

PRZEDMOWA DO DZIEŁA :
WYKŁAD
HYDRAULIKI

WRAZ
Z TEORIĄ MACHIN WODNYCH

POPREDZONY

WIADOMOŚCIAMI WSTĘPNEMI

Z MECHANIKI ANALITYCZNEJ CIAŁ PŁYNNYCH

przez

FELIKSA KUCHARZEWSKIEGO

i

WŁADYSŁAWA KLUGERA

INŻYNIERÓW DYPLOMOWANYCH PRZEZ SZKOLĘ DRÓG I MOSTÓW W PARYŻU

In hac philosophia (experimental) propositiones
deducuntur ex phaenomenis, et redduntur gene-
rales per inductionem.

Newton, Phil. nat. Princ. math.

NA CZTERECHSETLETNĄ ROCZNICĘ URODZIN
KOPERNIKA
NAKŁADEM WŁAŚCICIELA BIBLIOTEKI KÓRNICKIEJ
PRZEWODNICZĄCEGO
W TOWARZYSTWACH NAUKOWEJ POMOCY I NAUK ŚCISLYCH W PARYŻU

1873

HYDRAULIKA

W TEORJI I WYKONANIU



ND.267

Paryż. — Drukarnia Rouze, Dunon i Fresné, przy ulicy du Four-Saint-Germain, 43.

PRZEDMOWA

Mechanika analityczna, albo jak ją nazywają Francuzi *racyonalna* czyli rozumowa, tłumaczy i poddaje pod rachunek zjawiska równowagi ruchu ciał idealnych, a nie takich, jakie rzeczywiście istnieją w naturze. I tak ciała stałe, uważane w Mechanice analitycznej, są stałymi i niezmiennymi związkami punktów materialnych; ciała zaś płynne są płynami doskonałymi, których pojedyncze cząsteczki, przy zupełnej nieobecności wzajemnego tarcia, są nieskończenie ruchome jedne względem drugich. Przechodząc od owych ciał idealnych do rzeczywiście w naturze istniejących, tylko w przybliżeniu możemy stosować do nich wypadki Mechaniki analitycznej. Przybliżenie to jest często niedostateczne w praktyce, a nieraz zachodzi potrzeba uciekania się do innych metod, dających dokładniejsze wypadki. Częściej jeszcze przytrafiają się w praktyce zagadnienia, których bezpośrednich rozwiązań dać nie może Mechanika analityczna, które przeto wymagają oddzielnych teoryj. Te wszystkie metody i teorye, równie liczne jak i szczególne przypadki równowagi i ruchu ciał napotykanne w praktyce, tworzą Mechanikę stosowaną, prawdziwą podstawę Sztuki Inżynierskiej, naukę o której ważności i pożytkach zbyt czczeniem by było mówić w wieku XIX^{ym}, która jednak, jak to sam jej rodowód pokazuje, zasługiwać nie może na miano umiejętności, tak zupełnej i doskonałej jak Mechanika analityczna, odznaczająca się głównie płodnością i małą liczbą swych zasad.

Mechanika stosowana, podobnie jak i Mechanika analityczna, dzieli się podług dwóch stanów skupienia ciał na dwie główne części, a mianowicie : na Mechanikę ciał stałych i Mechanikę ciał płynnych, Pierwsza

nosi zwykle miano nauki o wytrzymałości materiałów i o stałości budowli, druga zaś nazwę Hydrauliki. Obie są w części rozumowemi, w części doświadczalnemi, a nadto przyjmują jeszcze pewną liczbę przypuszczeń, koniecznych do poddania pod rachunek kwestyj danych. Wszakże ta obecność przypuszczeń nie odejmuje zupełnie Mechanice stosowanej jej charakteru umiejętności ścisłej, gdyż przyjmowane przypuszczenia są poddane naprzód, tak samo jak i w Fizyce, bezwzględnemu kryterium; a wynikające z nich logiczne wypadki, winny być zgodne z bezpośredniemi wskazówkami doświadczeń, przynajmniej w granicach, w jakich teoria jest stosowaną.

Głównym przedmiotem nauki o wytrzymałości materiałów jest oznaczenie wysiłków albo parę wewnętrznych, mających miejsce w różnych elementach danej budowli i sprawdzenie, czy owe parcia są mniejsze od przyjętych granic. Pomieniona nauka ma także za przedmiot oznaczenie z największą możliwą oszczędnością kształtów i wymiarów, zapewniających wytrzymałość budowli, czyli odpowiadających wysiłkom miejscowym, mniejszym od powyższych granic. Nauka ta, uważana jako szczegółowa gałąź Mechaniki stosowanej, jest umiejętnością całkiem nowożytną. Przeciwnie, studia doświadczalne nad własnościami materiałów sięgają jak najdalej starożytności, i są współczesne pierwszemu próbom budownictwa. Szybko uznano wpływ wymiarów i kształtów na moc i trwałość materiałów, a budownictwo starożytne, kierowane doświadczeniem i pewnym instynktem mechanicznym, w ogóle nader słusznym, uświęciło od najdawniejszych czasów niektóre prawidła, po większej części zupełnie usprawiedliwione przez umiejętność nowoczesną. Ale dopiero pierwszy Galileusz zastosował geometryę i rachunek do rozwiązywania zadań wytrzymałości, i dlatego uważać go można jako życiodawcę tej nauki. Podał on w roku 1638 teorię belek prostych obciążonych ciężarami, a jakkolwiek się ona nie utrzymała, nieprzedstawiając dostatecznej zgody z prawami Statyki i wypadkami doświadczeń, posłużyła jednak za przewodnika i podstawę prawdziwej teorii, podanej w roku 1705 przez Jakóba Bernoulli. Od tej chwili uważać można wytrzymałość materiałów jako stanowczo ugruntowaną. Uprawiana w wieku XVIII^m przez największych Geometrów Euler'a i Lagrange'a i przez wielką liczbę badaczy, rozwijać się zaczęła w bieżącym stuleciu w dwóch odrębnych kierunkach. Z jednej strony uczeni francuzcy: Navier, Poisson, Cauchy i Lamé, utworzyli z niej prawie szczegółową gałąź analizy, pod nazwą

ogólnej teorii sprężystości; a z drugiej, metody i teorie zwyczajne, udoskonalone pracami Navier'a, Poncelet'a i Clapeyron'a, spowodowały zupełnie nowe postępy konstrukcyi. Dzięki tym rachunkom i doświadczeniom, powstały typy zupełnie nowe : mosty wiszące, wielkie mosty żelazne i inne konstrukcyje metaliczne, któremi szczyścić się może bieżące stulecie.

Mechanika stosowana ciał płynnych czyli Hydraulika jest zbiorem prawideł, jakie mogą kierować Inżyniera w rozwiązywaniu zadań, dotyczących się ruchu płynów. Podobnie jak i nauka o wytrzymałości materyałów, Hydraulika uważana jako gałąź Mechaniki stosowanej, jest umiejętnością całkiem nowożytną. Skoro bowiem sztuka kierowania wody bieżącej sięga czasów zawiązków społeczeństwa i powstania wielkich miast, a znów rozumowana teoria ruchu płynów, utworzona przez d'Alembert'a i Euler'a, datuje się dopiero od połowy zeszłego stulecia; to trzymająca środek między niemi Hydraulika, w pośredniej także powstała epoce. Włochom należy się stworzenie pierwszych jej zasad i podstaw, bo też wiele okoliczności ściągało rzeczywście na ten przedmiot uwagę tamtejszych Fizyków i Geometrów. Nigdzie może nawodniania gruntów nie były powszechniej stosowane jak we Włoszech, a zwłaszcza w okolicach Medyolanu, w tym uprzywilejowanym ogrodzie, zasilanym z góry przez jeziora, w których się gromadzą i oczyszczają wody prądów alpejskich, a drenowanym z dołu wspaniałą rzeką Po. Z drugiej znów strony, Rzym posiadał od najdawniejszych czasów wspaniałe wodociągi, których szczątki wzbudzają dotychczas jeszcze podziwienie zwiedzających; a inne większe miasta cesarstwa Rzymskiego były równie zasilane wodą, z dalekich sprowadzoną źródeł. W średnich wiekach zmysł mieszczański, tak rozwinięty we Włoszech, pomnożył te użyteczne prace. Kanalizacye dokonywane przez Włochów, dla uzupełnienia sieci ich dróg wodnych, były powodem w XV^{em} stuleciu wynalazku *szluzy z komorą (écluse à sas)*, dokonanego przez Leonarda da Vinci; a toż samo, co dla nauki o wytrzymałości materyałów zrobił Galileusz, to uczynił dla Hydrauliki jego uczeń Toricelli, oznaczając prędkość wypływu cieczy z naczynia, i kładąc przez to pierwsze podstawy Hydrauliki. Stanowczo jednak ugruntowaną została Hydraulika dopiero w końcu zeszłego stulecia, pracami Michelotti'ego, Bossut'a, Dubuat'a i innych. Później, tak samo jak nauka o wytrzymałości materyałów, rozwijać się zaczęła w dwóch kierunkach: doświadczalnym i teoretycznym, a jakkolwiek w kierunku doświadczal-

nym wysoko posuniętą została, to w dziedzinie poszukiwań teoretycznych mało jeszcze dotąd zrobiła postępów.

Wszystko co poprzedza, powiedzieliśmy głównie w celu wykazania miejsca, jakie zajmuje Hydraulika w grupie umiejętności składających całość Mechaniki. Uważać ją tu będziemy jako część Mechaniki stosowanej, utworzoną zbiorem prawideł, które mogą kierować Inżyniera w rozwiązywaniu zadań, dotyczących się ruchu płynów. Zajmując się więcej zaspokajaniem potrzeb praktyki, niż stawianiem ścisłych matematycznych teorii, Hydraulik bada prawa równowagi i ruchu płynów, li tylko w celu wywiedzenia z nich najlepszych przepisów: kierowania, prowadzenia i podnoszenia płynów, w rozmaitych szczególnych przypadkach, jakie się mogą często przytrafiać w praktyce. To też wiele kwestyj, które matematycy zostawili tymczasowo w zawieszeniu, rozwiązywać trzeba w Hydraulicie wszelkimi sposobami, kierując się już to wskazówkami teorii, już też Fizyki doświadczalnej. A jeśli by nawet dojszłoby do wypadków zupełnie ścisłych, to zawsze doświadczenie jest ostateczną sankcją, podobnie jak i w każdej umiejętności, która się z samych oderwanych zasad nie składa; tem bardziej, że zwykle poddając rachunkowi zjawiska przyrody, koniecznem jest zrobienie pewnych przypuszczeń, mniej lub więcej prawdziwych.

Wyraz *Hydraulika*, pochodzący od greckiego *ὕδραυλος*, *woda dźwięcząca*, utworzony z *ὕδωρ* *woda* i *αἶμα* *flet*, oznaczał u starożytnych sztukę budowania organów, które przed wynalezieniem miecha, potrzebowały spadku wody do wprowadzania powietrza w piszczałki dla wydawania dźwięku. Używany był następnie do oznaczenia w ogóle Mechaniki ciał płynnych, i dziś jeszcze niektórzy uczeni przyjmują go w tem znaczeniu, dzieląc Hydraulicę na dwie części, to jest: na Hydrostatykę zajmującą się płynami w równowadze i Hydrodynamikę zajmującą się płynami w ruchu. Dawniejsi znów uczeni, jak na przykład Bossut, nazywali Hydrodynamiką umiejętność ogólną, mającą za przedmiot prawa równowagi i biegu płynów, i dzielili tę Hydrodynamikę na dwie części, to jest Hydrostatykę uważającą równowagę płynów i Hydraulicę mającą za przedmiot ich ruch. Wyrodziło się złąd pewnego rodzaju zamieszanie, którego łatwo uniknąć, zważywszy że Hydrostatyka i Hydrodynamika, czyli Statyka i Dynamika ciał płynnych, są to dwie składowe części Mechaniki analitycznej tychże ciał, a zaś Hydraulika jest częścią Mechaniki stosowanej, odnoszącą się do płynów. W ten sposób pojmowane są obecnie: Hydro-

statyka, Hydrodynamika i Hydraulika przez ogół uczonych i traktowane w dziełach francuzkich, włoskich, niemieckich i angielskich; wszakże dla bliższego objaśnienia najlepiej będzie wykazać w kilku słowach każde j z nich przedmiot i znaczenie.

Hydrostatyka czyli Statyka ciał płynnych, ma za przedmiot badanie praw równowagi tychże ciał. Pierwsze i główne jej podstawy położył Archimedes, na 250 lat przed Chrystusem, w swym traktacie : *De humido insidentibus*. Dowiódł w nim : że ciśnienie w którymkolwiek punkcie masy płynnej jest jednakie we wszystkich kierunkach, zbadał warunki równowagi ciał stałych zanurzonych w płynie, zupełnie lub niezupełnie, i zastosował do trójkąta, ostrokągu i paraboloidy, swą teorią ogólną, będącą jednym z najpiękniejszych pommików jego geniuszu. Hydrostatyka właściwa czyli Statyka cieczy, utworzoną została prawie w całości przez Archimedes'a, z wyjątkiem teoryi stateczności równowagi ciał pływających, podanej po raz pierwszy przez Bouger'a w roku 1746 (*Traité du navire*), a w ostatnich czasach udoskonalonej przez Duhamel'a. Aero statykę, czyli Statykę gazów, posunęły naprzód prawa odkryte przez Mariotte'a i Gay-Lussac'a, z których pomocą, z równania ruchu gazów powstał wzór na poziomowanie barometryczne, wzór po raz pierwszy podany przez Laplace'a. W ogóle Hydrostatyka jest umiejętnością, która doszła do wysokiego punktu rozwoju, której liczba praw zasadniczych jest bardzo mała, a wyniki i zastosowania nader liczne i ważne.

