

OD KOMITETU GOSPODARCZEGO.

Zawiadamiamy, że po zgonie nieodżałowanej pamięci Maurycego Wortmana, długoletniego zasłużonego wydawcy *Przeglądu Technicznego*, został wybrany inż. Feliks Kucharzewski, który od d. 8 września r. b. podpisuje pismo jako wydawca.

Komitet Gospodarczy.

Pirometria (Techniczne mierzenie wysokich temperatur).

Przez J. J. Boguskiego.

ROZDZIAŁ I.

Ogólne zasady termometrii.

1) **Temperatura** jest wyrazem cudzoziemskim. Niektórzy uczeni i pedagogowie przez polski wyraz **ciepłota** zastąpić go usiłują.

Na określenie rozmaitych temperatur w mowie potocznej służą liczne przysłowki i przymiotniki, jak: *ciepło, zimno, gorąco, skwarnie, mroźno* i t. d. we wszystkich stopniach, na utworzenie których duch naszego języka pozwala.

Ten przysłówkowy sposób oceniania temperatury stał się z dawien dawna niewystarczającym do celów technicznych i naukowych, musiano go więc z konieczności zastąpić przez inny, obszerniejszy i ściślejszy. Pierwsze usiłowania w tym przedmiocie powstały w epoce około r. 1600, wtedy to bowiem zbudowano pierwsze przyrządy do *oceniania* temperatur, zwane **termometrami**, lub **ciepłomierzami**, chociaż słuszniej przysługiwałyby im nazwa **termoskopów** lub **ciepłowskazów**.

2) Konieczność zachowania ścisłości zmusza mnie do zaznaczenia na samym wstępie tej podstawowej różnicy, jaka istnieje pomiędzy dwoma pojęciami o jednakich celach, a mianowicie między ocenianiem i oznaczaniem z jednej, a mierzeniem z drugiej strony.

Mierzenie jest porównywaniem danej konkretnej wielkości z inną wielkością stałą tego samego gatunku, obraną za jednostkę, a więc mierzenie, jest to wyznaczanie stosunku

$$\frac{A}{[a]},$$

w którym A jest daną konkretną mierzoną wielkością, zaś $[a]$ jest wielkością stałą tegoż samego gatunku, ogólnie znaną i uznaną. Zmierzyć wysokość wieży, znaczy, dowiedzieć się, ile razy jest ona większa od jednego metra, t. j. wyznaczyć stosunek

$$\frac{\text{Wysokość wieży}}{\text{Długość jednego metra}} = N \dots (1).$$

Rzecz prosta, że w tem wyrażeniu wysokość i długość są wielkościami jednego gatunku, choć oznaczamy je rozmaitymi wyrazami. Ścisłe wnikięcie w wyrażoną tu czynność mierzenia doprowadza nas do wniosku, że każda wielkość konkretna wyraża się przez iloczyn z liczby oderwanej przez jednostkę tegoż samego gatunku, co i mierzona wielkość. Długość 100 wiorst jest oczywiście iloczynem z liczby oderwanej 100 przez długość jednej wiorsty, czyli przez jednostkę długości. Prąd 150 amperów jest podobnie iloczynem liczby oderwanej 150 przez prąd jednego ampera, czyli przez jednostkę. Znak równości można kłaść tylko pomiędzy wielkościami, w których oba czynniki są sobie poszczególnie równe, a więc zarówno liczby oderwane jak i jednostki.

3) Przeciwwstawieniem tak pojętego mierzenia jest *oznaczanie* lub *ocenianie* wielkości, która dla jakichkolwiek bądź przyczyn, bądź to teoretycznych, bądź to praktycznych, zmierzonymi być nie mogą. Jako przykład przytoczę oznaczanie stanu wody w rzece. Jeżeli mówimy, że stan wody w Wiśle

jest w dniu dzisiejszym 4 stopy, to wcale nie znaczy, że Wisła jest dzisiaj 4 razy głębsza, aniżeli wtedy, gdy jej stan wynosił 1 stopę, ani też, że jest nieskończenie wiele razy głębsza, niż wówczas, gdy jej poziom stał na zerze. Nie trudno zauważyć, że w tym przykładzie mierzymy nie głębokości Wisły, lecz różnice pomiędzy badanymi głębokościami i głębokością odpowiadającą zeru, nieznana nam wcale.

