

O teoriach elektryczności, **Polskie Towarzystwo** **Przyrodników im. Kopernika,** **Kraków (22 III 1901)**

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

[k.1] Wykład w Krakowie, 22 III 1901,
„O teoriach elektryczności”

[k.2] Szereg wykładów o elektr[yczności], z których 11 poprzednich poświęconych było fizyce doświadczalnej tego przedmiotu, mamy zakończyć dzisiaj pogadanką z zakresu fizyki teoretycznej. Jaki jest właściwie cel teorii(?)[---]¹, na czym polegają takie teoretyczne rozważania? Może to objaśni częściowo przykład z innej gałęzi przyrodoznawstwa: wyobraźmy sobie, że ktoś zakłada gabinet² historii naturalnej dajmy na to specjalnie: gabinet mineralogiczny. Przedewszystkiem musi się starać zebrać dostateczną ilość okazów, minerałów [---]³, musi zbierać materiały – tak samo jak fizyk musi zbierać materiały doświadczalne w sposób empiryczny, eksperymentalny. Ale czy to już

¹ Dopisane nad linią i skreślone: „teoretycznych rozważań”.

² Dopisane nad linią: „muzeum”.

³ Skreślenie nieczytelne.

będzie stanowiło zbiór minerałów? Nie – teraz musi dopiero [---]⁴ sortować, okazy, oznaczać je, odrzucać niepotrzebne, wreszcie układać je – i to nie na oślep, przypadkowo, lecz według pewnego systemu; a żeby to był system logiczny, rozsądny, musi porządkować materiały według podobieństwa, analogii w składzie chemicznym, lub formy zewnętrznej(?). Tak n.p. ułożyć je w klasy, rudy, krzemiany, sole, etc...

Dopóki wszystko nie będzie uporządkowane tym sposobem nie będziemy mieli zbioru mineralogicznego – lecz kupę kamieni.

Co do elektryczności, co prawda nie można porównać z kupą kamieni – bo nie przedstawiały one chaos bez składu(?), tylko z góry już według pewnego systematycznego planu były ułożone, właśnie to [---]⁵ główne zasady fizyki teoretycznej tam już były w mieszane.

Ale zawsze jeszcze należy nam wyszukać z całego tego materiału główne⁶ [k.3] najważniejsze rysy [---]⁷, podstawowe prawa, na których reszta spoczywa przy czym naturalnie często(?) już znaną rzeczą posiłkować(?) [się] musimy, i będziemy się starać ująć je w systematyczną całość, znaleźć związek we-

⁴ Skreślenie nieczytelne.

⁵ Skreślenie nieczytelne.

⁶ [k.2v] Początek niedkończonej myśli Smoluchowskiego: „Żałuję przy tem tylko, że nie [skreślenie: wolno] mi używać tego języka, którego należy używać w fizyce – t.j. języka matematycznego – bo przy...”.

⁷ Skreślenie nieczytelne.

wewnętrzny między niemi, wykombinować maszynę, mechanizm – to jest właśnie to co nazywamy teorią przedmiotu [---]⁸.

Główny podział jest dany przez sam rozkład⁹ odczytów. Państwo zauważyli, że w pierwszych 5 odczytach [---]¹⁰ była wciąż mowa o siłach elektrycznych, o liniach sił magnetycznych, o motorach, dynamo, jednym słowem o wytwarzaniu i przetwarzaniu się energii elektromagnetycznej z energii mechanicznej podczas gdy 6 następnym odczytów było poświęconych: [---]¹¹ zjawiskom [---]¹² elektrochemicznym¹³ i elektro-fizyologicznym – które przecież także należą do elektrochemii, ponieważ przecież nie ulega wątpliwości że wpływ elektryczności na ciało ludzkie polega na zjawiskach chemicznych przez nią spowodowanych, więc wspólną cechą tych przedmiotów [---]¹⁴ tworzy: przemiana energii elektr[ycznej] w chemiczną i na odwrót [---]¹⁵.

Tego podziału i w naszych rozważaniach trzymać się będziemy.

⁸ Skreślenie: „Jeszcze nie wykończyliśmy całkowicie uporządkowania jednolitego naszego zbioru – nie posiadamy jeszcze teorii obejmującej wszystkie zjawiska elektryczne – nasze teorie ograniczają się do pewnych sposobów... obejmują pewne grupy zjawisk”.

⁹ Nad „układ” dopisane: „roz.[kład]” co sugeruje konieczność poprawy pierwotnej wersji słowa.

¹⁰ Skreślenie nieczytelne.

¹¹ Skreślenie nieczytelne.

¹² Skreślenie nieczytelne.

¹³ Dopisane nad linią: „elektrolizie”.

¹⁴ Skreślenie: „można”.

¹⁵ Skreślenie: „Nie wyczerpuje to przedmiotu”.

[k.4] W technice terażniejszej zjawiska pierwszego rodzaju w każdym razie poważną odgrywają rolę. Największa część energii elektr[ycznej] zostaje wytworzona z energii mechanicznej (energii wodospadów, machin parowych, gazowych, etc.) [---]¹⁶ za pośrednictwem zjawisk magnetycznych t.j. używając machin dynamo.

A¹⁷ są to ilości energii wprost kolosalne [---]¹⁸. Podczas przeszłorocznej wystawy w Paryżu n.p. w samym obrębie wystawy zużywano 40.000 HP¹⁹. Człowiek silny pracując fizycznie w warunkach najkorzystniejszych, wykonywa pracę 1/8 HP zatem do wytworzenie tamtej energii potrzebaby 32.000 silnych(?) fizycznie pracujących ludzi – a rachując 8 godzin czasu pracy dojdziemy do cyfry...²⁰ A zważając na stosunkową ilość mężczyzn, kobiet, dzieci, starców można powiedzieć, że cała 3 milionowa ludność Paryża musiałaby ciężko fizycznie pracować aby dostarczyć tamtej energii wypotrzebowanej [tj. użytej] w samej wystawie.

A co się działo z tą energią? W głównej części została zużyta do oświetlenia zatem [---]²¹ przemieniała się bezpośrednio w ciepło – ogrzewając druciki węgla w lampkach żarowych do

¹⁶ Skreślenie: „za pomocą”.

¹⁷ Dopisane nad linią: „Zasada tychże polega”.

¹⁸ Skreślenie nieczytelne.

