielania), czy też naturalnej od sztucznej, syntetycznej (będącej mieszaniną sporządzoną przez zmieszanie różnych parafin). Wydaje się, jak twierdzi prof. Małgorzata Sznitowska z Gdańskiego Uniwersytetu Medycznego<sup>48</sup>, że test trychitowy miał za zadanie sprawdzenie czy stosowana w aptece wazelina jest naturalna; jeszcze po wojnie uważano bowiem, że syntetyczna wazelina jest gorsza. Dziś opisu testu nie znajdziemy z książkach z farmacji czy w farmakopeach.

---

<sup>45</sup> Bartoszewicz 1902.

<sup>46</sup> Bielecki 1901, s. 660.

<sup>47</sup> Rodzaj kryształów przypominający pukiel włosów; nazwa z języka greckiego: *trich'ite* czyli włosy (*Webster's Dictionary* 1913); w języku angielskim – *whisker* = *wisker*.

<sup>48</sup> M. Sznitowska w rozmowie telefonicznej z autorem w styczniu 2016 r.

W starych wydawnictwach też nie odnaleziono poszukiwanego opisu. Natomiast informacja o obserwowaniu igielkowatych kryształów jest dość powszechna<sup>49</sup>. Nie ma jednak pewności, czy ona odnosi się do wazeliny sztucznej czyli zawierającej parafinę, czy jednak do wazeliny naturalnej. Np. *Farmakopea polska II* z 1946 r. podaje, że wazelina biała, oglądana przez mikroskop o 200-krotnym powiększeniu, może zawierać cienkie, igielkowane kryształy<sup>50</sup> (czy nie jest to po prostu błąd autorów?).

„Wazelina”, „wyciąganie w nitki”, „próba trychitowa” – to wyzwanie dla badacza: jaki to ma związek z metodą Czochralskiego? Czy taka krystalizacja była znana w czasach Czochralskiego? Co o tym wiedzą współcześni farmaceuci?

Zacznijmy od wazeliny, tego czym ona jest. *Wikipedia* podaje<sup>51</sup>, że

jest to substancja mazista, dość rzadka, bezwonna, niskotopliwa, niewysychająca, koloru od białego do brązowego. Jest mieszaniną węglowodorów parafinowych (alkanów) z pogranicza stałego i ciekłego stanu skupienia w normalnych warunkach otoczenia (temperatury topnienia 35–45 °C), głównie są to *dokożan* (C<sub>22</sub>H<sub>46</sub>, czyli CH<sub>3</sub>(CH<sub>2</sub>)<sub>20</sub>CH<sub>3</sub>) i *trikożan* (C<sub>23</sub>H<sub>48</sub>).

Ta informacja z *Wikipedii* nie jest ścisła. Dokładniejsza analiza oryginalnych publikacji o diagramach fazowych i strukturze wspomnianych węglowodorów, a także o składzie wazeliny, zdają się dawać następujący obraz. Faktycznie wazelina jest mieszaniną lub roztworem stałym (to nie to samo!) albo – w innej temperaturze – kryształem fazy mieszanej kilku (kilkunastu?) węglowodorów nasyconych, C<sub>n</sub>H<sub>2n+2</sub>. Część z nich jest w stanie stałym – to te obserwowane kryształki utworzone najczęściej przez węglowodory o dłuższych łańcuchach węglowych (zapewne właśnie dokożan i trikożan). Układ kryształów obserwowany pod mikroskopem sugeruje, że tworzą one rodzaj szkieletu z lukami, w których mają się znajdować węglowodory w stanie ciekłym. Dlatego wazelina ma charakter żelu.

Warto prześledzić tzw. diagramy fazowe interesujących nas węglowodorów. Są ciekawe publikacje współczesne o badaniach strukturalnych

<sup>49</sup> Np. *Farmakopea Polska II* 1937 (przedr. 1946).

<sup>50</sup> *Farmakopea Polska II* 1937 (przedr. 1946), ss. 909–910.

<sup>51</sup> *Wikipedia* [2017b](#).

i diagramie fazowym wazeliny, np. prace Hakimy Nouar i in.<sup>52</sup>, praca doktorska Shailesh Nane<sup>53</sup> oraz badania strukturalne R.D. Heydinga i współpracowników<sup>54</sup>. Ważna jest praca przeglądowa o węglowodorach normalnych, ich strukturze i przemianach fazowych<sup>55</sup>.

Wiadomo, że temperatura topnienia kryształów węglowodorów liniowych maleje wraz z malejącą długością łańcucha<sup>56</sup>. W temperaturze pokojowej (około 30°C) możemy więc mieć stałe węglowodory – te o łańcuchach o 22 i więcej atomach węgla (czyli *n*-dokozan o strukturze trójskośnej<sup>57</sup> z temperaturą topnienia 44°C, *n*-trikozan o strukturze rombowej *Pbcm*<sup>58</sup> z temperaturą topnienia 47°C i wyższe oraz ich roztwory stałe lub kryształy mieszane o pośrednich temperaturach topnienia). Ale węglowodory o dużo krótszych łańcuchach węglowych i niższych temperaturach topnienia pozostają w stanie ciekłym. Np. dopiero *n*-heptadekane o 17 atomach węgla ma temperaturę topnienia niższą od temperatury pokojowej wynoszącą 22°C<sup>59</sup>; pozostaje więc w stanie ciekłym i być może to on (lub węglowodory o jeszcze krótszych łańcuchach) wypełnia wolne przestrzenie w szkieletcie krystalicznym wazeliny. Obserwowanie kryształów nie musi więc świadczyć, że badana wazelina jest sztuczna; może dawniej nie potrafiono zauważyć zbyt małych kryształów w wazelinie naturalnej?

Twierdzenie, że wazelina składa się głównie z wymienionych wyżej dwóch węglowodorów, jest tylko częściowo prawdziwe, chyba, że mówimy tylko o frakcji krystalicznej, której jest zaledwie 10–30% objętości wazeliny<sup>60</sup>.

Niestety, z prac krystalograficznych nie wynika dlaczego pod mikroskopem polaryzacyjnym widać siatkę igielkowatych kryształów. Nie

---

<sup>52</sup> Nouar, Petitjean, Bourdet, Dirand [1997](#); Nouar, Petitjean, Bouroukba, Dirand [1998a](#); [1998b](#).

<sup>53</sup> Nene [2013](#).

<sup>54</sup> Heyding, Russell, Varty, St-Cyr [1990](#).

<sup>55</sup> Dirand *et al.* 2002.

<sup>56</sup> Np. Nouar, Petitjean, Bouroukba, Dirand 1998b. Krystalografów zainteresują diagramy przemian fazowych w wybranych kryształach – tu pomijamy to ciekawe zagadnienie.

<sup>57</sup> Smith [1953](#) [dane liczbowe o strukturze krystalicznej są też dostępne w krystalograficznej bazie struktur organicznych; kod związku: ZZZOQ].

<sup>58</sup> *Ibidem*.

<sup>59</sup> Speight 2015; *Chemicaland21* [2017](#).

<sup>60</sup> Gstirner, Tjiook [1961](#), s. 1314.

ma też sensownego wyjaśnienia w pracach farmaceutycznych. Jedynie w podręczniku niemieckim wspomniano o różnych modelach<sup>61</sup>. Należy domniemywać, że to wyciągane trychity, nitkowate kryształy, decydują o jakości wazeliny (choć niekoniecznie o jej „smarowalności”).

Pojawienie się w powojennych podręcznikach informacji o wyciąganiu kryształów z wazeliny (test trychitowy) dotyczy zatem tylko krystalicznej części współczesnej wazeliny naturalnej. Tymczasem nie należy zapominać, że dawniej widziano igielkowate kryształy (tylko?) w wazelinie sztucznej. Były one dowodem na obecność parafiny, a więc na sztuczne pochodzenie wazeliny. Mamy więc do czynienia z dwoma różnymi przyczynami testowania wazeliny. Dawniej chodziło o odróżnienie wazeliny sztucznej od naturalnej, dziś – o potwierdzenie składu (i czyistości?) wazeliny naturalnej<sup>62</sup>.

Niezależnie od powyższej dwoistości testu wydaje się jednak, że kluczowy zwrot „wyciąganie kryształów” należy rozumieć *dosłownie* czy też potocznie jako wydobywanie istniejących w wazelinie mikrokryształów (tych widocznych pod mikroskopem), a nie jako proces krystalizacji poprzez wyciąganie zarodka ze stopionego materiału. To, co obserwowano jako „nitkę” przypomina raczej znane doświadczenie z magnesem i opilkami żelaza lub... metalowymi spinaczami biurowymi<sup>63</sup>. Odpowiednio trzymany magnes potrafi „wyciągnąć nić” złożona z wielu zaczepionych o siebie ziaren, opilków, spinaczy. Podobnie bagietka zanurzona w wazelinie potrafi wyciągnąć „nitkę”, a raczej łańcuszek kryształów

---

<sup>61</sup> Lippold *et al.* 2011.

<sup>62</sup> Jest jeszcze jeden ślad wskazujący na bardzo dawne pochodzenie testu wyciągania nitki. Otóż aptekarstwa uczono praktycznie (tradycja cechowa) i uczniów wdrażano do różnych praktycznych tajników zawodu. Jednym z nich była ocena stężenia syropów (to dawna postać leku!) poprzez wyciąganie nitki bagietką. Po odkryciu wazeliny jako podłoża maściowego, prawdopodobnie przejęto ten sposób oceny jakości surowca (Magowska 2017). Warto zauważyć, że z aptek syropy zawędrowały do kuchni. Do dziś używają tego testu, *testu nitki*, cukiernicy do oceny, czy topiony cukier nadaje się już do przygotowania lukru (Tomaszewska 2017; *Lebensmittellexicon* 2017). To „starożytnie” i „nienaukowe” pochodzenie metody zdaje się tłumaczyć dlaczego nie trafiła ona do farmakopei i wydawnictw opisujących fizyczne i chemiczne testy różnych materiałów farmaceutycznych (Np. Geissler, Moeller 1909; Schmidt 1896; 1910, ss. 126–127; Hager 1930; Zawalkiewicz 1915).