Hydrodynamika, czyli Dynamika ciał płynnych, mająca za przedmiot badanie praw ruchu tychże ciał, powstała dopiero w zeszłym stuleciu. Równania ogólne ruchu płynów podał d'Alembert w roku 1744 (*Traité des fluides*), ale przed nim jeszcze Daniel Bernoulli w roku 1738 (*Hydrodynamica*), wychodząc z twierdzenia sił żywych, podał prawa ruchu płynu oparte na przypuszczeniu równoległości warstw, i może być uważany za prawdziwego twórcę Hydrodynamiki. Przypuszczenie to jest głównym warunkiem istnienia Hydrodynamiki, gdyż pięciu jej równań, które dobrze nazwał Lagrange *niepostuszniemi* (rebelles), zcałkować nie można w sposób ogólny. Dopiero w ostatnich czasach rozpoczęły się usiłowania posunięcia naprzód Hydrodynamiki, przez jej oparcie na teoryi działań międzycząsteczkowych, a dzieło Heinemann'a (*Die Rational-Theorie der Bewegung des Wassers, als Lehrbuch der Hydrodynamik*), wydane w roku 1872, jest ostatnim wyrazem tych usiłowań. Ale już w tem dziele, Hydrodynamika straciwszy swój charakter umie-

jętności czysto rozumowej, przeradza się więcej w Hydraulikę, i ma głównie na celu rozwiązanie zadań często napotykaných w praktyce. Co się tyczy specjalnie Aerodynamiki, czyli Dynamiki gazów, to ta utworzoną została w bieżącym stuleciu pracami Navier'a, a posunięta naprzód przez Zeuner'a na podstawie zasad zapożyczonych z teoryi mechanicznej ciepła.

Hydraulika jest tem do Hydrostatyki i Hydrodynamiki, czem Mechanika stosowana do Mechaniki analitycznej. Jak tamte zajmują się wyłącznie płynami doskonałymi, tak Hydraulika bierze pod uwagę same tylko płyny istniejące w naturze. Podając prawidła, jakie mogą kierować inżyniera w rozwiązywaniu zadań dotyczących się ruchu płynów, zaczerpywać musi główne swe podstawy z Mechaniki analitycznej ciał płynnych. O ile zaś Hydrostatyka tworzy już prawie zadowalniającą całość, o tyle Hydrodynamika skutkiem niezwalczonych trudności rachunku, ograniczać się musi na zasadach czysto ogólnych. Nie podobna było czekać jej postępu przy rozwiązywaniu tak licznych kwestyj dotyczących się ruchu wody. To też praktyka wyprzedziła teorię w tym względzie, teorię, która później przysła jej w pomoc, prostując liczne błędy, jakie popełnili praktycy, kierujący się często niedokładnymi wskazówkami doświadczeń. Z połączenia tych dwóch kierunków, powstałych niejednocześnie, trzymając między nimi środek, wytworzyła się Hydraulika, umiejętność skromna lecz pożyteczna, która rzucając wzniosłe poglądy Hydrodynamiki, ma na celu same tylko zastosowania praktyczne, lecz oświeca wypadki doświadczeń rozumowaniami teoryami.

Oddzieliwszy w ten sposób Hydraulikę od Hydrostatyki i Hydrodynamiki, oddzielić ją musimy jeszcze od teoryi maszyn wodnych, którą zwykle wszystkie prawie traktaty ogólne Hydrauliki w całości traktują. Ale teorya maszyn wodnych stanowi oddzielną całość, i jeżeli w kursach wykładowych zaraz po Hydraulice następuje, jako z nią licznymi złączona węzłami, to w traktatach ogólnych Hydrauliki powinna być oddzieloną od samego wykładu tej umiejętności, i tworzyć inną niejako część dzieła, część końcową, tak samo jak Hydrostatyka i Hydrodynamika tworzyć mogą część wstępną. Dzieło zatem, mające w naturalnym porządku przedstawiać wiadomości z Mechaniki analitycznej i stosowanej ciał płynnych, jak i z teoryi maszyn wodnych, podzielić wypada na trzy główne części, to jest: naprzód wiadomości wstępne z Mechaniki analitycznej ciał płynnych, powtóre wykład Hydrauliki i po trzecie teorya maszyn wodnych.

Jakkolwiek popełnianą przez ludzi niemających wykształcenia technicznego, zaznaczyć tu jednak uważamy za stosowne i tę niedokładność wyśłowienia, która wszystkie kwestye inżynierskie, jakakolwiek z wodą mające styczność, podciąga pod ogólne miano Hydrauliki. Te rozliczne kwestye są przedmiotem wielu nauk technicznych, posilkujących się tylko Hydrauliką, stosujących wywiedzione z niej prawdy, lecz tworzących zresztą zupełnie odrębne całości. I tak, kwestye odnoszące się do osuszania, drenowania i nawodniania gruntów, tworzą Hydraulikę rolniczą, naukę odrębną, wchodzącą w programmy wykształcenia inżynierskiego i gospodarczego, a której podręcznik posiadamy w języku polskim, ułożony przez Inżyniera Spornego. Rozprowadzanie wody po wielkich miastach tworzy osobną naukę o wodociągach. Zbiór przepisów dotyczących się polepszania stanu rzek i budowy kanałów żeglownych tworzy naukę o żegludze wewnętrznej, a wskazówki dotyczące się budowy portów i tam morskich, oddzielną naukę o tychże robotach. Te trzy ostatnie nauki grupują się razem pod mianem Budownictwa wodnego, i równie jak i Hydraulika rolnicza są już tylko zastosowaniem zasad Hydrauliki, ale jej samej nie tworzą.

Powiedzieliśmy że Hydraulika jest zbiorem prawideł, jakie mogą kierować Inżyniera w rozwiązywaniu zadań, dotyczących się ruchu płynów; ale od tych zadań oddzieliśmy już wszystkie, które się odnoszą do machin wodnych. Pozostałe zadania podzielićby można łatwo na dwie grupy, względnie do dwóch rodzajów płynów, nieściśliwych i sprężystych, to jest cieczy i gazów. Zadania odnoszące się do ruchu cieczy, a raczej głównie i prawie jedynie do ruchu wody, w największej obfitości ze wszystkich cieczy znajdującej się w przyrodzie, utworzyłyby właściwą Hydraulikę; zaś zadania odnoszące się do ruchu gazów, a głównie do ruchu powietrza, weszłyby w skład tak nazwanej Aerometry, albo Pneumatyki, którąby także przez analogią, nazwać było można Aeroliką (jak to proponuje Courtois), a która odgrywa też samą zupełnie rolę względem Aerostatyki i Aerodynamiki, jak Hydraulika względem Hydrostatyki i Hydrodynamiki. W ten sposób podzielił Hydraulikę d'Aubuisson, w swem znakomitem dziele elementarnem: *Traité d'Hydraulique à l'usage des Ingénieurs*; ale podział jego nie zgadza się z tem co powiedzieliśmy poprzednio, gdyż teoria machin wodnych nie jest w niem zupełnie oddzielona. Oddzielając już tę teorię, podział na właściwą Hydraulikę i Aerometrię jest naprzód zbyt nierówny,

gdyż zadania odnoszące się do cieczy są o wiele liczniejsze, a następnie przedstawia jeszcze i tę niedogodność, że niektóre kwestye, jak naprzykład tyzące się oporu płynów i mierzenia prędkości prądów, powtarzane być muszą prawie jednogłośnie w obu częściach. Wszystkie te kwestye, w których cieczy i gazy jednakowo się zachowują, lepiej jest traktować osobno, a tylko kwestye pozostałe dzielić na Hydraulikę właściwą i Aerometrię. Tym sposobem mamy już trzy działy Hydrauliki, to jest Hydraulikę właściwą, Aerometrię i trzeci dział utworzony ze zbioru zadań odnoszących się do oporu płynów, czyli wzajemnego działania ciał stałych i płynnych w ich ruchu względnym i do mierzenia prędkości prądów płynnych. Wreszcie Hydraulika właściwa podzielona być może na trzy części, stosownie do tego w jaki sposób przedstawia się woda w ruchu, która albo wychodzi przez otwór ze zbiornika, albo płynie przez rurę zamkniętą wypełniając ją całkowicie, albo wreszcie nie wypełnia w całości tej rury, lub płynie w kanale odkrytym. Tak samo podzieliłoby można i Aerometrię, ale mała liczba zadań, odnoszących się do ruchu gazów, czyni ten podział zbyt wąskim. Widzimy ztąd, że wykład Hydrauliki podzielić można najstosowniej na pięć części następujących :

PIERWSZA : *O wypływie cieczy przez otwory ;*

DRUGA : *O biegu nieustannym wody w rurach ;*

TRZECIA : *O biegu nieustannym wody w kanałach odkrytych ;*

CZWARTA : *O ruchu gazów ;*

PĄTA : *O wzajemnem działaniu ciał stałych i płynnych w ich ruchu względnym i o mierzeniu prędkości prądów.*

Zatrzymamy się w krótkości nad przedmiotem, historią, stanem obecnym i wreszcie podziałem szczegółowym każdej z tych części. Tym bowiem tylko sposobem przedstawić będziemy mogli obraz postępów i obecnego stanu Hydrauliki, która niebędąc umiejętnością jednorodną, posuwała się naprzód pojedynczemi swemi częściami, bez zupełnego porządku i jednostajności.

I

Wpływ cieczy przez otwór zrobiony w zbiorniku, jest najprostszem zjawiskiem biegu cieczy, najłatwiejszem do obserwowania i badania.

Głównym pierwiastkiem szukanym jest tu ilość wypływu, czyli wydatek otworu na sekundę. Już starożytni zauważyli, że na ten wydatek wpływa i wzniesienie poziomu wody w zbiorniku i sam kształt otworu, którego brzegi mogą być zaostrzone, albo przedstawiać pewną szerokość, albo wreszcie być przedłużone na wewnątrz lub zewnątrz zbiornika, czyli opatrzone przystawką wchodzącą lub zewnętrzną, która znów może przedstawiać rozmaite kształty. Wpływ przystawek walcowych na powiększenie wydatku znany był Rzymianom, którzy wzbronili prawem przystosowywania ich do otworów wodociągowych, wydających wodę mieszkańcom. Wspomina o tem Julius Sextus Frontinus, inspektor wodociągów rzymskich, pod cesarzami Nerwą i Trajanem, w swem dziele: *De aqua ductibus urbis Romae Commentarius*, robiąc nadto słuszną uwagę, że wydatek przystawki nie zależy od samej wielkości jej przecięcia poprzecznego, ale i od wzniesienia poziomu wody w zbiorniku. Zresztą nie ma w tem dziele żadnej geometrycznej ścisłości w wypadkach, co dowodzi, że Frontinus nie przecezuwał wcale rzeczywistego prawa prędkości wypływu.

Umiejętności i sztuki były już w upadku za czasów Frontinus'a, a wkrótce po nim zaczęła się w Europie epoka ciemnoty i barbarzyństwa, blisko trzysta lat trwająca. Oświecały ją od czasu do czasu błyskawice poezyi i wymowy, zbyt słabo jednak aby mogły w zupełności rozproszyć tę ciemność. Dopiero w wieku Medyceuszów, umysł ludzki się przebudził i sztuki kwitnąć zaczęły na nowo we Włoszech. Nauki ścisłe a zwłaszcza ich doświadczalne gałęzie, jeszcze później rozwijając się zaczęły, a Mechanika stosowana winna początek swych postępów Galileuszowi. Dwaj jego uczniowie Castelli i Toricelli zwrócili swą uwagę na kwestye hydrauliczne. Castelli, w małym dziełku o biegu wody, ogłoszonym w r. 1628, tłumaczy niektóre zjawiska tego biegu, ale myli się jeszcze co do prędkości, które przyjmuje za proporcjonalne do wzniesień poziomu wody w zbiorniku. Toricelli był szczęśliwszym, bo przez odkrycie rzeczywistego prawa prędkości, stał się założycielem tej części Hydrauliki. Widząc że woda wytrysku, wychodzącego przez małą przystawkę, wznosi się pionowo prawie do wysokości poziomu wody w zbiorniku, myślał, że powinna posiadać też samą prędkość, jak gdyby spadała z tej wysokości skutkiem swego ciężaru, i wniósł złąd zgodnie z teorią swego nauczyciela, że pomijając opory podrzędne, prędkości wypływu są proporcjonalne do pierwiastków kwadratowych

z wysokości poziomu wody w zbiorniku ponad otworem. Prawo to sprawdzone zostało doświadczeniami, jakie Rafael Magiotti wykonał w tymże czasie nad wydatkami rozmaitych przystawek. Toricelli ogłosił swe odkrycie w r. 1643, na końcu małego dziełka: *De motu gravium naturaliter accelerato*, i powiedzieć można, że przez nie stał się założycielem Hydrauliki; jakkolwiek odkryte prawo nie było dowiedzione i opierało się jedynie na powadze doświadczeń. Zresztą stosowało się ono do małych bardzo otworów, a nie mogło służyć do dokładnego obliczenia wydatku otworu, bo zjawisko ściśnienia żyły wodnej nie było jeszcze znane.

