



LAURBERG & GAD FOT.

FOTOTYPI PACHT & CRONE'S EFT.

Christmaans

MINDEORD

OVER AFDØDE MEDLEMMER

I.

C. Christiansen.

At

K. Prytz.

(Tale i Videnskabernes Selskabs Møde den 14. December 1917.)

Den 28. November 1917 afgik fhv. Professor i Fysik ved Universitetet C. CHRISTIANSEN ved Døden. Han havde i 42 Aar været Medlem af Videnskabernes Selskab, i hvis Møder og Forhandlinger han var en flittig og interesseret Deltager.

Christiansen blev født d. 9. Oktober 1843 i Lønborg ved Tarm, hans Fader var Gaardejer, i en Aarrække Folketingsmand, M. P. Christiansen af en gammel vestjysk Bondeslægt. Som 13-aarig Dreng kom Christiansen til Bogen; han blev Student 1861, og i 1866 tog han Magisterkonferens i Fysik. Da han kort derefter blev Assistent hos daværende Professor i Fysik Holten, blev han straks som ung Kandidat foranlediget til at udføre videnskabeligt Arbejde, omend under ret ugunstige Vilkaar. I de 20 Aar, der forløb, inden han blev Professor, maatte han skaffe sig sit Underhold ved forskellig Slags Undervisning. I 1873 blev han Lærer ved Søofficersskolen og virkede der til 1882. 1876 blev han Docent saavel ved polyteknisk Læreanstalt som ved Landbohøjskolen og 1886, ved Holtens Afgang, Professor i Fysik ved Universitetet. I 1912 i sit 70. Aar tog han sin Afsked. Efter omtrent et Aars Rekreationsophold i Italien, som gengav ham meget af den tabte Arbejdskraft, genoptog han som emeritus sit eksperimentale Arbejde, først en kort Tid paa den polytekniske Læreanstalt, senere paa Rigshospi-

talet i Professor Salomonsens Afdeling og i et lykkeligt Samarbejde med sin Datter, Dr. med. Frøken Johanne Christiansen; her fortsatte han til faa Dage før sin Død.

I 1875 blev Christiansen Medlem af Videnskabernes Selskab; senere blev han Medlem af Videnskabselskaberne i Kristiania, Upsala og Stockholm, samt af det Fysiografiske Selskab i Lund og af Physikalisch-medizinische Societät i Erlangen. I 1894 blev han Dr. med. honoris causa ved Københavns Universitet og under et Ophold i England i 1896 Dr. jur. i Glasgow. Fra 1897 til sin Død var han Medlem af Carlsbergfondets Direktion og 1900—1903 Medlem af Undervisningsinspektionen for de lærde Skoler. 1912 modtog han Ørsted-Medaillen.

Det er en lang videnskabelig Arbejdstid, Christiansen har haft. 1871 udkom hans første betydningsfulde Arbejde, og endnu i 1917 ser man ham arbejdende ved Laboratoriebordet med Apparater til Fremme af den af ham uddannede ballolektriske Undersøgelsesmetode, Apparater, som han med ungdomsfrisk Opfindsomhed har konstrueret og indtil det sidste tillæmpet efter sit Formaal. I disse henved halvhundrede Aar har han arbejdet næsten uden Afbrydelser med et saa anstrængende Arbejde, som fysisk Eksperimenteren er; kun i de 7 Aar 1874—1880 finder man et Tidsrum, hvor det eksperimentale Arbejde for største Delen har hvilet; det forklares sikkert ved det spredte Undervisningsarbejde, han da maatte paatage sig, vistnok ogsaa ved en mindre god Helbredstilstand.

Paa den polytekniske Lærestalt, der da havde tilhuse i Studiestræde i det, der nu er Universitetsannekset, og hvor Universitetets fysiske Samling var anbragt i en kneben Plads paa 1. Sal i Fløjen ud til Skt. Pedersstræde, var Arbejdsbetingelserne for eksperimentalfysisk Arbejde yderst fordelagtige. Der var kun et Rum, et almindeligt to Fags Værelse til Gaarden, hvor der var Lejlighed til at arbejde eksperimen-

talt; Huset blev gennemrystet, naar en Vogn kørte forbi paa Gaden, og den fysiske Samling var kun paa et enkelt Omraade, Optiken, nogenlunde udstyret med Arbejdsinstrumenter, idet Hovedmassen af Instrumenter var beregnet paa Demonstrationer ved Forelæsningerne. Ved det smukke lille Arbejde, som Christiansen udførte i 1884 over Varmeudstraalingens Afhængighed af Overfladens Form, ser man, at han til Maaing af den termoelektriske Strøm, som Straalingen fremkaldte, maatte nøjes med et saa forældet Apparat, som en Multiplikator allerede dengang var.

Naar Christiansen under saadanne Betingelser dog kunde naa betydningsfulde Resultater, tjener det i høj Grad til hans Ære; det viser hans sunde Skøn over den i hvert Tilfælde foreliggende Situation; han skønner rigtig over, hvad der kan naas med de Hjælpemidler, som foreligger, og lægger sin Plan derefter. Det Instrumentarium, han indrettede til sine Forsøg, var ogsaa lidet sammensat; dette hang sammen med Arten af de Opgaver, han tog op ved sine Undersøgelser. Hans Trang var at søge Klarhed over det fundamentale ved Fænomenerne, derimod ikke at forfølge det enkelte Fænomen ved at bygge videre paa allerede gjorte Iagttagelser, hvad der sædvanlig kræver et stadig mere kompliceret Instrumentarium og finere Iagttagelsesmetoder. Karakteren af hans Arbejdsmaade vil fremgaa af den følgende Oversigt over de vigtigste af hans Arbejder.

I sit berømte Arbejde fra 1871 over Lysets anomale Farvespredning paaviser han Sammenhængen mellem Lysets Brydning og dets Absorption. I 1876 i sine magnetiske Undersøgelser søger han, omend med altfor primitive Midler til at det kunde lykkes, at klare de indviklede Forhold ved Jernets Magnetisering; i 1883 bestemmer han den Konstant, der ligger til Grund for al Varmestraaling, og i 1884 klarer han det af berømte Forgængere uden Held undersøgte Spørgsmaal om Varmestraalingens Afhængighed af Overfladens

Form. Ved Behandlingen af dette Spørgsmaal fremsætter Christiansen, som den første, Betingelserne for at fremstille det absolut sorte Legeme, et Begreb, der er af fundamental Betydning i Teorien for Varmestraalingen.

Med en interessant Undersøgelse over de hvide Legemers optiske Egenskaber slutter i 1884 Rækken af hans Arbejder over Straalingsfænomenerne, der begyndte i 1871. At han fra Begyndelsen kom ind paa dette Omraade, forklares vistnok ved, at den fysiske Instrumentsamling, som tidligere nævnt, var forholdsvis godt udstyret med optiske Instrumenter.