<sup>63</sup> Eksperyment opisany w książeczce dołączonej do audiobooka A. Czerwińskiej-Rydel (2016).

parafinowych. Zapewne, dla Jana Czochralskiego nie miało specjalnego znaczenia, czy owa „nitka” jest jednym monokryształem, czy łańcuszkiem wielu kryształitów.

Myślę, że znany z opowieści „wypadek z piórem i cyną” był faktem (choć wydaje się, że technicznie czy fizycznie nieprawdopodobnym) a Czochralski bezbłędnie skojarzył nic zestalonej cyny z dobrze sobie znaną „nicia” wazeliny. *Wiedział*, że w obu przypadkach ma do czynienia z *kryształami* badanej substancji (choć w jednym przypadku z monokryształem a w drugim z polikryształem). Jestem przekonany, że bez doświadczenia farmaceutycznego Czochralski nie domyśliłby się, że ma do czynienia z kryształem cyny zwisającym ze szczeliny (rozcięcia) stalówki.

#### 4. Krystalizacja germanu i krzemu

Przełom w rozwoju metody Czochralskiego nastąpił po wynalezieniu tranzystora germanowego w Bell Telephone Laboratories w Murray Hill, NJ, USA, w dniu 16 grudnia 1947 r.<sup>64</sup> (tranzystor krzemowy opracowano dopiero 14 kwietnia 1954 r.). Zdawano sobie sprawę, że tranzystor powinien być zbudowany na większym i lepszym jakościowo monokryształe germanu (a później i krzemu), a dysponowano tylko tym z metody Bridgmana<sup>65</sup>. Dlatego Gordon K. Teal (1908–2003) poszukiwał możliwości produkowania takich monokryształów. I znalazł rozwiązanie u... kolegów z działu metalurgicznego – stosowali metodę Czochralskiego<sup>66</sup>! Niestety, pycha i problem pierwszeństwa sprawiły, że do końca swego długiego życia nie potrafił przyznać, że stosował metodę Czochralskiego do otrzymywania germanu, a później i krzemu. Należy jednak zauważyć, że nie wymieniając nazwiska Czochralskiego w pierwszym patencie zatytułowanym „Production of germanium rods having longitudinal crystal boundaries” („Otrzymywanie prętów półprzewodnikowego germanu zawierające podłużne granice krystaliczne”) (Nr 2 683 676)<sup>67</sup> autorzy (John B. Little i Gordon K. Teal) odesłali do dwóch prac poprzez podanie nazwy czasopisma, roku publikacji

---

<sup>64</sup> Bardeen, Brattain [1948](#).

<sup>65</sup> Uecker 2014.

<sup>66</sup> Goldstein, Teal [1991](#).

<sup>67</sup> Little, Teal [1950](#).



oraz stron artykułu, ale bez podania nazwisk autorów i tytułów tych publikacji<sup>68</sup>: pierwsza to praca A.G. Hoyema i E.P.T. Tyndalla<sup>69</sup>, a druga praca<sup>70</sup> opisuje stosowanie metody Czochralskiego do otrzymywania monokryształów metali. Już w samym tytule pierwszej pracy mamy wymienioną metodę... Czochralskiego-Gomperza opisaną przez Ernesta G. Lindera<sup>71</sup>! W opisie patentowym jest tylko ciekawe zdanie:

This invention relates to *an improved method* and apparatus for producing single crystals, or controlled polycrystals, particularly of germanium [Ten wynalazek dotyczy *ulepszonej metody* i aparatury do otrzymywania monokryształów lub kontrolowanych polikryształów, w szczególności germanu.] (podkreślenie – P.E.T.).

Jaka to metoda, tego już Little i Teal nie piszą... W sposób pośredni wskazują jednak na źródło swoich opracowań – wyciąganie kryształów zgodnie z ideą Czochralskiego. Natomiast w wywiadach Teal zawsze opowiadał efektowną historyjkę, jak to on, w dniu 29 września 1948 r., wymyślił metodę podczas podróży... autobusem do pracy, a pierwszy monokryształ wyciągnął wspólnie z Johnem B. Littlem już dwa dni później<sup>72</sup>. Dopiero 13 stycznia 1950 r. złożyli wspomniany wniosek patentowy, a w lutym 1950 r. pojawiła się pierwsza drukowana informacja o pracach Teala<sup>73</sup>. W.L. Bond i inni podali w niej, że metoda została opisana przez G.K. Teale'a i J.B. Little'a w pracy, która zostanie przedstawiona podczas zjazdu Towarzystwa Fizycznego w Oak Ridge w marcu 1950 r. Streszczenie tego referatu<sup>74</sup> zawiera natomiast zdanie:

germanium single crystals (...) have been produced by means of a pulling technique *distinguished from that of Czochralski and others in improvements necessary to produce controlled*

---

<sup>68</sup> Taki okrojony odsyłacz literaturowy, schowany pod szczytkowymi danymi bibliograficznymi, także wskazuje, jak bardzo chcieli uniknąć posądzenia o kopiowanie cudzych rozwiązań czy choćby wzorowania się na innych autorach.

<sup>69</sup> Hoyem, Tyndall 1929.

<sup>70</sup> Holden 1950.

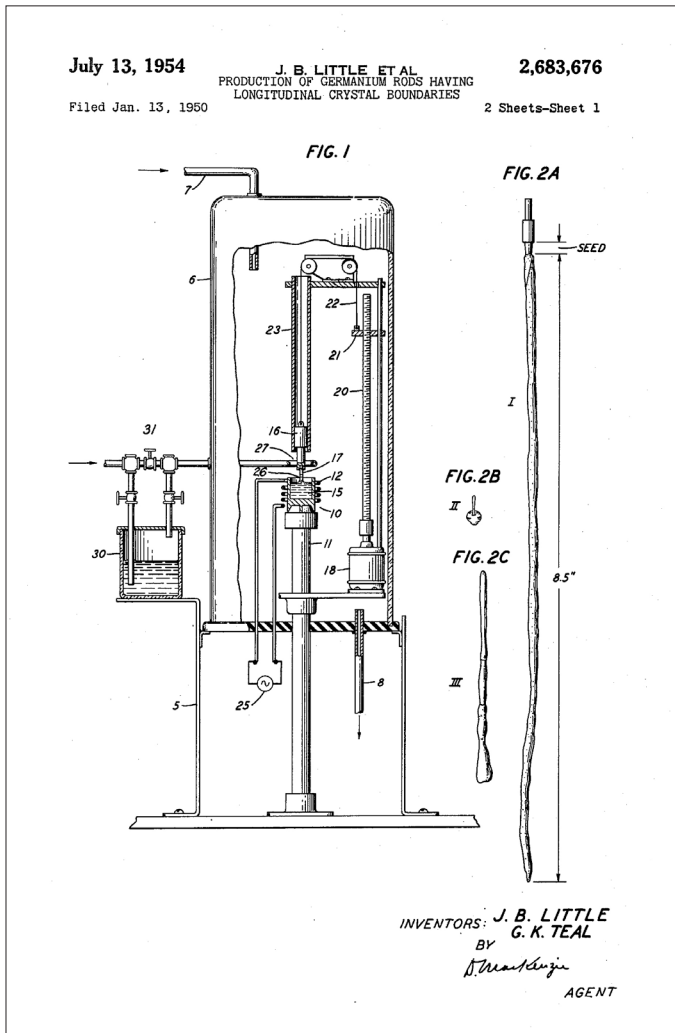
<sup>71</sup> Linder 1925.

<sup>72</sup> Obszerny opis w pracach: Tomaszewski 2012; Uecker 2014.

<sup>73</sup> Bond *et al.* 1950.

<sup>74</sup> Wydaje się, że pełna wersja tej pracy nigdy nie została opublikowana.

semiconducting properties [monokryształy germanu były otrzymywane za pomocą techniki wyciągania *odróżniającą się od metody Czochralskiego i innych udoskonaleniami koniecznymi do otrzymywania kontrolowanych własności półprzewodnikowych*] (podkreślenie – P.E.T.).



Ryc. 11. John B. Little, Gordon K. Teal. Patent US2683676.  
Production of germanium rods having longitudinal crystal boundaries.  
Źródło: Little, Teal 1950.

Warto też zauważyć, że patent brytyjski nr 706 849 z 12 stycznia 1951 r.<sup>75</sup>, pt. „Metody i przyrządy do otrzymywania kryształów germanu”, będący wersją wspomnianego wyżej amerykańskiego patentu z 13 stycznia 1950 r. (choć nie podaje nazwisk autorów), wymienia jednak nazwisko Czochralskiego:

A known method of producing single crystals of low melting point metals, such as thin, is that *originally due to Czochralski* (...). [Znana metoda otrzymywania monokryształów metali o niskim punkcie topnienia, takich jak cyna, jest tą należącą *pierwotnie do Czochralskiego* (...)]! (podkreślenie – P.E.T.).

Natomiast odpowiednie patenty zgłoszone we Francji<sup>76</sup>, Belgii<sup>77</sup> oraz Kanadzie<sup>78</sup> nie wymieniają nazwiska Czochralskiego.<sup>79</sup> Jedyne patent kanadyjski podaje Little’a i Teala jako wynalazców.

Kolejne trzy patenty (z podobnymi rysunkami) zgłoszono w czerwcu 1950 r. = o otrzymywaniu monokrystalicznych złącz *n-p-n*<sup>80</sup>. Żaden z nich nie wymienia Czochralskiego ani w wersji oryginalnej z USA, ani zgłoszonych we Francji<sup>81</sup>, Wielkiej Brytanii<sup>82</sup>, Belgii<sup>83</sup>, Niemczech<sup>84</sup> i Kanadzie<sup>85</sup>. Jedyne wersja holenderska<sup>86</sup>, choć nie podaje nazwiska Czo-

<sup>75</sup> Western Electric Company [1951b](#).

<sup>76</sup> Western Electric Company [1950](#).

<sup>77</sup> Western Electric Company [1951a](#).

<sup>78</sup> Western Electric Company [1955](#).

<sup>79</sup> Niestety, nie znam amerykańskich zwyczajów patentowych połowy XX wieku. Wydaje się jednak, że patent Littla i Teala został zakupiony przez firmę Western Electric Company, Inc. z Nowego Jorku, która dalej – już we własnym imieniu i na własny rachunek – opatentowała aparaturę Littla i Teala w innych państwach. Dlatego nie pojawiają się tam nazwiska rzeczywistych wynalazców a teksty patentów (wtórnych?) nieco różnią się zawartością. W tej sytuacji można domniemywać, że pojawienie się w tekście nazwiska Czochralskiego jest wyłącznie inicjatywą Western Electric Comp.

