

نیکولا

تیسلا

پتھر کے وائر کی کھانسی



# نيكولا تيسلا التجارب والاكتشافات

# جدول المحتويات

[غطاء](#)

[صفحة عنوان الكتاب](#)

[حقوق النشر](#)

[مقدمة](#)

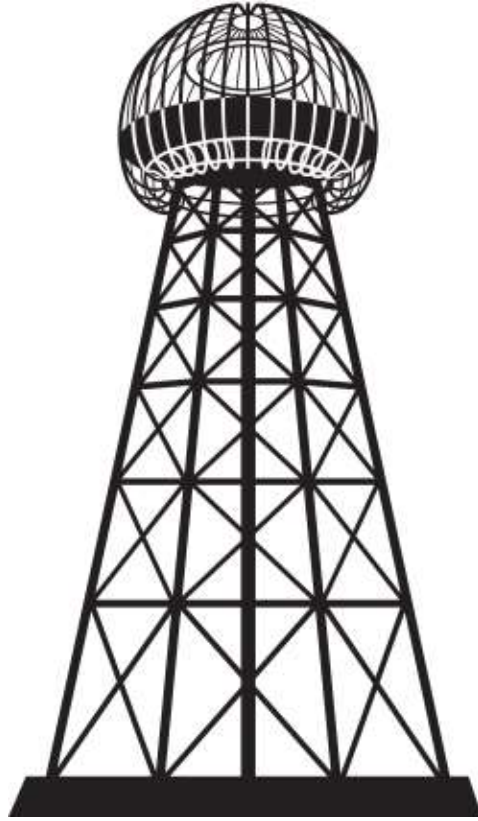
[رسم سيرة ذاتية لنيكولا تيسلا](#)

[تجارب مع التيارات البديلة ذات الإمكانيات العالية والتردد العالي](#)

[نقل الطاقة الكهربائية بدون أسلاك](#)

[عن المؤلف](#)

نيكولا  
تيسلا



التجارب والاكتشافات





FALL RIVER PRESS وشعار Fall River Press لشركة Barnes & Noble, Inc. المميز هما علامتان تجاريتان مسجلتان لشركة Fall River Press وشعار FALL RIVER PRESS

Fall River Press التجميع والمقدمة © 2015 بواسطة

يحتوي هذا المجلد على مادة من طبعتي 1892 و1904 من تجارب التيارات البديلة ذات الإمكانيات العالية والترددات العالية

كل الحقوق محفوظة. لا يجوز إعادة إنتاج أي جزء من هذا المنشور أو تخزينه في نظام استرجاع أو نقله بأي شكل أو بأي وسيلة (بما في ذلك الإلكترونية أو الميكانيكية أو التصوير أو التسجيل أو غير ذلك) دون الحصول على إذن كتابي مسبق من الناشر

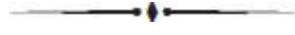
تصميم الغلاف بواسطة سكوت روسو  
لبول جيرار Wardencllyffe رسم توضيحي للغلاف لبرج

ردمك 5-6038-4351-1-978

للحصول على معلومات حول الإصدارات المخصصة والمبيعات الخاصة والمشتريات المتميزة ومشتريات الشركات، يرجى الاتصال بـ  
Sterling Special Sales على الرقم 800-805-5489 أو Specialsales@sterlingpublishing.com.

[www.sterlingpublishing.com](http://www.sterlingpublishing.com)

# محتويات



[مقدمة](#)

[رسم سيرة ذاتية لنيكولا تسلا](#)

[تجارب مع التيارات البديلة ذات الإمكانيات العالية والتردد العالي](#)

[نقل الطاقة الكهربائية بدون أسلاك](#)

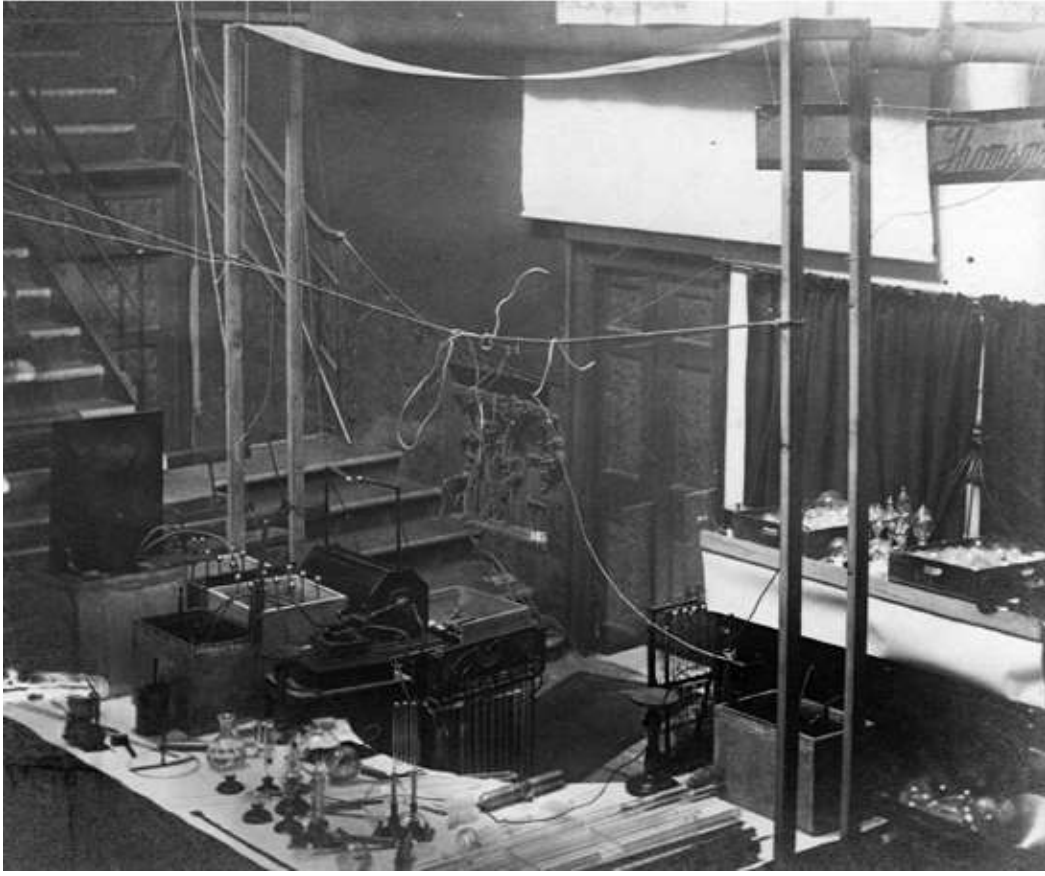
[عن المؤلف](#)

# مقدمة

في فبراير 1892، كان نيكولا تيسلا (1856-1943) في لندن، على وشك إلقاء المحاضرة التي من شأنها أن تجعل حياته المهنية. ولد تسلا لعائلة صربية تعيش في قرية صغيرة في كرواتيا، وهاجر إلى أمريكا في عام 1884 ليصبح مخترعًا. في عام 1888، اقترح دوائر الهندسة الكهربائية باستخدام محرك تيار متناوب جديد يستخدم عدة تيارات (ومن هنا جاء اسمه متعدد الأطوار). (بعد أن اشترى جورج وستنجهاوز براءات اختراعه الخاصة بالسيارات، انتقل تسلا إلى تجربة الموجات الكهرومغناطيسية التي اكتشفها مؤخرًا هاينريش هيرتز. كان تسلا يأمل في استخدام ظاهرة هذه الموجات الجديدة لإنشاء نظام إضاءة لاسلكي

حرصًا على معرفة النتائج الأولية التي توصل إليها تسلا فيما يتعلق بالموجات الهرتزية، دعا علماء بريطانيون تسلا للتحدث أمام معهد المهندسين الكهربائيين. وتوقعًا للإقبال الكبير، قرر مهندسو الكهرباء عقد المحاضرة ليس في مكان اجتماعهم المعتاد (الذي يتسع لـ 400 شخص)، بل في مسرح المعهد الملكي الذي يتسع لـ 800 شخص. وفي مقابل هذا الجميل طلبت المؤسسة الملكية سيكرر تسلا محاضرتة في الليلة التالية لأعضائه <sup>1</sup>.

ولم يغب عن تسلا أنه سيلقي محاضرة على نفس المسرح الذي قدم فيه عالم الكهرباء العظيم مايكل فاراداي في ثلاثينيات القرن التاسع عشر المبادئ الأساسية للحث الكهرومغناطيسي. ولكن يقدر ما كان الوقوف في المكان الذي وقف فيه فاراداي أمرًا مثيرًا، فلا بد أن الأمر كان مخيفًا أيضًا. وكان جمهور محاضرات المعهد الملكي مجموعة مثقفة، وكانت الاجتماعات مناسبات اجتماعية وعلمية. وتم ارتداء ملابس السهرة، وحضرها في كثير من الأحيان عدد من السيدات. كانت قاعة المحاضرات عبارة عن مدرج، حيث ترتفع المقاعد بشكل حاد في جميع أنحاء المسرح؛ وهذا يعني أن الجمهور كان على بعد بضعة أقدام فقط من المتحدث، وكان قادرًا على رؤية كل تفاصيل أي مظاهرة. تقليديا، استمرت المحاضرات لمدة ساعة واحدة فقط، دون مقدمات مطولة أو كلمات شكر <sup>2</sup>.



قاعة المحاضرات في المعهد الملكي، حيث تم تجهيزها لخطاب تسلا عام 1892

عندما صعد على خشبة المسرح في المعهد الملكي، عرف تسلا أن هناك الكثير من الاهتمام بهذه المحاضرة. بالنسبة للعلماء الحاضرين، أراد تسلا ترسيخ أوراق اعتماده في مجال الاكتشاف. لم يكتشف أشياء جديدة حول الموجات الكهرومغناطيسية فحسب، بل أراد أيضًا إقناع الفيزيائيين البريطانيين بأنهم مخطئون في افتراض أن الموجات كانت مستعرضة، كما تنبأ جيمس كليرك ماكسويل. وبدلاً من ذلك، استنتج تسلا أن الموجات الهرتزية كانت طولية مثل الموجات الصوتية.<sup>3</sup> بالنسبة للمهندسين الموجودين في الحشد، أراد تسلا توضيح ادعاءاته بأنه المخترع الوحيد للمحرك متعدد الأطوار. وفي سياق تطوير هذا المحرك، قدم طلبات براءة اختراع في بريطانيا وألمانيا، لكنه لم يمنح تراخيص للمصنعين الأوروبيين ولم يقاضي المخالفين. والأكثر إثارة للقلق هو أن العديد من الأفراد، مثل جاليليو فيراريس في إيطاليا ومايكل دوليفو ودوبرولسكي في ألمانيا، اعتبروا من قبل البعض المخترعين الفعليين للمحرك متعدد الأطوار.<sup>4</sup> هناك بعض الشعور السيئ هنا، كما أفاد كارل هيرينج من معرض فرانكفورت للكهرباء في خريف عام 1891، "فيما يتعلق بمن هو مخترع هذا النظام [أي التيار المتردد متعدد الأطوار] ومن له الحق في استخدامه، ولكن من المحتمل جدًا أنها نشأت في الولايات المتحدة وهي ملكية عامة هنا.<sup>5</sup> بالنسبة إلى تسلا، كانت أفضل طريقة لإثبات ادعاءاته فيما يتعلق بمحرك التيار المتردد هي استخدام هذه المحاضرة لإظهار أنه كان عبقرياً حقيقياً، ومن الواضح أنه متفوق على منافسيه. ولكن كيف يظهر المرء عبقرية؟



كانت إجابة تسلا عبارة عن محاضرة مزجت بين العرض العلمي وحب الظهور .بدأ بعدة عروض توضيحية رائعة موجهة إلى كبار المهندسين والعلماء البريطانيين في الصف الأمامي .<sup>6</sup> كان تسلا يحمل أنبوبًا زجاجيًا طويلًا مملوءًا بكمية صغيرة من الغاز بيد واحدة، وأمسك بيده الأخرى أحد أطراف محوله المتذبذب (ما نسميه الآن ملف تسلا)، وعند هذه النقطة "توهج الأنبوب ببريق لامع". النار من أقصى طرف إلى آخر، وذكرت الجميع بفكرة عصا الساحر المسحورة .<sup>7</sup> واقفا على منصة معزولة، جعل جسده في اتصال مع أحد أطراف محوله المتذبذب وانفجرت تيارات من الضوء من الطرف الآخر .التفت تسلا إلى الجمهور، وابتسم وسأل: "هل يمكن أن تكون هناك دراسة أكثر إثارة للاهتمام من دراسة التيارات المتناوبة؟"

على الرغم من أن مجلة *الهندسة* تدمرت لاحقًا قائلة إنه "انتهاك للقوانين الدرامية أن نبداً بتجربة مثل هذا العبقريّة، ثم ننتقل بعد ذلك إلى تجارب أخرى أقل أهمية"، إلا أن الجمهور أحبها وانفجر بالتصفيق .<sup>8</sup> الآن مشتعلًا، استخدم تسلا ملفه ليقوم بالمزيد من العجائب: قفزت شرارات يبلغ طولها ستة بوصات بين الكرات؛ سلكان طويلان، تفصل بينهما قدم واحدة ويمتدان عبر بئر المسرح، وقد تم صنعهما ليتوهجا باللون الأزرق على طولهما بالكامل؛ وبين دائرتين سلكيتين خلق "قرصاً أرجوانياً خفقاناً ذا جمال عظيم". تكريمًا للورد كلفن، عالم الفيزياء البريطاني البارز، استخدم تسلا ملفه لإضاءة لافتة مكتوب عليها اسمه الشائع، ويليام طومسون].<sup>9</sup> تين .

بينما أظهر تسلا عجبًا تلو الآخر ، تعمق اهتمام الجمهور وتحول إلى حماسة .<sup>10</sup> ، *Nature* مجلة مفتوحة بتواضعه وسحره، وجد الجمهور أن لغة تسلا "الركيكة والتفسيرات الناقصة لم تنتقص من نجاحه .وكانت مهارته الرائعة كخبير تجريبي واضحة ولا لبس فيها .<sup>9</sup> "لمدة ساعتين كاملتين"، : أشار *المهندس الكهربائي*

لقد أبقى السيد تيسلا جمهوره منبهًا بثقة سهلة وبطريقة أكثر تواضعًا في عرض تجاربه، واقتراح وجهات نظر واحدة تلو الأخرى للتطبيق العملي لأبحاثه . . . حتى في النهاية، أخبر السيد تيسلا مستمعيه بشكل مثير أنه لم يظهر لهم سوى ثلث ما كان على استعداد للقيام به، والجمهور بأكمله . . . ظلوا في مقاعدهم غير راغبين في التفرق، مصرين على المزيد، وكان على السيد تيسلا أن يلقي محاضرة تكميلية .<sup>10</sup>

وعلى الرغم من أن ذلك لم يكن معتادًا، إلا أنه في ختام العرض الثاني في المعهد الملكي، أصر اللورد رايلي، وهو عالم فيزياء بريطاني بارز، على تقديم صوت شكر لتسلا .وأشار رايلي إلى أن "السيد .لم يعمل تسلا بشكل أعمى أو عشوائي، بل كان يسترشد بالاستخدام السليم للخيال العلمي .وبدون استخدام مثل هذا الدليل، لا يمكننا أن نأمل في القيام بأي شيء ذي خدمة حقيقية . . . . يتمتع السيد تيسلا بعبقرية المكتشف، وقد نتطلع إلى مسيرة طويلة من الاستكشاف له .<sup>11</sup>



Wardenclyffe. برج الإرسال في مختبر تيسلا

كان تسلا مستوحى بشدة من تحيات رايلي. قال تسلا: "حتى ذلك الوقت، لم أدرك أبدًا أنني أملك أي موهبة اكتشاف معينة، لكن اللورد رايلي، الذي كنت أعتبره دائمًا رجل العلم المثالي، قال ذلك." "فسر تسلا مديح رايلي بطريقة معينة؛ إذا كان مقدراً له ليس فقط أن يخترع فحسب، بل أن يكتشف أيضاً، فقد شعر تسلا أنه من الآن فصاعداً "يجب أن أركز على بعض الأفكار الكبيرة."

[12](#)

على مدى العقد التالي، كانت الفكرة الكبرى التي اتبعتها تسلا هي الطاقة اللاسلكية. وباستخدام ملف تسلا الذي عرضه في محاضرات لندن، انتقل تسلا من إضاءة بضعة مصابيح لاسلكياً عبر الغرفة إلى تطوير نظام لبث الطاقة حول العالم. وفي كولورادو سبرينغز عام 1899، قام ببناء ملف تسلا العملاق الذي اعتقد أنه يولد تيارات متذبذبة منخفضة التردد تنتقل عبر القشرة الأرضية. عاد تسلا مبتهجاً إلى نيويورك وباستخدام قرض من جي بي مورجان، قام ببناء

مصنع متطور في واردنكليف، لونغ آيلاند، بين عامي 1901 و1905. ومن هذا المصنع، توقع تسلا بثقة أن يكون قادرًا على نقل الطاقة والبرقيات والمكالمات الهاتفية إلى أي مكان. في العالم لسوء الحظ، قبل أن يتمكن تسلا من معرفة كيفية ضخ التيارات المتذبذبة في القشرة الأرضية، نفذ ماله، ورفض مورغان تقديم أي أموال أخرى. في محاولة يائسة لجذب مستثمرين جدد، نشر تسلا مقالاً في مارس 1904 يصف فيه تجاربه في كولورادو سبرينغز، وفي وقت لاحق من ذلك العام، يحتوي هذا المجلد على محاضرة لندن وتقرير كولورادو سبرينغز. للأسف، لم يتمكن تسلا من جمع أموال إضافية، وعانى من انهيار عصبي في عام 1905. وبينما كان يعمل على العديد من الاختراعات (مثل التوربينات الخالية من الشفرة (في سنواته الأخيرة، لم يتعاف تسلا تمامًا من هذا الانهيار. توفي فقيرًا في غرفة فندق في مانهاتن عام 1943

لكن لا ينبغي للمرء أن يطيل الحديث عن سنوات تسلا الحزينة الأخيرة. في محاضرة لندن وفي بحث عام 1904، نراه في أفضل حالاته، كمخترع بارع كان قادرًا على إثارة اهتمام الناس بشأن المستقبل الكهربائي. في مقالته التي كتبها عام 1904، على سبيل المثال، تنبأ تسلا بجرأة بأن الخاص به عبر أجهزة استقبال صغيرة - "جهاز Wardencliffه الناس سيكونون متصلين بمصنع رخيص وبسيط، يمكن حمله في جيب المرء، ويمكن بعد ذلك تركيبه في مكان ما على البحر أو البر، وسوف يسجل أخبار العالم أو مثل هذه الرسائل الخاصة "المخصصة لكل شخص ربما لم ينجح تسلا في عمله اللاسلكي، لكنه توقع ظهور عالم من الهواتف الذكية وشبكة الإنترنت العالمية. لقد فهم أيضًا كيف ستغير ثورة الاتصالات العالم. وكما تنبأ تسلا في الصفحة الأخيرة من هذا المجلد، فإن "البشرية ستكون مثل كومة نملة تم تحريكها بعضًا: انظروا إلى الإثارة القادمة!"