I 1890 udgav han et Arbejde »Undersøgelser over Atmosfæens«, hvor han gav et vigtigt Bidrag til Forstaaelsen af Luftarternes molekyllære Forhold ved Undersøgelse af deres Strømning gennem meget snævre Rum, nemlig mellem Glasplader, hvis Afstand gik ned til $\frac{1}{10000}$ mm.

Ser man paa de Arbejder, jeg har nævnt, vil man finde, at de paa en enkelt Undtagelse nær har dannet Udgangspunkter for nogle af de vigtigste Undersøgelser, hvormed Fysikerne i de sidste 20—30 Aar har arbejdet; i den Forbindelse er der saaledes Grund til at nævne Martin Knudsens Arbejder over Luftarternes molekyllære Forhold. Christiansen var, som før nævnt, ikke oplagt til, naar han havde løst en Opgave, da at fortsætte i det derved givne Spor; større systematiske Arbejder laa det ikke for ham at udføre. Han har ganske vist deltaget i et saadant, nemlig hans og Topsøes prisbelønnede Arbejde fra 1873 »Krystallografisk-optiske Undersøgelser«; men med Kendskab til de to Forfattere kan man vistnok gaa ud fra, at Topsøe har været den drivende Kraft til at faa det store Fællesarbejde gennemført. Som en anden Undtagelse skal nævnes, at Christiansen i sine sidste Aar paa systematisk Vis gennemarbejdede den nedenfor omtalte balloelektriske Metode.

I 1894 gav Christiansen sig i Kast med den store Gaade: Gnidningselektricitetens Oprindelse, og Arbejdet dermed op-

tog ham til kort før hans Død; det førte til en stor Mængde interessante Iagttagelser, og den stadig uløste Gaade æggede ham til stadig at optage nye Undersøgelser i den paabegyndte Retning; Resultatet af den sidste af disse Undersøgelser blev Fremstillingen og Udviklingen af den balloelektriske Metode, et Iagttagelsesmiddel, der kan ventes at blive af betydelig Rækkevidde overfor Undersøgelse af organiske Stoffers Forhold.

Ved Siden af sit eksperimentale Arbejde fandt Christiansen Tid til en meget omfattende Læsning, først og fremmest paa sit Fags Omraade, men ogsaa med en sjælden Alsidighed paa filosofisk, æstetisk og historisk Omraade; i ualmindelig Grad kunde det siges om ham, at intet menneskeligt var ham fremmed, og hans Samvær med Mennesker bar stærkt Præg deraf. Christiansen vil blive mindet med Taknemlighed baade som den dybtgaaende Forsker og som den ejendommelige og interessante Personlighed han var.

Christiansen var to Gange gift, hans første Hustru, Anna f. Skovgaard, døde 1871 efter kort Tids Ægteskab. Sin anden Hustru, Hansine f. Ostenfeld, som overlever ham, ægtede han i 1879. Det lykkelige Hjemliv, han førte i sin aandslivlige Familiekrede, har sikkert været af afgørende Betydning for Bevarelsen af hans Aandskraft og af hans ikke stærke Helbred og dermed for den rige Udfoldelse af hans videnskabelige Arbejder.

Et Par Maaneder før sin Død begyndte Christiansen at diktere sine Erindringer; han naaede kun at omtale Barnheds- og Ungdomstiden; det sidste blev nedskrevet faa Dage, før han døde. Disse Optegnelser giver Oplysninger af megen Interesse om Samfundsforholdene paa Landet i Vestjylland omkring Midten af forrige Aarhundrede, samt om bekendte Mænd, som Christiansen paa forskellig Maade kom i For-

bindelse med, dels i sin Studentertid, dels senere; i den Forbindelse skal nævnes Fjord, Rasmus Nielsen, Holten, d'Arrest, Schiellerup og Hagemann. Ikke mindst har Optegnelserne Interesse ved at karakterisere deres Forfatters Opfattelse af og ejendommelige Syn paa Mennesker og Forhold.

Efter disse Optegnelser, som velvilligt er stillet til min Raadighed af Fru Christiansen, skal følgende meddeles. De begynder saaledes:

»Min Familie paa fædrene Side har nu i omtrent 300 Aar boet paa den samme Gaard i Kirkeby, midt paa Øen Holmsland; før den Tid har Slægten boet paa en Gaard, der hedder Provstgaard, tæt ved Præstegaarden sammesteds. Gaarden i Kirkeby blev købt for 400 slette Daler. Om min Moders Familie ved jeg ikke meget; den har i hvert Fald i umindelige Tider boet i Stauning og Velling Sogne, som ligger ved Ringkøbing Fjord, hvori Øen Holmsland ligger. Der er saaledes ingen Grund til at tvivle om, at jeg nedstammer fra Landets Urindvaanere, som antagelig er indvandrede syd fra for flere Tusinde Aar siden«.

Faderen, der i sine Ungdomsaar havde været Omgangslærer paa Holmslands Klit, underviste selv Sønnen indtil dennes 10. Aar, hvorefter han blev sat i Landsbyskolen. Som for andre Bønderbørn gik Tiden saaledes, at han om Vinteren fik Undervisning og om Sommeren var Vogterdreng. I 8—9 Aars Alderen tiltraadte han sin første Tjeneste hos en Farbroder. Om det Liv, han paa den Maade kom til at føre, fortæller han selv saaledes:

»Jeg begyndte da min Virksomhed og drev Faarene, der var vel et halvt Hundrede, ud paa Agrene; de søgte straks hen til den nysaaede Rugmark, der lige var begyndt at spire; men det maatte de gerne, thi min Farbroder troede ikke, det skadede Rugen, om Faarene nippede af den. Hvad jeg selv fordrev Tiden med, erindrer jeg ikke; kun husker jeg, at Jorden var saa sandet, at jeg kunde bore mine Arme ned til

Albuerne. Den største Vanskelighed var at faa Faarene hjem igen om Aftenen; de vilde nødig ind i Faarestien, havde derimod opdaget en stor Kaalhave paa den anden Side Lundenæs-gaard. Engang lykkedes det dem at slippe fra mig og angribe Kaalen, men det opdagede Husholdersken snart og overdæ- nede mig og Faarene med Skældsord, saa at jeg fik en For- skrækkelse, som jeg næppe har forvundet endnu. En anden lille Begivenhed vil jeg endnu omtale fra den Tid; jeg havde drevet Faarene ned i Engene, hvor der var mange større og mindre Vandpytter; nu skulde jeg drive Faarene hjem, og de vilde nødig fra den gode Græsning; jeg kom da til at skubbe til et stædigt Lam, saaledes at det faldt i Vandet, og straks for den Tanke gennem mig: nu drukner Lammet; men det var saa langt fra, at det tværtimod svømmede udmærket, men den kortvarige Angst har dog efterladt et dybt Indtryk«. — — —