<sup>80</sup> Teal [1950a](#); [1950b](#); Bond, Sparks, Teal [1950](#).

<sup>81</sup> Western Electric Company [1951f](#).

<sup>82</sup> Western Electric Company [1951g](#).

<sup>83</sup> Western Electric Company [1951e](#).

<sup>84</sup> Western Electric Company [1951c](#).

<sup>85</sup> Western Electric Company [1956](#).

<sup>86</sup> Western Electric Company [1951d](#).

chralskiego, to odsyła do jego oryginalnej publikacji z 1916 r., a także innych prac o metodzie Czochralskiego! Rok później, 29 czerwca 1951 r., Ernest Buehler i Gordon K. Teal zgłosili patent na nieco inną konstrukcję aparatu do metody Czochralskiego, ponownie pomijając inspirację Czochralskiego<sup>87</sup>.

Z kolei w 1951 r. G.K. Teal i Ernest Buehler otrzymali monokryształ krzemu<sup>88</sup>.

Choć Teal, Little i Buehler nie odkryli metody „wyciągania” monokryształów, nie można jednak pomijać ich zasług w opracowaniu całej „otoczki”, czyli aparatury zapewniającej właściwe warunki do otrzymywania tak wrażliwych kryształów i w tak wysokich temperaturach (938°C dla germanu i 1414°C krzemu). I tego dotyczyły ich patenty pozostawiając niezmienną ideę „wyciągania” monokryształów pochodzącą od Czochralskiego. Warto na koniec zauważyć, że wbrew oczekiwaniom G.K. Teala wspólnota naukowców konsekwentnie stosowała nazwę „metoda Czochralskiego”, a nie mylącą nazwę w rodzaju „proces Teala”<sup>89</sup>.

Trzeba przyznać, że prace Teala zapewniły Janowi Czochralskiemu znaczącą pozycję we współczesnej nauce. Znalazł stałe miejsce nie tylko w historii nauki, lecz przede wszystkim we współczesnej terminologii naukowej. Wprowadzenie nazwiska Czochralskiego do nazwy metody stało się holdem kolejnych pokoleń za jego wielkie odkrycie. Trudno się dziwić, że niektórzy nazywają Jana Czochralskiego „prekursorem elektroniki” albo „praojcem elektroniki”, a nawet „ojcem współczesnej cywilizacji elektronicznej”<sup>90</sup>.

Idea otrzymywania monokryształu metodą Czochralskiego jest bardzo prosta. Dzisiaj można ją opisać w następujący sposób.

Materiał podlegający krystalizacji, po roztopieniu w tyglu, ochładzany jest przy powierzchni stopu do temperatury krzepnięcia. Do powierzchniowej warstwy stopu wprowadzana jest końcówka kapilary, czyli rurki o bardzo małej średnicy odpowiadającej rozcięciu w stalówce z opowieści Czochralskiego (dlatego nazwano to „metodą kapilary”).

---

<sup>87</sup> Buehler, Teal [1951](#); Western Electric Company [1952](#); [1958](#).

<sup>88</sup> Teal, Buehler [1952](#).

<sup>89</sup> Problem „ojcostwa” metody został szeroko omówiony w pracach P.E. Tomaszewskiego ([2002](#); 2012, s. 55).

<sup>90</sup> Wiele publikacji zawiera takie i podobne stwierdzenia.

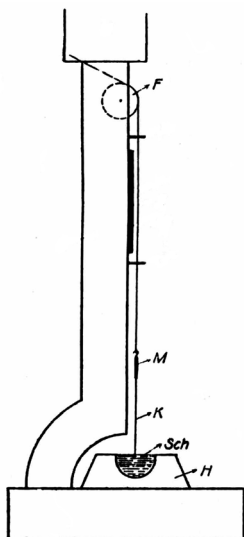
Po zassaniu niewielkiej ilości stopionego metalu do jej wnętrza rozpoczyna się krystalizacja stopionego materiału, tworzy się zarodek krystalizacji (zaródź). Aby otrzymać monokryształ o zadanej orientacji stosuje się przygotowany wcześniej zarodek czyli mały kryształek, na którym zaczynają narastać w sposób uporządkowany kolejne warstwy kryształu o tej wymuszonej orientacji. Zarodek zaczyna być wyciągany z roztopu z określoną szybkością tak, by nie został zerwany kontakt wyciąganego kryształu ze stopem. Napięcie powierzchniowe utrzymuje krótki słupek ciekłego materiału u wylotu kapilary lub „przyklepionego” do zarodki. Zetknięcie się tego słupka ciekłego materiału z chłodniejszym powietrzem powoduje powolne jego krzepnięcie nad powierzchnią cieczy. W efekcie otrzymuje się tzw. monokryształ, a więc materiał o szczególnie cennych własnościach fizycznych. Odpowiedni dobór szybkości wyciągania, wzajemny obrót kryształu i tygła, rozkład temperatur w tygłu i wiele innych parametrów wpływają na rozmiary i jakość otrzymanego monokryształu. Kiedyś nazywano to „pojedynczym kryształem”, dziś używamy terminu „monokryształ”. Cechą charakterystyczną takiego materiału jest tak dobrze uporządkowane ułożenie atomów, że oba końce kryształu mają dokładnie taką samą orientację swojej struktury wewnętrznej niezależnie od wielkości otrzymanego kryształu.

Metoda Czochralskiego ma kilka istotnych zalet:

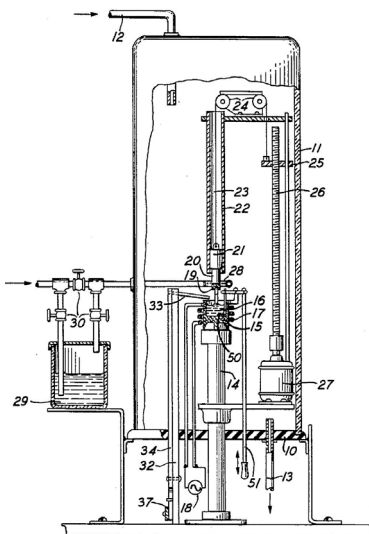
- kierunkowość wzrostu kryształu określona przez orientację zarodka
- wzrost beznapięzeniowy wobec braku kontaktu z tygłem
- łatwość kontroli jakości i składu chemicznego (możliwość domieszkania, czyli kontrolowanego wprowadzania domieszek!) już podczas hodowli
- możliwość ponownego przetopienia złego kryształu w całości lub częściowo (co obniża straty materiału i koszty produkcji)
- możliwość otrzymywania *dużych* kryształów i w różnych warunkach (np. w atmosferach gazowych, itp.).

Trudno więc się dziwić, że jest to metoda tak popularna.

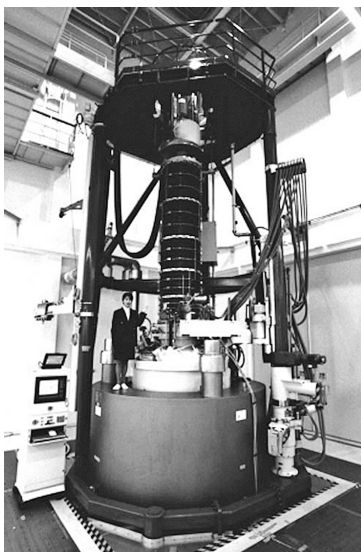
Ogromny rozwój metody Czochralskiego pięknie ilustruje poniższe zestawienie kolejnych realizacji technicznych: od oryginalnego przyrządu Czochralskiego, przez urządzenie Teala i współpracowników aż po współczesną wielką „wyciągarkę” monokryształów krzemu w jednej z firm japońskich.



Ryc. 12. Schemat oryginalnego przyrządu Czochralskiego.  
Źródło: Czochralski [1918](#).



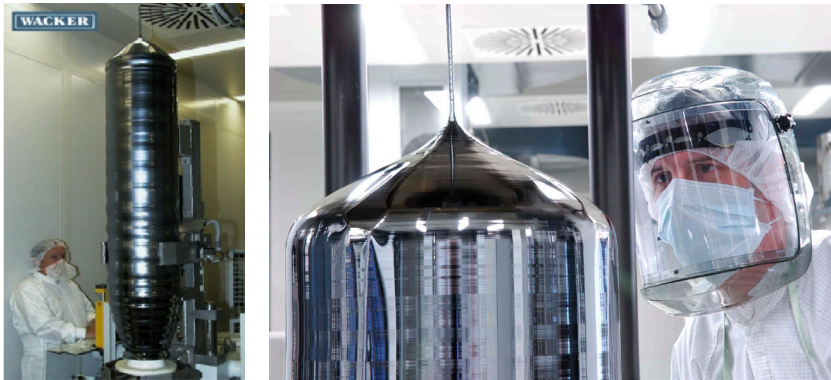
Ryc. 13. Urządzenie Teala i współpracowników.  
Źródło: Teal [1950a](#).



Ryc. 14. Współczesna wielka „wyciągarka” monokryształów krzemu w jednej z firm japońskich.  
Źródło: Shiraishi [2001](#).

## 5. Metoda Czochralskiego dziś

Jan Czochralski zaczynał od cienkich monokryształów cyny o długości zaledwie 15 centymetrów, a pierwsze kryształy krzemu miały średnicę około 2,5 cm i wagę zaledwie 50-200 g. Szybko zorientowano się, że bardziej opłacalne jest hodowanie kryształów o większej średnicy i wytwarzanie wielu układów scalonych na jednej płytce, później z niej wycinanych.



Ryc. 15. Monokryształ krzemu o średnicy 300 mm, długości 2 metrów i wadze 265 kg.  
Źródło: Wacker Chemie AG, Siltronic AG; Tomaszewski 2012.