¹⁹ HP – Horse Power, jednostka mocy używana w krajach anglosaskich, równa w przybliżeniu 745,7 W.

²⁰ Słowo nieczytelne.

²¹ Skreślenie: „wprost”.

czerwonoci lub węgle w lampach łukowych do białego żaru przez to że prąd elektryczny tą drogą przesyłano. Wszak przypominam że jest to jest(!) właściwością fundamentalną prądu elektr[ycznego] że ogrzewa²².

[k.5] Zwykle umysł człowieka, gdy poznaje jakieś nowe zjawiska lub jeżeli stara je zrozumieć, wytłumaczyć je sobie jest skłonny do materjalizacji natury bo stara się tłumaczyć w najprostszy sposób, powołując się na pojęcia najlepiej znane, najzwyczajniejsze – więc na materię, ciało.

Tak teraz [Franciszek] Rychnowski²³, nie mogąc sobie wytłumaczyć różnych [---]²⁴ zjawisk które spostrzegł przy swoich eksperymentach twierdzi, że [---]²⁵ odkrył nowe fluidum [---]²⁶.

Tak samo życie i śmierć jestestw [---]²⁷ przypisujemy obecności lub nieobecności duszy i .naiwny ogół [---]²⁸ wystawia sobie pod nazwą duszy jakiś płyn jakiś gaz – coś nakształt powietrza które się ulatnia przy śmierci. Tak samo dawniej ciepło wystawiano sobie jako fluidum [---]²⁹, n.p. zjawisko że przy ścieśnianiu po-

²² [k.4v: drobne notatki i obliczenia]

²³ Franciszek Rychnowski (1850–1929) – przedsiębiorca i wynalazca lwowski, właściciel wielu patentów; twórca teorii elektroidu – nowego rodzaju materii (fluidu), koncepcja ta uważana jest za pseudonaukową.

²⁴ Skreślenie: „eksperymentów”.

²⁵ Skreślenie: „zna[azł]”.

²⁶ Skreślenie: „Tak samo ogół ludzi tę duszę, której obecność lub nieobecność”.

²⁷ Skreślenie: „organicznych”.

²⁸ Skreślenie: „wyobraza”.

²⁹ Skreślenie nieczytelne.

wietrza występuje ciepło [---]³⁰ tłumaczono sobie tak że ten płyn, to ciepło występuje na wierzch jak woda, gdy mokrą gąbkę ściskamy. Dopiero gdy Rumford³¹ wykazał, że wykonując pracę mechaniczną ciało dowolnie można ogrzać, że dowolne, nieskończone ilości ciepła możnaby wytworzyć, porzucono to pojęcie bo przecież ilość takiego płynu musiałaby się wyczerpać – i przekonano się do innej hipotezy: że ciepło³² jest rodzajem ruchu jest energią kinetyczną ruchu drobnych cząsteczek ciał – więc pojęcie już wiele więcej abstrakcyjne, które wymaga pewnej znajomości zjawisk mechanicznych.

Tak tutaj przyjęto istnienie jakichś płynów elektrycznych – dwojakiego rodzaju dodatniego i ujemnego. Ale dziwne właściwości trzeba im było przypisać. Podczas gdy nasze płyny cieczy zwykle mają masę, ciężar, posiadają właściwości sprężyste, nieprzenikalność etc. Musiałybyć to płyny bez masy, nieważkie, przenikające ciała przewodzące i wzajemnie się przenikające [---]³³ – [---]³⁴ tak jak że z pojęcia płyn właściwie już niewiele pozostało jak samo słowo – ale to jeszcze nic nie [brak zakończenia zdania]³⁵.

³⁰ Skreślenie: „często”.

³¹ Benjamin Thompson, hrabia Rumford (1753–1814) – fizyk amerykański, stworzył podstawy kinetycznej teorii ciepła (1798).

³² Dopusane nad linią: „polega na”.

³³ Skreślone (pierwsza wersja) nieczytelne.

³⁴ Skreślenie: „podczas gdy”.

³⁵ Można przypuszczać, że po karcie 5 powinna następować 7, następnie 6 i 8. Taki układ powoduje jednak brak ciągłości między kartami 6–8, przyjęto zatem układ taki jak w rękopisie.

[k.6] A po części znów odwrotnie zostało przemienione w pracę mechaniczną tym sposobem że prąd przesyłano znów przez motory które dalej różne maszyny [---]³⁶ poruszały.

Zasady tych przemian.

To wszystko polega zatem na związku zjawisk elektrycznych i magnetycznych – na siłach magnetycznych wyrażonych przez prądy elektr[yczne].

Istnieją jeszcze inne sposoby tworzenia energii elektr[ycznej] z pracy mechanicznej t[zn]. że [---]³⁷ mianowicie tu jakieś znane nam są z elektrostatyki [---]³⁸ n.p. zapomocą tarcia kawałka laku – maszyna elektr[ostatyczna], maszyna influencyjna.

W praktyce³⁹ ten [---]⁴⁰ sposób jako bardzo nieekonomiczny wcale nie zostaje używanym. Mimo to jednak te zjawiska elektrostatyczne doniosłe mają znaczenie dla nauki bo były to pierwsze objawy elektr[yczności] bliżej zbadane i dlatego wielkie znaczenie nabrały dla całego rozwoju teorii elektr[onowej] – i teraz też zwykle jeszcze naukę elektr[yczności] rozpoczynają wychodząc z tych zjawisk przyciągania i odpychania ciał naelektryzowanych. Zdaje mi się,

³⁶ Skreślenie: „w ruch wpraw[iały]”.

³⁷ Skreślenie: „za pomocą sił elektr[ycznych] znanych nam”.

³⁸ Skreślenie nieczytelne.

³⁹ Dopisane nad linią: „w technice”.

⁴⁰ Skreślenie nieczytelne.

że te zjawiska tak są znane że nie potrzebuję je tu specjalnie omawiać [---]⁴¹.

Siły tu powstające znam od dawien dawna – wszak znam i porównywano z działaniem innych sił przyciągających mianowicie z ogólną grawitacją [---]⁴² i znaleziono zupełną analogię w prawie działania w prawie(!) Newtona.