1. ملاحظات، "الكهربائي، 5 فبراير 1892 و"السيد. محاضرات تسلا حول التيار البديل ذو الإمكانيات العالية والتردد، "الطبيعة 45 : 1. في إيونا فوجوفيتش، مجموعة تسلا: 23 مجلدًا من النص الكامل للدوريات/بليوغرافيا الصحف (فبراير 1892 11) 345-347 TC. على التوالي. يشار إليها فيما بعد باسم 4:166-167 TC) نيويورك: مشروع تسلا (، 1998)، 4:158 و
2. ريجينالد أو. كاب، "محاضرة تسلا في المعهد الملكي لبريطانيا العظمى، ١٨٩٢، "تكريماً لنيكولا تيسلا. معروضة في 303. A305، إلى A300 مقالات ورسائل ووثائق (بلغراد، متحف نيكولا تيسلا، 1961)، الصفحات من 3. دبليو برنارد كارلسون، تسلا: مخترع العصر الكهربائي (مطبعة جامعة برينستون، 2013)، 156.
4. 79-78 TC 4: السيد. تسلا والتيارات الدوارة، "مهندس كهربائي (لندن)، 29 يناير 1892، الصفحات من 111 إلى 12 في "4. عالم الكهرباء 18: 193-195 (19 سبتمبر 1891 ( "IV — كارل هيرينج، "الممارسة الكهربائية في أوروبا كما يراها أمريكي 5. 8-4:4 TC بتاريخ 194 في
6. وكان من بين الجمهور جي جي طومسون، وأوليفر هيفيسايد، وسيلفانوس بي طومسون، وجوزيف سوان، وجون أمبروز فليمنج، وجيمس ديوار، والسير ويليام بريس، وأوليفر لودج، والسير ويليام كروكس، واللورد كلفن؛ راجع "السيد. تسلا قبل المعهد الملكي، لندن، "المراجعة الكهربائية (نيويورك)، ١٩ مارس ١٨٩٢، ص 57. في تك 5:27
7. تجارب تسلا الكهربائية الرائعة"، مجلة ساينتفيك أمريكان 66:132 (27 فبراير 1892) "7. 60-159 TC 4: التيارات البديلة ذات التردد العالي"، الهندسة، ٥ فبراير ١٨٩٢، الصفحات من ١٧١ إلى ٧٢ في "8. السيد. محاضرات تسلا عن التيارات البديلة ذات الإمكانيات العالية والترددات العالية"، طبيعة، ١١ فبراير ١٨٩٢، ص 345. "9. في تك 4: 166
10. السيد. تسلا والتيارات الاهتزازية، مهندس كهربائي (لندن)، ١٢ فبراير ١٨٩٢، ص 157. في تك 4: 168. "10. 173. TC 4: السيد. محاضرة تسلا، "المراجعة الكهربائية (لندن)، ١٢ فبراير ١٨٩٢، ١٩٢ في "11. نيكولا تيسلا، اختراعاتي: السيرة الذاتية لنيكولا تيسلا، أد. بي جونستون (ويليستون، فيت هارت براذرز، 1982)، 82. "12.



**دبليو برنارد كارلسون** هو أستاذ جوزيف لي فوغان للعلوم الإنسانية في كلية الهندسة والعلوم التطبيقية بجامعة فيرجينيا .وهو مؤلف كتاب *تسلا :مخترع العصر الكهربائي* (مطبعة جامعة برينستون، 2013)، والذي أدرجته الجمعية الملكية في القائمة الطويلة لجائزة وينتون لكتابة العلوم الشعبية لعام 2014

## رسم سيرة ذاتية لنيكولا تيسلا

ولد نيكولا تيسلا في عام 1857، وحقيقة أنه يجد نفسه اليوم في أمريكا وواحدًا من أبرز كهربائييننا، هي دليل صارخ على الجاذبية الاستثنائية على حد سواء للمساعي الكهربائية والبلد الذي تتمتع فيه الكهرباء بأوسع تطبيقاتها.

كان موطن السيد تيسلا الأصلي هو سميلجان، ليكا، حيث كان والده رجل دين فصيحا في الكنيسة اليونانية، والتي، بالمناسبة، لا تزال عائلته ممثلة بشكل بارز فيها. تمتعت والدته بشهرة كبيرة في جميع أنحاء الريف لمهارتها وأصالتها في التطريز، ولا شك أنها نقلت براعتها إلى نيكولا؛ على الرغم من أنه اتخذ بطبيعة الحال اتجاهًا آخر وأكثر ذكورية.

تم وضع الصبي في كتبه مبكرًا، وبعد نقل والده إلى جوسبيك، أمضى أربع سنوات في المدرسة العامة، وبعد ذلك ثلاث سنوات في المدرسة الحقيقية، كما يطلق عليها. كانت مغامراته مثل معظم الأولاد سريعبي الذكاء، على الرغم من أنه قام بتنويع البرنامج في إحدى المناسبات من خلال سجنه في كنيسة جبلية نائية نادرًا ما تتم زيارتها للخدمة؛ وفي مناسبة أخرى بالسقوط بتهور في غلاية ضخمة مليئة بالحليب المغلي، المأخوذ للتو من قطعان الأب. كانت الحادثة الثالثة المثيرة للاهتمام هي تلك المتعلقة بجهوده للطيران عندما، أثناء محاولته التنقل في الهواء بمساعدة مظلة قديمة، تعرض، كما هو متوقع، لسقوط سيئ للغاية، وظل مستلقيًا لمدة ستة أسابيع.

وفي هذه الفترة بدأ يستمتع بالحساب والفيزياء. كانت إحدى الأفكار الغريبة التي كانت لديه هي حساب كل شيء بثلاثة أو بقوة ثلاثة. تم إرساله الآن إلى عمته في كارتستات، كرواتيا، لإنهاء دراسته فيما يعرف بالمدرسة الحقيقية العليا. كان هناك، قادمًا من المناطق الريفية، رأى لأول مرة محركًا بخاريًا بسرور لا يزال يتذكره حتى يومنا هذا.

في كارتستات، كان مجتهدًا للغاية لدرجة أنه قام بضغط دورة الأربع سنوات إلى ثلاث سنوات، وتخرج في عام 1873. وعندما عاد إلى المنزل أثناء انتشار وباء الكوليرا، أصيب بالمرض وعانى بشدة من العواقب لدرجة أن دراسته توقفت لمدة عام. عامين كاملين. لكن الوقت لم يضيع، لأنه أصبح مولعًا بالتجربة، ويقدر ما تسمح به وسائله وأوقات فراغه، كرس طاقاته للدراسة والتحقيق في مجال الكهرباء. حتى هذه الفترة، كان والده ينوي أن يجعل منه كاهنًا، وكانت الفكرة معلقة على الفيزيائي الشاب مثل سيف داموقليس.

وأخيرًا أقنع والده المستحق، وإن كان مترددًا، بأن يرسله إلى جراتز في النمسا لينهي دراسته في مدرسة البوليتكنيك، وليستعد للعمل أستاذًا للرياضيات والفيزياء. في جراتز، رأى آلة جرامي وقام بتشغيلها لأول مرة، وأذهلته الاعتراضات على استخدام محولات التيار والفرش، حتى أنه اتخذ قراره هناك ومن ثم معالجة هذا الخلل في آلات الدينامو الكهربائية. في السنة الثانية من دراسته تخلى عن نية أن يصبح مدرسًا واتجه إلى منهج الهندسة.

وبعد ثلاث سنوات من الغياب عاد إلى منزله للأسف ليرى والده يموت. ولكن بعد أن قرر الاستقرار في النمسا، وإدراكًا لقيمة التحصيل اللغوي، ذهب إلى براغ ثم إلى بودا-بيست بهدف إتقان اللغات التي يراها ضرورية. حتى ذلك الوقت لم يكن قد أدرك أبدًا التضحيات الهائلة التي قدمها والداه في تعزيز تعليمه، لكنه بدأ الآن يشعر بالضيق وأصبح غير معتمد على صورة فرانسيس جوزيف الأول.

كان هناك فارق كبير بين إرسالياته والتحويلات المقابلة من المنزل؛ وعندما اتخذ التعبير الرياضي لقيمة التأخر شكل ثمانية موضوعة على ظهرها، أصبح السيد تيسلا مثالًا عاديًا للغاية للتفكير الرفيع والعيش البسيط، لكنه قرر النضال وعقد العزم على النضال. يمر بالاعتماد فقط على موارده

الخاصة .لم يكن يرغب في شهرة الصائم، فبحث عن لقمة عيشه، ومن خلال مساعدة الأصدقاء حصل على مكان كمساعد في قسم الهندسة في التلغراف الحكومي .وكان الراتب خمسة دولارات في الأسبوع

وقد جعله هذا على اتصال مباشر بالأعمال والأفكار الكهربائية العملية، ولكن لا داعي للقول أن وسائله لم تسمح بالكثير من التجارب .وبحلول الوقت الذي استخرج فيه عدة مئات الآلاف من الجذور المربعة والمكعبية لتحقيق المنفعة العامة، أصبحت القيود المالية وغيرها من القيود المفروضة على المنصب واضحة بشكل مؤلم، وخلص إلى أن أفضل ما يمكن فعله هو تقديم اختراع قيم .وشرع على الفور في صنع الاختراعات، لكن قيمتها لم تكن مرتبة إلا لعين الإيمان، ولم تجلب أي طحين إلى الطاحونة

في هذا الوقت بالذات، ظهر الهاتف في المجر، وحدد نجاح هذا الاختراع العظيم مسيرته المهنية، التي كانت مئوس منها كما بدت له المهنة حتى الآن .لقد ربط نفسه على الفور بالعمل الهاتفي، وقام بالعديد من الاختراعات الهاتفية، بما في ذلك مكرر التشغيل؛ لكن الأمر لم يستغرق وقتاً طويلاً حتى اكتشف أنه، نظراً لكونه بعيداً جداً عن مشاهد النشاط الكهربائي، فقد كان عرضة لقضاء بعض الوقت في الأهداف والنتائج التي حققها الآخرون بالفعل، ويفقد التواصل

كان متشوقاً لفرص جديدة وحريصاً على التطور الذي شعر أنه ممكن، إذا تمكن ذات مرة من وضع نفسه ضمن التأثيرات اللطيفة والمباشرة لتيارات الفكر الكهربائي الخليجية، فقد انفصل عن روابط وتقاليد الماضي، ودخل في 1881 شق طريقه إلى باريس .عند وصوله إلى تلك المدينة، حصل الشاب المتحمس ليكون على عمل كمهندس كهربائي في إحدى أكبر شركات الإضاءة الكهربائية.

وفي العام التالي ذهب إلى ستراسبورج لتركيب مصنع، وعند عودته إلى باريس سعى إلى تنفيذ عدد من الأفكار التي نضجت الآن وتحولت إلى اختراعات .ومع ذلك، في هذا الوقت تقريباً، جذب التقدم الملحوظ الذي حققته أمريكا في الصناعة الكهربائية انتباهه، وراهن مرة أخرى على كل شيء في رمية واحدة، عبر المحيط الأطلسي

استعد السيد تيسلا للعمل بمجرد وصوله إلى هذه الشواطئ، ووضع أفضل أفكاره ومهاراته فيه، وسرعان ما رأى فرصاً لموهبته .وفي فترة قصيرة تم تقديم اقتراح له لبدء شركته الخاصة، وبعد قبول الشروط، وضع على الفور نظاماً عملياً للإضاءة القوسية، بالإضافة إلى طريقة محتملة لتنظيم "الدينامو، والتي أصبحت الآن في أحد أشكالها المعروف باسم "تنظيم الفرشاة الثالث

كما ابتكر أيضاً محركاً حرارياً مغناطيسياً وأجهزة أخرى مماثلة، والتي لم يُنشر عنها إلا القليل، وذلك بسبب التعقيدات القانونية .في أوائل عام 1887 ، تم إنشاء شركة تيسلا للكهرباء في نيويورك ، وبعد فترة وجيزة أنتج السيد تيسلا محركاته الرائعة والمميزة للتيارات المتناوبة متعددة الأطوار، والتي، وبالعودة إلى أفكاره منذ فترة طويلة، قام بتطوير آلات لها لا العاكس ولا فرش . سوف نتذكر أنه في الوقت الذي أخرج فيه السيد تيسلا محركاته، وقرأ ورقته البحثية قبل أن ينشر البروفيسور فيرارييس، في المعهد الأمريكي للمهندسين الكهربائيين ، في أوروبا، اكتشافه لمبادئ مشابهة لتلك التي أعلنها السيد تيسلا

ومع ذلك، ليس هناك شك في أن السيد تيسلا كان مخترعاً مستقلاً لهذا المحرك الميداني الدوار، لأنه على الرغم من توقعه في التواريخ من قبل فيرارييس، إلا أنه لم يكن بإمكانه أن يعرف عن عمل فيرارييس لأنه لم يتم نشره .صرح البروفيسور فيرارييس بنفسه، بتواضع، أنه لا يعتقد أن تسلا كان من الممكن أن يكون على علم بتجاربه (فيرارييس (في ذلك الوقت، ويضيف أنه يعتقد أن تسلا كان مخترعاً مستقلاً وأصلياً لهذا المبدأ .مع مثل هذا الاعتراف من فيرارييس، ليس هناك شك حول أصالة تسلا في هذا الشأن

لقد جاء عمل السيد تيسلا في هذا المجال في الوقت المناسب بشكل رائع، وتم تقدير قيمته على الفور في مختلف الأوساط .تم الحصول على براءات اختراع تسلا من قبل شركة وستنجهاوز للكهرباء ، التي قامت بتطوير محركه وتطبيقه في الأعمال بأنواعها المختلفة .تم The وصف استخدامه في التعدين واستخدامه في الطباعة والتهوية وما إلى ذلك في كتاب

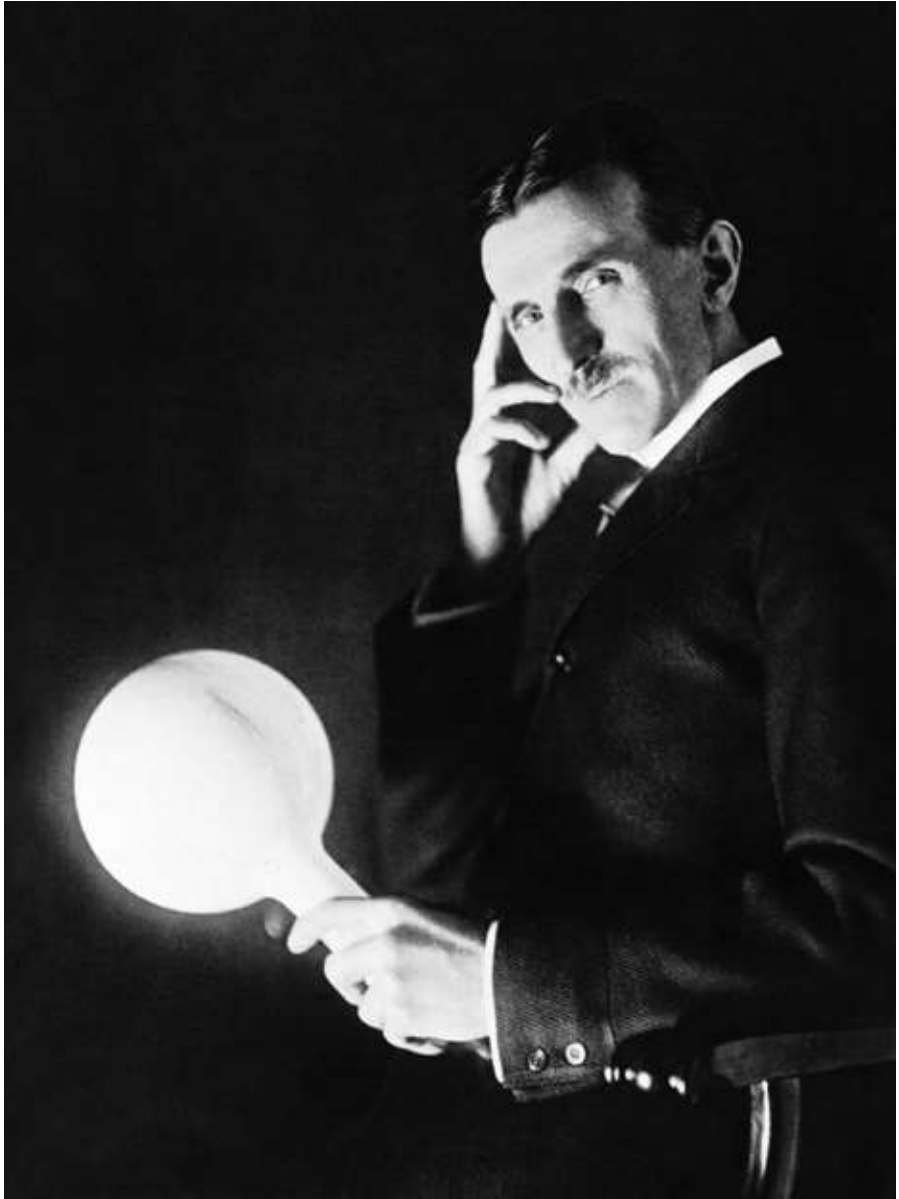
منذ عدة سنوات .إن الحافز الهائل الذي قدمه الإعلان عن عمل السيد تيسلا *Electrical World* لدراسة محركات التيار المتردد سيكون في حد ذاته كافياً لتمييزه كقائد

يبلغ عمر السيد تيسلا 35 عامًا فقط .إنه طويل القامة وذو وجه أنيق ونحيف وراق، وعينان تذكran بكل القصص التي قرأها المرء عن حرص الرؤية والقدرة الهائلة على رؤية الأشياء من خلالها .إنه قارئ نهم، لا ينسى أبدًا؛ وهو يمتلك القدرة المميزة في اللغات التي تمكن المواطن الأقل تعليمًا في أوروبا الشرقية من التحدث والكتابة بستة لغات على الأقل .لا يمكن أن نكون مرغوبين في وجود رفيق أكثر ملاءمة للساعات التي "يسكب فيها المرء ثراء قلبه في الحديث الخطابي"، وعندما تصل المحادثة، التي تتناول في البداية مع الأشياء القريبة منا وبالقرب منا، وترتفع إلى أسئلة الحياة الأكبر والواجب والمصير