W dziele Mariotte'a: *Traité du mouvement des eaux et des autres corps fluides*, Paris, 1718, wydanem po jego śmierci, która miała miejsce w r. 1686, podane są wypadki wielu jego doświadczeń czynionych w Wersalu i Chantilly nad wypływem wody przez otwory w cienkiej scianie i opatrzone przystawkami. Dzieło to przyczyniło się wiele do postępu Hydrauliki, jakkolwiek Mariotte nie miał jeszcze pojęcia o ściśnieniu żyły wodnej i o wynikającym ztąd zmniejszeniu wydatku otworu.

Liczni geometrowie, a między innymi Varignon (*Memoires de l'Académie des Sciences de Paris*, 1667) i Newton (*Philosophiæ naturalis principia mathematica*, 1^a ed., 1687) starali się wywieść teoretycznie twierdzenie Toricelli'ego, lecz bezowocnie. Teorya proponowana przez Newton'a, nie może być wzięta pod uwagę, a jego próby w tym kierunku stanowią według zdania Lagrange'a, najmniej zadowalający ustęp jego dzieła. Mają one jednak to historyczne znaczenie, że Newton porównując wypadki doświadczeń z wypadkami swej teoryi, odkrył niezauważone przez swych poprzedników a tak ciekawe zjawisko ściśnienia żyły wodnej, wychodzącej przez otwór ze zbiornika, i wprowadził pierwsze wiadomości o niem do drugiego wydania swego dzieła w roku 1714. W cztery lata potem ukazało się we Włoszech dzieło margrabięgo Połeni o wypływie płynów przez otwory, zawierające wypadki wielu doświadczeń. Połeni odkrył pierwszy, że wydatek otworu w cienkiej scianie powiększa się przez dodanie przystawki walcowej.

Twierdzenie Toricelli'ego, nie wywiedzione dotąd matematycznie, wypadło dopiero jako szczególny przypadek twierdzenia Bernoulli'ego, dającego prędkość na któremkolwiek przecięciu poprzecznem żyły wodnej, opartego na przypuszczeniu równoległości warstw, a dowiedzonego po raz pierwszy przez Daniela Bernoulli w r. 1738, w jego dziele: *Hydro-*

dynamica. Do tych samych wypadków co Daniel Bernoulli, doszli po nim innemi drogami : Maclaurin w r. 1742 (*Traité des Fluxions*), Jan Bernoulli w r. 1743 (*Hydraulica*) i d'Alembert w r. 1744 (*Traité des Fluides*). Twierdzenie Bernoulli'ego, uogólniając prawa biegu żyły cieczy, stało się podstawą dzisiejszej Hydrauliki. Z początku oparte na przypuszczeniu równoległości warstw, na mocy którego woda wypływająca z naczynia przez otwór w jego dnie zrobiony, porusza się warstwami poziomymi, z których każda wyższa zajmuje miejsce poprzedniej niższej, wywiedzione zostało z większą ścisłością w bieżącym stuleciu, przez Poncelet'a i Belanger'a we Francji a przez Weisbach'a w Niemczech, dla pojedynczej strugi cieczy, której wymiary poprzeczne są bardzo małe. W tym stanie, łatwo je można zastosować do pęku podobnych strug czyli żyły cieczy, bez potrzeby uciekania się do przypuszczenia równoległości warstw.

Jeżeli w kierunku teoretycznym ta część Hydrauliki dalej już nie poszła, to w kierunku doświadczalnym, od czasów Mariotte'a, znakomite zrobiła postępy. Erę podrzędnych i obfitych w wypadki doświadczeń otworzyli : professor Michelotti we Włoszech i książdz Bossut we Francji. Oni pierwsi obliczyli dokładnie współczynnik ściśnienia żyły cieczy, wychodzącej ze zbiornika przez otwór w cienkiej ścianie, lub opatrzonej przystawką. Michelotti przedsięwziął w r. 1764 pod opieką króla Sardynii, rozległy szereg doświadczeń, których wypadki ogłoszone były szczegółowo w r. 1774. Książdz Bossut, wspierany przez Rząd francuzki, wykonał wiele doświadczeń, na mniejszą wprawdzie skalę niż Michelotti, ale mających większą styczność z kwestyami praktycznymi. Wypadki tych doświadczeń, ogłaszane częściowo od 1771 do 1778 roku, znaleźć można w całości w dziele Bossut'a : *Traité théorique et expérimental d'Hydrodynamique*, wydanem w dwóch tomach w Paryżu, w latach 1786 i 1787. Przedtem jeszcze, w r. 1766 znany fizyk Borda podał teorią przystawki wchodzącej i stwierdził ją wypadkami przez siebie czynionych doświadczeń. Ale ponad tych wszystkich obserwatorów wznosił się Dubuat, którego doświadczenia, po dziś dzień jeszcze uważane za podstawę Hydrauliki praktycznej, ogłoszone zostały przezeń w jego : *Principes d'Hydraulique*, drugim wydaniu z roku 1786 i trzeciem z r. 1816.

Przystawki walcowe i ostrokątowe pierwszy zbadal dokładnie Jan Chrzeciiciel Venturi, professor fizyki z Modeny i oparł ich teorią w r. 1798

na odkrytej przez siebie zasadzie bocznego udzielania się ruchu w płynach. W ogóle, nad wypływem wody przez wszelkiego rodzaju otwory, robili w bieżącym stuleciu doświadczenia: d'Aubuisson i Castel we Francji, Bidone we Włoszech, a Eytelwein i Weisbach w Niemczech. Jako rodaka wspomnieć tu musimy Generała Michała Sokolnickiego, który w swem dziełku: *Opuscules sur quelques parties de l'Hydrodynamique*, Paris, 1814, podaje wypadki doświadczeń, jakie wykonał w Paryżu nad wypływem wody przez różnego rodzaju przystawki. Lecz doświadczenia rozwinięcie tej kwestyi winniśmy uczonemu Hydraulikowi francuzkiemu, panom Poncelet i Lesbros, którzy wykonali w Metz największy dotychczas w tym przedmiocie szereg doświadczeń, ogłoszony przez paryżką Akademię Umiejętności w *Mémoires des Savants étrangers*, z r. 1851.

Część Hydrauliki traktująca o wypływie cieczy przez otwory, a uprawiana w kierunkach doświadczalnym i teoretycznym, przez wyżej wymienionych geometrów i obserwatorów, stanowi całość zupełniejszą od pozostałych. Czego teoria nie mogła tu wywieść i ściśle obliczyć, tego dokonało doświadczenie, ze ścisłością w zastosowaniu zupełnie dostateczną. Uważając po szczególe każdy rodzaj otworu lub przystawki, otrzymujemy tyleż poddziałów nauki o wypływie cieczy przez otwory, ale wszystkie dadzą się rozłożyć na dwie grupy, stosownie do tego czy do uważanego wypływu twierdzenie Bernoulli'ego może być stosowane bezpośrednio, lub z dodaniem pewnego wyrazu odpowiadającego stracie ciężenia wynikłej z lepkości, czyli innemi słowy stosownie do tego, czy lepkość cieczy może być pominiętą lub nie. W trzeciej grupie mieszczą się pozostałe przypadki i zastosowania praktyczne.

II

Ciecze uważane w Mechanice analitycznej, złożone są z cząsteczek nadzwyczajnie ruchomych jedne względem drugich, między którymi przypuszcza się zupełną nieobecność tarcia. Na tem polega własność *plynności doskonałej*, w skutku której, w cieczy tak w ruchu jak i w spoczynku, ciśnienia są stałe i prostopadłe do wewnętrznych i zewnętrznych elementów płaskich, na które działają. Ale ciecze doskonale nie istnieją w naturze, i ciśnienia nie są prostopadłe ale pochylone do ele-

mentów płaskich. Rozkładając każde z tych działań na dwie składowe, jedną prostopadłą a drugą styczną do uważanego elementu, otrzymujemy *działanie prostopadłe* czyli *ciśnienie* i *działanie styczne* czyli *tarcie*. To ostatnie ma miejsce w cieczach naturalnych w ruchu, a jego obecność jest powodem charakterystycznej własności tychże cieczy, zwanej *lepkością*.

Wzajemne tarcie dwóch warstw cieczy w ruchu uznane już zostało przez Descartes'a, a Newton'owi winniśmy bardzo proste przypuszczenie co do prawa, jakiemu też siła podlega. W swem dziele: *Philosophiæ naturalis principia mathematica*, uważa on to tarcie jako proporcjonalne do prędkości względnej dwóch warstw cieczy w ruchu. Ale jakkolwiek Mariotte, a po nim Pitot, Couplet, Bernoulli i Coulomb wspominali już o tarcie, opóźniającem bieg cieczy w rurze lub kanale, a spowodowanem przez opór ścian stałych, i jakkolwiek już Coulomb powziął myśl wyrażenia tego tarcia, w funkcyi prędkości biegu, za pomocą dwóch wyrazów zawierających tę prędkość, jeden w pierwszej a drugi w drugiej potędze; to jednak znakomici geometrowie XVIII^{go} wieku oparli równania ogólne Hydrodynamiki na przypuszczeniu ciśnień stałych w około jednego punktu we wszystkich kierunkach, w cieczy, tak w ruchu jak i spoczynku, i prostopadłych do elementów powierzchni na które działają. W ten sposób pominiętą została składowa styczna działania, uznana i nazwana tarcie przez ich poprzedników, składowa, której istnienie wyświecone zostało w końcu XVIII^{go} stulecia przez Dubuat'a i Venturi'ego. To też d'Alembert i Euler stosując swe równania do działania wywieranego przez ciecz w ruchu, na ciało stałe w niej zanurzone, doszli w tym przedmiocie do wypadków zupełnie paradoksalnych i uznawszy je za takie, przekazali przyszłości dojście do racjonalnych w tym względzie wyników.

Do odkrycia praw prostoliniowego biegu cieczy w rurach prowadzili dwie drogi, doświadczalna i analityczna, uzupełniające jedna drugą. W obu tych kierunkach pracować zaczęli uczeni bieżącego stulecia. W ubiegłym, widzieliśmy, że prace analityczne żadnego nie wydały owocu; poszukiwania zaś na drodze doświadczalnej, w małej liczbie prowadzone, a co do swych wypadków żadną nieoświecone teorią, nie więcej także przynieść nie mogły. W r. 1732 Couplet zrobił kilka doświadczeń nad rurami wodociagowymi w Wersalu i przekonał się, że prawo prędkości Toricelli'ego jest nadzwyczaj mylne dla rur, i że często

ilość wody jest dwadzieścia do trzydziestu razy większa od tej, jaką to prawo zapowiada. Wniósł wprawdzie, że ta różnica pochodzi z tarć przynajmniej w większej swej części, ale nietylko że nie przeczuł doświadczalnych praw biegu wody w rurach, lecz nawet, podobnie jak i jego współcześni, zaledwie wierzył w możliwość ich odkrycia. Możliwość ta jednak dowiedzioną została przez uczonych, i ukazały się naprzód wzory praktyczne, doświadczalnie wywiedzione, a następnie rozumowana teoria.

Prony uważany być powinien za prawdziwego twórcę tej części Hydrauliki. W swem dziele: *Recherches physico-mathématiques sur la théorie du mouvement des eaux courantes*, w r. 1804 w Paryżu wydanem, podjąwszy z jednej strony idee Coulomb'a, spożytkowane już, ale niezbyt szczęśliwie przez Girard'a; a z drugiej, idąc pod względem dążności do prostoty we wzorach za przykładem swego poprzednika w dyrektorstwie szkoły Dróg i Mostów Chezy'ego, i opierając się na wypadkach doświadczeń, jakie zostawili: Couplet, Bossut i Dubuat, doszedł do postawienia wzorów, które przeszło przez lat pięćdziesiąt, aż do chwili nowszych poszukiwań Henryka Darcy, były jedyną podstawą rachunków inżynierskich. W roku 1825 zebrał Prony praktyczne wypadki pierwszej swej pracy i ogłosił sławny *Zbiór pięciu table*, nadszczaj przez praktyków ceniony. Henryk Darcy, mówiąc o pracach Prony'ego, nazywa je « uwieńczeniem » dzieła rozpoczętego przez jego poprzedników i dodaje, że « imię Prony'ego pozostanie na zawsze wyryte w pamięci Inżynierów i wszystkich zajmujących się kwestyami hydraulicznymi. »

Na drodze teoretycznej pierwszy krok współcześnie postawił Navier, którego *Mémoire sur les lois du mouvement des fluides*, czytany na posiedzeniu Akademii umiejętności w Paryżu dnia 28 marca 1822 roku, jest pracą najważniejszą, i do ostatnich prawie czasów, można powiedzieć jedyną, posiadającą charakter ścisłości, jakie w przedmiocie ruchu płynów ogłoszone zostały. Navier starał się w nim pierwszy uzupełnić ogólne równania różniczkowe ruchu płynów, przypuszczając, że ten ruch jest ciągły, to jest bez raptownej zmiany prędkości, przechodząc od jednego punktu płynu do drugiego dostatecznie blizkiego. Przyjął on w tym celu, że między dwiema cząsteczkami bardzo blizkimi, oprócz działania hydrostatycznego, ma jeszcze miejsce działanie dynamiczne, którego wyrażenie jest funkcją ich odległości, pomnożoną przez pręd-

kość z jaką się te cząsteczki zbliżają lub oddalają jedna od drugiej w danej chwili. Otrzymał tym sposobem wyrazy, dające na tarcie dwóch warstw wyrażenie zgodne z przypuszczeniem Newton'a, to jest proporcjonalne do ich prędkości względnej ślizgania. Wzory jakie podał Navier, a do których Poisson, Cauchy i Stokes doszli innemi drogami, zgadzają się w zadowalniający sposób z obserwacyami, czynionemi nad ruchem powolnym i regularnym wody, płynącej przez rurki włoskowate, jak to stwierdzone zostało w ostatnich czasach przez młodych geometrów francuzkich Boussinesq i Emile Mathieu. Co się tyczy biegu wody w rurach wodociągowych, wzór Navier'a zgadza się z dawnym wzorem empirycznym Girard'a, który właśnie nowszemi pracami Prony'ego został zastąpiony. To też Navier nie omieszkiał dodać, że jego teoria « przydać się nie może w zwykłych okolicznościach praktyki, gdzie nie wprowadzając zupełnie w rachunek ruchu więcej skomplikowanego, jaki płyn w tych ruroch przybiera, nie mamy innego przewodnika jak tylko wypadki doświadczeń ».

