

620.18.186

3456

WITOLD BRONIEWSKI
PROFESOR POLITECHNIKI WARSZAWSKIEJ

ZASADY METALOGRAFJI



LWÓW — WARSZAWA
KSIĄŻNICA POLSKA TOWARZYSTWA NAUCZYCIELI SZKÓŁ WYŻSZYCH
MCMXXI

i.z. 3456

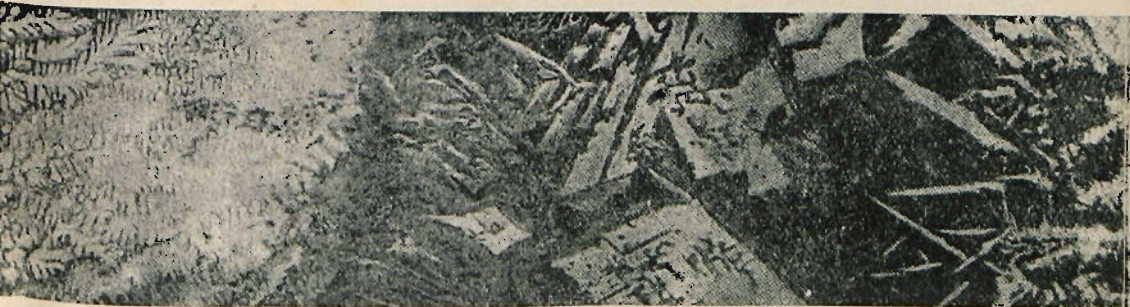
C-11784



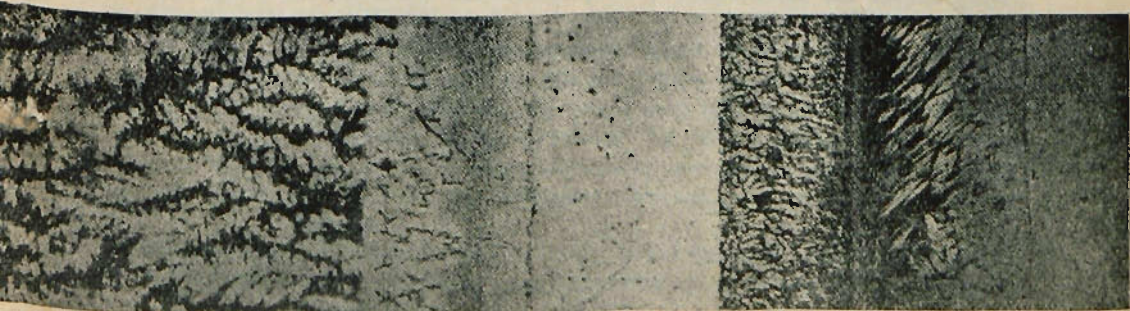
BG05A/004-47

ODBITO W ZAKŁADZIE DRUKARSKIM „GRAFJA” WE LWOWIE





*Pamięci Matki mojej
pracę tę poświęcam*



Printed by the
press of the

WSTĘP

(NAUKA ŚCISŁA I NAUKA STOSOWANA)

Wstępny ten wykład poświęcony zostanie tematowi ogólnemu, — blisko, aczkolwiek nie bezpośrednio, związanemu z zagadnieniami, które następnie rozważać będziemy.

Zastanowimy się dziś nad stosunkiem nauki ścisłej do nauki stosowanej.

Rozważania metodologiczne, częstokroć pożyteczne przed rozpoczęciem wykładów, stają się niezbędne przy nauce tak nowej i tak dwoistej, jaką jest metalografia.

Młodość metalografii i jej szybki rozwój w ciągu ostatnich lat kilkunastu nie pozwalają na zużytkowanie doświadczenia pedagogicznego poprzedników.

Dwoistość metalografii polega na tem, że gdy w założeniu swem jest ona nauką ścisłą, opartą na prawach mechaniki chemicznej i abstrakcyjnych wskazówkach reguły faz, w wynikach swych sięga ona do tak żywotnego działu nauki stosowanej, jakim jest metalurgia.

Stosunek ogólny nauki ścisłej do nauki stosowanej da się odnaleźć prawie w szczegółach w obrębie metalografii. Rozważania dzisiejsze pozwolą więc nam ustosunkować względną wartość obu tych działów w przyszłych wykładach.