في عام 1890، قطع علاقته بشركة *وستنجهاوز* ، ومنذ ذلك الوقت كرس نفسه بالكامل لدراسة التيارات المتناوبة ذات الترددات العالية والإمكانات العالية جدًا، وهي الدراسة التي ينخرط فيها حاليًا .لا داعي للتعليق على إنجازاته المثيرة للاهتمام في هذا المجال؛ ومحاضرة لندن الشهيرة المنشورة في هذا المجلد هي دليل في حد ذاته

ألقيت محاضراته الأولى حول أبحاثه في هذا الفرع الجديد من الكهرباء، والذي يمكن أن يقال أنه هو من ابتكره، أمام *المعهد الأمريكي للمهندسين الكهربائيين* في 20 مايو 1891، وتظل واحدة من أكثر الأوراق البحثية إثارة للاهتمام التي تمت قراءتها أمام ذلك المجتمع .سيتم إعادة طبعه بالكامل في *عالم الكهرباء* ، 11 يوليو 1891 .وقد أثار نشره اهتمامًا كبيرًا في الخارج لدرجة أنه تلقى طلبات عديدة من مهندسين وعلماء كهربائيين إنجليز وفرنسيين لتكراره في تلك البلدان، وكانت النتيجة هي محاضرة مثيرة للاهتمام نشرت في هذا المجلد

وهذه المحاضرة تفترض معرفة بالأولى، ولكن من الممكن أن يقرأها ويفهمها أي شخص حتى ولو لم يقرأ الأولى .وهو يشكل نوعًا من الاستمرارية للأخير، ويتضمن بشكل رئيسي نتائج أبحاثه .منذ ذلك الوقت





# تجارب مع التيارات البديلة ذات الإمكانيات

## العالية والتردد العالي

ألقيت هذه المحاضرة أمام معهد المهندسين الكهربائيين في لندن، إنجلترا، في فبراير 1892

**أستطيع** العثور على كلمات للتعبير عن مدى شعوري العميق بشرف مخاطبة بعض أبرز المفكرين في الوقت الحاضر، والعديد من الرجال العلميين والمهندسين والكهربائيين القادرين، في البلاد الذين حققوا إنجازات علمية

إن النتائج التي يشرفني أن أعرضها أمام هذا التجمع لا أستطيع أن أعتبرها نتائجي .يوجد بينكم عدد ليس بالقليل ممن يمكنهم المطالبة بشكل أفضل مني بأي سمة من سمات الجدارة التي قد يحتويها هذا العمل .ولا أحتاج إلى ذكر العديد من الأسماء المعروفة عالميًا، أسماء أولئك الذين يُعرفون بينكم بأنهم قادة في هذا العلم الساحر؛ ولكن يجب أن أذكر شيئًا واحدًا على الأقل، وهو اسم لا يمكن حذفه في عرض من هذا النوع .إنه اسم مرتبط بأجمل اختراع تم صنعه على الإطلاق :إنه كروكس

عندما كنت في الكلية، منذ فترة طويلة، قرأت في إحدى الترجمات (لأنني لم أكن على دراية بلغتك الرائعة في ذلك الوقت (وصفًا لتجاربه على المادة المشعة .قرأته مرة واحدة فقط في حياتي - تلك المرة - ومع ذلك لا أزال أتذكر كل تفاصيل هذا العمل الساحر حتى يومنا هذا .دعني أقول، هناك عدد قليل من الكتب التي يمكن أن تترك مثل هذا الانطباع في ذهن الطالب

ولكن إذا ذكرت، في هذه المناسبة، هذا الاسم كواحد من العديد من الأسماء التي يمكن لمؤسستك أن تتباهى بها، فذلك لأن لدي أكثر من سبب للقيام بذلك .لأن ما يجب أن أخبرك به وأظهره لك هذا المساء يتعلق، إلى حد كبير، بنفس العالم الغامض الذي استكشفه البروفيسور كروكس باقتدار؛ والأكثر من ذلك، عندما أتبع العملية العقلية التي قادتنني إلى هذه التطورات - والتي حتى بمفردي لا يمكن اعتبارها تافهة، حيث أنكم تقدرونها كثيرًا - أعتقد أن أصلها الحقيقي، هو الذي دفعني إلى العمل في هذا الاتجاه، والذي أحضرنني إليهم، بعد فترة طويلة من التفكير المستمر، كان ذلك الكتاب الصغير الرائع الذي قرأته منذ سنوات عديدة

والآن بعد أن بذلت جهدًا ضئيلًا للتعبير عن إجلالي والاعتراف بمدى تنبئي له وللآخرين بينكم، سأبذل جهدًا ثانيًا، والذي أمل ألا تجدوه ضئيلًا مثل الأول، للترفيه عنكم

اسمحوا لي أن أعرض الموضوع في بضع كلمات

منذ وقت قصير، كان لي الشرف أن أعرض أمام المعهد الأمريكي للمهندسين الكهربائيين <sup>1</sup> بعض النتائج التي توصلت إليها في مجال جديد من العمل .لا أحتاج إلى أن أؤكد لك أن الأدلة

العديدة التي تلقيتها والتي تثبت اهتمام العلماء والمهندسين الإنجليز بهذا العمل كانت بمثابة مكافأة وتشجيع كبيرين بالنسبة لي. لن أتطرق إلى التجارب التي سبق وصفها، إلا بهدف استكمال بعض الأفكار التي طرحتها من قبل، أو التعبير عنها بشكل أكثر وضوحًا، وأيضًا بهدف جعل الدراسة المقدمة هنا قائمة بذاتها، وملاحظات حول هذا الموضوع. من محاضرة هذا المساء متسقة.

من البديهي أن هذا البحث يتعامل مع التيارات المتناوبة، وبشكل أكثر دقة، مع التيارات المتناوبة ذات الإمكانيات العالية والتردد العالي. إن مدى أهمية التردد العالي جدًا لإنتاج النتائج المقدمة هو سؤال، حتى مع تجربتي الحالية، قد أخرجني من الإجابة عليه. قد يتم إجراء بعض التجارب بترددات منخفضة؛ لكن الترددات العالية جدًا مرغوبة، ليس فقط بسبب التأثيرات العديدة التي يوفرها استخدامها، ولكن أيضًا كوسيلة ملائمة للحصول، في جهاز التحريض المستخدم، على الإمكانيات العالية، والتي بدورها ضرورية لإثبات معظم الأشياء. من التجارب التي تم التفكير فيها هنا.

من بين فروع التحقيق الكهربائي المختلفة، ربما يكون أكثرها إثارة للاهتمام وأكثرها واعدة هو التعامل مع التيارات المتناوبة. لقد كان التقدم في هذا الفرع من العلوم التطبيقية كبيرًا جدًا في السنوات الأخيرة لدرجة أنه يبرر أكثر الآمال تفاؤلًا. لا نكاد نتعرف على حقيقة واحدة، عندما نلتقي بتجارب جديدة ونفتح آفاقًا جديدة للبحث. وحتى في هذه الساعة، فإن الاحتمالات التي لم تكن تحلم بها من قبل تتحقق جزئيًا باستخدام هذه التيارات. وكما هو الحال في الطبيعة، كل شيء عبارة عن مد وجزر، وكل شيء عبارة عن حركة موجية، لذلك يبدو أنه في جميع فروع الصناعة، سيكون للتيارات المتناوبة - حركة الموجات الكهربائية - التأثير

ربما يكون أحد أسباب التطور السريع لهذا الفرع من العلوم هو الاهتمام المرتبط بدراسته التجريبية. نقوم بلف حلقة بسيطة من الحديد بلفائف. نقوم بإنشاء الاتصالات بالمولد، وبدهشة وبهجة نلاحظ تأثيرات القوى الغريبة التي نلعبها، والتي تسمح لنا بتحويل ونقل وتوجيه الطاقة حسب الرغبة. نقوم بترتيب الدوائر بشكل صحيح، ونرى كتلة الحديد والأسلاك تتصرف كما لو كانت مزودة بالحياة، حيث تدور محركًا ثقيلًا، من خلال وصلات غير مرئية، بسرعة وقوة كبيرتين - مع إمكانية نقل الطاقة من مسافة كبيرة. نلاحظ كيف تتجلى طاقة التيار المتردد الذي يمر عبر السلك ليس في السلك بقدر ما تظهر في الفضاء المحيط - بطريقة مثيرة للدهشة، متخذة أشكال - الحرارة والضوء والطاقة الميكانيكية، والأكثر إثارة للدهشة على الإطلاق وحتى التقارب الكيميائي. كل هذه الملاحظات تبهرنا، وتملأنا برغبة شديدة في معرفة المزيد عن طبيعة هذه الظواهر. نذهب كل يوم إلى عملنا على أمل أن نكتشف - على أمل أن يجد شخص ما، بغض النظر عن، حلًا لإحدى المشكلات الكبرى المعلقة - وفي كل يوم تالي نعود إلى مهمتنا بحماس متجدد؛ وحتى لو لم ننجح، فإن عملنا لم يذهب سدى، لأنه في هذه الجهود، في هذه الجهود، وجدنا ساعات من المتعة التي لا توصف، ووجهنا طاقاتنا لصالح البشرية

قد نجري - عشوائيًا، إذا اخترت - أيًا من التجارب العديدة التي يمكن إجراؤها باستخدام التيارات المتناوبة؛ القليل منها فقط، وليس الأكثر لفتًا للانتباه، يشكل موضوع مظاهرة هذا المساء؛ إنهم جميعا مثيرون للاهتمام بنفس القدر، ويحثون على التفكير على حد سواء

هنا أنبوب زجاجي بسيط تم تفريغ الهواء منه جزئيًا. أنا أتمسك بها. أجعل جسدي على اتصال بسلك ينقل تيارات متناوبة ذات إمكانيات عالية، والأنبوب الموجود في يدي مضاء بشكل رائع. في أي موضع يمكن أن أضعه فيه، أينما أستطيع تحريكه في الفضاء، إلى أبعد ما أستطيع الوصول إليه، يستمر ضوءه الناعم والممتع بسطوع غير منقوص

هنا لمبة مستهلكة معلقة من سلك واحد. الوقوف على دعم معزول. أتمسك به، وظهر الزر البلاستيكي المثبت فيه متوهجًا بشكل حيوي

هنا، متصل بسلك رئيسي، يوجد مصباح آخر، عندما ألمس مقبسه المعدني، يمتلئ بألوان رائعة من الضوء الفوسفوري

وهنا أيضًا آخر، والذي بلمسة أصابعي يلقي ظلًا - ظل كروكس، للساق بداخله

هنا، مرة أخرى، معزولاً بينما أفف على هذه المنصة، أجعل جسدي على اتصال بأحد أطراف الملف الثانوي لملف الحث هذا - مع نهاية سلك يبلغ طوله عدة أميال - وترى تيارات من الضوء تنطلق من نهايتها البعيدة التي تدور في اهتزاز عنيف

هنا، مرة أخرى، أربط هاتين اللوحتين من الشاش السلبي بأطراف الملف؛ لقد وضعتهم على مسافة بعيدة، وقمت بتشغيل الملف. قد ترى شرارة صغيرة تمر بين اللوحات. أقوم بإدخال لوحة سميكة من أحد أفضل العوازل الكهربائية بينهما، وبدلاً من جعلها مستحيلة تماماً، كما اعتدنا أن نتوقع، أساعد على مرور التفريغ، الذي، عندما أقوم بإدخال اللوحة، يتغير في المظهر ويفترض شكل تيارات مضئية

وأنا أسأل هل يمكن أن تكون هناك دراسة أكثر إثارة للاهتمام من دراسة التيارات المتناوبة؟ في كل هذه التحقيقات، في كل هذه التجارب، المثيرة للاهتمام للغاية، لسنوات عديدة مضت - منذ أن اكتشف أعظم المجرب الذي حاضر في هذه القاعة مبدأها - كان لدينا رفيق ثابت، جهاز مألوف لدى الجميع، كانت لعبة في السابق، لكنها أصبحت الآن ذات أهمية بالغة - ملف الحث. لا يوجد جهاز أعلى للكهربائي. من الأقدار بينكم، أجرؤ على القول، وصولاً إلى الطالب عديم الخبرة، إلى محاضركم، لقد قضينا جميعاً ساعات عديدة ممتعة في تجربة ملف الحث. لقد شاهدنا لعبها وفكرنا وتأملنا في الظواهر الجميلة التي كشفتها لأعيننا الساحرة. هذا الجهاز معروف جداً، وهذه الظواهر مألوفة جداً لدى الجميع، لدرجة أن شجاعتي تكاد تخذلني عندما أعتقد أنني غامرت بمخاطبة جمهور قادر على ذلك، لدرجة أنني غامرت بتسليتك بنفس الموضوع القديم. هنا في الواقع نفس الجهاز، وهنا نفس الظواهر، فقط الجهاز يعمل بشكل مختلف إلى حد ما، ويتم تقديم الظواهر في جانب مختلف. بعض النتائج نجدها كما هو متوقع، والبعض الآخر يفاجئنا، ولكن كلها تأسر انتباهنا، ففي البحث العلمي كل نتيجة جديدة يتم تحقيقها قد تكون مركز انطلاقة جديدة، وكل حقيقة جديدة يتم تعلمها قد تؤدي إلى تطورات مهمة

عادة، عند تشغيل ملف تحريضي، نقوم بإعداد اهتزاز ذو تردد معتدل في الملف الأساسي، إما عن طريق قاطع أو قاطع، أو عن طريق استخدام مولد كهربائي. لقد استخدم المحققون الإنجليز الكسر السريع فيما يتعلق JEH Gordon و Spottiswoode، الأوائل، على سبيل المثال لا الحصر بالملف. إن معرفتنا وخبرتنا الحالية تمكننا من أن نرى بوضوح لماذا لم تكشف هذه الملفات في ظل ظروف الاختبارات عن أي ظاهرة ملحوظة، ولماذا فشل المجربون القادرون في إدراك العديد من التأثيرات الغريبة التي تم ملاحظتها منذ ذلك الحين

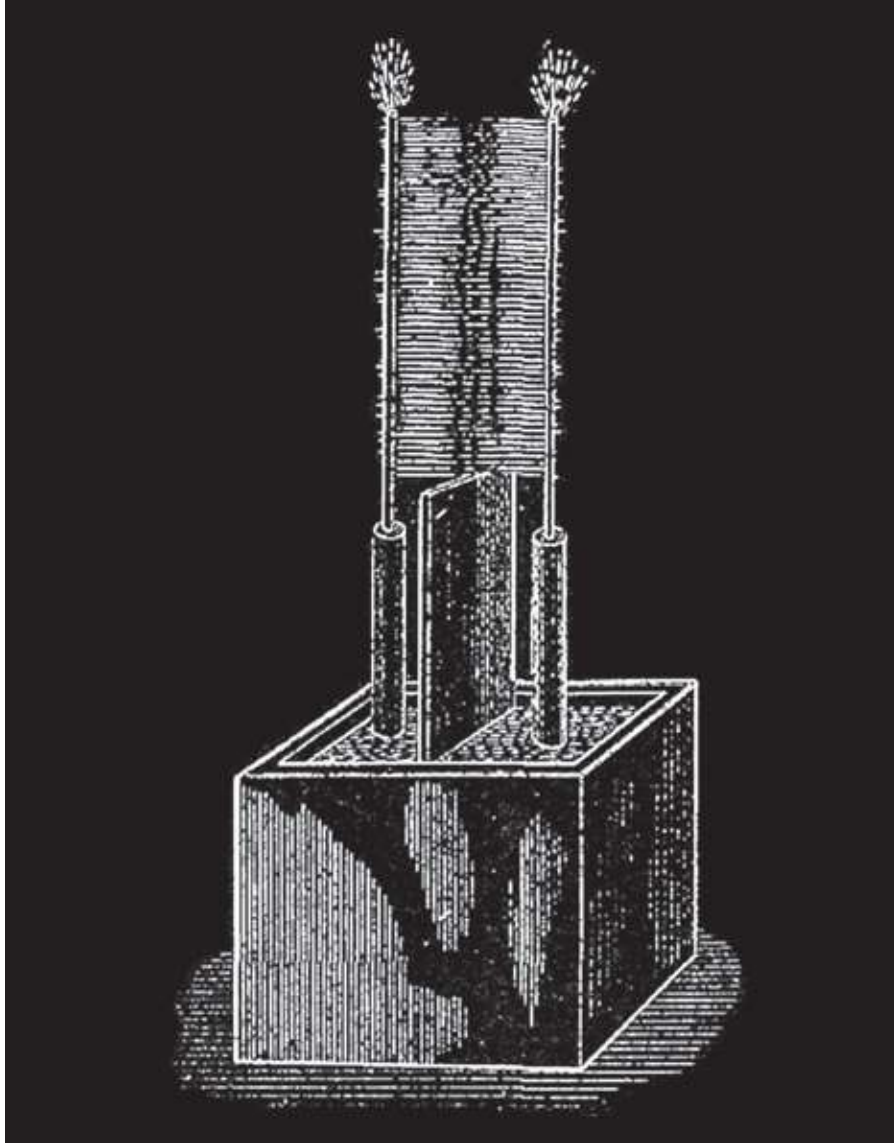
في التجارب مثل التي تم إجراؤها هذا المساء، قمنا بتشغيل الملف إما من مولد كهربائي مصمم خصيصاً قادر على إعطاء عدة آلاف من عكسات التيار في الثانية، أو من خلال تفريغ المكثف بشكل مدمر من خلال المرحلة الأولية، وقمنا بإعداد اهتزاز في المرحلة الثانوية دائرة ترددها عدة مئات الآلاف أو الملايين في الثانية، إذا أردنا ذلك؛ وباستخدام أي من هاتين الوسيلتين فإننا ندخل إلى حقل لم يتم استكشافه بعد

من المستحيل متابعة التحقيق في أي سطر جديد دون تقديم بعض الملاحظات المثيرة للاهتمام أو معرفة بعض الحقائق المفيدة. أن هذا البيان ينطبق على موضوع هذه المحاضرة فإن الظواهر العديدة الغريبة وغير المتوقعة التي نلاحظها تقدم دليلاً مقنعاً. على سبيل المثال، خذ على سبيل المثال الظواهر الأكثر وضوحاً، تلك المتعلقة بتفريغ ملف الحث

هنا ملف يتم تشغيله بواسطة تيارات تهتز بسرعة كبيرة، ويتم الحصول عليها عن طريق تفريغ جرة ليدن بطريقة مزعجة. لن يتفاجأ الطالب إذا قال المحاضر أن الجزء الثانوي من هذا الملف يتكون من سلك قصير قوي نسبياً؛ لن يفاجئه أن يقول المحاضر أنه على الرغم من ذلك، فإن الملف قادر على إعطاء أي إمكانات يمكن أن يتحملها أفضل عزل للمنعطفات؛ ولكن على الرغم من أنه قد يكون مستعداً، وحتى غير مبالٍ بالنتيجة المتوقعة، إلا أن جانب تفريغ الملف سوف يفاجئه ويثير اهتمامه. الجميع على دراية بتفريغ الملف العادي؛ لا يلزم إعادة إنتاجها هنا. ولكن، على النقيض من ذلك، هناك شكل من أشكال تفريغ الملف، الذي يهتز تياره الأساسي عدة مئات الآلاف من المرات في الثانية. يظهر تفريغ الملف العادي كخط بسيط أو شريط من الضوء. ويظهر

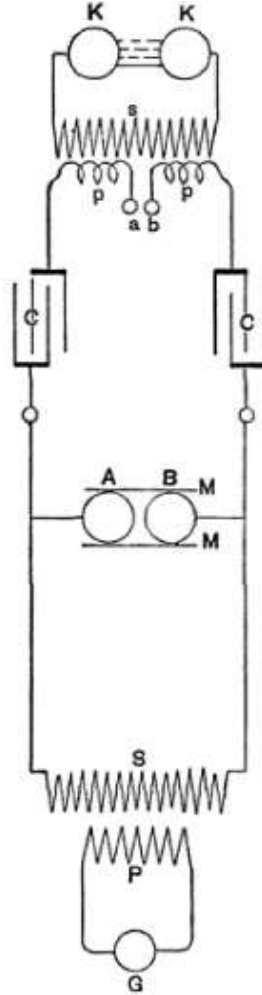
تفريغ هذا الملف على شكل فرش قوية وتيارات مضيئة تنبعث من جميع نقاط السلكين المستقيمين المتصلين بأطراف الثانوي). رسم بياني 1).