Tymczasem w praktyce wzór Prony'ego uważany był ciągle za klasyczny, tak dla niezaprzeczonej zręczności obserwatorów, których wypadki służyły mu za podstawę, jak i dla powagi imienia autora. Biegły w kwestyach praktycznych dotyczących się Hydrauliki, professor szkoły Dróg i Mostów Mary, upewniał Inżynierów co do jego dokładności, mówiąc : « Wzór ten daje wypadki mniejsze od otrzymywanych z rurami nowemi i różnica dla dużych średnic dojść może do jednej trzeciej ; tym sposobem posługując się nim, nie trzeba się zajmować skutkami lekkich osadów, mogących zmniejszyć średnicę rur a powiększyć tarcie. » A jednak nowe doświadczenia przedsiębrane przez d'Aubuisson'a i Castel'a w Tuluzie dały nieco odmienne wypadki. Doświadczenia te doprowadziły d'Aubuisson'a do powiększenia wartości współczynników we wzorze Prony'ego, które jeszcze w r. 1814 poprawił hydraulik berliński Eytelwein, wprowadziwszy przy ich oznaczaniu szczegółowe ulepszenia. Wzór Prony'ego przekształcony był następnie przez panów Dupuit i Barré de Saint-Venant we Francyi, a Weisbach'a i Rühlman'a w Niemczech, lecz powoli Inżynierowie uznawać zaczęli, że jego podstawa doświadczalna nie była dość pewną. Obserwacje, jakich wypadki zostawili : Couplet, Bossut i Dubuat, odnosiły się w części do rur zbyt małej średnicy, a w części do starych rur żelaznych zapchanych osadem. Przybliżona zgodność otrzymanych wypadków, w skutku której



MD.267

Prouy zdołał je objaśnić wszystkie w jednym wzorze ze stałymi współczynnikiemami, wydawała się wielu Inżynierom raczej rezultatem przypadkowej kompensacji między różnemi przyczynami niezgodności wypadków, niż objawem ścisłego prawa. Henryk Darcy, dyrektor wodociągów paryzkich po Mary'm, odznaczywszy się już poprzednio przez założenie wspaniałych wodociągów w rodzinnem swem mieście Dijon, przedsięwziął w roku 1849 usunąć wszystkie wątpliwości nowemi doświadczeniami, zmieniając w nich naturę rur, ich średnicę, ciśnienia i prędkości. Doświadczenia te, wykonane w liczbie 198, a ukończone w roku 1851 pozwoliły mu oznaczyć nowe prawa biegu wody w rurach, i ułożyć tablicę streszczającą je dla rur żelaznych nowych, przypadku najważniejszego w praktyce. Rozprawę, rezultatem i sprawozdaniem tych badań będącą, przedstawił Darcy Akademii umiejętności w Paryżu, która ją w *Mémoires des Savants étrangers*, tomie XV^{ym} podała.

Darcy sprawdził niezależność tarcia od ciśnienia i jego proporcjonalność do powierzchni w zetknięciu; ale przekonał się także, że natura ścian rury ma na tarcie wpływ bardzo znaczny, a pominięty zupełnie w teorii Prouy'ego. Wypadki praktyczne jego poszukiwań zyskały powszechne uznanie, i po dziś dzień służą za podstawę rachunków inżynierskich; teoria jednak, jaką ten znakomity Inżynier wyciągnął z nich usiłował, stanowczo dziś zaczyna być zaprzeczana. Darcy podzielał idee p. de Saint-Venant, wniósł ze swych licznych doświadczeń, mierząc prędkość strug cieczy, że ich wzajemne tarcie wzrasta szybko razem ze średnicą rur, przez które ciecz przepływa; a nadto ze wzorów przezeń podanych wynika, że to tarcie nie jest już jak poprzednio proporcjonalne do prędkości względnej, ale do kwadratu z tejże prędkości. Być może, że ta niezgoda teoryj Navier'a i Henryka Darcy spowodowaną była błędami nieodłącznymi od tego rodzaju doświadczeń; gdyż wszystko tu polegało na ścisłem oznaczeniu prędkości pojedynczych strug cieczy, a przyznać trzeba, że nie znamy dotąd żadnego narzędzia, pozwalającego otrzymać te prędkości z pewną dokładnością. Ale może być także, że rury obserwowane nie wypełniały dostatecznie przypuszczanych *a priori* warunków biegu strugami prostolinijnymi i równoległymi do osi. Bądź co bądź, teoria Henryka Darcy, oparta na powadze najznakomitszych dotychczas doświadczeń, zaczynała już równoważyc naukowe znaczenie słów Navier'a, gdy w ostatnich czasach kwestya ta stała się przedmiotem nowych poszukiwań teoretycznych i praktycznych.

Pan Bazin współpracownik Henryka Darcy, a po jego śmierci sam prowadzący dalej te ważne prace, doszedł do wyników zupełnie odmiennych, a bardziej zbliżonych do przypuszczenia Navier'a; w przedmiocie zaś tarcia, nie rozwijając zresztą swej teorii, wyrzekł zdanie, że wzajemne działanie dwóch strug sąsiednich zależy nie tylko od ich prędkości względnej, ale także i od ich prędkości bezwzględnej, to jest prędkości względem ścian rury. Jakkolwiek ten wpływ na tarcie prędkości bezwzględnej, nie zgadza się z przyjmowaniem powszechnie pojęciem, że działanie wzajemne dwóch ciał zależy wyłącznie od ich ruchu względnego, skoro ich skład, natura i stan fizyczny pozostają też same, to jednak prawdopodobniejszy jest on zawsze niż wpływ promienia rury, wprowadzonego w wyrażenie tarcia przez Henryka Darcy. Wziąwszy za podstawę te poglądy p. Bazin, rozwinęli teorią biegu prostoliniowego cieczy panowie Kleitz i Lévy we Francji; a prace tego ostatniego, nacechowane wysokim talentem i oryginalnością, przedewszystkiem zasługują na uwagę. Pan Lévy zastosował swą teorią do biegu wody w rurach wodociągowych i podał wzory praktyczne i tablicę ułatwiającą rachunki według tych wzorów, to wszystko w *Annales des Ponts et Chaussées* r. 1867.

Ale teoria biegu prostoliniowego i jednostajnego cieczy ważkiej i jednorodnej w rurze walcowej z przecięciem kołowym i rozwiązanie zadań dotyczących się tego ruchu, stanowią dopiero pierwsze dwa poddziały nauki o biegu nieustannym wody w rurach. W poddziale trzecim traktować będziemy wszystkie kwestye odnoszące się do ruchu nieustannego wody w rurach pojedynczych, których średnice i wydatki zmieniają się między dwoma przecięciami poprzecznymi. Pracowali nad nimi ze świetnym powodzeniem uczeni francuzcy: Bélanger, Dupuit i Bresse. Ciż sami obrobili także i kwestye odnoszące się do rur złożonych, które wraz ze wszystkimi dodatkami i zastosowaniem do wodociągów zaliczymy do czwartego i ostatniego poddziału części Hydrauliki, traktującej o biegu wody w rurach. Wszystkie kwestye praktyczne dotyczące się wodociągów a opracowane starannie przez Dupuit'a w jego: *Traité théorique et pratique de la conduite et de la distribution des eaux* (Paris, 1865), zbadane były poprzednio z większym jeszcze talentem i gruntownością przez Henryka Darcy w jego pomyślowym dziele: *Les Fontaines publiques de la ville de Dijon* (Paris 1856).

III

Część Hydrauliki traktująca o biegu wody w kanałach odkrytych, a będąca podobnie jak i poprzednia zastosowaniem teorii prostoliniżnego biegu cieczy, rozwijała się w ten sam sposób i po większej części opracowywaną była przez tychże samych uczonych. Że zaś potrzeby praktyczne były tu gwałtowniejsze i liczniejsze, przeto i wcześniej się nią zajmować zaczęto i pracowano więcej. To też literatura tej części Hydrauliki jest bardzo bogata, jakkolwiek należące do niej kwestye nie są jeszcze rozwiązane w sposób zupełnie zadowalniający. Robiąc tu pobieżny przegląd tej literatury, będziemy mieli sposobność wymienienia wielu uczonych, którzy pracowali i nad dwiema pierwszymi częściami Hydrauliki, a o których nie wspominaliśmy dotychczas, z powodu mniejszego znaczenia ich prac w poprzednich kierunkach.

Wzmiankowane już dziełko Frontinus'a, zawiera wiele uwag dotyczących się biegu wody w kanałach odkrytych, ale podanych bez żadnej ścisłości i powiedzieć można czysto powierzchownych. Dopiero uczeń Galileusza Castelli, w swem piśmie o rzekach, ogłoszonym w roku 1628 na żądanie Papieża Urbana VIIIgo, wprowadza po raz pierwszy prędkość, jako element mający służyć do oceniania wydatku prądów. Jest to początek nauki o wodzie bieżącej.

Toricelli starał się napróżno zastosować swe prawo wypływu przez otwór do biegu wody w kanałach, a w jego ślady wstąpili i jego następcy: Mariotte we Francyi, a Guglielmini we Włoszech, obaj żyjący w drugiej połowie XVIIgo stulecia. Ale jeżeli pierwszy opierał swe wnioski na doświadczeniach, które ze szczególnym umiał wykonywać talentem; to znów drugi stosując wprost prawo Toricelli'ego do rozkładu prędkości w rzece na jednej pionowej, doszedł do wypadków zupełnie przeciwnych z tem, co pokazuje doświadczenie. Obaj nieposunęli naprzód nauki o biegu wody w kanałach, ale Mariotte wskazał przynajmniej przez swe liczne doświadczenia właściwą drogę jej postępu.

Poszukiwania teoretyczne Varignon'a (1725), Daniela Bernoulli (1738), Jana Bernoulli (1742) i d'Alembert'a (1743-1752) wytworzyły Hydrodynamikę, ale bezpośrednio nie stały się powodem żadnego postępu nauki

o biegu wody w kanałach odkrytych. Z tego punktu widzenia nierównie większe mają znaczenie prace francuzkiego Inżyniera Pitot'a, przedstawiane Akademii umiejętności w Paryżu między 1730 a 1738 rokiem. W jednej z nich, z roku 1732, podaje Pitot opis wynalezionej przez siebie przyrządu do mierzenia prędkości strug w rzece na różnych głębokościach, oraz tablicę prędkości odpowiadających wysokościom spadku, która ułatwia czynione z pomocą tego przyrządu obserwacje. Pitot przekonał się, że wzdłuż jednej pionowej prędkości zmniejszają się, postępując od powierzchni rzeki do dna, i przypisał to zmniejszanie tarcia wody o ściany stałe kanału. Przyrząd Pitot'a, przedstawiający wielkie podobieństwo z *puddem piezometrycznym* Hydraulika włoskiego Guido Grandi, ulepszony w bieżącym stuleciu przez pp. Darcy i Baumgarten, do dziś uważany jest jako jeden z najdokładniejszych do mierzenia prędkości pojedynczych strug prądu; a jego idee o tarcia opóźniającem bieg cieczy spożytkowane i rozwinięte zostały przez późniejszych.

Początkiem nowoczesnych postępów części Hydrauliki, o której mówimy, są prace Michelotti'ego (1774) we Włoszech, a Bossut'a (1776) we Francji. Nagromadzone przez nich wypadki doświadczeń długo służyły za podstawę pracom teoretycznym w tym przedmiocie, i wyrugowały z nauki prace ich poprzedników. W ich ślady wstąpił Dubuat, który z wypadków swych doświadczeń umiając racjonalnie wyciągać wnioski, wprowadził Hydraulikę na właściwą drogę postępu. W roku 1779 wyszło pierwsze, w 1786 drugie, a w 1816 trzecie wydanie jego dzieła, będącego owocem dziesięcioletnich prac i poszukiwań, wspieranych przez Rząd francuzki. Dubuat wychodząc z zasady, że w ruchu jednostajnym wody w kanale jakiegokolwiek, siły utrzymujące ruch wyrównują summic oporów, pojął, że prawdziwa metoda otrzymania wzoru wyrażającego prawa biegu jednostajnego wody, polega na znalezieniu przez obserwację wyrażeń algebraicznych obu tych sił równych i wprost przeciwnych i na przyrównaniu do siebie tych wyrażeń. Jakkolwiek wzory jakie podał nie utrzymały się zupełnie, to jednak prawdziwa droga badań w tym przedmiocie została wytkniętą. Prony we Francji, a Eytelwein w Niemczech zdołali, postępując tą drogą, dojść do postawienia na bieg wody w kanałach odkrytych, wzorów prostych i dla potrzeb praktyki dostatecznie dokładnych.