4) J. C. Maxwell piękny swój wykład elementarny o elektryczności rozpoczyna od dowodzenia, że elektryczność jest w swych objawach wielkością, którą można mierzyć w ścisłym tego słowa znaczeniu. Jestem przekonany, że dobrze zasłuży się sprawie, jeśli ten czysto praktyczny wykład o pirometrii rozpocznę podobnie od rozwinięcia pytania, czy temperaturę można mierzyć, i, jeśli można, to jakie ściśle naukowe znaczenie posiadają nasze pomiary temperatury.

I nic dziwnego. Termodynamika tak się rozwinęła w ostatnich czasach, jej wpływ na technikę jest tak przemożny, że praktyczna pirometria, bez wykładu teoretycznych podstaw termometrii wogóle byłaby, mojem zdaniem, niezupełna.

5) Wrażenia, odczuwane przy pomocy nerwów, kończących się w naszej skórze, są zawsze niedokładne, a często-kroć poprostu błędne. Znane jest powszechnie pouczające doświadczenie z wodą letnią, w którą współcześnie zanurzamy obie ręce: jedną uprzednio wygrzaną w wodzie gorącej drugą — uprzednio wyziębioną w wodzie zimnej z lodem. Jedna i ta sama woda letnia daje nam wtedy dwa rozmaite wrażenia: zdaje się być nieznacznie gorącą dla ręki wyziębionej i nieznacznie zimną — dla ręki wygrzanej uprzednio. Taki stan rzeczy zmusza nas poprostu do zastąpienia wskazań subiektywnych przez obiektywne wskazówki przyrządów w celu oznaczania temperatury ciał. Przyrządy takie zwie-my termometrami lub ciepłomierzami, chociaż, ściśle rzeczy biorąc, właściwiej byłoby nazywać je termoskopami czyli ciepłowskazami, gdyż nie służą one do mierzenia temperatury, lecz do jej oceniania.

6) Byłoby zbyt cieżko wchodzić tu w szczegółowy opis dziejów powstania termometru i dróg, jakimi doszedł do swej dzisiejszej postaci. Poprzestanę więc na odesłaniu czytelnika do źródeł, w których historia termometru jest szczegółowo opracowana. Ze starszych źródeł wspomnę jedynie 1) Gehlera *Physikalisches Wörterbuch*. Tom IX, str. 825 do 1019, oraz 2) I. C. Poggendorff, *Geschichte der Physik*, gdzie historię termometru można znaleźć w oddzielnych ustępach, wyłożoną jaśniej niż u Gehlera, chociaż także sprawa jest bardzo i w tem dziele poplątana.

Z nowszych opracowań tego przedmiotu wspomnę źródłową pracę Burchardta: *Erfindung des Thermometers*, Basel 1867, oraz streszczenie jej w pięknej książce prof. Macha *Prinzipien der Wärmelehre*¹⁾. Zwięzłe i w bardzo stanowczej formie wiadomości historyczne podaje Höfler w swej fizyce.

Zaznaczyć jednak w tem miejscu wypada, że pierwszy termometr powietrzny, a właściwiej barotermometr, zbudowany

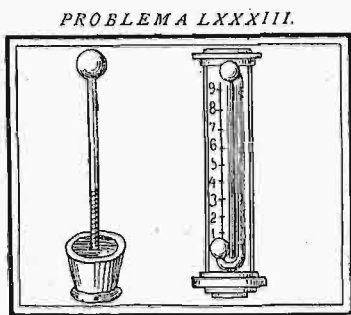
¹⁾ Lipsk 1896.

wał Galileusz, o czym jednak piszą tylko jego biografowie Nelli i Viviani, ustalając datę odkrycia tego przyrządu na r. 1597. Ojcu Castelli Galileusz pokazywał termometr w roku 1608. Sam Galileusz w pismach, które do nas doszły, o termometrze nie wspomina wcale, lecz wiadomo, że wiele pism Galileusza zaginęło (rys. 1).

Przypisują też wynalazek termometru niezależnie od Galileusza holendrowi Drebbelowi, który na początku wieku XVII wślawił się budową rozmaitych ciekawych automatów, jak



Rys. 1. Barotermoskop Galileusza.