ذلك الجهاز الآخر - Wimshurst أو Holtz قارن الآن هذه الظاهرة التي شهدتها للتو مع تفريغ آلة المثير للاهتمام والعزیز جدًا على المجرب. ما الفرق بين هذه الظواهر! ومع ذلك، لو أنني قمت بالترتيبات اللازمة - والتي كان من الممكن إجراؤها بسهولة، لولا أنها ستتداخل مع تجارب أخرى - لكان من الممكن أن أنتج باستخدام هذا الملف شرارات، والتي لو أخفيت الملف عن نظرك ولم يكن هناك سوى مقبضين فقط مكشوفة، حتى أدق المراقبين بينكم سيجد أنه من الصعب، إن لم يكن من المستحيل، التمييز بين تلك الموجودة في آلة التأثير أو الاحتكاك. ويمكن القيام بذلك بعدة طرق - على سبيل المثال، عن طريق تشغيل ملف الحث الذي يشحن المكثف من آلة تيار متردد ذات تردد منخفض للغاية، ويفضل ضبط دائرة التفريغ بحيث لا توجد تذبذبات فيها. نحصل بعد ذلك في الدائرة الثانوية، إذا كانت المقابض بالحجم المطلوب وتم ضبطها بشكل صحيح، على تتابع سريع إلى حد ما لشرارات ذات كثافة كبيرة وكمية صغيرة، والتي تمتلك نفس التألق، وتكون مصحوبة بنفس صوت الطقطقة الحاد مثل تلك التي يتم الحصول عليها من آلة الاحتكاك أو التأثير.



**الشكل 1:** التفريغ بين سلكين بترددات بضع مئات الآلاف في الثانية

هناك طريقة أخرى وهي المرور عبر دائرتين أوليتين، لهما تياران ثانويان مشتركان بفترة زمنية مختلفة قليلاً، والتي تنتج في الدائرة الثانوية شرارات تحدث على فترات طويلة نسبياً. ولكن، حتى مع الوسائل المتاحة لي هذا المساء، قد أنجح في تقليد شرارة آلة هولتز. ولهذا الغرض، أقوم بإنشاء قوس طويل غير مستقر بين أطراف الملف الذي يشحن المكثف، والذي ينقطع بشكل دوري بواسطة تيار الهواء الصاعد الناتج عنه. ولزيادة تيار الهواء، أضع على كل جانب من القوس، وبالقرب منه، صفيحة كبيرة من الميكا. يتم تفريغ المكثف المشحون من هذا الملف إلى الدائرة الأولية للملف الثاني من خلال فجوة هوائية صغيرة، وهو أمر ضروري لإنتاج اندفاع مفاجئ للتيار



عبر المرحلة الأولية. يشار إلى مخطط الاتصالات في التجربة الحالية في الشكل 2

**الشكل 2:** تقليد شرارة آلة هولتز

الأساسي لملف  $P$  عبارة عن مولد كهربائي يتم تصنيعه بشكل عادي، حيث يقوم بتزويد  $G$  يتم توصيل أطراف الثانوي بالطبقات  $CC$  الذي يقوم بشحن المكثفات أو الجرار  $S$  الحث، والثانوي

الأولية لملف الحث الثاني .يحتوي هذا  $PP$  الداخلية للجرار، ويتم توصيل الطلاءات الخارجية بنهايات  $ab$  /الأساسي على فجوة هوائية صغيرة  $PP$  .  
بالحجم المناسب ويتم ضبطها على مسافة  $KK$  /الأجزاء الثانوية لهذا الملف بمقايض أو مجالات مناسبة للتجربة

هي لوحات الميكرو  $MM$  . لملف الحث الأول  $AB$  يتم إنشاء قوس طويل بين الأطراف  $PP$  يتم شحن الجرار وتفريغها بسرعة من خلال ،  $B$  و  $A$  في كل مرة يتم فيها كسر القوس بين  $B$  و  $A$  عند تشكيل القوس بين  $KK$  /الأساسي ، مما ينتج عنه شرارة مفاجئة بين المقايض حتى  $ab$  ينخفض الجهد، ولا يمكن شحن الجرار بمثل هذا الجهد العالي بحيث تخترق فجوة الهواء .يتم كسر القوس مرة أخرى بواسطة تيار الهواء

بهذه الطريقة، يتم إنتاج نبضات مفاجئة، على فترات طويلة، في النبضة /الأولية ، والتي تعطي في المرحلة الثانوية عددًا مماثلًا من النبضات ذات الشدة الكبيرة .إذا كانت المقايض أو الكرات بالحجم المناسب، فإن الشرر يظهر تشابهًا كبيرًا مع تلك الموجودة في آلة هولتز ،  $KK$  ، الثانوية لكن هذين التأثيرين، اللذين يبدوان للعين مختلفين تمامًا، ليسا سوى اثنتين من ظواهر التفريغ العديدة .نحن بحاجة فقط إلى تغيير شروط الاختبار، ومرة أخرى نبي ملاحظات أخرى مثيرة للاهتمام

فبدلاً من تشغيل ملف الحث كما في التجريبتين الأخيرتين، عندما نقوم بتشغيله من مولد كهربائي عالي التردد، كما في التجربة التالية، تصبح الدراسة المنهجية للظواهر أكثر سهولة .في مثل هذه الحالة، عند تغيير قوة وتردد التيارات خلال المرحلة الأولية، قد نلاحظ خمسة أشكال مختلفة من التفريغ، والتي وصفتها في ورقتي السابقة حول الموضوع <sup>2</sup> أمام المعهد الأمريكي . للمهندسين الكهربائيين، 20 مايو 1891

سوف يستغرق الأمر الكثير من الوقت، وسيقودنا بعيدًا جدًا عن الموضوع المطروح هذا المساء، لإعادة إنتاج كل هذه الأشكال، ولكن يبدو لي أنه من المرغوب فيه أن أعرض لكم واحدة منها .إنه تفريغ للفرشاة، وهو أمر مثير للاهتمام في أكثر من جانب .عند النظر إليه من موضع قريب، فإنه يشبه إلى حد كبير تدفقًا من الغاز يتسرب تحت ضغط كبير .نحن نعلم أن هذه الظاهرة ترجع إلى تحرك الجزيئات بالقرب من النهاية الطرفية، ونتوقع أنه لا بد من نشوء بعض الحرارة نتيجة اصطدام الجزيئات بالنهاية الطرفية أو ضد بعضها البعض .في الواقع، نجد أن الفرشاة ساخنة، و فقط القليل من التفكير يقودنا إلى استنتاج مفاده أنه، هل يمكننا الوصول إلى ترددات عالية بما فيه الكفاية، يمكننا إنتاج فرشاة من شأنها أن تعطي ضوءًا وحرارة شديدين، والتي تشبه في كل تفاصيلها لهب عادي، ربما باستثناء أن كلتا الظاهرتين قد لا تكونان بسبب نفس العامل، باستثناء ربما أن الألفة الكيميائية قد لا تكون كهربائية في طبيعتها

نظرًا لأن إنتاج الحرارة والضوء يحدث هنا بسبب تأثير الجزيئات أو ذرات الهواء أو أي شيء آخر بجانب ذلك، وبما أنه يمكننا زيادة الطاقة ببساطة عن طريق زيادة الإمكانيات، فيمكننا ذلك، حتى مع الترددات التي تم الحصول عليها من آلة الدينامو، قم بتكثيف الحركة إلى درجة تجعل الجهاز يصل إلى درجة حرارة الانصهار .لكن مع مثل هذه الترددات المنخفضة، سيتعين علينا أن نتعامل دائمًا مع شيء من طبيعة التيار الكهربائي .إذا اقتربت من جسم موصل للفرشاة، تمر شرارة صغيرة رفيعة، ومع ذلك، حتى مع الترددات المستخدمة هذا المساء، فإن الميل إلى الشرارة ليس كبيرًا جدًا .لذلك، على سبيل المثال، إذا كنت أحمل كرة معدنية على مسافة ما فوق الطرف، فقد ترى المساحة بأكملها بين الطرف والكرة مضاءة بالتيارات دون مرور الشرارة؛ ومع الترددات الأعلى بكثير التي يمكن الحصول عليها عن طريق التفريغ التخريبي للمكثف، لولا النبضات المفاجئة، والتي تكون قليلة العدد نسبيًا، لما حدث الشرر حتى على مسافات صغيرة جدًا .ومع ذلك، مع وجود ترددات أعلى بما لا يقاس، والتي قد نجد وسائل لإنتاجها بكفاءة، وشرطية أن تنتقل النبضات الكهربائية لمثل هذه الترددات العالية عبر موصل، فإن الخصائص الكهربائية لتفريغ الفرشاة سوف تختفي تمامًا - لن تمر أي شرارة، ولن تمر أي شرارة، ولن تمر أي شرارة .سوف نشعر بالصدمة، ومع ذلك لا يزال يتعين علينا التعامل مع الظاهرة /الكهربائية ، ولكن بالتفسير الحديث والواسع

لللمة . في ورقتي الأولى، التي سبقت الإشارة إليها، أشيرت إلى الخصائص الغريبة للفرشاة، ووصفت أفضل طريقة لإنتاجها، لكنني رأيت أنه من المفيد أن أسعى للتعبير عن نفسي بشكل أكثر وضوحًا فيما يتعلق بهذه الظاهرة، لأن من اهتمامها الممتع

عندما يتم تشغيل ملف بتيارات ذات ترددات عالية جدًا، قد يتم إنتاج تأثيرات فرشاة جميلة، حتى لو كان الملف ذو أبعاد صغيرة نسبيًا. قد يقوم المجرب بتغييرها بعدة طرق، وإذا لم يكن الأمر كذلك، فإنها توفر منظرًا ممتعًا. ما يزيد من اهتمامهم هو أنه يمكن إنتاجهم بطرف واحد بالإضافة إلى طرفين - في الواقع، غالبًا ما يكون ذلك أفضل باستخدام طرف واحد بدلاً من اثنين

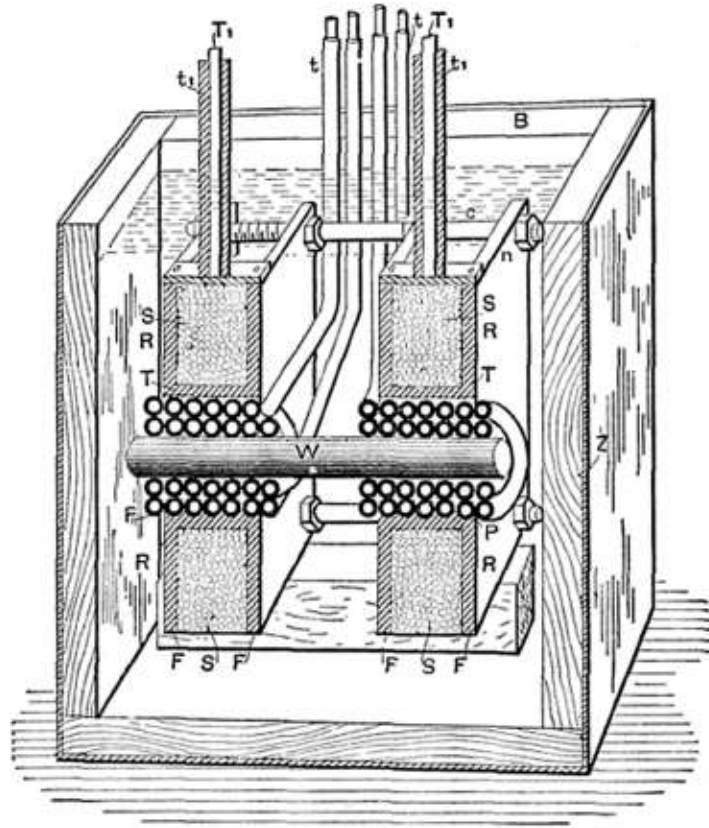
ولكن من بين جميع ظواهر التفريغ التي تمت ملاحظتها، فإن أكثر ظواهر التفريغ إرضاءً للعين، والأكثر إفادة، هي تلك التي تمت ملاحظتها باستخدام ملف يتم تشغيله عن طريق التفريغ التخريبي للمكثف. إن قوة الفرش، ووفرة الشرر، عندما يتم ضبط الظروف بصبر، غالبًا ما تكون مذهلة. حتى لو كان الملف صغيرًا جدًا، إذا كان معزولًا بشكل جيد بحيث يتحمل فرق جهد يصل إلى عدة آلاف من الفولتات في كل دورة، فقد تكون الشرر وفيرة جدًا لدرجة أن الملف بأكمله قد يبدو وكأنه كتلة كاملة من النار

من الغريب أن الشرر، عندما يتم وضع أطراف الملف على مسافة كبيرة، يبدو أنه يندفع في كل اتجاه ممكن كما لو كانت الأطراف مستقلة تمامًا عن بعضها البعض. بما أن الشرر سوف يدمر العزل قريبًا، فمن الضروري منعه. من الأفضل القيام بذلك عن طريق غمر الملف في عازل سائل جيد، مثل الزيت المغلي. يمكن اعتبار الغمر في سائل ضرورة مطلقة تقريبًا للعمل المستمر والناجح. لمثل هذا الملف

من غير الوارد بالطبع، في محاضرة تجريبية، مع بضع دقائق فقط لأداء كل تجربة، إظهار ظواهر التفريغ هذه لصالحها، كما أنه لإنتاج كل ظاهرة في أفضل حالاتها، يلزم إجراء تعديل دقيق للغاية. مطلوب. ولكن حتى لو تم إنتاجها بشكل غير كامل، كما هو متوقع هذا المساء، فهي مذهلة بما يكفي لإثارة اهتمام جمهور ذكي

قبل عرض بعض هذه التأثيرات الغريبة، يجب علي، من أجل الاكتمال، أن أقدم وصفًا موجزًا للملف والأجهزة الأخرى المستخدمة في تجارب التفريغ المعطل هذا المساء

(الشكل 3) (من ألواح سميكة من الخشب الصلب، مغطاة من  $B$  وهي موجودة في صندوق ملحومة بعناية في كل مكان. قد يكون من المستحسن، في بحث  $Z$ ، الخارج بطبقة من الزنك علمي بحث، عندما تكون الدقة ذات أهمية كبيرة، التخلص من الغطاء المعدني، لأنه قد يؤدي إلى العديد من الأخطاء، وذلك بشكل أساسي بسبب تأثيره المعقد على الملف، كمكثف ذو جزيئات صغيرة جدًا. القدرة وكشاشة إلكتروستاتيكية وكهرومغناطيسية. عندما يتم استخدام الملف لمثل هذه التجارب كما هو مذكور هنا، فإن استخدام الغطاء المعدني يوفر بعض المزايا العملية، ولكنها ليست ذات أهمية كافية للتطرق إليها



الشكل 3 : ملف التفريغ التخريبي.

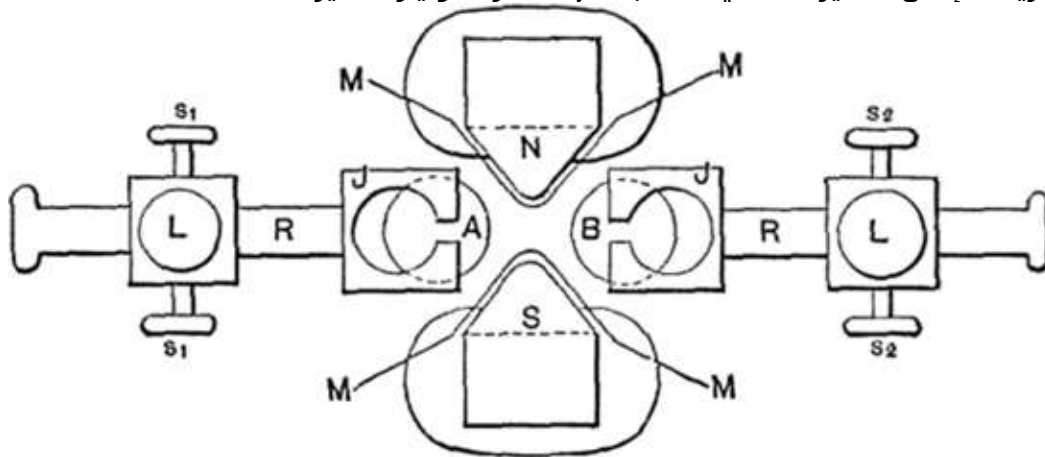
يجب وضع الملف بشكل متناظر على الغطاء المعدني، ويجب ألا تكون المسافة بينهما، بالطبع، صغيرة جدًا، وبالتأكيد لا تقل عن خمسة سنتيمترات، على سبيل المثال، ولكن أكثر من ذلك بكثير إذا أمكن؛ خاصة أن جانبي صندوق الزنك، الموجودان بزوايا قائمة على محور الملف، يجب أن يكونا بعيدين بما فيه الكفاية عن الأخير، وإلا فإنهما قد يضعفان عمله ويكونان مصدرًا للخسارة.