Definicje. Przy definicji nauki ścisłej i nauki stosowanej widzimy natychmiast, że niepodobna przeprowadzić dokładnej granicy pomiędzy nimi.

Jest to naturalne, gdyż oba terminy nie dadzą się przeciwstawić, a więc nie mogą być odgraniczone. Przeciwwstawieniem nauki ścisłej jest nauka nieścisła, a na to miano nauka stosowana w obecnym swym stanie nie zasługuje. Przeciwwstawieniem nauki stosowanej jest nauka, nie dająca się stosować, co nie da się odnieść do nauk ścisłych, których wyniki najbardziej abstrakcyjne nie mogą być z góry uważane za niestosowalne, że wspomnimy tu przykład przecięć stożkowych, tak abstrakcyjnych dawniej i tak często dziś stosowanych.

Za podstawę definicji nie odgraniczającej wziąć możemy celowość. Powiemy wtedy, że nauka ścisła ma na celu badanie przyczynowego stosunku zjawisk i konsekwencję założeń. Nauki opisowe nie należą przy tej definicji do nauk ścisłych, gdyż, jak mówi H. Poincaré, szereg oderwanych faktów nie stanowi nauki, jak kupa kamieni nie stanowi domu. O nauce stosowanej powiemy, że ma na celu badanie, w jaki sposób siły i przedmioty naturalne zastosowane być mogą do naszych potrzeb.

Oddziaływanie wzajemne. Pierwotnie oba te działy nauki stanowiły całość nierozdzielną i tylko z biegiem czasu następuje coraz to większe wyodrębnienie przy nieustającym współdziałaniu.

Wpływ nauki czystej na stosowaną jest dobrze znany i często powtarzany. Wiemy dobrze, że wiek nasz, zwany wiekiem pary i elektryczności, nie zasługiwałby na to miano bez szeregu odkryć laboratoryjnych.

Mniej znany jest fakt, że znaczna ilość zdobyczy w dziedzinie nauk ścisłych wywołana została pracami w obrębie nauk stosowanych. Nie będzie więc może zbyt cennym przytoczenie paru przykładów, dotyczących ustalenia kilku ważniejszych praw, jak prawo zachowania materji, druga zasada termodynamiki i zasada dysocjacji.

Pobudką do pracy Lavoisiera nad paleniem był konkurs paryskiej Akademii na lepszy sposób oświetlania miast, ogłoszony w 1766 r. W pracy konkursowej, ograniczonej do kształtu latarń, oświadcza Lavoisier, że rozpoczął też systematyczne badania nad spalaniem oliwy i świec. Praca ta, bardzo trudna, jak na owe czasy, ze względu na lotne produkty spalania, zastąpiona zostaje badaniami nad spalaniem fosforu i cyny, które powodują odkrycie prawa zachowania materji (1772 r.). Lavoisier nie zapomina jednak o swem pierwotnem założeniu i powraca znowu do badań nad paleniem świec i oliwy (1777 r.).

Druga zasada termodynamiki wyrażona została przez Carnota w dziełku p. t. „Uwagi o sile motorycznej ognia i o maszynach, zdolnych do wywiązania tej siły”. Widać już z tego tytułu, że nie jest to praca czysto teoretyczna; istotnie napisana została w celu ułatwienia przemysłowej walki Francji z Anglią i w znacznej swej części poświęcona jest technicznemu opisowi rozmaitych typów maszyn parowych.

Nie mniej ważną rolę bodźca odgrywały względy natury praktycznej przy ustaleniu zasad dysocjacji, które stały się podstawą mechaniki chemicznej. Rozpoczynając badania metalurgiczne nad platyną w 1860 r., Sainte-Claire Deville zamierzał użyć do jej stopienia płomienia wodorotlenowego. Temperatura tego płomienia, obliczona na 6800°, okazała się znacznie niższa, nie przewyższająca 2500°. Znaczna ta rozbieżność pomiędzy teorią a doświadczeniem pobudziła Devilla do nowych badań, których wynikiem była odkryta w 1864 r. dysocjacja pary wodnej.

