

O metodach fizyki doświadczalnej, Uniwersytet Jagielloński, Kraków (23 V 1913)

Marian Smoluchowski (oprac. M. Dziekan, P. Polak)

[k. 1 (132)]¹

Wykład inauguracyjny 23/5 1913²

O metodach fizyki doświadczalnej.

Uroczysta to dla mnie chwila, kiedy po raz pierwszy staje na miejscu, z kąd niedawno jeszcze rozbrzmiewał głos [---]³ przedwcześnie zgasłego, czczonego mistrza profesora Augusta Witkowskiego i kiedy tym [---]⁴ sposobem dopełniam akt objęcia katedry, opromienionej sławą [Zygmunta] Wróblewskiego i [Augusta] Witkowskiego.

¹ W rękopisie znajduje się podwójna foliacja – oryginalna, zastosowana przez Smoluchowskiego (w jednym miejscu niekonsekwentnie stosowana jako paginacja) i wtórna, związana z włączeniem rękopisu do jednostki archiwalnej. W niniejszym opracowaniu jako podstawowe numery kart przyjęto numery oryginalne, natomiast w nawiasach okrągłych podano numery kart nadane w ramach jednostki archiwalnej BJ 9398 IV.

² Uwaga dopisana ołówkiem, prawdopodobnie podczas opracowania rękopisu.

³ Skreślenie nieczytelne.

⁴ Skreślenie: „aktem”.

Niestety nie znałem nigdy Wróblewskiego i tylko z prac jego poznać mogłem jego potężny umysł i jego [---]⁵ pełen inicyjatywy charakter. Nie byłem też nigdy uczniem Witkowskiego⁶.

[---]⁷ Miałem jednak szczęście poznać bliżej osobistość prof. Witkowskiego, [---]⁸ tak samo jak i Panowie, którzy byliście jego uczniami. My wszyscy zdobyliśmy tem samym [---]⁹ cenny skarb na całe życie – wszak sądzę że może [---]¹⁰ nie ma nic piękniejszego w życiu, jak [---]¹¹ poznawanie, jak obcowanie z ludźmi wielkimi i szlachetnymi.

[---]¹².

A Witkowski był wybitnym przedstawicielem owego typu mężów nauki jak [---]¹³ Helmholtz, Regnault, Kirchhoff, Clausius, których Ostwald nazywa [---]¹⁴ klasykami w przeciwstawieniu do romantyków. Nie rozpraszał swej działalności, nie

⁵ Skreślenie nieczytelne.

⁶ Zdanie pierwotnie przekreślone, ale następnie dodatkowo oznaczone, co sugeruje że Smoluchowski chciał wycofać skreślenie, tak też przyjęto w niniejszym opracowaniu.

⁷ Skreślenie nieczytelne.

⁸ Skreślenie nieczytelne.

⁹ Skreślenie nieczytelne.

¹⁰ Skreślenie nieczytelne.

¹¹ Skreślenie nieczytelne.

¹² Skreślenie: „Panowie byliście jego uczniami, tak samo i ja czczę go jako swego mistrza, mimo że nigdy uczniem jego nie byłem. Podobne wrażenie sądzę, każdy musiał odczuwać kto [dodatkowe skreślenie: „go bliżej”] się z nim zetknął osobiście, bo odczuwać musiał [zdanie niedokończone]”.

¹³ Skreślenie nieczytelne.

¹⁴ Skreślenie nieczytelne.

ośniewał różnorodnością i błyskotliwością pomysłów, tylko [---]¹⁵ lubił sobie obierać pewne określone zadania w ściśle ograniczonym zakresie i w rozwiązywaniu tych zadań dążył do prawdziwej doskonałości. Istotnie [---]¹⁶ każdą pracę którą rozpoczął, wykończył z niesłychaną starannością i z każdej zrobił swego rodzaju klasyczne arcydzieło. Cudowne jego wykłady, okraszone rzadkim darem wymowy [---]¹⁷, przepiękne jego dzieło o Zasadach Fizyki, a przede wszystkim [---]¹⁸ jego [---]¹⁹ doświadczalne prace naukowe, cechowane nie tylko pomysłowością ale zwłaszcza jakże niebywałą starannością [---]²⁰ wykonania, są przykładami tego dążenia [---]²¹ do doskonałości jak największej.

Jako taki umysł i charakter klasyczny Witkowski też [---]²² pozostanie nam w pamięci, [---]²³ pozostanie przykładem do naśladowania. Zdolności jego naśladować nie można [,] talenty są to dary szczęścia, przypadku; ale każdy może i powinien sobie wziąć przykład z jego nieustrudzonej pracowitości i jego głębokiego zamiłowania szczerzej prawdy. Pod tym względem

¹⁵ Skreślenie nieczytelne.

¹⁶ Skreślenie: „wszystko co zrobił”.

¹⁷ Skreślenie: „krasomówstwa, (którego mu [nieczytelny dopisek] zawsze zazdrościłem)”.

¹⁸ Skreślenie nieczytelne.

¹⁹ Skreślenie nieczytelne.

²⁰ Skreślenie nieczytelne.

²¹ Skreślenie słowa dopisanego powyżej, nieczytelne.

²² Skreślenie nieczytelne.

²³ Skreślenie nieczytelne.

Witkowski pozostanie nam ideałem[,] zawsze pierwowzorem męża nauki i sędzę że nie możnaby wcale lepiej rozpocząć naszych wykładów, jak oddając hołd i cześć jego pamięci.

[k. 2 (132v)] Z tej okazji rozpoczęcia wykładów, chciałbym też dzisiaj skorzystać, aby [---]²⁴ poruszyć pewne kwestye ogólniejsze, zanim przejdziemy do omawiania specjalnych zagadnień naszej nauki, a mianowicie chciałbym rozpatrzyć ogólne metody fizyki doświadczalnej.

[---]²⁵

Przedewszystkiem jedno tu muszę uczynić zastrzeżenie, [---]²⁶ odnoszące się już do samego tytułu wykładu, które może nie jest zbyt cenne ze względu na jeszcze dość częste nieporozumienie [---]²⁷. Mimo że zostałem mianowanym profesorem fizyki doświadczalnej, przyznam się otwarcie, że nie wiem, co to jest fizyka doświadczal[na], [nie] znam takiej nauki, albo raczej sędzę że taka nauka wcale nie istnieje, tak samo jak nie istnieje fizyka teoretyczna jako osobna gałąź nauki.

²⁴ Skreślenie nieczytelne.

²⁵ Dłuższe skreślenie obejmujące kilka prób sformułowania myśli: „Wszak fizyka tylko wtedy jest godna nazwy filozofii przyrody którą ją Newton obdarzył i którą anglicy(!) do dziś dnia ... [brak zakończenia]. Specjaliści podczas badań drobiazgowych często zapominają [brakujące: „co jest”(?)] celem i metodą danej nauki. Także dla specjalistów pracujących w danej... [nieczytelne]. Wszak zastanawianie się nad tego rodzaju kwestyami ogólnymi jest [brakujący fragment] jak mąż stanu wśród mnóstwa interesów polityki bieżącej zapominać nie powinien o tem, żeby czasem odbyć [zdanie niedokończone]”.

²⁶ Skreślenie nieczytelne.

²⁷ Skreślenie nieczytelne.

