

ST. KALINOWSKI,

O DZIAŁANIU NASTĘPCZYM

przy podwójnem załamaniu światła w cieczach elektrycznie odkształconych
i przy magnetycznem skręcaniu płaszczyzny polaryzacji w cieczach.

Pracą niniejszą zakończyłem swe studia w pracowni fizycznej Uniwersytetu monachijskiego. Dyrektorowi tej pracowni, prof. W. C. Röntgenowi, zawdzięczam nie tylko możność wykonania tej pracy, ale przede wszystkim to, że się nauczyłem pracować. Uważam tedy za swój najpierwszy obowiązek złożyć Mu w tem miejscu najserdeczniejsze podziękowanie za życzliwą pomoc i za te cenne wskazówki, których mi przez cały czas mych studiów nie skąpił.

I. Zjawisko Kerra.

§ 1.

DOŚWIADCZENIA H. ABRAHAMA i I. LEMOINE'A.

Pytanie, czy ciecz, poddana odkształceniu elektrycznemu, staje się podwójnie załamującą światło z chwilą powstania pola elektrycznego i traci tę własność z chwilą zniknięcia tego pola, czy też zjawisko optyczne jest nieco spóźnione względem elektrycznego, — pytanie to uchodzi od r. 1900 ponieważ za rozstrzygnięte. Właściwie przedtem jeszcze, bo w roku 1888,

kwestyę tę badał R. Blondlot¹⁾ i doszedł do wniosku, że w tem zjawisku działania następczego prawdopodobnie niema i że gdyby nawet zachodziło, to musiałoby trwać w każdym razie krócej niż $\frac{1}{40000}$ sekundy. Potem z r. 1893 Th. des-Coudres²⁾ obliczył, że ów czas trwania działania następczego nie może przechodzić $\frac{1}{20000000}$ sek. Wreszcie w latach 1899—1900 ogłoszona została praca H. A b r a h a m a i I. L e m o i n e'a³⁾, w której badacze ci zastosowali wysoce dowcipną i subtelną metodę, i wykazali, że czas, o którym mowa, jest mniejszy od $\frac{1}{400\ 000\ 000}$ sek.

R. Blondlot robił swe doświadczenia z dwusiarczkiem węgla, Th. des-Coudres z chloroformem, zaś H. A b r a h a m i I. L e m o i n e znowu z dwusiarczkiem węgla.

Zadaniem mojem było przedewszystkiem powtórzenie doświadczeń A b r a h a m a i L e m o i n e'a.

W krótkich słowach, metoda użyta przez tych ostatnich jest następująca. Płytki kondensatora z dwusiarczkiem węgla, tak zwanej komory Kerr'a (Kerr'sche Zelle), łączą się z biegunami dużej cewki indukcyjnej, zasilanej prądem zmiennym. Iskra, przez którą kondensator się wyładowuje, służy jednocześnie za źródło światła dla czynionych doświadczeń. Obwód, który należy zrobić możliwie krótkim, zawiera odpowiednio dobrany opór płynny; oprócz tego iskra ulega silnemu zdmuchiowaniu, przez co prąd o wysokim napięciu przekształca się na szereg wyładowań (ta szczególna forma wyładowania została uprzednio zbadana i opisana przez H. A b r a h a m a⁴⁾). Przy pomocy odpowiedniego ustawienia iskry, soczewek i zwierciadeł robi się tak, że światło od iskry dochodzi do kondensatora po przebyciu mniejszej lub większej odległości. W ten sposób dowolnie możemy zmieniać czas, upływający od chwili wyładowania kondensatora do chwili, gdy światło iskry wyładowującej przechodzi między płytkami tegoż kondensatora. Po drodze do kondensatora światło iskry zostaje spolaryzowane przez nikol, którego płaszczyzna główna tworzy kąt 45° z kierunkiem linii sił w kondensatorze.

Po przejściu między płytkami kondensatora, idzie ono dalej przez ósrodek podwójnie łamiący, np. spat wapienny, którego płaszczyzna główna

¹⁾ R. Blondlot. Journ. de Phys. II ser., T. VII, str. 91 (1888).

²⁾ Th. des-Coudres. Verhandl. Deutsch. Naturforscher und Aerzte III, str. 67 (1893).

³⁾ H. Abraham i I. Lemoine. C.R. 129, str. 206 (1899); Ann. de Chimie et de Phys. 7 ser., T. 20, str. 264 (1900); Journ. de Phys. 3 ser., IX, str. 262 (1900).

⁴⁾ H. Abraham. C.R. 128, str. 991 (1899); Journ. de Phys. (3) VIII, str. 366 (1899).

jest równoległa do płaszczyzny głównej polaryzatora, wreszcie przez analizator. Kiedy ciecz w kondensatorze staje się podwójnie łamiącą, wtedy widać przez analizator dwa obrazy o różnej naogół jasności. Skręcając analizator, możemy uczynić te obrazy jednakowo jasnymi; przytem daje się to osiągnąć przy dwusymetrycznych położeniach analizatora, i, — jak wskazuje teoria — kąt, który tworzą płaszczyzny główne analizatora w tych dwóch położeniach, daje nam miarę podwójnego załamania w cieczy kondensatora. Jeżeli światło niezmiernie krótko trwającej iskry dochodzi do kondensatora po przebyciu różnych odległości i jeżeli stan elektryczny kondensatora ulega w tak krótkich okresach pewnym zmianom, powinniśmy otrzymać na ten kąt wartości różne, o ile tylko w zjawisku Kerr'a niema działania następczego. Doświadczenia stwierdzają właśnie brak owego działania następczego. Podług A b r a h a m a i L e m o i n e'a zwiększeniu drogi, przebywanej przez światło z 20 cm. do 1 metra, odpowiada zmniejszenie się tego kąta o połowę; jeżeli zaś światło dochodzi od iskry do kondensatora po przebyciu odległości 4-ch metrów, to w tym czasie kondensator wyładowuje się o tyle, że ciecz traci nabytą własność optyczną i podwójne załamanie nie daje się już stwierdzić (wyżej wymieniony kąt nie daje się zmierzyć). Z podobnych doświadczeń H. A b r a h a m i I. L e m o i n e wyciągnęli przytoczony już wniosek co do maksymalnej wartości czasu trwania działania następczego przy podwójnem załamaniu w cieczach elektrycznie odkształconych ($\frac{1}{400\ 000\ 000}$ sek.).

Myśl zasadnicza tej metody jest nad wyraz prosta i dowcipna. Niezbędnym jednak warunkiem udania się doświadczeń jest otrzymanie odpowiedniej formy wyładowania — tej, którą właśnie zbadał H. A b r a h a m. Trudności, które się ma do zwalczenia przy powtórzeniu tych doświadczeń, zwiększa jeszcze ta okoliczność, że do sądzenia, o ile forma wyładowania jest właściwa, nie mamy innego sprawdzianu nad ten, że doświadczenia się udają, czyli że oczekiwane pomiary owego kąta dają się wykonać. Z tych samych więc danych musimy i wyciągać wnioski, o które nam chodzi, i sprawdzać przesłanki. Że i sami autorowie tej metody nie mieli tu innej drogi do wyboru, świadczą o tem ich własne słowa: „... nous ne citerons ici que les résultats d'une seule expérience correspondant à la décharge la plus rapide¹⁾“.

Daje się stąd wyciągnąć taki wniosek, że, o ile się komu powtórzenie tych doświadczeń nie udaje, nie może to jeszcze przeczyć wynikom pracy H. A b r a h a m a i I. L e m o i n e'a, gdyż zawsze można niepowodzenie wytłómaczyć niewłaściwą formą wyładowania (fotograficzne badanie iskry

¹⁾ H. Abraham et I. Lemoine. Journ. de Phys. (3) IX, str. 265 (1900).

przy tak małych okresach, o jakie tu chodzi, nie może dać pewnych rezultatów — przynajmniej przy dzisiejszych środkach technicznych).

Próbowałem powtórzyć te doświadczenia, używając, zamiast dużej cewki, zasilanej prądem zmiennym, niewielkiej cewki ze zwykłym przerywaczem młoteczkowym. Straciłem na tych usiłowaniach dużo czasu, ale rezultatów żadnych nie otrzymałem. Mój kondensator składał się z dwóch prostokątnych płytek mosiężnych, zanurzonych w dwusiarczku węgla. Płytki miały 18 cm. długości, 3 cm. szerokości i były o 2 mm. od siebie oddległe. Obwód był możliwie krótki — ogólna długość łączących drutów wynosiła około 1 metra. Za opór płynny służyła mi rurka, napełniona roztworem siarczanu miedzi o najrozmaitszej koncentracji (od roztworu nasyconego do najbardziej rozcieńczonych); zbliżając lub rozsuwając elektrody z grubego drutu, mogłem jeszcze opór do pewnego stopnia regulować. Zamiast czterech zwierciadeł, którymi się posługiwali Abraham i Lemoine, używałem albo dwóch pryzmatów o całkowitem wewnętrznym odbiciu albo jednego tylko zwierciadła metalowego. Iskrę umieszczałem nie na osi optycznej, lecz nieco z boku. Zdmuchiwałem iskrę przy pomocy pompki wodnej.

Jak powiedziałem już, usiłowania moje pozostały bez skutku: gdy w doświadczeniach Abrahama i Lemoine'a przy zwiększeniu drogi, którą światło przebywało, do 4-ch metrów, zjawisko podwójnego załamania w kondensatorze nie dawało się dostrzec, doprowadzałem w swoich doświadczeniach tą drogą do 40 metrów i otrzymywałem stale wyraźne załamanie podwójne.