»Dette Liv staar egentlig for mig som det fornøjeligste, et Barn kan føre. Man var ikke besværet af mange Klæder, altid barbenet og barhovedet; at vade omkring i Vand og Mud- der, saa det sprøjtede op omkring en, var en Nydelse. Midt paa den hede Sommerdag er det herligt at gaa med bare Fød- der i det kølige Græs; om Aftenen er det lige saa dejligt at gaa paa Stier og i Vejspor, hvor Sandet længe holder sig varmt. Men den største Herlighed er det dog, naar man om Høsten er saa heldig at finde et Humlebo. Humlen er en Slags Bi, som bygger smaa Reder i Engene; i saadanne er der altid en Mængde Celler, som er fyldte med en Vædske, der smager mig langt bedre end Honning. — Man lærer derved Dyrenes forskellige Karakter at kende og kan komme til særligt at holde af et enkelt. Man lægger Mærke til, at Hestene i Reglen er føjelige, Køerne tvære, Faarene stædige, Svinene stridige. Jeg husker godt den første Gang, jeg skulde trække en Gris til Ringkøbing. Først efterhaanden blev jeg klar over, at det kom an paa, at jeg lod, som om jeg vilde trække den hjem-

ad, saa satte den al Kraft paa for at komme til Byen og trak mig med sig. Særlig spændende var det, naar en Hest eller Ko havde revet sig løs og var kommen ind i en Kornmark; det gjaldt da om at faa Dyret ud igen og faa det fat med mindst mulig Ødelæggelse af Kornet, og man begreb da tidlig, at det kom an paa, at man lod, som man slet ikke tænkte det mindste paa Dyret, det kom bare an paa at faa fat paa Tøjrepælen, saa var Slaget vundet«.

Hvorledes det gik til, at Christiansen kom til at studere, fortæller han saaledes:

»Jeg vil straks sige, at det ikke var min egen Skyld [at han kom til Studeringerne]; jeg havde ingen Anelse om, hvad det betød; endnu mindre var det Ærgærrighed, der drev mig, at jeg skulde have Lyst til at være som Præsten eller Herredsfogden. Det skyldes alene min Fader, som paa en eller anden Maade er kommen paa den Tanke og førte det igennem uden nogensinde at spørge mig eller tale med mig derom. Min Fader havde jo selv i sin Tid været Lærer; det laa jo nær, at han ogsaa havde Lyst til at tage sig af min Undervisning; jeg kom derfor ikke i Skole før i mit tiende Aar. Jeg var ogsaa sent udviklet; efter hvad man siger, kunde jeg ikke tale, før jeg var fire Aar. Jeg kan ikke huske, hvorledes jeg lærte at læse. Den ældste Erindring derom er, at min første Lektie i Udenadslæsning var Nr. 69 i den evangeliske Salmebog. Det første Vers kan jeg endnu huske [Verset anføres her]; men hvad jeg navnlig bed Mærke i var, at Tallet 69 var det samme, enten det læstes fra oven eller fra neden. Medens jeg er ganske umusikalsk, saa har Billeder og alt, hvad Øjet kan faa fat i, særlig optaget mig«.

»Alt hvad jeg kunde faa fat i af Bøger og Blade, greb jeg med Begærlighed; deri var der nu intet videre paafaldende, da saa mange andre havde Lyst til det samme. Mere Betydning havde følgende Begivenhed; der blev fortalt i Skolen,

hvor jeg senere kom, at en Skolepige i Gammelsogn kunde regne med Bogstaver; det vilde jeg ogsaa gerne lære, og jeg bad Degnen om at sige mig, hvad det var for noget; han gav mig Bjørns Aritmetik, for at jeg selv kunde studere det. Men her bar jeg mig ad, som vel de fleste Børn vilde gøre, jeg begyndte bagfra med Logaritmerne; det var jo ogsaa mere spændende at gaa den Vej; det lykkedes mig ogsaa nogenlunde at forstaa dem. Jeg tog fat paa Ligningerne, og det lykkedes ogsaa at løse dem. Samtidig gav jeg mig ogsaa af med at digte og fik lavet en hel Samling.

»Min Fader lagde vistnok i Stilhed Mærke til, hvad jeg tog mig for; jeg tror nok, han viste vor Præst Nyrop Digtsamlingen, men min Fader har næppe faaet Glæde deraf. Saa gik han til Degnen i Ringkøbing og spurgte ham, om jeg ikke kunde komme i Skole der. Overlærer Nielsen kom saa en Søndag over til Sognet for at se paa mig og mine Arbejder; han prøvede mine matematiske Kundskaber, men han syntes nok, de var meget utilstrækkelige, og jeg gav mig til at græde. Alligevel blev Resultatet, at jeg blev sat i Skole i Ringkøbing og blev der til min Konfirmation«.

»Den følgende Sommer var jeg nogle Maaneder paa Højskolen i Staby, og da man der mente, at det nok kunde gaa an at lade mig studere, saa henvendte min Fader sig til Docent Fjord, der var hjemme at besøge sin Moder, og bad ham om Raad. Fjord sørgede for at skaffe mig Ophold og Undervisning i København. Saa vidt jeg husker, var det den 9. September 1858, at jeg drog afsted. Jeg husker godt, at min Fader til Afsked sagde, at han ingen Formaninger vilde give mig, for de, der trængte til saadanne, brød sig ikke om dem, og jeg vidste jo nok, hvad jeg skulde gøre. Derimod gav Degnen mig det Raad, at jeg skulde være beskedene og ikke uden højeste Nødvendighed vise min Viden«.

Efter i København at have taget Præliminæreksamen gik Christiansen i 1859—61 paa Dahl og Nansens Artiums-

kursus; om sit Arbejde der siger han: »Jeg har vist aldrig følt mig saa lykkelig og tilfreds og ført en saa rolig Tilværelse som i disse to Aar. Hovedarbejdet var jo Latin og Græsk; men det morede mig ligefrem at lære udenad og slaa op i Leksikonet; navnlig Læsningen af Græsk var for mig en Nydelse, vel nok fordi vi havde en udmærket dygtig Lærer Kern.

Jeg kunde jo ogsaa sagtens, for jeg havde jo egentlig ingen Fristelser; jeg ved slet ikke, hvad jeg skulde have fordrevet Tiden med uden netop med at læse.

Hvad der skete omkring i Verden, gjorde intet Indtryk paa mig; i hvert Fald har jeg intet Minde derom.

Som Student var han ikke i Tvivl om Studievalget; det skulde være Fysik. Han hørte Forelæsninger paa den polytechniske Lærestanstalt sammen med G. A. Hagemann, hvem han, i Modsætning til sig selv, skildrer som en meget opmærksom Tilhører ved Steens matematiske Forelæsninger. Fra den fælles Studietid skriver sig det Venskabsforhold, der knyttede de to Mænd sammen. Da Christiansen efter i 1866 at have taget Magisterkonferens blev Assistent hos Holten, kom han indtil 1886 i nært Arbejdsforhold til denne; Optegnelserne giver karakteristiske Bidrag til Skildring af Holtens ejendommelige Personlighed.