Antagonizm. Zdawałoby się mogło, że przy tak ścisłej wzajemnej zależności pomiędzy nauką ścisłą a nauką stosowaną, nie powinno się znaleźć pomiędzy nimi miejsca dla najłżejszego antagonizmu. A jednak taki antagonizm istnieje i wymieniane są zarzuty bezużyteczności z jednej, a grubego materializmu z drugiej strony.

Co więcej, nauka stosowana o charakterze bardziej teoretycznym, reprezentowana na technikach, nie znajduje częstokroć uznania u praktyków nauki stosowanej, jakimi są przemysłowcy.

Oto co mówi na przykład w tej sprawie F. W. Taylor*), słynny wynalazca stali narzędziowej szybkostrawnej i organizator pracy.

„Na posiedzeniu zarządu jednego z najbardziej kwitnących przedsiębiorstw zachodnich wyraziłem swe zdziwienie, że na czele głównych działów jest tak mało dyplomowanych inżynierów.

Odpowiedzią był jednogłośny wybuch śmiechu, w którym brało udział i czterech dyplomowanych, należących do zarządu; okazali się oni jeszcze bardziej przekonani od swych kolegów, że współczesne wykształcenie techniczne jest zupełnie bezużyteczne“.

*) Revue de Métallurgie, 7—649 — 1910.

Przyczyny rozdźwięku. Objawy analogiczne istnieją w Europie w formie znacznie mniej ostrej, aniżeli w Ameryce, sam fakt ich istnienia nie da się jednak zaprzeczyć. Musi on mieć przyczyny głębsze, z których korzystnem jest zdać sobie sprawę, by je, o ile możliwości, usunąć.

Takich przyczyn widzę cztery; z nich dwie pochodzą z psychologii wykładających, jedna z wad programu, a jedna z psychologii słuchaczy.

Analityzm i syntetyzm. Analityzm w wykładach jest pierwszą z tych przyczyn. Przez analityzm rozumiemy wyodrębnianie myśłą jednej własności lub jednego zjawiska z szeregu innych mu towarzyszących.

Przeciwstawia mu się syntetyzm, czyli współrzędne traktowanie własności lub zjawisk, ze sobą związanych.

Weźmy jako przykład kulę spadającą na ziemię. Energja jej potencjalna zostaje zużyta na ruch powietrza, na deformację mechaniczną ziemi, na deformację mechaniczną samej kuli, na zjawiska cieplne, akustyczne i elektryczne. Współrzędne, syntetyczne traktowanie tych zjawisk byłoby zbyt skomplikowane, dlatego wyodrębniamy myślowo jedno z nich, np. mechaniczną deformację ziemi i uważamy je za jedyne, tak, jak gdyby cała energja potencjalna kuli na nie została zużyta.

W nauce czystej analityczne traktowanie zjawisk jest jednym z głównych czynników postępu. Przy syntetyzmie ściśle przestrzegany wyprowadzenie praw ogólnych stałoby się prawie niemożliwe. W pedagogice jedynie analityzm pozwala na jasny, zwięzły wykład zjawisk, wyodrębnionych od swego podłoża materialnego; możemy np. mówić o przewodnictwie elektrycznem wogóle, jako o zjawisku, a nie o przewodnictwie poszczególnych metali.

Inaczej się rzecz ma w dziedzinie nauki stosowanej. Tu mamy do czynienia z ciałami konkretnymi, a nie z abstrakcyjnymi zjawiskami. Używając drutu miedzianego do obwodu maszyny elektrycznej z powodu wysokiego przewodnictwa elektrycznego, pamiętać też musimy o ciężarze gatunkowym miedzi i o jej wytrzymałości. Budując maszynę parową nie powinniśmy zapominać, że jej żelazna powłoka nie jest bynajmniej hipotetycznem naczyniem, w którem odbywa się cykl Carnota, lecz, że posiada ona przewodnictwo cieplne, nadwergążające sprawność tego cyklu.

Wogóle ujemna strona analitycznego sposobu myślenia przejawia się w praktyce jako przyjęcie najważniejszego czynnika danego zjawiska za czynnik jedyny. A że czynniki mniej ważne, ale liczne, mogą całkowicie zmienić charakter badanego zjawiska, analityzm stać się może źródłem niepowodzeń nie tylko u początkujących w przemyśle inżynierów, ale i u wybitnych teoretyków. Tłumaczy to nam przykład, dlaczego uczony tak wybitny, jakim był Hoene-Wroński, doznał samych tylko niepowodzeń, gdy próbował stosować swe pomysły do techniki.