Zniechęcony tem niepowodzeniem, zdecydowałem się szukać na innej drodze rozwiązania kwestyi. W tym celu wykonałem szereg doświadczeń, których opis niżej podany zostanie i które, nie tak decydująco, jak badania wyżej wymienionych fizyków francuzkich, jednak do pewnego stopnia rozstrzygają postawione pytanie. Właśnie zabierałem się do zestawienia otrzymanych rezultatów w jedną całość, gdy się ukazał w „Nature” artykuł lorda Rayleigha¹⁾, dotyczący tej samej kwestyi. Ponieważ w tym czasie musiałem swoją pracę zakończyć, nie miałem przeto możności jej w należyty sposób uzupełnić przez wyzyskanie dla pomiarów ilościowych metody Abrahama i Lemoine'a. Poprzestałem tylko na powtórzeniu ich zasadniczego doświadczenia i tym razem z najzupełniejszym powodzeniem. Błąd mój był wyraźny: użyłem niewłaściwego źródła energii elektrycznej i niewłaściwego transformatora i to mi nie pozwoliło otrzymać należytej formy wyładowania. Wziąłem tedy dużą cewę, zasilaną prądem zmiennym, podobnie jak to uczynili sami autorowie metody i lord Ray-

¹⁾ Nature № 1798, Tom 69, str. 560 (14/IV. 1904).

leigh; oprócz tego do zdmuchiwania iskrzy użyłem środka bardziej energicznego, biorąc, zamiast pompki wodnej, duży gazometr, w którym ciśnienie można było dowolnie powiększać. Od pierwszej chwili widoczną była różnica między terazniejszymi a poprzednimi warunkami doświadczenia. Straciłem zaledwie kilka godzin na dobranie siły prądu, oporu ciekłego, długości iskrzy, a mogłem już szeregu pomiarów o wystarczającym przybliżeniu dokonać.

W doświadczeniach tych, tak samo jak w poprzednich, umieściłem iskrę nieco z boku, nie zaś na osi optycznej. Zwierciadło metalowe *A* (Fig. 1) było ustawione w stałej odległości 1-go metra od kondensatora *C*

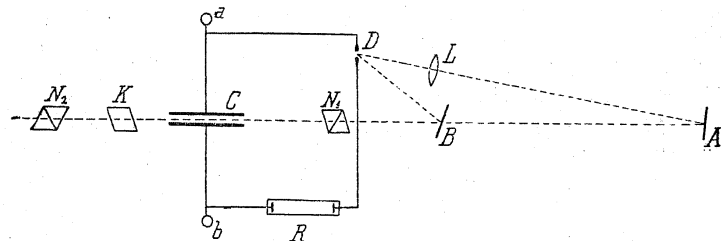


Fig. 1.

Soczewka *L*, umieszczona między iskrą *D* i zwierciadłem *A*, służyła do skoncentrowania promieni na analizatorze. Drugie zwierciadło *B*, które bądź stawiałem w miejscu oznaczonym, bądź z tego miejsca usuwałem, odbijało promienie w kierunku kondensatora *C* bez współudziału soczewek. Odległość tego drugiego zwierciadła (*B*) od środka kondensatora wynosiła 45 cm; usunięcie więc tego zwierciadła powodowało mniej więcej zdwojenie długości drogi, które światło od iskrzy przed dotarciem do kondensatora miało do przebycia. *N*₁ i *N*₂ oznaczają nikole, ustawione tak, jak o tem wyżej powiedziano, *K* — spłat wapienny, *R* — opór ciekły, *a* i *b* bieguny wtórnego zwoju cewki. Aby możliwem było mierzenie kąta, który daje miarę załamania podwójnego, analizator *N*₂ mieści się w oprawie, zaopatrzonej w podziałkę kołową.

Siedmnaście pomiarów dało rezultaty bardzo zgodne: zwiększeniu długości drogi, którą światło przebywało, odpowiadało zmniejszanie się będącego w mowie kąta z 11° do 5°.

Oczyńc zadość życzeniu prof. Röntgena, któremu doświadczenia te demonstrowałem, powtórzyłem je z tą samą cewką i w tym samym ukła-

dzie, tylko zamiast prądu zmiennego wziąłem prąd stały, przerywany przy pomocy ręcznego przerywacza turbinowego. Rezultaty pomiarów nie były tak zgodne jak poprzednio, zapewne należało coś w całym układzie uregulować; widocznym jednak było, że i przy tem nowem urządzeniu powtórzenie doświadczeń nie powinno być niemożliwe. Bliższych badań musiałem z braku czasu zaniechać.

Uważam za odpowiednie dodać jeszcze parę szczegółów, dotyczących tych doświadczeń. Mój opór płynny stanowiła rurka, wypełniona nasycy-nym roztworem siarczanu miedzi; elektrodami były krążki miedziane o średnicy 1 cm. odległe od siebie o 4 cm. Iskra przeskakiwała między zaostroz-nemi zlekka sztabkami mosiężnymi o średnicy około 3 mm.; końce sztabek były od siebie odległe o 5 mm. Używałem także sztabek, zakończonych kulkami, ale regulowanie iskry w tym ostatnim razie było nieco kłopotliwsze i nie udawało mi się tak prędko otrzymać należytego wyładowania. Nie potrzebuję dodawać, że powierzchnia tych części, między którymi przeska-kiwała iskra, musiała być utrzymywana w możliwej czystości.

Liczba zmian prądu zmiennego, którym się posługiwałem, wynosiła 120 na sekundę.

Przerywacz turbinowy przerywał mi prąd stały około 100 razy na sekundę.

§ 2.

DZIELNOŚĆ ŚWIETLNA ISKRY ELEKTRYCZNEJ.

Jak już wyżej powiedziałem, po niepowodzeniu, którem się zakończył mój pierwszy zamiar powtórzenia doświadczeń A b r a h a m a i L e m o i n e'a, wykonałem szereg innych doświadczeń, zmierzających do tego samego celu. Niektóre z nich pozwalam sobie obecnie podać do wiadomości.

Pierwsze moje usiłowania skierowane były do tego, aby mózdz użyć do tych badań, zamiast iskry, jakiegoś potężniejszego źródła światła: myślałem o lampie N e r n s t a lub łukowej. Usiłowania moje spełzły na niczem, lecz w tym razie doznane niepowodzenie miało ten dobry skutek, że dochodzenie przyczyny niepowodzenia doprowadziło mnie do dość nieoczekiwa-nych wniosków co do dzielności świetlnej iskry elektrycznej. Doświadczenie następujące myśl moją wyjaśni.

Niech C (Fig. 2) oznacza taki sam kondensator z dwusiarczkim węgla, o jakim wyżej była mowa. Płytki jego łączą się z kulkami a i b , między którymi przeskakuje iskra wyładowująca. Do tych kulek zbliżone są bieguny A i B maszyny elektrostatycznej, wprawionej w ruch przy pomocy motorka elektrycznego. O ile wprowadzimy w zetknięcie kulki

a i A , b i B , płytki kondensatora bezpośrednio będą się łączyły z biegunami maszyny; o ile te kulki rozsuniemy, kondensator będzie się ładował przy pomocy iskier, przeskakujących między a i A , b i B . N_1 i N_2 ozna-czają dwa skrzyżowane nikole — polaryzator i analizator, których płasz-czynny główne tworzą kąty 45° z kierunkiem linii sił w kondensatorze. L jest to żarzące się włókno lampy N e r n s t a, które tak samo jak iskra leży na osi optycznej układu. Patrząc na to żarzące się włókno, można do-kładnie nikole skrzyżować — oczywiście maszyna nie powinna wtedy funk-cyonować i kondensator powinien być nienaładowany. Gdy teraz puścimy maszynę w ruch, będziemy mogli wykonać szereg następujących obserwacji:

a) Jeżeli kulki A i B dotykają kulek a i b (jeżeli więc kondensator stopniowo się ładuje), widzimy stopniowe rozświetlanie się pola widzenia i w chwili gdy przeskakuje iskra między a i b , pole widzenia staje się nagle znowu ciemnem. Potem kondensator nanowo się ładuje i, w miarę wzrastania ładunku, pole widzenia staje się coraz jaśniejszem; gdy wreszcie ładunek osiągnie wartości maksymalnej dla danej odległości kulek ab ,

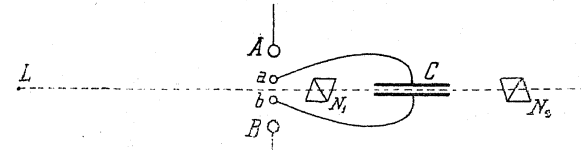


Fig. 2.

kondensator znowu się wyładowuje i pole widzenia w chwili przeskoczenia iskry w ab stanie się nagle ciemnem i t. d. Jeżeli lampę N e r n s t a zgasimy lub zasłonimy ekranem nieprzezroczystym, nie będziemy widzieli stopniowego rozświetlania się pola widzenia, natomiast ujrzemy przeskaku-jącą za każdym razem iskrę ab — na tle oślepiąco niemal jasnego włókna lampy N e r n s t a iskry tej nie dostrzegamy (właściwie przy pewnej wpra-wie daje się ona dostrzedz, jakkolwiek z trudnością).

b) Odsuwamy teraz nieco kulkę A od a i B od b , tak aby się kon-densator ładował przez malutkie (długości około 0,5 mm.) iskiereki. Teraz pomiędzy A i a , B i b przeskakuje szereg takich malutkich iskieerek, zanim się kondensator naładuje i przeskoczy iskra wyładowująca między a i b . Patrząc obecnie przez analizator, dostrzeżemy, że jasność pola widzenia przy każdorazowym przeskakiwaniu malutkiej iskiereki ładującej ulega naglej zmianie; pole to staje się nie stopniowo, lecz przez szereg takich nagłych

zmian coraz jaśniejszem, aż wreszcie, gdy przeskoczy iskra w ab , robi się tak samo nagle ciemnem. I tu możemy widzieć iskrę wyładowującą ab , o ile lampę Nernsta zgasiemy lub zasłonimy.

c) Wreszcie odległościom Aa i Bb nadajemy długości większe od ab . Odległości te dają się dość łatwo tak uregulować, aby jednocześnie (oczywiście pozornie) przeskakiwały iskry między Aia , aib , biB . Teraz kondensator odrazu się ładuje przez iskry Aa i Bb i wyładowuje się przez iskrę ab (nie chodzi o to, aby całkowita „ilość elektryczności“, dostarczanej przez iskrę ładującą, zużywała się na ładowanie kondensatora do danego potencjału; ilość ta może być większa od potrzebnej, ale to nie zmienia faktu, że kondensator zostaje nagle naładowany i również nagle wyładowany przez iskrę między a i b). Trzeba zaznaczyć nawiasem, że długość tych trzech iskieł nie powinna być za duża i na to trzeba pilnie baczyć — w przeciwnym razie zachodzi wpływ elektryczny z towarzyszeniem charakterystycznego szmeru i przez to kondensator się częściowo ładuje jeszcze przed przeskoczeniem właściwych iskieł ładujących Aa i Bb . Jeżeli teraz będziemy patrzyli przez analizator, nie dostrzeżemy już żarzącego się włókna lampy Nernsta, natomiast będziemy za każdym razem widzieli na względnie ciemnem tle iskrę wyładowującą ab . Powiadam na „względnie ciemnem“, gdyż tło zupełnie ciemnem nie jest, a to z powodu obecności niemięknionych prawie cząsteczek stałych w dwusiarczku węgla i z powodu słabego podwójnego załamania w „okienkach“ kondensatora, których potwierdzenie zawsze niemal połączone jest z pewnem odkształceniem.