Professor MARTIN KNUDSEN har stillet den efterfølgende nærmere Omtale af de vigtigste af Christiansens videnskabelige Arbejder til Raadighed for denne Levnedstegning. Endvidere vil der følge en af Docent E. S. JOHANSEN udarbejdet Fortegnelse over Christiansens literære Arbejder.

Den anomale Dispersion. Det tidligste Arbejde af Christiansen, som skal omtales, findes i Form af en lille Notits

i »Annalen der Physik und Chemie«, Bd. 141, S. 479, 1870: »Ueber die Brechungsverhältnisse einer weingeistigen Lösung des Fuchsin«. Christiansen benyttede et meget spidsvinklet Hulprisme, som indeholdt en 18 pCt. Opløsning af Fuchsin i Alkohol, og han fandt derved følgende Værdier, n , for Brydningsforholdene af de Fraunhoferske Linier B til H:

	B	C	D	F	G	H
$n =$	1,450	1,502	1,561	1,312	1,285	1,312

Brydningsforholdet vokser fra B til D og lidt derudover, falder derpaa meget hurtigt indtil G og vokser atter derfra. Konsekvenserne heraf fremtræder simplest og tydeligst, naar man væder et retvinklet Prismes Hypotenusenflade med Opløsningen, belyser denne Flade og iagttager det tilbagekastede Lys. Man ser da, i Stedet for den farvede Grænse for den fuldstændige Tilbagekastning, farvet Lys: Rosenrødt, Violet, Blaåt under alle Indfaldsvinkler.

Ved disse Iagttagelser blev for første Gang den anomale Dispersion paavist, og derved blev de af Kundt og efter ham af mange andre Forskere offentliggjorte Undersøgelser over dette Fænomen fremkaldte.

Hvor simpel end Christiansen's Undersøgelse ved første Øjekast kunde synes at være, saa er der dog betydelige Vanskeligheder forbunden med den. Samtidig med at Fuchsinopløsningen bryder grønt Lys anomalt, absorberer den nemlig overordentlig kraftig, og denne Absorption breder sig ved koncentrerede Opløsninger til hele Spektret. Benytter man et almindeligt ligesidet Hulprisme, vil der kun slippe Lys igennem lige ved Prismets brydende Kant, og paa Grund af det smalle Lysbunt vil der opstaa forstyrrende Bøjningsfænomener. Søger man at forøge Gennemsigtigheden ved at fortynde Opløsningen, ophæves det opløste Stofs anomale Dispersion af Opløsningsmidlets normale. For at undgaa disse Ulemper benyttede

Christiansen Prismes med Vinkler fra $\frac{1}{2}$ til 3 Grader, men derved bliver Afbøjningen lille, saa den maa udmaales meget omhyggelig for at give nøjagtige Resultater.

I senere Afhandlinger i Vidensk. Selsk. Overs. 1871, S. 5, og 1882, S. 217, bliver der berettet om yderligere Forsøg og angivet forbedrede Metoder.

Vandluftpumpen. Det synes ikke at være almindelig bekendt, hvilken Andel Christiansen har haft i Vandstraalepumpernes Udvikling. I Begyndelsen af 70-erne i forrige Aarhundrede anvendtes Bunsens Vandluftpumpe, der grunder sig paa samme Princip som den Sprengelske Kvægsølvluftpumpe, nemlig paa Tilvejebringelsen af et Toricellis Vacuum. Bunsens Pumpe fordrer følgelig et snævert Faldrør paa mere end 10 Meters Højde, hvilket i mange Tilfælde er ubekvem. Christiansen indsaa, at man maatte kunne fremkalde en Sugning ved den levende Kraft i en Vandstraale, og i Ann. d. Phys. u. Ch. Bd. 146, S. 155, 1872, beskrev han en saadan Pumpe lavet af en tykvægget Kautschukslange eller af Glas. I den af Christiansen beskrevne Pumpe gaar Vandstraalen udenom den Rørspids, gennem hvilken Luften suges. Nu bruger man som bekendt sædvanlig at lade Luften komme i Berøring med Ydersiden af en massiv Vandstraale, der river Luften med. Denne sidste Form for Pumpen har den Fordel fremfor Christiansens, at den bruger mindre Vand, men Princippet er naturligvis det samme som det af Christiansen angivne. Arzberger og Julkowsky's Pumpe fremkom tre Aar efter Christiansens.

Krystalundersøgelser. I 1872 fuldførte Christiansen sammen med Kemikeren og Mineralogen Haldor Topsøe et meget stort systematisk Arbejde: Krystallografisk-optiske Undersøgelser. Dette Arbejde er offentliggjort i Det Kongelige Danske Videnskabernes Selskabs Skrifter, femte Række, naturvidenskabelig og matematisk Afdeling, niende Bind, S. 623, 1873. Undersøgelsen foretoges paa 11 regulære, 36 een-

aksede, 15 rhombiske og 18 monokliniske Stoffer, og Brydningsforholdene, Krystallens optiske Karakter, samt ved toaksede Stoffer Aksevinklens Størrelse og Elasticitetsaksernes Beliggenhed i Forhold til Krystalakserne blev bestemt. Alle Undersøgelserne drejer sig om isomorfe Stoffer. Noget simpelt Forhold mellem de krystallografiske og de optiske Konstanter fandtes ikke, og for fremtidige Undersøgelser af denne Art gives den Anvisning, at man bør maale saavel de krystallografiske som de optiske Konstanter paa samme Krystalindivid, da disse Egenskaber varierer noget fra Individ til Individ.

Varmeledningsstøtten. Det var ikke alene Metoderne, efter hvilke Varmeledningsevnen paa de Tider blev bestemt, der var meget forskellige, men det gjaldt ogsaa de fundne Resultater. Christiansens Afhandling i Vidensk. Selsk. Overs. 1881, S. 23, i hvilken hans bekendte Varmeledningsstøtte beskrives, betegner derfor et betydeligt Fremskridt. Christiansen bestemte selv Luftens Varmeledningsevnes Afhængighed af Temperaturen samt nogle faste og flydende Stoffers Varmeledningsevne.