Tak powstała klasyczna teoria fluidów, płynów elektrycznych, [k.7] znaczy często jesteście zadowoleni znalazłszy [---]⁴³ jakieś słowo – jeżeli także nie wiemy co sobie przy tem myśleć mamy! Ale teraz fundamentalna właściwość: że te płyny miały się odpychać według prawa Newtona i to bez pośrednictwa jakiegoś ośrodka, w ogóle bez względu na inne ciała między nimi się znajdujące. Jest to trochę dziwne prawo, ale [---]⁴⁴ z przyjęciem doświadczenia świetnie się zgadzały – a co do samej jego treści powoływano się na zjawiska grawitacji, które w podobny sposób tłumaczono.

[Benjamin] Franklin słynny wynalazca piorunochronu i bohater amerykańskiej walki o niepodległość wykazał jeszcze, że można tę teorię troszkę uprościć przyjmując istnienie tylko jednego fluidum zwykłą masę materyalną ciał.

Z drugiej strony jednak inne nastąpiły komplikacje.

⁴¹ Skreślenie: „Siły te powstając [słowo nieczytelne] z siłami grawitacji, dostępnych... Wiadomo że [słowo nieczytelne]. Tak powstała teoria klasyczna dwóch fluidów płynów elektryczności”.

⁴² Skreślenie: „w sposób”.

⁴³ Skreślenie: „posiadając”.

⁴⁴ Skreślenie: „pod jego”.

Przedewszystkiem mamy jeszcze inny rodzaj zjawisk przyciągania i odpychania, zjawiska magnetyczne, które następują według praw zupełnie analogicznych.

Więc trzeba było przyjąć istnienie jeszcze dwóch płynów magnetycznych: północnego (dodatniego) i południowego (ujemnego), działających tak samo: $\frac{\mu\mu'}{r^2}$.

A jak teraz tłumaczyć istnienie prądów elektrycznych i siły działające na przewodnik w polu magnetycznym?

Wszak wiemy, przypominam to z pierwszego odczytu, że [---]⁴⁵ drut przez który prąd przepływa, gdy znajduje się w polu magnetycznym, stara się poruszać [k.8] tak aby przecinać linie siły pola magnetycznego – [---]⁴⁶ tę właściwość [---]⁴⁷ używamy do tworzenia siły mechanicznej używając prąd elektr[yczny], więc do konstrukcyi motorów elektr[ycznych].

Z drugiej strony wiemy, że prąd elektr[yczny] sam tworzy pole magnetyczne koło siebie że linie siły mają kształt obręczy naokoło przewodnika.

Jeżeli teraz dwa przewodniki zbliżymy, to każdy znajduje się w polu magnetycznym utworzonym przez drugi przewodnik, zatem musi powstać siła mechaniczna [i] następuje przyciąganie [---]⁴⁸.

Jak to sobie wytłumaczyć według tamtej teorii? Wszak w ogniwie galwanicznym wciąż tworzą się równe ilości elek-

⁴⁵ Skreślenie nieczytelne.

⁴⁶ Skreślenie: „na tem polegało”.

⁴⁷ Skreślenie: „używali”.

⁴⁸ Skreślenie: „i to według praw”.

tr[yczności] „+” i elektr[yczności] „-”, i one wciąż w przeciwnych kierunkach przez drut przepływają, więc pojedyncze części równe miałyby wykonywać odpychania jak przyciągania – zatem musiałyby one się znieść wzajemnie skutek miałby być zero – podczas gdy w rzeczywistości nieuj[emny].

Więc jeżeli chcemy objąć także te zjawiska to trzeba odmienić tamtą hipotezę, trzeba przyjąć⁴⁹ prawo wypowiedziane przez niemieckiego uczonego [Wilhelma] Webera:⁵⁰

$$\frac{ee'}{r^2} \left[1 - \frac{v^2}{a^2} + \frac{2r}{a^2} w \right].$$

To znaczy że siła, którą dwie cząsteczki elektr[yczne] na siebie wywierają, zależy nie tylko od ich odległości, ale także jeszcze od ruchu, który on wykonywuje, że będzie mniejsza jeżeli się oddalają z prędkością v etc.

Jeżeli system jest nieruchomy to prędkości i przyspieszenie = 0, więc [otrzymujemy] dawniejsze wyrażenie. Jeżeli jednak [brak zakończenia zdania] [k.9] Rachunek – bardzo skomplikowany – pokazuje że istotnie z tego prawa można obliczyć takie siły, jakie doświadczalnie mierzymy i że nawet także zjawiska indukcji z niego można wyprowadzić. Więc cieszono się w Niemczech, uważano zjawiska elektr[yczne] ostatecznie

⁴⁹ Dopisane nad linią: „hipotezę, że elektr[yczność] w stanie ruchu inne siły wykonywają aniżeli w stanie spoczynku”.

⁵⁰ W powyższym wzorze e, e' oznaczają ładunki, r – odległość między nimi, v – szybkość względną ładunków, w – ich przyspieszenie, natomiast a oznacza wielkość stałą.

wytłumaczone, przyjęciem tamtych fluidów i sił między nimi działających według tego prawa.

Tymczasem w Anglii przygotowywała się rewolucja. Fizycy angielscy Faraday i Maxwell zupełnie inne rozwijali myśli. Faraday był⁵¹ prostego pochodzenia, syn kowala, pracował dłuższy czas jako czeladnik introligatora, co mu dostarczało sposobności do czytania książek – i tak z czasem sam o własnych siłach dzięki niepospolitym zdolnościom, wyrobił się na pierwszorzędnego fizyka.

Jemu tamte teorie nigdy do gustu nie przypadają, po części może dlatego bo nie znając matematyki nie mógł się z nimi gruntownie zapoznać, i zatem okiem wolnym od przesądów na całą rzecz się zapatrywał. Maxwell znów – jeden z największych [---]⁵² uczonych przeszłego stulecia i znakomity matematyk myśli podane przez Faradaya dalej rozwinął i matematycznie pogłębił⁵³.

Faraday mówił sobie: dlaczego wciąż o fluidum elektryczności rozprawiamy? Wszak elektr[yczności] nie widzi się, nie czuje się – jedynie doświadczalnie można poznać siły elektromagnetyczne, więc starajmy się zjawisko opisać zapomocą pojęcia tych sił. Dawniejsza teoria [---]⁵⁴ przyjmuje istnienie sił działających na odległość, bez pomocy⁵⁵ jakiegoś ośrodka, co jest rzeczą niezrozumiałą⁵⁶. W prawie Coulomba albo Webera

⁵¹ Dopisane nad linią: „nieczytelne”.