O skali rozwoju metody świadczyć może wielkość otrzymywanych dziś monokryształów krzemu, podstawowego surowca do produkcji układów scalonych: dwa metry długości, 30 centymetrów średnicy i ponad 250 kilogramów wagi (firma Wacker-Siltronic GmbH we Freibergu koło Drezna produkuje takie monokryształy od 2002 r.). Wydawało się, że była to granica możliwości technologicznych i nie da się zrobić monokryształów krzemu o średnicy większej niż 400–450 mm i wadze przekraczającej 300 kg. Dziś jest to już wykonalne technicznie i monokryształ krzemu o średnicy 45 cm ma wagę około 800 kg! Sprawa powiększania średnicy kryształu jest ważna ze względów handlowych. Na płytce o średnicy 200 mm można wykonać 74 mikroprocesory 64 Mb, gdy na płytce o średnicy 300 mm już 170 procesorów o mocy 1 Gb, a więc ich cena drastycznie spada.

Warto zauważyć, że już w latach trzydziestych ub. wieku metoda Czochralskiego była na tyle znana, popularna i uznana w środowisku, że

zaprzestano cytowania pracy oryginalnej<sup>91</sup> – wszyscy wiedzieli na czym polega metoda Czochralskiego.

Dziś, gdy opracowano ponad 30 tysięcy (!) patentów<sup>92</sup> na temat różnych udoskonaleń metody (zwłaszcza oprzyrządowania) otrzymywania kryształów według pomysłu Czochralskiego, nie jest potrzebne cytowanie pracy źródłowej. Dlatego typowa miara popularności określonej publikacji naukowej – liczba cytowań, nie jest właściwa do oceny wpływu Czochralskiego na naukę i technikę. Dziś trzeba raczej patrzeć na częstość pojawiania się *nazwiska* Czochralskiego w literaturze, a to jest trudne do zmierzenia. Dla ukazania skali zjawiska wystarczy choćby ilość odesłań w wyszukiwarce Google – około 490 000. Dopiero na przelomie wieków wróciło zainteresowanie pracą oryginalną z 1916 r. i niektórzy z autorów podawali stosowny odsyłacz do tej pracy, ale raczej na zasadzie ciekawostki niż docenienia doniosłości tamtego odkrycia.

Wydaje się jednak, że nadszedł czas, by przywrócić należną rangę tamtej publikacji i tamtemu odkryciu – właśnie *odkryciu*. Swego czasu niektórzy kwestionowali użycie terminu „odkrycie” do opisu pracy Czochralskiego z 1916 r.<sup>93</sup> Niesłusznie, bo było to przełomowe *odkrycie*, choć dokonane jakby „przed czasem”. Właśnie *odkrycie*, a nie „opracowanie”, a tym bardziej „wynalazek”. Czochralski *odkrył*, że *wyciąga* z tygła kryształ. Opracowanie metody nazwanej dość szybko „metodą Czochralskiego” było tylko prostą konsekwencją *odkrycia zjawiska* krystalizacji podczas wyciągania zestalonej nici ze stopionego materiału (tu: metalu). To zjawisko nie występuje w przyrodzie, zostało wygenerowane przez szczęśliwą pomyłkę Czochralskiego. Ale nie zostałoby zapewne zauważone bez wcześniejszego (jeszcze świeżo pamiętanego) doświadczenia farmaceutycznego, jakie Jan Czochralski mógł wynieść z pracy w ówczesnych aptekach. Skojarzenie zauważonego zjawiska zestalenia nici cynowej wyciągniętej z tygła ze znanym w praktyce aptecznej testem trychitowym (wyciąganie łańcuszka kryształów z wazeliny) utwierdziło zapewne Czochralskiego w przekonaniu, że owa nić jest jednym kryształem lub co najwyżej kilkoma kryształami cyny. Kryształami! Nie było więc potrzeby sprawdzania, czy nić jest krystaliczna!

---

<sup>91</sup> Schilling 1935.

<sup>92</sup> Baza Freepatentsonline [2017](#).

<sup>93</sup> Scheel [2000](#). Krytyka takiego rozumowania – zob. Tomaszewski [2002](#).



## 6. Gęsie pióro i słoik z miodem a sprawa metody Czochralskiego

Przytoczona na początku opowieść o okolicznościach odkrycia dokonanego przez Jana Czochralskiego wymagała jakiegoś poglądowego szkicu metody. Jak pokazać, co wydarzyło się tamtego wieczoru? Tygiel, nic zestalonego metalu i ręka z piórem wydawały się najprostszym schematem. Ale jakie pióro? Cóż – pióro ze stalówką było zbyt proste graficznie (a nawet niezrozumiałe dla współczesnych dzieci!). Stąd szybka podmiana – weźmy ptasie pióro znane z tyłu opowiadań (np. gęsiego pióra używał Koszałek Opalek) czy nagród literackich (tu mamy np. nagrodę Orlego Pióra). Gęsie pióro w ręku od razu kojarzy się z pisaniem, a przecież Czochralski pisał wtedy swój raport z badań. I taki szkic został opublikowany jako pierwszy w ciągu rysunków z usprawnień czy modyfikacji metody<sup>94</sup> (por. ryc. 4.).

Okazało się jednak, że niewinny żart został potraktowany całkiem poważnie i zaczął żyć własnym życiem. W 1999 r. ukazało się opracowanie Michela Spiessera firmowane przez Francuskie Towarzystwo Krystalografów<sup>95</sup> poświęcone Czochralskiemu i jego metodzie. Ze zdumieniem znalazłem tam mój rysunek z podpisem, że jest to... oryginalny rysunek Czochralskiego! Jestem przekonany, że Czochralski zrobiłby lepszy rysunek! Z kolei po latach znalazłem gęsie pióro w gablocie poświęconej metodzie Czochralskiego w sali... Muzeum Politechniki Warszawskiej! I traktowano to całkiem poważnie. A przecież czasy gęsiego pióra dawno minęły – Czochralski użył zwykłego pióra ze stalówką. Ale uwaga – dzisiejsze dzieci szkolne nie wiedzą co to jest stalówka!

W tej sytuacji uznałem, że motyw gęsiego pióra nadaje się na lepsze uwiecznienie. W marcu 2014 r. prof. Bogusław Buszewski zaproponował<sup>96</sup>, by statuetka do Nagrody im. prof. Jana Czochralskiego odnosiła się do projektu słynnego pióra z tygłem. W ten sposób w dwóch edycjach Konkursu przyznano pięć nagród naukowych i jedną specjalną<sup>97</sup> z taką ciekawą statuetką opracowaną przez art. prof. Alicję Majewską

---

<sup>94</sup> Tomaszewski 1987.

<sup>95</sup> Spiesser 1999.

<sup>96</sup> Buszewski 2014a.

<sup>97</sup> Tomaszewski [2016c](#).

z Wydziału Sztuk Pięknych UMK<sup>98</sup>. Podobno jedna z nagród specjalnych nie została do dziś wręczona. Po dwuletniej przerwie Politechnika Warszawska kontynuuje tę dobrze zapowiadającą się tradycję.<sup>99</sup> W ten sposób pamięć o Janie Czochrańskim zostanie podtrzymana.



Ryc. 16. Statuetka Nagrody im. prof. Jana Czochrańskiego. Fot. BPI PW.

Źródło: <https://www.pw.edu.pl/var/pw/storage/images/uczelnia/aktualnosci/wybrano-laureatow-nagrody-im.-prof.-jana-czochrańskiego/165060-1-pol-PL/Wybrano-laureatow-Nagrody-im.-Prof.-Jana-Czochrańskiego.jpg>.

O ile gęsie pióro na rysunku było żartem, o tyle słoik z miodem w roli tygła z cyną był rozpaczliwą próbą pokazania w filmie<sup>100</sup> jak doszło do wiekopomnego odkrycia. Opowieść o zaskakującym przypadku jest bardzo filmowa; problem jednak w tym, że... niemożliwa – jak się dziś wydaje – do powtórzenia. O ile wiem, nikomu nie udało się przeprowadzić tego eksperymentu nie tylko w warunkach podobnych do opisanych przez Czochrańskiego (tygiel ze stygnącą cyną), ale nawet w laboratorium (mniej lub bardziej kontrolowana temperatura czystej cyny)! Na potrzeby filmu *Powrót Chemika* trzeba było użyć innych materiałów

<sup>98</sup> Tomaszewski 2014c; Buszewski 2014b.

<sup>99</sup> W listopadzie 2016 r. wznowiono Konkurs; trzecia edycja została rozstrzygnięta 30 marca 2017 roku – patrz: Tomaszewski 2016c; Politechnika Warszawska 2017.

<sup>100</sup> Gajewski 2014; Tomaszewski 2014b.

lub innych technik i efektów specjalnych<sup>101</sup>. Brak sukcesów w odtworzeniu doświadczenia Czochralskiego jeszcze bardziej podkreśla wyjątkowość tamtego zdarzenia. Zastanawia jednak, co zrobił Czochralski, by jednak osiągnąć w laboratorium druciki cyny o długości kilkunastu centymetrów. Czy cyna nie była taka czysta (z domieszką kalafonii dostaje się ładne druciki), czy rzeczywiście stosowana aparatura była bardziej wyrafinowana niż to pokazano na rysunku (szkicu) z pierwszej publikacji Czochralskiego z 1916 r. Podobno cyna stosowana w tamtych czasach miała domieszkę ołowiu – może to ułatwiło eksperyment z krystalizacją?

## 7. Trzech największych polskich uczonych

Na zakończenie wspomnianego powyżej filmu *Powrót Chemika*, prof. Zbigniew T. Kuźnicki stwierdza dobitnie, że Jan Czochralski należy do trójki największych polskich uczonych obok Mikołaja Kopernika (1473–1543) i Marii Skłodowskiej-Curie (1867–1934), a o ich kolejności mamy sami zdecydować.

Jest oczywiste, że kolejność ta zależy od przyjętego kryterium porządkującego. Jeśli więc za takie kryterium oberzemy wpływ dokonań każdego z tej trójki na nasze życie codzienne, wówczas bez wątplenia pierwszą lokatę zajmie Jan Czochralski! To jemu zawdzięczamy przecież rewolucję elektroniczną na niespotykaną skalę i kształt naszej obecnej cywilizacji cyfrowej.