متباعدتين على مسافة 10 سنتيمترات،  $RR$  يتكون الملف من بكرتين من المطاط الصلب يبلغ  $T$  وبالمثل من المطاط الصلب. تشتمل كل بكرية على أنبوب  $n$  وصواميل  $C$  بواسطة مسامير بمساحة 24،  $FF$  قطره الداخلي حوالي 8 سنتيمترات، وسمكه 3 ملليمترات، مثبت عليه شفتان من  $SS$ ، سنتيمترًا مربعًا، والمسافة بين الحواف حوالي 3 سنتيمترات. يحتوي السلك الثانوي أفضل الأسلاك المغطاة بطبقة جوتا بيركا، على 26 طبقة، 10 لفات في كل منها، مما يعطي لكل نصف إجمالي 260 لفة. يتم جرح النصفين بشكل متقابل ومتصلين في سلسلة، ويتم الاتصال بينهما عبر النصف الأساسي. يتمتع هذا الترتيب، إلى جانب كونه مناسبًا، بميزة أنه عندما يكون متصلة بأجسام أو أجهزة ذات  $T_1$  تكون  $T_1$  الملف متوازنًا بشكل جيد - أي عندما يكون كلا طرفيه سعة متساوية - لا يوجد خطر كبير من اختراق المرحلة الأولية، ولا يلزم أن يكون العزل بين المرحلة الأولية والثانوية سميكًا. عند استخدام الملف، يُنصح بتوصيل أجهزة ذات سعة متساوية تقريبًا إلى كلا الطرفين، لأنه عندما تكون سعة الأطراف غير متساوية، سيكون الشرر عرضة للانتقال إلى الملف الأساسي. لتجنب ذلك، قد تكون النقطة الوسطى للثانوية متصلة بالنقطة الأساسية، لكن هذا ليس ممكنًا دائمًا.



،  $W$  /بولي برويلين الأساسي إلى جزأين، وبالعكس، علي بكرة خشبية على شكل حرف  $T$  يتم أيضًا  $T_1$  ويتم إخراج الأطراف الأربعة من الزيت من خلال أنابيب مطاطية صلبة. <sup>نهايات</sup> الثانوية  $T_1$  ر  $T_1$  سمك كبير. يتم عزل الطبقات الأولية والثانوية  $t_1$  من الزيت من خلال أنابيب مطاطية  $T_1$  إخراج بقطعة قماش قطنية، وسمك العزل بالطبع يتحمل بعض التناسب مع فرق الجهد بين لفات الطبقات المختلفة. يحتوي كل نصف من النصف الأساسي على أربع طبقات، 24 دورة في كل منها، مما يعطي إجمالي 96 دورة. عندما يتم توصيل كلا الجزأين في سلسلة، فإن هذا يعطي نسبة تحويل تبلغ حوالي 1:2.7، ومع الانتخابات التمهيدية المتعددة، 1:5.4؛ ولكن عند العمل مع تيارات متناوبة سريعة جدًا، فإن هذه النسبة لا تنقل حتى فكرة تقريبية عن نسبة المجالات الكهرومغناطيسية. في الدوائر الأولية والثانوية. يتم تثبيت الملف في مكانه بالزيت على دعائم خشبية، حيث يبلغ سمك الزيت حوالي 5 سم في كل مكان. عندما لا تكون هناك حاجة إلى الزيت بشكل خاص، يتم ملء المساحة بقطع من الخشب، ولهذا الغرض يتم استخدام الصندوق المحيط بالكامل  $B$  الخشبي.

إن البنية الموضحة هنا، بالطبع، ليست الأفضل من حيث المبادئ العامة، لكنني أعتقد أنها جيدة ومريحة لإنتاج التأثيرات التي تتطلب جهدًا مفرطًا وتيارًا صغيرًا جدًا.



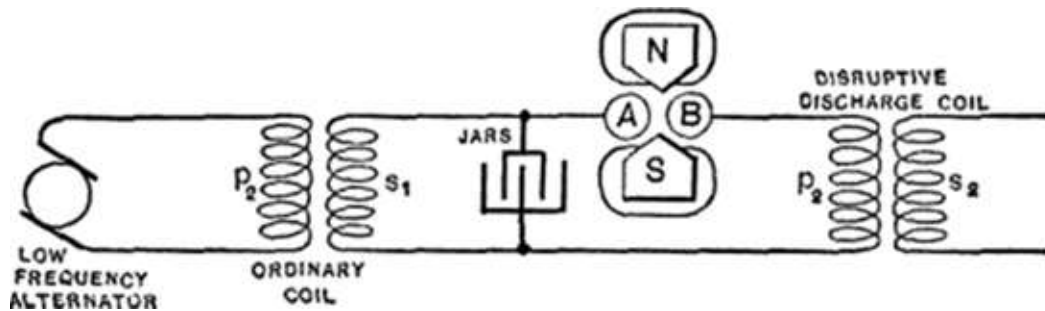
**الشكل 4:** ترتيب المفرغ والمغناطيس المحسنين

فيما يتعلق بالملف، أستخدم إما الشكل العادي للمفرغ أو النموذج المعدل. لقد أدخلت في السابق تغييرين يضمنان بعض المزايا، وهما واضحان. وإذا ذكرت، فذلك على أمل أن يجد فيها بعض المجربين فائدة.

(الشكل 4)، الخاصين بالمفرغ يتم تثبيتهما  $A$  و  $B$  أحد التغييرات هو أن المقبضين القابلين للضغط بواسطة ضغط الزنبرك، مما يسمح بتحويلهما على التوالي إلى أوضاع  $JJ$  في فكي النحاس مختلفة، وبالتالي التخلص من العملية الشاقة من التلميع المتكرر.

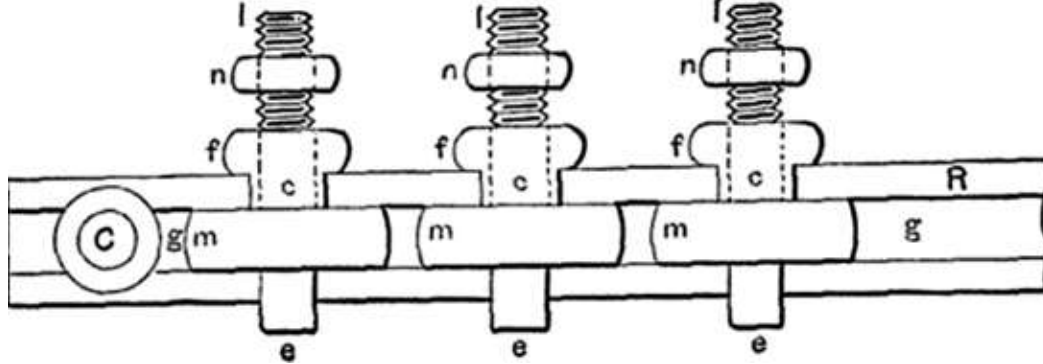
والذي يتم وضعه بمحوره بزاوية  $NS$ ، يتمثل التغيير الآخر في استخدام مغناطيس كهربائي قوي وينتج مجالاً مغناطيسياً قوياً بينهما. قطع قطب  $A$  و  $B$  قائمة على الخط الذي يصل بين المقبضين المغناطيس قابلة للحركة ومصممة بشكل صحيح بحيث تبرز بين المقابض النحاسية، وذلك لجعل المجال مكثفًا قدر الإمكان؛ ولكن لمنع التفريغ من القفز إلى المغناطيس، تتم حماية قطع القطب عبارة عن براغي لتثبيت الأسلاك. على  $S_2$  طبقة من الميكا مم ذات سمك كافٍ؛  $S_1$  و  $S_2$  عبارة عن براغي لتثبيت القضبان  $LL$ . كل جانب، أحد البراغي كبير والآخر للأسلاك الصغيرة التي تدعم المقابض.

في ترتيب آخر مع المغناطيس، أقوم بأخذ التفريغ بين قطع القطب المستديرة نفسها، والتي تكون في مثل هذه الحالة معزولة ويفضل تزويدها بأغطية نحاسية مصقولة. يعد استخدام مجال مغناطيسي مكثف مفيدًا بشكل أساسي عندما يتم تشغيل ملف الحث أو المحول الذي يشحن المكثف بواسطة تيارات ذات تردد منخفض جدًا. في مثل هذه الحالة، قد يكون عدد التفريغات الأساسية بين المقابض صغيرًا جدًا بحيث يجعل التيارات المنتجة في المرحلة الثانوية غير مناسبة للعديد من التجارب. ثم يعمل المجال المغناطيسي المكثف على تفجير القوس بين المقابض بمجرد تشكيله، وتحدث التفريغات الأساسية في تتابع أسرع.



الشكل 5: الترتيب مع المولد منخفض التردد والمفرغ المحسن.

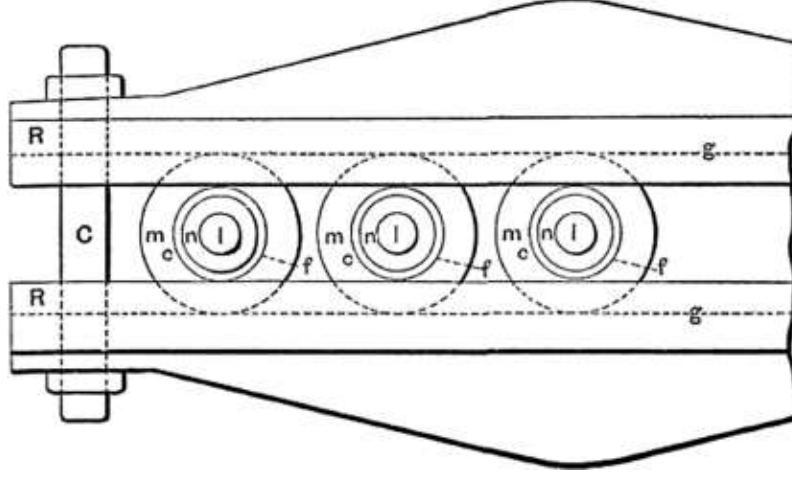
بدلاً من المغناطيس، يمكن استخدام تيار هوائي أو نفخة مع بعض المزايا. في هذه الحالة، (في الشكل 2) يتم ربط المقابض بشكل عام، أو إزالتها،  $AB$  يُفضل إنشاء القوس بين المقابض تماماً، حيث أنه في هذا الترتيب يكون القوس طويلاً وغير مستقر، ويتأثر بسهولة بالتيار الهوائي عندما يتم استخدام مغناطيس لكسر القوس، فمن الأفضل اختيار الاتصال الموضح بشكل تخطيطي في الشكل 5، لأنه في هذه الحالة تكون التيارات التي تشكل القوس أقوى بكثير، ويمارس المجال المغناطيسي تأثيراً أكبر. ومع ذلك، فإن استخدام المغناطيس يسمح باستبدال القوس بأنبوب مفرغ، لكنني واجهت صعوبات كبيرة في العمل باستخدام أنبوب مستنفذ.



الشكل 6: المفرغ ذو الفجوات المتعددة.

يشار إلى الشكل الآخر من المفرغ المستخدم في هذه التجارب والتجارب المماثلة في الشكل 6، تتكون كل منها من جزء  $CC$  الشكلين 6 و 7. يتكون من عدد من القطع النحاسية أدناه - والذي يستخدم فقط لتثبيت القطعة في مخروطة عند صقل  $e$  مع امتداد  $m$  وسط كروي التفريغ السطح - وعمود أعلاه، والذي يتكون من شفة مخروشة يعلوها ساق ملولب يحمل صامولة بشكل ملائم لحمل القطعة النحاسية  $f$  ن، يتم من خلالها ربط سلك بالعمود. تُستخدم الحافة

عند تثبيت السلك، وأيضاً لتحويلها في أي موضع عندما يصبح من الضروري تقديم سطح تفريغ (الشكل 7) (لتناسب الجزء  $gg$  مع أحاديث مسطحة  $RR$  جديد، شريطان قويان من المطاط الصلب يعملان على تثبيت الأخير وتثبيتهما بقوة في موضعهما عن طريق  $CC$  الأوسط من القطع واحد منهما فقط موضح (مروراً بنهايات الشرائط  $CC$  مسمارين).



الشكل 7: المفرد ذو الفجوات المتعددة

في استخدام هذا النوع من أجهزة التفريغ، وجدت ثلاث مزايا رئيسية مقارنة بالشكل العادي . أولاً، تكون قوة العزل الكهربائي لعرض إجمالي معين للفضاء الجوي أكبر عند استخدام عدد كبير جداً من فجوات الهواء الصغيرة بدلاً من واحدة، مما يسمح بالعمل بطول أصغر لفجوة الهواء، وهذا يعني خسارة أقل وتدهور أقل في معدن؛ ثانياً، بسبب تقسيم القوس إلى أقواس أصغر، يتم تصنيع الأسطح المصقولة لتدوم لفترة أطول؛ وثالثاً، يوفر الجهاز بعض المقاييس في التجارب. عادةً ما أقوم بتثبيت القطع عن طريق وضع صفائح ذات سماكة موحدة بينها على مسافة صغيرة جداً معينة، وهو أمر معروف من تجارب السير ويليام طومسون أنه يتطلب قوة دافعة كهربائية معينة ليتم سدها بواسطة الشرارة.

يجب بالطبع أن نتذكر أن مسافة الإشعال تتضاءل كثيراً مع زيادة التردد. من خلال أخذ أي عدد من المسافات، يكون لدى المجرّب فكرة تقريبية عن القوة الدافعة الكهربائية، ويجد أنه من الأسهل تكرار التجربة، لأنه لا يواجه مشكلة في ضبط المقايض مراراً وتكراراً. مع هذا النوع من المفراغات، تمكنت من الحفاظ على حركة متذبذبة دون ظهور أي شرارة بالعين المجردة بين المقايض، ولن تظهر ارتفاعاً ملحوظاً في درجة الحرارة. هذا النوع من التفريغ يفسح المجال أيضاً للعديد من ترتيبات المكثفات والدوائر التي غالباً ما تكون مريحة جداً وموفرة للوقت. لقد استخدمته بشكل مفضل بطريقة مشابهة لتلك الموضحة في الشكل 2، عندما تكون التيارات التي تشكل القوس صغيرة.

وأود أن أذكر هنا أنني استخدمت أيضاً أجهزة تفريغ ذات فجوات هوائية مفردة أو متعددة، حيث تم تدوير أسطح التفريغ بسرعة كبيرة. ومع ذلك، لم يتم اكتساب أي ميزة خاصة من خلال هذه الطريقة، إلا في الحالات التي تكون فيها التيارات الصادرة من المكثف كبيرة وكان الحفاظ على برودة الأسطح ضرورياً، وفي الحالات التي لا يتأرجح فيها التفريغ من تلقاء نفسه، يحدث القوس في أقرب وقت كما تم كسره بواسطة تيار الهواء، وبالتالي بدء الاهتزاز على فترات في تتابع سريع. لقد استخدمت أيضاً المقاطعات الميكانيكية بعدة طرق. لتجنب الصعوبات المتعلقة بالاتصالات الاحتكاكية، كانت الخطة المفضلة المعتمدة هي إنشاء القوس وتدوير خلاله بسرعة كبيرة حافة من الميكا مزودة بالعديد من الثقوب ومثبتة على لوحة فولاذية. من المفهوم، بالطبع،

أن استخدام المغناطيس، أو تيار الهواء، أو أي قاطع آخر، لا ينتج أي تأثير يستحق الملاحظة، ما لم يكن التحريض الذاتي، والقدرة، والمقاومة مرتبطتين بشكل وثيق بحيث تكون هناك اهتزازات تنشأ عند كل انقطاع.

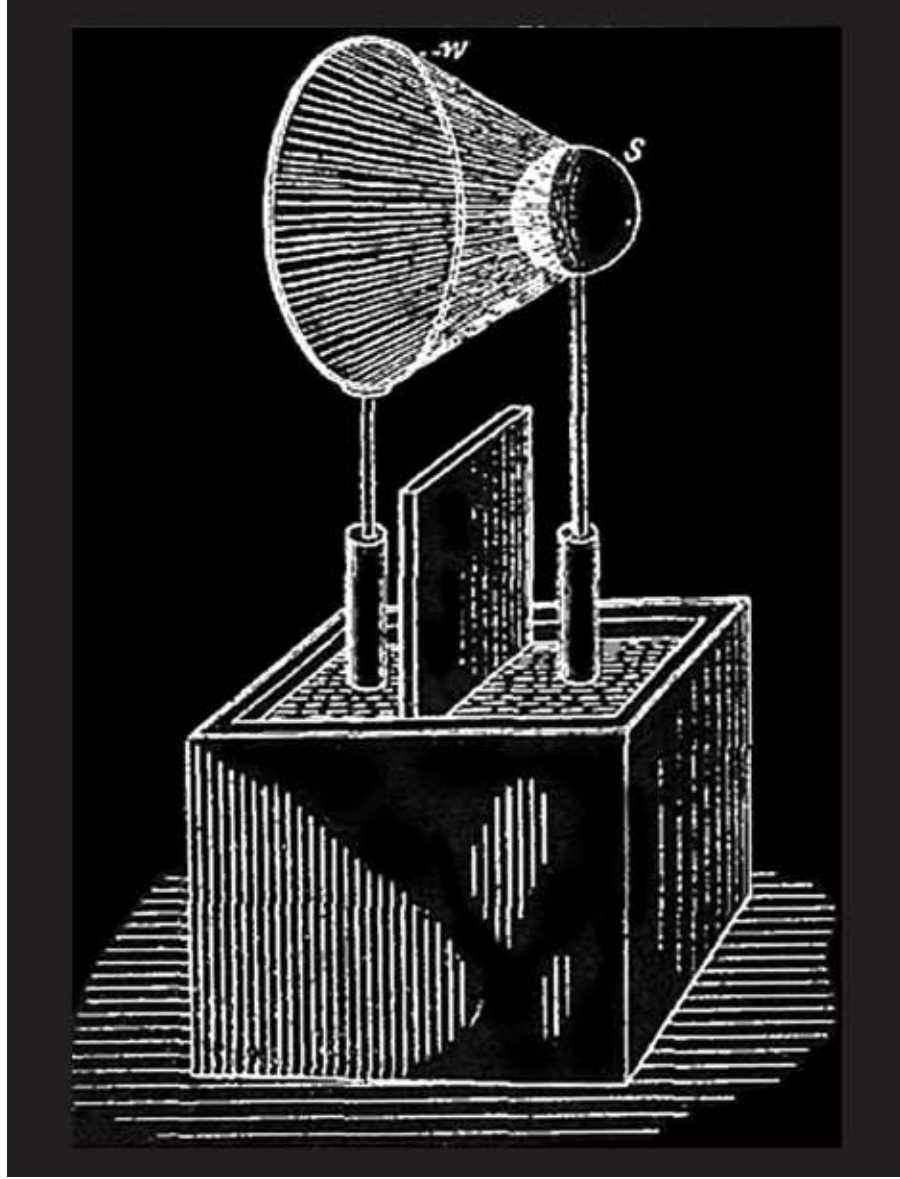
سأحاول الآن أن أعرض لكم بعضاً من أبرز ظواهر التفريغ هذه

لقد مددت عبر الغرفة سلكين عاديين مغطيين بالقطن، طول كل منهما حوالي 7 أمتار. يتم دعمها على أسلاك عازلة على مسافة حوالي 30 سم. أقوم الآن بإرفاق أحد الأسلاك بكل طرف من أطراف الملف وأقوم بتشغيل الملف. عند إطفاء الأنوار في الغرفة ترى الأسلاك مضاءة بقوة بالجدول التي تتدفق بغزارة من كامل سطحها على الرغم من الغطاء القطني الذي قد يكون سميكاً جداً. عندما يتم إجراء التجربة في ظل ظروف جيدة، يكون الضوء المنبعث من الأسلاك شديداً بدرجة كافية للسماح بتمييز الأشياء الموجودة في الغرفة. للحصول على أفضل نتيجة، من الضروري بالطبع ضبط سعة الجرار بعناية، والقوس بين المقابض وطول الأسلاك. تجربتي هي أن حساب طول الأسلاك لا يؤدي، في مثل هذه الحالة، إلى أي نتيجة على الإطلاق. من الأفضل للمختبر أن يأخذ الأسلاك في البداية لفترة طويلة جداً، ثم يعدلها عن طريق قطع قطع طويلة أولاً، ثم قطعاً أصغر وأصغر كلما اقترب من الطول الصحيح.