Podział na fizykę doświadczalną i teoretyczną jest taksamo nielogiczny, jak gdyby kto muzykę chciał dzielić na muzykę **komponowaną** i na muzykę **wykonywaną**. Każdy utwór muzyczny komponuje się na to aby został wykonany, a z drugiej strony nie można wykonać utworu, który nie był wprzód komponowanym. Podobnie też tylko **połączenie doświadczenia i teorii jest fizyką** i dlatego też kwestye metodologiczne nie dają się jasno rozdzielić(?). Robienie doświadczeń bez żadnych myśli teoretycznych [---]²⁸ byłoby pustą zabawką; a teorye bez podstaw doświadczalnych i bez sprawdzania doświadczalnego są pustymi fantazyami.

[---]²⁹ Konwencyonalna terminologia: fizyka doświadczalna i teoretyczna nie jest zatem szczęśliwie dobrana bo nie oznacza zatem podziału [---]³⁰ według [---]³¹ przedmiotu nauki, tylko określa różnicę – cprawda bardzo zasadniczą – w sposobie **wykładania** oraz oznacza różne **stadya twórczej pracy** naukowej w zakresie fizyki.

W zakresie studyów uniwersyteckich podział ten pochodzi z Niemiec, gdzie [---]³² w [---]³³ połowie ubiegłego wieku [---]³⁴ wyrobiły się pewne przeciwieństwa wskutek rywalizacji

²⁸ Skreślenie: „jest”.

²⁹ Skreślenie nieczytelne.

³⁰ Skreślenie nieczytelne.

³¹ Skreślenie nieczytelne.

³² Skreślenie nieczytelne.

³³ Skreślenie nieczytelne.

³⁴ Skreślenie nieczytelne.

skrajnie doświadczalnej szkoły fizyki H. Magnusa³⁵ w Berlinie a matematyczno-teoretycznej szkoły F. Neumanna³⁶ w Królewcu.

Dzisiaj taki przyjął się zwyczaj, że wstępne wykłady fizyki łączy się zazwyczaj z demonstracjami doświadczalnymi czyli pokazami. Jest to istotnie rzeczą konieczną w naszych stosunkach, gdzie strona doświadczalna nauki fizyki w szkołach średnich jest zawsze jeszcze tak niesłychanie zaniedbana. Chodzi zatem przede wszystkim o to, żeby nauczyć się patrzeć, obserwować, żeby zapoznać w [fragment dopisany na k. 3(133)] racjonalny sposób ucznia zapomocą ćwiczeń laboratoryjnych wykonanych przez uczniów samych, u nas prawie jeszcze nie ma. Gorąco zwracam apel przy tej okazji do tych z Panów którzy kiedyś [---]³⁷ się poświęcą zawodowi nauczycielskiemu żeby całą siłą dążyli do reformy tych stosunków [koniec dopisku]. Znaczna część naszych szkół uczy tylko **czytać** o zjawiskach przyrody. Zaręczali mnie niektórzy słuchacze, że pierwszy raz dopiero na uniwersytecie widzieli iskrę elektryczną!

³⁵ Heinrich Gustav Magnus (1802–1870) – znany niemiecki eksperymentator, zajmował się badaniami z zakresu fizyki i chemii, jego słynne laboratorium uważano za najlepiej wyposażone na całym świecie, a pracowali tam m.in. Rudolf Clausius i Hermann Helmholtz.

³⁶ Franz Ernst Neumann (1798–1895) – fizyk i matematyk, wraz z Carlem G. Jacobim założył w 1834 w Królewcu seminarium matematyczno-fizyczne (*mathematisch-physikalisches Seminar*), które z czasem stało się wzorem organizacji nauczania fizyki teoretycznej w innych niemieckich ośrodkach naukowych.

³⁷ Skreślenie nieczytelne.

To jest zapewne wypadek wyjątkowy; ale niestety [brak]³⁸ takich szkół **gdzieby panował[o] jedynie** [k. 3(133)] nauczanie ze zjawiskami fizycznymi. Dopiero gdy wyobraźnia się przyczepi [---]³⁹ do żywego obrazu może się na niej opierać argumentacja logiczno[-]matematyczna. Wyższe, specjalne kursa uniwersyteckie tzw. fizyka teoretyczna są właśnie dla tych obliczone, którzy już ze zjawiskami samymi się dostatecznie [---]⁴⁰ obeznali i dla tego też zwykle się odbywają bez pokazów doświadczalnych.

Jakkolwiek pouczające i potrzebne są tego rodzaju pokazy doświadczalne – jakich dzisiaj nie wykonuję, jakie bywają wykonywane na tym kursie – przecież wyraźnie chciałbym ostrzec przed mniemaniem, jakoby takie doświadczenia demonstracyjne były istotą pracy doświadczalnej we fizyce; one są tylko nadzwyczajnie powierzchowną ilustracją rzeczy właściwej.

[---]⁴¹ Co to jest wojna, poznać można tylko podczas prawdziwej bitwy, a nie z rewii i manewrów. Tak też znaczenia pracy doświadczalnej [---]⁴² nie nauczymy się nigdy, przypatrując się pokazom fizycznym, tylko wykonując własnoręcznie ćwiczenia i prace ekstern[nistyczne](?) w pracowni fizycznej. [---]⁴³. Tam

³⁸ Zdanie niejasne, wypowiedź uzupełniona z uwzględnieniem najbardziej prawdopodobnego kształtu zdania.

³⁹ Skreślenie nieczytelne.

⁴⁰ Skreślenie: „są”.

⁴¹ Skreślenie nieczytelne.

⁴² Skreślone: „nauczyć się możemy wyłącznie”.

⁴³ Skreślenie: „Ta praca laboratoryjna [dodatkowe skreślenie: „to są”] ona daje nam owe podstawy doświadczalnej fizyki i to jest właściwy przedmiot, o którym dzisiaj mówić zamierzałem”.

też tylko wykonać się dają te doświadczenia które tworzą właściwą teorię fizyki jako nauki ścisłej – to jest pomiary.

I nie tylko do nauki uniwersyteckiej, ale tak samo do szkoły średniej odnosi się zasada, której wyraz dał słynny angielski fizyk Faraday słowami: znaczenia eksperymentu nigdy zupełnie nie zrozumieję, dopóki go sam nie wykonam.

Praca laboratoryjna daje nam właściwe podstawy doświadczalne fizyki i doświadczenia **naukowe** tam [---]⁴⁴ wykonywane, a nie doświadczenia **wykładowe** są właściwym przedmiotem, który dzisiaj bliżej roztrząsać zamierzałem.

Nie będziemy się kłócić o definicję dośw[iadczenia], ale ...⁴⁵

W pojęciu doświadczenia, eksperymentu, leży pewien odcień, [---]⁴⁶ nadający mu wyższość ponad [---]⁴⁷ bierną obserwację. Eksperyment polega na tym, że pewne zjawisko fizyczne albo chemiczne dowolnie **wywołujemy** [---]⁴⁸ i tym samym umożliwiamy dowolnie często wykonania [---]⁴⁹ ścisłej obserwacji. Astronom nie może wykonywać doświadczeń, on musi się ograniczyć do biernej obserwacji zjawisk samodzielnie zachodzących na niebie, musi czekać aż się zdarzy zaćmienie

⁴⁴ Skreślenie nieczytelne.

⁴⁵ Zdanie niedokończone – Smoluchowski wyróżnił miejsce dla uzupełnienia, ale wydawało się mu ono być może oczywiste, więc nie zostało wykonane.

⁴⁶ Skreślenie nieczytelne.

⁴⁷ Skreślenie: „pojęcie”.

⁴⁸ Skreślenie: „albo przynajmniej na przebieg jego wpływamy”.