To ostatnie doświadczenie dowodzi nam, że dwusiareczek węgla w kondensatorze tak nagle ładowany przez iskrę, staje się ośrodkiem podwójnie łamiącym — wszak widzimy iskrę wyładowującą (możliwem jest przypuszczenie, że nikole są niedość dokładnie skrzyżowane; doświadczalnie to sprawdzałem, wyłączając przy pomocy komutatora dany kondensator, przez który się obserwuje iskrę, i łącząc kulki a i b z płytkami takiego samego drugiego kondensatora; próby te świadczyły o zupełnie dokładnem ustawieniu nikoli i o ile ten kondensator, przez który się patrzy, nie jest naładowany, najmniejszego śladu iskry nie widać). A więc w tak krótkim czasie, jakiego wymaga naładowanie przez iskrę kondensatora, który się natychmiast wyładowuje, dwusiareczek węgla nabiera tych własności optycznych — to samo już rzuca nam pewne światło na badaną kwestję. Ale dla czego, widząc iskrę, nie dostrzegamy światła od lampy Nernsta? Wszak jeżeli ciec w kondensatorze staje się podwójnie łamiącą, to i światło od lampy Nernsta powinno być widzialne.

Wytłómaczyć to można w ten sposób jedynie, że w tym krótkim czasie, przez który kondensator pozostaje naładowany, lampa Nernsta wysyła bez porównania mniej światła, aniżeli iskra elektryczna; innemi

słowy, że iskra elektryczna jest bez porównania jaśniejsza od lampy Nernsta, jeżeli energię świetlną odniesiemy do jednostki czasu.

Te same doświadczenia powtórzyłem z lampą łukową, której światło okazało się znikomem w porównaniu ze światłem iskry.

Najciekawszymi jednak były doświadczenia ze światłem słonecznem, które również nie wytrzymało konkurencji iskry elektrycznej. Te ostatnie doświadczenia odbywały się podług powyższego schematu (fig. 2), z tą tylko różnicą, że na miejscu lampy Nernsta była umieszczona diafragma, na którą heliostat rzucał promienie słoneczne. Była tu bardzo niedogodną okoliczność, że przy skrzyżowanych nikolach otrzymywało się względnie jasne pole (dla tych samych powodów, o których wyżej), najmniejszej jednak wątpliwości co do ścisłego ustawienia nikoli być nie mogło, gdyż przy najmniejszym skręceniu analizatora nie można było wprost patrzeć, do takiego stopnia światło było oslepiające.

Aby móz w każdym razie sprawdzać ścisłość ustawienia nikoli, używałem, jak już o tem wyżej wspominałem, oprócz tego kondensatora, w którym się obserwowało podwójne załamanie, jeszcze drugiego zupełnie takiego samego kondensatora i komutatora. Przy pomocy tego ostatniego mogłem włączać ten lub ów kondensator, nie zmieniając wcale iskry; wówczas na tem szarem tle, które wytwarzało światło słoneczne i w którym literalnie żadnej zmiany dostrzedz nie było można, wyraźnie ukazywała się iskra lub znikła zależnie od tego, czy był włączony ten kondensator, przez który się patrzyło, czy tamten drugi.

Przeciwnie, o ile się ładowało kondensator nie nagle przy pomocy iskry, lecz stopniowo (bez doprowadzającej iskry), nie było sposobu patrzeć przez analizator, do takiego stopnia światło było oslepiające.

Próbowałem również w tem ostatniem doświadczeniu zastąpić oczy przez płytkę fotograficzną. Aby jednak fotografia nadała się do ilościowego zbadania tego ciekawego zjawiska, należałoby użyć dość skomplikowanej metody (należy pamiętać, że rozproszone światło słoneczne cały czas działa na płytkę, iskry zaś działają tylko w niezmiernie krótkim czasie swego trwania). Ścisłejsze te badania odłożyłem na później, gdyż mogą one stanowić temat do specjalnej pracy. Tymczasem poprzestałem na kolejnem fotografowaniu diafragmy, przepuszczającej światło słoneczne oraz iskry, raz gdy się kondensator ładuje, innym razem, gdy jest w powyżej zaznaczony sposób wykluczony. Ekspozycja trwała za każdym razem jednakowo długo.

Otrzymane zdjęcia fotograficzne dały mi nie o wiele więcej niż poprzednie obserwacje okiem. Pomimo to są one dość ciekawe. Plamki, które na negatywach stanowią obraz diafragmy, są jednakowo ciemne w obu razach (przynajmniej nie sposób dostrzedz żadnej różnicy); przeciwnie płytki, wystawione na działanie iskry, wykazują ogromną różnicę: gdy

kondensator jest wyłączony, nie widać na nich najmniejszego śladu iskry; przeciwnie, gdy go włączymy, otrzymujemy bardzo wyraźny obraz iskry.

W doświadczeniach tych używałem kondensatorów różnej wielkości. W jednych płytki były 18 cm. długie, 3 cm. szerokie; w drugich 4 cm. długie i 4 cm. szerokie; przytem były one zawsze o 2 mm. od siebie odległe. Za źródło energii elektrycznej służyła mi albo maszyna elektrostatyczna, albo cewka; używając tej ostatniej, łączyłem jej bieguny równolegle ze zbrojami niewielkiego kondensatora pomocniczego (krążki z cynfolii około 150 cm.², naklejone na płytce szklanej 3 mm. grubej).

Aby się jeszcze w jakikolwiek sposób przekonać, że w doświadczeniach powyższych czynnikiem decydującym jest dzielność świetlna iskry, zrobiłem, jeszcze jedno doświadczenie, które mi przypadkowo pozwoliło zaobserwować bardzo ciekawe zjawisko innego rodzaju.

Chciałem mianowicie spróbować, czy nie da się owa olbrzymia napozór dzielność świetlna iskry w ten sposób sprawdzić, jeżeli w doświadczeniu podług powyższego schematu (fig. 2) przy „nagłym” ładowaniu kondensatora użyjemy, zamiast lampy N e r n s t a, iskry elektrycznej „obcej”, t. j. nie

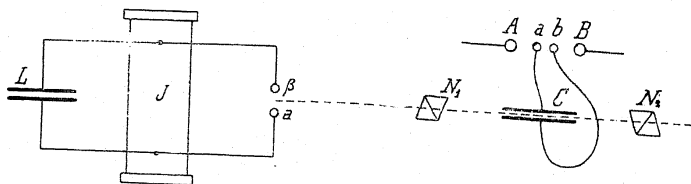


Fig. 3.

należącej do obwodu naszego kondensatora. Jeżeli żarzącego się włókna nie dostrzegamy wskutek nieznacznej wydajności świetlnej, to ową iskłę „obcą” musimy w każdym razie dostrzedz, o ile ona przypadkowo przeskoczy w chwili, gdy nasz kondensator jest naładowany. Fig. 3 wyobraża schematycznie układ tego doświadczenia.

C , N_1 , N_2 , A , B , a , b — oznaczają to samo, co na figurze 2-ej. J oznacza cewkę (używałem do tego niewielkiej cewki ze zwykłym przerywaczem młoteczkowym), L — niewielką pojemność włączoną równolegle, $a\beta$ — iskłę, ustawioną na osi widzenia. Bieguny A i B łączą się z biegunami maszyny elektrostatycznej.

Ponieważ między obwodem kondensatora a obwodem iskry obserwowanej niema żadnego połączenia, oczekiwałem, że tylko od czasu do czasu będę mógł dostrzedz iskłę $a\beta$ i to wtedy, gdy ona przypadkowo przeskoczy

w tej samej chwili, kiedy kondensator się naładowuje. Dostrzegłem natomiast z wielkiem zdziwieniem, że iskra $a\beta$ była widoczna prawie za każdym razem, gdy między A i B przeskakiwały iskry. Uderzyła mnie również ta okoliczność, że kiedy przestawiłem nieco kulki $AabB$ (raziło mnie nieco światło tych ostatnich iskiei i dla tego je przestawiłem), zaraz nastąpiła w obserwowanem zjawisku zmiana: teraz upływało po kilka, a nawet kilkanaście sekund od jednego do drugiego ukazania się iskry $a\beta$, jakkolwiek żadnych innych zmian w układzie doświadczenia nie było.

To, co chciałem przez to doświadczenie sprawdzić, zostało sprawdzone: wszak widziałem iskłę $a\beta$. Oprócz tego jednak było tu jeszcze coś do zaobserwowania, a mianowicie pewna zależność pomiędzy iskrami, napozór zupełnie od siebie niezależnem.

Zjawisko to było tak ciekawe, że jakkolwiek nie pozostawało ono w związku bezpośrednim z moją pracą, powtórzyłem przy sposobności to doświadczenie. Tym razem jednak umieściłem iskry w ten sposób, by można było zbadać ich wpływ wzajemny. Okazało się przytem, że wpływ ten zależy przedewszystkiem od ich wzajemnej odległości — mianowicie, że zmniejsza się znacznie wraz ze zwiększaniem tej odległości. Gdy ta ostatnia wynosi 20 cm., oddziaływanie jest bardzo wyraźne, lecz niech odległość wzrośnie do jakich 40 — 50 cm., nie prawie nie daje się dostrzedz. Jeżeli przy niewielkiej odległości wzajemnej, t. j. gdy działanie to jest bardzo widoczne, umieścimy między iskrami płytkę szklaną albo kawałek papieru, działania tego już nie dostrzegamy; i w tym razie możemy od czasu do czasu dostrzedz iskłę $a\beta$, ale w tych wyjątkowo szczęśliwych razach, gdy przypadkiem kondensator się naładowuje w chwili, gdy w $a\beta$ przeskakuje iskra.

Nie ulega tedy wątpliwości, że w doświadczeniu ostatniem dawało się widzieć owo wyzwalające działanie iskry elektrycznej, które zbadał i opisał poraz pierwszy H. H e r t z ¹⁾.

§ 3.

DOŚWIADCZENIA Z DRGANIAMI ELEKTRYCZNYMI. OGÓLNA METODA OTRZYMYWANIA PODWÓJNEGO ZAŁAMANIA W CIECZACH ELEKTRYCZNIE ODKSZTAŁCONYCH, NAWET JEŻELI TE CIECZE SĄ WZGLĘDNIE DOBRZE PRZEWODNIKAMI.