Prony w roku 1804 oparł swe wzory na doświadczeniach Dubuat'a i Chezy'ego; Eytelwein w roku 1814 wziął pod uwagę większą liczbę

doświadczeń, a mianowicie oprócz tych, któremi posługiwał się Prony, doświadczenia: Woltmann'a, Hunk'a i Brünings'a. Inne doświadczenia, robione przez Bidone'a, Bonati'ego i Inżynierów Szkoły Dróg i Mostów Państwa Kościelnego (1821), posłużyły do sprawdzenia otrzymanych przez Eytelwein'a wypadków, czego dokonał Prony w swym *Zbiorze pięciu tablic* w roku 1825. Prace Prony'ego i Eytelwein'a nad biegiem wody w kanałach odkrytych, mają też samo znaczenie, co prace tych uczonych nad biegiem wody w rurach, wspomniane poprzednio. Wytworzyły one teorię biegu jednostajnego wody w kanałach, i stały się podstawą rachunków praktycznych.

Kwestya jednak nie była jeszcze wyczerpaną ani teoretycznie ani doświadczalnie. W pierwszym kierunku posunęły ją naprzód prace uczonych francuzkich: Dupuit (1848), Sonnet (1843), Barré de Saint-Venant (1851), Kleitz (1866) i Lévy (1867); w drugim doświadczenia jakie dokonywali: Rancourt na Newie (1826), Defontaine na Renie (1833), Baumgarten na Garonnie (1846) i wreszcie Boileau w Metz (1844-1850). Na rzece Wiśle, w czasie jej zamarznięcia pod lodem, badał rozkład prędkości na jednej pionowej Inżynier Witkowski w roku 1862. Ale żadna z tych prac nie przyniosła tyle pożytku nauce, i nie zajęła w rządzie innych tak zaszczytnego miejsca, jak prace doświadczalne, z jednej strony p. Bazin we Francyi, popierane przez Rząd francuzki, a z drugiej Inżynierów amerykańskich na rzece Mississipi, przedsięwzięte z polecenia Rządu Stanów Zjednoczonych.

Henryk Darcy o którego pracach nad biegiem wody w rurach mówiliśmy poprzednio, rozpoczął w dalszym ich ciągu w roku 1855 szereg doświadczeń nad biegiem wody w kanałach odkrytych, które najprzód z pomocą Inżynierów Baumgarten'a i Ritter'a, a następnie od roku 1856 aż do swej śmierci w roku 1858 z wyłączną pomocą p. Bazin, prowadził. Te ważne prace podjął po śmierci Henryka Darcy jego pomocnik p. Bazin, a wspierany przez Rząd francuzki, zdołał je doprowadzić do końca w roku 1860, wyciągnąć wiele ważnych dla sztuki inżynierskiej wniosków, i wreszcie ogłosić wypadki w roku 1863, rozbierając i rzucając przytem wiele nowych idei. Powiedzieć można, że doświadczalnie wyczerpał tę kwestyę, bo jakkolwiek postrzeżenia jego czynione były li tylko nad prądami sztucznymi, to znów w tych prądach oddzielanie i szczegółowe badanie różnych zjawisk biegu wody, jest łatwiejsze niż w prądach istniejących w naturze. Pan Bazin wypadki swych do-

świadczeń streścił w nowych wzorach na bieg wody w kanałach odkrytych, które obecnie zajęły w nauce miejsce dawnych wzorów Prony'ego i Eytelwein'a, i rozwinął nowe wzory w tablice ułatwiające rachunki. Opierają się one na trzydziestu jeden szeregach doświadczeń, z których każdy obejmuje dwanaście doświadczeń pojedynczych, a sprawdzone są dwudziestoma dziewięcioma innymi szeregami doświadczeń, których wypadki zostawili: Dubuat, Funk, Poiré, Emmercy i Leveillé. Idee p. Bazin, dotyczące się rozkładu prędkości w prądach prostolinijnych, jak to już wyżej powiedzieliśmy, podjęte zostały w ostatnich czasach we Francji przez pp. Kleitz i Lévy i wzięte za podstawę ich najnowszych poszukiwań teoretycznych.

Gdy we Francji kwestye odnoszące się do teoryi wód bieżących uprawiane były przez tylu uczonych, w Ameryce zaczęto się niemi zajmować z równą gorliwością, prowadząc je jednak wyłącznie w kierunku doświadczalnym. Jeszcze w roku 1848 podane zostały w *Proceedings of the American Association for the advancement of science* wypadki doświadczeń Brown'a nad wydatkiem Mississipi pod miastem Natches, uzupełnione w roku 1853. Od tego czasu ogłaszane są jedne po drugich liczne szeregi doświadczeń i studyów, dotyczących się tej wielkiej rzeki, dokonywane przez wielu tamtejszych uczonych i inżynierów, między którymi odznaczyli się głównie: porucznik Marr i pp. Ellet i Forehey. W roku 1855 p. Francis ogłasza długi szereg doświadczeń odnoszących się do biegu wody w kanałach odkrytych i do teoryi machin wodnych. Doświadczenia te dokonywane były w Lovell w Stanach Massachussets, kosztem zakładu hydraulicznego tego miasta. Ale największe ze wszystkich prac inżynierów amerykańskich wykonywane były od roku 1850 do 1861 na Mississipi i rzekach do niej wpadających. Miały one służyć za podstawę projektu ubezpieczenia rozległych równin, rozciągających się wzdłuż brzegów tej olbrzymiej rzeki, i pogłębienia jej ujść. Wypadki tych doświadczeń ogłoszone zostały w roku 1861 w obszernem sprawozdaniu, przez kapitana A. A. Humphreys i porucznika H. L. Abbot. Odnosząc się do jednego z największych prądów naturalnych, doświadczenia te uzupełniają niejako pracę p. Bazin, a inżynierowie amerykańscy wyciągnęli z nich wiele wzorów praktycznych i poglądów zupełnie nowych. Ważniejsze punkty sprawozdania streścił i wydał wraz ze swemi uwagami i porównaniem z wypadkami doświadczeń pana Bazin, p. Victor Fournié w Paryżu, w roku 1867.

Wszystkie powyższe poszukiwania, tak teoretyczne jak i doświadczalne, odnoszą się do biegu jednostajnego wody w kanałach odkrytych, to jest takiego, w którym na każdym przecięciu poprzecznym prądu, prędkość średnia strug jest jedna i taż sama. Szukając tej właśnie prędkości średniej, badano rozkład prędkości na przecięciu poprzecznym prądu, albo analitycznie jak Sonnet, Dupuit i Lévy, albo doświadczalnie jak Defontaine, Bazin i Inżynierowie amerykańscy. Te badania stanowią pierwszy poddział nauki o biegu wody w kanałach odkrytych. W następnym ugrupują się wszystkie wzory praktyczne na ten bieg i rozwiązanie zadań jego się dotyczących. W dalszych przechodzi się do biegu zmiennego ale nieustannego, w którym odróżnić trzeba dwa przypadki. Pierwszy, skoro na wszystkich przecięciach poprzecznych przybliżona chociaż równoległość strug ma miejsce; drugi, gdy ta równoległość strug zostaje zniesioną i gdy się wytwarza ciekawe zjawisko pedskoku powierzchni. Teoria obu tych przypadków biegu nieustannego utworzy dwa następujące poddziały nauki o biegu wody w kanałach odkrytych. Rozwijały się one niezależnie od dwóch pierwszych, a nawet często niezależnie jeden od drugiego. O ich początku, rozwoju i stanie obecnym wypada nam tu powiedzieć słów parę.

Najpierwsze poszukiwania dotyczące się biegu nieustannego i zmiennego wody w kanałach odkrytych, ogłoszone zostały przez Bélanger'a w początku roku 1828, w rozprawie pod tytułem : *Essais sur le mouvement des eaux courantes*. Praca ta, której podstawy odkryte były przez jej autora jeszcze w roku 1826, napisana została dopiero w roku następnym 1827 a w czerwcu tegoż roku rozpatrzoną i pochwaloną była przez radę główną francuzkiego korpusu Dróg i Mostów, która zażądała ogłoszenia jej drukiem. Bélanger podał w swej pracy równanie ruchu nieustannego, opierając je na przypuszczeniu równoległości strug, i rozwiązał kilka szczególnych przypadków. Do tych samych wyników co Bélanger doszli w roku następnym innemi drogami General Poncelet i Navier, i podali wypadki swych prac, pierwszy w kursie Mechaniki stosowanej w szkole artylleryi i inżynierii w Metz, a drugi w takimże kursie w szkole Dróg i Mostów w Paryżu. Szczególne przypadki i zastosowania podanej przez tych uczonych teorii rozwinęli Inżynierowie Vauthier i Coriolis, w swych rozprawach ogłoszonych w roku 1830, we francuzkich rocznikach Dróg i Mostów.

Wydane w roku 1848 dzieło p. Dupuit, pod tytułem : *Etudes théo-*

riques et pratiques sur le mouvement des eaux courantes, posunęło naprzód teorię biegu nieustannego wody w kanałach odkrytych. Podał w niem p. Dupuit wiele zupełnie nowych poglądów i zcałkował równanie różniczkowe osi hydraulicznej prądu w różnych szczególnych przypadkach. Ułożył następnie tablicę ułatwiającą rachunek podłużnego profilu prądu, opartą wszakże na niektórych zastrzeżeniach. Pan Barré de Saint-Venant w swej znakomitej rozprawie podanej w *Annales des Mines* (Serya 4^{ta}, tom XX) dowiódł, iż się można obejść bez zastrzeżeń uczynionych przez p. Dupuit i podał tablicę nierównie ogólniejszą. W tym samym kierunku poszli p. p. Boudin i Bresse, a rozprawa p. Boudin: *De l'axe hydraulique des cours d'eau contenus dans un lit prismatique et des dispositifs réalisant en pratique ses formes diverses* (Gand-Paris, 1863) jest najznakomitszym dotychczas wykładem nauki o biegu nieustannym i zmiennym wody w kanałach odkrytych. Objęte są w niej oba przypadki tego biegu, tak pierwszy, w którym przybliżona równoległość strug ma miejsce, jak i drugi, w którym się wytwarza podskok powierzchni.

Teorię tego ciekawego zjawiska, zaobserwowanego po raz pierwszy przez Bidone'a w Turynie i opisanego w Pamiętnikach tamecznej Akademii Umiejętności w r. 1826, podał Bélanger w r. 1827, pomijając w niej wszakże straty ciężenia, odgrywające tu tak ważną rolę. Dopiero w roku 1838 ujrzano ogólną i ulepszoną teorię tego uczonego.

Znakomite i jedyne poszukiwania doświadczalne nad biegiem nieustannym wody i nad podskokiem powierzchni wykonał p. Bazin i podał ich wypadki w dziele: *Recherches hydrauliques, entreprises par M. Darcy et continuées par M. Bazin* (Paris, 1863), obejmującym rezultaty wszystkich jego doświadczeń. Urzeczywistnił on w różnych okolicznościach wiele bardzo ciekawych odmian podskoku powierzchni i rzucił świeże idee, które może z czasem posłużą za podstawę przyszłych poszukiwań.

Zastosowanie praktyczne nauki o biegu wody w kanałach odkrytych i inne do niej się odnoszące kwestye, stanowią piątą i ostatni poddział tej części Hydrauliki. Najwięcej opracowaną z tych ostatnich jest kwestya rozchodzenia się fal, nad którą czynili poszukiwania Lagrange, Bidone, Scott-Russel i p. Bazin, który całą drugą część wymienionego co dopiero dzieła tej kwestyi poświęcił. Wykazał on zasługujący na uwagę związek między podskokiem powierzchni i rozchodzeniem się fal, i zastosował teorię tego ostatniego do tak nazwanej trąby morskiej, którą Francuzi przy ujściu Sekwany nazywają *Mascaret*.

Tak nauka o biegu wody w kanałach odkrytych, jak i nauka o biegu wody w rurach, pomimo licznych prac, o których mówiliśmy, nie jest jeszcze w zadowalniający sposób obrobioną i racjonalnej, naukowej nie tworzy teorii. Jakkolwiek otrzymane dotychczas wypadki praktyczne czynią zadość wymaganiom Inżyniera, to jednak zbywa jeszcze zawsze na teorii, któraby je wszystkie objąć zdołała. Jedyną, powiedzieć można, jej próbę podał p. Maurycy Lévy, o którego pracach wspominaliśmy już kilkakrotnie.