⁴⁹ Skreślenie: „to łączymy z”.

słońca, aż przyleci [---]⁵⁰ jakaś kometa w nasz system planetarny. [---]⁵¹ Prawie to samo się stosuje do geologii, a także nauki biologiczne [---]⁵², jak zoologia, botanika w znacznej mierze ograniczają się do biernej obserwacji zjawisk życiowych, tylko właściwie medycyna ma charakter nauki na wskroś eksperymentalnej – co prawda że tam chodzi o eksperymenty [---]⁵³ ryzykowne, a przy tym niestety mało nadające się do ścisłej analizy.

[k. 4(134)] Znaczenie doświadczeń nadzwyczaj trafnie [---]⁵⁴ objaśnia powiedzenie Leonardo da Vinci, że: „doświadczenie, to jest pytanie, przez człowieka zadane przyrodzie”.

Wbrew Göthemu fizyk nie czeka, aż przyroda sama [---]⁵⁵ do niego przemówi, on stawia pytania i zmusza przyrodę do odpowiedzi. Cała sztuka polega tylko na tem, żeby pytania stawiać [---]⁵⁶ jasno, umiejętnie, aby wymusić odpowiedź niedwuznaczną, jednym słowem: aby pytać się przyrody tak jak prokurator przy rozprawie sądowej!

Fizyk musi zatem [---]⁵⁷ postępować **celowo**, musi wiedzieć o co się pytać, [---]⁵⁸ a powinien też zrozumieć odpowiedzi.

⁵⁰ Skreślenie nieczytelne.

⁵¹ Skreślenie nieczytelne.

⁵² Skreślenie nieczytelne.

⁵³ Skreślenie nieczytelne.

⁵⁴ Skreślenie: „wydaje mi się”.

⁵⁵ Skreślenie: „zacznie mówić”.

⁵⁶ Skreślenie nieczytelne.

⁵⁷ Skreślenie nieczytelne.

⁵⁸ Skreślenie nieczytelne.

Eksperymentowanie bez jasno wytkniętego planu jest zabawką mało przynoszącą korzyści. Chłopiec, któremu rodzice sprawiają do zabawy maszynę elektryczną, maszynę parową, itp., może pozostać zupełnym nieukiem we fizyce; nie powiem, żeby ta zabawka była [---]⁵⁹ bez pożytku, bo przecież nieco się [---]⁶⁰ przyczynia do oswojenia się ze zjawiskami fizycznymi, ale korzyść jest **znikoma w porównaniu z tem, coby zajęcie celowo pomyślane** dać mogło.

Zdarza się co prawda także we fizyce, że nieprzewidziany „przypadek” naprowadzi eksperymentatora na jakieś ważne odkrycie, którego nigdy nie szukał, ale wbrew błędnemu mniemaniu laików jest to zdarzeniem całkiem wyjątkowym. Jako tego rodzaju charakterystyczne wypadki w historii fizyki wymienię: kilka fundamentalnych odkryć w zaraniu nauki elektryczności: Galvaniego⁶¹ (1789) odkrycie prądów galwanicznych i ich wpływ na ustrój zwierzęcy (żaby), Ørsted⁶² (1820) odkrycie działania prądów elektrycznych na igłę magnetyczną, Seebecka⁶³ (1821) odkrycie zjawisk termoelektryczności.

⁵⁹ Skreślenie nieczytelne.

⁶⁰ Skreślenie nieczytelne.

⁶¹ Luigi Galvani (1737–1798) – włoski fizyk, lekarz, fizjolog, znany z odkrycia wpływu elektryczności na tkanki zwierzęce, zjawiska te tłumaczył jednak hipotezą „elektryczności zwierzęcej”. Wyniki jego badań zainspirowały m.in. Alessandra Voltę do dalszych badań nad elektrycznością.

⁶² Hans Christian Ørsted (1777–1851) – duński fizyk i chemik, najbardziej znany właśnie z odkrycia zjawiska elektromagnetyzmu.

⁶³ Thomas Johann Seebeck (1770–1831) – niemiecki fizyk pochodzący z bogatej rodziny Niemców Bałtyckich, zajmował się badaniami

Z nowszych czasów tylko jedno całkiem przypadkowe odkrycie potrafię przytoczyć: odkrycie promieni Röntgena (1895). Odkrycia takie, w których zasługą odkrywcy jest [---]⁶⁴ spostrzeżenie zjawiska i zauważenie jego niezwykłości są nadzwyczajnie ważnymi [---]⁶⁵ faktami w historii wiedzy, bo stwarzają właśnie dziedziny całkiem nowe, ale jak wspominałem [---]⁶⁶ zdarzają się niestety nadzwyczajnie rzadko [---]⁶⁷.

Regularna normalna metoda postępu jest metodą celowej systematycznej pracy doświadczalnej.

Kwestya wyłaniająca się wobec tego: [„]Jaki cel wytknąć, jak plan doświadczenia obmyślić[?]” łączy się z ogólnym podziałem metod badania naukowego na⁶⁸ indukcyę i dedukcyę.

[---]⁶⁹ Indukcyę uważa się od czasów Bacona tj. od 16 wieku za charakterystyczną metodę rozumowania nauk przyrodniczych, [---]⁷⁰ podczas gdy dedukcyja [---]⁷¹ panuje zawsze wszechwładnie w matematyce. Przez indukcyę [---]⁷² rozumiemy jak wiadomo zanalizowanie wielkiej liczny specjalnych

nad oddziaływaniem światła na różne substancje (uznawany za prekursora fotografii barwnej), wraz z Goethem tworzył teorię kolorów, znany jako odkrywca efektu termoelektrycznego.

⁶⁴ Skreślenie nieczytelne.

⁶⁵ Skreślenie nieczytelne.

⁶⁶ Skreślenie nieczytelne.

⁶⁷ Skreślenie nieczytelne.

⁶⁸ Skreślenie: „metodę induktywną”.

⁶⁹ Skreślenie nieczytelne.

⁷⁰ Skreślenie nieczytelne.

⁷¹ Skreślenie nieczytelne.

⁷² Skreślenie nieczytelne.

[---]⁷³ faktów, systematyczne nazbieranie materiału, uporządkowanie tego materiału i wyciąganie ogólnych wniosków na [---]⁷⁴ podstawie tego materiału faktycznego [k. 5(135)] a nie na podstawie jakiejś z góry powziętej myśli. Tak postępuje zoolog, botanik, geolog itd. [---]⁷⁵ podczas gdy w matematyce panuje metoda przeciwna: dedukcja specjalnych rezultatów na podstawie [---]⁷⁶ ogólniejszych podstawowych prawideł.

Także w fizyce [---]⁷⁷ metoda indukcyjna znajduje **szero-
kie** zastosowanie i niektórzy w niej upatrują właściwą metodę pracy doświadczalnej. Przedewszystkiem **musimy** ją stosować w [---]⁷⁸ dziedzinach [---]⁷⁹ takich, w których nie mamy jeszcze żadnego przewodnika teoretycznego; [---]⁸⁰ dla tego też [---]⁸¹ zwykle w historii fizyki taki miały charakter badania fundamentalne, otwierające pewne nowe dziedziny. Jest to jednak metoda nadzwyczajnie mozolna i powoli wiodąca do celu przez [---]⁸² stopniowe poprawianie, ulepszanie, uogólnianie.

⁷³ Skreślenie: „wypadków”.

⁷⁴ Skreślenie: „tej”.

⁷⁵ Skreślenie: „[nieczytelne] a [nieczytelne] często także i fizyk”.

⁷⁶ Skreślenie: „ogólnych z góry znanych”.