Th. des-Coudres w przytoczonej powyżej pracy ²⁾ proponuje zużytkować zjawisko podwójnego załamania w cieczach elektrycznie odkształconych do badania drgań elektrycznych w kondensatorach. Jeżeli zechcemy

¹⁾ H. Hertz. Gesammelte Werke (t. II, str. 69 — 86).

²⁾ Th. des-Coudres. Verhandl. Deut. Naturforscher und Aerzte III, str. 67 (1893).

uwzględnić dostrzeżoną różnicę pomiędzy światłem iskry elektrycznej a innymi źródłami światła, będziemy musieli zwątpić, czy metoda des-Coudresa może dać wyniki pewne, zwłaszcza że wymaga ona posługiwania się światłem jednobarwnym.

W tej samej pracy mówi Th. des-Coudres, że kondensator z chlorkiem daje zjawisko podwójnego załamania przy drganiach wynoszących 20 000 000 na sekundę. Stąd właśnie wyciąga autor wniosek, że prawdopodobnie w zjawisku Kerra nie ma działania następczego. Niestety, autor nie mówi o tem, jakim źródłem światła posługiwał się przy swych doświadczeniach, a wiadomość ta byłaby niezmiernie pożądana wobec faktu, że do doświadczeń z szybkimi drganiami elektrycznymi nie wszystkie źródła światła powinny się jednakowo nadawać (nie wiem dokładnie, z jakimi drganiami miałem do czynienia w doświadczeniach z większym kondensatorem, które opisałem w § 2; o ile jednak daje się to w przybliżeniu obliczyć, okres drgań wynosił tam około $\frac{1}{10\,000\,000}$ sekundy).

Doświadczenia, opisane w § 2, a dotyczące wydajności iskry świetlnej, doprowadzają nas do wniosku, że o ilebyśmy chcieli zbadać, jak szybkim drganiom elektrycznym zjawisko podwójnego załamania zdoła towarzyszyć, należy użyć, jako źródła światła do doświadczeń, wyłącznie iskry elektrycznej — tej samej iskry, przez którą się wyładowuje kondensator, zawierający badaną ciecz. Należy tu oczywiście wziąć jeszcze pod uwagę czas, w którym się kondensator ładuje. O ile kondensator ładuje się powoli (jeżeli np. zbroje jego są bezpośrednio połączone z biegunami maszyny elektrostatycznej), wówczas dostrzegane zjawisko optyczne może być położone nie na karb zmiennego stanu cieczy w kondensatorze towarzyszącego drganiom wyładowania, lecz mogłoby zostać objaśnione zarówno trwaniem pewnego stanu, który się wytwarza w czasie ładowania i w ten sposób poprzedza wyładowanie; to ostatnie objaśnienie równałoby się twierdzeniu o istnieniu działania następczego.

A więc drugim warunkiem niezbędnym dla tych doświadczeń jest ten, aby się kondensator ładował „nagle” przy pomocy iskry, jak to wyżej było objaśnione. I tu oczywiście ładowanie będzie trwało czas pewien, lecz okres ten będzie w każdym razie wielkością zbliżoną do tych, których wyznaczenie nas zajmuje. Dla uniknięcia wszelkiej wątpliwości co do właściwego położenia nikoli jest do życzenia, abyśmy mogli je krzyżować, patrząc na tę samą iskrę, ale gdy kondensator jest nienaladowany. Daje się to urządzić przez dołączenie (jak wyżej) drugiego takiego samego kondensatora i odpowiedniego zastępowania jednego przez drugi z pomocą komutatora. Fig. 4 schematycznie to nam wyjaśnia. Jeżeli patrząc na iskrę *ab*, włączymy kondensator *C'*, wyłączając *C*, wówczas możemy nikole dokładnie ustawić.

Jeżeli następnie włączymy *C* zamiast *C'*, będziemy obserwowali to podwójne załamanie, o które nam chodzi. Mamy tu pewność, że to, co widzimy, nie zależy od jakichś zmian w iskrze, wpływających z wyłączenia głównego kondensatora, ani od złego ustawienia nikoli.

Wykonałem podług tego schematu (Fig. 4) cały szereg doświadczeń z kondensatorami przeróżnej wielkości. Najmniejsze z tych kondensatorów miały płytki 2 cm. $\times$ $\frac{1}{2}$ cm. odległe od siebie o 1 mm.; średnica kulek *a* i *b*, których powierzchnia była utrzymywana w możliwej czystości, wynosiła 5 mm. Badaną cieczą był dwusiarczek węgla. Druty miedziane, które łączyły płytki kondensatora z kulkami *a* i *b*, miały 1 mm. grubości i po 30 cm. długości. Zjawisko podwójnego załamania było bardzo wyraźne.

Aby się upewnić, że w doświadczeniach tych mamy istotnie do czynienia z drganiami elektrycznymi, i ewentualnie móc wyznaczyć okres drgania, posługiwałem się metodą, zbliżoną do metody Lechera. W tym

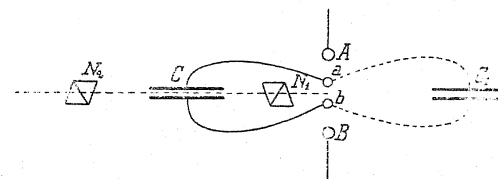


Fig. 4.

celu zbliżałem końce dwóch długich równoległych drutów na odległość 1 mm. do płytek kondensatora i wyznaczałem w znany sposób długość fali w drutach. Rurki Geisslera nie nadawały się do tych pomiarów, gdyż były za mało czułe, ale doskonale usługi mi w tem oddała bardzo czuła rurka Zehndera. Oczywiście, podobne zbliżenie końców drutów równoległych do płytek kondensatora zmienia pojemność tego ostatniego, a razem z tem i okres drgań; dla uniknięcia więc wszelkich nieporozumień, dokonywałem jednocześnie przy tak zmienionym układzie i obserwacji optycznych i pomiaru długości fali. Najkrótsza fala przy tych obserwacjach miała 3,2 metr. długości, a zatem połowa okresu drgań (nam chodzi nie o cały okres, a tylko o połowę), wynosiła około $\frac{1}{200\,000\,000}$ sek.

Gdyby tu nie należało jeszcze uwzględnić nieznanego czasu, w którym się kondensator ładuje (przy ładowaniu iskrą czas ten jest niezmiernie krótki, lecz nie brać go w rachubę nie można wobec tego, że i okresy, które

mierzmy, są wielkościami tego samego rzędu), powiedziałbym, że zjawisko podwójnego załamania podąża za tak szybkimi drganiem i że czas trwania działania następczego musi wynosić w każdym razie mniej niż $\frac{1}{200\,000\,000}$ sek.

Doświadczenia, które zamierzam podać w następnym rozdziale, przemawiają za tem, że istotnie własności optyczne, które wykazuje ciecz w kondensatorze przy wahadłowym wyładowaniu tego ostatniego, prawdopodobnie zależne są nie od tego stanu cieczy, który poprzedza wyładowanie, lecz od tego, który mu towarzyszy. Stąd i wniosek, który wyciągnęliśmy przed chwilą co do możliwego czasu trwania działania następczego w zjawisku Kerr'a, jest całkiem możliwy.

Co jednak możemy twierdzić z całą pewnością to, że czas trwania owego działania następczego musi wynosić w każdym razie mniej niż czas trwania iskry ładującej; doświadczenia powyższe tedy przemawiają za tem, że obserwowane zjawisko optyczne pozostaje w jak najściślejszym związku ze zmianami w stanie elektrycznym kondensatora.

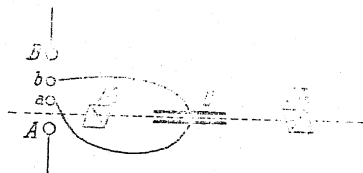


Fig. 5.

Wykonałem jeszcze jedno doświadczenie, kierując się myślą następującą: jeżeli nasz kondensator zostaje naładowany w czasie przeskakowania iskry ładującej; jeżeli w tym samym czasie nabiera znanych własności optycznych, to powinniśmy przez nasz układ (kiedy nikołe są skrzyżowane) widzieć także iskry ładującą, o ile ją umieścimy na osi widzenia. Doświadczenie, wykonane podług schematu, objaśnionego na fig. 5, stwierdziło moje przypuszczenie; nie chciałbym jednak zbyt wiele przypisywać temu doświadczeniu, a to z powodu, że mamy tu do czynienia ze zjawiskiem złożonym, które i w inny sposób dałoby się wytłómaczyć. W tym razie posiada dla mnie pewną wartość ta okoliczność, że doświadczenie nie zawiodło moich oczekiwań.

Schemat, wyobrażony na figurze 4-ej, jest jeszcze z jednego względu ciekawy i dla tego raz jeszcze do niego wracam. Metoda, której tam używam, przedstawia doskonały środek do otrzymania w łatwy sposób zjawiska

podwójnego załamania w cieczach elektrycznie odkształconych, nawet jeżeli te ciecze są względnie dobrymi przewodnikami. Posługując się kondensatorem z płytkami 4 cm. $\times$ 4 cm., otrzymałem z łatwością przy pomocy tej metody zjawisko podwójnego załamania zarówno w dwusiarczku węgla jak w eterze, alkoholu (94%), chloroformie, wodzie dystylowanej, a nawet w wodzie z wodociągu. Odległość pomiędzy płytkami kondensatora i długość iskry należało dla każdej z tych cieczy dobierać inaczej, zależnie od przewodnictwa elektrycznego cieczy. Np. dla wody dystylowanej ustawiłem płytki w odległości 3 mm. i, otrzymując iskry 2,5—3 mm. długości, dostrzegałem bardzo wyraźne zjawisko podwójnego załamania. Używając wody z wodociągu, mogłem przy odległości płytek = 4 cm. otrzymywać iskry zaledwie około 1 mm. długości. Oczywiście, w tym ostatnim razie, wskutek małej względnie różnicy potencjałów na płytkach i dużej odległości między nimi, zjawisko podwójnego załamania nie rzucało się tak w oczy jak w wodzie dystylowanej, jednak nie ulegało najmniejszej wątpliwości, że się zjawisko to dostrzega.

Doświadczenie z roztworem zwykłej soli kuchennej już mi się nie udało, ale z powodów całkiem zrozumiałych: oto nawet gdy płytki były o 4 cm. od siebie odległe, nie mogłem otrzymać najmniejszej iskry między kulkami *ab*, nie było więc możności nawet na tak krótki czas naładować kondensatora do odpowiedniej różnicy potencjałów (rozsuwałem płytki maximum na odległość 4 cm., gdyż na większe rozsuwanie budowa mojego kondensatora nie pozwalała, nie widziałem zaś powodu do robienia nowego kondensatora).