⁵² Skreślenie: „fizyków”.

⁵³ Dopisane nad linią: „uzasadnił”.

⁵⁴ Skreślenie: „używa”.

⁵⁵ Dopisane nad linią: „pośrednictwa”.

⁵⁶ Dopisane nad linią: „dla naszego umysłu”.

trzeba n.p. wstawić wartość [---]⁵⁷ odległości od innych części elektr[yczności]. Na każdą cząsteczkę elektr[yczną] oddziałują wszystkie inne ładunki wszechświata i ona znów na powrót oddziałuje. A żeby taka cząsteczka wiedziała z jaką siłą [k.10] ona ma⁵⁸ przyciągać inne masy, musi ona wiedzieć, w jakiej odległości one się w każdej chwili znajdują – ona musiałaby być w pewnym sensie... wszechwiedzącą.

To wszystko byłoby bardzo dziwnem i niezrozumiałem. Zatem Faraday wygłosił hipotezę, że siły te mają się rozchodzić tylko zapomocą ośrodka eteru wszystko przenikającego, w podobny sposób jak ciśnienia w zwykłych ciałach sztywnych i ciekłych [---]⁵⁹. Siły, naprężenia w każdej części zależą tylko od stanu fizycznego tej części eteru [---]⁶⁰; każda część oddziałuje na przylegającą warstwę, ta znów na dolną itd. i tym sposobem siły rozchodzą się na odległość, do czego naturalnie siła potrzebuje pewnego czasu, podczas gdy według dawniejszej teorii miało to następować natychmiastowo.

To jest ważna różnica, bo ten ostatni wynik dał się sprawdzić doświadczalnie [---]⁶¹; odkrycie fal Hertza przed 10 laty wskazało że istotnie siły potrzebują pewnego czasu aby się rozchodzić w przestrzeni – że zatem dawniejsza teoria [---]⁶² jest nie-

⁵⁷ Skreślenie nieczytelne.

⁵⁸ Dopisane nad linią: „w każdej chwili”.

⁵⁹ Skreślenie nieczytelne.

⁶⁰ Skreślenie: „a na odległość rozchodzą się”.

⁶¹ Skreślenie: „istnienia”.

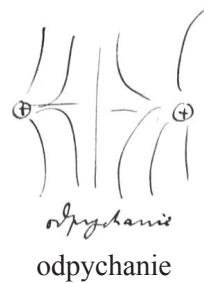
⁶² Skreślenie: „była”.

wystarczająca, fałszywa. A prędkość z którą się rozchodzą [---]⁶³ w próżni albo w przestrzeni jest właśnie prędkością światła.

Także co do grawitacyi panuje teraz, nawiasem mówiąc, mniemanie że przyciąganie, oddziaływanie ogólne słońca, planet, itd. jest spowodowane działaniem ośrodka, eteru, i że także te siły potrzebują czasu aby się rozchodzić w przestrzeni, tylko że nie zdołano jeszcze zmierzyć tej prędkości. Sprzeczne są dotyczące zdania różnych astronomów ale zdaje się że prędkość ta musi być **jeszcze większa** niż prędkość elektromagnetyczna.

[k.11] Warto bliżej się zastanowić jaki jest sposób działania tych sił. Wyobraźmy sobie n.p. pola elektryczne [---]⁶⁴ określone przez system krzywych, tzw. linii wskazujących kierunki siły [---]⁶⁵ elektrycznej [---]⁶⁶ n.p. to są linie zupełnie takie same jak te które okazują opiłki żelaza między biegunami, tylko że w elektrostatyce nie mamy tak prostego sposobu do okazania takich linii.

Wtedy następuje:



⁶³ Skreślenie: „jest”.

⁶⁴ Skreślenie: „magnetyczne”.

⁶⁵ Skreślenie: „magnetycznej”.

⁶⁶ Skreślenie: „jakim”.

Te linie siły wskazują kierunek naprężenia ośrodka. Maxwell pokazuje zapomocą analizy matematycznej że one starają się kurczyć tak jak powrozy lub naprężone taśmy gumowe – a równocześnie rozrastać w szerz. Istotnie wskutek tego w pierwszym przypadku musiałyby nastąpić przyciąganie, a w drugim odpychanie. I pokazuje się że także ilościowy wynik ostateczny zgadza się z prawem $\frac{ee'}{r^2}$ sprawdzające się w elektrostatyce. Więc ośrodek eter [---]⁶⁷ znajduje się w pewnym stanie naprężenia w kierunku linii siły; one zachowują się podobnie jak [---]⁶⁸ kawały kauczuku naprężone albo może jeszcze lepiej jak mięśnie ciała ludzkiego, które przy naprężeniu starają się skracać a równocześnie grubieją.

Rozumiemy teraz także jak n.p. mają powstać drgania elektryczne.

Jeżeli tak zw[any] wibrator Hertza połączymy z maszyną elektr[yczną] albo z aparatem indukcyjnym, będą przeskakiwały przez niego iskry elektr[yczne]. Iskra rozbraja konduktory [tj. przewodniki]⁶⁹ [k.12] chwilowo, potem znów napływa elektr[yczność] powstaje siła elektr[yczna] między nimi tzn. właśnie takie naprężenie eteru, ciągnięcie w kierunku linii sił a ciśnienie w kierunku prostopadłym. To oddziaływa na warstwy przylegające [eteru]. Tymczasem gdy natężenie doszło do pewnego miejsca już znowu iskra przeskoczyła, nastąpiło rozprze-

⁶⁷ Skreślenie: „wskutek”.

⁶⁸ Skreślenie: „taśma”.

⁶⁹ [k.11v drobne obliczenia, przekreślone]

nie, które znów w ten sam sposób dalej będzie się rozchodzić – jak fala na powierzchni wody, albo lepiej jak drgania w masie kauczuku się rozchodzą jeżeli jeden punkt wstrząsamy.

To są drgania Hertzowskie lub jeżeli bardzo szybko następują: światło.

