

Marian Smoluchowski

O elektronach, Polskie Towarzystwo Politechniczne, Lwów (29 III 1905)

Zagadnienia Filozoficzne w Nauce nr 62, 221-244

2017

Artykuł został opracowany do udostępnienia w internecie przez Muzeum Historii Polski w ramach prac podejmowanych na rzecz zapewnienia otwartego, powszechnego i trwałego dostępu do polskiego dorobku naukowego i kulturalnego. Artykuł jest umieszczony w kolekcji cyfrowej bazhum.muzhp.pl, gromadzącej zawartość polskich czasopism humanistycznych i społecznych.

Tekst jest udostępniony do wykorzystania w ramach dozwolonego użytku.

O elektronach, Polskie Towarzystwo Politechniczne, Lwów (29 III 1905)

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

[k. 1 (63)]¹ [Polskie] Towarz[ystwo] Politechn[iczne]
29/III 1905 „O elektronach”

[---]²

W ostatnich dziesięciu latach [---]³ przeżyliśmy fizycy okres tak nadzwyczajnych odkryć, że wskutek nich [---]⁴ zostaliśmy zmuszeni zmienić zupełnie nasz pogląd na świat. Następuje – a częściowo nastąpił już – przed naszymi oczami przewrót w całej fizyce, jakiego to nauka od dawna nie doznała [---]⁵. Pierwszorzędne powagi naukowe wypowiedają zdania,

¹ W rękopisie znajduje się podwójna foliacja – oryginalna, zastosowana przez Smoluchowskiego 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 Pierwszy akapit skreślony: „Chciałbym Sz[anownemu] Państwu dać dzisiaj krótki zarys teorii elektronów, tej najnowszej, najmłodszej gałęzi fizyki teoretycznej”.

³ Usunięto: „zostały dokonane odkrycia”.

⁴ Usunięto: „zmieniliśmy”.

⁵ Skreślenie nieczytelne.

które do niedawna uważałyby za fantastyczne mrzonki lub za bezsensowne herezye. Pojęcie atomu chemicznego traci swe dawne znaczenie; natomiast przypuszczamy, że elektr[yczność] składa się z atomów elektr[ycznych], zmienia się zupełnie zapatrywanie na istotę elektryczności; pierwszorzędni chemicy twierdzą z zimną krwią iż obserwują jak [---]⁶ jeden pierwiastek chemiczny zamienia się w inny⁷ pierwiastek, więc że dawne marzenia alchemistów [spełniają się]⁸; [---]⁹ nawet starodawne uświęcone prawa mechaniki Newtona dla nas nie są święte, obecnie wątpimy w ich ścisłość, itd.

Otóż chciałbym dzisiaj podać Sz[anownemu] Państwu krótki zarys [---]¹⁰ teorii, która najściślej związana jest z owymi nowymi zdobyczami i rewolucyjnymi poglądami w nauce, t.j. teorii elektronów. Nie jest to łatwym zadaniem, bo chcąc dać pojęcie o [---]¹¹ doniosłości tej teorii muszę poruszyć kwestye z rozmaitych dziedzin fizyki, a trudno to uczynić choć pobieżnie w krótkim czasie do dyspozycji będącym.

Teorya elektronów stanowi **odmianę** czyli **uzupełnienie teorii elektryczności Maxwella**, i polega zupełnie na zasa-

⁶ Skreślenie nieczytelne.

⁷ Skreślenie nieczytelne.

⁸ Zdanie składowe zostało dopisane powyżej linii i zakończone wielokropkiem, sugerującym że Smoluchowski nie kończy oczywistej frazy z braku miejsca, zatem uzupełniono na podstawie kontekstu wypowiedzi.

⁹ Kilka wyrazów skreślonych, nieczytelne.

¹⁰ Skreślenie: „teorii elektronów”.

¹¹ Skreślenie nieczytelne.

dach teorii Maxwella, zatem też matematyczne¹² [k. 2 (64)] rozwinięcie teorii elektronów polega ostatecznie na zastosowaniu owych sławnych równań, które według Maxwella określają sposób, jak się rozchodzą i jak działają siły elektromagnetyczne w przestrzeni {eterze}¹³.

$$\frac{\partial \mathcal{V}}{\partial t} + \mathcal{J} + \vec{u} \operatorname{div} \mathcal{D} + \operatorname{curl} \nabla_{\vec{u}} \mathcal{V} = c \operatorname{curl} \mathcal{J}$$

$$\frac{\partial \mathcal{E}}{\partial t} = -\operatorname{curl} \mathcal{Z}$$

Nie mogę dzisiaj oczywiście rozprawiać tu o tej teorii, tylko na dwa punkty chciałbym zwrócić uwagę, które są dla niej charakterystyczne i które także dla nas w dalszym ciągu będą ważne.

Po pierwsze wiadomo, że według Maxwella siły elektromagnetyczne nie działają natychmiastowo na odległość, lecz rozchodzą się z pewną określoną prędkością.

W skutek tego, jeżeli w jednym punkcie pozostają peryodycznie [tj. okresowo] zmienne siły n.p. podczas rozbrojenia

¹² Na odwrocie karty 1v(63v) notatka Smoluchowskiego: wzory związane z teorią Maxwella. Wydaje się, że Smoluchowski miał na myśli wzory sugerując wstawienie na k. 2 (46) wyrażenia matematycznego.