Det absolut sorte Legeme. I Vidensk. Selsk. Overs. 1883, S. 139, offentliggjorde Christiansen en Afhandling: »Varmeudstraalingens Afhængighed af Overfladens Form«. Det var den Gang et uafgjort Spørgsmaal, hvorfor Metaller-nes Udstraalingsevne blev væsentligt forøget ved Ridser i Overfladen. Christiansen bemærker, at den gentagne Tilbagekastning ikke var blevet tilstrækkelig paaagtet, og han giver Beretning om nogle Forsøg, som anskueligt viser Tilbagekastningens Indflydelse. Han benytter hertil en Slags Lesliesk Tærning med blanke, forsøvede Sideflader. En af Fladerne var plan, to af de andre var bleven behandlede saaledes, at den gentagne Tilbagekastning vilde finde Sted paa en Maade, som kunde beregnes. I den fjerde Flade var der boret 121 koniske Huller, som optog nøjagtig $\frac{1}{4}$ af Fladens

Areal. Christiansen's Forsøg viser, hvad der nu er almindelig bekendt, at den gentagne Tilbagekastning spiller en meget stor Rolle, og hvad de ovennævnte Huller angaar, gør Christiansen i sin Afhandling følgende Bemærkning: »Stærkest træder den [Indflydelsen af Overfladens Form] dog frem ved Hullerne, idet disse indsuger Varmen over 30 Gange saa stærkt som det blanke Sølv. Herved maa dog bemærkes, at de var matte, hvilket allerede forøger deres Indsugningsevne betydeligt«. I den tyske Offentliggørelse (Ann. d. Ph. u. Ch. Bd. 21, S. 364, 1884) tilføjer han: »Hullerne virkede altsaa som sorte Pletter«. Det fremgaar heraf, at vi her har det første Forsøg paa at virkeliggøre det, man nu kalder det absolut sorte Legeme.

I en tidligere Afhandling i Vidensk. Selsk. Overs. 1883, S. 20 gives der Meddelelse om den absolute Bestemmelse af Emissions- og Absorptionsevnen for Varmestraaler. Emissionsevnen for en absolut sort Flade findes her lig $1,21 \cdot 10^{-12}$ Senere Forsøg af Kurlbaum (1898) har som bekendt givet Værdien $1,28 \cdot 10^{-12}$ for denne Stefanske Konstant.

Monokromatiske Farvefiltre. Christiansen vilde eksperimentelt undersøge den Sætning, at alle hvide Legemer er gennemsigtige, derved at han blandede de hvide Pulvere med en Vædske af samme Brydningsforhold. Anvender man f. Eks. et Glaspulver af optisk homogent Glas i Forbindelse med en Blanding af Svovlkulstof og Benzol, kan man let afpasse Blandingsforholdet for de to Vædsker saaledes, at Blandingen med Pulveret kun bliver gennemsigtigt for een bestemt Farve. Dette hidrører naturligvis fra, at Farvespredningen er forskellig for Glasset og Vædsken, hvorfor Brydningsforholdet kun kan være ens for en eneste Bølgebredde. De andre Farvestraaler bliver kastede diffust tilbage og spredte, og Præparatet, der kan være indesluttet i et planparallelt Kar eller ogsaa i et almindeligt Reagensglas, viser meget smukke Farver. Det maa bemærkes, at Glaspulveret

maa være rent og ikke for findelt. Det kan anbefales at lade Pulveret gaa gennem en $\frac{1}{4}$ mm Sigte ned i Vand og bortkaste, hvad der ikke falder hurtig til Bunds i Vandet.

Forsøget egner sig udmærket til Projektion; det kan da ogsaa let vises, hvorledes Farven af de uafbøjet gennemgaaende Straaler ændres med Temperaturen. Lord Rayleigh meddeler, at det bliver muligt paa den Maade at fremstille et Farvefilter, som af Spektret kun lader en Bredde slippe igennem, der er $2\frac{1}{2}$ Gange Afstanden mellem de to gule Natriumlinier.

Christiansen's herhen hørende Forsøg er beskrevne i Vidensk. Selsk. Overs. 1884, S. 115.

Atmolytisk Strømning. I Vidensk. Selsk. Overs. 1890, S. 129, fremkom en Afhandling: »Undersøgelser over Atmolyten«. Paa den Tid var Forholdene ved den indre Gnidning i Luftarterne grundigt undersøgte, men der herskede ret uklare Forestillinger om Luftarternes Diffusion gennem porøse Lege-mer. Dertil bidrog i Særdeleshed de Komplikationer, som Stoffets Absorptionsevne kan frembringe i visse Tilfælde. For at anskueliggøre den Tids Viden paa dette Omraade citerer Christiansen følgende Bemærkning af G. Hüfner: »Der Graham'sche Satz, dass die Diffusionsgeschwindigkeiten der verschiedenen Gase sich umgekehrt wie die Quadratwurzeln aus deren specifischen Gewichten verhalten, dürfte zwar nach dem oben bereits Angeführten kaum noch ernsthaftige Vertheidiger finden«.

Christiansen stillede sig den Opgave at undersøge, om man ikke ved at foretage Strømningsforsøg gennem meget snævre Kanaler kunde opnaa en kontinuert Overgang mellem Gnidningsstrømning og Diffusionsstrømning.

Christiansen's Forsøg gaar saaledes i noget lignende Retning som de ca. 15 Aar ældre Forsøg af Kundt og Warburg over Gnidning og Varmeledning. Kundt og Warburg havde paavist Gnidnings- og Temperaturspringsfænomenerne og gi-

vet den korrekte Forklaring paa disse Fænomenet ved Hjælp af Luftarternes kinetiske Teori. Christiansen vilde nu forsøge at fremstille saa snævre Strømningskanaler, at Strømningen foregaar efter Grahams Diffusionslove, og saaledes at en Luftblanding delvis skilles ved Gennemstrømningen. Han opnaaede dette ved at lade Strømningen foregaa mellem to plane Glasflader. Først benyttedes to planparallelle Glasplader, der trykkedes saa haardt mod hinanden, at Interferensfigurerne i Luftmelleumrummet forsvandt. For at kunne maale Tykkelsen af Luftlaget lod Christiansen dernæst Strømningen foregaa mellem Hypotenusefladerne af to retvinklede Glasprismer. Lader man en Natriumflamme spejle sig i Hypotenusefladen, ser man ved Grænsevinklen for den fuldstændige Tilbagekastning en Række Interferensstriber, og ved at udmaale Afstanden mellem dem bestemte Christiansen Luftlagets Tykkelse. Gøres Tykkelsen mindre, forøges Afstanden mellem Striberne, og disse vandrer bort fra Grænsevinklen og forsvinder til sidst ganske. Saa smaa Afstande bestemte Christiansen ved at maale Forholdet mellem den Lysmængde, som tilbagekastes fra Luftlaget, og den som gaar gennem det. Fresnels Formler giver den simple Funktionsafhængighed mellem dette Forhold og Luftlagets Tykkelse.

