

EXPERIMENTALUNDERSØGELSE OVER GNIDNINGSELEKTRICITETENS OPRINDELSE. II

AF

C. CHRISTIANSEN

(MEDDELT I MØDET DEN 22. OKTOBER 1909)

§ 1. **Indledning.** Om der end foreligger mangfoldige Arbejder om Gnidningselektriciteten, kan man dog ikke sige noget bestemt om de Forhold og Egenskaber hos Legemerne, der bestemmer Arten og Mængden af den ved Gnidning frembragte Elektricitet. Om et er dog alle enige, nemlig at slutte sig til den af Helmholtz¹ fremsatte og paa mange Maader begrundede Tanke, at der ved Gnidning eller Berøring af to Legemer dannes et elektrisk Dobbeltlag. Idet de to Legemer nu skilles ad, vil hvert af dem tage en Del af sit Lag med sig og vise os den opstaaede elektriske Virkning. Men hvad er det der bestemmer Ladningens Art? Hvad der gør det saa svært at besvare dette Spørgsmaal, er den velbekendte Kendsgærning, at umærkelige smaa Ting kunne faa Ladningen til at skifte Fortegn. Jeg haaber i det følgende at kunne vise, at det i alle Tilfælde er Stoffernes kemiske Egenskaber der er det afgørende, og navnlig, at det i de fleste Tilfælde kommer an paa Overfladernes Tilstand, om Legemerne ere tørre eller fugtige, om de have optaget Ilt eller Kulsyre, eller om noget af selve Stoffet er opløst i Overfladelaget, som naar Ebonit er bedækket med et Lag Svovlsyre eller Glas med Natronopløsning.

¹ H. Helmholtz. Wied. Ann. Bd. 7, S. 337. 1879.

Inden jeg gaar over til at fremføre Grundene for denne Antagelse, vil jeg give en Oversigt over de nyere Arbejder, som synes mig at være af særlig Betydning i denne Sammenhæng.

Jeg skal først minde om at Davy¹ har vist, at Kobber, Zink og Tin blive positive ved Berøring med Oxalsyre, Ravn-syre, Benzoesyre og Borsyre, men negative ved Berøring med tør Kalk, Magnesia og Strontian. Modsætningen mellem Virkningen af Syrer og Baser tyder stærkt paa, at det er kemiske Virkninger der ere afgørende for Ladningens Fortegn.

I samme Retning pegede nogle Forsøg af G. Meyer², som give os en Forklaring af Elektrisermaskinens Virksomhed. Han lavede Amalgamer af Zink, Bly og Sølv. Han fandt nu at en Glasstang, der blev gneden med Sølvamalgamet, blev negativ elektrisk, hvorimod den blev positiv ved Gnidning med de andre Amalgamer, stærkest med Zinkamalgamet. Disse Amalgamers Virkning er altsaa for saavidt den samme her, som i et galvanisk Element, idet de ordne sig efter Spændingsrækken for Berøringselektricitet.

Den samme Tankegang ligger til Grund for mine Forsøg over Gnidningselektricitets Oprindelse³.

Jeg viste, at den Atmosfære, hvori Forsøget foretoges, i mange Tilfælde er af afgørende Betydning. Bringes f. Eks. Beget eller Harpix i Berøring med Kvægsølv i atmosfærisk Luft, finder man efter Adskillelsen Beget negativt. Foretages Forsøget i en Brintatmosfære, bliver Beget derimod positivt. Bringes et Amalgram i Berøring med en Isolator, faas i det hele lignende Resultater, som i de ovenfor nævnte Forsøg af G. Meyer. Men ogsaa her er den omgivende Luftarts Natur af Betydning.

A. Coehn⁴ ser helt anderledes paa Sagen; han mener at Isolatorernes Dielektricitetskonstant er af afgørende Betydning.

¹ Davy. Phil. Tr. 1807. Ostwalds Klassiker Nr. 45, S. 30.

² G. Meyer. Wied. Ann. Bd. 40, S. 244. 1890.

³ C. Christiansen. Vid. Selskabs Overs. 1894, S. 189.

⁴ A. Coehn. Wied. Ann. Bd. 64, S. 217. 1878.

Ved Gnidning med Uld, Linned eller Silke bliver Kalkspath positivt, Svovl negativt elektrisk; dette sætter Coehn i Forbindelse med, at Dielektricitetskonstanten for Kalkspath er 8, medens den for Svovl ligger mellem 2 og 4. Af en Mængde lignende Iagttagelser drager han den Slutning, at det af Legemerne, der har den største Dielektricitetskonstant, bliver positivt elektrisk.

Coehn har ogsaa gjort en Mængde Forsøg til Bestemmelse af Fortegnet til det Dobbeltlag, der dannes ved Berøring imellem Glas og Vædske. Lad A og B være de lodrette Grene af et U-bøjlet Haarrør, som fyldes med Vand; er der i Rørene indsmeltet to Platintraade, og lader man gennem dem A med positiv, B med negativ Elektricitet, saa vil Vandet synke i A og stige i B . Dette forklares efter Helmholtz ved, at der ved Berøring mellem Vand og Glas dannes et Dobbeltlag, hvis positive Sider ligger i Vandet. Af en stor Mængde lignende Forsøg, kun med andre Vædske end Vand i Røret, drager Coehn den Slutning, at Vædske, hvis Dielektricitetskonstant er større end 6, blive positive ved Berøring med Glas, medens de Vædske, for hvilke den er mindre end 5, blive negative; da Glassets Dielektricitetskonstant ligger i Nærheden af 6, tale disse Forsøg aabenbart for den af Coehn opstillede Lov. Han omtaler dog ogsaa enkelte Iagttagelser, som synes at stride imod, eller som kun med Vanskelighed kunne bringes ind under den.