⁷⁷ Skreślenie: „doświadczalnej”. Warto zwrócić uwagę na to skreślenie, wskazuje bowiem, że Smoluchowski niejako z rozpedu chciał używać utartego podziału, zauważył jednak, że z punktu widzenia metody fizyki nie można go utrzymać.

⁷⁸ Skreślenie nieczytelne.

⁷⁹ Skreślenie nieczytelne.

⁸⁰ Skreślenie nieczytelne.

⁸¹ Skreślenie nieczytelne.

⁸² Skreślenie nieczytelne.

Jeszcze stosunkowo prosto rzecz się przedstawia gdy chodzi o [---]⁸³ zbadanie wzajemnej zależności dwóch tylko wielkości. Tak np. Ptolemeusz (70–147) znał już zjawisko załamania się światła i wiedział że kat wpadania promienia [---]⁸⁴ jest większy od kąta załamania, gdy światło przechodzi z powietrza do wody. Robił doświadczenia. Ze [---]⁸⁵ swych doświadczeń [---]⁸⁶ i podał tablice znalezionych(?) doświadczalnie α , β ale daremnie usiłował znaleźć związek wzajemny(?) tak samo jak i długi szereg późniejszych uczonych (Alhazen, Kepler, itd.). Ścisłe prawo znalazł dopiero Snellius (1620) mianowicie znane prawo załamania $\sin\alpha/\sin\beta=n$, a z czasem dopiero poznał Newton że to prawo wymaga jeszcze pewnego uzupełnienia [---]⁸⁷ przez uwagę, że [w]spółczynnik załamania n jest różny dla różnych barw światła, czyli że występuje dyspersja, rozszczepienie światła, [---]⁸⁸ zjawisko które odtąd przez długie wieki pozostało przedmiotem badania induktywnego, [---]⁸⁹ a ostatecznie dopiero przez teorię elektronową do pewnego stopnia wyjaśnione zostało.

⁸³ Skreślenie nieczytelne.

⁸⁴ Skreślenie: „światła”.

⁸⁵ Skreślenie nieczytelne.

⁸⁶ Skreślenie: „wnioskował, że stosunek α/β jest stały”.

⁸⁷ Skreślenie nieczytelne.

⁸⁸ Skreślenie: „która”.

⁸⁹ Skreślenie nieczytelne.

Jako inne przykłady: prawo Wiedemann[a]⁹⁰-Franz[a], [prawo] Dulong[a]⁹¹-Petit[a]⁹², [prawo] **Stefan**[a]⁹³.

Bez porównania zawilsze i [---]⁹⁴ moźolniejsze są takie badania, gdy chodzi o zaleźność jednej wielkości od [---]⁹⁵ **więk-**
szej liczby wyników, [---]⁹⁶ **równie miarodajnych**. Jako klasyczny przykład wymienię [---]⁹⁷ badania Regnaulta⁹⁸ nad równaniem stanu gazów, w których chodziło o zbadanie zaleź-

⁹⁰ Gustav Heinrich Wiedemann (1826–1899) – niemiecki fizyk, prowadził badania z zakresu przewodnictwa cieplnego oraz magnetyzmu. W 1853 roku wraz z innym niemieckim fizykiem Rudolfem Franzem (1826–1902) sformułował prawo dotyczące związku między przewodnością cieplną i elektryczną metali (w 2011 roku odkryto pierwsze przypadki łamania tego prawa).

⁹¹ Pierre Louis Dulong (1785–1838) – francuski fizyk i chemik, prowadził badania związane z przewodnictwem ciepła i pojemnością cieplną.

⁹² Alexis Thérèse Petit (1791–1820) – francuski fizyk, zajmował się badaniem zjawisk cieplnych. Wraz z P. Dulongiem sformułował w 1819 r. doświadczalne prawo dotyczące molowej pojemności cieplnej pierwiastków w stanie stałym.

⁹³ Josef Stefan (1835–1893) – austriacki fizyk narodowości słoweńskiej, nauczyciel Ludwiga Boltzmana. Sformułował w 1879 r. przywoływane prawo, nazywane prawem Stefana lub Stefana-Boltzmana, które opisuje całkowitą moc wypromieniowywaną przez ciało doskonale czarne w danej temperaturze.

⁹⁴ Skreślenie: „trudniejsze”.

⁹⁵ Skreślenie nieczytelne.

⁹⁶ Skreślenie nieczytelne.

⁹⁷ Skreślenie: „klasyczne”.

⁹⁸ Henri Victor Regnault (1810–1878) – francuski chemik i fizyk, prowadził m.in. badania z zakresu przemiany ciepła właściwego gazów, prędkości rozchodzenia się dźwięku w gazach.

ności objętości gazu od dwóch wielkości: ciśnienia i temperatury gazu, lub analogiczne badania Witkowskiego, lub np. badania Konowałowa⁹⁹ nad ciśnieniem **pary nasyconej mieszanin cieczy, w zależności od składu mieszaniny i temperatury.**

Fizyk musi we wszystkich tych razach [---]¹⁰⁰ postępować metodycznie, zbadać systematycznie wpływ każdego czynnika dla każdej kombinacji wszystkich innych czynników – i to oczywiście ogromnie sprawę komplikuje. [---]¹⁰¹ Surowy rezultat pomiarów przedstawia wtedy albo we formie tablic, albo sposobem graficznym, zapomocą krzywych, a w wypadkach więcej zawiłych z wielką korzyścią może się posługiwać nowo powstałą gałęzią geometrii, tzw. nomografią (wynalezioną przez Pana D'Ocagne[własc. d'Ocagne]¹⁰²).

[k. 6(136)] To jednak nie wystarczy; nam chodzi o wyciągnięcie ogólnego wniosku z tego materiału zawiłego, o sformułowanie ogólnego prawidła, to jest o znalezienie wzoru matematycznego, któryby cały ten materiał objął w jednej formule. Tu występują teraz nowe trudności, natury teoretycznej, bo z jednej strony dążymy do wzorów matematycznych ilemożności [tj.

⁹⁹ Dmitrij P. Konowałow (1856–1929) – rosyjski chemik, prowadził badania w dziedzinie teorii roztworów, procesów katalitycznych i termochemii.

¹⁰⁰ Skreślenie: „wtedy”.

¹⁰¹ Skreślenie: „Wyniki potem można przedstawić albo”.

¹⁰² Maurice d'Ocagne (1862–1938) – francuski matematyk i inżynier, który w latach 1884–1891 opublikował szereg prac z teorii tzw. wykresów rachunkowych, twórca nazwy „nomogram” (*Traité de nomographie*, 1889).

najbardziej] prostych, a z drugiej strony pragniemy, żeby one się jak najdokładniej zgadzały z pomiarami faktycznymi. Czem zawilszy wzór, tem łatwiej go naturalnie dostosować do danych obserwacji, ale obserwacje muszą zawierać zawsze pewne błędy przypadkowe, zakrywające prostotę prawidłowości owej. Jak znaleźć ów najprostszy wzór matematyczny? Jakie odchylenia obserwacji od wzoru dopuścić jeszcze jako możliwe błędy?