W ostatnim szeregu doświadczeń posługiwałem się jako źródłem energii elektrycznej cewką średniej wielkości; bieguny jej były równoległe połączone z niewielką pojemnością (150 cm.²), o której już raz wyżej wspominałem. Na rysunku (fig. 4) ani cewka, ani ta dodatkowa pojemność nie są oznaczone; widzimy tam tylko kulki *A* i *B*, które się łączą z biegunami cewki i służą w ten sposób do ładowania kondensatora przy pomocy iskry.

§ 4.

DOŚWIADCZENIA Z DWOMA JEDNAKOWEMI KONDENSATORAMI, KTÓRE SIĘ NIE JEDNOCZEŚNIE WYŁADOWUJĄ.

Teraz przystępuję do opisanie doświadczeń, którym najwięcej czasu poświęciłem i w których najwięcej nadziei pokładałem. Niestety napotkałem tu takie trudności teoretyczne, których ani sam ani z pomocą fachowych teoretyków pokonać nie mogłem. Pomimo to uważam, że doświadczenia te nie są bezowocne i że należy je podać do wiadomości.

Moje zasadnicze rozumowanie było następujące. Jeżeli dwa zupełnie jednakowe kondensatory połączymy równolegle, jak to Fig. 6 wyobraża i przez stopniowe ładowanie (ładowanie „stopniowe” mieliśmy w § 2, *a*), *b*); ładowanie „nagle” w § 2, *c*)) doprowadzimy je do tej różnicy potencjałów, przy której między kulkami *a* i *b* przeskakuje iskra, to nie możemy w żadnym razie przypuszczać, że spadek potencjału odbywa się jednocześnie i w mierze jednakowej w obu kondensatorach, lecz powinniśmy raczej przypuścić, że kondensator *A*, który jest połączony krótszemi drutami z kulkami *ab*, wyprzedza nieco kondensator *B*, innymi słowy, że spadek potencjału rozpoczyna się w kondensatorze *A* wcześniej niż w *B*. W dalszym ciągu będę dla krótkości nazywał taki kondensator, który podobnie jak *A* jest połączony z iskrą, kondensatorem „bliższym”, taki zaś jak *B* — „dalszym”.

Załóżmy dalej, że w zjawisku Kerra nie ma działania następczego. W takim razie obydwa w powyższy sposób połączone kondensatory będą

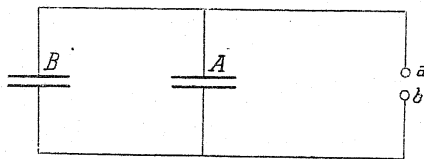


Fig. 6.

w chwili, gdy się wyładowanie rozpoczyna, posiadały zupełnie jednakowe własności optyczne (gdyż są one naładowane do tego samego potencjału); następnie jednak kondensator *A* zacznie prędzej te własności tracić, aniżeli *B*. Weźmy dalej za źródło światła, które będziemy obserwowali to przez jeden, to przez drugi kondensator (oczywiście z dołączeniem nikoli), tą samą iskrę, przez którą się kondensatory wyładowują. Ponieważ w każdej chwili stany elektryczne, a zatem i własności optyczne w obu kondensatorach są różne, w tej samej zaś chwili obserwowane źródło światła jest czemś zupełnie określonym, powinniśmy się spodziewać, że patrząc na iskrę przez jeden lub drugi kondensator, nie możemy odbierać jednego i tego samego wrażenia wzrokowego, lecz raczej, że obydwa kondensatory dadzą nam zjawiska optyczne różne ilościowo. Przeciwnie, gdyby w zjawisku Kerra zachodziło działanie następcze, wówczas moglibyśmy oczekiwać, że w dwóch powyższych kondensatorach nie można będzie dostrzedz żadnej różnicy.

Aby uniknąć w czasie doświadczeń wszelkiego przestawiania przyrządów, co wprowadzałoby niepotrzebne zawikłanie, użyłem następującego schematu (Fig. 7):

A i *B* oznaczają dwa możliwe jednakowe kondensatory z dwusiecznikiem węgla. Łączą się one ze sobą przy pomocy drutów *mnpq*, *m'n'p'q'*. *N*₁ i *N*₂ są to dwa nikole skrzyżowane, których płaszczyzny główne tworzą kąty 45° z kierunkiem linii sił w kondensatorze *A*. Pomiedzy kulkami *a* i *b* przeskakuje iskra, przy pomocy której kondensatory się wyładowują. Dla ładowania kondensatorów kulki te są albo bezpośrednio połączone z biegunami maszyny elektrostatycznej, albo w drutach doprowadzających (nie oznaczonych na rysunku) zrobione są króciutkie przerwy (około 0,5 mm.); w tym ostatnim razie kondensatory ładują się przy pomocy szeregu małych iskerek i przy wyładowaniu naszych kondensatorów mamy zupełnie określony obwód, co jest dla rozważania sprawy dogodniejsze. Za źródło

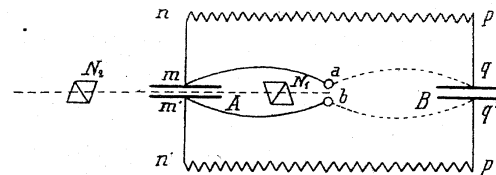


Fig. 7.

energii elektrycznej służyła mi do niektórych doświadczeń cewka zamiast maszyny elektrostatycznej; używając cewki, posługiwałem się zawsze temi małemi iskierkami. Muszę jednak zaznaczyć, że maszyna elektrostatyczna jest w tej pracy daleko dogodniejsza, gdyż ma się zjawisko daleko bardziej określone i przebiegające w sposób bardziej prawidłowy.

Jeżeli połączymy kulki *a* i *b* przy pomocy drutów *am*, *bm'* z płytkami kondensatora *A*, wówczas ten ostatni kondensator będzie „bliższym”, zaś *B* — „dalszym”; jeżeli teraz przełożymy te druty łączące z położenia *am*, *bm'* w położenie *aq*, *bq'* (na rysunku oznaczone linią kropkowaną) — takie przekładanie odbywa się za pomocą komutatora — wtedy kondensator *B* będzie „bliższym”, zaś *A* „dalszym”.

Łatwo tedy zrozumieć, że przy takim urządzeniu możemy iskrę obserwować dowolnie albo przez „bliższy”, albo przez „dalszy” kondensator, patrząc w rzeczywistości tylko przez jeden z nich, a mianowicie przez *A*. Nie potrzebujemy więc nic w czasie porównawczych obserwacji przestawiać:

operując komutatorem, dokonywamy niezbędnych zmian. Oczywiście łączymy komutator z kondensatorami w ten sposób, aby połączenie to odpowiadało wymaganiom symetrii.

Pozostaje jeszcze możliwość, że obydwa kondensatory są niezupełnie jednakowe. Wpływ tej różnicy daje się jednak łatwo wyrugować przez zmianę miejsc kondensatorów. Takie doświadczenia kontrolujące wykazały, że wpływ taki, jeżeli nawet był, pozostawał niedostrzegalnym.

Nikole krzyżujemy, patrząc albo na ustawioną na chwilę za kulkami *ab* lampę Nernsta, albo na iskrę między temi kulkami, którą otrzymujemy, łącząc je na chwilę z jakim innym kondensatorem (butelką lejdecką) i wyłączając oczywiście kondensatory *A* i *B*.

A więc oczekiwałem, że w razie istnienia działania następczego w zjawisku Kerra, nie powinienem dostrzegać żadnej różnicy przy przekładaniu komutatora; przeciwnie, o ile takiego działania następczego niema, muszę dostrzedz pewną różnicę, a mianowicie przez kondensator „dalszy” (*a* i *b* połączone z *B*) muszę widzieć iskrę jaśniejszą aniżeli przez „bliższy” (kiedy kulki *a* i *b* połączone są z kondensatorem *A*).

Ponieważ nie miałem żadnego wyobrażenia o tem, jak wielką może być oczekiwana różnica, połączyłem z początku ze sobą kondensatory dość długimi drutami ($mnpq = m'n'p'q' = 100$ metr.). Długość drutów, które za pośrednictwem komutatora łączyły „bliższy” kondensator z kulkami *ab*, wynosiła mniej więcej po 120 cm.

Ku wielkiej mojej radości, doświadczenie stwierdziło moje drugie oczekiwanie. Przekładając komutator, widziałem ogromną różnicę w jasności iskry; przytem widziałem jaśniejszą iskrę właśnie przez „dalszy” kondensator.

Trudno było oczekiwać, aby skracanie lub przedłużanie drutów, które łączyły ze sobą kondensatory, mogło dać jakie zmiany peryodyczne w dostrzeganej różnicy. Nie poprzestając na domysłach, przekonałem się istotnie o tem doświadczalnie. Z początku zwiększałem stopniowo tę długość aż do 200 metrów, potem coraz bardziej i bardziej te druty skraciałem (druty te były przeciągnięte u sufitu równoległe do siebie i w odległości wzajemnej paru centymetrów; o wpływie tego wzajemnego położenia oraz kształtu drutów łączących będzie niżej mowa). Żadnej peryodyczności oczywiście nie dostrzegłem; co jednak było bardzo wyraźne, ot to, że im druty te były dłuższe, tem dostrzegana różnica optyczna była większa (chodziło tu o względne zwiększanie: im absolutna długość drutów była większa, tem większe przedłużenie ich lub skrócenie dawało dostrzegalną zmianę optyczną).

Skierowałem tedy całą uwagę na wyznaczenie minimalnej długości drutów, łączących ze sobą kondensatory, przy której te ostatnie wyka-

zywały już dostrzegalną różnicę w ich własnościach optycznych. Okazało się, że owa minimalna długość dla danych kondensatorów (płytki 18 cm. $\times$ 3 cm. odległe o 2 mm.) wynosi około 50 cm.; przy długości zaś 1 metra otrzymujemy już tak znaczną różnicę, że nawet niewprawne oko odrazu ją dostrzeże.

Jakkolwiek przebieg doświadczeń był taki, jaki przewidywałem, to jednak dane doświadczalne były jeszcze za szczupłe, by móz z nich wystarczająco pewne wnioski wyciągnąć.