Jak można zapobiec tym ujemnym objawom? O zupełnem usunięciu metody analitycznej z wykładów mowy być nie może. Możliwe jednak jest uzupełnienie ich metodą syntetyczną przez ugrupowanie oderwanych zjawisk, opisanych w rozmaitych rozdziałach, naokoło konkretnych przykładów. Względna wartość działu syntetycznego może i powinna być tem większa, im bardziej dany wykład odpowiada nauce stosowanej.

Empiryzm i scholastyka. Analityzm w nauce ścisłej i syntetyzm w nauce stosowanej są metodami myślenia, zasadniczo dodatniemi, o ile każdy z nich jest stosowany w swej dziedzinie. Inaczej się rzecz ma ze scholastyką w nauce i empiryzmem w przemyśle, które są objawami zasadniczo ujemnymi.

Empiryzm w przemyśle lekceważy sobie wszelką teorię, a hołdujący mu przemysłowiec manipuluje w swej fabryce tak, jak kucharka w kuchni: dodaje jednej lub drugiej substancji, ogrzewa, oziębia i wciąż próbuje. Empiryk taki może nawet otrzymać wyniki pomyślane, lecz nie wiedząc, jakim objawom je zawdzięcza, nie potrafi ich stale odtwarzać. Wystarczy przeczytać przepisy na hartowanie stali w podręcznikach metalurgii z przed lat czterdziestu, by zrozumieć, do jakich dziwactw prawie zabobonnych może doprowadzić czysty empiryzm.

Empiryzmowi przeciwstawia się scholastyka, którą szcharakteryzujemy słowami jednego z wybitniejszych profesorów Sorbony, p. H. Le Chatelier *).

„Dla niektórych nauka jest tylko zawodem rentownym, z regularnym awansem i emeryturą w perspektywie.

Gdy się więc ma szczęście wpaść na temat, dość mało interesujący, by nikt nie ponowił nad nim badań przed lat dziesiątkiem, jest to lokacja pracy zupełnie pewna, gdyż popełnione błędy wyjdą tylko wtedy na jaw, gdy ogłoszona praca już wyda całość swych pożytecznych skutków.

Jeżeli weźmiemy duże podręczniki chemii ogólnej, możemy śmiało powiedzieć, że conajmniej połowa ciał tam opisanych nigdy nie istniała“.

Wyniki scholastyki są paradoksalne. W niektórych dziedzinach wydawać się może, że ciała, najbardziej rozpowszechnione, są najmniej znane. Dziś jeszcze w obrębie soli podwójnych te, które wchodzą w skład cementów, najmniej są pewne, a o siarczanie toru wiemy może więcej, niż o siarczanie wapnia. Przed kilkunastu laty ze zdziwieniem zauważono (Gautier w 1896 r.), że temperatura, przyjęta jako punkt topienia antymonu, jest o 200 stopni za niska; przez długie lata błąd ten się utrzymywał, gdyż nikt się tak pospolitem ciałem, jak antymon, bliżej nie zajmował.

Brak badań nad ciałami pospolitemi, które przecież pod względem teoretycznym mogą być tak samo interesujące, jak ciała rzadkie, powoduje, że w podręcznikach i w wykładach z konieczności i prawie wyłącznie cytowane są przykłady egzotyczne, dotyczące ciał, których większość słuchaczy nawet nigdy nie widziała. Gdy zaś młody inżynier szuka w podręczniku rozwiązania trudności, napotykaney w praktyce, przeważnie go nie znajduje. Mógłby wprowadzić zastosować prawa ogólne do wypadku szczególnego, mógłby zrobić parę doświadczeń rozstrzygających, ale do tego trzeba, by go nauczono myśleć i pracować samodzielnie. Czy to się robi? Ale o tem później.

W większości wypadków młody inżynier, nie znalazłszy w podręcznikach tego, czego szuka, zwraca się ku empiryzmowi, a podręczniki, dla niego bezużyteczne, utożsamia z nauką ścisłą. Stąd to jędrzące lekceważenie dla nauki wogóle, którego odgłosem jest poprzednio cytowane zdanie F. W. Taylora.