Rys. 2. De Thermometro, sive instrumento Drebbiliano, quo gradus caloris frigoris aera occupantis explorantur.

naprzykład, między innymi, jednego grającego pod wpływem promieni słońca, oraz pierwszej łodzi podwodnej, która jakoby pod wodą przepłynęła z powodzeniem przestrzeń od Londynu do Greenwich (około 2-ch wiorst). Poggendorf pierwszeństwa odkrycia termometru Drebbelowi nie przyznaje (rys. 2).

Z naszego, technicznego punktu widzenia na szczególną uwagę zasługuje ta okoliczność, że pierwsze udoskonalenie termometru zostało dokonane w samym zaraniu powstania tego przyrządu pod wpływem potrzeb czysto technicznych, a nie naukowych. Mianowicie, wielki książę Ferdynand II tokański, pragnąc przeprowadzić sztuczne wylęganie kurcząt, musiał posiadać koniecznie czuły i dokładny ciepłomierz. Pod wpływem tej potrzeby technicznej, zbudowano pierwsze termometry, wypełnione spirytusem, a więc niezależne od ciśnienia atmosferycznego (jak to miało miejsce z barotermometrami powietrznymi Galileusza) i nie pękające przy temperaturze 0°, jak to miało miejsce z termometrami, napełnionymi wodą. Antinori¹⁾ twierdzi, że sam wielki książę brał osobisty udział w opisanem ulepszeniu termometru.

Lecz dopiero ustalenie temperatur topnienia lodu i wrzenia wody dało nam prawdziwy termometr w dzisiejszym jego znaczeniu. Akademia florentyńska nie zdobyła się na znalezienie punktów stałych na termometrze, lecz utalentowany jej członek, Carlo Renaldini, pierwszy stwierdził stałość obu powyższych punktów i zaproponował je jako podstawy do działkowania termometrów w swej *Philosophia naturalis*, wydanej w Padwie w r. 1694. Brewster na podstawie rękopisu Robinsona utrzymuje, że tę samą prawdę o stałości punktów krzepnięcia i wrzenia wody odkrył niezależnie i w przybliżeniu współcześnie, bo w r. 1684, angielski Hook. Poggendorff nie mógł tego faktu stwierdzić dokumentalnie.

Lecz istotny postęp w budowie termometrów urzeczywistnił dopiero gdańszczanin Daniel Gabriel Fahrenheit (ur. 1686 w Gdańsku, zmarł w Holandii w r. 1736). Fahrenheit robił początkowo termometry spirytusowe. Miały one tę, podówczas rzadką i cenną, a dziś powszechną własność, że się zgadzały pomiędzy sobą. Z postępem czasu, mniej więcej około r. 1714 Fahrenheit zaczął napełniać swe termometry rtęcią. Skalę na swych termometrach udoskonalał stopniowo, zatrzymawszy się ostatecznie na skali, znanej po dziś dzień ogólnie pod nazwą skali Fahrenheita. Opis swego termometru i swej ostatecznej skali dał nam w r. 1724 w angielskim wydawnictwie *Philosophical Transactions*. Tej okoliczności prawdopodobnie należy przypisać rozpowszechnienie skali Fahrenheita w społeczeństwach, posługujących się angielszczyzną, a więc w Anglii, Ameryce Północnej, w Indjach i w koloniach angielskich.

Christin w Lyonie i Celsiusz w Szwecji dali nam około r. 1742²⁾ skalę stustopniową³⁾, chociaż Celsiusz oznaczał

¹⁾ Antinori. Notizie istoriche relative all'Accademia del Cimento, pag. 33. Poggendorff. Geschichte der Physik. p. 379.

²⁾ Gehlers Wörterbuch, IX, 868.

³⁾ Według Höflera w r. 1736.

punkt wrzenia wody zerem, a punkt jej krzepnięcia — stu stopniami, t. j. wręcz na odwrot, niż my to dzisiaj czynimy. Ściśle więc rzeczy biorąc, należałoby czytać dzisiejsze oznaczenia temperatur inaczej. Tak np. „25° C.“ należałoby wymawiać: „25 stopni stustopniowych“ (centigrades), a nie „25 stopni Celsiusza“, aby uniknąć konwencyonalnego fałszu. Skala, ogólnie znana pod nazwą Celsiuszowej, została wprowadzona przez Linneusza⁴⁾. Sądzę, że walka z zakorzenionym zwyczajem byłaby i bardzo trudna i w gruncie rzeczy bezcelowa.

Skala Reaumura została wprowadzona w r. 1730⁵⁾.