Zacząłem tedy badać, jaka jest zależność danego zjawiska od tych czynników, które wpływają na formę wyładowania. Miałem tu niewątpliwie do czynienia z wyładowaniem wahadłowym. Należało zobaczyć, w jaki sposób będzie się zmieniała różnica w własnościach optycznych danych kondensatorów, jeżeli okres drgań oraz ich tłumienie będą ulegały zmianom.

Z początku zmieniałem pojemności przez równoległe dołączanie butelek lejdeckich różnej wielkości; zmiany te nie wywierały żadnego wpływu na tę minimalną długość drutów, którą należało wyznaczyć.

Potem zmieniałem kształt drutów łączących, używając — zamiast drutów wyciągniętych — zwiniętych spiralnie; oprócz tego wstawiałem w te zwoje sztabki żelazne (pojedyncze zwoje były o 2—3 mm. od siebie odległe; średnica sztabek żelaznych stanowiła mniej więcej połowę średnicy zwojów). W tym ostatnim razie wygląd iskry i jej trzask ulegały wyraźnej zmianie; lecz nie wpływało to na zmianę oznaczanej długości drutów, które łączyły ze sobą kondensatory.

Następnie łączyłem ze sobą kondensatory drutami różnej grubości i z różnego materiału. Używałem drutów miedzianych o średnicy 3 mm., 1 mm. i 0,2 mm., drutów z konstantanu średnicy 0,3 mm., drutów żelaznych o średnicy 1 mm. i 0,2 mm.. Lecz i w szeregu tych doświadczeń niezależnie od tego, jakie druty były użyte, kondensatory zaczynały wykazywać różnicę „optyczną”, gdy kondensator „dalszy” był połączony z iskrą drutami o jakie 50 cm. dłuższymi od drutów, które łączyły ją z „bliższym”.

Wreszcie dla zbadania, jak na to zjawisko wpływa tłumienie drgań, łączyłem kondensatory nie tylko ze sobą lecz i z komutatorem i kulkami *ab* przy pomocy drutów z miękkiego żelaza (0,5 mm.). Otrzymywałem wtedy drgania bardzo silnie tłumione¹⁾, a jednak owa długość minimalna drutów, łączących ze sobą kondensatory, pozostawała ta sama.

Słowem, wszystkie te doświadczenia wykazały, że wpływ tych wszystkich czynników, które stanowią o formie wyładowania, na obserwowane w tym razie zjawisko jest niedostrzegalne. Przeciwnie, długość drutów, która łączy ze sobą kondensatory, posiada znaczenie decydujące.

¹⁾ G. Wiedemann. Elektrizität. T. IV, str. 319 (1898).

Powyższe doświadczenia powtórzyłem jeszcze w innej zmienionej nieco formie, ale z tym samym zupełnie skutkiem. Wszystkie zmiany w układzie doświadczeń robiłem w celu znalezienia takiego schematu, któryby się najlepiej nadawał do teoretycznego rozstrząsania.

Przedewszystkiem więc użyłem schematu, wyobrazonego na Fig. 8-ej. Schemat ten bliższych wyjaśnień nie wymaga. I tu, jak się okazało, decydujący wpływ posiada różnica między długością drutów, które łączą każdy kondensator z kulkami ab : różnica ta musiała wynosić więcej niż 50 cm., aby można było omawiane zjawisko dostrzedz.

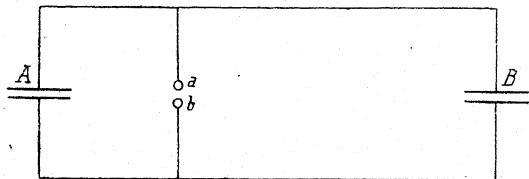


Fig. 8.

Inny nieco schemat daje nam Fig. 9. Łączymy tu krótko po jednej płytce każdego kondensatora z jedną z kulek a i z ziemią; dwie pozostałe płytki łączą się ze sobą przy pomocy różnie długich i rozmaicie zwiniętych drutów (ta forma doświadczeń przypomina nieco stare doświadczenia Knochenhauera¹⁾ i Oettingena²⁾). Rezultat — ten sam.

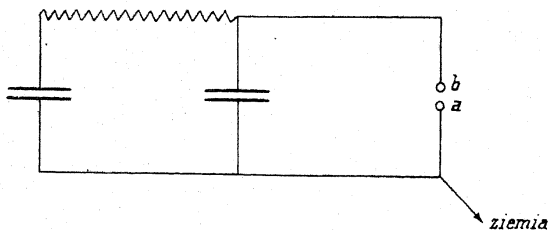


Fig. 9.

¹⁾ G. Wiedemann. Elektrizität. T IV, str. 414 (1898).

²⁾ v. Oettingen. Pog. Ann. Jubelband, str. 260 (1874).

Wreszcie użyłem jeszcze jednego układu (Fig. 10). Kondensatory są tu „skrzyżowane”. Płytki ich a zarazem i kierunki linii sił w nich tworzą ze sobą kąty proste. Nیکole również są skrzyżowane. Płaszczyzny główne tych ostatnich tworzą kąty 45° z kierunkami linii sił w kondensatorach i kulki a i b łączą się z różnymi miejscami drutów $mnp, m'n'p'$. Obecnie więc obserwujemy światło iskry odrazu przez obydwa kondensatory, i oczywiście działanie tych kondensatorów kompensuje się nawzajem.

Jeżeli połączymy kulki a i b ze środkowymi punktami n i n' drutów $mnp, m'n'p'$ (tak, jak to wskazuje fig. 10), to przy pewnej wprawie udaje się tak uregulować cały układ, że iskry prawie wcale nie widać (dla tego „prawie”, że kondensatory nie są ściśle jednakowe i że ich „okienka” trochę załamują podwójnie). Druty $mnp, m'n'p'$ są równe i posiadają po 1 metrze długości.

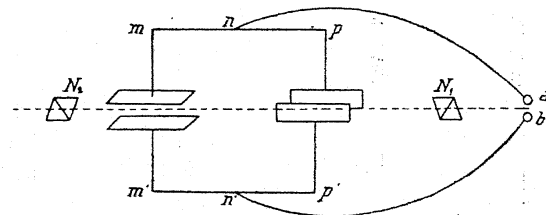


Fig. 10.

Kiedy już wszystko jest należycie ustawione, łączymy kulki a i b z innymi miejscami drutów $mnp, m'n'p'$. Jeżeli przytem przesuniemy punkty połączenia symetrycznie w jedną i drugą stronę (np. jeżeli a połączymy z m , b z p' ; albo a z p , b z m'), w takim razie, o ile $mn = n'p'$ względem $m'n' = np$, pole widzenia pozostaje ciemnym. Jeżeli jednak końce drutów, prowadzących do kulek, przesuniemy w jedną stronę (np. połączymy a z p , b z p' ; albo a z m , b z m') w tej chwili zjawia się w polu iskra.

I tu, podobnie jak w schemacie, podanym na fig. 9, możemy jedną kulkę i po jednej płytce każdego kondensatora połączyć krótko i z ziemią, nie otrzymując żadnej zmiany w otrzymanym rezultacie.

Badałem dalej, jaki ma wpływ absolutna długość drutów, które prowadzą do kulek (np. na $n'b$ na fig. 10). Wpływu tego nie udało mi się dostrzedz. Przeciwnie, wstawienie między kondensatory na kulki a i b dużego oporu ciekłego miało ten skutek, że kondensatory przestawały wykazywać różnicę we właściwościach optycznych, o której wyżej była mowa.

(Daje się tu jeszcze wykonać następujące analogiczne doświadczenie z wodą lub inną cieczą (Fig. 11). Cztery cylindry *A, B, C, D* łączą się ze sobą za pomocą rurek *a, b, c*. Z tych ostatnich *b* jest krótka, *a* i *c* długie. Zamykamy kurek *H* i napełniamy cylindry cieczą do różnego poziomu, jak to narysowano na fig. 11. Jeżeli następnie otworzymy całkiem kurek, poziom cieczy w rurce *B* opada daleko prędzej, aniżeli w *A*; jeżeli jednak otworzymy kurek tylko częściowo, pozwalając cieczy przepływać przez małą lutki otworek, to różnicy w opadaniu poziomów w *A* i *B* nie dostrzegamy).

Dalej wykonałem szereg doświadczeń porównawczych z kilku cieczami: dwusiarczkiem węgla, chloroformem i wodą dystrylowaną (używałem tu oczywiście ładowania „nagłego” wobec różnego przewodnictwa). Płynny te w stosunku do drgań elektrycznych zachowują się całkiem różnie (stała

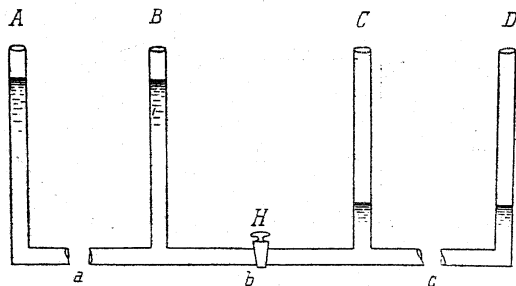


Fig. 11.

dielektryczna dla dwusiarczku węgla = 2,45, dla chloroformu = 4,8, dla wody = 79,8¹⁾), w stosunku jednak do podwójnego załamania w polu elektrycznym stoją blisko siebie²⁾). Minimalna długość drutów, o którą chodziło w tych doświadczeniach, okazała się dla wszystkich tych cieczy jednakową.

Słowem, literalnie wszystkie doświadczenia wykazywały, że właśnie długość drutów rozstrzyga tu o zjawisku. Jakiemu czynnikowi można by ten skutek przypisać? Sądziłbym, że czynnikiem tym jest szybkość rozchodzenia się fal elektrycznych w drutach. Czy nie można np. tego w następujący sposób objaśnić? Kiedy się kondensatory wyładowują, różnica po-

tencyałów spada przede wszystkim tam, gdzie przeskakuje iskra; powstaje w ten sposób fala elektryczna, która się rozchodzi z pewną szybkością po drutach od kulek *ab*, dosiegając przede wszystkim „bliższego” kondensatora; kondensator więc „dalszy” opóźnia się nieco względem „bliższego”, i o opóźnieniu tem stanowi czas, którego potrzebuje fala elektryczna na przebycie określonej drogi (w naszym wypadku 50—100 cm.). Gdyby można było z tego stanowiska zjawisko dane objaśnić, otrzymalibyśmy okresy tego samego rzędu, co u *Abrahama* i *Lemoine’a*, gdyż możemy w danym razie założyć, że szybkość rozchodzenia się tych fal elektrycznych w drutach równa się szybkości światła.