A. Heidweiller¹ har gjort nogle Forsøg, som ikke stemme med Coehns Lov. De derpaa grundede Indvendinger har Coehn² dog afvist som væsentlig uberettigede, og deri maa man vistnok give ham Ret, hvorledes man end forøvrigt stiller sig til Hovedspørgsmaalet.

O. Knoblauch³ har gjort et omfattende og meget vigtigt

¹ A. Heidweiller. Wied. Ann. Bd. 66, S. 535. 1898.

² A. Coehn. Wied. Ann. Bd. 66, S. 1191. 1898.

³ O. Knoblauch. Zeitschrift für phys. Chemie. Bd. 39, S. 225. 1902.

Arbejde over Elektricitetsudviklingen ved Berøring af tørre Syrer, Salte og Baser med Platin, Paraffin, Glas og Svovl. Det lykkedes ham at forklare sine Forsøgsresultater ved den Antagelse, at Legemerne optage Vanddampe fra Atmosfæren og fortætte dem paa deres Overflade.

I dette Vædskeleg finder en Opløsning Sted, hvorved frie Ioner opstaar. Berører to Legemer hinanden, da vandrør Ionerne fra det ene Legeme til det andet med forskellig Hastighed; naar de skilles, finder man da Legemerne ladet forskellig. Syren f. Ex. afgiver Brintioner til det Legeme, den berører, og bliver derved selv negativt elektrisk.

§ 2. **Paraffin.** I 1907 offentliggjorde C. W. Lütz¹ Resultaterne af nogle Forsøg over Elektrisering ved Paraffins Berøring med Vand, hvorved det viste sig, at Paraffin blev stærkt negativt elektrisk. Da Paraffin ikke bliver vædet af Vand, er det ogsaa forstaaeligt, at det kan beholde en elektrisk Ladning, naar det skilles fra Vandet.

Det er ogsaa bekendt, at Vand i Almindelighed bliver positivt elektrisk ved Berøring med Glas og flere andre Legemer. Forsøgene ere iøvrigt let gjorte og lykkes altid. Man holder en Paraffinstang et Øjeblik i Vand, løfter den op og nærmer den til et følsomt Elektroskop, helst et Bohnenbergers Elektroskop. Hvis Stangen berøves sin Ladning ved at holdes over en Flamme, kan Forsøget gentages saa tidt man vil.

Lütz's Forsøg interesserede mig i høj Grad, fordi det derved blev muligt at underkaste den kemiske Opfattelse en indgaaende Prøvelse. Istedetfor Vand tog jeg fortyndet Saltsyre og fandt nu Paraffinen positivt elektrisk. Overhovedet gav alle Syrerne samme Resultat, enten de vare fortyndede eller koncentrerede, kun Udslagets Styrke var forskelligt. Neutrale Salte vare mindre virksomme, med basiske Opløsninger fandt næsten

¹ C. W. Lütz. Zeitschrift für phys. u. chem. Unterricht. Bd. 20, S. 234. 1907. Beiblätter. Bd. 31, S. 1071. 1907.

ingen Elektricitetsudvikling Sted, hvad der iøvrigt var at vente, da Paraffinen vædes af dem.

Derimod var det uventet, at en Paraffinstang, som jeg først kom i Saltsyre og dernæst i Vand, blev positivt elektrisk og endda stærkere end i Saltsyre alene; ligesom med Paraffinen forholdt det sig med flere andre Isolatorer, f. Eks. Voks og Skellak, og de gavede sædvanlig kraftigere Virkninger end Paraffin. Derfor besluttede jeg at undersøge Sagen nøjere og vil nu beskrive mine Forsøg derover.

§ 3. **Undersøgelsesmetoden.** Jeg benyttede 2 forskellige Apparater ved dette Arbejde, som jeg i det følgende vil betegne som App. I og II.

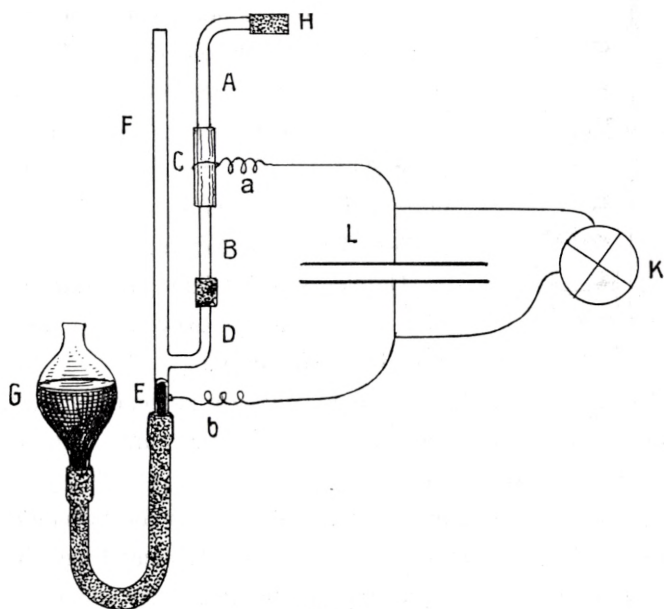


Fig. 1.