Ciekawy wynik jeszcze można wyprowadzić z tych rozważań: jeżeli te drgania natrafiają na ścianę: naprężenie peryodyczne [tj. okresowe] będzie skierowane wzdłuż ściany – a ciśnienia peryodyczne prostopadle na ścianę. Także [---]⁷⁰ fale elektryczne – a zatem i światło wywołują zatem ciśnienie na ściany na które natrafiają. Są to ciśnienia stosunkowo jednak nadzwyczajnie małe n.p. obliczono ciśnienie światła na 1 m²: ...⁷¹ więc nic dziwnego że nie zdołano je doświadczalnie pokazać [---]⁷². Przypuszczano że ruch tzw. radiometrów temu ciśnieniu światła przypisać należy, ale przekonano się że tam inne wpływy, prądy powietrza ogrzanego i...⁷³ przeważają [---]⁷⁴.

Ciśnienie światła słoń[ecznego] na całą ziemię wynosi 500.000 cetnarów – zawsze(?) stosunkowo niewiele.

Mimo to jednak bardzo jest rzeczą możliwą, że te ciśnienia w fizyce kosmicznej w wszechświecie pewną rolę odgrywają mianowicie działając na wiotką(?), drobno rozdzieloną materię lub składającą się z drobnych cząsteczek jak n.p. według

⁷⁰ Skreślenie: „drgania”.

⁷¹ Wartości nieczytelne – poprawiane ze skreśleniami.

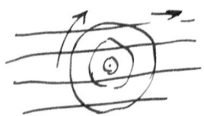
⁷² Skreślenie: „Myślano”.

⁷³ Słowo nieczytelne.

⁷⁴ Skreślenie: „Mimo to jednak”.

Libidiewa [właśc. Lebidiewa]⁷⁵: komety. Zauważono że ogony komet zawsze od słońca są odwrócone co właśnie według zdania Libideffa [właśc. Lebidiewa] i innych spowodowane jest przez odpychanie, ciśnienie światła słonecznego⁷⁶.

[k.13] Mówiliśmy teraz wciąż o siłach elektrostatycznych. Ale zupełnie to samo odnosi się do sił magnetycznych. Na jednym przykładzie chciałbym jeszcze pokazać działanie tych naprężeń t.j. na przewodniku prądu umieszczonym w polu magnetycznym.



W górnej części pola wzmacnia się w dolnej słabnie, zatem siły górnej części będą przeważać.

Maxwell jednak jeszcze nie zadowolił się skonstatowaniem że naprężenia tego rodzaju istnieją. On pytał się: jak one powstają, czy nie można wymyślić mechanizm[---]⁷⁷ tych sił elektr[ycznych].

⁷⁵ Piotr Nikołajewicz Lebidiew (1866–1912) – fizyk rosyjski, zajmował się badaniami ciśnienia wywieranego przez fale świetlne.

⁷⁶ Zdanie zapisano na początku karty 14, oddzielono je jednak graficznie od reszty tekstu. Wydaje się, że było to uzupełnienie wcześniejszych rozważań, które Smoluchowski zanotował sobie w trakcie pisania dalszych partii tekstu. Zostało wstawione w odpowiednie miejsce na podstawie kontekstu wypowiedzi.

⁷⁷ Skreślenie: „tak...”.

[---]⁷⁸ Otóż jak w nauce o cieple to uczyniono, tak on i tutaj wprowadził pojęcia mechaniczne⁷⁹, supponował istnienie pewnych ruchów w eterze [---]⁸⁰. Kurczenie się linii siły [---]⁸¹ magnetycznej tłumaczy się jeżeli przyjmujemy że eter wykonuje ruch wirujący na około tych linii siły.

Bo jaki musiał być skutek takiego ruchu? Pokazuje się to [---]⁸² n.p. na aparacie [zdanie niedokończone – Smoluchowski pozostawił miejsce do uzupełnienia].

A to samo w zwykłych wirach cieczy które ściągają przedmioty na wodzie płynące i potem(?) na zewnątrz je wyrzucają. Tak [---]⁸³ n.p. pole magnetyczne w otoczeniu drutu przewodzącego prąd musimy sobie wystawić utworzone przez wiry w kształcie [k. 14] obręczy [---]⁸⁴, podobne do kółka dymu, które niektórzy palacze tytoniu tak pięknie tworzyć umieją.

Jak [---]⁸⁵ jednak mamy sobie to wyobrazić że te wiry, które obok siebie leżą sobie wzajemnie nie przeszkadzają, że [---]⁸⁶ ich ruch jest w spólnym związku?

Aby to tłumaczyć Maxwell oprócz wirujących cząsteczek eteru przyjmuje jeszcze drobne cząsteczki, kulki między niemi

⁷⁸ Skreślenie: „Otóż aby wytłumaczyć”.

⁷⁹ Skreślenie: „przyjął”.

⁸⁰ Skreślenie: „Mianowicie i dopisane coś nad linią”.

⁸¹ Skreślenie: „tłumaczył”.

⁸² Skreślenie: „n.p. w zwykłe”.

⁸³ Skreślenie: „więc”.

⁸⁴ Skreślenie: „tak jak”.

⁸⁵ Skreślenie: „pierwsza trudność”.

⁸⁶ Skreślenie: „one”.

umieszczone, które ruch obrotowy części eteru t.j. większych komórek (n.p. ze ścianami gumowymi napełnione cieczą) przenoszą na [---]⁸⁷ sąsiednie komórki:



Tak jak kółka zębate w zegarku.

Te małe cząsteczki są stale umocowane w izolatorach, ruchome – jednak ze znacznym oporem, tarcieniem, w ciałach przewodzących. One nam mogą reprezentować elektryczność. N.p. prąd elektryczny według tego polegałby na tym że szereg tych drobnych cząsteczek poruszały się w jednym kierunku.



Wskutek tego komórki eteru musiałyby rzeczywiście nabrać ruch wirowy taki jak przedtem mówiliśmy.



⁸⁷ Skreślenie nieczytelne.

[k.15] Także zjawiska indukcji i powstanie sił elektrostatycznych tłumaczy się tym sposobem, ale na omówienie tych szczegółów już czas nam nie starczy.