Oczywiście jednak nie sposób podawać tego rodzaju objaśnienia bez dowodów matematycznych. Sam nie byłem w stanie dowodów tych dostarczyć. Udałem się też z początku do prof. A. Korna w Monachium, potem zaś za poradą prof. Röntgena do prof. E. Cohna w Strassburgu. Jestem bardzo wdzięczny prof. A. Kornowi, a szczególnie prof. E. Cohnowi za to, że nie żalowali swego czasu i trudu, aby się nad tem pytaniem zastanowić. Niestety, musiałem dojść do wniosku, że teoria w obecnym jej stanie nie może mi przyjść z pomocą.

Nie pozostawało mi nic innego, jak raz jeszcze powrócić do doświadczeń, aby choć na tej drodze pytanie, o ile to się da, rozstrzygnąć. Przytaczam niektóre z tych doświadczeń uzupełniających.

Przedewszystkiem należało zdać sobie sprawę z tego, czy czasem w kondensatorach, które są niesymetrycznie z iskrą połączone, nie zachodzą drgania o okresach różnych. Nad zagadnieniem podobnem pracował niegdyś *I. v. Geitler*¹⁾, jednak w pracy jego nie znalazłem tego, co mi było potrzebne. Próbowałem więc w następujący sposób cel osiągnąć. Dwie małe „komory *Kerra*” (płytki 4 cm. $\times$ $\frac{1}{2}$ cm., odległe o 1½ mm.) umiesz-

czono są „na krzyż” we wspólnej rurce (Fig. 12), wypełnionej dwusiarczkiem węgla. Druty *AB* i *CD* mają po 75 cm. długości. Łącząc kulki, między którymi przeskakuje iskra (na rysunku nie oznaczone), z różnymi miejscami drutów *AB* i *CD*, będziemy mieli to samo doświadczenie, które wyjaśnił mi na fig. 10.

W rurkę wtopione są druty *im, kn*, których końce (*i, k*) odległe są o 1 mm. od płytek kondensatora *P*. Druty *im, kn* przytapiamy do dwóch długich równoległych przeciagniętych drutów, które służą do mierzenia długości fali względnie okresu drgań.

Możemy więc jednocześnie robić obserwacje optyczne (posługując się jak wyżej iskrą i nikolami) i mierzyć okres drgań.

¹⁾ F. Auerbach. *Kanon der Physik*, str. 244 (1899).

²⁾ W. Schmidt. *Dissertation*, str. 39, 40 (1901).

¹⁾ I. v. Geitler. *W. A.*, T. 55, str. 513 (1895); T. 57, str. 412 (1896).

Okazało się, że kiedy kulki były połączone ze środkami drutów AB , CD , długość fali wynosiła 6,1 metra. Kiedy jednak były one połączone z A i C , lub B i D (w pierwszym razie kondensator P był „bliższym”, w drugim razie „dalszym”), długość fali w obu razach wynosiła 6,8 metr.

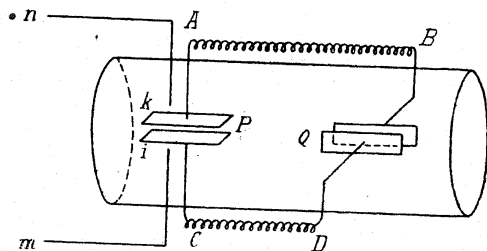


Fig. 12.

A więc różnica optyczna, jaką wykazują nasze kondensatory, nie daje się wytłumaczyć przez to, że okres drgań w kondensatorach „bliższym” i „dalszym” jest różny.

O formie drgań w jednym i drugim kondensatorze doświadczenia te oczywiście nie pozwalają wyciągnąć żadnych wniosków.

Poprzednie doświadczenia przemawiają za tem, że tłumienie drgań na obserwowane zjawisko nie wpływa. Różnica więc w stanie elektrycznym obydwóch kondensatorów jest przedewszystkiem różnicą faz.

Zaniechajmy jednak wszelkich ryzykownych twierdzeń i zobaczmy, co się daje z zachowaniem wszelkiej ostrożności wypowiedzieć.

Zdaje mi się, że możemy — bądź co bądź — powiedzieć co następuje:

Gdyby w czasie, wynoszącym połowę okresu drgania, własności optyczne cieczy w kondensatorze nie ulegały żadnej zmianie, nie mogli-

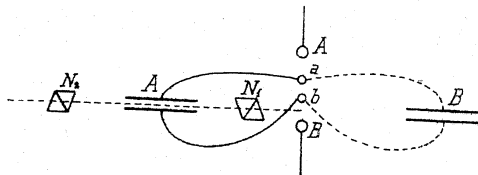


Fig. 13.

byśmy dostrzedz tych różnic, które w rzeczywistości kondensatory te wykazują. Jeżeli więc w zjawisku Kerra zachodzi działanie następce, winno ono trwać w każdym razie krócej niż połowa jednego drgnięcia, a więc w naszym ostatnim przypadku krócej niż $\frac{1}{100\,000\,000}$ sekundy.

Następujące doświadczenie (Fig. 13) pozostaje dla mnie zagadką. Umyslnie je przytaczam, gdyż można w nim dopatrzeć się sprzeczności z tem wszystkiem, co dotąd powiedziałem. Używamy ładowania „nagłego” i za źródło światła bierzemy iskrę ładującą (porówn. fig. 5). Okazuje się, że i tę iskrę widzimy zawsze jaśniejszą, jeżeli patrzymy przez „dalszy” kondensator. A może przy owym „nagłym” ładowaniu „dalszy” kondensator wcześniej od „bliższego” się naładowuje?

§ 5.

DOŚWIADCZENIA Z CIECZAMI, W KTÓRYCH ZJAWISKO PODWÓJNEGO ZAŁAMANIA TRWA PO ZNIKNIĘCIU POLA ELEKTRYCZNEGO.

G. de Metz ¹⁾ wykazał, że w lakierze kopalowym przy mechanicznym odkształceniu zachodzi działanie następce; z doświadczeń tych zdołał on nawet oznaczyć czas zluźnienia.

Zacząłem poszukiwać tego działania następcego przy odkształceniu elektrycznym, jednakże doświadczenia z lakierem kopalowym (ciemno-brunatnym, firmy Bender i Hobein w Monachium) nie dały mi rezultatów pożądaných.

Kiedy przy sposobności opowiedziałem prof. de Metzowi o tem niepowodzeniu, dowiedziałem się, że jemu udało się podobne doświadczenie w zupełności i że nawet umieścić wzmiankę o tem w referacie, odczytanym na Zjeździe przyrodników w Petersburgu ²⁾ 1901 r. Jednocześnie udzielił mi prof. de Metz wiadomości o tem, jaka firma posiada lakier kopalowy (firma L. Marx w Petersburgu), nadający się do tych doświadczeń, a także wskazał mi jeszcze jedną ciecz, której z powodzeniem do tych samych doświadczeń używał (werniks do obrazów, biały, tej samej firmy). Natychmiast sprowadziłem sobie te płyny od wymienionej firmy i posługując się schematem G. de Metza, z łaskawości otrzymałem w nich zjawisko podwójnego załamania, trwające czas pewien po zniknięciu pola elektrycznego. Lakier kopalowy firmy „Bender i Hobein”, z którym poprzednio

¹⁾ G. de Metz. C. R. CXXXVI, str. 604 (1908).

²⁾ G. de Metz. Słuczajnoje dwojnoje prelomlenie swiata w židkostiach. Petersburg 1902, str. 24.

doświadczenia mi się nie udało, i przy powtórnych doświadczeniach nie dał podobnego zjawiska. Następnie wykonałem szereg doświadczeń z przeróżnymi lakierami różnych firm i dostrzegłem omawiane zjawisko jeszcze w trzech gatunkach (werniks kopalowy firmy H. Schmincke w Düsseldorfie, lakier damarowy i jasny lakier kopalowy (Alhornlack), firmy Finster i Meisner w Monachium).

Podwójne załamanie w tych cieczach można było skompensować płytką szklaną, uciskaną w kierunku linii sił; wszystkie te cieczce były zatem „dodatnie”.

Schemat de Metza, którym z początku się posługiwałem, był następujący (Fig. 14). Jeden biegun cewki łączy się z ziemią, drugi z ostrzem iskromierza. Płytkę iskromierza F łączy się z jedną zbroją butelki lejdeckiej

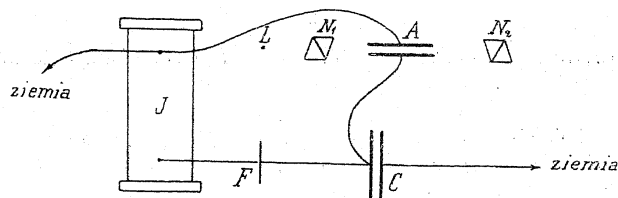


Fig. 14.

C (około 400 cm.²) i z jedną płytką kondensatora A , zawierającego badaną ciecz. Druga zbroja butelki lejdeckiej zarówno jak druga płytkę kondensatora A są połączone z ziemią. L oznacza źródło światła (lampę Nernsta), N_1 i N_2 — dwa nikole ustawione jak zwykle. Długość iskry wynosiła u mnie 2—3 cm.; odległość płytek (4 cm. $\times$ 4 cm.) kondensatora była rozmaita od 1 cm. do 4 cm. Gdy po odpowiednim ustawieniu nikoli zamykamy prąd w cewce, dostrzegamy w pierwszowej chwili słabo zarysowane włókno lampy Nernsta, które potem występuje coraz wyraźniej i jaskrawiej. Przerywając działanie cewki i łącząc ze sobą na wszelki wypadek płytki kondensatora, widzimy, że po zniknięciu pola elektrycznego włókno lampy w polu widzenia znika powoli w przeciągu kilku lub kilkunastu sekund.

Próbowałem następnie, czy nie można tego samego zjawiska z temi samymi płynami otrzymać w inny jaki sposób. Poszukiwania te dały mi parę ciekawych rezultatów. Okazało się np., że lakier kopalowy Marxa, werniks do obrazów Marxa i werniks kopalowy Schminckego pozwalały z łatwością otrzymać to zjawisko, kiedy płytki kondensatora były bezpośrednio połączone z biegunami maszyny elektrostatycznej. Długość włą-

czonej równolegle iskry pozwalała wnosić, do jakiej różnicy potencjałów kondensator ładowano. Długość ta przy odległości płytek 14 cm. (średnica kulek, między którymi przesakiwała iskra, była = 2 cm.) wynosiła dla lakieru kopalowego 8 mm., werniks dla obrazów 4 mm., werniksu kopalowego 5 mm. Lakier damarowy i jasny lakier kopalowy nie wykazały nic przy tem ostatnim układzie, ale to daje się przez to wytłómaczyć, że cieczce te są znacznie lepszymi przewodnikami (przy tej samej odległości płytek kondensatora można było otrzymać iskry zaledwie 0,5 mm. długości).