IV

Czwarta z pięciu części, na jakie podzieliiliśmy Hydraulikę, traktuje w ogóle o ruchu gazów, a zatem tak o wypływie gazów przez otwory, jak i o biegu gazów w rurach. Statyka gazów, datująca się od Mariotte'a, posunięta naprzód przez Gay-Lussac'a i stwierdzona doświadczeniami uczonych fizyków francuzkich: Dulong, Biot i Arago, była już gotową w początku bieżącego stulecia, gdy Dynamika gazów nie istniała jeszcze zupełnie. Kwestya ruchu gazów traktowana była doświadczalnie przez Girard'a (*Mémoire sur l'écoulement uniforme de l'air atmosphérique et du gaz hydrogène carboné dans les tuyaux de conduite, Paris, 1819*), Young'a (*Gilbert's Annalen, 1801 i 1820*), Szmidt'a (*Poggendorff's Annalen, 1824*), Lagerhjelm'a (*Hydrauliska Försök af Lagerhjelm, Forselles och Kallstenius, 1 Delen, Sztokholm, 1818*), Koch'a (*Studien des götting'schen Vereins bergmännischer Freunde, 1824, 1833, 1837, 1838*), d'Aubuisson'a (*Annales des Mines, 1823, 1826, 1827*), Buff'a (*Poggendorff's Annalen 1836, 1837*), aż dopiero Navier podał teorią opartą na twierdzeniu Daniela Bernoulli. Ale całkowanie równania różniczkowego, przedstawiającego ruch strugi gazowej przedstawiało pewne trudności; gęstość bowiem gazu jest funkcją dwóch zmiennych, temperatury i ciśnienia, i nigdy za ściśle stałą uważaną być nie może. To też Navier wprowadzając przypuszczenie jednostajnego rozprężenia się gazu przy niezmienniej temperaturze, zgodnie z prawem Mariotte'a, a niezgodnie z zasadami teorii mechanicznej ciepła, usunął wszystkie trudności i ułatwił całkowanie równania ruchu. Później uproszczono równanie ruchu w przypadku, gdy różnica ciśnień wewnątrz i zewnątrz zbiornika jest nieznaczna, to jest gdy gęstość gazu jest prawie stała i wprowadzono tym sposobem kwestyą wypływu gazów otworami w dziedzinę nauki o wypływie cieczy

z naczyń. Doświadczenie poparło ten wynik pierwotnej teoryi Navier'a, a nawet okazało, że tak uproszczone równanie ruchu gazów jest więcej do prawdy zbliżone jak drugie, polegające na przypuszczeniu jednostajnego rozprężenia w naczyniu. Doświadczenia pp. Pecqueur'a (*Note sur les expériences de M. Pecqueur par Poncelet, 1843*), Saint-Venant'a (*Journal de l'Ecole polytechnique, Paris, 1837*) i Wantzel'a (*Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences, Paris, 1843*), poparte późniejszymi doświadczeniami i innych uczonych, dowiodły dobitnie, że w zastosowaniu można uważać gaz jako ciecz o stałej gęstości. Tym to sposobem rozwiązuje się wszystkie kwestye napotymane w praktyce.

Ale racjonalna teorya ruchu gazów nie nie zyskała na tej zmianie przypuszczeń i żadnego nie zrobiła postępu. Dopiero najnowsze prace o własnościach ciepła, a szczególnie prace pp. Dupré i Zeuner, rzuciły jasne światło na skomplikowane a dotąd mało znane prawa wypływu gazów. Nowa teorya ruchu gazów, oparta na zasadach teoryi mechanicznej ciepła, odkryła nieznanne zjawiska, objęła w jednym równaniu całą masę szczególnych przypadków, z których jeden zazwyczaj w praktyce stosowany, polega na przypuszczeniu nieściśliwości plynu.

Nowa teorya Zeuner'a i dawna teorya Navier'a, tworzą dwa pierwsze poddziały części Hydrauliki, traktującej o ruchu gazów. W poddziale trzecim ugruppują się różne zastosowania dawnej a powszechnie używanej teoryi, jedne tytułem przykładów, drugie ze względu na swą użyteczność. Miechy walcowe, dzwony powietrzne komunikujące z rurami wodę prowadzącemi i z pompami tłoczącemi, zasługują ze wszech miar na uwagę; wentylatory obrotowe, o których użyteczności zbytecznymby było mówić, są przykładem teoryi, która wyprzedziwszy praktykę i doświadczenie, dowiodła czynem swej doniosłości. Ruch powietrza w kanałach wentylacyjnych i w kominach, daje obraz postępowania, które przyjąć należy przy obrachowaniu strat siły żywej plynu, wskutek przeszkód napotypanych w ruchu, a uwagi dotyczące rozprawdzania gazu do oświetlania mają na celu czysto praktyczną stronę kwestyi.

V

Wreszcie część piąta i ostatnia Hydrauliki, traktująca o wzajemnem działaniu ciał stałych i płynnych w ich ruchu względnym, i o mierzeniu pręd-

kości prądów płynnych, rozpada się oczywiście na dwa poddziały, obejmujące każdy jedną z tych kwestyj.

Część Hydrauliki poświęcona badaniu działań wzajemnych między ciałami stałymi i płynnymi w ich ruchu względnym, to jest część zajmująca się oznaczeniem oporu, jakiego doznaje ciało stałe, poruszające się w płynie spoczywającym, i siły potrzebnej do utrzymania tego ciała w spoczynku, skoro otaczający je płyn pewnym ruchem ożywiony zostaje, jest jeszcze dotąd mało znaną. Tutaj teoria korzy się przed doświadczeniem i empirycznymi wzorami. Ale zasadnicze zagadnienie, polegające na wyznaczeniu ciśnienia odosobnionej żyły wodnej, uderzającej o płazczyznę prostopadłą do jej kierunku, jest zupełnie rozwiązane na zasadzie twierdzenia o ilości ruchu; wszystkie podobne kwestye a dotyczące uderzenia prądu płynnego o ciało stałe jakiegokolwiek kształtu, dają się po części sprowadzić do tego przypadku. Ale uogólniając tym sposobem zasadnicze nauki zagadnienie, otrzymuje się wypadki zaledwie przybliżone a często niedokładne, tak że chcąc dojść prawdy, trzeba uciec się do doświadczeń i wyznaczyć współczynniki poprawki.

Zdaje się, że pierwszym uczonym, który pracował nad oporem płynów był Newton. Podał on teorią uderzania płynów o ciała stałe, uważaną przez długi czas za dostateczną i rozwijaną w dziełach traktujących o Mechanice. Wielu geometrów zajmowało się następnie udoskonaleniem zasad podanych przez Newton'a. Daniel Bernoulli, d'Alembert (*Essai d'une nouvelle théorie de la résistance des fluides*. Paris, 1752) i Euler (*Mechanica, sive Motus scientia analytice exposita*, Petropoli, 1736) badali gruntownie kwestyą oporu płynów, a wypadki ich poszukiwań, zbyt skomplikowane aby mogły znaleźć łatwe zastosowanie w praktyce, zgadzają się jednak w wielu razach z wypadkami doświadczeń, jakie dokonali Bossut i Borda (*Mémoires de l'Académie des Sciences de Paris*, z lat 1763 i 1767). Jeszcze rozleglejsze doświadczenia nad oporem płynów przedsięwzięte zostały w roku 1775, z polecenia Rządu francuzkiego przez członków Akademii: d'Alembert'a, Condorcet'a i Bossut'a, którzy ogłosili ich wypadki w sprawozdaniu wydrukowanem w Paryżu w roku 1777 i w Pamiętnikach Akademii z roku 1778. Ale dopiero Dubuat, którego słusznie niektórzy nazywają ojcem tegoczesnej Hydrauliki, rozwinął doświadczalnie tę kwestyą; on to wyznaczył stosunek objętości płynu zawieszającej się na ciele stałym przy ruchu względnym, stosunek, który potem sprawdzili Bessel, Sabine i Eddy. Także Michelotti (*Sperimenti idraulici principali*

mente diretti a confirmare la Teoria e facilitare la Pratica del misurare le acque correnti, in Torino, 1771), Smeaton (*Experimental inquiry concerning the natural powers of wind and water to turn mills and other machines*, London, 1794), Langsdorf (*Lehrbuch der Hydraulik*, Altenburg, 1794), Thibault i Duchemin (*Recherches expérimentales sur les lois de la résistance des fluides*), Hutton (*Tracts on mathematical and philosophical subjects*, London, 1812), Morosi (*Di un nuovo fenomeno osservato nell'urto dell'acqua*, Milano, 1819), i wreszcie Weisbach (*Untersuchungen im Gebiete der Mechanik und Hydraulik*, Leipzig, 1842) starali się uzupełnić doświadczalnie kwestyą oporu płynów ciekłych i lotnych; ale największe z nowych doświadczeń wykonał Bidone w roku 1837 i wypadki swych poszukiwań ogłosił w *Memorie della Reale Accademia delle scienze di Torino*, z roku 1838.

Mierzenie prędkości i wydatku prądów stanowi, jak powiedzieliśmy, drugi poddział tej części Hydrauliki. Rozliczne sposoby mierzenia wydatku opierają się albo na zasadach wypływu cieczy przez otwory lub przewody, albo na wynikach nauki o biegu wody w rurach i kanałach, albo wreszcie na użyciu umyślnie w tym celu sporządzonych przyrządów. Z pomiędzy tych ostatnich na największą zasługują uwagę, przyrząd Lapointe'a i przyrząd pp. Loup i Koch niedawno w Paryżu wynaleziony.

Ale najogólniejszy sposób mierzenia wydatku prądów płynnych polega na stosowaniu zasad ich ruchu w rurach i kanałach, mając bowiem przecięcie poprzeczne prądu i średnią jego prędkość, można sobie natychmiast zdać sprawę z objętości cieczy przepływającej w danym czasie. Znany jest w przybliżeniu związek między prędkościami różnych punktów poprzecznego przecięcia prądu; znając więc jedną z nich, można wnioskować o prędkości średniej. Cała więc trudność sprowadza się do mierzenia prędkości pewnych punktów cieczy, czy to na powierzchni, czy to na pewnej pod nią głębokości, a opisanie sposobów tego mierzenia jest właśnie przedmiotem ostatnich ustępów Hydrauliki.

Najprostszy i najłatwiejszy sposób mierzenia prądów ciekłych polega na użyciu pływaków, ciałek lekkich puszczonej z wodą, które przebiegając znaną przestrzeń w danym czasie, wyznaczają prędkość strugi na powierzchni albo nawet na pewnej głębokości. Sposób ten, umiejętnie zastosowany, daje bardzo dokładne wypadki, jak tego dowiodły doświadczenia pp. Humphreys i Abbot, przy mierzeniu prędkości rzeki Missisipi.

Wahadło hydrometryczne i tachometr Brünings'a (*Brünings Abhandlung über die Geschwindigkeit des fließenden Wassers und von den Mitteln, dieselbe auf allen Tiefen zu bestimmen*, Frankfurt a. M., 1798) są jednymi z pierwszych przyrządów służących do bezpośredniego zmierzenia prędkości. Pierwszy z nich był bardzo często używany, szczególnie przez Ximenes'a, Michelotti'ego, Gerstner'a i Eytelwein'a, a jego ogólną i dosyć dokładną teorią zrobił pierwszy Venturoli w roku 1807 (*Elementi d'idraulica*, Bologna). Oba te przyrządy polegające na mierzeniu zбочzenia, jakiego doznaje ciało zanurzone w cieczy i wystawione na jej ciśnienie, nie mogły dawać dokładnych wypadków; a pod względem trudności ich użycia stały znacznie niżej od wynalezionej już w roku 1731 przyrządu Pitot'a, którego opis znajdujemy w *Pamiętnikach paryzkiej Akademii umiejętności* z roku 1732. Przyrząd Pitot'a oparty na innej zupełnie zasadzie, nadzwyczaj prosty pod względem konstrukcyi a łatwy do użycia, nie znalazł jednak natychmiast wielkiego zastosowania, a to mianowicie z powodu błędnego zapatrywania się na jego teorię. Mallet i Michelotti wprowadzili doświadczeniem znaleziony współczynnik poprawki, i odmienili eokolwiek zewnętrzny kształt przyrządu, a Weisbach wykonał szereg doświadczeń w celu ostatecznego sprawdzenia tego współczynnika (*Polytechnisches Centralblatt*, 1847). Ale dopiero w r. 1836 udało się pp. Darcy i Baumgarten, ulepszyć radykalnie rurkę Pitot'a i nadać jej przymioty, które ją charakteryzują. Przyrząd to zarazem prosty i dogodny, nie zmieniający swego współczynnika poprawki i dający się zastosować w bardzo różnych warunkach. Jego opis podał p. Darcy najprzód w swem znakomitem dziele: *Fontaines publiques de la ville de Dijon*, 1856, a następnie w *Annales des Ponts et Chaussées* w roku 1858.

Powyższe pięć ustępów, odnoszące się każdy do jednej z pięciu części, na jakie podzieliłszy Hydraulikę, streszczają przedmiot, historię, stan obecny i podział szczegółowy nauki, którą się zajmujemy. Jeżeli ona sama, jak powiedzieliśmy, jest zastosowaniem zasad Mechaniki analitycznej ciał płynnych i składa się ze zbioru prawideł, jakie mają kierować Inżyniera przy rozwiązywaniu zadań tyjących się ruchu płynów, to znów uważana jako teoria motorów hydraulicznych, Hydraulika stanowi wstęp do teoryi machin wodnych. Teoria ta ma na celu wykazanie warunków zapewniających największy skutek maszyny, warunków

dotyczących jej konstrukcyi, kształtu, wymiarów i położenia, gdy daną jest siła spadku i na odwrót. Warunek wprowadzenia wody na kolo wodne w taki sposób, aby uderzenie żyły wodnej o łopatkę kola nie miało miejsca, i wyprowadzenia tej wody z kola z prędkością równą zeru, zapewniłyby korzystne zużycie siły spadku, gdyby przypuszczenie warunkiem tym określone dało się urzeczywistnić w praktyce. Ale nie podobna jest zapobiedz stratom siły żywej, stratom spowodowanym przez uderzenie, wzburzenie i tarcie żyły ciekłej, koniecznym następstwem ruchu rzeczywistego w naturze. Otóż wykazanie i ocenienie tych strat z jednej strony, a podanie środków dążących do ich pomniejszenia z drugiej strony, jest głównem zadaniem teoryi machin wodnych.