Czas więc, by i Polacy byli dumni z Jana Czochralskiego. Zważywszy znaczenie jego osiągnięć, należy nadal podejmować wysiłek przywrócenia należytej pamięci o tej wybitnej postaci w naszym społeczeństwie. Obchodzony oficjalnie w 2013 r. *Rok Jana Czochralskiego* tylko częściowo i na krótką metę wyzwolił zainteresowanie naszym wielkim uczonym. Ponad tysiąc wydarzeń było głównie zasługą środowisk lokalnych<sup>102</sup> bez wyraźnego wsparcia władz centralnych. Jest oczywiste, że brak zainteresowania ze strony najważniejszych decydentów musiał przełożyć się na nikłe zainteresowanie środków masowego przekazu, a w konsekwencji na niewiedzę „szarego” obywatela. I to należy zmienić!

---

<sup>101</sup> Laszczka 2014.

<sup>102</sup> Tomaszewski 2014.

## 8. Podziękowania

Serdecznie dziękuję wszystkim, którzy pomogli w zebraniu materiałów na temat wazeliny i jej roli w interpretacji źródeł odkrycia Jana Czochralskiego. Poza wymienionymi w tekście są to: Josiane Bonetti, Justyna Czerwińska, Jan Dąbrowski, Aleksander Drygas, Merrie Fuller, Laura Grey, Anna Krzyżelewska-Kowalewska, Anita Magowska, Hilmar Mädge, Witold Parwicz, Magda Podlaska, Elżbieta Rutkowska, Andrzej Syroka, Klara Tomaszewska, Grzegorz Wilkin, Andrzej Wilun, Janusz Żochowski.

Składam również serdeczne podziękowania niejawnym Recenzentom i Redakcji za ich krytyczne komentarze i pomoc w udoskonaleniu artykułu.

## Bibliografia

- Bandrowski, Franciszek; Seńkowski, Michał 1890: O przeróbce mazi ponaftejowej na wazelinę. *Kosmos* 15, ss. 447–463. Dostęp online: <http://www.sbc.katowice.pl/dlibra/docmetadata?id=22571>.
- Bardeen, John; Brattain, Walter Houser 1948: Three-electrode circuit element utilizing semiconductive materials. Patent USA nr 2 524 035, zgłoszony 17 VI 1948 r., wydany 3 X 1950 r. Dostęp online: <https://worldwide.espacenet.com/publicationDetails/biblio?II=3&ND=3&adjacent=true&locale=en-EP&FT=D&date=19501003&CC=US&NR=2524035A&KC=A>.
- Bartoszewicz, Stefan 1902: Przerób ropy parafinowej i fabrykacja parafiny. *Chemik Polski* 2/14, ss. 318–324. Dostęp online: [http://cybra.lodz.pl/Content/726/ChePol\\_r.2\\_nr14.pdf](http://cybra.lodz.pl/Content/726/ChePol_r.2_nr14.pdf).
- Bielecki, Jan 1901: Wystawa próbek przemysłowych podczas I Zjazdu przemysłowców w Krakowie. *Chemik Polski* 28, ss. 659–662. Dostęp online: [http://bcpw.bg.pw.edu.pl/Content/4551/chemik\\_polski\\_1901\\_s659.pdf](http://bcpw.bg.pw.edu.pl/Content/4551/chemik_polski_1901_s659.pdf).
- Bond, Walter L.; Mason, Warren P.; Mckimin, H.J.; Olsen, K.M.; Teal, Gordon K. 1950: The elastic constants of germanium single crystals. *Physical Review* 78, 176. Dostęp online (*płatny*): <https://doi.org/10.1103/PhysRev.78.176>.
- Bond, Walter L.; Sparks, Morgan; Teal, Gordon K. 1950: Semiconductor translating device. Patent USA nr 2 651 831 z 24 VI 1950 r., opublikowany 15 IX 1953 r. Dostęp online: <https://www.google.com/patents/US2651831>.
- Buehler, Ernest; Teal, Gordon K. 1951: Process for producing semiconductive crystals of uniform resistivity. Patent USA nr 2 768 914 z 29 VI 1951 r., opublikowany 30 X 1956 r. Dostęp online: <https://worldwide.espacenet.com/publicationDetails/biblio?II=3&ND=3&adjacent=true&locale=en-EP&FT=D&date=19510629&CC=US&NR=2768914A&KC=A>.

[com/publicationDetails/originalDocument?CC=US&NR=2768914A&K-C=A&FT=D&ND=5&date=19561030&DB=&locale=en\\_EP#](http://www.elsevier.com/publicationDetails/originalDocument?CC=US&NR=2768914A&K-C=A&FT=D&ND=5&date=19561030&DB=&locale=en_EP#).

Bukowski, Stanisław 1968: *Receptura. Zarys technologii lekarstw*. Warszawa: PZWL (wyd. III).

Buszewski, Bogusław Andrzej 2014a: List do autora z 13 III 2014 r.

Buszewski, Bogusław Andrzej 2014b: List do autora z 6 VI 2014 r.

Chemicaland21 2014: *n-Paraffins*. Dostęp online: <http://www.chemicaland21.com/petrochemical/n-PARAFFINS.htm> (9 VI 2014 r.).

Chesebrough, Robert A. 1870: Improvement in products from petroleum. Dostęp online: <https://catalog.archives.gov/id/2524948> (7 I 2017 r.).

Chesebrough, Robert A. 1872: Improvement in products from petroleum. Patent USA nr 127 568 z 4 VI 1872 r. Dostęp online: <https://www.google.com/patents/US127568> (7 I 2017 r.).

*Codex Medicamentarius Gallicus – Pharmacopée Française* 1884: Paris: Masson et C<sup>ie</sup>, Éditeurs, Libraires de l'Académie de Médecine. Dostęp online: <https://archive.org/stream/codexmedicamenta1884pari#page/255/mode/2up>.

*Codex Medicamentarius Gallicus – Pharmacopée Française* 1908: Paris: Masson et C<sup>ie</sup>, Éditeurs, Libraires de l'Académie de Médecine. Dostęp online: <http://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k58486633> (26 XII 2016 r. i 7 I 2017 r.).

Czerwińska-Rydel, Anna 2013: *Kryształowe odkrycie. Powieść o Janie Czochrańskim*. Katowice: Wydawnictwo Debit i Wrocław: Oficyna Wydawnicza ATUT.

Czerwińska-Rydel, Anna 2016: *Kryształowe odkrycie. Powieść o Janie Czochrańskim*. Audiobook (czyta Anna Dymna). Warszawa: Wydawnictwo BUKA.

Czochrański, Jan 1917: Veränderung der Korngrösse und der Korngliederung in Metallen [Zmiana wielkości ziaren i ułożenia ziaren w metalach]. *Zeitschrift des Vereines Deutscher Ingenieure* 61, ss. 345–351. Dostęp online: [http://bcpw.bg.pw.edu.pl/Content/3410/zeitschrift\\_des\\_vereines\\_deutscher\\_ingenieure\\_1917\\_v61\\_str345.pdf](http://bcpw.bg.pw.edu.pl/Content/3410/zeitschrift_des_vereines_deutscher_ingenieure_1917_v61_str345.pdf).

Czochrański, Jan 1918: Ein neues Verfahren zur Messung der Kristallisationsgeschwindigkeit der Metalle. *Zeitschrift für Physikalische Chemie* 92, ss. 219–221. Dostęp online: [http://bcpw.bg.pw.edu.pl/Content/3410/zeitschrift\\_fur\\_physikalische\\_chemie\\_1918\\_v92\\_str219.pdf](http://bcpw.bg.pw.edu.pl/Content/3410/zeitschrift_fur_physikalische_chemie_1918_v92_str219.pdf). Polskie tłumaczenie dostępne w: Paweł E. Tomaszewski, 100 lat metody Czochrańskiego. *Biuletyn Roku Czochrańskiego* V(25/165) z 19 sierpnia 2016 r., ss. 3–4. Dostęp online: <http://www.janczochrański.com/wp-content/uploads/2012/12/Biuletyn-25-2016.pdf>.

Czochrański, Jan 1921: Der Gefügebau und seine Bedeutung den Giessereibetrieb [Tekstura i jej znaczenie dla układów odlewniczych]. *Giesserei Zeitung* 18,

- ss. 85–90, 103–109. Dostęp online: [http://bcpw.bg.pw.edu.pl/Content/3410/giesserei\\_zeitung\\_1921\\_v18\\_str85\\_103.pdf](http://bcpw.bg.pw.edu.pl/Content/3410/giesserei_zeitung_1921_v18_str85_103.pdf).
- Czochralski, Jan 1924a: *Moderne Metallkunde in Theorie und Praxis* [Współczesne metaloznawstwo w teorii i praktyce]. Berlin: J. Springer. Dostęp online: [http://bcpw.bg.pw.edu.pl/Content/3410/czochralski\\_Moderne\\_metallkunde.pdf](http://bcpw.bg.pw.edu.pl/Content/3410/czochralski_Moderne_metallkunde.pdf).
- Czochralski, Jan 1924b: Die Beziehungen der Metallographie zur physikalischen Forschung [Zależność między metaloznawstwem a badaniami fizycznymi]. W: C.B. Biezeno, J.M. Burgers (eds.) 1924: *Proceedings of the first International Congress for Applied Mechanics*. Delft: Technische Boekhandel en Drukkerij J.Waltman Jr., ss. 67–88. Dostęp online: [http://bcpw.bg.pw.edu.pl/Content/3410/proceedings\\_international\\_congress\\_applied\\_mechanics\\_1924\\_str67.pdf](http://bcpw.bg.pw.edu.pl/Content/3410/proceedings_international_congress_applied_mechanics_1924_str67.pdf).
- Czochralski, Jan 1925: Die Beziehungen der Metallographie zur physikalischen Forschung. *Naturwissenschaften* 13, ss. 425–435, 455–464. Dostęp online: [http://bcpw.bg.pw.edu.pl/Content/3410/naturwissenschaften\\_1925\\_v13\\_str425\\_455.pdf](http://bcpw.bg.pw.edu.pl/Content/3410/naturwissenschaften_1925_v13_str425_455.pdf).
- Dirand, Michel; Bouroukba, Mohammed; Chevalier, Virginie; Petitjean, Dominique; Behar, Emmanuel; Ruffier-Meray, Véronique 2002: Normal alkanes, multialkane synthetic model mixtures, and real petroleum waxes: crystallographic structures, thermodynamic properties, and crystallization. *Journal of Chemical & Engineering Data* 47, ss. 115–143. Dostęp online: <https://doi.org/10.1021/je0100084>.
- Dumesny, Paul 1900: L'industrie du pétrole (1). La vaseline. *Révue de Physique et de Chimie* 4/2, ss. 60–62. Dostęp online: [https://www.espci.fr/sites/www.espci.fr/IMG/pdf/RPC\\_1900\\_02.pdf](https://www.espci.fr/sites/www.espci.fr/IMG/pdf/RPC_1900_02.pdf).
- Durrer, Robert 1918: Ein Verfahren zur Messung der Kristallisationsgeschwindigkeit der Metalle. [Metoda pomiaru szybkości krystalizacji metali]. *Stahl und Eisen* 38/4, ss. 77–78 (24 I 1918 r.). Dostęp online: [http://delibra.bg.polsl.pl/Content/14880/P-770\\_1918\\_No4.pdf](http://delibra.bg.polsl.pl/Content/14880/P-770_1918_No4.pdf) (10 I 2017 r.).
- Engler, C.; Böhm, M. 1886: Ueber die chemische Natur des Vaselins. *Dingler Polytechnisches Journal* 262, ss. 468–475, 524–530. Dostęp online: <http://dingler.culture.hu-berlin.de/article/pj262/ar262161>, <http://dingler.culture.hu-berlin.de/article/pj262/ar262182>.
- Evers, Jürgen; Klüfers, Peter; Staudigl, Rudolf; Stallhofer, Peter 2003: Czochralski's creative mistake: a milestone on the way to the Gigabit Era. *Angewandte Chemie International Edition Engl.* 42(46), ss. 5684–98 (2003). DOI: 10.1002/anie.200300587. Dostęp online: [http://www.cup.lmu.de/ac/kluefers/homepage/publ\\_pdf/czochralski\\_engl.pdf](http://www.cup.lmu.de/ac/kluefers/homepage/publ_pdf/czochralski_engl.pdf).
- Farmakopea Polska II* 1937 (przedr. 1946): Warszawa: Nakładem Towarzystwa Przyjaciół Wydziałów i Oddziałów Farmaceutycznych przy Uniwersytetach w Polsce. Dostęp online: <http://dlibra.ump.edu.pl/Content/132/farmakopea.pdf>.