Łącząc płytki kondensatora bezpośrednio z biegunami cewki (nie zaś maszyny elektrostatycznej), otrzymałem już tylko w werniksie do obrazów Marxa zjawisko podwójnego załamania. Lecz ze wszystkich danych cieczcy jest on „najbardziej ciekły”. Należy więc w tem zjawisku, oprócz przewodnictwa elektrycznego (lakier kopalowy Marxa i werniks kopalowy Schminckego są jeszcze gorszymi przewodnikami), uwzględnić także lepkość cieczy. Dla każdej tedy cieczcy należało wybrać odpowiedni układ, przy którym kondensator mógłby przez czas pewien pozostawać naładowany do pewnej różnicy potencjałów.

Na jedną jeszcze okoliczność chciałbym tu zwrócić uwagę, a mianowicie na to, że wszystkie te cieczce dają zjawisko podwójnego załamania w niezwykłe wysokim stopniu. Gdy w takim dwusiarczku węgla — z cieczcy, które dają podwójne załamanie w polu elektrycznym, uważamy dwusiarczek węgla za bardzo silnie załamujący — otóż, gdy w dwusiarczku węgla odległość płytek kondensatora może wynosić najwyżej 2—3 mm., jeżeli chodzi o wyraźne zjawisko, w lakierach tych przy tej samej długości iskry, a więc przy tej samej różnicy potencjałów płytki te można było rozsuwać na odległość 4 cm. i swoją drogą otrzymywać wspaniałe zjawisko podwójnego załamania (na większą odległość nie rozsuwałem płytek, bo mi na to mój kondensator nie pozwalał, ale jestem przekonany, że to można zrobić).

Najbardziej jednak zastanawiającą jest ta okoliczność, że te wszystkie cieczce, które wykazały takie działanie następce, posiadają charakterystyczne cechy ośrodków mętnych, gdy tymczasem inne lakiery, które działania następczego nie wykazują, cech tych nie zdradzają (również i lakier kopalowy firmy „Bender i Hobein”, o którym wyżej była mowa, wykazał tylko fluorescencję, natomiast cech ośrodków mętnych nie posiada).

Zdaje mi się zatem, że owo działanie następce w niektórych cieczkach daje się na innej drodze wytłómaczyć, że nie jest ono zjawiskiem natury elektrycznej, ale zależy od odpowiedniego układania się cząsteczek zawieszonych w cieczy, o ile ciecz ta jest umieszczona w polu elektrycznym.

Nie odważam się twierdzić, że wszystkie cieczce, posiadające własności ośrodków mętnych powinny dawać zjawisko działania następczego przy tego rodzaju doświadczeniach — zjawisko to zależne jest jeszcze od innych

własności cieczy (przewodnictwo, lepkość). To jednak chciałbym tylko podkreślić, że te cieczy, w których się owo działanie następce dało stwierdzić, stanowczo do kategorii ośrodków mętnych należą, i że z tego powodu nie można tu mówić o działaniu następce w tem samym znaczeniu, jak w doświadczeniach, opisanych w poprzednich rozdziałach.

Poglądowi mojemu, a raczej mojemu przypuszczeniu, zdołałby zaprzeczyć tylko fakt znalezienia takiej cieczy, która, nie należąc do kategorii ośrodków mętnych, wykazywałaby trwanie załamania podwójnego po zniknięciu pola elektrycznego.

Oczywiście kwestya ta nie daje się w paru słowach rozstrzygnąć.

II. Skręcanie magnetyczne płaszczyzny polaryzacji.

Przebieg moich doświadczeń z magnetycznym skręcaniem płaszczyzny polaryzacji przedstawia się mniej więcej tak samo, jak doświadczeń ze zjawiskiem Kerra; różnica polegała na tem, że doświadczeniom tym daleko mniej naogół czasu poświęciłem.

I tu napotkałem na razie trudności przy powtarzaniu doświadczeń Abrahama i Lemoine'a. Stosując następnie metodę drgań elektrycznych, nie mogłem nawet przez czas pewien dostrzedz w ogóle magnetycznego skręcania płaszczyzny polaryzacji. Przyczyna tego niepowodzenia wyjaśniła się w dalszym ciągu pracy: posługiwałem się małemi kondensatorami, miałem tedy drgania względnie szybkie, do takich zaś doświadczeń nie każde źródło światła się nadaje (porówn. § 2).

Powtarzając pod koniec swej pracy doświadczenia Abrahama i Lemoine'a nad zjawiskiem Kerra, powtórzyłem także ich doświadczenie z skręcaniem magnetycznym płaszczyzny polaryzacji¹⁾. Dwusiarczek węgla mieścił się w rurce o długości 10 cm. i 2 cm. średnicy, owiniętej 20 skrętami drutu. Skręcanie płaszczyzny polaryzacji wynosiło przy najkrótszej drodze (40 cm.), jaką miało światło do przebycia, prawie 3°; gdy droga ta została zwiększona do 2-ch metrów, wartość kąta spadła do 2° mniej więcej (13 pomiarów).

Rezultaty te otrzymałem, używając do cewki prądu zmiennego. Z prądem stałym i przerywaczem turbinowym nie udało mi się wykonać

¹⁾ H. Abraham i L. Lemoine. C. R. (XXX, str. 499 (1900); Ann. de Chim. et de Phys. 7 ser., T. 20, str. 264 (1900); Journ. de Phys. 3 ser., IX (1900).

dobrych pomiarów, ale, jak już wyżej wspominałem, musiałem dla braku czasu doświadczenia przerwać.

Podobnie, jak to uczyniłem ze zjawiskiem Kerra, starałem się i pytanie o skręcaniu magnetycznym płaszczyzny polaryzacji rozstrzygnąć na innej drodze. Następująca metoda, jakkolwiek nie zaprowadziła mnie tak daleko, jak metoda Abrahama i Lemoine'a, pozwoliła mi jednak na czas trwania możliwego działania następczego znaleźć wartość o wiele mniejszą od tej którą uprzednio oznaczyli E. Bichat i R. Blondlot¹⁾ (ci ostatni znaleźli $\frac{1}{30000}$ sek.).

Starałem się tu zużytkować drgania elektryczne o jaknajkrótszym okresie. W tym celu łądowałem przy pomocy cewki, z dołączeniem malutkich

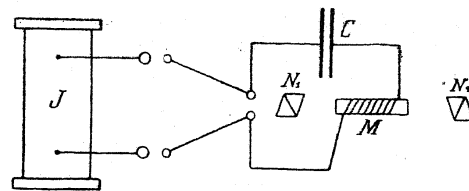


Fig. 15.

iskierek ładujących, kondensator z dwusiarczkiem węgla. Kondensator ten wyładowywał się przez zwój drutu o 20 skrętach, otaczający rurkę z dwusiarczkiem węgla (długość rurki 10 cm., średnica 2 cm.). Iskra, nikole i ta rurka były ustawione tak, jak to wskazuje Fig. 15. Płytki kondensatora rozsuwałem dopóty, dopóki jeszcze dawało się dostrzedz skręcanie płaszczyzny polaryzacji.

Nie mogłem, oczywiście, na tej drodze znaleźć wartości granicznej na czas, który miał być oznaczony; im mniejszą bowiem stawała się przez rozsuwanie płytek pojemność kondensatora, tem słabszym się stawał prąd w obwodzie wyładowania i tem mniejsze było skręcanie płaszczyzny polaryzacji.

Wszakże następujące dane doświadczalne posiadają pewną wartość. Skręcanie można jeszcze było wyraźnie dostrzegać, gdy odległość między

¹⁾ E. Bichat i R. Blondlot. Journ. de Phys. 2 ser., T. I, str. 364 (1882).

płytkami kondensatora wynosiła 1½ mm. Szybkość drgań odpowiednich mierzyłem tą samą metodą, o której wyżej. Połowa fali wynosiła 10,5 metr., a zatem czas odpowiadający temu wynosił około $\frac{1}{30\,000\,000}$ sek. Zjawisko obserwowane podążało więc za tak szybkimi drganiami, a zatem, jeżeli nawet zachodziło tu działanie następcze, czas trwania jego powinien być krótszym od $\frac{1}{30\,000\,000}$ sekundy.

Wniosek: Jeżeli założymy, że w zjawisku Kerra i zjawisku skręcania magnetycznego płaszczyzny polaryzacji w cieczach nie ma działania następczego, to żaden ze znanych dotąd w tej dziedzinie faktów nie zdoła temu założeniu zaprzeczyć.

Monachium w Kwietniu
 Warszawa w Październiku 1904 r.

D-r ELISABETH STEPHANSEN. Eine Bemerkung zur Theorie der linearen Differenzgleichungssysteme mit constanten Coefficienten.

(UWAGA DO TEORJI RÓWNAŃ RÓŻNICOWYCH LINIOWYCH
 O SPÓŁCZYNNIKACH STAŁYCH).

Es ist von Herrn Guldberg in dieser Zeitschrift in einer Arbeit über lineare Differenzgleichungen ¹⁾ gezeigt worden, dass, wenn ein lineares Differenzgleichungssystem von der Form

$$(1) \quad y_{x+1}^{(i)} = \sum_{k=1}^n A_{ik} y_x^{(k)}, \quad (i=1, 2, \dots, n)$$

gegeben ist, wo die Coefficienten A_{ik} Constanten sind, die allgemeine Lösung dieses Systems durch die n Gleichungen

$$(2) \quad y_x^{(i)} = \sum_{k=1}^n c_k c_{ik} a_k^x, \quad (i=1, 2, \dots, n)$$

geliefert wird. Es sind hier die Grössen $a_1, a_2, \dots, a_n$ die Wurzeln der Gleichung

$$(3) \quad \begin{vmatrix} A_{11}-a & A_{12} & \dots & A_{1n} \\ A_{21} & A_{22}-a & \dots & A_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ A_{n1} & \dots & \dots & A_{nn}-a \end{vmatrix} = 0,$$

¹⁾ Prace mat.-fiz., t. 15, p. 23—28.