Początek machin wodnych sięga jak najdawniejszych czasów. Zmysł wynalazczy starożytnych zdołał posunąć daleko sztukę budowania machin, a dowodem tego jest przyrząd zbudowany przez architekta Ctesiphon'a, przeznaczony do przenoszenia kolumn owej sławnej świątyni w Epezie, albo wynalezienie zegarów wodnych, których początek sięga Egipcyan. Bodźcem do tych wynalazków była potrzeba, a jedyną wskazówką kierującą wysiłki umysłu ludzkiego było doświadczenie tylko i zmysł praktyczny, bo o teoryi nie miano naówczas żadnego wyobrażenia. Dopiero gdy Archimedes, żyjący w trzecim stuleciu przed Chrystusem, odkrył naukową zasadę równowagi dźwazka, wtedy poznano właściwą zasadę elementarnej Statyki.

Niepodobna jest dojść początku kól wodnych; zdaje się jednak, że kola o osi poziomej były znane jeszcze przed Augustem, bo Witruwiusz żyjący za panowania tego księcia, nie powiada bynajmniej w opisie tych machin, by były świeżym wynalazkiem. W martwej epoce średnich wieków konstrukcyja tych kól żadnej prawie nie uległa zmianie i dopiero w ostatnich stuleciach, gdy rozbudzające się życie przemysłowe i postęp nauki mogły sprzyjać dalszemu ich rozwojowi, zaczęto myśleć nad ich ulepszeniem. Bossut, Dubuat i Smeaton byli pierwszymi pracownikami na tem polu, a ich doświadczenia, próby i wnioski były podstawą, na której oparła się późniejsza budowa kól wodnych. Po wytworzeniu się zasad Dynamiki weszłem stuleciu, zrodziła się teorya machin wodnych i zaczęto budować typy zupełnie nowe, a pożytkujące nierównie lepiej siłę spadku wody. W tym także czasie powstały turbiny czyli maszyny wodne, których zasadą jest oddziaływanie. Najprzód Segner, professor w Getyndze, a następnie Euler w r. 1732 zajęli się badaniem teoryi tych machin.

Sprawdzając rezultaty swych teoretycznych poszukiwań, Euler zbudował w r. 1754 kolo o oddziaływaniu, które za początek ogólnie dziś używanej *turbiny Fontaine'a* uważać można. Ale początek właściwych turbin datuje się dopiero od roku 1824, w którym Burdin wynalazł swę *turbinę o oddziaływaniu*. Od tej chwili budowa kół o osi poziomej i pionowej rozprzestrzeniła się na wielką skalę; Fourneyron, Poncelet, Fontaine, Jonval, Girard i Sagebien nie szczędzili trudów, by ich konstrukcją do wysokiej podnieść doskonałości. Posunięta w ostatnich czasach teorya ruchu płynów, pozwalała ulepszyć teoryę tych machin, a prace Bélanger'a i Poncelet'a we Francyi i Redtenbacher'a w Niemczech są najlepszym dowodem wysokiego jej postępu.

Zdaje się, że maszyny do podnoszenia wody sięgają czasów dawniejszych jak inne maszyny wodne. Wydostawanie wody z głębokich studni jak np. ze studni Jakóba, w pobliżu Sychar na drodze do Jeruzalem, mającej 105 stóp ang. głębokości, a liczącej już 35 stuleci, lub ze studni Zemzen w Mecce (*Gen. XXI, 19*) głębokiej na 56 stóp (*Crichton's History of Arabia*, vol. II, p. 218, London, 1833) wymagało pewnych przyrządów, któreby oszczędzały zchodzenia w głąb studni po schodach wykutych w jej ścianie. Wiadro spuszczone na sznurze było pierwszym zarodkiem pewnej klasy machin, które dziś jeszcze użycie swe znajdują. Korzystając z zalet krążka, znanego już u Egipcyan pod Faraonami, a ogólnie używanego za Ptolomeuszów, jak o tem powiada Witruwiusz, nawijano na nim sznur z wiadrem i ułatwiano tym sposobem czerpanie wody, a zawiesiwszy na drugim końcu sznura drugie wiadro, skorzystano na czasie i sile. Związanie z sobą obu końców sznura i zawieszenie na nim kilkunastu wiader było bezpośredniem następstwem użycia tych przyrządów. To też w studni Józefa w Kairze, mającej 197 stóp ang. głębokości, a zbudowanej jeszcze za dawnych egipskich czasów, czerpano wodę tego rodzaju elewatorem (*Ewbank's Descriptive and historical account of hydraulic and other machines for raising water*. New-York, 1849, p. 47.) Przymioty tej maszyny, jej niezależność od głębokości studni i możność czerpania wielkiej objętości wody w krótkim czasie, były powodem częstego jej użycia w wyższym Egipcie, gdzie nawodniania gruntów na wielką skalę były zaprowadzane. W Nubii i Abissynii dochodziły one olbrzymich prawie rozmiarów; Sandys zauważył ich ogromną liczbę w tych krajach w r. 1611 (*Travels of Sandys*, p. 118), a Terry widział je w Hindusie w r. 1715 (*Terry's voyage to India*, p. 187).

Anglo-Saxoni i dawni Normandowie używali powszechnie tego sposobu podnoszenia wody, a inne narody znały go dokładnie. Później gdy sztuki i rzemiosła doprowadzone zostały do wysokiego stopnia postępu, gdy azyatycki system rolnictwa wprowadzony został do Europy, rozwinęła się także i budowa elewatorów.

Pewną jest rzeczą, że kolejne ulepszenie pomienionych poprzednio przyrządów polegało na użyciu kołowrota, przedstawiającego tę korzyść, że natężenie siły poruszającej może się zmieniać stosownie do długości korby. To też Pliniusz powiada na stronie 4, rozdziału XIX swej Historii naturalnej, że Rzymianie używali kołowrota do podnoszenia wody. Chińczycykom należy się zasługa za ważne ulepszenie kołowrota, a polegające na składaniu wału z dwóch części o nierównych średnicach, na których nawijają się dwie końcowe części sznura, w przeciwnym kierunku.

Obok tych przyrządów służących po większej części do domowych potrzeb, tworzyły się i rozróżniały inne maszyny, należące do tej samej co poprzednie klasy, a używane specjalnie do sztucznego nawodniania łąk. Na równinach Eufratesu, Gangesu i Nilu zrodziły się szufle i żurawie, a cały starożytny świat cywilizowany używał ich do potrzeb rolnictwa. Herodot powiada, że żurawie były znane w Persyi za jego czasów, a Arystoteles opisuje te przez Greków używane przyrządy. Ale w wiekach następujących po upadku Rzymian, ginie wszelki ślad historii tych maszyn, i dopiero w piętnastym stuleciu, gdy umysł ludzki budzić się zaczyna z letargu, w którym tak długo był pogrążony, ukazują się nowe o nich wzmianki. To dowodzi tylko, że były one ciągle używane.

Co się tyczy maszyn więcej skomplikowanych, to jeden tylko Witruwiusz obszerniej o nich wspomina: opisuje on *koło ślimakowe*, *koło z kablami*, *elewator skrzynkowy*, *śrube Archimedes'a* i *maszynę Ctesibus'a* czyli *pompe*. O każdej z tych maszyn kilka słów powiedzieć nam wypada.

Koło ślimakowe, znane u Rzymian pod nazwiskiem *Tympanum*, a wynalezione prawdopodobnie za czasów kwitnącej epoki tego narodu, dostało się w spuściznę innym mieszkańcom Europy, i do nowoczesnych czasów prawie bez zmiany zachować się zdołało. Dopiero w połowie zeszłego stulecia zajęto się jego ulepszeniem i zupełnym prawie zmianieniem jego kształtu, a twórcą tych poprawek był Lafaye, uczony ówczesny inżynier, o którym Belidor w swej *Architekturze hydraulicznej* (Tom II, str. 385 i 387) wspomina. Ztąd to dzisiejsze koło ślimakowe niekiedy *kołem Lafaye'a* nazywają.

Koło z kublami, opisane szczegółowo przez Witruwiusza, było znane w Egipcie, Azji, Grecyi, Turcyi i Hiszpanii. Ale wady tego koła polegające na przelewaniu się wody z kublów, zwróciły na się uwagę dawnych mechaników, którzy przerobili je na tak zwane *koło perskie*, a zaopatrzone w kubły oscylujące koło osi poziomych. Zmiana ta wprowadzoną została jeszcze przed upadkiem Rzymian i rozeszła się po całej Europie.

Śruba Archimedes'a jest jedną z najoryginalniejszych machin, jakie opisał Witruwiusz. Była ona używaną od bardzo dawnych czasów w Danii, Hollandyi i Anglii, i to do podnoszenia wody na znaczne wysokości; a że nie można jej było robić z jednej długiej sztuki, przeto wlewano wodę z jednego zbiornika do drugiego, z drugiego do trzeciego, i t. d. za pomocą śrub stosunkowo krótkich. W celu zapobieżenia tej niedogodności, Worcester proponował w końcu zeszłego stulecia, złożenie śruby z dwóch części o różnych średnicach, ale dopiero Pattu urzeczywistnił w r. 1815 projekt Worcester'a.

Wynalezienie tej śruby przypisują Archimedes'owi, ale opinia ta nie jest opartą na pewnych podstawach. Diodorus, ziomek Archimedes'a, a żyjący w 200 lat po nim, utrzymuje wprawdzie, że Archimedes był tej maszyny wynalazcą, ale Witruwiusz nie o tem nie wspomina. Egipt był naówczas szkołą świata starożytnego, źródłem nowych wiadomości i nauki, a zdarzało się często, że cudzoziemcy powróciwszy z Egiptu, byli brani za autorów tych doktryn, odkryć i wynalazków, o których tam się dowiedzieli. To co się przytrafiło Thales'owi, Pythagoras'owi, Solon'owi, i Platon'owi, mogło się przydarzyć i innym. Może badanie płaskorzeźb, na których nie zbywa w ruinach Egiptu, wyjaśni kiedy ten niepewny punkt historii machin wodnych.

Bądź co bądź, śruba Archimedes'a oddała wielkie usługi społeczeństwu, i do lat ostatnich znajdowała wyłączne zastosowanie w niektórych robotach inżynierskich. W roku 1746 została ona przerobioną przez pewnego blacharza w Zürichu na pompę *spiralną* zwaną, a której teorią podał Daniel Bernoulli. Później Nicander i Eytelwein zajmowali się jej ulepszeniem, a jakkolwiek ten ostatni starał się o jej rozpowszechnienie i wystawił jedną w Moskwie w r. 1784, jednak nie znalazła ona wielkiego zastosowania.

Dwaj matematycy aleksandryjskiej szkoły, Ctesibus i jego uczeń Heron, żyjący w sto lat po Archimedes'ie, byli twórcami dwóch przyrządów, z których jednym jest *pompa*, a drugim przyrząd znany pod nazwiskiem

fontanny Heron'a. Ale że zasada tych genialnych pomysłów była zupełnie błędnie pojmowaną, bo wstępną naturę do próżni miał być przyczyną ruchu, przeto ich konstrukcyę pozostawiała przez czas długi w stanie niemowlęctwa; dopiero gdy w r. 1643 Toricelli odkrył ciśnienie powietrza, i gdy prawdziwa teoria pomp poznana została, zaczęto zajmować się ich ulepszeniem. W r. 1673 Conyers wprowadził dwa tłoki zamiast jednego (*Philosophical Transactions*, vol. I, p. 345), nieco później La Hire wynalazł pompy o podwójnem działaniu (*Mémoire de l'Académie des Sciences*, Paris, 1716), a w r. 1773 Moreland wziął patent w Londynie na pompy o *tłoku nurzającym*. Znakomite ulepszenia konstrukcyjne wprowadzili w r. 1813 i 1819 Hederwick i Muschenbrœck, za które angielskie *Society of Arts* pieniężną wyznaczyło nagrodę.

Ponieważ nieustanny ruch obrotowy przedstawia większe korzyści od ruchu postępowego zwrotnego, starano się więc o ulepszenie pomp w tym kierunku. Przez długi czas robione poszukiwania, żadnym prawie nie były uwieńczone skutkiem (*Remarks of Europa* by Brevel, part. II, p. 89) i dopiero w zeszłym stuleciu udało się dwóm znakomitym mechanikom, Brannah w Anglii i Dietz we Francyi, dopiąć zamierzonego celu, i stworzyć nowy system pomp, dzisiaj odśrodkowemi zwanych. Machiny te, ulepszone wkrótce przez Appold'a, Cogniard'a, Amos'a, Gwyne'go, Dumont'a, Neut'a i innych konstruktorów, przewyższyły pod wieloma względami zwyczajne pompy z tłokami, i zajęły w rządzie maszyn do podnoszenia wody jedno z miejsc najpierwszych.

Obok pomp odśrodkowych powstawały inne nowoczesne maszyny, między którymi *machiny słupowodne* wynalezione przez Denissart'a i Dueille'a w r. 1731 (*Mémoire de l'Académie des Sciences*), a przeznaczone do wydostawania wody z kopalni, na największą zasługują uwagę. Belidor opisał je w drugim tomie swej *Architecture hydraulique*, wydanej w r. 1739, a rozwinąwszy pierwotną maszyny ideę, wytłumaczył jej zasadę i wartość. W dziesięć lat później, niemiecki Inżynier Hœll zbudował pierwszą tego rodzaju maszynę w Schemnitz na Węgrzech. Późniejsze udoskonalenia, polegające na użyciu regulatorów tłokowych, wprowadził Inżynier Reichenbach, a okazem talentu sławnego bawarczyka są maszyny przez niego zbudowane między Rosenheim i Berchtesgaten w Bawaryi. W ostatnich latach (1831), Juncker, francuzki Inżynier Dróg i Mostów, wspierany radami Reichenbach'a, wystawił w Huelgoat w Bretanii maszynę słupowodną o pojedynczem działaniu, którą za

arcydzielo Sztuki Inżynierskiej uważać można. Zasluga za zamianę pojedynczego działania na podwójne należy się p. Pfletsch, który swój projekt w r. 1856 w Saint-Nicolas-Varangeville wykonał.