Trzeba przyznać że cały ten mechanizm jest dosyć sztuczny i mało ludzi zapewne będzie wierzyć że eter rzeczywiście tak jest skonstruowany. Ale także Maxwell nie twierdził że on znalazł rzeczywistą strukturę eteru – bo różne inne mechanizmy można by wymyślić i zostały one także wymyślone, któreby tak samo działały, więc który z nich będzie rzeczywisty? Ale ważność⁸⁸ tych rozważań na tem polega że [---]⁸⁹ pokazują one iż w ogóle **można** wytłumaczyć zjawiska elektromagnetyczne w sposób mechaniczny, że można wymyślić mechanizm któryby zupełnie takie same siły wywierał, któryby się zupełnie tak samo zachowywał jak rzeczywiste pole elektromagnetyczne. Więc te zjawiska przestają być dla nas coś [---]⁹⁰ zagadkowego, elektryczność, piorun, nic nie jest więcej cudownego, dziwnego, bo mając do naszej dyspozycji takie kulki, kółka etc., i dobrego mechanika moglibyśmy naśladować naturę, moglibyśmy to samo działać co ona.

Zresztą użyteczność tych hipotez w tem się okazała, że za pomocą nich Maxwell doszedł właśnie do ujęcia zjawisk elektromagnetycznych w matematycznie najprostsze formułki, że

⁸⁸ Dopisane nad linią: „ciekawość”.

⁸⁹ Skreślenie nieczytelne.

⁹⁰ Skreślenie nieczytelne.

udało mu się [---]⁹¹ dowieść iż z dwóch praw zasadniczych⁹² przy pomocy kilku hipotez – wszystkie zjawiska e[lektro]m[agnetyczne] systematycznie wywieść można.

Są to prawa w zasadzie Państwu z dawniejszych wykładów już znane chociaż⁹³ zapewne w trochę odmienny sposób wypowiedziane:

I) [---]⁹⁴ Zasady elektromagnetyzmu: [---]⁹⁵

Jeżeli masę magnetyczną (równą jedności) okrąży przewodnik (lub część jego) to praca [k.16] wykonana przez siłę magnetyczną jest proporcjonalna do ilości prądu przechodzącego przez przewodnik [---]⁹⁶.

Z tego wynika ... [zdanie niedokończone].

II) Zasada indukcji: siła elektromotoryczna (lub praca wykonana przez jedność elektr[yczna]) [---]⁹⁷ (obliczona dla jakiejś bądkrzywej zamkniętej) równa się⁹⁸ do zmianie(!) ilości linii sił⁹⁹ przechodzących przez podczas 1 rundy(?).

[k.17] Teoria ta dotychczas omawiana obejmuje zjawiska el[ektro]-mag[netyczne] mechanicznie. Rzućmy teraz jeszcze

⁹¹ Skreślenie: „znaleźć dwa”.

⁹² Skreślenie: „które jako fundament naszej nauki służą, ponieważ z nich”.

⁹³ Skreślenie: „może”.

⁹⁴ Skreślenie: „Prawa”.

⁹⁵ Skreślenie: „praca wykonana przez”.

⁹⁶ Skreślenie: „okrążany”.

⁹⁷ Skreślenie: „w przewodniku”.

⁹⁸ Dopisane pod linią: „jest proporcjonalna”.

⁹⁹ Dopisane nad linią: „objętych przewodnikiem”.

okiem na drugi dział zjawiska elektrochemiczne – [---]¹⁰⁰ i zobaczymy jakie rezultaty tutaj osiągnęła praca porządkująca, łącząca różnorodne zjawiska w systematyczną całość – jednym słowem jak dalece się rozwinęła teoria tych zjawisk.

Otóż zauważamy że zawsze przechodzenie prądu przez [---]¹⁰¹ roztwory soli mineralnych elektrolyty połączone¹⁰² jest z rozkładem chemicznym sybstanty przewodnika, tak że części t.zw. kationy wydzielają się na biegunie ujemnym, a części (anion[y]) na biegunie dodatnim, a ilość tych składników wydzielanych jest proporcjonalna do siły prądu.

Wynika z tego że prąd połączony jest z przenoszeniem materii, z wędrówką cząsteczek metali w jednym kierunku, a pierwiastków¹⁰³ kwasów w odwrotnym [---]¹⁰⁴.

Czemu one się tak poruszają? Biegun dodatni przyciąga cząsteczki ujemne, ujemny cząsteczki dodatnie, jak wiemy z elektrostatyki, zatem należy przypuszczać że [---]¹⁰⁵ kationy posiadają ładunki dodatnie, aniony ujemne. A teraz jeszcze krok dalej idąc powiemy że prąd w elektr[olitach] właśnie polega na przenoszeniu tych ładunków elektr[ycznych] w przeciwnych kierunkach. Wyobrażamy sobie więc że związki chemiczne jak

¹⁰⁰ Skreślenie: „czy w ogóle tutaj”.

¹⁰¹ Skreślenie: „takie”.

¹⁰² Nieczytelny dopisek pod linią.

¹⁰³ Nieczytelny dopisek nad linią.

¹⁰⁴ Skreślenie: „a jeszcze krok dalej idąc powiemy że powstanie prądu w elektrolitach właśnie polega na przenoszeniu”.

¹⁰⁵ Skreślenie nieczytelne.

FeSO_4 , CuSO_4 , H_2SO_4 składają się z części naładowanej + elektr[ycznie] [Fe_+ ,] Cu , H_2 i części – SO_4 .

Ciężary tych atomów – albo raczej stosunki ich do ciężaru H można obliczyć, jak wiadomo, ze zjawisk chemicznych. Pokazuje się że właśnie w tym samym stosunku w jakim znajdują się ciężary składników Fe , Cu , H_2 – także [---]¹⁰⁶ znajdują się ciężary ionów [tj. jonów] wydzielanych ¹⁰⁷ jeżeli jeden i ten sam prąd przechodzi przez różne elektrolity. Prawo Faradaya. To znaczy że ten prąd przechodząc [k.18] przez różne elektrolity rozkłada [---]¹⁰⁸ zawsze równe liczby¹⁰⁹ takich par związanych ionów [jonów].

Zatem też każdy ion [jon] niezależnie od swej natury chemicznej tę samą ilość elektr[yczności] musi zawierać.

Mechanizm tych zjawisk został [---]¹¹⁰ przez Clausiusa¹¹¹ zupełnie wyjaśniony.

W cieczy wyobrażamy obie zwykłe pary ionów [jonów] ze sobą połączone, związane ($\text{Cu}_- \text{SO}_{4+}$). Od czasu do czasu jednak, gdy ich towarzystwo wzajemne nam się uprzykrzyło, i gdy korzystna konstelacya następuje za wspólną zgodą rozwód – i potem znów połączenie z innymi chwilowo wolnymi kandydatami, i tak ciągle zachodzi zmiana. Dopóki para ze sobą żyje

¹⁰⁶ Skreślenie nieczytelne.