App. I er fremstillet i Fig. 1. *AB* er et Glasrør, hvis Indre er beklædt med den Isolator, som skal undersøges. Uvendig er det paa en Strækning af omtrent 5 cm beklædt med Staniol. *AB* er ved Hjælp af et Kautschukrør forbunden med et T-Rør

DEF. *G* er en Glasbeholder, der ved en længere Kautschukslange er forbunden med *EF*. Man hæver *G* saa højt, at den i *G* indeholdte Vædske kommer til at staa noget over *C*. Sænker man nu hurtigt *G* saa langt, at Vædsken staar under *C*, vil man i Regelen finde, at Isolatoren er bleven elektrisk. For at kunne vise dette er ved *E* en Platintraad indsmeltet i Glasset og en Metaltraad *a* viklet om Staniolbeklædningen *C*. Bliver saa *a* og *b* forbundne med Polerne af et følsomt Galvanometer, faar man paa dette et Udslag, naar Vædsken i *AB*

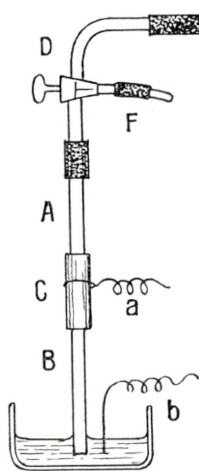


Fig. 2.

synker. I det foreliggende Arbejde brugte jeg istedenfor et Galvanometer et Thomsonske Elektrometer *K*. Desuden kunde Elektrometrets Udslag varieres ved at forbinde dets Poler med Belægningerne af en eller flere Leidnerflasker *L*. Elektrometrets Følsomhed varierede ved de forskellige Forsøg. Udslaget for 1 Volt laa mellem 5 og 20 mm. Glasrørens indre Diameter laa mellem 3 og 5 mm, Glassets Tykkelse mellem 1 mm og 1,5 mm.

Da her kun er Tale om relative Værdier, er en nøjere Angivelse i de enkelte Tilfælde unødvendig.

Vil man istedenfor at arbejde med atmosfærisk Luft f. Eks. arbejde i en Brintatmosfære, saa sender man Brint gennem Rør *H* ind i Apparatet.

App. II er fremstillet i Fig. 2. Det ovenfor beskrevne Rør *AB* staar med sin nederste Ende i et lille Kar med den Vædske, hvis Virkning man ønsker at undersøge; foroven er det forbunden med Glashanen *D*.

Bliver *D* gennem *E* forhunden med en Vandluftpumpe, da stiger Vædsken i Røret. Drejer man Hanen 90°, synker den igen, idet Luft strømmer igennem Røret *F*. Forbindelsen med Elektrometret sker som tidligere ved Ledningerne *a* og *b*.

Denne Indretning har den store Fordel, at Vædsken ikke behøver at komme i Berøring med Kautschuk.

Jeg bemærker endnu, at ved Vand forstaas stadig destilleret Vand, som det bruges i kemiske Laboratorier. Under „Udslag“ er at forstaa det første Udslag paa Elektrometret, hvilket iagttages, naar Vædsken forlader Rør *AB*. Det positive Udslag betyder, at Isolatoren efter Berøringens Ophør er positivt elektrisk.

§ 4. **De forskellige Isolatorer.** Meningen med de følgende Forsøg er at give en foreløbig Oversigt over de forskellige Isolatorers Forhold. Isolatoren blev smeltet i et Reagensglas og sugedes ind i et forud opvarmet Glasrør, for at beklæde det med saa tyndt et Lag som muligt. Af hver Isolator lavedes samtidig 2 Rør Nr. I og II. Jeg undersøgte først Forholdet af Rør Nr. I imod Kvægsølv, Vand, $\frac{1}{100}$ normal Saltsyre og endelig endnu engang med Vand. Med Nr. II blev det samme gjort, dog med Forbigaaelse af Kvægsølv. Enkelte Rør vare ny, andre flere Dage gamle; under *D* er Rørenes Alder angivet.

Tabel I

Nr.		<i>D</i>	Kvæg- sølv	Rør I			Rør II		
				Vand	$\frac{Cl H}{10^{-2n}}$	Vand	Vand	$\frac{Cl H}{10^{-2n}}$	Vand
1	Paraffin	0	— 4	— 4	— 1	...	— 2	+ 2	— 1
2	—	0	— 5	— 15	— 1	— 7	— 10	+ 4	— 2
3	—	14	+ 1	— 5	+ 2	— 6	...	...	...
4	—	18	— 4	— 16	+ 9	— 9	— 8	+ 8	— 6
5	Voks, hv.	3	— ∞	— 30	+ 3	— 34	— 33	— 11	— 55
6	—, gult	2	— ∞	— 15	+ 9	— 21	— 26	+ 11	— 24
7	Cerasin	3	— 1	— 9	+ 2	— 3	— 28	+ 3	— 14
8	Beg	3	— ∞	— 40	+ 14	— 35	— 38	+ 16	— 17
9	Harpix	1	— ∞	— 37	+ 4	— 38	— 34	+ 8	— 50
10	Skellak	3	— 53	+ 10	+ 12	...	...	...	...
11	—	10	— 100	— 2	+ 19	...	— 1	+ 8	...
12	Lak	7	— ∞	— 9	— 1	— 8	— 9	+ 2	— 15
13	Spermacet . . .	1	— 5	— 6	0	...	— 10	0	...
14	Kamfer	3	— 25	— 3	— 2	— 3	— 1	0	— 1

De her meddelte Udslag er i de fleste Tilfælde Middelværdien af 3 Maalinger, dog gælder dette ikke for Nr. 7, hvor Udslaget for Kvægsølv er: $-1, +1, +1,5$ og heller ikke for Nr. 10 Skellak-Vand, hvor Udslaget er: $+10, +4, -6, -10$.