¹³ Dopisane nad linią tekstu: „eterze”. Dopiski tego typu będą wstawiane do tekstu w nawiasach klamrowych. Ponadto dopisane słowo nieczytelne.

butelki lejdejskiej, to [---]¹⁴ peryodyczne siły będą się rozchodzić, podobnie jak fale po powierzchni wody, tylko z tą różnicą że rozchodzić się będą we wszystkich kierunkach przestrzeni, nie tylko w płaszczyźnie. Takie rozchodzenie się peryodyczne zmiennych sił elektrycznych [---]¹⁵ właśnie określamy nazwą „fal elektrycznych”; [---]¹⁶ wiadomo że istnienie takich fal doświadczalnie okazaniem **zostało pierwszy raz przez Hertza {1887}**, że na tych falach polega **telegrafia bez drutu** wydoskonalona tak znakomicie przez Marconiego i innych fizyków, i wiadomo że według Maxwella także promienie światła i tzw. ciepło promien[iste](?) [---]¹⁷ nie są niczem innym jak takimi falami elektrycznymi. Jedyne ich różnica jest ilościowa, gdyż najdłuższe fale należące do promieniowania pozaczzerwonego, skonstatowane przez Rubensa¹⁸ i Nicholisa(?)¹⁹ posiadały długość 6,06 m[ikronów(?)]²⁰, a najkrótsze fale elektr[omagnetyczne] sztucznie wytworzone za pomocą [---]²¹ iskielektrycznych posiadały długość 6 m[ikronów(?)].

¹⁴ Usunięto kilka słów, nieczytelne.

¹⁵ Skreślenie nieczytelne.

¹⁶ Skreślenie: „które to fale”, poniżej skreślenie nieczytelne.

¹⁷ Skreślenie: „innego nie jest”.

¹⁸ Heinrich Rubens (1865–1922) – niemiecki fizyk, prowadził badania nad promieniowaniem elektromagnetycznym w zakresie podczerwieni.

¹⁹ Ernest Fox Nichols (1869–1924) – amerykański fizyk, w latach 1894–1896 współpracował w Berlinie z H. Rubensem.

²⁰ Jednostka zanotowana przez Smoluchowskiego jest trudna do odczytania, kontekst wypowiedzi sugeruje, że chodziło o mikrony, czyli mikrometry (10^{-6} m).

²¹ Skreślenie: „drgać”.

[k. 3 (65)] **Nie mogę się wdawać w omówienie dowodów przemawiających** za tą teorią elektromagnetyczną światła, wystarczy [---]²² powiedzieć że chyba [---]²³ **ani jeden z fizyków naukowo** pracujących dzisiaj już nie uznaje dawnej teorii undulacyjnej [tj. falowej], według której światło miało być drganiem poprzecznym eteru, że w ostatnim dzwudziestoleciu(?) zupełnie teoria elektromagnetyczna zwyciężyła, a teoria undulacyjna poszła do muzeum starych rupieci i do książek przeznaczonych dla szkół ludowych i gimnazyów.

Drugi ważny wniosek wypływający z teorii elektromagnetycznej Maxwella i stanowiący jeden z najważniejszych jej znamion jest wpływ magnetyczny prądów konwekcyjnych. Wiadomo że prąd jednego Ampera polega na [---]²⁴ przepływanie ładunku jednego Coulomba (przez sekundę) przez przekrój konduktora, i że ten prąd wytwarza dookoła siebie pole magnetyczne tak że przeprowadzając taki prąd po obwodzie koła otrzymamy w skutku siłę...²⁵ według prawa Biot[a]-Savarta. Otóż Maxwell twierdził że tak samo powstanie pole magnetyczne, jeżeli zamiast przewodnika weźmiemy²⁶ ciało naelektryzowane i poruszające się [---]²⁷, więc n.p. jeżeli krążek [---]²⁸ wirujący dookoła swej osi z prędkością jednego

²² Skreślenie nieczytelne.

²³ Skreślenie nieczytelne.

²⁴ Skreślenie: „przenoszeniu”.

²⁵ Wyrażenie częściowo nieczytelne.

²⁶ Skreślenie nieczytelne.

²⁷ Skreślenie dopisku powyżej, nieczytelne.

²⁸ Wstawiona linia, następnie przekreślona, skreślenie nieczytelne.

obrotu na sekundę naładujemy tak że ładunek będzie jeden Coulomb, to powstanie pole magnetyczne dookoła tak samo jak gdyby prąd 1 Amp[era] przepływał po jego obwodzie. A w ogólności zatem ruch [---]²⁹ ładunku elektrycznego e (przypadającego na jedność objętości) z prędkością n równoważny jest prądowi natężenia en .

Ładunki których w praktyce udzielić można takiemu krążkowi są bez porównania mniejsze niż 1 Coul[omb], dla tego też z powodu [---]³⁰ drobnosci tych sił trudno ich istnienie wykazać, ale przecież doświadczenia wykonane z największą starannością³¹ [k. 4 (66)] przez Rowlanda³² {1876} i przed dwoma laty przez panów Crémieu³³ i Pender³⁴ {1902/3} potwierdziły w zupełności te przypuszczenia Maxwella.

Prądy takie, które polegają na ruchu ciał naelektryzowanych [---]³⁵ nazywamy **prądami konwekcyjnymi**. Pewien rodzaj ich od dawien dawna był znany t.j. przewodzenie prądu

²⁹ Skreślenie nieczytelne.

³⁰ Skreślenie nieczytelne.

³¹ Na odwrocie karty 3v (65v) znajduje się kilka drobnych obliczeń.