¹⁰⁷ Dopisek nad linią „rozkładanych” i przekreślenie następnego nieczytelnego wyrazu.

¹⁰⁸ Skreślenie „wydziela”.

¹⁰⁹ Dopisane nad linią: „ilości”.

¹¹⁰ Skreślenie: „Tym sposobem dochodzimy dopiero”.

¹¹¹ Nieczytelny dopisek u góry.

w zgodzie, [---]¹¹² pole elektryczne wywierane przez bieguny elektr[yczne] jest bezsilne, bo i znoszą się, ale podczas bytu samotnego one jemu podlegają i ulegają, dodatnie są przyciągane przez biegun „-” i wędrują w kierunku ku niemu, a ujemne przeciwnie.

Oczywiście czem większa ilość takich jednostek pojedynczych, w stosunku do par, albo jak się wyrażamy czem większa dysocjacja [dysocjacja], tem więcej będzie tych części transportujących elektr[yczność].

W ciałach źle przewodzących dys[ocjacja] jest bardzo mała, w dobrze przew[odzących], mianowicie w rozrzedzonych bardzo wodnych roztworach soli dys[ocjacja] jest duża, przew[odnictwo] dobre.

Ruch tych ionów jest bardzo powolny. Można te wielkości obliczyć z różnych ...¹¹³, w ogniwie [---]¹¹⁴ 1 Volt jeśli dwie płyty odległe o 1 cm: $H=0,0025$; $Do-Dr = 0,00012/0,00024$;¹¹⁵ a także ładunek który one transportują bardzo mały $[5 \cdot 10^{-10}]$ ¹¹⁶ = $1,7 \cdot 10^{-19}$ Coulomba. Za to ilość cząsteczek ich jest nadzwyczajnie wielka, w jednym cm^3 wody koło $9 \cdot 10^{22} = 90$ Tryll[iardów] a część w stanie dysocjacji.

¹¹² Skreślenie: „siły”.

¹¹³ Słowo nieczytelne.

¹¹⁴ Skreślenie „np. Daniella”.

¹¹⁵ Odczytanie symboli i wartości w niniejszym zdaniu jest niepewne ze względu na charakter rękopisu.

¹¹⁶ Jednostka nieczytelna.

Ten stan dysocjacji oczywiście zależy od właściwości chemicznych tych związków, w ogóle od chemicznych. Jest to więc jeden punkt gdzie fizyka wkracza w zakres chemii.

[k.19] Chemia teoretyczna już niejedną korzyść wyciągnęła [---]¹¹⁷ rozwijając dalej te rozumowania i zdaje się że te zjawiska [---]¹¹⁸ i siły elektr[yczne] w chemii teoret[ycznej] – jaka kiedyś będzie istnieć (bo terazn[iejsza] chemia jeszcze w stanie bardzo chaotycznym) pierwszorzędą będą rolę odgrywać i może jeszcze okaże się że¹¹⁹ Berzelius¹²⁰ miał rację twierdząc że zjawiska chemiczne są właściwie tylko zjawiskami elektrycznymi.

Ale także w fizyce nowszej te zjawiska disocj[acji] elektrolitycznej coraz ważniejszą rolę odgrywają. Dawniej dzielono ciała na przewodn[ików] złych (izolat[ory]), elektr[ycznych] i przew[odników] metal[owych]. A teraz coraz więcej rozposzechnia się zdanie (i coraz więcej rzeczy za tem przemawia) że przewodzenie zawsze polega na takiej dysocj[acji] albo ionizacji elektr[ycznej].

Wahano się w początku czy można przyjąć taką hipotezę bo w co mają się rozkładać n.p. cząsteczki gazu jednoatomowego n.p. A[rgonu], He[lu] – a przecież i te gazy przewodzą elektr[yczność].

¹¹⁷ Skreślenie nieczytelne.

¹¹⁸ Skreślenie nieczytelne.

¹¹⁹ Dopisane nad linią: „była słuszna.”

¹²⁰ Jöns Jacob Berzelius (1779–1848) – szwedzki chemik, od 1802 zajmował się badaniami wpływów elektryczności na stopione sole i ich roztwory, pod wpływem czego sformułował elektrochemiczną, biegunową teorię budowy związków chemicznych.

Trzebaby chyba przyjąć że atomy jeszcze mają się rozkładać więc że silne poparcie znalazła jednak ta hipoteza wskutek badania promieni katodowych Röntgena etc. Wiadomo że te zjawiska jeszcze najlepiej tłumaczyć się dadzą przyjmując że polegają one na wyrzucaniu drobnych cząsteczek, które z wielką prędkością się poruszają i częściowo przez inne ciała przenikać mogą. I te ciała muszą być ujemnie naelektryzowane ponieważ pokazało się że te promienie przechodząc nawet przez blaszki metalowe jeszcze [---]¹²¹ ciała na które natrafiają ujemnie naelektryzują. Z różnych zjawisk, mianowicie z tego wpływu elektryzującego i z wpływu pola magn[etycznego] i elektr[ycznego] można obliczyć ładunek elektr[yczny] i masę tych ciałek(?) i pokazało się że ładunek el[ektryczny] jest znów taki sam jak tam a masa, ciężar jest tylko koło 1/1000 część atomu wodoru.

[k.20] Thomson wyobraża sobie zatem że to co nazywamy atomami są właściwie skupienia jeszcze wiele drobniejszych ciałek, które skupienia zwykle bardzo trwałe we warunkach wyjątkowych rozkładowi podlegają tak że ciałka(?) od głównej masy odrywane bywają i wtedy tworzą promienie katodowe, Röntgena, etc...

W metalach jednak [---]¹²² należy sobie wyobrazić że ionizacja tych atomów t.j. rozpróśnienie na pojedyncze ciałka jest stosunkowo bardzo duże, a dlatego przewodnictwo także dobre. Te teorie jeszcze są w stanie dość mglistym, jeszcze nie

¹²¹ Skreślenie: „ładunek”.