الطريقة الملائمة هي استخدام مكثف زيت ذو سعة صغيرة جداً، يتكون من لوحين معدنيين صغيرين قابلين للتعديل، فيما يتعلق بهذه التجربة والتجارب المشابهة. في مثل هذه الحالة، أقوم بأخذ أسلاك قصيرة إلى حد ما ووضع لوحات المكثف في البداية على أقصى مسافة. إذا زادت تيارات الأسلاك مع اقترابها من الصفائح، يكون طول الأسلاك صحيحاً تقريباً؛ إذا كانت تقل من الأسلاك فهي طويلة جداً بالنسبة لهذا التردد والإمكانات. عندما يتم استخدام مكثف فيما يتعلق بالتجارب مع مثل هذا الملف، يجب أن يكون مكثفاً للزيت بكل الوسائل، لأنه في استخدام مكثف الهواء قد يتم إهدار قدر كبير من الطاقة. يجب أن تكون الأسلاك المؤدية إلى صفائح الزيت رفيعة جداً، ومغطاة بشكل كثيف ببعض المركبات العازلة، ومزودة بغطاء موصل - ويفضل أن يمتد تحت سطح الزيت. لا ينبغي أن يكون الغطاء الموصل قريباً جداً من أطراف السلك أو نهايته، حيث من المحتمل أن تقفز شرارة من السلك إليه. يتم استخدام الطلاء الموصل لتقليل فقد الهواء، بفضل عمله كشاشة إلكتروستاتيكية. أما بالنسبة لحجم الوعاء الذي يحتوي على الزيت، وحجم الألواح، فإن المجرب يكتسب فكرة على الفور من تجربة تقريبية. ومع ذلك، فإن حجم الألواح /الموجودة في الزيت يمكن حسابه، حيث أن خسائر العزل الكهربائي صغيرة جداً.

في التجربة السابقة، من المهم جداً معرفة العلاقة بين كمية الضوء المنبعث وتردد النبضات الكهربائية وإمكاناتها. رأيي هو أن الحرارة وكذلك التأثيرات الضوئية الناتجة يجب أن تكون متناسبة، في ظل ظروف اختبار متساوية، مع حاصل ضرب التردد ومربع الجهد، ولكن التحقق التجريبي من القانون، مهما كان، سيكون صعباً للغاية. هناك شيء واحد مؤكد، على أي حال، وهو أنه عند زيادة الإمكانات والتردد، فإننا نكثف التدفقات بسرعة؛ وعلى الرغم من أنه قد يكون متفائلاً للغاية، فمن المؤكد أنه ليس من الميؤوس منه تماماً أن نتوقع أننا قد ننجح في إنتاج تنوير عملي في هذه الخطوط. عندها سنستخدم ببساطة الشعلات أو اللهب، حيث لن تكون هناك أي عملية كيميائية، ولا استهلاك للمواد، بل مجرد نقل للطاقة، والتي من شأنها، في جميع الاحتمالات، أن تبعث ضوءاً أكثر وحرارة أقل من اللهب العادي.

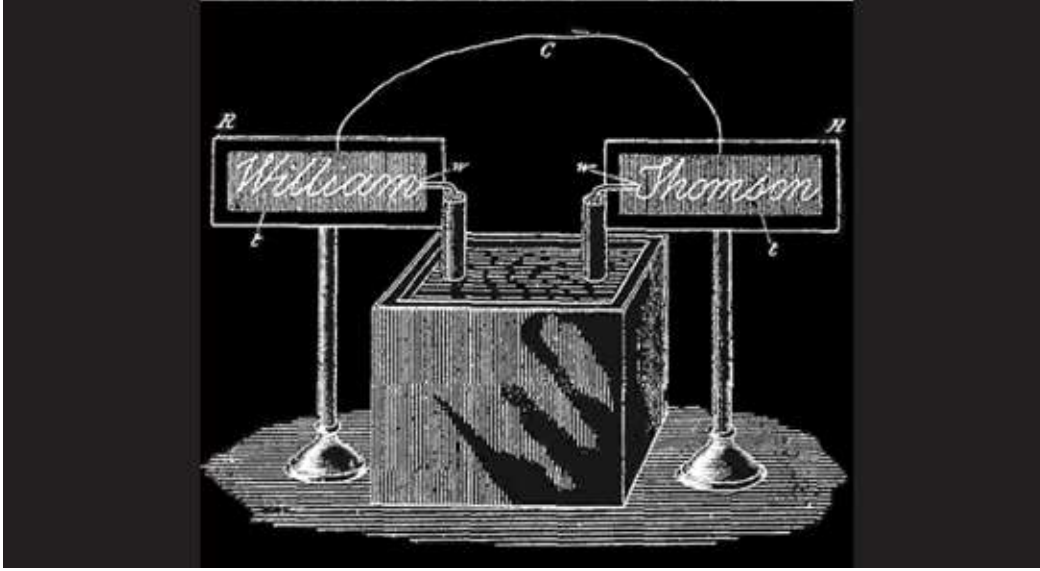
وبطبيعة الحال، تزداد شدة الإضاءة للتيارات بشكل كبير عندما يتم تركيزها على سطح صغير. وقد يظهر ذلك من خلال التجربة التالية:



**الشكل 8 :** التأثير الناتج عن تيارات التركيز

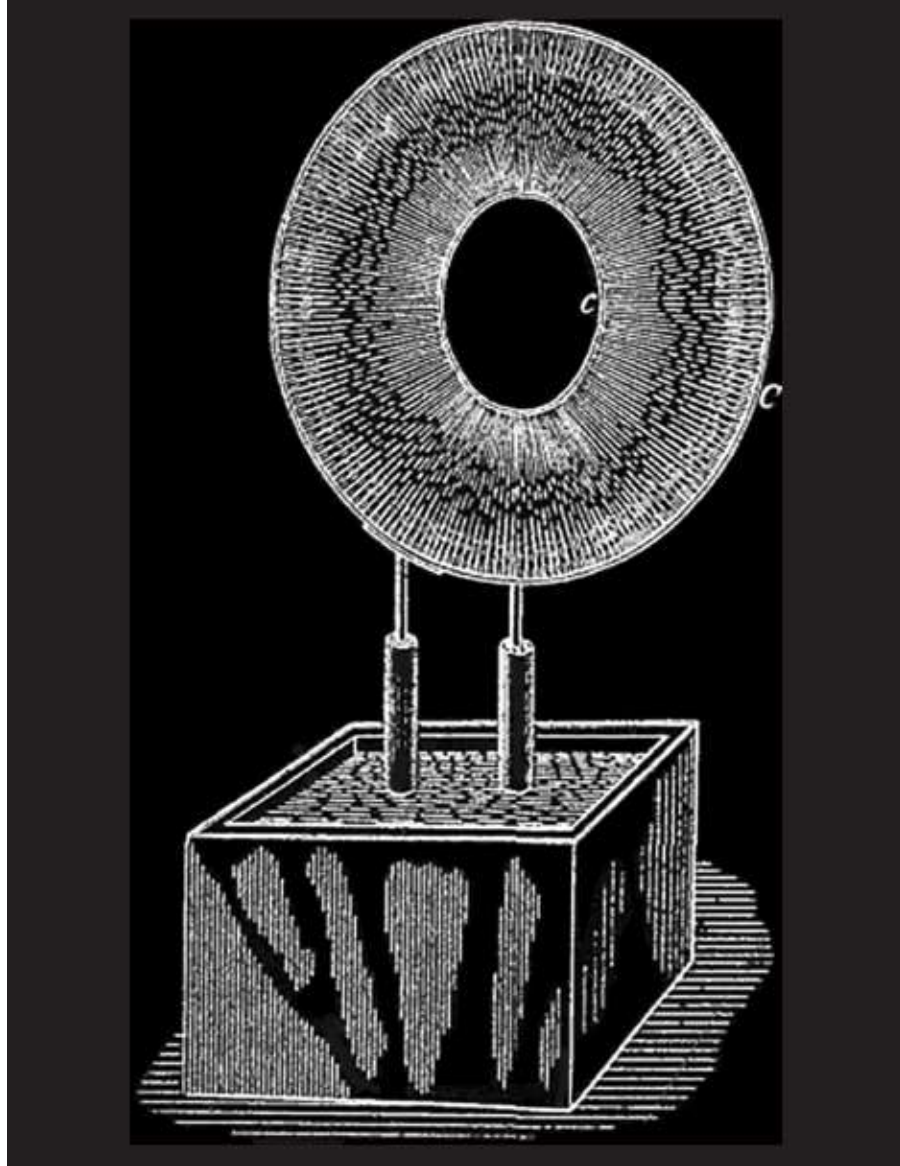
أعلق على أحد أطراف الملف سلكًا ث (الشكل 8 )، مثنياً في دائرة يبلغ قطرها حوالي 30 سم ويفضل أن يكون سطح السلك يساوي ،  $S$  وعلى الطرف الآخر أقوم بربط كرة نحاسية صغيرة ، سطح الكرة، ويكون مركز الأخيرة على خط قائم بزوايا قائمة على مستوى الدائرة السلكية ويمر بمركزها .عندما يتم التفريغ في ظل الظروف المناسبة، يتم تشكيل مخروط مجوف مضيء، وفي الظلام يضيء نصف الكرة النحاسية بقوة، كما هو موضح في القطع من خلال بعض الحيلة أو غيرها، من السهل تركيز التدفقات على الأسطح الصغيرة وإنتاج تأثيرات ضوئية قوية جدًا .وبالتالي يمكن جعل سلكين رفيعين مضيئين بشكل مكثف من أجل تكثيف التيارات يجب أن تكون الأسلاك رفيعة جدًا وقصيرة؛ ولكن كما في هذه الحالة ستكون قدرتها عمومًا صغيرة جدًا بالنسبة للملف - على الأقل بالنسبة لملف مثل الحالي - فمن الضروري زيادة السعة إلى القيمة المطلوبة، بينما، في نفس الوقت، سطح الأسلاك يبقى صغيرا جدا .يمكن القيام بذلك بعدة طرق

من المطاط الصلب) الشكل 9)، حيث قمت بإصاق  $RR$ ، هنا، على سبيل المثال، لدي لوحين سلكين رفيعين للغاية، وذلك لتكوين اسم. قد تكون الأسلاك عارية أو مغطاة بأفضل أنواع العزل، وهذا غير مهم لنجاح التجربة. يفضل استخدام الأسلاك المعزولة جيدًا، إن وجدت. يوجد على الجزء يتم وضع الألواح في  $tt$  الخلفي من كل لوحة، المشار إليه بالجزء المظلل، طلاء من ورق القصدير صف واحد على مسافة كافية لمنع انتقال الشرارة من سلك إلى آخر. لقد قمت بربط الطبقتين من والسلكين اللذين أقوم بتوصيلهما حاليًا بأطراف الملف. أصبح  $C$ ، رقائق القصدير بواسطة موصل من السهل الآن، من خلال تغيير قوة وتردد التيارات خلال المرحلة الأولية، العثور على نقطة تكون فيها قدرة النظام أكثر ملاءمة للظروف، وتصبح الأسلاك مضيئة بقوة لدرجة أنه عندما يمر الضوء في الغرفة المطفأة يظهر الاسم الذي شكلها بأحرف لامعة.



الشكل 9: الأسلاك المضيئة بشكل مكثف

ربما يكون من الأفضل إجراء هذه التجربة باستخدام ملف يعمل من مولد ذي تردد عالٍ، لأنه في ذلك الوقت، وبسبب الارتفاع والانخفاض التوافقي، تكون التيارات موحدة جدًا، على الرغم من أنها أقل وفرة مما كانت عليه عندما يتم إنتاجها باستخدام ملف مثل الملف. حاضر. ومع ذلك، يمكن إجراء هذه التجربة بترددات منخفضة، ولكن بشكل أقل إرضاءً بكثير. عندما يتم وضع سلكين متصلين بأطراف الملف على مسافة مناسبة، قد تكون التيارات بينهما  $C$  و  $C$  شديدة جدًا بحيث تنتج ورقة مضيئة مستمرة. لإظهار هذه الظاهرة، لدي هنا دائرتان (الشكل 10) (من سلك قوي إلى حد ما، يبلغ قطر إحدهما حوالي 80 سم والأخرى 30 سم. أرفق إحدى الدوائر بكل طرف من أطراف الملف. الأسلاك الداعمة منحنية جدًا بحيث يمكن وضع الدوائر في نفس المستوى، بشكل متزامن قدر الإمكان. عندما يتم إطفاء الضوء في الغرفة وتشغيل الملف، ترى المساحة الكاملة بين الأسلاك مملوءة بشكل موحد بالتيارات، وتشكل قرصًا مضيئًا، يمكن رؤيته من مسافة كبيرة، مثل شدة التيارات. من الممكن أن تكون الدائرة الخارجية أكبر بكثير من الدائرة الحالية؛ في الواقع، مع هذا الملف، استخدمت دوائر أكبر بكثير، وتمكنت من إنتاج ورقة مضيئة بقوة، تغطي مساحة تزيد عن 1 متر مربع، وهو تأثير رائع مع هذا الملف الصغير جدًا. لتجنب عدم اليقين، تم تصغير الدائرة، وأصبحت مساحتها الآن حوالي 0.43 متر مربع.



الشكل 10 :الأفراس المضينة

يؤثر تردد الاهتزاز وسرعة تتابع الشرر بين المقابض بدرجة ملحوظة على مظهر الجداول. عندما يكون التردد منخفضاً جداً، يفسح الهواء الطريق بنفس الطريقة تقريباً، كما هو الحال من خلال اختلاف ثابت في الجهد، وتتكون التيارات من خيوط متميزة، ممزوجة عمومًا بشرارات رفيعة، والتي ربما تتوافق مع التفريغات المتعاقبة التي تحدث بين المقابض. ولكن عندما يكون التردد مرتفعاً للغاية، وينتج قوس التفريغ صوتاً عالياً وسلساً للغاية - يُظهر حدوث التذبذب وأن الشرارات تتعاقب بسرعة كبيرة - فإن التدفقات المضينة المتكونة تكون موحدة تمامًا. للوصول إلى هذه النتيجة يجب استخدام ملفات وجرار صغيرة جدًا ذات سعة صغيرة. أخذ أنبوبين من الزجاج البوهيمي السميك، يبلغ قطرها حوالي 5 سم وطولهما 20 سم. في كل من الأنبوب أقوم بتمرير سلك نحاسي سميك جدًا. في الجزء العلوي من كل أنبوب أقوم بلف سلك ثانوي من الأسلاك المغطاة بطبقة جوتا بيركا الرقيقة. المرتبتان الثانويتان اللتان أقوم بتوصيلهما في سلسلة، ويفضل أن تكون الانتخابات التمهيدية في أقواس متعددة. ثم توضع الأنبوب في وعاء زجاجي كبير، على مسافة

إلى 15 سم من بعضها البعض، على دعامات عازلة، ويملاً الوعاء بالزيت المغلي، بحيث يصل 10 الزيت إلى حوالي بوصة فوق الأنابيب. يتم رفع الأطراف الحرة للثانوي من الزيت ووضعها بالتوازي مع بعضها البعض على مسافة حوالي 10 سم. يجب غمس الأطراف التي تم كشطها في الزيت. يمكن استخدام مرطبان سعة 4 باينت متصلين على التوالي للتفريغ من خلال المرحلة الأولية. عند إجراء التعديلات اللازمة في طول ومسافة الأسلاك فوق الزيت وفي قوس التفريغ، يتم إنتاج طبقة مضيئة بين الأسلاك تكون ناعمة تمامًا وخالية من الملمس، مثل التفريغ العادي من خلال أنبوب معتدل الاستنفاد.