³² Henry Augustus Rowland (1848–1901) – amerykański fizyk, zajmował się analizą widmową światła, twórca wysokiej jakości siatki dyfrakcyjnej.

³³ Victor Crémieu (1872–1935) – francuski fizyk, prowadził badania naelektryzowanych obracających się dysków, dzięki czemu potwierdził wcześniejsze obserwacje Rowlanda wspomniane przez Smoluchowskiego.

³⁴ Harold Pender (1879–1959) – amerykański fizyk, który niezależnie od prac Crémieu próbował potwierdzić obserwacje Rowlanda.

³⁵ Skreślenie: „elektrycznością”.

przez **elektrolity**. Tutaj ruch elektryczności związany jest z ruchem [---]³⁶ ionów [jonów], tj. atomów lub też pewnych grup atomów, naładowanych elektrycznością. Tak n.p. przewodzenie elektry[czne] przez kwas azotowy [---]³⁷ następuje wskutek tego że jony wodoru H_+ poruszają ku biegunowi ujemnemu, a jony NO_3^- - Cl^- ku biegunowi dodatniemu (anodzie).

Ważnem jest, że przy tem zjawisku okazuje się iż **każdy ion jednowartościowy [---]³⁸ zaopatrzony jest zawsze jednym i tym samym ładunkiem**, jak to wynika z praw Faraday'a elektrolizy. Można nawet wielkość jego oznaczyć, do wydzielenia 1 gramu H_2 potrzeba mianowicie przejścia ilości elektryczności 96513 Coul[omba]³⁹ zatem $1 \text{ cm}^3 = 8,67 \text{ Coul[omba]}$ a w 1 cm^3 znajduje się jak wiemy z teorii kinetycznej gazów $4 \cdot 10^{19}$ drobin H_2 zatem ładunek jednego H {atomu który waży} wynosi $2,2 \cdot 10^{-19} \text{ Coul[omba]} = \dots = 3,3 \cdot 10^{-10} \text{ est(?)}$. Ładunek dwuwartościowego ionu Cu, Zn dwa razy $6.6 \cdot 10^{-10}$.

Otóż już w roku **1881 Helmholtz** zwrócił uwagę na fakt że przy elektrolizie elektryczność znachodzi się jedynie w ilościach wielokrotnych tego ładunku elementarnego, że to jest najmniejsza ilość która może zostać wydzielona, i **wypowiedział wobec tego przypuszczenie, że może elektryczność, tak samo jak materya ma skład atomistyczny, myśl którą później**

³⁶ Skreślenie: „atomów”, następnie skreślenie „atomów, albo raczej”.

³⁷ Skreślenie: „siarkowy”.

³⁸ Skreślenie nieczytelne.

³⁹ Słowo nieczytelne.

Boltzmann bardzo popierał. Obecnie wiemy, że [k. 5 (67)] tak jest i owe atomy elektryczne to są właśnie elektrony.

Ale powróćmy do teorii elektromagnetycznej światła. Także ona naprowadziła na to samo pojęcie elektronów. Przedewszystkiem **sam fakt, że ciała wszystkie bezustannie wydają z siebie promieniowanie** (jeżeli temperatura niska tylko promienie pozaczerwone, cieplne, we wyższej temp[eraturze] (powyżej 500° - 700° [C] temp[eratura] czerwonego żaru także świetlne) sam ten fakt wskazuje na to że w drobinach czy atomach coś może być, co bezustannie wytwarza fale elektromagnetyczne. Nie mogą to być iskry elektr[yczne], bo skąd by się brała energia do tego potrzebna, ale jak obecnie sobie tłumaczymy, są to właśnie owe elektrony które, tak samo jak atomy są w bezustannym ruchu drgającym i wskutek tego wysyłają fale elektromagnetyczne. [---]⁴⁰ Planck, który rozwinął teorię elektromagnetyczną promieniowania i na jej podstawie doszedł do ogólnego [---]⁴¹ prawa promieniowania empirycznie stwierdzonego, był nawet w stanie ze znanej wielkości promieniowania obliczyć elementarny ładunek takiego elektronu, mianowicie $4,69 \cdot 10^{-10}$ (est(?)). Powrócimy później jeszcze do tej liczby.

Elektromagnetyczna teoria światła w swej pierwotnej formie posiadała różne słabe strony, przedewszystkiem nie zdała sprawy z istnienia dyspersji [dyspersji] {rozszczipiania}

⁴⁰ Skreślenie nieczytelne.

⁴¹ Skreślenie: „wzoru”.

i absorpcji [absorpcji] w izolatorach [---]⁴². Dopiero gdy Helmholtz {1892}, [---]⁴³, a zwłaszcza w najdoskonalszej formie Drude uzupełnili swą teorię uwzględniając wpływ, który muszą mieć elektrony ruchome w ciele się znajdujące, podobnie do [---]⁴⁴ rezonatorów w akustyce, dopiero wtedy otrzymano [k. 6 (68)] wzory matematyczne dla [w]spółczynnika absorpcji i dla [w]spółczynnika załamania najzupełniej zgodne z [---]⁴⁵ pomiarami doświadczalnymi. Te zjawiska absorpcji i dyspersji stanowią zatem już **trzeci po kolejji dowód dla istnienia** owych elektronów, które (?) obecnie poznaliśmy.