Af Tabel I fremgaar det tydeligt, at Vand og Kvægsølv gennemgaaende gør Isolatoren negativt elektrisk, at Saltsyre gør den positiv eller i det mindste at den med Saltsyre bliver mindre negativ end med Vand. De i Tabel I anførte Forsøge ere udførte med App. I; jeg medtager endnu i Tabel II enkelte Forsøge gjorte med App. II, som førte til det samme Resultat.

Tabel II

	Vand	$\frac{Cl H}{10^{-2}n}$	Vand
Paraffin	- 8	+ 05	- 9
Voks	-26	+ 18	- 20
Harpix	-30	+ 8	- 25
Beg	-36	+ 70	- 32
Lak	-80	+ 10	- 50
Gummilak	0	14	1
Svovl	- 15	+ 1	- 3

§ 5. **Concentrationen.** For at studere Indflydelsen af Syrernes Concentration blev 7 Rør, der vare saa ens som muligt, beklædte med Beg indvendig; jeg undersøgte nu, hvilke Virkninger 7 forskellige Opløsninger udøvede paa dem.

Tabel III
Beg, Saltsyre, App. I

Nr.	Saltsyre	Udslag			
1	$10^{-4}n$	- 15	- 15	- 17	- 16
2	$10^{-3}n$	+ 11	+ 10,5	+ 9	+ 9
3	$\frac{1}{3} 10^{-2}n$	+ 22	+ 21	+ 20	+ 19
4	$10^{-2}n$	+ 29	+ 28	+ 28	+ 27
5	$10^{-1}n$	+ 24	+ 23	+ 23	+ 23
6	$\frac{1}{2} n$	+ 11	+ 12,5	+ 10	+ 11
7	$10 n$	+ 6	+ 5	+ 3	+ 2

Som sædvanligt gjorde Berøringen med en Syre Isolatoren Beg positivt elektrisk. Virkningen er stærkest, naar Syren er $10^{-2}n$ normal. At Virkningerne blive svagere ved stærkere Opløsninger, staar maaske i Forbindelse med, at Vedhængningen imellem Beg og Syre vokser med Syrernes Concentration. I Forsøgene 6 og 7 viser sig nemlig smaa Draaber i Røret, som ere dannede af en tynd Vædskehinde, som bliver tilbage naar Vædsken synker.

Bruges derimod ved alle Forsøgene det samme Begrør, faas de i Tabel IV angivne Resultater.

Tabel IV
Beg og Saltsyre, App. I

Nr.			Udslag		
1	Vand.....	...	-18	-17	-17
2	Saltsyre	$10^{-5}n$	-17	-16,5	-17
3	—	$10^{-4}n$	-12	-10	-10
4	—	$10^{-3}n$	+ 3	+ 4	+ 4
5	—	$10^{-2}n$	+17	+20	+17
6	—	$10^{-1}n$	+15	+15	+15
7	—	$\frac{1}{1}n$	+ 8	+ 7	+ 7,5
8	—	$\frac{4}{1}n$	+ 6	+ 5	+ 5
9	Vand.....	...	+10	+11	+12
10	— .....	...	+15	+15	+15
11	— .....	...	+10	+ 7	+ 5
12	— .....	...	- 2	- 3	- 4
13	— .....	...	- 8,5	- 9	- 9
14	— .....	...	- 9,5	-11	-10,5
15	— .....	...	-10	-10	-10

Ogsaa i dette Tilfælde ligger Maximum i Nærheden af $Cl H 10^{-2}n$. Interessant er her Rørets Forhold til Vand. Det er muligt, at noget af Saltsyren bliver absorberet af Beget. Noget deraf opløser sig igen i Vand og danner et Lag af Saltsyre, som i Nr. 10 besidder omtrent den samme Concentration som i Nr. 6 og derfor frembringer det samme Udslag. Idet

Vandet stadig fornyes, bliver ogsaa Opløsningen stadig svagere og Udslaget tilsidst konstant, som Nr. 14 og 15 viser. Røret er dog derved bleven forandret, som Sammenligningen med Nr. 15 og Nr. 1 viser.

Nr. 2 viser, at en Opløsning paa $10^{-5}n$ er ganske uvirksom, eller rettere sagt, den forholder sig som rent Vand. Ovenfor talte jeg om en Absorption af Saltsyre i Beg; hvis noget af den Art finder Sted, er det dog kun af nogen Betydning, naar Syren er meget concentreret. Derom overbevistes jeg ved de i Tabel V udførte Forsøg. Dertil brugte jeg 2 Apparater *A* og *B*; det med Harpix beklædte Glasrør blev afvekslende anbragt i *A* eller i *B*.