Scholastyka nie da się bronić teoretycznie, ale niełatwa jest czasem do ścigania w swych przejawach, gdyż materiał doświadczalny, którego należałoby użyć do wykładów, mianowicie bezpośrednio pożyteczny przyszłemu inżynierowi, a ściśle opracowany, częstokroć nie istnieje. Praca w tym kierunku należy do zakresu naukowych laboratoriów przy katedrach technicznych i wykonywanych tam doktoratów. Wyniki tej pracy są jednak, jak dotąd, niewystarczające do uzupełnienia brakującego materiału.

*) Le Chatelier, Leçons sur le carbone, Paris, 1908, str. XIII.

Programowe braki. Nie tylko forma, ale i zakres wykładów może być przyczyną nieodpowiedniego wykształcenia technika. Braki programowe nie tylko wtedy się przejawiają, gdy się w szkole uczy czegoś za mało, ale i wtedy, gdy się czegoś za wiele uczy. Pamięć nie jest bowiem własnością, nieograniczenie elastyczną i wypełniając ją kwestiami bezpożytecznymi, zmuszamy ją tem samem do pominięcia lub do bardziej powierzchownego ujęcia kwestyj, bardziej pożytecznych dla przyszłego zawodu.

Wady programu są oczywiście odmienne na każdej technice i nie dadzą się uogólnić. Ograniczę się więc do podania paru bardziej typowych przykładów.

Na elektrotechnice w Leodjum (Liège) wykłady geometrii wykreślnej są obowiązkowe przez dwa lata. Jest to typowy przykład rutyny. Przed kilkudziesięciu laty, gdy leodyjska elektrotechnika została utworzona, uważana ona była za oddział rozwiniętego już wówczas wydziału komunikacyjnego i program pierwszych lat był wspólny. Odtąd elektrotechnika stała się dziedziną tak obszerną, że nawet w jej obrębie niezbędną jest specjalizacja, ale program studiów przygotowawczych pozostał niezmieniony i zmusza elektrotechników do znużającego studiowania przedmiotu, dla nich zupełnie bezużytecznego, dlatego tylko, że przedmiot ten jest bardzo pożyteczny ich kolegom przy budowie dróg i mostów.

Innym przykładem wadliwego programu jest nadużycie matematyki wyższej na technikach francuskich, które w samym kraju wywołało znamienną reakcję. Oto co w tej sprawie mówi p. A. Pelletan *), były dyrektor Paryskiej *Ecole des Mines*, która, jak wiadomo, formuje cały generalny sztab francuskich inżynierów państwowych.

„Nie należy przypuszczać, że transcedentalna matematyka ma jakiegokolwiek zastosowanie w zawodzie inżyniera.

Przy obliczeniach maszyn i w budownictwie używa się elementarnej algebry i prostych calek. Czasem w jakimś zagadnieniu mechaniki stosuje się równanie różniczkowe.

Nasi przyszli inżynierowie już przychodzą do szkół technicznych zmęczeni, z obrzydzeniem do matematyki i z wątpliwościami co do jej użyteczności.

Doszedłszy do życia praktycznego pospieszają zapomnieć wszystkiego, czego się nauczyli*.

Dokładne granice wiadomości matematycznych, potrzebnych inżynierowi, dałyby się wyznaczyć przez odpowiedź na pytanie: w jakim celu mu są potrzebne? Sądzę, że cechą inżyniera jest rozumienie matematycznego wyprowadzenia wszystkich wzorów, których używa, by mógł kontrolować granice ich stosowalności. Różni się on w tem z jednej strony od technika, wychowanka Szkoły przemysłowej, który stosuje wzory nieznanego mu pochodzenia, z drugiej strony od uczonego, wykształconego przez studia do doktoratu nauk technicznych, który powinien wykazać zdolności twórcze w dziedzinie uogólnień nauki stosowanej.

Szkolne nałogi. Nawet przy dobrym programie, odpowiednio wykładanym, może świeżo dyplomowany inżynier nie być zdolnym do wydatnej pracy technicznej. Nie jest on przyzwyczajony do nowych wymagań i musi najpierw przystosować do nich swoją umysłowość.