- Feigelson, Robert S. 2014: Crystal growth through the ages: a historical perspective. In: *Handbook of crystal growth. Fundamentals: Thermodynamics and kinetics*, ed. T. Nishinaga, Elsevier, ss. 1–84.
- Freepatentsonline 2017: Strona internetowa. Dostęp online: <http://www.freepatentsonline.com> (23 I 2017 r.).
- Gajewski, Adam (reż.) 2014: *Eureka czyli zapomniany geniusz* – film TVP3 Bydgoszcz (13 minut); <http://bydgoszcz.tvp.pl/14576390/2703> oraz: <http://www.janczochralski.com/wp-content/uploads/2012/12/Biuletyn-24-2014.pdf>.
- Geissler, Ewald; Moeller, Josef 1909: *Real-Enzyklopädie der Gesamten Pharmazie*, wyd. II. Berlin, Wien: Urban & Schwarzenberg, ss. 447–451 [tłumaczenie na język polski: Magda Podlaska; w zbiorach autora].
- The German Pharmacopoeia II 1884: Pharmacopoea Germanica II* (wersja angielska); tłum. z niemieckiego – Charles L. Lochman. New York: J.H. Vail & Company; s. 225. Dostęp online: <https://babel.hathitrust.org/cgi/pt?id=wu.89099044802;view=1up;seq=239> (26 XII 2016 r.).
- Goldstein, Andrew; Teal, Gordon K. 1991: An Interview with G.K. Teale, conducted by Andrew Goldstein, The Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc. History Center, 17–20 December 1991. Dostęp online: [http://ethw.org/Oral-History:Gordon\\_K.\\_Teal](http://ethw.org/Oral-History:Gordon_K._Teal).
- von Gomperz, Ervin 1922: Untersuchungen an Einkristalldrähten [Badanie drutów monokrystalicznych]. *Zeitschrift für Physik* 8, ss. 184–190.
- Gstirner, F.; Tjiook, S.N. 1961: Rheologische Untersuchungen an Salben und Salbengrundlagen. *Pharmaceutische Zeitung* 106/42, 1312–1324: Dostęp online: <http://www.digibib.tu-bs.de/dfg-files/00038336a/DWL/00000491.pdf>.
- Hager, Hermann 1872: *Pharmacopoea Germanica*, ed. I. Berlin: Decker (tekst łaciński).
- Hager, Hermann 1884: *Commentar zur Pharmacopoea Germanica*, ed. II, cz. 2., Berlin: J. Springer; s. 750. Dostęp online: <https://archive.org/stream/commentarzurpha00hagegoog#page/n764/mode/2up/search/vaseline> (7 I 2017 r.).
- Hager, Hermann 1930: *Hagers Handbuch der pharmazeutischen Praxis*. Opr. Georg Frerichs, Georg Arends, Heinrich Zörnig. Berlin, Heidelberg: Springer Verlag
- Heyding, R.D.; Russell, K.E.; Varty, T.L.; St-Cyr, D. 1990: The normal paraffins revisited. *Powder Diffraction* 5, ss. 93–100. Dostęp online (płatny): <https://doi.org/10.1017/S0885715600015414>.
- Holden, Alan N. 1950: Preparation of metal single crystals. *Transactions of American Society for Metals* 42, ss. 319–328.
- Hoyem, A.G.; Tyndall, E.P.T. 1929: An experimental study of the growth of zinc crystals by the Czochralski-Gomperz method. *Physical Review* 33, pp. 81–89. Dostęp online (płatny): <https://doi.org/10.1103/PhysRev.33.81>.

- Janicki, Stanisław; Fiebig, Adolf; Sznitowska, Małgorzata (red.) 2002: *Farmacja stosowana. Podręcznik dla studentów farmacji*. Warszawa: Wydawnictwo Lekarskie PZWL, Warszawa, wyd. IV popr. i uzup.
- Kaliszan, Roman 2013/2014: List do autora z 3 grudnia 2013 r. Fragment cyt. w: Inspirująca rola wazeliny. *Biuletyn Roku Czochralskiego* III nr 16/70 (17 marca 2014 r.), ss. 2–3. Dostęp online: <http://www.janczochralski.com/wp-content/uploads/2012/12/Biuletyn-XXX-16.pdf>.
- Laszczyka, Anna (reż.) 2014: *Powrót Chemika*. (film dokumentalny, 61 minut). Wrocław: MediaBrigade. Opis filmu: <http://www.filmpolski.pl/fp/index.php?film=1236260>.
- Lebensmittellexikon.de 2017: Wielojęzyczna encyklopedia artykułów spożywczych. Próba nitki: zastosowanie. Dostęp online: <http://pl.foodlexicon.org/s0001060.php> (17 I 2017 r.)
- Linder, Ernest G. 1925: Thermo-electric effect in single crystal zinc wires. *Physical Review* 26, pp. 486–490. Dostęp online (płatny): <https://doi.org/10.1103/PhysRev.26.486>.
- Lippold, Bernhard C.; Müller-Goymann, Christel; Schubert, Rolf 2011: *Technologia postaci leku z elementami biofarmacji* (red. polska: Janusz Pluta). Warszawa: Wydawnictwo Medyczne i Farmaceutyczne MedPharm Polska.
- Little, John B.; Teal, Gordon K. 1950: Production of germanium rods having longitudinal crystal boundaries. Patent USA nr 2 683 676, zgłoszony 13 I 1950 r., wydany 13 VII 1954 r. Dostęp online: [https://worldwide.espacenet.com/publicationDetails/biblio?II=2&ND=3&adjacent=true&locale=en\\_EP&FT=D&date=19540713&CC=US&NR=2683676A&KC=A](https://worldwide.espacenet.com/publicationDetails/biblio?II=2&ND=3&adjacent=true&locale=en_EP&FT=D&date=19540713&CC=US&NR=2683676A&KC=A) lub: <https://patentimages.storage.googleapis.com/pdfs/bd9158c892fd116bfa5/US2683676.pdf>.
- Loebe 1917: Korngröße und Korngliederung in Metallen. *Dinglers Polytechnisches Journal* 98/332, ss. 241–243. Dostęp online: <http://dingler.culture.hu-berlin.de/article/pj332/ar332048>.
- Łaszkiewicz, Antoni 1967: *Kryształy i technika*. Warszawa: Wydawnictwo Geologiczne i Muzeum Ziemi PAN.
- Magowska, Anita 2017: Listy do autora z 17 stycznia 2017 r.
- Modrzejewski, Filip 1977: *Farmacja stosowana. Podręcznik dla studentów farmacji*. Warszawa: PZWL (wyd. V popr. i uzup.).
- Nene, Shailesh S. 2013: *Diffusionless transition in tricosane and reversible inhibition of calcium oxalate monohydrate: two studies of crystal growth*. PhD thesis, London, Ontario, Canada. Dostęp online: <http://ir.lib.uwo.ca/cgi/viewcontent.cgi?article=2848&context=etd>.
- Nouar, Hakima; Petitjean, Dominique; Bourdet, Jean-Bernard; Dirand, Michel 1997: Structural evolutions of *n*-docosane and *n*-tricosane mixtures at room