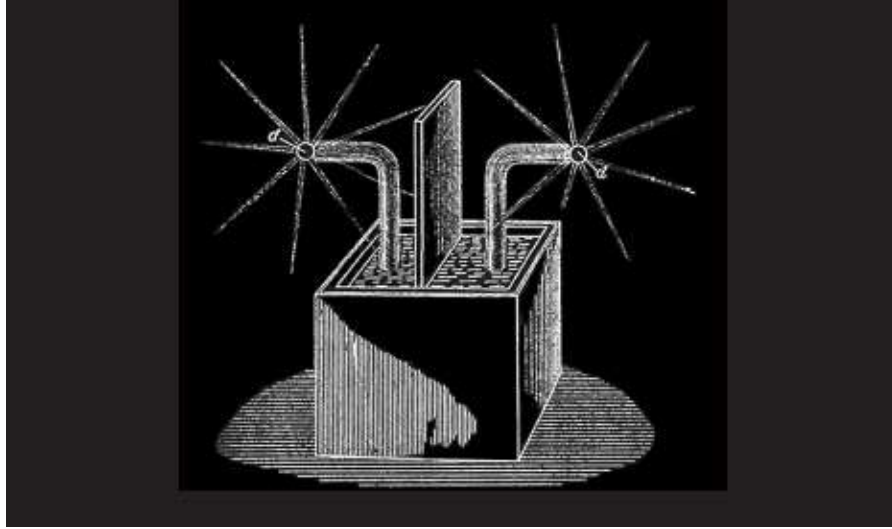
لقد ركزت عمدًا على هذه التجربة التي تبدو غير ذات أهمية. في تجارب من هذا النوع، يصل المجرب إلى نتيجة مذهلة مفادها أنه لتمرير تفريغات مضيئة عادية عبر الغازات، لا يلزم درجة معينة من الاستنفاد، ولكن قد يكون الغاز عند ضغط عادي أو حتى أكبر. ولتحقيق ذلك، بعد التردد العالي جدًا أمرًا ضروريًا؛ كما أن الإمكانيات العالية مطلوبة أيضًا، لكن هذه مجرد ضرورة عرضية. تعلمنا هذه التجارب أنه في سعيها لاكتشاف طرق جديدة لإنتاج الضوء عن طريق تحريك ذرات أو جزيئات الغاز، لا نحتاج إلى قصر بحثنا على الأنابيب المفرغ، ولكننا قد نتطلع بجديّة تامة إلى إمكانية الحصول عليه تأثيرات الضوء دون استخدام أي وعاء مهما كان، مع ضغط الهواء العادي. مثل هذه التفريغات ذات الترددات العالية جدًا، والتي تجعل الهواء مضيئًا عند الضغوط العادية، ربما تكون لدينا فرصة في كثير من الأحيان أن نشهدها في الطبيعة. ليس لدي أدنى شك في أنه، كما يعتقد الكثيرون، إذا كان الشفق القطبي ناتجًا عن اضطرابات كونية مفاجئة، مثل الانفجارات على سطح الشمس، والتي تجعل الشحنة الكهروستاتيكية للأرض في اهتزاز سريع للغاية، فإن التوهج الأحمر المرصود ليس محصورًا إلى الطبقات العليا المتخلخلة من الهواء، لكن التفريغ يعبر أيضًا، بسبب تردده العالي جدًا، الغلاف الجوي الكثيف على شكل توهج، مثل الذي ننتجه عادةً في أنبوب مستنفد قليلًا. إذا كان التردد منخفضًا جدًا، أو حتى أكثر من ذلك، إذا لم تكن الشحنة تهتز على الإطلاق، فإن الهواء الكثيف سوف يتفكك كما هو الحال في تفريغ البرق. وقد لوحظت مرارًا وتكرارًا مؤشرات على هذا الانهيار في طبقات الهواء السفلية الكثيفة عند حدوث هذه الظاهرة الرائعة؛ ولكن إذا حدث ذلك، فلا يمكن إرجاعه إلا إلى الاضطرابات الأساسية، وهي قليلة العدد، لأن الاهتزاز الناتج عنها سيكون سريعًا جدًا بحيث لا يسمح بحدوث انقطاع مدمر. إنها النبضات الأصلية وغير المنتظمة التي تؤثر على الآلات؛ ربما تمر الاهتزازات المتراكبة دون أن يلاحظها أحد.

عندما يتم تمرير تفريغ عادي منخفض التردد عبر هواء مخلخل إلى حد ما، يتخذ الهواء لونًا أرجوانيًا. إذا قمنا بطريقة أو بأخرى بزيادة شدة الاهتزاز الجزيئي أو الذري، يتغير لون الغاز إلى اللون الأبيض. يحدث تغيير مماثل عند الضغوط العادية مع نبضات كهربائية ذات ترددات عالية جدًا. إذا تم تحريك جزيئات الهواء حول السلك بشكل معتدل، فإن الفرشاة المتكونة تكون حمراء أو بنفسجية؛ إذا أصبح الاهتزاز شديدًا بدرجة كافية، تصبح الجداول بيضاء. ويمكننا تحقيق ذلك بطرق مختلفة. في التجربة الموضحة سابقًا مع السلكين الموجودين في جميع أنحاء الغرفة، حاولت تأمين النتيجة عن طريق الدفع إلى قيمة عالية لكل من التردد والجهد؛ في تجربة الأسلاك الرفيعة الملصقة على الصفيحة المطاطية، قمت بتركيز التأثير على سطح صغير جدًا - وبعبارة أخرى، عملت بكثافة كهربائية كبيرة.

يتم ملاحظة الشكل الأكثر إثارة للفضول من التفريغ مع مثل هذا الملف عندما يتم دفع التردد والإمكانات إلى الحد الأقصى. لإجراء التجربة، يجب أن يكون كل جزء من الملف معزولًا بشكل كبير، (ويجب أن يكون هناك كرتان صغيرتان فقط - أو الأفضل من ذلك، قرصان معدنيان ذو حواف حادة الشكل 11) (لا يزيد قطرها عن بضعة سنتيمترات. يتعرض للهواء. يتم غمر الملف المستخدم ، dd هنا في الزيت، ويتم تغطية نهايات الملف الثانوي الخارج من الزيت بغطاء محكم الغلق من المطاط الصلب ذو سماكة كبيرة. يجب سد جميع الشقوق، إن وجدت، بعناية، بحيث لا يتشكل تفريغ الفرشاة في أي مكان إلا على الكرات الصغيرة أو الصفائح المعرضة للهواء. في هذه الحالة، نظرًا لعدم وجود لوحات كبيرة أو أجسام أخرى ذات سعة متصلة بالأطراف، فإن الملف قادر على الاهتزاز



السريع للغاية . يمكن زيادة الجهد عن طريق زيادة معدل تغير التيار الأولي، بقدر ما يرى المجرّب . مع وجود ملف لا يختلف بشكل كبير عن الحاضر، فمن الأفضل توصيل الانتخابات التمهيدية في قوس متعدد؛ ولكن إذا كان ينبغي أن يكون للثانوي عدد أكبر بكثير من اللفات، فمن الأفضل استخدام الانتخابات التمهيدية في سلسلة، وإلا فقد يكون الاهتزاز سريعًا جدًا بالنسبة للثانوي . يحدث في ظل هذه الظروف أن تتدفق تيارات بيضاء ضبابية من حواف الأقراص وتنتشر بشكل شبحي في الفضاء . مع هذا الملف، عندما يتم إنتاجه بشكل جيد إلى حد ما، يبلغ طوله حوالي 30 سم . عندما يتم وضع اليد عليهما، لا يتم إنتاج أي إحساس، وتقفز شرارة، مسببة 25 صدمة، من الطرف فقط عندما تقترب اليد كثيرًا . إذا أصبح تذبذب التيار الأولي متقطعًا بطريقة أو بأخرى، فسيكون هناك خفقان مناظر للتيارات، ويمكن الآن جعل اليد أو أي جسم موصل آخر على مقربة أكبر من الطرف دون أن تتسبب شرارة في القفز .



الشكل 11 :تيارات فانوم

من بين العديد من الظواهر الجميلة التي يمكن أن تنتج مع مثل هذا الملف، اخترت هنا فقط تلك التي يبدو أنها تمتلك بعض سمات الحداثة، وتقودنا إلى بعض الاستنتاجات المثيرة للاهتمام . لن يجد المرء صعوبة على الإطلاق في إنتاج العديد من الظواهر الأخرى في المختبر، والتي تجذب العين أكثر من تلك الموضحة هنا، ولكنها لا تقدم أي سمة خاصة للحداثة . يصف المجرّبون الأوائل عرض الشرر الناتج عن ملف تحريضي كبير عادي على لوحة عازلة تفصل بين الأطراف . في الآونة الأخيرة، أجرت شركة سيمنز بعض التجارب التي تم من خلالها الحصول على تأثيرات جيدة، والتي شاهدها الكثيرون باهتمام . لا شك أن الملفات الكبيرة، حتى لو تم تشغيلها بتيارات ذات ترددات منخفضة، قادرة على إنتاج تأثيرات جميلة . لكن أكبر ملف تم تصنيعه على الإطلاق لا يمكن أن يضاهي العرض الرائع للتيارات والشرر الناتج عن ملف التفريغ المدمر هذا عند ضبطه بشكل صحيح . ولإعطاء فكرة، فإن ملفًا مثل الملف الحالي سيغطي بسهولة لوحة يبلغ قطرها مترًا واحدًا بالكامل مع التيارات . أفضل طريقة لإجراء مثل هذه التجارب هي أن تأخذ لوحًا مطاطيًا أو زجاجيًا رقيقًا جدًا وتلصق على أحد جانبيه حلقة ضيقة من ورق القصدير ذات قطر كبير جدًا، وعلى الجانب الآخر حلقة دائرية، يتطابق مركز الأخيرة مع تلك الخاصة بالحلقة، ويفضل أن تكون أسطح كليهما متساوية، وذلك للحفاظ على توازن الملف بشكل جيد . يجب توصيل الغسالة والحلقة بالأطراف بواسطة أسلاك رفيعة معزولة بشدة . ومن السهل ملاحظة تأثير القدرة على

إنتاج ورقة من التيارات المنتظمة، أو شبكة دقيقة من الخيوط الفضية الرفيعة، أو كتلة من الشرر اللامع العالي، الذي يغطي اللوحة بالكامل.

منذ أن طرحت فكرة التحويل عن طريق التفريغ المعطل، في ورقتي أمام المعهد الأمريكي لمهندسي الكهرباء في بداية العام الماضي، أصبح الاهتمام بها كبيرًا. فهو يوفر لنا وسيلة لإنتاج أي إمكانات بمساعدة ملفات غير مكلفة يتم تشغيلها من أنظمة التوزيع العادية، وربما ما هو أكثر تقديرًا هو أنه يمكّننا من تحويل التيارات من أي تردد إلى تيارات من أي تردد آخر أقل أو أعلى. لكن ربما تكمن قيمته الرئيسية في المساعدة التي سيقدمها لنا في الأبحاث المتعلقة بظاهرة التألق، والتي يمكن لملف التفريغ المدمر أن يثيرها في حالات لا حصر لها حيث تفشل الملفات العادية، حتى الأكبر منها، تمامًا.

وبالنظر إلى استخداماته المحتملة للعديد من الأغراض العملية، وإدخاله المحتمل في مختبرات البحث العلمي، ربما لن تكون بعض الملاحظات الإضافية المتعلقة ببناء مثل هذا الملف زائدة عن الحاجة.

وبطبيعة الحال، من الضروري للغاية استخدام أسلاك ملفوفة مزودة بأفضل عزل في مثل هذا الملف.

يمكن إنتاج ملفات جيدة باستخدام أسلاك مغطاة بعدة طبقات من القطن، وغلي الملف لفترة طويلة في الشمع النقي، وتبريده تحت ضغط معتدل. وميزة هذا الملف هي أنه يمكن التعامل معه بسهولة، ولكن ربما لا يمكن أن يعطي نتائج مرضية مثل الملف المغمور في الزيت النقي. علاوة على ذلك، يبدو أن وجود كتلة كبيرة من الشمع يؤثر على الملف بشكل غير ضار، في حين لا يبدو أن هذا هو الحال مع الزيت. ربما يكون السبب في ذلك هو أن خسائر العزل الكهربائي في السائل تكون أصغر.

لقد قمت في البداية بتجريب الأسلاك المغطاة بالحرير والقطن والمغطاة بالزيت، ولكنني بدأت تدريجياً في استخدام الأسلاك المغطاة بالطبرشا، والتي أثبتت أنها مرضية للغاية. يضيف عزل بالطبع، إلى سعة الملف، وهذا، خاصة إذا كان الملف كبيراً، يعد عيباً كبيراً عند Gutta-percha، الرغبة في الترددات القصوى؛ ولكن، من ناحية أخرى، فإن الطبرخي سيتحمل أكثر بكثير من سمك متساوٍ من الزيت، ويجب تأمين هذه الميزة بأي ثمن. بمجرد غمر الملف، لا ينبغي أبداً إخراجها من الزيت لأكثر من بضع ساعات، وإلا سوف يتشقق الطبرخي ولن تكون قيمة الملف نصف ما كان عليه من قبل. ربما يتعرض نبات الجوتا بيركا للهجوم ببطء بالزيت، ولكن بعد غمره لمدة ثمانية إلى تسعة أشهر لم أجد أي آثار سيئة.

لقد حصلت على نوعين من أسلاك الطبرخا المعروفة تجارياً: في أحدهما يلتصق العزل بقوة بالمعدن، وفي الآخر لا يلتصق. ما لم يتم اتباع طريقة خاصة لطرد الهواء بالكامل، يكون استخدام النوع الأول أكثر أماناً. أقوم بلف الملف داخل خزان الزيت بحيث تمتلئ جميع الفجوات بالزيت. بين الطبقات أستخدم قطعة قماش مغلية جيداً بالزيت، وأحسب السمك وفقاً لفرق الجهد بين المنعطفات. يبدو أنه لا يوجد فرق كبير مهما كان نوع الزيت المستخدم؛ أستخدم زيت البارافين أو زيت بذر الكتان.

لاستبعاد الهواء بشكل أكثر مثالية، هناك طريقة ممتازة للمضي قدماً، ويمكن تطبيقها بسهولة باستخدام ملفات صغيرة، وهي ما يلي: بناء صندوق من الخشب الصلب من ألواح سمكية جداً تم غليها في الزيت لفترة طويلة. يجب أن تكون الألواح متصلة بحيث تتحمل ضغط الهواء الخارجي بأمان. يتم وضع الملف وتثبيته في مكانه داخل الصندوق، ويتم إغلاق الأخير بغطاء قوي، ومغطى بصفائح معدنية مناسبة تماماً، ويتم لحام مفاصلها بعناية شديدة. في الأعلى يتم حفر فتحتين صغيرتين، مروراً بالصفائح المعدنية والخشب، وفي هذه الفتحات يتم إدخال أنبوبين زجاجيين صغيرين وجعل الوصلات محكمة الإغلاق. يتم توصيل أحد الأنبوب بمضخة تفريغ، والآخر بوعاء يحتوي على كمية كافية من الزيت المغلي. يحتوي الأنبوب الأخير على فتحة صغيرة جداً في الأسفل، ومزود بمحبس. عندما يتم الحصول على فراغ جيد إلى حد ما، يتم فتح محبس الحنفية ويتم تغذية الزيت ببطء. وبالاتمرار بهذه الطريقة، فمن المستحيل أن تبقى أي فقاعات كبيرة،

والتي تشكل الخطر الرئيسي، بين المنعطفات .يتم استبعاد الهواء تمامًا، وربما يكون ذلك أفضل من الغليان، وهو أمر غير عملي عند استخدام الأسلاك المطلية بالطبرخا بالنسبة للانتخابات التمهيدية، أستخدم سلكا عاديًا بطبقة قطنية سميكة .من المؤكد أن خيوط الأسلاك الرفيعة جدًا المعزولة والمتشابكة بشكل صحيح هي الأفضل لاستخدامها في الانتخابات التمهيدية، لكن لا ينبغي الحصول عليها

في الملف التجريبي، لا يكون لحجم الأسلاك أهمية كبيرة .في الملف المستخدم هنا، السلك ؛ ولكن الأقسام قد تكون متنوعة Brown & Sharpe الأساسي هو رقم 12 والسلك الثانوي رقم 24 إلى حد كبير .وهذا يعني فقط تعديلات مختلفة؛ النتائج المستهدفة لن تتأثر ماديا

لقد أسهبتُ في الحديث عن الأشكال المختلفة لتصريف الفرشاة، لأننا، أثناء دراستها، لا نلاحظ الظواهر التي تسر أعيننا فحسب، بل تزودنا أيضًا بغذاء للتفكير، وتقودنا إلى استنتاجات ذات أهمية عملية .عند استخدام التيارات المتناوبة ذات التوتر العالي جدًا، لا يمكن اتخاذ الكثير من الاحتياطات لمنع تفريغ الفرشاة .في التيار الرئيسي الذي ينقل مثل هذه التيارات، في ملف الحث أو المحول، أو في المكثف، يشكل تفريغ الفرشاة مصدر خطر كبير على العزل .في المكثف، على وجه الخصوص، يجب طرد المادة الغازية بعناية فائقة، لأن الأسطح المشحونة فيه تكون قريبة من بعضها البعض، وإذا كانت الإمكانيات عالية، تمامًا كما يسقط الوزن إذا تم تركه، وبالتالي فإن العزل سوف يفسح المجال إذا توجد فقاعة غازية واحدة ذات حجم معين، في حين أنه إذا تم استبعاد جميع المواد الغازية بعناية، فإن المكثف سيتحمل بأمان فرق جهد أعلى بكثير .يمكن أن تصاب التيارات المتناوبة الناقلة الرئيسية ذات التوتر العالي جدًا بمجرد ثقب نفخ أو صدع صغير في العزل، خاصة وأن فتحة النفخ مناسبة لاحتواء الغاز عند ضغط منخفض؛ وبما أنه يبدو من المستحيل تقريبًا تجنب مثل هذه العيوب الصغيرة تمامًا، فإنني أعتقد أنه في توزيعنا المستقبلي للطاقة الكهربائية بواسطة تيارات عالية التوتر، سيتم استخدام العزل السائل .تعتبر التكلفة عيبًا كبيرًا، ولكن إذا استخدمنا الزيت كعازل، فإن توزيع الطاقة الكهربائية بما يقرب من 100000 فولت، أو حتى أكثر، يصبح، على الأقل مع الترددات الأعلى، سهلاً للغاية بحيث يصعب وصفه بأنه عمل هندسي فذ . باستخدام العزل الزيتي ومحركات التيار المتناوب، يمكن إجراء عمليات نقل الطاقة بشكل آمن وعلى أساس صناعي على مسافات تصل إلى ألف ميل