To są kwestye, na które niepodobna dać ogólnej odpowiedzi – [---]¹⁰³ tu stwarza się pole dla pomysłowości i dla [---]¹⁰⁴ pewnego poczucia taktu badacza. [---]¹⁰⁵

Nieco paradoksalnie, ale swoją drogą trafnie zauważono, że zbytnia dokładność obserwacji może nawet utrudniać zadanie, gdyż zasłania prawidłowości grubsze, wskutek [---]¹⁰⁶ nałożenia na nich szczegółów drugorzędnych. Wiadomo np., że Kepler swe słynne trzy prawa, opisujące w tak prosty sposób ruch planet koło słońca, wyprowadził z surowego materiału obserwacyjnego dostarczonego przez duńskiego astronoma Tycho de Brahe. Otóż obserwacje tegoż ostatniego były właśnie dosyć dokładne, by dać poznać eliptyczność torów planetowych, by uwydatnić ich różnice od torów ściśle kołowych, a były zbyt niedokładne, by uwydatniać drobne zboczenia pochodzące jak dziś wiemy – od perturbacji, wzajemnych oddziaływań pla-

¹⁰³ Skreślenie: „to jest”.

¹⁰⁴ Skreślenie nieczytelne.

¹⁰⁵ Skreślenie: „Trafnie”.

¹⁰⁶ Skreślenie nieczytelne.

net. Gdyby [---]¹⁰⁷ dokładność owego materiału obserwacyjnego była [---]¹⁰⁸ zbyt duża (a tak samo gdyby była zbyt mała) [---]¹⁰⁹ nigdy by Kepler nie był przyrównał torów planetarnych do elips, nie byłby wygłosił swego prawa pierwszego; w skutek tego Newton nie byłby znalazł swego prawa ogólnej grawitacji, [---]¹¹⁰ które wyprowadził z praw Keplera; które tak ściśle się splotło z historią zasad mechaniki – [---]¹¹¹ i kto wie, na jak prymitywnym stanie by cała dzisiejsza nasza fizyka jeszcze była pozostała!

Dwie jeszcze łączą się ogólne uwagi z tym [---]¹¹² specjalnym przykładem.

Po pierwsze możnaby się spytać: Czemu badacz szuka prawa ilemożności prostego? Z kąd pochodzi ta ufność, że podstawowe prawa przyrody muszą być proste? {Newton $1/2^{2+0,05}$ }¹¹³ Jest to niewątpliwie jedno z najgłębszych i najtrud-

¹⁰⁷ Skreślenie nieczytelne.

¹⁰⁸ Skreślenie nieczytelne.

¹⁰⁹ Skreślenie nieczytelne.

¹¹⁰ Skreślenie nieczytelne.

¹¹¹ Skreślenie nieczytelne.

¹¹² Skreślenie nieczytelne.

¹¹³ Smoluchowski w szkicowym dopisku powyżej linii tekstu zdaje się wskazywać na jeden z zaskakujących elementów prostoty matematycznych struktur w fizyce, widoczny dobrze na przykładzie prawa grawitacji Newtona. Gdyby w wykładniku mianownika potęga tylko nieco różniła się od 2, wówczas tory planet i Księżyca byłyby bardzo skomplikowane, trudne do zrekonstruowania na podstawie obserwacji. Bardzo prawdopodobna wydaje się jednak inna możliwa interpretacja tej zagadkowej notatki. Smoluchowski jako wytrawny znawca historii fizyki był zapewne świadom trudności, jakie stały

niejszych zagadnień całej filozofii przyrody. Niektórzy fizycy, zwłaszcza zwolennicy Kirchhoffa. Macha, Pearsona zapewne odpowiedzą: dla tego szukamy prawideł najprostszych, bo tylko takie nam są **użyteczne** w nauce, tylko prawidła proste **ułatwiają nam ekonomię myślenia**; nauka złożona z prawideł zawiłych byłaby nieprzejrzysta, zatracałaby dla nas swą wartość. W takim poglądzie „nominalistycznym” [---]¹¹⁴ tkwi niewątpliwie ziarno prawdy, ale sądzę, że nie jest to tłumaczeniem wystarczającym¹¹⁵.

[k. 7(137)] Tłumaczy to, czemu **szukamy** prostoty w zasadniczych prawach przyrody, ale nie wyjaśnia jeszcze dlaczego ją **znajdujemy**. Dla czego np. w naukach biologicznych nie udaje się znalezienie prawideł o podobnej prostocie? Otóż zdaje mi się, że istnieją też pewne **obiektywne** powody prostoty zasad-

przed Newtonem, gdy próbował sformułować prawo powszechnego ciężenia i próbował ten prosty wzór pogodzić ze skomplikowanym ruchem Księżyca. Dobrą analizę historyczną wspomnianych problemów można znaleźć w bardzo wnikliwym opracowaniu (Wawrzycki, 2011, s. 35–40).

¹¹⁴ Skreślenie: „który prawidłowość ...[słowo nieczytelne] uważa nie za coś obiektywnego, tylko za utwór naszego ustroju”.

¹¹⁵ Interesujące jest to, że Smoluchowski nie dystansował się zupełnie od poglądów empiriokrytyków znanych dobrze w środowisku krakowskim, ale wskazywał raczej na dodatkowe, nieuwzględnione przez nich uwarunkowania problemu. Znalazł je w obiektywnych własnościach struktur matematycznych użytych w wyjaśnianiu rzeczywistości. W ten sposób wyraźnie nawiązywał do programu W. Heinricha stworzenia nowej filozofii przyrody po empiriokrytycyzmie (por. Polak, 2011).

nicznych praw przyrody; i że tkwią one w pewnych właściwościach matematyczno[-]geometrycznych.

Tak n.p. prostota praw zasadniczych sprężystości, prawa Ohma w elektryczności, **praw Fouriera** w przewodnictwie cieplnym itd. tkwi w tem co matematyk nazywa rozwinięciem [---]¹¹⁶ funkcji w szereg [---]¹¹⁷ Taylora. A wykładnik 2 w prawie Newtona ($1/r^2$), powtarzającym się wielokrotnie w najróżniejszych działach fizyki (żeby wspomnieć choćby tylko o n.p. prawie Coulomba w elektrostatyce), jest może w związku z również **prostą właściwością naszej przestrzeni**, która posiada właśnie **trzy** wymiary, nie zaś 3,5 albo 3,001. Ale może tu już zdaleko odbijamy od naszego właściwego tematu.

Zauważyć chciałbym jednak jeszcze, że Kepler prawa swoje znalazł [---]¹¹⁸ nie postępując sposobem czysto induktywnej empirycznej kalkulacji, tylko na podstawie pewnych bardzo fantastycznych i zgoła nieuzasadnionych teorii. Różne fantastyczne spekulacje jak porównywanie torów planet z wielościanami umiarowymi [tj. foremnymi, platońskimi] [---]¹¹⁹ zawiodły go, jedna próba się udała i wydała jako wynik owe trzy prawa. W ogóle już w ujęciu surowego materiału w ogólne wzory ujawnia się robota spekulacji; tu już teoretyczne poglądy, [---]¹²⁰ chociażby chwiejne i niepewne, ogromne mogą oddać usługi.

¹¹⁶ Skreślenie nieczytelne.

¹¹⁷ Skreślenie nieczytelne.

¹¹⁸ Skreślenie: „za pomocą”.

¹¹⁹ Skreślenie nieczytelne.

¹²⁰ Skreślenie: „jakkolwiek”.

Często też zdarza się podział pracy na tym właśnie punkcie: jeden badacz, mający tylko pociąg do eksperymentowania, zbiera [---]¹²¹ systematycznie surowy materiał doświadczalny. Inny badacz, teoretyk, analizuje te wyniki i z nich wyciąga ogólne wnioski. Widzimy zatem, że [---]¹²² interpretacja zdobytych surowych wyników doświadczalnych już często wchodzi w zakres działania teorii.