Tabel V
Harpix og Saltsyre, App. I

Nr.	App.		Udslag		
1	<i>A</i>	Vand.....	— 14	— 8	— 9
2	<i>B</i>	—	— 9	— 11	— 17
3	<i>A</i>	—	— 9	— 12	— 14
4	<i>A</i>	$Cl H 10^{-3}n$	+ 11	+ 11	+ 10
5	<i>B</i>	Vand	— 16	— 16	— 15
6	<i>A</i>	$Cl H 10^{-2}n$	+ 11	+ 10	+ 11,5
7	<i>B</i>	Vand	— 12	— 10,5	— 9,5
8	<i>A</i>	$Cl H 10^{-1}n$	+ 8	+ 7	+ 6,5
9	<i>B</i>	Vand.....	— 13	— 12	— 9,5
10	<i>A</i>	$Cl H \frac{1}{1}n$	+ 4,5	+ 6	+ 7
11	<i>B</i>	Vand.....	— 1,5	— 2	— 2,5
12	<i>B</i>	—	— 6	— 6	— 7

Sammenligner vi Nr. 3 med Nr. 5, finder vi, at $10^{-3}n$ Saltsyre er uden blivende Virkning paa Harpix. Med $Cl H 10^{-2}n$ og $10^{-1}n$ har vi en lille Virkning og med $Cl H \frac{1}{1}n$ en meget betydelig. Dog er det muligt, at vedhængende Syre er Skyld i det; ved de stærkere Opløsninger bliver smaa Draaber ofte hængende ved Harpixen, naar Vædsken i Røret synker. Jeg har gjort følgende Forsøg med et Voksrør. Røret blev en Tid

udsat for Paavirkning af Saltsyredampe. Indsat i App. I gav det med Vand negativt Udslag. Røret blev nu taget ud af Apparatet, det syntes at være helt tørt. Bliver det nu igen udsat for Paavirkning af Saltsyredampe og igen bragt i App. I, giver det følgende Udslag:

$$+ 2, + 16, + 15, + 12, + 10, + 7,5, + 5, + 3, + 0,5$$

Røret har derved absorberet nogen Saltsyre eller fortættet den paa sig. I Berøring med Vand har der dannet sig en temmelig stærk Opløsning paa Overfladen, der i Overensstemmelse med Tabel III og IV kun giver smaa Udslag. Ved Gentagelse af Forsøgene bliver dette Lag mindre concentreret, hvorved Udslaget først bliver større og saa igen mindre.

Overhovedet afhænger alt ved disse Forsøg af det umiddelbart ved Isolatoren vedhængende Vædskeleg, i hvilket Adskillelsen af Isolator og Elektrolyt finder Sted.

§ 6. **Forskellige Syrer.** Vi skal nu ved nogle Eksempler vise den elektriserende Virkning af nogle Syrer.

Tabel VI
Paraffin og $10^{-2}n$ Syre

Nr.		Udslag			
		med Syren		med Vand	
1	Saltsyre	+ 4	+ 4	+ 2	— 8
2	Salpetersyre	+ 4	+ 4	+ 2	— 12
3	Svovlsyre.....	+ 4	+ 3	+ 1	— 12
4	Myresyre	0	— 1	— 2	— 15
5	Eddikesyre	— 3	— 3	— 3	— 18
6	Eddikesyre	— 4	— 5	— 5	— 23
7	Myresyre	— 2	— 3	— 3	— 31
8	Svovlsyre.....	+ 5	+ 2	+ 2	— 23
9	Salpetersyre	+ 2	+ 2	+ 2	— 22
10	Saltsyre	+ 5	+ 3	+ 3	— 16

Her er at bemærke, at disse Forsøg er udført med 2 forskellige Paraffinrør, nemlig Nr. 1—3 med et Rør, Nr. 4—10

med et andet. Med hver Syre blev gjort 3 Maalinger, derefter blev Røret skyllet med Vand og Udslaget for Vand maalt. Alle Syrer virker for saa vidt ens, som Udslagene for Syrer er større end for Vand. Virkningen af de stærke Syrer: Saltsyre, Salpetersyre og Svovlsyre er næsten den samme. Ved de svage Syrer: Myresyre og Eddikesyre er Udslagene altid negative, men Forskellen Syre—Vand er for alle Syrer temmelig ens.

Tabel VII
Skellak og $10^{-2}n$ Syre

Nr.		Udslag			
		med Syrer			med Vand
1	Svovlsyre.....	4	4	5	— 12
2	Saltsyre.....	6	8	8	— 11
3	Salpetersyre.....	7	7	7	— 12
4	Saltsyre.....	8	6	7	— 11
5	Svovlsyre.....	6	6	6	— 11

Her har Saltsyre og Salpetersyre den samme Virkning, for Svovlsyre er den lidt mindre.

Tabel VIII
Beg og Syre, App. II

Nr.		$10^{-2}n$	$10^{-1}n$	$\frac{1}{1}n$
1	Vand.....	— 25	— 17	— 28
2	Eddikesyre.....	— 20	+ 5	+ 23
3	Myresyre.....	+ 5	+ 12	+ 23
4	Saltsyre.....	+ 31	+ 14	+ 15
5	Svovlsyre.....	+ 34,5	+ 17	+ 20
6	Salpetersyre.....	+ 24	+ 8	+ 9
7	Salpetersyre.....	+ 22	+ 7	+ 8,5
8	Svovlsyre.....	+ 31	+ 15	+ 15
9	Saltsyre.....	+ 26	+ 12	+ 11
10	Myresyre.....	+ 9	+ 11	+ 20
11	Eddikesyre.....	— 11	+ 15	+ 18
12	Vand.....	— 17	— 10	— 5

De med $10^{-2}n$ og $10^{-1}n$ betegnede Forsøg er gjort med samme Rør. Udslagets Middelværdi for de forskellige Syrer er:

	$10^{-2}n$	$10^{-1}n$	$\frac{1}{1}n$
Eddikesyre.....	-15	+10	+20
Myresyre.....	+7	+11	+21
Saltsyre.....	+28	+13	+13
Svovlsyre.....	+33	+16	+17
Salpetersyre.....	+23	+7	+9

Her er det paafaldende, at Udslaget for de 2 organiske Syrer tiltager med Concentrationen, for de uorganiske derimod aftager den.