7) Co się tyczy naszego udziału w rozwoju termometrii, to o ile mi wiadomo, można zacytować jedyne o polskim brzmieniu nazwisko Schafrinśkiego, który pracował nad kalibrowaniem rurek termometrycznych⁶⁾. Był on jednym z komisarzy, regulujących na początku w. XIX pruski układ miar i wag. Ciekawą dla nas jest niewątpliwie i ta okoliczność, że Warszawa należała do szeregu pierwszych dziewięciu miejscowości, w których dokonywano najwcześniej, bo już w r. 1654 oznaczeń temperatury powietrza w celach meteorologicznych, chociaż wówczas nawet skale termometryczne nie były jeszcze ustalone. Podobno nawet obserwacje te dokonywano z wielką starannością. Poza Warszawą wszystkie inne miejscowości, w których te obserwacje prowadzono, leżały, prócz Insbrucku, we Włoszech, a więc Warszawa z tej strony Alp była i pierwszym i jednym z dwóch miast, w których rozpoczęto studia nad temperaturą powietrza⁷⁾.

8) Wraz ze zmianą temperatury wszystkie własności wszystkich ciał ulegają zmianie. Dowolna więc własność ciała może służyć za wskaźnik temperatury, a każda wymierzalna (dająca się mierzyć) własność ciała może być oczywiście użyta za argument do oceniania temperatury. Uważając bowiem, jak jest istotnie w wyniku prawa stałości przyrody, że wszystkie własności ciał są ze sobą związane siecią funkcji, możemy zawsze jakkolwiek własność ciała wyrazić w funkcji temperatury; a więc i naodwrot: możemy temperaturę uważać jako funkcję dowolnej własności ciała, oczywiście takiej własności, która jest związana z temperaturą zależnością dokładnie znaną.

Tak np., oznaczwszy przez d gęstość ciała, przez ω — opór właściwy, przez $\frac{1}{\omega}$ — przewodnictwo, przez n — współczynnik załamania światła, przez μ — podatność magnetyczną i t. d., oraz temperaturę przez t , możemy zawsze napisać równania:

$$F(d, t) = 0 \quad \varphi(n, t) = 0$$

$$F(\omega, t) = 0 \quad \psi(\mu, t) = 0$$

$$f\left(\frac{1}{\omega}, t\right) = 0$$

a każde z nich pozwala na praktyczne ocenianie temperatury, o ile tylko przytoczone równania są nam znane i do danego celu dogodne.

9) Najłatwiej dostrzegalna, lecz niestety bardzo trudna do ilościowego oznaczania, jest między innymi barwa ciał.

Przy wszystkich temperaturach powyżej 600° C., przy której to temperaturze ciała zaczynają już wysyłać najdłuższe fale widzialnej części widma, barwa ciała ograniczonego dla wrażliwego na barwy oka jest doskonałym wskaźnikiem temperatury. Praktycznie wyszkolony hutnik o wrażliwym na barwy oku, może oceniać ze względem przybliżeniem temperaturę z barwy ciała rozżarzonego. A chociaż język nie posiada dostatecznej liczby wyrazów na określenie najrozmaitszych odcieni odbieranych wrażeń barwnych, niemniej przeto w hutnictwie ustalono pewne słownictwo, które u rozmaitych autorów bywa niejednokrotne, a które powtarzamy tu za Jüptner'em⁸⁾.

⁴⁾ Höfler, Physik.

⁵⁾ Gehlers Wörterbuch IX, 862. Höfler—Physik.

⁶⁾ Gehlers Wörterbuch IX, 942.

⁷⁾ Prócz Warszawy, temperaturę powietrza obserwowano współcześnie we Florencji, w Valombroso, Culigliano, Bolonii, Parmie, Medyolanie, Ossiponti i Insbrucku.

⁸⁾ Hanns von Jüptner. Lehrbuch der Chemischen Technologie der Energien. Leipzig-Wien. 1905. I, p. 71.