¹²² Skreślenie nieczytelne.

wykończone szczegółowo, ale za głównymi ich zasadami przemawiają poważne argumenty, bo [---]¹²³ tworzyłyby one równocześnie także tłumaczenie [---]¹²⁴ zjawisk magnetoptycznych nie dawno dopiero wykrytych. [puste miejsce pozostawione przez Smoluchowskiego sugeruje, że planował opisać przykłady zjawisk magnetoptycznych].

Widzimy więc, że [---]¹²⁵ pojęcia ionizacji t.j. rozkładu cząsteczek złożonych na pojedyncze części, które ładunki dodatnie lub ujemne ze sobą unoszą, tłumaczy nie tylko zjawiska elektrolyzy i przewodzenia prądu przez elektrolyty, ale także jeszcze wielkiego znaczenia może nabrać tłumacząc mechanizm przewodzenia w innych ciałach i tworząc łącznik teorii elektr[yczności] z zjawiskiem ...¹²⁶.

Ta teoria [---]¹²⁷ nie jest sprzeczną z [teorią] Maxwella – one odnoszą się w ogóle do [---]¹²⁸ zjawisk różnorodnych a o ile się spotykają dają się pogodzić ze sobą.

Jaki będzie dalszy rozwój teorii elektr[yczności]? Czy istotnie uda się wytłumaczyć dziwne specjalne właściwości metali (pod względem elektr[ycznym] i optyczn[ym]) przez ionizację w myśl Thomsona i Drudego? Czy może pokaże się – jak Thomson mniema – że owe ciała – praatomy – są materya-

¹²³ Skreślenie: „służyłyby”.

¹²⁴ Skreślenie: „kilku nowych”.

¹²⁵ Skreślenie: „teoria”.

¹²⁶ Słowa nieczytelne.

¹²⁷ Skreślenie: „da się pogodzić”.

¹²⁸ Skreślenie nieczytelne.

łem wspólnym, z którego wszystkie atomy [k.21] pierwiastków chemicznych są zbudowane? Czy może porzucimy wszystkie te teorie jako naiwne mrzonki? Czy dalej rozwinemy myśli Maxwella, czy znajdziemy jakiś mechanizm elektr[yczności], który nam więcej do przekonania będzie przemawiał niż owe kółka zębate etc. Maxwella? Czy może porzucimy zupełnie te teorie mechanistyczne, czy może [---]¹²⁹ z czasem myśl, wyobraźnia nasza tak się przyzwyczaj[ą] do działania sił elektromagn[etycznych], że już nie będziemy się starali tłumaczyć elektr[yczności] mechanicznie tylko może zjawiska mechaniki będziemy tłumaczyć działaniem sił elektr[ycznych]?

A może jak poznaliśmy promienie Röntgena etc., poznamy nowy rodzaj zjawisk który znów zupełnie nowe horyzonty nam otworzy?

Ciekawe są te pytania – co do [---]¹³⁰ których zresztą nie śmiem bawić się w prorocтва – ale jeszcze ciekawszem¹³¹ jest ogólne pytanie: Czy te teorie fizyki, których tyle już powstało i tyle znów zaginęło, [---]¹³² są tylko dziełem przypadku, upodobania chwilowego, czy one są tylko marną zabawką naszego umysłu? Czy też dążą one do jakiegoś oznaczonego celu, czy jest w ich rozwoju: postęp? Czy znajdziemy raz prawdę, rzeczywistość ukrytą za zjawiskami? – Na to trzeba odpowiedzieć że my wcale nie mamy pretensyi odkryć tego świata który jest

¹²⁹ Skreślenie nieczytelne.

¹³⁰ Skreślenie: „względem”.

¹³¹ Dopisane nad linią: „ważniejszym”.

¹³² Skreślenie: „będą zawsze”.

za kulisami zjawisk fizycznych – tamten świat nas – jako fizyków nic nie obchodzi – my dążymy tylko do poznania zjawisk przyrody takich jakie nam się okazują, a teorie nasze fizyczne mają być tylko obrazem, modelem tego co się dzieje w naturze. Czemu prościejszy taki model, mechanizm czem więcej zjawisk obejmuje i czem wierniej on oddaje [---]¹³³ zjawiska w rzeczywistości zachodzące tem lepsza jest teoria. I pod tym względem ciągły jest postęp [---]¹³⁴. Tak pierwotnie teorie elektr[yczności] [k.21v] ograniczały się na obręb elektrostatyki. Później udało się zapomocą prawa Webera objąć wszystkie zjawiska elektr[o] magn[etyczne] – o ile były znane. A wreszcie Maxw[ella] teoria o tyle jest doskonalszą że oddaje także zjawiska fal elektr[omagnetycznych] które polegają na przenoszeniu¹³⁵ sił elektr[omagnetycznych]. I tak na wszystkich polach fizyki. Tu teorie, mechanizmy coraz lepiej się wydoskonają, coraz wierniej oddają działanie sił natury.

I dumni być możemy jeżeli wstecz spoglądamy na drogę którą przebyła fizyka w ostatnim stuleciu – wszak prawie cała nauka [o] elektr[yczności] powstała w ostatnich stu latach zwłaszcza jeżeli pomyślimy o skutkach, o zastosowaniach w technice i o tym...¹³⁶ który fizyka zastosowana dokonuje w życiu społecznym – ale z drugiej strony gdy się zdarzy

¹³³ Skreślenie nieczytelne.

¹³⁴ Skreślenie: „Stara teoria emisyjna światła nie mogła oddać zjawisk interferencji, teoria ondulacyjna mechaniczna nie”.

¹³⁵ Dopisane nad linią: „rozchodzeniu się”.

¹³⁶ Słowo nieczytelne.

znów odkrycie jak promieni Rönt[gena,] które wskazują wiele jeszcze tam może być zjawisk o których jeszcze wyobrażenia nie mamy, gdy pomyślimy jakie zadania jeszcze fiz[yka] teoret[yczna] ma do spełnienia(?)...¹³⁷ – wraz z chemią – zjednoczy w jeden system – wytłumaczy je, jak to mówimy – to znów doznamy uczucia jakie Newton dokonawszy największego odkrycia fizyki i astronomii, odkrycia siły grawitacji, określił ładnym powiedzeniem:

Zdaje mi się że jestem jak dziecko nad brzegiem oceanu nieskończonego które bawi się w piasku i raduje się gdy znajdzie ładny, barwny kamyczek.

¹³⁷ Słowa nieczytelne.