§ 7. **Salte.** Den elektriserende Virkning af Salte afhænger af følgende 3 Ting: af Concentrationen, af Syren og af Metallet. I § 6 blev det vist, at de stærke Syrer virker næsten ens; den Formodning laa nær, at forskellige Syrer forbundne med samme Base havde samme Virkning. Denne Formodning har ogsaa bekræftet sig i store Træk, som Tabel IX viser.

Tabel IX
 $10^{-1}n$ Kalisalte og forskellige Isolatorer, App. II

	Paraffin	Harpix	Voks	Beg
Vand.....	-20	-35	-40	-24
Nitrat.....	-4	-11	-11	-11
Chlorid.....	-4	-10	-12	-12
Sulfat.....	-4	-10	-12	-11
Chlorat.....	-2,5	-12	-10	-10
Bromid.....	...	-8	-8,5	...
Chlorat.....	-2,5	-7	-9	-10,5
Sulfat.....	-3,0	-6	-9	-10
Chlorid.....	-2,0	-6	-10	-12
Nitrat.....	-2,5	-5	-8	-11
Vand.....	-19	...	-23	...

Disse Iagttagelser berettiger til at antage, at Nitratet, Chloridet og Sulfatet af Kalium og sandsynligvis ogsaa de andre neutrale Salte virke ens. Det samme gælder sandsynligvis

ogsaa om Chloratet, men sikkert ikke om Bromidet. Om Concentrationens Indflydelse har jeg gjort flere Forsøg med Sølvnitrat. Resultatet er meddelt i Tabel X.

Tabel X
Sølvnitrat og forskellige Isolatorer

	Voks	Harpix	Paraffin	Beg	Skellak
Vand	- 26	- 36	- 16	- 38	- 3,5
<i>Ag NO₃</i> $10^{-3}n$	- 13	- 14	...	- 30	- 2
— $10^{-2}n$	- 10	- 7	- 10	- 23	+ 3
— $10^{-1}n$	0	+ 1	+ 6	- 10	+ 12
— $\frac{1}{1}n$	0	+ 1	+ 3	+ 9	+ 14
— $10^{-1}n$	+ 1	+ 1	+ 5	- 10	+ 17
— $10^{-2}n$	- 8	- 4	- 10	- 21	+ 4
— $10^{-3}n$	- 12	- 7	...	- 26	- 1
Vand	- 20	- 10	- 15	- 31	- 17

Med andre Salte har jeg gjort lignende Forsøg. Saltene gør altid Isolatoren positivere end det rene Vand. Jeg har ved flere Forsøg funden, at Saltene af forskellige Metaller ikke ere lige virksomme. Det er vanskeligt at finde Metallernes Rækkefølge i denne Sammenhæng; derom faar man en Forestilling ved Tabellerne XI og XII.

Tabel XI
Paraffin og $10^{-2}n$ Salte

	Udslag	
Vand	- 4	- 20
Kaliumnitrat	0	- 8
Natriumnitrat	↓ - 5	↑ - 10
Ammoniumnitrat	- 4	- 6
Bariumnitrat	- 2	- 3
Magniumsulfat	- 4,5	...

Rækkefølgen af Metallerne er her: *Na*, *Am*, *Mg*, *K*, *Ba*.

Tabel XII
Paraffin og $10^{-2}n$ Salte

	Udslag	
Vand	— 20	— 20
Magniumsulfat	— 5	— 6
Mangansulfat	↓ — 7,5	↑ — 6
Coboltnitrat	— 6,5	— 5,5
Blynitrat	+ 0,5	+ 2,5
Sølvnitrat	+ 2	+ 1

Her er den stærke Virkning af Bly og Sølv paafaldende, de andre Metaller have givet temmelig ens Virkninger.

Med Skellak er Virkningen af Bly og Sølv derimod meget forskellig, som det fremgaar af Tabel XIII.

Tabel XIII
Skellak og forskellige $10^{-2}n$ Salte

	Udslag	
Vand	— 33	— 25
Coboltnitrat	— 7	— 7
Blynitrat	↓ + 1,5	↑ + 7
Sølvnitrat	— 6	— 3
Natriumnitrat	— 3	— 3

Tabel XIV
Paraffin og forskellige Salte

	Vand	$10^{-2}n$	$10^{-1}n$	$\frac{1}{1}n$	$10^{-1}n$	$10^{-2}n$	Vand
$\frac{1}{2} Co(NO_3)_2$	— 9	— 3	— 2	0	— 2	— 4	— 11
$\frac{1}{2} MnSO_4$	— 11	— 5	— 2,5	— 1,5	— 2,5	— 4,5	— 12
$\frac{1}{2} MgSO_4$	— 12	— 5	— 3,5	— 2	— 3	— 5,5	— 14
$\frac{1}{2} BaNO_3$	— 14	...	— 2	— 1	— 1,5	— 2,5	— 11
NH_4NO_3	— 11	— 3,5	— 2	— 0,5	— 2	— 3,5	— 14
$NaNO_3$	— 14	— 5	— 2,5	— 1	— 2,5	— 5,5	— 13
KNO_3	— 13	— 4	— 2	— 0,5	— 2	— 5	— 14
$AgNO_3$	— 14	— 2	+ 3,5	+ 2	+ 3	— 2	— 15
$\frac{1}{2} Pb(NO_3)_2$	— 15	+ 2	+ 1	0	+ 1	+ 2,5	— 2,5

Tabel XIV giver endelig Resultatet af nogle Maalinger med et Paraffinrør.