- temperature. *Journal of Molecular Structure* 415, ss. 277–284. Dostęp online (płatny): [http://dx.doi.org/10.1016/S0022-2860\(97\)00095-1](http://dx.doi.org/10.1016/S0022-2860(97)00095-1).
- Nouar, Hakima; Petitjean, Dominique; Bouroukba, Mohammed; Dirand, Michel 1998a: Binary phase diagram of the system: *n*-docosane-*n*-tricosane. *Journal of Molecular Structure* 443, pp. 197–204. Dostęp online (płatny): [https://doi.org/10.1016/S0022-2860\(97\)00385-2](https://doi.org/10.1016/S0022-2860(97)00385-2).
- Nouar, Hakima; Petitjean, Dominique; Bouroukba, Mohammed; Dirand, Michel 1998b: Ternary mixtures of *n*-docosane, *n*-tricosane and *n*-tetracosane. *Revue de l'Institut Français du Pétrole* 53, ss. 21–26. Dostęp online: [http://ogst.ifpenergiesnouvelles.fr/articles/ogst/pdf/1998/01/nouar\\_v54n1.pdf](http://ogst.ifpenergiesnouvelles.fr/articles/ogst/pdf/1998/01/nouar_v54n1.pdf).
- Pharmacopoea Belgica* III 1906: Bruxelles: P. Weissenbruch; s. 239. Dostęp online: <https://archive.org/stream/pharmacopebelge00brux#page/n7/mode/2up>.
- Pharmacopoea Germanica* II 1882: Berlin: Decker. Wersja łacińska; s. 298. Dostęp online: <https://www.archive.org/stream/pharmacopoeagerm00bero?ref=ol#page/298/mode/2up> [jest też wersja niemiecka: <http://www.biodiversitylibrary.org/item/36338#page/308/mode/1up>]
- Pharmacopoea Helvetica* III 1893: Zurich: Art. Institut Orell Füssli. Wersja francuska. Publikacja w wersji niemieckiej dostępna online: <https://archive.org/details/b20407063> (26 XII 2016 r. i 7 I 2017 r.).
- Pharmacopoea Nederlandica* III 1889: Hagae: Typ. publicis. Wersja łacińska; s. 248. Dostęp online: <https://archive.org/stream/b20407087#page/248/mode/2up/search/vaselineum> (26 XII 2016 r.).
- Politechnika Warszawska 2017: Wybrano laureatów Nagrody im. Prof. Jana Czochralskiego. Dostęp online: <https://www.pw.edu.pl/Uczelnia/Aktualnosci/Wybrano-laureatow-Nagrody-im.-Prof.-Jana-Czochralskiego>.
- Rütgerswerke, A.G. 1918: Verfahren zur Gewinnung von Vaseline. Patent niemiecki nr 337 562, zgłoszony 27 X 1918 r., opublikowany 31 V 1921 r. Dostęp online: <https://depatisnet.dpma.de/DepatisNet/depatisnet?action=pdf&docid=DE000000337562A>
- Rütgerswerke, A.G. 1919: Verfahren zur Gewinnung von Vaseline. Patent austriacki nr 89 928 z 25 VII 1919 r., opublikowany 10 XI 1922 r. Dostęp online: <https://depatisnet.dpma.de/DepatisNet/depatisnet?action=pdf&docid=AT000000089928B> (7 I 2017 r.).
- Rütgerswerke, A.G. 1920: Sposób otrzymywania wazeliny. Patent polski nr 169 zgłoszony 19 I 1920 r., opublikowany 15 IX 1924 r. Dostęp online: [http://pubserv.uprp.pl/PublicationServer/generuj\\_dokument.php?plik=PL\\_00000000000169\\_B1\\_PDF](http://pubserv.uprp.pl/PublicationServer/generuj_dokument.php?plik=PL_00000000000169_B1_PDF)
- Scheel, Hans J. 2000: Historical aspects of crystal growth technology. *Journal of Crystal Growth* 211, ss. 1–12. Dostęp online (płatny): [http://dx.doi.org/10.1016/S0022-0248\(99\)00780-0](http://dx.doi.org/10.1016/S0022-0248(99)00780-0).

- Schilling, Harold K. 1935: Growth of crystals of zinc containing cadmium by the Czochralski-Gomperz method. *Journal of Applied Physics* 6, ss. 111–116. Dostęp online (*platin*): <https://doi.org/10.1063/1.1745295>.
- Schmidt, Ernst Albert 1896: *Ausführliches Lehrbuch der Pharmaceutischen Chemie*. Braunschweig: Friedrich Vieweg.
- Schmidt, Ernst Albert 1910: *Ausführliches Lehrbuch der Pharmaceutischen Chemie*. V wyd. Braunschweig: Friedrich Vieweg. Dostęp online: <https://archive.org/stream/ausfhrlicheslehr021schm#page/n7/mode/2up>.
- Shiraishi, Y.; Takano, K. *et. al.* 2001: Growth of silicon crystal with a diameter of 400 mm and weight of 400 kg. *Journal of Crystal Growth* 229, pp. 17–21. Dostęp online (*platin*): [http://dx.doi.org/10.1016/S0022-0248\(01\)01042-9](http://dx.doi.org/10.1016/S0022-0248(01)01042-9).
- Shockley, William; Sparks, Morgan; Teal, Gordon K. 1951: *p-n* junction transistors. *Physical Review* 83, pp.151–162. Dostęp online (*platin*): <https://doi.org/10.1103/PhysRev.83.151>.
- Smith, A.E. 1953: The crystal structure of the normal paraffin hydrocarbons. *Journal of Chemical Physics* 21, pp. 2229–2231. Dostęp online (*platin*): <https://doi.org/10.1063/1.1698826>.
- Speight, James G. 2015: *Handbook of petroleum product analysis*. 2 ed. Wiley.
- Spiesser, Michel 1999: Jan Czochralski et la méthode du tirage des cristaux. *Bulletin GFCC (Groupe Français de Croissance Cristalline)*, Mai 1999.
- Sznitowska, Malgorzata 2016: List do autora z dnia 31 I 2016 r.
- Teal, Gordon K. 1950a: Methods of producing semiconductive bodies. Patent USA nr 2 727 840 z 15 VI 1950 r., opublikowany 20 XII 1955 r. Dostęp online: [https://worldwide.espacenet.com/publicationDetails/biblio?II=2&ND=3&-adjacent=true&locale=en\\_EP&FT=D&date=19551220&CC=US&NR=2727840A&KC=A](https://worldwide.espacenet.com/publicationDetails/biblio?II=2&ND=3&-adjacent=true&locale=en_EP&FT=D&date=19551220&CC=US&NR=2727840A&KC=A).
- Teal, Gordon K. 1950b: Methods of producing a semiconductor element. Patent USA nr 2 703 296 z 20 VI 1950 r., opublikowany 1 III 1955 r.; [https://worldwide.espacenet.com/publicationDetails/biblio?II=2&ND=3&adjacent=true&locale=en\\_EP&FT=D&date=19550301&CC=US&NR=2703296A&KC=A](https://worldwide.espacenet.com/publicationDetails/biblio?II=2&ND=3&adjacent=true&locale=en_EP&FT=D&date=19550301&CC=US&NR=2703296A&KC=A).
- Teal, Gordon K. 1956: Methods of producing semiconductive bodies. Patent kanadyjski nr 532 499 z 30 X 1956 r. Dostęp online: <http://www.ic.gc.ca/opic-cipo/cpd/eng/patent/532499/summary.html> [odpowiednik patentu USA z 15 VI 1950 r.]
- Teal, Gordon K.; Buehler, Ernest 1952: Growth of silicon single crystals and single crystals silicon *p-n* junctions. *Physical Review* 87, p. 190. Dostęp online (*platin*): <https://doi.org/10.1103/PhysRev.87.179>.

- Teal, Gordon K.; Little, John B. 1950a: Growth of germanium single crystals. *Physical Review* 78, p. 647. Dostęp online (płatny): <https://doi.org/10.1103/PhysRev.78.637>.
- Teal, Gordon K.; Little, John B. 1950b: Growth of Germanium Single Crystals. *Bulletin of the American Physical Society* 25, p. 16.
- Teal, Gordon K.; Sparks, Morgan; Buehler, Ernest 1951: Growth of germanium single crystals containing  $p-n$  junctions. *Physical Review* 81, p. 637. Dostęp online (płatny): <https://doi.org/10.1103/PhysRev.81.637>.
- Tomaszewska, Klara 2017: Rozmowa telefoniczna z autorem z 15 stycznia 2017 r.
- Tomaszewski, Paweł E. 1987: *Prof. Jan Czochrański (1885-1953) – życie i działalność*. Wrocław 22 IV 1987 r.; maszynopis.
- Tomaszewski, Paweł E. 1998: Professor Jan Czochrański (1998–1953) and his contribution to the art and science of crystal growth. *Journal of the American Association for Crystal Growth* 27, pp. 12–18.
- Tomaszewski, Paweł E. 2002: Jan Czochrański – father of the Czochrański method. *Journal of Crystal Growth* 236, ss. 1–4. Dostęp online (płatny): [http://www.academia.edu/10549746/Jan\\_Czochrański\\_father\\_of\\_the\\_Czochrański\\_method](http://www.academia.edu/10549746/Jan_Czochrański_father_of_the_Czochrański_method); [http://dx.doi.org/10.1016/S0022-0248\(01\)02195-9](http://dx.doi.org/10.1016/S0022-0248(01)02195-9).
- Tomaszewski, Paweł E. 2003: *Jan Czochrański i jego metoda. Jan Czochrański and his method*. Wrocław-Kcynia: INTiBS PAN i Oficyna Wydawnicza ATUT.
- Tomaszewski, Paweł E. 2012: *Powrót. Rzecz o Jan Czochrańskim*. Wrocław: INTiBS PAN oraz Oficyna Wydawnicza ATUT. Dostęp online (fragment): [https://www.researchgate.net/profile/Paweł\\_Tomaszewski/publication/297918666\\_Powrot\\_Rzecz\\_o\\_Janie\\_Czochrańskim\\_Return\\_The\\_story\\_on\\_Jan\\_Czochrański/links/56e4863208ae98445c1ef6c5/Powrot-Rzecz-o-Janie-Czochrańskim-Return-The-story-on-Jan-Czochrański.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Paweł_Tomaszewski/publication/297918666_Powrot_Rzecz_o_Janie_Czochrańskim_Return_The_story_on_Jan_Czochrański/links/56e4863208ae98445c1ef6c5/Powrot-Rzecz-o-Janie-Czochrańskim-Return-The-story-on-Jan-Czochrański.pdf).
- Tomaszewski, Paweł E. 2014: Kronika Roku Jana Czochrańskiego. *Biuletyn Roku Czochrańskiego* III, nr 7/61 (4 lutego 2014 r.), ss. 1–49.
- Tomaszewski, Paweł E. 2014a: Inspirująca rola wazeliny. *Biuletyn Roku Czochrańskiego* III, nr 16/70 (17 marca 2014 r.), ss. 2–3. Dostęp online: <http://www.janczochrański.com/wp-content/uploads/2012/12/Biuletyn-XXX-16.pdf>.
- Tomaszewski, Paweł E. 2014b: Miód w roli cyny? *Biuletyn Roku Czochrańskiego* III, nr 24/78 (13 kwietnia 2014 r.). Dostęp online: <http://www.janczochrański.com/wp-content/uploads/2012/12/Biuletyn-24-2014.pdf>.
- Tomaszewski, Paweł E. 2014c: Nagroda im. prof. Jana Czochrańskiego. *Biuletyn Roku Czochrańskiego* III, nr 32/86 (9 czerwca 2014 r.). Dostęp online: <http://www.janczochrański.com/wp-content/uploads/2012/12/Biuletyn-32-2014.pdf>.