Af Christiansens Forsøg skal her kun meddeles nogle Værdier af Forholdet H_2/O_2 mellem Brintens og Iltens Gennemstrømningshastigheder for forskellige Tykkelser a af Luftlaget; a er angivet i Natriumbølgebredder.

a	∞	15,9	8,3	4,3	0,42	0,25	0,18	0,12
H_2/O_2	2,28	2,38	2,35	2,53	3,60	3,97	3,91	3,92

Det fremgaar altsaa af Forsøgene, at en Afvigelse fra Lovene for Gnidningsstrømning allerede giver sig tilkende, naar Tværmaalet for den Kanal, gennem hvilken Strømningen finder Sted, er 16 Bølgebredder for Natriumlys eller omtrent 0,01 mm. Er Tværmaalet $1/4$ Bølgebredde, bliver Strøm-

ningen overensstemmende med Diffusionen gennem Grafit eller Hydrophan. Den kontinuerlige Overgang mellem Gnidningsstrømning med Glidning og den atmolytiske Strømning træder tydelig frem, og Forholdet H_2/O_2 viser sig, som man maatte vente, ved smaa Tykkelser af Luftlaget konstant og omtrent lig 4.

Af Christiansen's Forsøg fremgaar det, at den gennemstrømmende Luftmængde er proportional med a^2 . Dette angiver Christiansen dog ikke selv, idet han havde ventet, at denne Mængde skulde være proportional med første Potens af a . Ogsaa den atmolytiske Adskillelse af Luftarter blev paavist ved Forsøgsopstillingen.

Christiansens Elektrometer. Fra Aaret 1893 hidrører en Afhandling: »Om et nyt Elektrometer«, Vidensk. Selsk. Overs. 1893, S. 101. Dette Apparat havde Christianen konstrueret specielt til Maaling af Kontaktpotentialer, som han den Gang havde begyndt at studere. Der blev fremstillet en lille Kondensator af to smaa Plader af Metalblik; den blev ophængt drejelig mellem en større Luftkondensators to Plader. I Hvilestillingen staar de to Kondensatorer vinkelret paa hinanden. Bliver de begge ladede, vil den indre drejes, og Drejningsmomentet afhænger paa en simpel Maade af Spændingsforskellen mellem de to store Kondensatorplader. Dette Apparat, som udmærker sig ved stor Simpelt, synes dog at være bleven ret ubekendt.

Apparat til Bestemmelse af Varmeækvivalentet. I Ann. d. Physik u. Chemie, Bd. 48, S. 374, har Christiansen beskrevet et Apparat, der er bestemt til Brug ved fysiske Laboratorieøvelser. Apparatet tjener til Bestemmelse af Arbejdets Varmeækvivalent og har fundet udbredt Anvendelse i Øvelseslaboratorierne.

Kontaktelektriske Undersøgelser. Med Undersøgelser over Gnidningselektricitetens og Berøringselektricitetens Oprindelse og med de beslægtede Undersøgelser over

Balloelektricitet var Christiansen beskæftiget lige til sin Død, saa dette Arbejde strakte sig over ca. 25 Aar. Resultaterne er offentliggjorte i følgende Rækker Afhandlinger i Vidensk. Selsk. Overs.: 1894, S. 189 og S. 401; 1895, S. 360; 1896, S. 37; 1897, S. 489; 1899, S. 153; 1901, S. 65 og S. 205; 1909, S. 581, samt i Ann. d. Physik: Bd. 12, S. 1072, 1903; Bd. 16, S. 382, 1905.

Den første af disse Afhandlinger »Experimentalundersøgelse over Gnidningselektricitetens Oprindelse« behandlede en Række Forsøg over den Elektricitet, som opstaar, naar Kvægsølv eller Amalgam skilles fra Berøring med forskellige Stoffer. Christiansen fandt, at Metallerne eller deres Amalgamer gør de andre Stoffer positiv elektriske, naar Adskillelsen foregaar i en Luftart, som ikke indeholder Ilt. I det hele taget spiller Ilten en meget væsentlig Rolle ved Elektricitetsfrembringelsen ad denne Vej, og den kan gøre Forholdene yderst indviklede, og lignende gælder formentlig andre aktive Luftarter. I den næste Afhandling gøres nærmere Rede for en Række Bestemmelser af forskellige Metalleres Potentialforskelle i forskellige Luftarter, og det vises, at Tilstedeværelse af Ilt er en nødvendig Betingelse for Frembringelse af et Kontaktpotential mellem rent Kvægsølv og forskellige Amalgamer.

Med Benyttelse af Kvægsølv og Amalgamstraaler undersøger Christiansen (1897) Oksydationshastigheden, idet han direkte maaler Størrelsen af den Iltmængde, som bindes under forskellige Forhold. Det viser sig, at Luftartens Fugtighedsindhold herved spiller en betydelig Rolle, ligesom den ogsaa har Indflydelse paa Potentialforskellen mellem Straalen og dennes Omgivelser.

Dette udføres nærmere i den følgende Afhandling fra 1899, og i Afhandlingerne fra 1901, 1903 og 1905 kommer Christiansen ind paa beslægtede Undersøgelser vedrørende Overfladespænding, og i den anden Afhandling fra 1901 paa en Kvægsølvoverflades Polarisation i en Elektrolyt.

Balloelektriske Undersøgelser. Ved de i det foregaaende omtalte Undersøgelser over Kontaktelektricitet var det blevet Christiansen klart, at Lovene for Elektricitetsfrembringelse i mange Tilfælde kunde være yderst indviklede. Stoffernes Overfladebeskaffenhed og den omgivende Atmosfære spiller en væsentlig Rolle, og forsvindende smaa Forandringer, som man vanskelig kan beherske ved Forsøgene, er ofte i Stand til helt at forandre Elektricitetsfrembringelsens Karakter. For om muligt at faa simplere og lettere overskuelige Forhold at arbejde med gav Christiansen sig til at undersøge den Elektricitetsfrembringelse, som fremkommer, naar en ved en Luftstrøm forstøvet Vædske støder mod en Overflade af samme Slags Vædske. Den Elektricitet, som frembringes paa denne Maade, kalder Christiansen Balloelektricitet, Lenard kalder den Vandfaldselektricitet.

Resultaterne af Christiansens Forsøg over Balloelektricitet er offentliggjorte i følgende Afhandlinger i Vidensk. Selsk. Overs. 1911, S. 209; 1912, S. 269; 1915, S. 539 samt i Selskabets matematisk-fysiske Meddelelser I, 1. 1917.

En stor Mængde forskellige Vædsker og Vædskeblandinger undersøges, og de fundne Lovmæssigheder klarlægges. Her skal blot nævnes et enkelt Eksempel. Blandes en vandig Elektrolytopløsning med en ringe Mængde Alkohol, faar man en meget stor Balloelektricitet, skønt de to Vædsker hver for sig kun giver ringe Balloelektricitet.

Christiansens sidste Arbejde over Balloelektricitet udførte han i Forening med sin Datter, Dr. med. Johanne Christiansen; det omhandler amfotere Stoffers Forhold; i dette Arbejde blev et nyt, af Christiansen konstrueret Apparat, Kondensatorballometret, benyttet. Arbejdet vil blive offentliggjort af Frøken Christiansen.