Paraffinens Forhold til Metaller er temmelig ens, noget stærkere virke Salte af de tunge Metaller *Ag* og *Pb*.

Det bemærkes, at Opløsningen af Bly var lidt sur.

§ 8. **Baser.** De fleste Isolatorer vædes af basiske Opløsninger og giver derfor kun svage Virkninger i vort Apparat; kun med meget svage Opløsninger faar man en anseligere Virkning.

Tabel XV
Kaliopløsning og forskellige Isolatorer

	Vand	$10^{-5}n$	$10^{-4}n$	$10^{-3}n$	$10^{-2}n$	$10^{-1}n$	Vand
Harpix	- 37	- 37	- 29	0	...	...	...
Segllak	- 18	- 14	- 9	0	...	...	...
Hvidt Voks	- 20	- 14	- 14	- 8	...	...	- 19
Cerasin.....	- 16	- 8	- 19	- 12	- 12	- 9	...
Paraffin	- 14	- 18	- 15	- 11	- 6	- 4	- 16
Skellak.....	+ 6	+ 3	+ 3	+ 12	+ 3	0	+ 6

Naar Vædsken synker ned i Harpixonrøret, bliver et tyndt Vædskeleg hængende ved Harpixen, som tager nogen Tid til at synke; derfor kommer ogsaa Udslaget paa Elektrometret senere end sædvanligt. Iøvrigt synes Forholdene ved disse Forsøg at være meget indviklede, navnlig ved Forsøgene med de 3 sidste Isolatorer, Cerasin, Paraffin og Skellak. Mærkelig er især Skellakkens Forhold, som Tabel XVI viser.

Tabel XVI
Kali og Svovlsyre i Skellakrør

	Vand	$10^{-5}n$	$10^{-4}n$	$10^{-3}n$	$10^{-2}n$	$10^{-1}n$	Vand
Kali.....	+ 6	+ 3	+ 3	+ 12	+ 3	0	+ 4
Svovlsyre.....	+ 4	- 0,5	- 1,5	+ 33	- 3	- 6	- 16
Kali.....	- 16	- 18	- 16	0	- 20	- 27	- 35
Svovlsyre.....	- 35	- 29	- 32	+ 16	- 22	- 24	- 35

Kali og Ammoniak forholde sig næsten ens; saaledes erholdt jeg med et Paraffinrør følgende Udslag.

Tabel XVII

	Vand	$10^{-5}n$	$10^{-4}n$	$10^{-3}n$
Ammoniak	- 14	- 19	- 15	- 4
Kali	- 14	- 17	- 15	- 2,5

Endelig skal jeg nu meddele en Række af Forsøg over de Virkninger, som forskellige Elektrolyter have paa Isolatorerne; alle Opløsningerne vare $10^{-3}n$.

Tabel XVIII

	Plantevoks		Hvidt Voks		Skellak
	Udslag	x	Udslag	x	
Vand	- 33	0,58	- 80	0,59	+ 32
Salpetersyre	- 13	0,58	- 57,5	0,57	+ 48
Kali	- 6,5	0,60	- 14,5	0,57	+ 30
Kaliumnitrat	- 16,5	0,58	- 39	0,56	+ 28
Kaliumnitrat	- 19	0,58	- 44,5	0,56	+ 22,5
Kali	- 7	0,61	- 15	0,53	+ 30,5
Salpetersyre	- 20,5	0,57	- 41	0,56	+ 60
Vand	- 44	0,57	- 67	...	+ 30

Tallene i den med x betegnede Rubrik angiver Forholdet mellem Udslaget i Hvilestilling og det første Udslag; saaledes var i det første Forsøg med hvidt Vox og Vand det første Udslag - 80; efter faa Sekunders Forløb var Elektrometrets Viser i Ro og Udslaget - 47; $x = 47/80 = 0,59$.

Da dette Forhold er næsten ganske konstant, har Isolationen aabenbart været lige god i alle Forsøgene.

Af Tabel XVIII faas følgende Middelværdier.

	Plantevoks	Hvidt Voks	Skellak
Vand	- 38	- 73	+ 31
Salpetersyre	- 17	- 49	+ 54
Kali	- 7	- 15	+ 30
Kaliumnitrat	- 18	- 42	+ 25

§ 9. **Meget fortyndede Opløsninger.** Det er forholdsvis let at arbejde med godt ledende Elektrolyter; vanskeligere er det at faa overensstemmende Resultater, naar man har med Vand eller med yderst fortyndede Opløsninger at gøre; vel er det vist i det foregaaende, at Syrerne have en Tilbøjelighed til at gøre Isolatorerne positivt elektriske, men det syntes dog tvivlsomt, om denne Regel ogsaa gjaldt for meget fortyndede Syrer. Dette Punkt har jeg undersøgt med særlig Omhu og har derved fundet, at disse Opløsninger virkelig forholde sig paa en ganske ejendommelig Maade.

Tabel XIX
Forskellige Isolatorer og Svovlsyre

		Plantevoks	Harpiks	Gult Voks
Svovlsyre	$10^{-7}n$	- 25	- 17	- 14
—	$10^{-6}n$	- 27	- 16	- 15
—	$10^{-5}n$	- 32*	- 19*	- 17*
—	$10^{-4}n$	- 23,5	- 19	- 16

Udslagene for $10^{-3}n$ Svovlsyre ere ikke optagne i Tabellen, fordi de ikke vare konstante. Saaledes gav Harpix med denne Opløsning Udslagene

$$0 \quad -2 \quad -4;$$

gult Voks gav derimod i to Forsøg

$$\begin{array}{ccc} +5 & -2 & -6 \\ +5 & -1,5 & -5,5 \end{array}$$

Af Tabel XIX ser man, at der findes et Maximum af negativ Elektricitet paa Isolatorerne, naar Svovlsyrens Concentration ligger imellem 10^{-5} og $10^{-4}n$. For nøjere at bestemme Beliggenheden af dette Maximum bleve de Forsøg udførte, som findes i Tabel XX.