- Tomaszewski, Paweł E. 2014d: Jan Czochralski – historia człowieka niezwykłego. *Prace Komisji Historii Nauki PAU XIII*, ss. 57–72. Dostęp online: <http://pau.kra-kow.pl/PKHN-PAU/pkhn-pau-XIII-2014-4.pdf>.
- Tomaszewski, Paweł E. 2016a: Co mówią nam książki adresowe Berlina? (Cz. II). *Biuletyn Roku Czochralskiego V*, nr 12/152 (10 kwietnia 2016 r.), ss. 1–3. Dostęp online: <http://www.janczochralski.com/wp-content/uploads/2012/12/Biuletyn-12-2016.pdf>.
- Tomaszewski, Paweł E. 2016b: 100 lat metody Czochralskiego. *Biuletyn Roku Czochralskiego V*, nr 25/165 (19 sierpnia 2016 r.). Dostęp online: <http://www.janczochralski.com/wp-content/uploads/2012/12/Biuletyn-25-2016.pdf>.
- Tomaszewski, Paweł E. 2016c: Konkurs o Nagrodę im. Prof. Jana Czochralskiego. *Biuletyn Roku Czochralskiego V*, nr 33/173 (13 grudnia 2016 r.). Dostęp online: <http://www.janczochralski.com/wp-content/uploads/2012/12/Biuletyn-33-2016.pdf>.
- Tomaszewski, Paweł E. 2017: “Re: W jakich aptekach pracował Czochralski i skąd to wiemy”. E-mail z dn. 1 maja 2017 r. do Michała Kokowskiego.
- Uecker, Reinhard 2014: The historical development of the Czochralski method. *Journal of Crystal Growth* 401, pp. 7–24. Dostęp online (płatny): <http://dx.doi.org/10.1016/j.jcrysgro.2013.11.095>.
- von Wagner, Rudolf 1877: Vaseline. *Dingler Polytechnisches Journal* 223, ss. 515–517. Dostęp online: <http://dingler.culture.hu-berlin.de/article/pj223/ar223121>.
- von Wartenberg, Hans Joachim 1918: Über elastische Nachwirkung bei Metallen. *Verhandlungen der Deutschen Physikalischen Gesellschaft* 20, ss. 113–122.
- Webster's Dictionary* 1913: Dostęp online: <http://www.webster-dictionary.org/definition/Trichite>.
- Western Electric Company 1950: Procédé pour la production de cristaux, notamment de germanium. Patent francuski nr 1 029 684 z 5 XII 1950 r., opublikowany 4 IV 1953 r. Dostęp online: [https://worldwide.espacenet.com/publicationDetails/originalDocument?FT=D&date=19530604&DB=&locale=en\\_EP&CC=FR&NR=1029684A&KC=A&ND=4#](https://worldwide.espacenet.com/publicationDetails/originalDocument?FT=D&date=19530604&DB=&locale=en_EP&CC=FR&NR=1029684A&KC=A&ND=4#).
- Western Electric Company 1951a: Procédé de production de cristaux de germanium et cristaux ainsi obtenus. Patent belgijski nr 500 569 z 12 I 1951 r., opublikowany 31 I 1951 r. Dostęp online: [https://worldwide.espacenet.com/publicationDetails/originalDocument?FT=D&DB=&locale=en\\_EP&C=C=BE&NR=500569A&KC=A&ND=4#](https://worldwide.espacenet.com/publicationDetails/originalDocument?FT=D&DB=&locale=en_EP&C=C=BE&NR=500569A&KC=A&ND=4#).
- Western Electric Company 1951b: Methods and apparatus for producing germanium crystals. Patent brytyjski nr 706 849 z 12 I 1951 r., opublikowany 7 IV 1954 r. Dostęp online: [https://worldwide.espacenet.com/publicationDetails/originalDocument?FT=D&date=19540407&DB=&locale=en\\_EP&CC=G-B&NR=706849A&KC=A&ND=4#](https://worldwide.espacenet.com/publicationDetails/originalDocument?FT=D&date=19540407&DB=&locale=en_EP&CC=G-B&NR=706849A&KC=A&ND=4#).

- Western Electric Company 1951c: Verfahren zur Herstellung von Halbleiterkörpern. Patent niemiecki nr 944 209 z 12 V 1951 r., opublikowany 7 VI 1956 r. Dostęp online: [https://worldwide.espacenet.com/publicationDetails/originalDocument?FT=D&date=19560607&DB=&locale=en\\_EP&CC=DE&NR=944209C&KC=C&ND=4#](https://worldwide.espacenet.com/publicationDetails/originalDocument?FT=D&date=19560607&DB=&locale=en_EP&CC=DE&NR=944209C&KC=C&ND=4#).
- Western Electric Company 1951d: Werkwijze voor het vervaardigen van een halfgeleidend lichaam uit een gesmolten massa van ... . Patent holenderski nr 88 324 z 15 VI 1951 r. opublikowany 15 VI 1958 r. Dostęp online: [https://worldwide.espacenet.com/publicationDetails/originalDocument?FT=D&DB=&locale=en\\_EP&CC=NL&NR=88324C&KC=C&ND=4#](https://worldwide.espacenet.com/publicationDetails/originalDocument?FT=D&DB=&locale=en_EP&CC=NL&NR=88324C&KC=C&ND=4#).
- Western Electric Company 1951e: Perfectionnements à la fabrication de corps semi-conducteurs. Patent belgijski nr 503 719 z 4 VI 1951 r., opublikowany 30 VI 1951 r. Dostęp online: [https://worldwide.espacenet.com/publicationDetails/originalDocument?FT=D&DB=&locale=en\\_EP&CC=BE&NR=503719A&KC=A&ND=4#](https://worldwide.espacenet.com/publicationDetails/originalDocument?FT=D&DB=&locale=en_EP&CC=BE&NR=503719A&KC=A&ND=4#).
- Western Electric Company 1951f: Perfectionnements à la fabrication de corps semi-conducteurs. Patent francuski nr 1 036 842 z 8 V 1951 r., opublikowany 11 IX 1953 r. Dostęp online: [https://worldwide.espacenet.com/publicationDetails/originalDocument?FT=D&date=19530911&DB=&locale=en\\_EP&CC=FR&NR=1036842A&KC=A&ND=4#](https://worldwide.espacenet.com/publicationDetails/originalDocument?FT=D&date=19530911&DB=&locale=en_EP&CC=FR&NR=1036842A&KC=A&ND=4#).
- Western Electric Company 1951g: Production of semiconductive bodies, Patent brytyjski nr 706 858 z 8 VI 1951 r., opublikowany 7 IV 1954 r. Dostęp online: [https://worldwide.espacenet.com/publicationDetails/originalDocument?FT=D&date=19540407&DB=&locale=en\\_EP&CC=GB&NR=706858A&KC=A&ND=4#](https://worldwide.espacenet.com/publicationDetails/originalDocument?FT=D&date=19540407&DB=&locale=en_EP&CC=GB&NR=706858A&KC=A&ND=4#).
- Western Electric Company 1952: Procédé pour la production de cristaux, notamment de germanium. Dodatek nr 63 229 do patentu francuskiego nr 1 029 684 z 22 I 1952 r., opublikowany 12 IX 1955 r. Dostęp online: [https://worldwide.espacenet.com/publicationDetails/originalDocument?CC=FR&NR=63229E&KC=E&FT=D&ND=4&date=19550912&DB=&locale=en\\_EP#](https://worldwide.espacenet.com/publicationDetails/originalDocument?CC=FR&NR=63229E&KC=E&FT=D&ND=4&date=19550912&DB=&locale=en_EP#).
- Western Electric Company 1955: Production of germanium rods having longitudinal crystal boundaries. Patent kanadyjski nr 510 239 wydany 15 II 1955 r. Dostęp online: [http://www.ic.gc.ca/opic-cipo/cpd/eng/patent/510239/summary.html?type=number\\_search&tabs1Index=tabs1\\_1](http://www.ic.gc.ca/opic-cipo/cpd/eng/patent/510239/summary.html?type=number_search&tabs1Index=tabs1_1).
- Western Electric Company 1956: Methods of producing semiconductive bodies. Patent kanadyjski nr 532 499 opublikowany 30 X 1956 r. Dostęp online: [http://www.ic.gc.ca/opic-cipo/cpd/eng/patent/532499/summary.html?type=number\\_search&tabs1Index=tabs1\\_1](http://www.ic.gc.ca/opic-cipo/cpd/eng/patent/532499/summary.html?type=number_search&tabs1Index=tabs1_1).
- Western Electric Company 1958: Process for producing semiconductive crystals of uniform resistivity. Patent kanadyjski nr 555 773 z 8 IV 1958 r. Dostęp online: <http://www.ic.gc.ca/opic-cipo/cpd/eng/patent/555773/summary.html>.

**Paweł E. Tomaszewski**  
**Od wazeliny do krzemowej rewolucji...**

*Wikipedia* 2017a: Vaseline. Dostęp online: <https://fr.wikipedia.org/wiki/Vaseline> (2 I 2017 r.)

*Wikipedia* 2017b: Wazelina. Dostęp online: <https://www.pl.wikipedia.org/wiki/wazelina> (I 2017 r.).

Wiśniewski, Zbigniew 2006: O Janie Czochralskim i jego krzemie. *Fizyka w Szkole* 52/4, ss. 18–21.

Zakład Wytwórczo-Produkcyjny Eugeniusza Słuchockiego, P.P.H. 2016: Tygiel z węgla drzewnego do topienia stopów złota i srebra. Dostęp online: <http://hajnowka.all.biz/tygiel-z-wegla-drzewnego-do-topienia-stopow-zlota-g273021#.WGaiw7kYEy4> (30 XII 2016 r.).

Zawalkiewicz, Zdzisław 1915: *Chemia farmaceutyczna*. Lwów.