[---]¹²³ Jeszcze bez porównania większy jest udział teorii w badaniu fizycznym przy przy [---]¹²⁴ pracach drugiego [---]¹²⁵ rodzaju, do których obecnie przechodzimy, postępujących metodą **dedukcyjną**. Śmiem twierdzić, że tego rodzaju prace są właśnie najwięcej charakterystyczne dla fizyki i że to jest [---]¹²⁶ najowocniejszą metodą badania fizycznego. Sposób jest dobrze znany: u samych podstaw [---]¹²⁷ badania naszego pojawiają się myśli teoretyczne, robimy hipotezę podstawową – oczywiście nie wyssaną z palca, tylko nasuniętą pewnymi analogiami itp. – i z tąd wyprowadzamy specjalne wnioski, [---]¹²⁸ nadające się do kontroli eksperymentalnej, a z wyniku wnosimy na odwrót o prawdziwości założenia podstawowego. Przykładów tego rodzaju dostarcza nam historia fizyki bez miary.

¹²¹ Skreślenie nieczytelne.

¹²² Skreślenie nieczytelne.

¹²³ Skreślenie nieczytelne.

¹²⁴ Skreślenie nieczytelne.

¹²⁵ Skreślenie nieczytelne.

¹²⁶ Skreślenie nieczytelne.

¹²⁷ Skreślenie nieczytelne.

¹²⁸ Skreślenie nieczytelne.

Jako klasyczny przykład przytoczę teorię elektromagnetyczną światła. Maxwell wychodząc ze spekulacji zupełnie hipotetycznych [---]¹²⁹, [---]¹³⁰ posługując się nawet świadomie [---]¹³¹ trochę [k. 8(138)] fantastycznymi obrazami mechanicznymi doszedł dedukcyjnie do ogólnych równań pola elektromagnetycznego, z których wyciągnął wniosek, że siły elektromagnetyczne rozchodzić się muszą w przestrzeni z prędkością światła, wytwarzając zjawisko analogiczne do zjawisk falowania. Wówczas było to przypuszczenie nadzwyczaj śmiałe z powodu chwiejności podstaw¹³². Dopiero po śmierci Maxwella Hertz [---]¹³³ wykazał doświadczalnie istnienie tych fal elektrycznych; i owe badania nie tylko potwierdziły prawdziwość równań pola elektromagnetycznego, podanych hipotetycznie przez Maxwella, ale z czasem [---]¹³⁴ sprawdzono też Maxwella przypuszczenia że światło polega właśnie na takich falach elektromagnetycznych. Co więcej, przed kilkunastu laty dopiero udało się sprawdzić doświadczalnie dalszy wniosek, także wówczas już przez Maxwella teoretycznym rozumowaniem wysnuty, że światło wpadając na ciała musi na nie wywierać pewne ciśnienie: zjawisko nadzwyczajnie

¹²⁹ Skreślenie: „a może nawet fantastycznych”.

¹³⁰ Skreślenie nieczytelne.

¹³¹ Skreślenie nieczytelne.

¹³² Dopisane nad linią tekstu: „Wówczas było to przypuszczenie [słowo nieczytelne] światła z powodu chwiejności podstaw”.

¹³³ Skreślenie: „udowodnił, że istotnie”.

¹³⁴ Skreślenie: „wykazano”.

[---]¹³⁵ subtelne, ale o niezmiernem znaczeniu w teorii promieniowania.

W tego rodzaju badaniach [---]¹³⁶ myśl teoretyczna poprzedza zatem badania doświadczalne, ona zakreśla cel i sposób przeprowadzania doświadczenia i w tym właśnie leży nieoceniona korzyść [---]¹³⁷, że z góry wiemy, jak pytanie niedwuznacznie sformułować. A nawet jeśli doświadczenie da wynik ujemny i to będzie wynikiem ważnym i ciekawym(?).

Możnaby [---]¹³⁸ badanie fizyczne porównać z [---]¹³⁹ błąkaniem się wędrowca w nieznanym zupełnie pierwoborze [lesie dziewiczym, pierwotnym]. Nie mając żadnego sposobu orientacji z wdzięcznością przyjmie przewodnictwo [---]¹⁴⁰ napotkanego strumyka. Dokąd go zaprowadzi, czy do celu właściwego, [---]¹⁴¹ tego nie wie – ale przynajmniej to rzecz pewna, że [---]¹⁴² idąc za nim gdzieś dojdzie, że nie będzie się wiecznie kręcić w kółko.

Różnica zasadnicza takich badań doświadczalnych opartych na przesłankach teoretycznych w porównaniu z dedukcyjnym rozumowaniem w matematyce polega oczywiście na tem, że w matematyce owe podstawowe założenia z których wychodzimy, są z góry dane jako twierdzenia(?) pewne, oczywiste,

¹³⁵ Skreślenie: „małe, ale”.

¹³⁶ Skreślenie: „praca”.

¹³⁷ Skreślenie: „że mamy wtedy w teorii”.

¹³⁸ Skreślenie nieczytelne.

¹³⁹ Skreślenie: „wędrowką zbłąkanego”.

¹⁴⁰ Skreślenie nieczytelne.

¹⁴¹ Skreślenie nieczytelne.

¹⁴² Skreślenie nieczytelne.

a we fizyce przeciwnie zasadnicze prawa są tą rzeczą [---]¹⁴³ hipotetyczną, stwierdzamy zaś konkluzye ostateczne i tak na odwrót wnioskujemy o podstawach.

Tej metodzie dedukcyjno-empirycznej [---]¹⁴⁴ niewątpliwie zawdzięczamy największe tryumfy we fizyce i czem dalej nauka postępuje, tem pewniejsze stają się spekulacye teoretyczne, tem śmieiej i bezpieczniej można tą drogą postępować. Zwłaszcza teoria atomistyczna i teoria elektronowa okazały się przewodnikami jak dotychczas nieomylnymi, którym w znacznej mierze fizyka (i chemia) [---]¹⁴⁵ zawdzięczają swój dzisiejszy rozkwit, a w ostatnich czasach w zadziwiający sposób zaczyna z nimi współzawodniczyć(?) tzw. teoria kwantów. Do jakiej śmiałości też dochodzą spekulacye dzisiejszych fizyków: Rutheford $\text{He} \times \text{Ra}$, ...¹⁴⁶.

Angielski fizyk Schuster¹⁴⁷ powiada: „Doświadczenia [---]¹⁴⁸ przeprowadzane sposobem, jaki niektórzy uważają za jedynie naukowy, tj. gdy badacz bez jakichkolwiek teorii lub z góry

¹⁴³ Skreślenie nieczytelne.

¹⁴⁴ Skreślenie: „jest”.

¹⁴⁵ Skreślenie nieczytelne.

¹⁴⁶ Nazwiska nieczytelne.

¹⁴⁷ Arthur Schuster (1851–1934) – brytyjski fizyk niemieckiego pochodzenia, studiował m.in. u Wilhelma Eduarda Webera i Hermanna von Helmholtza. Zajmował się m.in. spektroskopią, elektrochemią, optyką i obrazowaniem przy pomocy promieni Röntgena. Do tegoż fizyka Smoluchowski odwoływał się również w swym odczycie *O elektronach*, który również publikujemy w niniejszym zeszycie ZFN.

¹⁴⁸ Skreślenie nieczytelne.

powziętych pojęć usiłuje klasyfikować fakty poznane, rzadko dają wyniki wartościowe.

Postęp zaznaczał się zawsze z chwilą, gdy do przedmiotu się zabrano z pewnym określonym celem: albo idąc za jakąś teorią, choćby najprymitywniejszą, którą wypadało sprawdzić, albo też mając na oku jakiś związek liczbowy, który bliżej zbadać należało”.