Drugą z nowoczesnych machin do podnoszenia wody jest *baran hydrauliczny*, wynaleziony w r. 1772 przez zegarmistrza Whitehurst'a w Derby (w Anglii), a ulepszony w r. 1797 przez Montgollier'a. Machina ta, godna uwagi ze względu na sposób działania i na jej prostotę, nie znalazła żadnego prawie zastosowania w praktyce.

Ale najgenialniejszym pomysłem współczesnej nam epoki, jest *przyrząd Giffard'a*, przeznaczony do zasilania wodą kotłów parowych, a będący najlepszym dowodem wysokiego nauk postępu. Przyrząd to prosty, ekonomiczny i pewny, zastępujący najlepsze pompy machin parowych, a działający bez dozoru i pośrednictwa człowieka. Olbrzymie tego przyrządu zastosowanie do machin parowych stałych, morskich i machin lokomotyw zachęcało Giffard'a do robienia ciągłych ulepszeń, z których ostatnie, wprowadzone przed paru laty, sięgają zupełnej doskonałości.

Ten krótki szkic historii machin wodnych daje dostateczne wyobrażenie o stopniowym ich rozwoju. Z jednej strony brak doświadczenia i znajomości sztuki rzemieślniczej, a z drugiej skromność wynagań i niski stopień przemysłu, były długo głównymi powodami ich niedoskonałości; później, gdy wzrastające życie przemysłowe stało się bodźcem do szczegółowych poszukiwań, zabrakło znowu teorii, głównej tych badań podstawy. Ale gdy w pośród walki, zawiązanej w ubiegłym stuleciu między potrzebami budzącego się życia przemysłowego i małymi zasobami technicznych wiadomości, poznano zasady Hydrodynamiki, ujrano także i prawdziwą podstawę teorii machin wodnych. W ślad za rozwijającą się teorią, zaczęła postępować i praktyka. Bossut, Aubuisson, Weisbach, Reichenbach, Francis, Poncelet, Morin i inni uczeni przedsięwzięli liczne doświadczenia, których owocem było wykazanie wad i przymiotów machin wodnych, poznanie okoliczności sprzyjających korzystnemu ich użyciu i wreszcie utworzenie prawideł oraz wzorów empirycznych. Budowa machin wodnych ulepszała się szybko w tych warunkach, a w ostatnich latach znacznie naprzód postąpiła.

Ostatecznie, teoria machin wodnych zostawia wiele jeszcze do życzenia, jakkolwiek główne jej zasady ściśle określone zostały. Przy dzisiejszym stanie Hydrauliki, którą uważać można za wstęp do nauki o bu-

dowie machin wodnych, trudno jest domagać się dokładnej i ściśle matematycznej teorii, chcąc bowiem poznać ruch maszyny wodnej, trzeba by znać ruch i działanie każdej cząsteczki cieczy osobno, jak również i wzajemne ich na siebie oddziaływanie. Ale brak ściślejszej teorii nie tak dotkliwie czuć się daje, jakby się tego spodziewać można, a to mianowicie z powodu, że badania czysto doświadczalne są w stanie zastąpić po części niedostatek analizy. Zresztą, o ściśle matematycznej teorii marzyć nawet nie można, bo do ruchu maszyny wodnej, jak w ogóle do ruchu każdego skomplikowanego układu ciał, wchodzi takie mnóstwo różnorodnych a niezależnych od siebie elementów, że ich połączenie w analityczne związki i prawidła zdaje się być rzeczą zupełnie niepodobną.

Mimo braku dokładnej teorii, budowa maszyn wodnych szczytowego dosięgła punktu, a pod względem wytrzymałości i doboru materiałów, oszczędności wydatków i piękności kształtów nie prawie do życzenia nie zostawiła. Dzięki praktycznemu zmysłowi bieżącego stulecia i ogólnemu rozwojowi nauk technicznych, maszyna wodna doznała zupełnego uznania i stała się jedną z niezbędnych niemal potrzeb codziennego życia.

Ale budowa maszyn wodnych w naszym kraju, a w szczególności budowa kół o osi poziomej, jedynych jakie u nas używają, zostawia wiele do życzenia. Ich konstrukcja, powierzana rzemieślnikom niemającym wyższego o rzeczy pojęcia, nie odpowiada warunkom, które w innych cywilizowanych krajach za niezbędne uważane bywają. Nauka wykazała dobitnie, że wielkość i kształt części składowych maszyny, jej położenie względem punktu przyłączenia siły poruszającej i oporowej, nie są bynajmniej dowolne, i że mnóstwo innych okoliczności więcej lub mniej ważnych wpływa na dobroć maszyny, to jest na stosunek pracy przesłanej przez maszynę do pracy wykonanej przez siłę poruszającą. U nas budowa kół tych, traktowana z zupełną nieznajomością teorii, a przynajmniej jej wskazówek, przedstawia smutny obraz niedbałości lub braku wiadomości zdobywanych doświadczeniem lub nauką. A jednak kraj nasz, tak dobrze uposażony w wodę i w różnej wielkości spadki, a stojący nisko pod względem indywidualnego bogactwa, mógłby i powinienby wyciągać korzyść z naturalnych bogactw, tych źródeł sił, głównych warunków istnienia przemysłu.

Teoria maszyn wodnych, mająca na celu przedstawienie najrzetelniej szego stanu ich budowy, dzielić się powinna na teorię kół wodnych i teorię maszyn do podnoszenia wody; że jednak koła wodne tworzą

dwie odrębne kategorie kół pionowych i poziomych, przeto najstosowniej jest dzielić ją na trzy poddziały, pierwszy o kółkach pionowych, drugi o poziomych a trzeci o maszynach do podnoszenia wody. Mając na uwadze sposób działania wody lub jej wejścia na koło, podzielić jeszcze wypada koła pionowe na podsiębierne, śródbierne i nasiębierne; koła pionowe na koła o oddziaływaniu, turbiny zwyczajne i stycznobierne, a maszyny do podnoszenia wody na pompy, przyrządy drugorzędne i maszyny słupowodne.

Podawamy w ten sposób ogólny pogląd na przedmiot, podział, historią i stan obecny tak Mechaniki analitycznej ciał płynnych, jak Hydrauliki i teorii maszyn wodnych, niewiele pozostaje nam do powiedzenia, na zamknięcie przedmowy, o samym dziele, które przedstawiamy na widok publiczny. Z jednej strony brak tego rodzaju dzieła w naszej literaturze, a z drugiej łatwość korzystania z olbrzymich materiałów nagromadzonych w stolicy Francji, skłoniły nas do podjęcia tej pracy. Doprowadziły ją do końca, dzięki naukom i radom uczonych profesorów naszych w szkole Dróg i Mostów w Paryżu i młodzieńczemu zapałowi podzielenia się nabytymi wiadomościami z ogółem pracowników na niwie nauk ścisłych.

Z tego wszystkiego co powiedzieliśmy o zadaniu i stanowisku Hydrauliki wynika, że do zgłębienia jej zasad niezbędną jest znajomość Mechaniki analitycznej, a tem samem i Analizy czyli Rachunku różniczkowego i całkowego. Czytelnik więc obeznany być powinien z głównemi przynajmniej zasadami tych umiejętności, przystępując do czytania niniejszej książki. Umieszczenie skróconego ich wykładu na wstępie dzieła, powiększyłoby tylko niepotrzebnie i tak już znaczne jego rozmiary. Mówimy « niepotrzebnie », gdyż dzieła specjalne, obejmujące wykłady tych umiejętności, a napisane w języku polskim, wychodzą obecnie na widok publiczny, nakładem Biblioteki Kórnickiej, a za staraniem Towarzystwa Nauk Ścisłych w Paryżu.

Książka niniejsza tworzy całkowity Kurs Hydrauliki, tak jak jest wykładana w wyższych szkołach inżynierskich, a zarazem i podręcznik, mogący się przydać inżynierom w ich rachunkach. W wielu jego częściach posilkowaliśmy się dziełami profesorów naszych, pp. Bresse i Collignon,

sprawdzając jednak zawsze u samych źródeł umiejętności, podawane zasady, przedstawiając je często w odmienny sposób, i pomnażając wynikami prac uczonych niemieckich, angielskich i włoskich, których badanie pomijane bywa zwykle przez Francuzów. Bez wątpienia bowiem, jeżeli ci ostatni trzymają dziś pierwszeństwo na niwie umiejętności stosowanych, a zwłaszcza Hydrauliki; to znów pominięcie często nader ważnych prac uczonych innych narodów, byłoby niewytłumaczoną wadą książki, mającej być obrazem obecnego stanu Mechaniki ciał płynnych i teoryi machin wodnych.

Z prawdziwą wreszcie radością przyszło nam mówić o doświadczeniach Generała Sokolnickiego, tudzież Inżyniera Witkowskiego i Sławeckiego, jako o pracach hydraulicznych (o ile wiemy), jedynych dokonanych przez Polaków, a dowodzących, że i u nas znaleźli się samodzielni badacze tych kwestyj, znający gruntownie przedmiot i chętni do z bogacenia go nowymi szczegółami.

Nie mamy tu potrzeby rozszerzać się nad planem naszego dzieła, który wymotywowany w przedmowie, przedstawiony jest jak najdokładniej w spisie rzeczy. Zaznaczmy tylko, odnośnie do teoryi machin wodnych, że starając się o przedstawienie jak najrzetelniej dzisiejszego stanu ich budowy, a zarazem mając na uwadze zakres wykładu, nie wdajemy się w obszerne i wykończone teorye tych machin wodnych, ale podajemy je w streszczeniu, przystępnie i dostatecznie; co się zaś tyczy kształtu samychże machin, to szkice umieszczone w tekście dają o nich szczegółowe dosyć pojęcie. Zastępując niedostatek najlepszej nawet teoryi wskazówkami praktycznymi, opartymi na powadze doświadczeń zasłużonych Inżynierów, staramy się pogodzić niezgodne czasem zdania francuzkich, niemieckich i angielskich uczonych, i wyciągnąć z nich wnioski prawdziwe. Nie nam to młodym i niedoświadczonym Inżynierom przystoi wkraczać w dziedzinę praktyki i nie dochodząc prawdy drogą teoryi, wyrzekać sąd o rzeczy; ale też wychodząc z zakresu wiadomości książkowych nie nadużywamy praw nam należnych, bo nie rzucając własnych swych myśli, streszczamy tylko owoce poszukiwań znanych powszechnie uczonych. Takim to sposobem dochodzimy do ustalenia reguł, które kierować mają Inżyniera przy wyborze maszyny wodnej.

Chcąc nadto ułatwić czytelnikom naszym poszukiwania w kwestyach hydraulicznych, podajemy na końcu wykaz dzieł, artykułów, rozpraw i sprawozdań, jakimi posilkowaliśmy się, tworzący rodzaj bibliografii

naszego przedmiotu, a mogący oddać pewne usługi tym, którzy ten przedmiot gruntownie poznać i zbadać zamierzają.

Pracując nad ułożeniem niniejszego dzieła, a nie mając żadnej pewności co do ogłoszenia go drukiem, nie spodziewaliśmy się tak rychłego urzeczywistnienia naszych pragnień. Zachęceni jednak przez Towarzystwo Nauk Ścisłych w Paryżu, które w jednym z artykułów swej ustawy « postanawia dokładać wszelkich starań, aby dzieła, publikacye lub artykuły przekraczające zakres Pamiętników, a mogące przynosić korzyść naukową Krajowi, pod względem swej treści lub sposobu przedstawienia, mogły być w najwłaściwszych warunkach ogłaszane drukiem lub litografią », pospieszyliśmy przedstawić Towarzystwu ukończone już części naszej pracy, poddając je pod jego światły sąd i oczekując pomocy w jej dokończeniu i wydaniu. Oczekiwania te nie zawiodły nas weale. Gdy wyznaczona zgodnie z przepisami ustawy specjalna Komisya, zbadawszy przedstawioną pracę, wydała o niej pochlebne dla autorów zdanie; Towarzystwo uznało *Wykład Hydrauliki* godnym druku, a zasłużony Prezes Towarzystwa, Hrabia JAN DZIAŁYŃSKI, nie szczędząc autorom pomocy i zachęty w jego ukończeniu, podjął się ponieść wszystkie koszta wydawnictwa. Niniejszej przedmowy nie możemy zakończyć lepiej i szczerzej, jak wynurzając naszą głęboką wdzięczność Mężowi, który przejęty szlachetną żądzą rozkrzewiania u nas nauk ścisłych, nie waha się używać także w tym celu sił młodych i niewypróbowanych, a pomnażając ojczystą literaturę nowemi dziełami, stara się zarazem o zwiększenie nielicznego zastępu pracowników.

Warszawa, 20 stycznia 1873.

Paryż, 25 stycznia 1873.

FELIKS KUCHARZEWSKI.

WŁADYSŁAW KLUGER.



110.267