Fortegnelse over C. Christiansens litterære Arbejder.

Bøger.

- Newtons Love for Bevægelsen, udgivet til Skolebrug. 23 S. 1877.
 Indledning til den matematiske Fysik. I—II, 212 + 165 S. 1887—89.
 Elemente der theoretischen Physik. Tysk Udgave ved Dr. Johs. Müller.
 Leipzig. 1ste Udgave, 515 S., 1898. 2den, 532 S., 1903. 3dje,
 690 S., 1910.
 Elements of theoretical Physics. Engelsk Udgave ved W. F. Magie.
 London. 1897.
 Ogsaa en russisk Udgave.
 Lærebog i Fysik. I—II. 420 + 444 S. 1892—94. 2den Udgave, 732 S.
 1903. 3dje, 762 S. 1910. 4de omarbejdede Udgave ved Martin
 Knudsen, 927 S. 1915.
 Røntgens Straaler. 79 S. 1896.
 Sammen med P. la Cour og K. Prytz: Hverdagfysik. 515 S. 1898.
 Nogle Bemærkninger om Naturvidenskabernes Betydning for vor Tid.
 Indbydelsesskrift til Universitetets Reformationsfest. 52 S. 1905.

Afhandlinger og Artikler i Tidsskrifter.

- Beregning af Volumet af det Legeme, som frembringes ved plane Fla-
 ders Bevægelse i Rummet. Tidsskr. f. Math. (2) 1. p. 163—166.
 1865.
 Kraftlinjer. Ibidem 3. p. 169—176. 1867.
 Hvirvelvinde i Gasflammer. Tidsskr. f. Physik og Chemi 6. p. 225—226.
 1867.
 En Bemærkning om Lynild. Ibidem 6. p. 226—228. 1867.
 Centralbevægelse ved Hjælp af Størrelsen $e^{i\theta}$. Tidsskr. f. Math. (2) 3.
 p. 159—162. 1867.
 Fortællinger om Lynet. Folkelæsning. Smaaestykker 2. p. 102—125.
 1868.
 Et Afsnit af de fysiske Hypotesers Historie. Tidsskr. f. Physik og
 Chemi 7. p. 193—207. 1868.
 Elektriske Rotationer. Ibidem 7. p. 253—257. 1868.
 Havbundens Temperatur. Ibidem 7. p. 289—292. 1868.
 Ein elektrischer Rotations Apparat. Poggendorfs Annalen. 137. p. 490
 —492. 1869.
 Flod og Ebbe med særligt Hensyn til Færøerne. Tidsskr. f. Physik og
 Chemi. 8. p. 78—86. 1869.
 Zwei optische Beobachtungsmethoden. Pogg. Ann. 141. p. 470—473.
 1870.
 Ueber die Brechungsverhältnisse einer weingeistigen Lösung des
 Fuchsins. Ibidem. 141. p. 479—480. 1870.

- Samme oversat: On the Refractive Phenomena of an Alcoholic Solution of Fuchsin. Extract of a Letter to Prof. Poggendorf by C. Christiansen. *Phil. Mag.* (4) 41. p. 244. 1871.
- Samme refereret: Dispersion anormale de la Fuchsine. *Annales de chimie et de phys.* (4) 25. p. 213—214. 1872.
- Et Par optiske Iagttagelsesmetoder. *Tidsskr. f. Physik og Chemie.* 10. p. 129—134. 1871.
- Spektralanalysen og Himmellegerne. *Tidsskr. f. Phys. og Chemie.* 10. p. 161—174. 1871.
- Undersøgelser om Brydningsforholdet for rød Anilin. *Videnskabernes Selskabs Oversigt.* 12. p. 5—17. 1871.
- Ueber das Brechungsverhältniss des Fuchsins. *Pogg. Ann.* 143. p. 250—259. 1871.
- Zur Farbenzerstreuung des Fuchsins. *Pogg. Ann.* 146. p. 154—155. 1872.
- Eine neue Wasserluftpumpe. *Ibidem.* 146. p. 155—156. 1872.
- Om Addition af Rektangler. *Tidsskr. f. Math.* (3) 3. p. 147—151. 1873.
- Spektralanalysens Anvendelse paa Himmellegerne. *Tidsskr. f. Physik og Chemi.* 12. p. 65—71. 1873.
- Sammen med H. Topsøe: Krystallografisk-optiske Undersøgelser, med særligt Hensyn til isomorfe Stoffer. *Vidensk. Selsk. Skr.* (5), Naturv. og math. Afd. 9. p. 623—769. 1873.
- Samme oversat: Optische Untersuchungen einiger Reihen isomorpher Substanzen. *Pogg. Ann. Ergänzungsbd.* 6. p. 499—585. 1874.
- Samme oversat: Recherches optiques sur quelques séries de substances isomorphes. *Annales de chimie et de phys.* (5) 1. p. 5—99. 1874.
- Magnetiske Undersøgelser. *Vidensk. Selsk. Skr.* (5), Naturv. og math. Afd. 9. p. 273—305. 1876.
- Om Ismaskiner og Fortætning af Luftarter. *Tidsskr. f. popul. Fremst. af Naturvidensk.* 27. p. 1—14. 1880.
- Nogle Forsøg over Varmeledningsevnen. *Vidensk. Selsk. Overs.* p. 35—51. 1881.
- Einige Versuche über die Wärmeleitung. *Wiedemanns Ann.* 14. p. 23—33. 1881.
- Methoder til at maale Brydningsforholdet for farvede Vædsker. *Vidensk. Selsk. Overs.* p. 217—250. 1882.
- Ueber die Messung des Brechungsverhältnisses gefärbter Flüssigkeiten. *Wied. Ann.* 19. p. 257—267. 1883.
- Absolut Maaling af Udstraalings- og Indsugningsevne for Varme. *Vidensk. Selsk. Overs.* p. 20—57. 1883.
- Absolute Bestimmung des Emissions- und Absorptionsvermögens für Wärme. *Wied. Ann.* 19. p. 267—283. 1883.
- Varmeudstralingens Afhængighed af Overfladens Form. *Vidensk. Selsk. Overs.* p. 139—149. 1883.
- Samme Afhandling i *Tidsskr. f. Physik og Chemi.* (2) 5. p. 97—107. 1884.