[k. 9(139)] Podkreślam to wszystko aby zaznaczyć ważność wykształcenia teoretycznego dla fizyka, nawet jeżeli eksperymentuje(?).

Całe niebezpieczeństwo przy badaniach tego rodzaju polega tylko na tem, że myśl z góry powzięta łatwo może zamuścić obiektywność sądu. Fatalny [---]¹⁴⁹ jest taki badacz [---]¹⁵⁰ – zdarzają się niezbyt rzadko – który zawsze tylko to widzi, czego pragnie! Taka praca doświadczalna, polegająca na sprawdzaniu przypuszczeń teoretycznych, wymaga zatem najwyższego stopnia samokrytyki i zamiłowania do obiektywnej prawdy.

W historii fizyki oprócz tych dwóch typowych metod badania, indukcyjnej i dedukcyjnej (ze sprawdzeniem a posteriori) napotykamy też często przykłady, gdzie obie się splatają ze sobą w dziwny sposób. Przykładem tego jest n.p. odkrycie radu i polonu przez Państwo Curie.

[---]¹⁵¹ Kilka tych słów dorzucić chciałbym jeszcze w jednym tego rodzaju przykładzie: o historii zasad termodynamiki.

¹⁴⁹ Skreślenie nieczytelne.

¹⁵⁰ Skreślenie nieczytelne.

¹⁵¹ Skreślenie nieczytelne.

W roku 1775 Akademia Paryska ogłosiła uchwałę, że odąd nie będzie przyjmować żadnych [---]¹⁵² projektów skonstruowania perpetuum mobile, uznając z góry wszelkie takie usiłowania za niewykonalne. [---]¹⁵³ Jakże miała ku temu powody? Jedyne ten argument, że mimo licznych usiłowań nikomu do owego czasu się nie udało skonstruowanie takiego *perpetuum mobile*. Jest to wspaniały przykład indukcji ogólnego prawa z empirycznych faktów, ale [---]¹⁵⁴ postępowanie Akademii wówczas było nadzwyczaj ryzykowne. Jakżebyłaby się wówczas ośmieszyla, gdyby wówczas była zadekretowała, że nigdy nie uda się nikomu skonstruowanie maszyny do latania w dowolnym kierunku w powietrzu – wszak to również był problem wówczas nie rozwiązany.

Jednak dziwnym trafem akademicy paryscy mieli [---]¹⁵⁵ przecucie słuszne. Zasada niemożliwości *perpetuum mobile* z czasem we fizyce przybrała z jednej strony formę zasady zachowania energii, [---]¹⁵⁶ z drugiej strony formę zasady entropii, i na tych dwóch zasadach oparł się cały wielki dział fizyki: termodynamika. Czy to wszystko zatem spoczywa tylko na fackie, że dotychczas nie skonstruowano żadnego *perpetuum mobile*? To byłby argument bardzo słaby; [---]¹⁵⁷ wiarę w termodynamikę

¹⁵² Skreślenie nieczytelne.

¹⁵³ Skreślenie: „Czy miała ona ku temu jakiegobądź”.

¹⁵⁴ Skreślenie nieczytelne.

¹⁵⁵ Skreślenie: „trafne”.

¹⁵⁶ Skreślenie nieczytelne.

¹⁵⁷ Skreślenie nieczytelne.

czerpiemy dzisiaj z tego, że [---]¹⁵⁸ cała olbrzymia masa wniosków sporządzonych [,] które z owych zasad wyprowadzono, się sprawdzają doświadczalnie. Jest to zatem równie dobrze przykładem drugiego sposobu dedukcyjnego badania jak i pierwszego indukcyjnego.

[---]¹⁵⁹ Miałem początkowo zamiar pomówić jeszcze nieco obszerniej o samej technice laboratoryjnej, o sposobach wykonywania [---]¹⁶⁰ pomiarów. Ale czas mi na to nie pozwala, zresztą [---]¹⁶¹ przedmiot ten może już więcej nadaje się do laboratorium niż do sali wykładowej. [---]¹⁶² Zwróć tylko uwagę Panów na różnicę w tym względzie się ujawniającą u różnych badaczy, według ich upodobań – i środków rozporządzalnych.

[k. 10(140)] Słynne było kiedyś laboratorium Quincke’go¹⁶³ w Heidelbergu z tego, że tam niemal wszystko skonstruowano własnym pomysłem z pudełek od cygar, rurek szklanych i laku. To jest oczywiście prymitywność prostota przesadna, choć [---]¹⁶⁴ z drugiej strony niesłuchanie ceną jest umiejęt-

¹⁵⁸ Skreślenie nieczytelne.

¹⁵⁹ Skreślenie nieczytelne.

¹⁶⁰ Skreślenie nieczytelne.

¹⁶¹ Skreślenie: „trudno o tem rozprawiać bez pomocy do...”.

¹⁶² Skreślenie nieczytelne.

¹⁶³ Georg Hermann Quincke (1834–1924) – niemiecki fizyk doświadczalny, pracował w Heidelbergu w latach 1875–1907, zajmował się różnorodnymi badaniami, jego prace z zakresu zjawisk włoskowatości uważane są dziś za klasyczne.

¹⁶⁴ Skreślenie: „podkreślić trzeba”.

ność radzenia sobie samemu¹⁶⁵, prostymi środkami, które [---]¹⁶⁶ w najwyższym stopniu posiadają zwłaszcza Anglicy [---]¹⁶⁷.

[---]¹⁶⁸ Przepych¹⁶⁹ [---]¹⁷⁰ i bogactwo laboratoryów amerykańskich, niektórych niemieckich i rosyjskich często bynajmniej nie idzie w parze z doniosłością badań tam wykonanych.

Wszak i tu prawdą jest, że ważniejsza jest umiejętność skrzypka niż [---]¹⁷¹ jakość skrzypiec, choć naturalnie i ta ostatnia bynajmniej nie jest obojętna. Przepych laboratoryów jest zbyteczny, chodzi jednak o to żeby esencjonalne części przyrządów były najlepszej jakości, nie zaś [---]¹⁷² dodatkowe szczegóły. Wszak wiadomo że tak samo dla [---]¹⁷³ jakości obrazu fotograficznego miarodajną jest przedewszystkiem soczewka, a różne, często skomplikowane i kosztowne uboczne szczegóły aparatu fotograficznego mogą się przyczyniać do wygody fotografa ale nie mają znaczenia zasadniczego.

Wymagania co do precyzji właściwych przyrządów mierniczych, na których ostatecznie cała dokładność wyników pracy

¹⁶⁵ Skreślenie nieczytelne.

¹⁶⁶ Skreślenie nieczytelne.

¹⁶⁷ Skreślenie: „podczas gdy absolwenci naszych szkół średnich zwykle są”.

¹⁶⁸ Skreślenie nieczytelne.

¹⁶⁹ Skreślenie nieczytelne.

¹⁷⁰ Skreślenie nieczytelne.

¹⁷¹ Skreślenie nieczytelne.

¹⁷² Skreślenie: „drugorzędne”.

¹⁷³ Skreślenie nieczytelne.

polega, wzrastają oczywiście [---]¹⁷⁴ ustawicznie i dzisiaj z politowaniem patrzymy na przyrządy używane kilkadziesiąt lat temu.