Według Pouilleta		Według Howe'a		Według White'a i Taylora	
Barwa	° C.	Barwa	° C.	Barwa	° C.
Początek żarzenia	525	Poczynająca się czerwoność	470	Ciemna lub krwista czerwoność	566
Ciemna czerwoność	700	Ciemna czerwoność	550 do 625	Ciemna wiśniowa czerwoność	635
Początek wiśniowej czerwoności	800	Wiśniowa czerwoność	700	Wiśniowa czerwoność	746
Wiśniowa czerwoność	900	Jasna czerwoność	850	Jasna wiśniowa czerwoność lub jasna czerwoność	843
Jasna wiśniowa czerwoność	1000	Żółtość	950 do 1000	Pomarańczowa	899
Ciemna żółtość	1100	Jasna żółtość	1050	Jasno pomarańczowa	941
Jasna żółtość	1200	Białość	1150	Żółtość	996
Białość	1300			Jasna żółtość	1079
Jasna białość	1400			Białość	1205
Oślepiająca białość	1500 do 1600				

Do tego czysto subiektywnego sposobu oceniania temperatury nie będę już powracał, zależy bowiem od nabytej praktyki i jest w wysokim stopniu niedokładny.

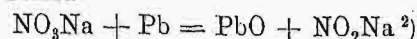
Przyczyn tej niedokładności jest dwa rodzaje: pierwszy zależy od niejednakowej wrażliwości siatkówki na pewne barwy u rozmaitych ludzi i ma swe źródło w zjawiskach psycho-fizjologicznych, drugi—objektywny—polega na tem, że rozmaite ciała, ogrzane do jednakowej temperatury, nie są źródłem jednakowych falowań, a więc nie mogą wywoływać jednakowych wrażeń wzrokowych nawet na ściśle jednakowych siatkówkach. Ściśle mówiąc, każde ciało rozżarzone ma odmienny, jemu tylko właściwy związek pomiędzy obu skalami: skalą barw i skalą temperatur ¹⁾.

10) Lecz nie tylko powyżej 600° C., gdy już ciała poczynają świecić samodzielnie, daje się zauważyć związek pomiędzy barwą i temperaturą. I przy niższych temperaturach,

¹⁾ Keyser. Spektroskopie.

a nawet przy bardzo niskich, niejednokrotnie dostrzeżono wyraźny związek pomiędzy barwą ciała i jego temperaturą. Związek ten czasami bywa tak wyraźny, że staje się doskonałym technicznym wskaźnikiem temperatury nawet w takich reakcjach, które są bardzo wrażliwe na temperaturę.

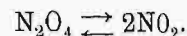
Tak up. przy stapianiu ołowiu z saletrą na nitryt według patentu Stassa:



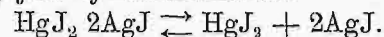
w ciągu trzygodzinnej reakcji muszą być bardzo ściśle zachowane określone temperatury, aby wydajność nitrytu była pożądaną, a wskaźnikiem jest tu barwa stopu, która w temperaturze 520° C. jest bardzo charakterystyczna, jasno-żółta. Zdolni i wprawni robotnicy umieją ją utrzymać, nie posługując się zgoda termometrem.

Znane są ogólnie zmiany barw czterotlenku azotu, N₂O₄, który ze słomkowo-żółtego, czy to w ciekłej, czy gazowej fazie, zamienia się stopniowo na brunatno-czerwony, w miarę jak go ogrzewamy od — 10° C. do + 100° C.

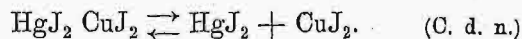
W tym razie zmiana barwy jest wynikiem dysocjacji, zachodzącej według równania:



12) Podobnież dzięki dysocjacji następuje nadzwyczaj szybka zmiana barwy podwójnego jodku rtęciowo-srebrnego, HgJ₂2AgJ. Ciało to w niskich temperaturach ma barwę kanarkowo-żółtą, która przy temperaturze około 60° C. bardzo szybko zamienia się na cynobrowo-czerwoną. Zmiana barwy jest wynikiem rozkładu



Analogiczne zjawiska obserwujemy przy ogrzewaniu podwójnego jodku miedziowo-rtęciowego, HgJ₂ CuJ₂, który w niskich temperaturach ma barwę ceglasto-czerwoną, zmieniającą się około 80° C. na czarno-brunatną. I tu zjawisko związane jest z termolityczną dysocjacją według wzoru:



²⁾ Reakcja ta przebiega, ściśle rzeczy biorąc, według innego równania, czego tutaj roztrząsać nie mogę. (Przyp. Autora.).

PIŚMIENNICTWO TECHNICZNE POLSKIE.

II. Inżynieria z miernictwem.

(Ciąg dalszy do str. 425 w № 35 r. b.).