- Ueber die Emission der Wärme von unebenen Oberflächen. Wied. Ann. 21. p. 364—369. 1884.
- Undersøgelser over de hvide Legemers optiske Egenskaber. Vidensk. Selsk. Overs. p. 115—142. 1884.
- Untersuchungen über die optischen Eigenschaften von fein vertheilten Körpern. Wied. Ann. 23. p. 298—306. 1884 og 24. p. 439—446. 1885.
- Nogle Bemærkninger angaaende Planeternes Varmegrad. Vidensk. Selsk. Overs. p. 85—108. 1885.
- Det tomme Rum. Naturen og Mennesket. 1. p. 180—187. 1889.
- Den elektromagnetiske Lysteori. Vidensk. Selsk. Overs. p. 183—197. 1889.
- Undersøgelser over Atmolysen. Ibidem. p. 129—170. 1890.
- Die atmolytische Strömung der Gase. Wied. Ann. 41. p. 563—587. 1890.
- Om Betingelserne for Isdannelse. Vidensk. Selsk. Overs. p. 44—53. 1891.
- Om et nyt Elektrometer. Ibidem. p. 101—111. 1893.
- Ueber ein neues Elektrometer. Wied. Ann. 48. p. 726—733. 1893.
- Apparat zur Bestimmung des mechanischen Wärmeäquivalents. Ibidem. 48. p. 374—379. 1893.
- Experimentalundersøgelse over Gnidningselektricitetens Oprindelse. Vidensk. Selsk. Overs. p. 189—219. 1894.
- Experimentale Untersuchungen über den Ursprung der Reibungselektricität. Wied. Ann. 53. p. 401—431. 1894.
- Experimentalundersøgelse over Berøringselektricitetens Oprindelse. Første Meddelelse. Vidensk. Selsk. Overs. p. 360—383. 1895.
- Experimentalundersøgelser over den Ursprung der Berührungselektricität. Erste Mittheilung. Wied. Ann. 56. p. 644—660. 1895.
- Beretning om Resultaterne af Forsøgene over Isdannelse. Medd. Grønland. 17. p. 161—170. 1895.
- Experimentalundersøgelse over Berøringselektricitetens Oprindelse. Anden Meddelelse. Vidensk. Selsk. Overs. p. 37—49. 1896.
- Experimentalundersøgelser over den Ursprung der Berührungselektricität. Zweite Mittheilung. Wied. Ann. 57. p. 682—693. 1896.
- Om Elektricitetsfrembringelse. Nyt Tidsskr. f. Fysik og Kemi. 1. p. 19—24. 1896.
- Lord Kelvins Jubilæum d. 15.—17. Juni 1896. Ibidem. 1. p. 326—328. 1896.
- Experimentalundersøgelse over Berøringselektricitetens Oprindelse. Tredje Meddelelse. Vidensk. Selsk. Overs. p. 489—520. 1897.
- Experimentalundersøgelser over den Ursprung der Berührungselektricität. Dritte Mittheilung. Chemische Wirkungen einer neugebildeten Amalgamoberfläche. Wied. Ann. 62. p. 545—568. 1897.
- Den magnetiske Krafts forskellige Virkninger. Nyt Tidsskr. f. Fysik og Kemi. 2. p. 1—7. 1897.

- Telegrafering uden Traad. *Ibidem.* 3. p. 1—4. 1898.
- Experimentalundersøgelse over Berøringselektricitetens Oprindelse. Fjerde Meddelelse. *Vidensk. Selsk. Overs.* p. 153—167. 1899.
- Experimentaluntersuchungen über den Ursprung der Berührungselekticität. Vierte Mittheilung. Ueber den Einfluss des Wasserdampfes. *Wied. Ann.* 69. p. 661—672. 1899.
- Sur l'électricité de contact. Rapport au Congrès international de physique. 2. p. 390—402. 1900.
- Haarrørsvirkningens Indflydelse paa Vædskers Udstrømningshastighed. *Vidensk. Selsk. Overs.* p. 65—80. 1901.
- Versuche über den Einfluss der Capillarität auf die Ausströmungsgeschwindigkeit der Flüssigkeiten. *Ann. d. Physik.* (4) 5. p. 436—447. 1901.
- Unipolære elektriske Strømme i en Elektrolyt. *Vidensk. Selsk. Overs.* p. 205—219. 1901.
- Unipolare elektrische Ströme in Elektrolyten. *Ann. d. Physik* (4) 8. p. 787—797. 1902.
- Før og nu. *Fysisk Tidsskr.* 1. p. 1—5. 1903.
- H. C. Ørsted som Naturfilosof. *Vidensk. Selsk. Overs.* p. 473—493. 1903.
- Kapillarelekttrische Bewegungen. *Ann. d. Physik* (4) 12. p. 1072—1079. 1903.
- Ueber den Zusammenhang zwischen Oberflächenspannung und Potentialdifferenz. *Ann. d. Physik* (4) 16. p. 382—397. 1905.
- Om Oprindelsen til den af Hr. Sinding-Larsen paaviste Lagdeling i Oplosninger. *Vidensk. Selsk. Overs.* p. 307—315. 1905.
- Elektronteorien. *Fysisk Tidsskr.* 4. p. 62—72 og p. 107—117. 1906.
- Nobelprisen i Fysik for 1905. *Ibidem.* 4. p. 101—103. 1906.
- Om det elektromagnetiske Grundlag for Mekaniken. *Ibidem.* 5. p. 11—20. 1907.
- Nogle nye Iagttagelser om radioaktive Straaler. *Vidensk. Selsk. Overs.* p. 565—571. 1909.
- Experimentalundersøgelse over Gnidningselektricitetens Oprindelse. II. *Ibidem.* p. 581—601. 1909. Ogsaa *Fysisk Tidsskr.* 8. p. 164—174. 1910.
- Samme Titel. III. *Vidensk. Selsk. Overs.* p. 209—244. 1911.
- Samme Titel. IV. *Ibidem.* p. 269—316. 1912.
- Foredrag ved Uddelingen af Ørsted-Medaljen (Om Gnidningselektricitetens Oprindelse). *Fysisk Tidsskr.* 10. p. 133—138. 1912.
- Elektrizitåterregung beim Zerspritzen von Flüssigkeiten. (Balloelektricitåt.) *Ann. d. Physik* (4) 40. Erster Teil p. 107—137. Zweiter Teil p. 233—248. 1913.
- Lucretius' og Descartes' Fysik i Forhold til Nutidens. *Vidensk. Selsk. Overs.* p. 475—503. 1913.
- Experimentalundersøgelse over Gnidningselektricitetens Oprindelse. V. *Ibidem.* p. 539—577. 1915.

- Ludvig August Colding. Fysisk Tidsskr. 14. p. 89—100. 1916.
Elektrizitätserregung beim Zerspritzen von Flüssigkeiten. (Balloelektrizität). Dritter Teil. Ann. d. Physik (4) 51. p. 530—548. 1916.
Experimentalundersøgelse over Gnidningselektricitetens Oprindelse.
VI. Vidensk. Selsk. Mathemat.-fys. Medd. I. 1. p. 1—9. 1917.
Ventes at komme: VII (Om amfotere Stoffers Balloelektricitet) og
VIII (Kondensatorballometret).

Desuden findes Særtryk af et Foredrag: Om Arbejdets Natur og Værd, som maa være holdt i Tiden 1881—86. Det har ikke været muligt at finde, i hvilket Tidsskrift det er fremkommet.