Ale jeszcze wyraźniejsze wskazówki co do ich istoty daje zjawisko odkryte w roku **1897 przez Zeemana**, mianowicie wpływ pola [---]⁴⁶ magnetycznego na promieniowanie. Zeeman obserwował widmo pochodzące od płomienia [palnika] Bunsena zabarwionego sodem na żółto, okazujące jak wiadomo zwłaszcza jedną linię charakterystyczną [---]⁴⁷ D, która właściwie składa się z dwóch linii tak bardzo zbliżonych 589,0; 589,6 że tylko w lepszych [---]⁴⁸ spektroskopach można je rozróżnić.

⁴² Skreślenie dopisku powyżej nieczytelne. Skreślenie początku kolejnego zdania: „Tłumaczył że metale jako przewodniki są nieprzezroczyste, ale”.

⁴³ Skreślone nazwisko, nieczytelne. Powyżej nazwiska Helmholtza dopisano również jeszcze jedno nazwisko, niestety nieczytelne, wraz z datą prawdopodobnie 1887 lub 1897.

⁴⁴ Skreślenie: „jak”.

⁴⁵ Skreślenie: „doświadczeniem”.

⁴⁶ Skreślenie: „elektro”.

⁴⁷ Skreślenie nieczytelne.

⁴⁸ Skreślenie nieczytelne.

Otóż gdy wytworzył następnie pole [---]⁴⁹ magnetyczne [---]⁵⁰ za pomocą bardzo silnego elektromagnesu, na około płomienia, pokazało się że każda z owych linii rozszczepiła się na dwie lub trzy, zależnie od pozycji magnesu, to znaczy że barwa promieni wysyłanych została zmieniona nieco przez obecność pola magnetycznego. Zmiana ta jest nadzwyczaj drobna i tylko w najlepszych aparatach dostrzegalna, i dla tego też uszło [---]⁵¹ innym badaczom, którzy – począwszy od Faradaya – za takim zjawiskiem daremnie szukali [---]⁵². Zjawisko to tłumaczy się w bardzo prosty sposób oddziaływaniem pola magnetycznego na ruch owych elektronów, których drgania [---]⁵³ powodują promieniowanie, tłumaczą się także⁵⁴ [k. 7 (69)] zjawiska polaryzacji, które przy tem występują, i [---]⁵⁵ obliczenie matematyczne oparte na tych obserwacjach nawet nasuwa pewne wnioski co do istoty owych elektronów. Pokazuje się że elektrony tu działające posiadają ładunki ujemne i że stosunek ładunku elektrycznego do ich masy materialnej wynosi $e/m=1,6 \cdot 10^7$ (em).

⁴⁹ Skreślenie: „elektro”.

⁵⁰ Skreślenie dopisku powyżej: „H=22.400”.

⁵¹ Skreślenie: „to”.

⁵² Skreślenie: „Zeeman zawiadomił o swem odkryciu prof Lorentza w Leyden, który się zajmował wypracowaniem matematycznym teorii elektronów; a Lorentz [---] zauważył że jest to zjawisko w zupełnej zgodności z jego teorią”.

⁵³ Skreślenie: „dają”.

⁵⁴ Na odwrocie karty 6v(68v) zanotowany został wzór oraz wartość stosunku $e/m=1,6 \cdot 10^7$.

⁵⁵ Skreślenie nieczytelne.

Ograniczę się na tych kilku [---]⁵⁶ słowach co do wymienianych zjawisk, [---]⁵⁷ obszerniej jednak chciałbym omówić zjawiska [---]⁵⁸ innego rodzaju, t.zw. promienie katodowe, które najwięcej przyczyniły się do odsłonięcia tajemnic istoty elektronów, i które najsilniejszy tworzą fundament dla tej teorii.

Wiadomo że w **zwykłych warunkach gazy są stosunkowo bardzo dobrimi izolatorami**, [---]⁵⁹ a dopiero po przekroczeniu pewnej bardzo znacznej siły elektromotorycznej (1 mm – 4 800V; 2 cm – 31 300V; 2 m – 3 080 000V) występuje stacyczny(?) przepływ elektryczności, rozbrojenie w kształcie iskry elektrycznej. Gdy gaz rozrzedzamy, zmniejsza się jego wytrzymałość elektryczna, rozbrojenie następuje już przy znacznie niższym potencyale (>400 V), a przebiega mniej gwałtownie, iskra rozszerza się i zamienia się w [---]⁶⁰ masę świetlną wypełniającą prawie całe wnętrze rury, **której barwa zależy od istoty gazu**. Takie rurki nazywamy **Geisslerowskimi**. Gdy jednak rozrzedzanie dalej postępuje, [---]⁶¹ poniżej 1/10-1/100 mm[Hg] opór rurki znowu wzrasta, a zjawisko **zmienia swój wygląd. Światło wypełniające rurkę [---]⁶² i sięgające od katody do anody znika, a pozostają jedynie bardzo słabe, ledwie dostrzegalne, promienie, wychodzące z katody**, które poznać się dają

⁵⁶ Skreślenie: „uwagach”.

⁵⁷ Skreślenie nieczytelne.

⁵⁸ Skreślenie: „występujące”.

⁵⁹ Skreślenie: „tak że”.

⁶⁰ Skreślenie nieczytelne.

⁶¹ Skreślenie: „do”.

⁶² Skreślenie nieczytelne.

przedewszystkiem tem że miejsce rurki na które wpadają [k. 8 (70)] rozświetla się jednakowo zielonem blaskiem fluorescencyi {z nich pochodzą promienie Röntgena}.