Artykuły sprawozdawcze z zakresu kolejnictwa podawać zaczął w r. 1875 inż. ADAM BRAUN, który następnie od r. 1878 był członkiem redakcji a w latach 1884—1890 redaktorem głównym *Przeglądu*. W ciągu swej działalności redaktorskiej, dbały o czystość języka i o słownictwo, wkładał wiele pracy w korektę rękopisów, i pismo zawdzięcza mu staranną szatę zewnętrzną, wielu prac, zwłaszcza z zakresu inżynierii. Jako współpracownik, ogłosił w pierwszych latach następujące większe artykuły: „O zachowaniu się żelaza i stali pod wpływem peryodycznie powtarzających się działań sił zewnętrznych według sprawozdania Spangenberg’a” (1875), „W kwestyi szyn” (1875/6), rzecz nader starannie opracowaną, w której wykazywał ważność tej kwestyi dla technika kolejowego i rozważał trudności, jakie się nastroczały przy praktycznym zastosowaniu wskazówek i poglądów wyrażonych w r. 1874 na zjeździe w Düsseldorfie, — „Piec cegielniany systemu Bocka”, „Nowa droga żel. gór-ska w Szwajcaryi (Zurich-Uetli)” (1877). Objawiając kierunek pisma, BRAUN wypełniał troskliwie drobniejszymi artykułami braki teki redakcyjnej i podał ich znaczną liczbę, a najwięcej z zakresu kolejnictwa.

W pierwszym zeszycie *Przeglądu* podana była krótka wiadomość o rozpoczynanej wtedy budowie dr. żel. Nadwiślańskiej, podznaczona literami J. G. Autorem był inż. JÓZEF GRABOWSKI (ur. 1824, zm. 1894), podówczas naczelnik wydziału technicznego tej budowy, który następnie w latach 1890—1899 kierował wydawnictwem jako redaktor główny. Zamiłowany w kwestjach hydraulicznych, GRABOWSKI w ciągu swej paraktyki inżynierskiej opracował nader starannie dwie z nich, mianowicie: „Otwory małych mostów lub rur żelaznych na strumieniach i parowach” (1883),

„O prowadzeniu doświadczeń nad ilościami opadów deszczowych i stosunkiem wód spadłych na znaną powierzchnię zlewną do objętości spływającej łożyskiem, zamkniętą tąż powierzchnią” (1886). Podczas redaktorstwa podawał sprawozdania z czasopism zagranicznych i recenzje.

Do grona redakcyjnego w pierwszym roku istnienia *Przeglądu* należał inż. JAN KOŹNIEWSKI (ur. 1839, zm. 1905), podówczas naczelnik biura a później wydziału technicznego dr. żel. W.-W. Inż. KOŹNIEWSKI zajmował się robotami kanalizacyjnymi w Warszawie, jeszcze przed rozpoczęciem budowy nowej kanalizacji przez LINDLEYA i jako specjalista podał w r. 1875 recenzję broszury ALEKSANDRA MAKOWIECKIEGO „O kanalizacji wogóle i sposobach jej zastąpienia” ¹⁾. Broszura ta, skierowana przeciwko zaprowadzeniu w Warszawie kanalizacji angielskiej, zawierała w kwestjach asenizacyjnych niektóre zdrowe poglądy, wydane przez recenzenta. KOŹNIEWSKI opisywał jeszcze: „Nową stację towarową na dr. żel. W.-W. w W.” (1876). Sporządzony przez KOŹNIEWSKIEGO „Szkic przedwstępny projektu kanalizacji Warszawy” opisany był w *Przeglądzie* w r. 1879.

Równocześnie z wymienionymi, pisać zaczęli w *Przeglądzie* późniejsi członkowie redakcji: SADKOWSKI, SŁOWIKOWSKI, SOKAL, SOŁTAN i ZIELIŃSKI. Będąc podówczas na porządku dziennym sprawę kanalizacji miasta podniósł pierwszy inż. ALEKSANDER SADKOWSKI w treściwym artykule: „Kilka uwag odnoszących się do kanalizacji Warszawy” (1875). Mając na myśli jak najzupełniejsze zużytkowanie odpływów miejskich w celach irygacyjnych, autor uważał

¹⁾ Warszawa 1875, 8°, str. 36. Przedruk z *Gaz. Przem. Rzem.*