[---]¹⁷⁵ Może dla charakterystyki przytoczę choć kilka dat [tj. danych] ilustrujących precyzję dzisiejszych pomiarów. Do pomiarów najdokładniej dających się wykonać należy ważenie. Tak trzy lata temu przy porównaniu prototypu kilograma [---]¹⁷⁶ austriackiego ? N°14 z paryskim oryginałem etalonem znaleziono [---]¹⁷⁷ różnicę $-0,013 \pm 0,002$ mg, to znaczy, że precyzja pomiaru wyniosła 0,002 mg na 1 kg, to jest $2 \cdot 10^{-9}$ część wielkości mierzonej.

Granicę czułości dającej się dzisiaj osiągnąć w ważeniach reprezentuje nam mikrowaga Ramsaya, służąca tylko do mierzenia ciężarów mniejszych niż 0,03 mg, a w tem daje dokładność ± 0.000003 mg! To jest waga zapomocą której Ramsay oznaczał gęstość i ciężar ...¹⁷⁸ emanacyi(?) radowej(?).

[---]¹⁷⁹ Najszybciej postępuje jednak wydoskonalenie przyrządów elektrycznych; dawne przyrządy lorda Kelvina jego elektrometry i galwanometry, które jeszcze [---]¹⁸⁰ 30(?) lat temu były podziwiane jako *non plus ultra* czułości i precyzji, dzisiaj

¹⁷⁴ Skreślenie nieczytelne.

¹⁷⁵ Skreślenie nieczytelne.

¹⁷⁶ Skreślenie nieczytelne.

¹⁷⁷ Skreślenie nieczytelne.

¹⁷⁸ Słowo nieczytelne.

¹⁷⁹ Skreślenie: „Jeszcze bez porównania szerszy jest zakres”.

¹⁸⁰ Skreślenie nieczytelne.

są już zupełnie przestarzałe. [---]¹⁸¹ Wiadomo zresztą, że w zakresie elektryczności tak czułe metody miernicze się dają skonstruować że [---]¹⁸² można zmierzyć naboje pojedynczych elektronów (Millikan¹⁸³, Ioffe¹⁸⁴, etc.).

Jaskrawy przykład konieczności wyposażenia materialnego dała historia skroplenia helu; [---]¹⁸⁵ próby skroplenia w pracowni prof. Olszewskiego, który jak wiadomo na tem polu należy do pierwszych pionierów postępy [właśc. postępu] zostały [k. 11(141)] udaremnione brakiem środków dostatecznych. Udała się rzecz częściowo 1908 Kamerlinghowi Onnesowi¹⁸⁶ w słynnym laboratorium kriogenicznym(?) w Leyden, dzięki temu, że mógł sobie stworzyć 20 litrów ciekłego wodoru

¹⁸¹ Skreślenie nieczytelne.

¹⁸² Skreślenie nieczytelne.

¹⁸³ Robert Andrews Millikan (1868–1953) – amerykański fizyk, w 1911 r. przeprowadził słynne doświadczenie, w którym wykazał stałość ładunku elektronu i określił jego wartość (eksperyment Millikana), laureat Nagrody Nobla w dziedzinie fizyki (1923) za „pracę nad elementarnym ładunkiem elektrycznym i efektem fotoelektrycznym”.

¹⁸⁴ Abram Fiodorowicz Ioffe (ros. Абрам Фёдорович Иоффе) (1880–1960) – rosyjski fizyk, uważany za twórcę radzieckiej szkoły fizyki, zajmował się m.in. badaniami ciała stałego, niezależnie od Millikana prowadził badania nad ładunkiem elektrycznym elektronu (doświadczenie Ioffego).

¹⁸⁵ Skreślenie nieczytelne.

¹⁸⁶ Heike Kamerlingh Onnes (1853–1926) – fizyk holenderski, twórca laboratorium niskich temperatur, m.in. skroplił hel (1908) i odkrył zjawisko nadprzewodnictwa (1911), laureat Nagrody Nobla w dziedzinie fizyki (1913) „za badania dotyczące właściwości materii w niskich temperaturach, które doprowadziły, między innymi, do wytworzenia ciekłego helu”.

i że posiadał zapas 200 litrów helu! Obecnie dzięki swym tego rodzaju urządzeniom technicznym w Leyden [---]¹⁸⁷ fizycy doszli do temperatury $-271,75^{\circ}$ [C] tylko o 1,15 odległej od bezwzględnego zera. A jakie nowe perspektywy otworzyły badania właściwości ciał w owych temperaturach, jakie zupełnie nieoczekiwane rezultaty ono wciąż wydaje, o tem dzisiaj głośno w bieżącej literaturze naukowej. Co prawda że prof. Nerst¹⁸⁸ w Berlinie, referując niedawno o pracach w owych niskich temperaturach w swoim laboratorium wykonanych, [---]¹⁸⁹ wytłumaczył że otrzymanie litru wodoru skroplonego dla niego jest rzeczą równie łatwą jak dostanie kufła piwa z restauracji. Rozumie się że tylko instytuty wyposażone ogromnymi środkami mogą¹⁹⁰ **spółzawodniczyć**, [---]¹⁹¹ tylko one mogą **skutecznie** brać udział w postępie umiejętności, w tak zawrotnym coraz szybszym tempie się odbywającym na całym obszarze fizyki. Niestety rządy zazwyczaj zasadę poprawy środków materialnych uznają co do armat szybkostrzelnych i ...¹⁹², ale nie co do instytutów naukowych.

¹⁸⁷ Skreślenie: „Rządy doskonale wiedzą, że ... [dodatkowe skreślenie nieczytelne] działa szybkostrzelne mają wyższość nad dawnymi armatami”.

¹⁸⁸ Walter Hermann Nernst (1864–1941) – niemiecki fizyk i chemik, laureat Nagrody Nobla z chemii (1920).

¹⁸⁹ Skreślenie nieczytelne.

¹⁹⁰ Skreślenie nieczytelne.

¹⁹¹ Skreślenie nieczytelne.

¹⁹² Słowo nieczytelne.

[---]¹⁹³ Na szczęście i my jeden wielki krok zrobiliśmy na-przód pod tym względem, dzięki niestrudzonej inicjatywie, nie-zmordowanej pracy prof. Witkowskiego. [---]¹⁹⁴ Kiedykolwiek wstępujemy w mury tego instytutu, myśl nasza zwraca się znów ku jego [---]¹⁹⁵ założycielowi. Odczuwamy głęboką wdzięczność, a równocześnie także czujemy zobowiązanie na nas spoczywające. Gmach jest wspaniały, oby się okazał wspaniałym źródłem pracy twórczej, [---]¹⁹⁶ oby się zaznaczył [---]¹⁹⁷ potężnie w postępie naszej nauki ku nieznanym jeszcze **horyzontom**.

Opracowania pomocnicze

- Polak, P., 2011. U źródeł krakowskiej filozofii przyrody. *Studia z Filozofii Polskiej*, [online] 6, s. 135–153. Dostępne na: <https://www.researchgate.net/publication/262363588_U_zrodel_krakowskiej_filozofii_przyrody>.
- Wawrzycki, J., 2011. Wstęp. W: *Matematyczne zasady filozofii przyrody*. Kraków – Rzeszów: Copernicus Center Press – Konsorcjum Akademickie, s. 19–165.

¹⁹³ Skreślenie: „Co prawda że rządy doskonale wiedzą”.

¹⁹⁴ Skreślenie: „Jego osobie poświęciłem kilka słów wstępnych”.

¹⁹⁵ Skreślenie: „osobie”.

¹⁹⁶ Skreślenie: „naukowej”.

¹⁹⁷ Skreślenie nieczytelne.