To są owe sławne promienie katodowe, odkryte i zbadane już 30 lat temu {1874} przez sławnego chemika **angielskiego Crookesa, które jemu dały powód** do wygłoszenia śmiałej hipotezy o **czwartym stanie skupienia**, długi czas pogardzanej i wyśmiewanej, aż się obecnie w mało co zmienionej formie do czekało wspaniałego zmartwychwstania. Długi czas zwłaszcza Niemieccy fizycy [---]⁶³ próbowali wytłumaczyć dziwne zjawiska tutaj występujące rozmaitemi sposobami, aż wskutek nowych odkryć Thomsona⁶⁴ i Kauffmana {1897} wszyscy musieli przyznać, że jedynie teoria elektronów, przewidywana przez Crookesa daje wyjaśnienie wystarczające.

Wspomnę zaraz że mamy także liczne inne sposoby wytwarz[ania] pr[omienni] kat[odowych]; n.p. ciała żarzące, światło pozafioletkowe, ciała radioaktywne, itd.

Według obecnego stanu nauki te promienie nie są niczem innym jak strumieniem, gradem elektronów wyrzucanych z ka-



tody. [---]⁶⁵ Już Crookesa wytłumaczenie polegało na tem, że są to drobne cząstki naładowane silnem ładun-

kiem elektryczności ujemnej i dla tego od katody wyrzucane

⁶³ Skreślenie nieczytelne.

⁶⁴ Dopisane nad linią: 1897.

⁶⁵ Skreślenie: „Elektrony”.

W kierunku spadcu potencjału $\frac{\partial V}{\partial u}$ nabywają one ogromną prędkość [---]⁶⁶ i poruszają się one w dalszym ciągu prawie prostolinijnie, prostopadle do powierzchni katody.

To jest **pierwsza w oczy wpadająca właściwość różniąca ich od światła pozytywnego(?)**, że się wcale **nie troszczą o miejsce gdzie się znajduje** anoda, tylko prostolinijnie się rozchodzą.

Pochłonięte do pewnego stopnia przez gaz, przepuszczane przez blaszki aluminium. Wpadają w dalszym ciągu z wielką energią kinetyczną na ścianę i pobudzają jej drobiny i atomy do drgań, a zatem wytwarzają **owe światło fluoroscencyi**.

[k. 9 (71)] Barwa jego zależy od rodzaju [---]⁶⁷ substancji na które promienie wpadają. {Promienie Röntgena 1895 nieregularne ...⁶⁸}.

Oprócz tego oczywiście *bombardament* [przest. bombardowanie] ten musi **ogrzewać ścianę** i wywierać na nią **pewne ciśnienie**, ogrzanie rzeczywiście występuje bardzo silnie, tak że blaszka platynowa szkło może zostać rozżarzone, a nawet przetopione. Ciśnienie mechaniczne trudniej okazać. Crookes wprawdzie tem sposobem tłumaczył ruch wiatraczka pod wpływem tych promieni, ale zdaje się że [---]⁶⁹ w pierwszym rzędzie

⁶⁶ Skreślenie: „Wskutek ogromnej prędkości, którą przy tym nabywają w kierunku spadcu potencjału”.

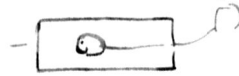
⁶⁷ Skreślenie nieczytelne.

⁶⁸ Słowo nieczytelne, zdanie bądź równoważnik zdania prawdopodobnie niedokończone.

⁶⁹ Skreślenie nieczytelne.

ruch ten należy przypisać siłom elektrostatycznym powstającym przez naładowanie łopatek koła ujemną elektr[ycznością].

Nie wspominałem...⁷⁰ jeszcze, ale to się rozumie przez się, że **miejsca na które te promienie wpadają, otrzymują silne ładunki elektryczne ujemne**, i to zostało udowodnione przez staranne doświadczenia Perrina⁷¹; co najdziwniejsze że nawet promienie które przeszły **przez cienką blaszkę aluminiową** {bo taka je przepuszcza} ciała poza nią znajdujące się ładują elektrycznością ujemną.



To oczywiście dowodzi że transportują one ze sobą elektr[yczność] ujemną.

Dalszą konsekwencją jest że [---]⁷² na kierunku ich musi **wpłynąć pole elektryczne** {Thomson}, że przechodząc między płytami kondensatora (w próżni!) muszą się przegiąć w kierunku ku płycie +.



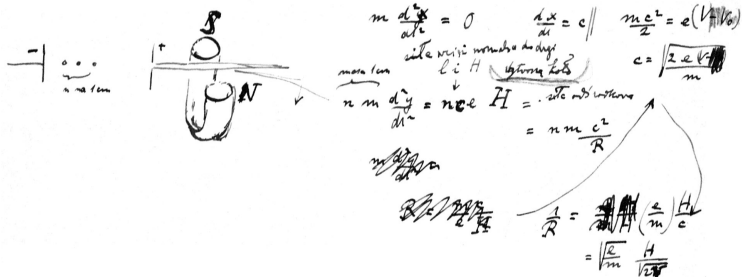
Nie mamy tutaj takiego aparatu, możemy jednak okazać inne zjawisko nadzwyczaj ciekawe t.j. podobny **wpływ pola magnetycznego**. Na takie promienie musi bowiem magnes działać bardzo odchylająco, podobnie jak na drut przewodzący prąd elektr[yczny]. [k. 10 (72)] Gdyby silniejszy magnes to zwiąnęły się promień w koło.