Przez lat co najmniej dwanaście żądano od niego, by wchłaniał w siebie wiedzę, jak gąbka wchłania wodę i praca ta była przeważnie, jeżeli nie wyłącznie, pa-

*) Revue de Métallurgie, 3, 389 — 1906.

mięciowa. Teraz raptem musi dawać coś od siebie, musi być pożytecznym swemu pracodawcy, gdy on, z dawnego nałogu, chciałby się raczej czegoś na swej posadzie nauczyć. Daje mu się odpowiedzialność i żąda się od niego inicjatywy, której nie miał sposobności w sobie wyrobić. Rygor prawie wojskowy, panujący w przemyśle, wydaje mu się nie do zniesienia po swobodach życia akademickiego, zwłaszcza na technikach typu niemieckiego, gdzie panuje „wolność nie uczenia się“, względnie uczenia się w godzinach i dniach, przez siebie wybranych.

Pierwsze miesiące lub nawet lata młodego inżyniera po objęciu posady scho-
dzą mu nie tyle na nabyciu wiadomości, których mu szkoła nie dała, ile na przysto-
sowaniu swej umysłowości do nowych warunków.

Przystosowanie się takie, przybierające czasem cechy przesilenia, może być znacznie złagodzone przez wprowadzenie na technice trybu, najbardziej zbliżonego do przyszłych warunków pracy przemysłowej. Do tego należy przedewszystkiem zorganizowanie obszernych ćwiczeń praktycznych, ściśle kontrolowanych, ale dających przy wykonaniu pole do rozwoju pewnej inicjatywy. W Stanach Zjednoczonych i w Niemczech nawet takie ćwiczenia praktyczne nie są uważane za wystarczające i wymagana jest praktyka przemysłowa przyszłego inżyniera jako robotnika.

Wskazania dla Czynniki, powodujące antagonizm pomiędzy nauką ścisłą i nauką
metalografii. stosowaną oraz warunki, zapewniające ich owocne współdziałanie,
są zapewne niedostatecznie uwzględnione i rozwinięte w tym krótkim
zarysie. Pozwoli on nam jednak na wyciągnięcie kilku wskazań, dotyczących
przyszłych wykładów o metalografii.

Ażeby uniknąć złych stron czystego analityzmu, podzielony zostanie wykład na dwie części: w pierwszej zajmować się będziemy metodami, które metody metaliczne mogą być badane, w drugiej zastosujemy te metody do określenia budowy poszczególnych stopów. Część pierwsza będzie miała charakter analityczny, część druga — syntetyczny.

By nie wpaść w scholastykę, będziemy rozmawiali zawsze na przykładach konkretnych, o ile możliwości rozpowszechnionych, nie posługując się prawie wcale wykresami schematycznymi.

W każdym dziale zajmować się będziemy kolejno teorią i praktyką.

*Wykład wstępny, wygłoszony na Politechnice
Lwowskiej w marcu 1914 r.*

Podręcznik ten opracowany został na podstawie wykładów, wygłoszonych na początku 1914 r. w Sorbonie i wznowionych w tymże roku na Politechnice Lwowskiej.

Liczne zmiany zostały jednak przytem wprowadzone. Pominęto syntetyczny przegląd stopów przemysłowych (2-ga część wykładów), przeznaczony do niezależnego opracowania; natomiast część analityczną, dotyczącą metod badania, znacznie rozszerzono. Zmiany te uważałem za odpowiednie dla podręcznika, mającego na celu podanie wystarczających wiadomości do swobodnego rozumienia oryginalnych prac z dziedziny metalografii.

Okoliczności, wśród których praca ta była pisana i drukowana, sprawiły, że wydanie polskie wyprzedzone zostało przez francuskie i angielskie. Pozwoliło mi to obecnie na jego uzupełnienie.

Za zupełnie samodzielne i nader sumienne tłumaczenie części wspólnych we francuskim i w polskim wydaniu winienem szczerze podziękowania Pani Stefanji Klemensiewiczowej.

Warszawa, w październiku 1920 r.

W. Broniewski

1870

Received of the Hon. Secy of the Navy
the sum of \$1000.00 for the purpose of
purchasing the land on which the
Naval Academy is situated at Annapolis
Maryland.

Witness my hand and seal this 1st day of
January 1870.

John A. Bland

John A. Bland