Det søgte Maximum ligger altsaa for Svovlsyre i Nærheden af $10^{-4,5}n$. Da det syntes mig muligt, at dette mærkværdige Forhold hos de fortyndede Opløsninger kunde ligge i Særegen-

heder hos det destillerede Vand, bleve følgende Forsøg (Tab. XX) udførte med Opløsninger af Svovlsyre i Vand, som var destileret med særlig Omhu og befriet for Kulsyre ved at lede en Strøm af atmosfærisk Luft igennem det i længere Tid. Derved fandt jeg i nogle Forsøg med et Glasrør, som var beklædt med Plantevoks

	$10^{-7}n$	$10^{-6}n$	$10^{-5}n$	$10^{-4}n$	$10^{-3}n$
Udslag	- 31	- 32	- 41*	- 40	- 29

hvilket stemmer godt med de foregaaende Forsøg og viser, at Virkningen ikke er betinget af Vandets Kulsyre.

Tabel XX
Forskellige Isolatorer, Svovlsyre

		Plantevoks	Gult Voks	Beg
Svovlsyre	$10^{-7}n$	- 24	- 16,5	- 14,5
—	$10^{-6}n$	- 24	- 18	- 16
—	$10^{-5,5}n$	- 25	- 18	- 15
—	$10^{-5}n$	- 28	- 21,5	- 15,5
—	$10^{-4,5}n$	- 32*	- 28,5*	- 16*
—	$10^{-4}n$	- 30,5	- 28,5	- 11,5
—	$10^{-3}n$	- 24	- 15	...

Jeg har ogsaa prøvet stærkt fortyndede Natronopløsninger, men har, som Tabel XXI viser, ikke fundet noget ejendommeligt hos dem.

Tabel XXI
Forskellige Isolatorer, Natronopløsning

		Plantevoks	Gult Voks	Beg
Natron	$10^{-7}n$	- 30	- 13,5	- 12
—	$10^{-6}n$	- 27	- 15	- 12
—	$10^{-5}n$	- 25	- 13,5	- 11
—	$10^{-4}n$	- 26	- 8,5	- 12
—	$10^{-3}n$	- 13	...	- 10

Findes det omtalte Maximum hos Saltopløsninger? For at faa et Begreb derom har jeg gjort en Række Forsøg med Opløsninger af Natriumsulfat.

Tabel XXII
Natriumsulfat og forskellige Isolatorer

		Plantevoks	Hvidt Voks		Harpiks
			I	II	
Natriumsulfat	$10^{-7}n$	-25	-13	-33,5	...
—	$10^{-6}n$	-27	-15	-35,5	-15,5
—	$10^{-5}n$	-30	-15	-42,5	-22*
—	$10^{-4,5}n$	...	-14	...	...
—	$10^{-4}n$	-33*	-18,5*	-44,5*	-16
—	$10^{-3}n$	-28,5	-15,5	-42,5	-10
—	$10^{-2}n$	...	...	-44,5	...
—	$10^{-1}n$	...	...	-30,5	...

Det er kun de Isolatorer, der blive stærkt negativt elektriske ved Berøring med Vand, som vise dette Maximum. Paraffin f. Eks. gav ingen saadan Virkning. Jeg fandt nemlig

Svovlsyre...	$10^{-7}n$	$10^{-6}n$	$10^{-5}n$	$10^{-4}n$	$10^{-3}n$	$10^{-2}n$
Udslag	-1	-1	+1	+3	+4	+4,5

Jeg har anstillet følgende Forsøg for at sammenligne Virkningen af forskellige Syrer.

Tabel XXIII
Plantevoks og forskellige Syrer

	Rør I			Rør II		
	HNO_3	HCl	$^{1/2}H_2SO_4$	$^{1/2}H_2SO_4$	HNO_3	HCl
$10^{-7}n$.....	...	...	...	-22,5	-28,5	-24,5
$10^{-6}n$	-26	-31	-28,5	-24,5	-26	-23
$10^{-5}n$	-38*	-44*	-34*	-27*	-29,5*	-29*
$10^{-4}n$	-32	-34	-32,5	-19,5	-25	-21
$10^{-3}n$	-19,5	-24	-22	-18	-18	-17,5

Tager man Hensyn til de Vanskeligheder, som disse Maa-linger lide under, vil man indrømme, at disse Forsøg nærmest tale for at Syrens Natur er uden Indflydelse, alt kommer an paa Concentrationen.

Tabel XXIV
Plantevoks og forskellige Syrer

	Myresyre	Eddikesyre	Myresyre	Svovlsyre
$10^{-7}n$	— 49	— 49,5	— 38,5	— 20,5
$10^{-6}n$	— 49,5	— 48,5	— 38,5	— 21
$10^{-5}n$	— 50	— 53	— 40,5*	— 25,5*
$10^{-4}n$	— 51*	— 58,5*	— 39,5	— 25,5
$10^{-3}n$	— 35	— 44	— 24	— 20

Her er en karakteristisk Forskel paa de organiske Syrer og Svovlsyren, idet de første gøre Isolatoren meget mere negativ end den sidste. Dette stemmer med, hvad vi have set i § 6.