⁷⁰ Słowo nieczytelne

⁷¹ Jean Baptiste Perrin (1870–1942) – francuski fizyk, laureat Nagrody Nobla, w roku 1895 wykazał, że promienie katodowe jest strumieniem ujemnie naładowanych cząsteczek.

⁷² Skreślenie nieczytelne.

Bardzo łatwo da się wykonać obliczenia tego zjawiska które nas do ciekawych doprowadzi wniosków



zatem [---]⁷³ krzywizna tem mniejsza czem mniejsze H , więk-
sze c zatem czem więk sze V [oznaczenia: c – szybkość elek-
tronu, m – jego masa, V – potencjał, H – wartość siły odśrodko-
wej, R – promień łuku].

Wyróżniamy rurki „twarde” i „miękkie”, w pierwszych
promienie sztywniejsze, bo c więk sze {**Armata, Moździerz**}.
[---]⁷⁴ Ale oprócz tego mamy tutaj środek do obliczenia sto-
sunku $\frac{e}{m} : \frac{e}{m} = \frac{2V}{HR^2}$; a potem z tego także obliczenie takie(?) wy-
konał pierwszy Schuster⁷⁵, potem Thomson, i inni i pokazało się

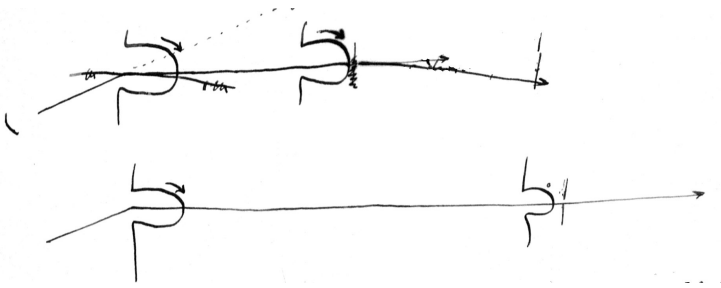
⁷³ Skreślenie nieczytelne.

⁷⁴ Skreślenie nieczytelne.

⁷⁵ Arthur Schuster (1851–1934) – brytyjski fizyk niemieckiego po-
chodzenia, studiował m.in. u Wilhelma Eduarda Webera i Hermanna
von Helmholtza. Zajmował się m.in. spektroskopią, elektrochemią,
optyką i obrazowaniem przy pomocy promieni Röntgena. Na temat
jego wkładu w proces odkrywania elektronu (Feffer, 1989).

że wartość $\frac{e}{m} =$ mniej więcej $1 \cdot 10^{17}$ (e/gr(?)⁷⁶), prędkości kolosalne, zależne od V ale rzędu wielkości wielkości 1/10 prędkości światła. Jeden i drugi wniosek były nadzwyczaj zadziwiające, starano się oczywiście bezpośrednią metodą zmierzyć prędkość. Wykonali to metodą nadzwyczajnie pomysłową Des Coudres⁷⁷ i Wiechert⁷⁸. Szczegółów nie podam, tylko zaznaczę zasadę tych doświadczeń. Polegały na podobnej zasadzie jak metoda Fizeau do mierzenia prędkości światła.

Wyobraźmy sobie dwa elektromagnesy [---]⁷⁹ albo po prostu skrzywione kawały konduktora [przewodnika] które wytwarzają pole magnetyczne zmienne w dwóch punktach, i tak powodują skrzywienie promienia.



⁷⁶ Jednostki nieczytelne, prawdopodobnie powinno być „jednostek elektromagnetycznych/gram”.

⁷⁷ Theodor Des Coudres (1862–1928) – niemiecki fizyk, jako pierwszy wyznaczył ładunek i szybkość cząstek α .

⁷⁸ Emil Johann Wiechert (1861–1928) – niemiecki geofizyk, prowadził badania promieni katodowych i znacząco przyczynił się do odkrycia elektronu.

⁷⁹ Skreślenie nieczytelne.

Tak otrzymali $c=20[000]-50\,000$ km/sek zatem liczby [---]⁸⁰ zupełnie zgodne z owymi poprzednimi, więc oczywiście pośrednio także tamtą teorię w ogóle popiera.

Najdokładniejsze rezultaty otrzymuje się jednak inną metodą porównując zbieżenie **magnetyczne ze zbieżeniem elektrycznym**

$$\frac{nm c^2}{r} = neE \{\text{przybliżenie(?)}\} \text{ z czego } \frac{1}{r} = \frac{e}{m} \frac{E}{c^2}$$

$$\text{dzieląc: } \frac{r}{R} = \frac{cH}{E}.$$

Jeszcze ciekawsze są jednak wyniki co **do masy**, pokazało się bowiem że stosunek ten e/m jest zupełnie nie zależny od natury gazu i od natury [---]⁸¹ metalu z którego się składa katoda. A mianowicie $e/m = 10^7$ podczas gdy dla atomu wodoru $e/m = 10^4$ zatem 1000 razy mniej.

Ażeby móc dalsze wnioski z tego wyciągnąć trzeba było poszukać metody do **obliczenia e samego**. Wykonali to Thomson i Wilson zapomocą metod nadzwyczaj pomysłowych polegających na tem że para wodna przesycona kondensuje się pod wpływem promieni katodowych na tych elektronach i że z ilości kropelek wytworzonych i z ilości elektryczności [k. 12(74)] przewodzonej można było e obliczyć. Otrzymali $e=3,4 \cdot 10^{-10}$ (est.(?)) znowu **jednakową w wszystkich gazach**.

⁸⁰ Skreślenie nieczytelne.

⁸¹ Skreślenie: „elektrody”.

Jest to ta sama ilość, którą transportuje 1 [---]⁸² atom H przy elektrolizie. Zatem wynika że m jest 1000 razy mniejsze! Więc podczas gdy dawniej atomy uważano za niepodzielne pokazało się że istnieją jeszcze elektrony **1000 razy mniejsze! Thomson wnioskuje** z tego w związku z równością wartości e/m dla [---]⁸³ wszystkich substancji, że atomy składają się właśnie z drobnych ciałek $\pm \bar{e}^{\pm}$ i że taki atom utraciwszy jeden elektron staje się atomem dodatnim, (dodatnim ionem w elektrolizie). To byłyby zatem **składniki właściwej materii, te cegły, z których atomy są zbudowane**. A trzeba przyznać że liczne zjawiska przemawiają za tą teorią, w pierwszym rzędzie fakt, **że rzeczywiście [---]⁸⁴ atomy jednego pierwiastka chemicznego mają** się zamieniać na atomy innego rodzaju (Ra→He), a dalej **różne zjawiska** ciał radioaktywnych, jako złożoność widma pierwiastków.

Obecnie jednak chciałbym zwrócić uwagę Sz[anownych] Panów na inny szczegół nadzwyczajnie ciekawy. Pokazało się bowiem przy pomiarach bardzo dokładnych Kaufmanna⁸⁵ że

⁸² Skreślenie: „Ion”.

⁸³ Skreślenie: „różnych”.

⁸⁴ Skreślenie nieczytelne.

⁸⁵ Walter Kaufmann (1871–1947) – niemiecki fizyk doświadczalny, od 1900 roku dokonywał pomiarów zależności masy elektronu od jego szybkości. Do wyników Kaufmanna Smoluchowski odnosił się bardzo często jako do jednego z ważniejszych wyników eksperymentalnych wskazujących na granice stosowalności mechaniki Newtonowskiej.

Bardzo interesujący jest również kontekst niniejszej wypowiedzi Smoluchowskiego w Polskim Towarzystwie Politechnicznym we Lwowie. Słynny fizyk prezentuje tutaj na najważniejszy wynik do-

liczby dla e/m nie są zawsze te same; że one nie zależą od natury ciał ale [---]⁸⁶ do pewnego stopnia od prędkości c . Okazuje to następująca tabliczka Kaufmanna:

$v =$	$2.36 \cdot 10^{10}$	$\frac{m}{e} =$	$0.763 \cdot 10^{-7}$
	2.48		0.855
	2.59		1.025
	2.72		1.299
	2.83		1.587
	$3.00 \cdot 10^{10}$		

[k. 13 (73)] Jakże to zjawisko wytłumaczyć?

Otóż tłumaczy się to zapomocą nadzwyczaj śmiałej **hipotezy, już kilkanaście** lat temu przez Lodge'a⁸⁷ i innych wypowiedzianej, że **masa materyalna jest tylko pozorną**, że to rzeczywiście istnieje jest tylko elektryczność, a bezwładność materyalna jest tylko **skutkiem tego ładunku**.

świadczalny, wskazujący konieczność zmian w systemie mechaniki Newtonowskiej. Nie wiadomo nic o tym, aby wykład ten wzbudził wówczas jakiegokolwiek kontrowersje. Jednak piętnaście lat później poważne kontrowersje w tym samym gronie wzbudzi teoria Einsteina, która wyjaśniała również to „nadzwyczajnie ciekawe” zjawisko, zdecydował o tym jednak specyficzny kontekst filozoficzny recepcji teorii względności. Więcej na ten temat (Polak, 2012).

⁸⁶ Skreślenie nieczytelne.

⁸⁷ Oliver Joseph Lodge (1851–1940) – brytyjski fizyk, badał elektryczność i fale elektromagnetyczne, pionier komunikacji przy pomocy fal radiowych, pomysłodawca idei skrócenia (zwanego dziś skróceniem Lorentza).

Że elektryczność poruszająca się okazuje zjawiska analogiczne do bezwładności, to od dawien dawna wiadomem, nazywamy to skutkiem indukcji własnej *Selbstinduktion*, tłumaczymy to nagromadzeniem energii potencjalnej pola magnetycznego i jesteśmy nawet w stanie dokładnie to obliczyć. N.p. gdy prąd przepływa przez obwód(?), a wyłączymy siłę elektromot[oryczną] to działa jeszcze przez jakiś czas *Entlastrom*(?), dalej w tym samym kierunku, tak jak gdyby tutaj woda płynęła w rurze z rozpędem. Coś podobnego nastąpić musi także, gdy jeden elektron się porusza. Powiadaliśmy że n elektronów poruszających się powoduje pole magnetyczne tak jak gdyby działał prąd [---]⁸⁸ n/ec [---]⁸⁹ **zatem powstaje skutek ruchu każdego elektr[onu] energia potencjalna prądu proporcjonalna do i^2 , tj. do c^2 , która w razie gdybyśmy ów elektron chcieli zatrzymać tak samoby starała utrzymać go w ruchu jak indukcyja własna powoduje [---]⁹⁰ extra prąd. Zatem [---]⁹¹ ciało naładowane już w skutek swego ładunku [---]⁹² okazywać musi zjawiska bezwładności, nie potrzeba wcale przyjmować jakiejś bezwładności materyalnej. [---]⁹³ Energia kinetyczna według tego w rzeczywistości byłaby tylko energią potencjalną pola magnet[ycznego].**

⁸⁸ Skreślenie nieczytelne.

⁸⁹ Skreślenie nieczytelne.



⁹⁰ Skreślenie nieczytelne.

⁹¹ Skreślenie nieczytelne.

⁹² Skreślenie nieczytelne.

⁹³ Skreślenie nieczytelne.

[---]⁹⁴ Dla małych prędkości będzie ona $\sim c^2$ i masa pozorna będzie stałą. Ale zmienia się to przy wzroście prędkości do granicy prędkości światła.

Dopóki ruch powolny pole elektr[yczne]  symetryczne i pole magn[etyczne] normalne, [k. 14 (74)] ale zmienia się to  wskutek skończonej prędkości sił elektr[ycznych] gdy prędkość ruchu zbliża się do granicy $3 \cdot 10^{10}$, wtedy prawo Biot[a]-Sawarta traci ważność, i owe obliczenia się zmienia (Abraham, Thomson): $m = m_0[1 + \frac{2}{5}(\frac{c}{v})^2 - \frac{\rho}{5.7}(\frac{c}{v})^4 + \dots]$ więc przy wzroście prędkości pozorna masa musi się powiększać, co rzeczywiście się zgadza zupełnie z owymi liczbami.

Jeżeli więc dalsze pomiary potwierdzą tę zgodność musimy przyznać że stanowi to dowód, że [---]⁹⁵ masa jest tylko pozorną, i że prawa mechaniki Newtona są nieściśle. Masę Newton uważa za coś zupełnie stałego, podczas gdy zmienia się ona przy prędkościach rzędu V , i co jeszcze ciekawsze, **różna w różnych kierunkach**, tak że prawo superpozycji sił wtedy należy poprawić.

Naturalnie nie ma niebezpieczeństwa dla naszych praktycznych zastosowań mechaniki, bo tu nijak nie wychodzimy poza prędkości może 1000 m/sek w balistyce, nawet prędkość ziemi koło słońca drobne 29,5 km/sek. Ale dla nauki samej jest to wniosek ogromnej wagi, który otwiera niespodziewaną perspektywę⁹⁶.

⁹⁴ Skreślenie nieczytelne.

⁹⁵ Skreślenie nieczytelne.

⁹⁶ Słowa te wypowiedział Smoluchowski na trzy miesiące przed sformułowaniem szczególnej teorii względności przez Poincarégo

Rozwinąłem dzisiaj tutaj obraz teorii elektronów [---]⁹⁷ jedynie w bardzo ogólnych zarysach, [---]⁹⁸ ograniczyłem się do pobieżnego omówienia zjawisk prom[ieniowania] katod[owego], a ledwie wspomniałem o tylu innych zjawiskach (dyspersja, absorpcja, promieniowanie ...⁹⁹, zjaw[isko] Zeemana, o poszukiwaniach nad ruchem eteru względem ziemi, a zwłaszcza o ciałach radioaktywnych¹⁰⁰) które wszystkie z tem przedmiotem są w związku i tę teorię popierają. Kładę tylko jeszcze raz nacisk [k. 15(77)] na zgodność liczb otrzymanych według metod zupełnie odmiennych na wartość e/m .

Teoria ta jeszcze bynajmniej nie jest wykończoną, zwłaszcza zachowywanie się elektrycz[ności] dodatniej jest jeszcze dosyć niejasne, ale widzimy w każdym razie że zasady jej są dostatecznie potwierdzone. Kto się bliżej temi rzeczami zajmuje doznaje dziwnego uczucia, jakby zawrotu głowy na myśl o perspektywach które się obecne nauce otwierają. Dokąd nas ten prąd w nauce poprowadzi, niepodobna przewidzieć, ale to

i Einsteina. Widać więc, że był w pełni świadom przełomowego znaczenia wyników Kaufmanna i oczekiwał odpowiedniego teoretycznego opracowania, które ukaże nową mechanikę. Interesujące w powyższej wypowiedzi jest również to, że Smoluchowski jako pierwszy sformułował tezę, że wyniki te są istotne tylko dla teorii, a nie dla praktycznych zastosowań mechaniki – w zasadzie wszyscy zwolennicy teorii Einsteina w trakcie polemik z początku lat dwudziestych będą powtarzać niemal dokładnie tę tezę (zob. Polak, 2012).

⁹⁷ Skreślenie nieczytelne.

⁹⁸ Skreślenie nieczytelne.

⁹⁹ Słowo nieczytelne.

¹⁰⁰ Słowa dopisane powyżej są nieczytelne.

pewne że jest to [---]¹⁰¹ zapowiedź dalszych nadzwyczajnych odkryć i początek wspaniałego dalszego rozwoju jakiego jeszcze nie było w historii tej nauki.

Opracowania pomocnicze

- Feffer, S.M., 1989. Arthur Schuster, J.J. Thomson, and the discovery of the electron. *Historical Studies in the Physical and Biological Sciences*, [online] 20(1), s. 33–61. Dostępne na: <<http://www.jstor.org/stable/27757634>> [ostatni dostęp 9.05.2017].
- Polak, P., 2012. „Byłem Pana przeciwnikiem [Profesorze Einstein]...”: *Relatywistyczna rewolucja naukowa z perspektywy środowiska naukowo-filozoficznego przedwojennego Lwowa*. Kraków: Copernicus Center Press.

¹⁰¹ Skreślenie nieczytelne.