إن الخاصية المميزة للزيوت، والعزل السائل بشكل عام، عند تعرضها لضغوط كهربائية سريعة التغير، هي تشتيت أي فقاعات غازية قد تكون موجودة، ونشرها عبر كتلتها، بشكل عام قبل وقت طويل من حدوث أي كسر ضار .يمكن ملاحظة هذه الميزة بسهولة مع ملف الحث العادي عن طريق إخراج الابتدائي، وسد نهاية الأنبوب الذي يتم لف الثانوي عليه، وملئه ببعض العازل الشفاف إلى حد ما، مثل زيت البارافين .يمكن إدخال قطعة أساسية يبلغ قطرها حوالي 6 ملم أصغر من الجزء الداخلي للأنبوب في الزيت .عندما يتم ضبط الملف على العمل، يمكن للمرء أن يرى، عند النظر من الأعلى عبر الزيت، العديد من النقاط المضيئة - فقاعات الهواء التي يتم التقاطها عن طريق إدخال الأولي، والتي تصبح مضيئة نتيجة للقصص العنيف .الهواء المسدود بتأثيره على الزيت يسخنه .وببدأ الزيت بالدوران حاملاً معه بعض الهواء حتى تتفرق الفقاعات وتختفي النقاط المضيئة .بهذه الطريقة، ما لم يتم انسداد الفقاعات الكبيرة بطريقة تجعل الدورة الدموية مستحيلة، يتم تجنب حدوث كسر ضار، ويكون التأثير الوحيد هو التسخين المعتدل للزيت .إذا تم استخدام مادة عازلة صلبة بدلاً من السائل، بغض النظر عن سمكها، فسيكون اختراق الجهاز وإصابة أمرًا لا مفر منه

ومع ذلك، فإن استبعاد المادة الغازية من أي جهاز يتعرض فيه العازل لقوى كهربائية متغيرة بسرعة أكبر أو أقل، ليس فقط أمرًا مرغوبًا فيه لتجنب حدوث ضرر محتمل للجهاز، ولكن أيضًا بسبب الاقتصاد .في المكثف، على سبيل المثال، طالما تم استخدام مادة عازلة صلبة أو سائلة فقط، تكون الخسارة صغيرة؛ ولكن في حالة وجود غاز تحت ضغط عادي أو صغير، فقد تكون الخسارة كبيرة جدًا .مهما كانت طبيعة القوة المؤثرة في العازل الكهربائي، يبدو أن الإزاحة الجزئية الناتجة عن القوة صغيرة في المادة الصلبة أو السائلة :ومن ثم فإن ناتج القوة والإزاحة غير مهم،

ما لم تكن القوة كبيرة جدًا؛ لكن في الغاز تكون الإزاحة، وبالتالي هذا المنتج، كبيرة؛ فالجزيئات حرة الحركة، وتصل إلى سرعات عالية، وتضع طاقة تأثيرها بالحرارة أو غيرها. إذا تم ضغط الغاز بقوة، فإن الإزاحة الناتجة عن القوة تصبح أصغر، وتقل الخسائر في معظم التجارب اللاحقة، أفضل، بشكل أساسي، بسبب الفعل المنتظم والإيجابي، استخدام المولد الكهربائي المشار إليه سابقًا. هذه إحدى الآلات العديدة التي صنعتها لأغراض هذه التحقيقات. لديه 384 إسقاطًا قطبيًا، وهو قادر على إعطاء تيارات بتردد حوالي 10000 في الثانية. لقد تم توضيح هذه الآلة ووصفها بإيجاز في ورقتي الأولى أمام المعهد الأمريكي للمهندسين الكهربائيين في 20 مايو 1891، والتي أشرت إليها بالفعل. يمكن العثور على وصف أكثر تفصيلاً، يكفي لتمكين أي مهندس من بناء آلة مماثلة، في العديد من المجلات الكهربائية في تلك الفترة.

إن الملفات التحريضية التي يتم تشغيلها من الآلة صغيرة نوعًا ما، وتحتوي على من 5000 إلى دورة في المرحلة الثانوية. يتم غمرها في زيت بذر الكتان المغلي، الموجود في صناديق 15000 خشبية مغطاة بطبقة من الزنك.

لقد وجدت أنه من المفيد عكس الوضع المعتاد للأسلاك، ولف الانتخابات التمهيدية في هذه الملفات في الأعلى؛ مما يسمح باستخدام مبدئي أكبر بكثير، مما يقلل بالطبع من خطر ارتفاع درجة الحرارة ويزيد من إخراج الملف. أجعل المرحلة الابتدائية على كل جانب أقصر بسنتيمتر واحد على الأقل من المرحلة الثانوية، لمنع حدوث اختراق على الأطراف، وهو ما سيحدث بالتأكيد ما لم يكن العزل في الجزء العلوي من المرحلة الثانوية سميكًا جدًا، وهذا بالطبع سيكون غير مؤات عندما يصبح الملف الأولي متحركًا، وهو أمر ضروري في بعض التجارب، وفي كثير من الأحيان مناسب لأغراض الضبط، أقوم بتغطية الثانوي بالشمع، وأطفئه في مخروطة بقطر أصغر قليلًا من الجزء الداخلي للملف الأولي. هذا الأخير أقوم بتزويده بمقبض يمتد من الزيت، والذي يعمل على تحريكه في أي موضع على طول المرحلة الثانوية.

سأجرؤ الآن على إبداء بعض الملاحظات، فيما يتعلق بالمعالجة العامة لملفات الحث، التي تتعلق بنقاط لم يتم تقديرها بالكامل في تجارب سابقة مع مثل هذه الملفات، وحتى الآن غالبًا ما يتم التغاضي عنها.

عادةً ما يمتلك الملف الثانوي تحريضًا ذاتيًا عاليًا بحيث يكون التيار عبر السلك غير ملموس، وقد يكون كذلك حتى عندما يتم توصيل الأطراف بواسطة موصل ذي مقاومة صغيرة. إذا تمت إضافة السعة إلى الأطراف، يتم مقاومة الحث الذاتي، ويتم جعل تيار أقوى يتدفق عبر الثانوي، على الرغم من أن أطرافه معزولة عن بعضها البعض. بالنسبة لشخص غير ملم تمامًا بخصائص التيارات المتناوبة، لن يبدو هناك شيء أكثر حيرة. تم توضيح هذه الميزة في التجربة التي تم إجراؤها في البداية حيث تم ربط الألواح العلوية من الشاش السلبي بالأطراف واللوح المطاطية. عندما تكون صفائح الشاش السلبي قريبة من بعضها البعض، ويمر بينها قوس صغير، يمنع /قوس تيارًا قويًا من المرور عبر الثانوي، لأنه يلغي السعة الموجودة على الأطراف؛ عندما تم إدخال اللوحة المطاطية بينهما، قاومت سعة المكثف المتكون الحث الذاتي للثانوي، ومرر تيار أقوى الآن، وقام الملف بمزيد من العمل، وكان التفريغ أقوى بكثير.

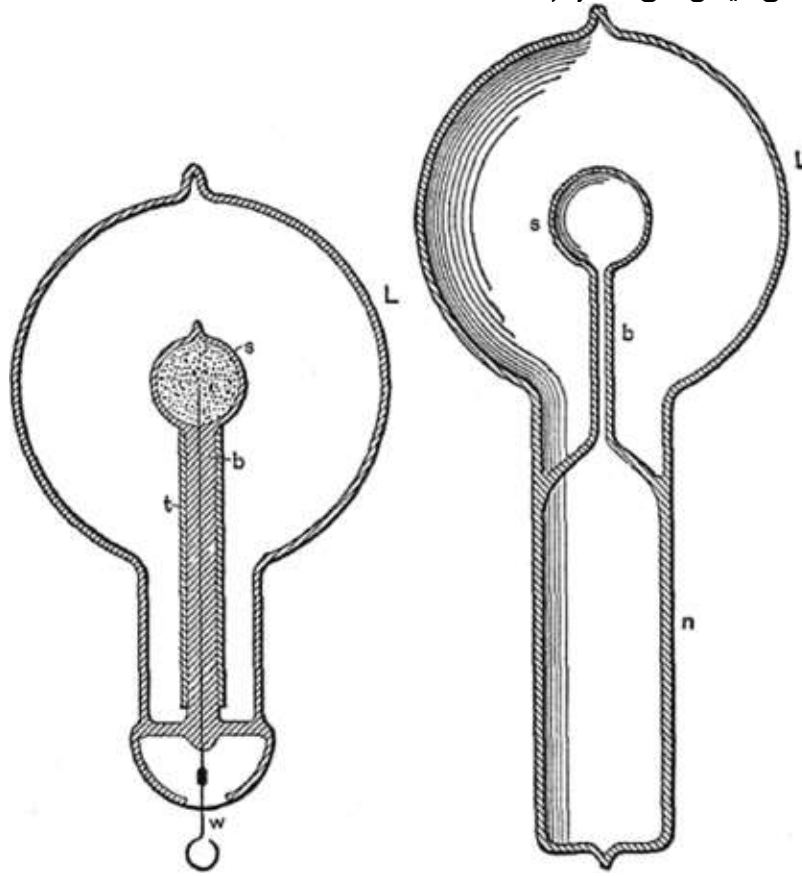
أول شيء، إذن، في تشغيل ملف الحث هو الجمع بين السعة والثانوية للتغلب على الحث الذاتي. إذا كانت الترددات والإمكانات عالية جدًا، فيجب إبعاد المادة الغازية بعناية عن الأسطح المشحونة. إذا تم استخدام مرطبات ليدن، فيجب غمرها في الزيت، وإلا فقد يحدث تبديد كبير إذا تم توتر الجرار بشكل كبير. عند استخدام الترددات العالية، من المهم بنفس القدر دمج المكثف مع المكثف الأساسي. يمكن للمرء استخدام مكثف متصل بأطراف المولد الأساسي أو بأطراف المولد، ولكن لا يوصى باستخدام الأخير، حيث قد تتعرض الآلة للإصابة. أفضل طريقة هي بلا شك استخدام المكثف على التوالي مع الأولي ومع المولد، وضبط قدرته بحيث يتم إلغاء الحث الذاتي لكلا الأخيرين. يجب أن يكون المكثف قابلاً للضبط بخطوات صغيرة جدًا، ولضبط أكثر دقة، يمكن استخدام مكثف زيت صغير مزود بألواح متحركة بشكل ملائم.

أعتقد أنه من الأفضل في هذه المرحلة أن أعرض عليكم ظاهرة لاحظتها منذ فترة، والتي ربما تبدو للباحث العلمي البحث أكثر إثارة للاهتمام من أي من النتائج التي يشرفني أن أقدمها لكم هذا المساء.

قد يتم تصنيفها بشكل صحيح بين ظواهر الفرشاة - في الواقع، إنها فرشاة، تتشكل عند أو بالقرب من طرف واحد في فراغ عالٍ.

في المصابيح المزودة بطرف موصل، على الرغم من أنها مصنوعة من الألومنيوم، فإن الفرشاة ليس لها سوى وجود سريع الزوال، ولا يمكن، لسوء الحظ، الحفاظ عليها إلى أجل غير مسمى في حالتها الأكثر حساسية، حتى في لمبة خالية من أي قطب كهربائي موصل. في دراسة هذه الظاهرة، يجب استخدام لمبة لا تحتوي على سلك موصل. لقد وجدت أنه من الأفضل استخدام المصابيح المصممة كما هو موضح في الشكلين 12 و 13.

يوجد في عنقها أنبوب بارومتر  $L$ ، في الشكل 12، تشتمل اللمبة على كرة مصباح متوهج يجب أن تكون هذه الكرة مغلقة قدر الإمكان  $s$ . محكم الغلق، ويتم نفخ نهايته لتشكل كرة صغيرة في وسط الكرة الأرضية الكبيرة. قبل الختم، يمكن إدخال أنبوب رفيع من صفائح الألومنيوم في أنبوب البارومتر، ولكن ليس من المهم استخدامه.

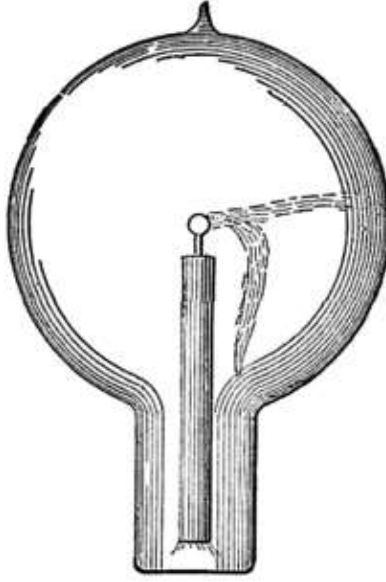


الشكل 12 والشكل 13 لمبات لإنتاج الفرشاة الدوارة.

تمتلئ الكرات المجوفة الصغيرة ببعض المسحوق الموصل، ويتم تثبيت سلك في الرقبة بغرض توصيل المسحوق الموصل بالمولد.

تم اختيار البناء الموضح في الشكل 13 لإزالة أي جسم موصل من الفرشاة قد يؤثر عليها .  
 $s$  ، وكرة صغيرة  $b$  مزودة بأنبوب ،  $n$  ذات رقبة ،  $L$  تتكون اللمبة في هذه الحالة من كرة مصباح محكمة الغلق بها، بحيث يتم تشكيل جزأين مستقلين تمامًا، كما هو موضح في الرسم .عندما تكون اللمبة قيد الاستخدام، يتم تزويد الرقبة بطبقة من ورق القصدير، والتي يتم توصيلها بالمولد وتعمل حثيًا على الغاز المخلخل بشكل معتدل وعالي التوصيل الموجود في الرقبة .ومن هناك يمر  $L$  . ليعمل عن طريق الحث على الغاز الموجود في الكرة  $s$  إلى الكرة الصغيرة  $b$  التيار عبر الأنبوب من المفيد جعل الأنبوب سميكًا جدًا، والثقب الذي يمر عبره صغيرًا جدًا، ونفخ الكرة رقيقة جدًا .  
 $L$  من الأهمية بمكان أن يتم وضع الكرة في وسط الكرة الأرضية

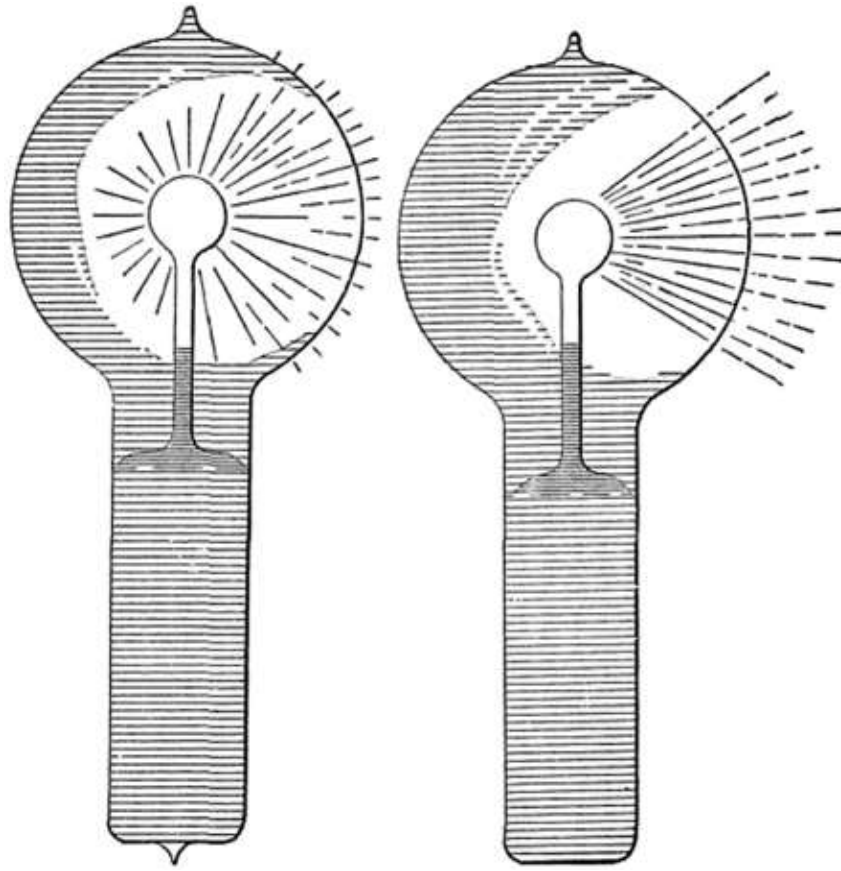
تين .تشير الأرقام 14 و15 و16 إلى أشكال أو مراحل مختلفة للفرشاة .يوضح الشكل 14 الفرشاة كما تظهر لأول مرة في لمبة مزودة بطرف موصل؛ ولكن، كما هو الحال في مثل هذا المصباح، فإنه يختفي قريبًا جدًا - غالبًا بعد بضع دقائق - سأقتصر على وصف الظاهرة كما تظهر



:في المصباح بدون قطب كهربائي موصل .وبلاحظ في ظل الظروف التالية

**الشكل 14** :أشكال وأطوار الفرشاة الدوارة

(الشكل 12 و13) إلى درجة عالية جدًا، لا يتم إثارة المصباح  $L$  عندما يتم استنفاد الكرة الأرضية عمومًا عند توصيل السلك ث (الشكل 12) (أو طبقة البراندي للمصباح) (الشكل 13) (بالطرف من باليد .ينتشر بعد ذلك توهج  $L$  الملف التعريفي .لإثارة الأمر، يكفي عادةً الإمساك بالكرة الأرضية شديد في البداية عبر الكرة الأرضية، ولكنه سرعان ما يفسح المجال لضوء أبيض ضبابي .وبعد فترة قصيرة يمكن ملاحظة أن اللامعان يتوزع بشكل غير متساو في الكرة الأرضية، وبعد مرور التيار لبعض الوقت تظهر اللمبة كما في الشكل 15 .ومن هذه المرحلة ستنتقل الظاهرة تدريجياً إلى ما هو موضح في الشكل 16، بعد مرور بعض الوقت .دقائق أو ساعات أو أيام أو أسابيع، حسب عمل المصباح .يؤدي تسخين المصباح أو زيادة الجهد إلى تسريع عملية العبور



الشكل 15 والشكل 16 أشكال ومراحل الفرشاة الدوارة.

عندما تتخذ الفرشاة الشكل الموضح في الشكل 16، فقد تصل إلى حالة حساسية شديدة للتأثير الكهروستاتيكي والمغناطيسي. المصباح المتدلي بشكل مستقيم من السلك، وجميع الأشياء البعيدة عنه، فإن اقتراب المراقب على بعد خطوات قليلة من المصباح سوف يتسبب في تحليق الفرشاة إلى الجانب الآخر، وإذا كان يمشي حول المصباح فسوف يطير دائماً إبقاء على الجانب الآخر. وقد يبدأ بالدوران حول المحطة قبل وقت طويل من وصوله إلى تلك المرحلة الحساسة. عندما يبدأ بالدوران، بشكل أساسي، ولكن أيضاً من قبل، فإنه يتأثر بالمغناطيس، وفي مرحلة معينة يكون عرضة للتأثير المغناطيسي بدرجة مذهلة. سيؤثر مغناطيس صغير دائم، بأقطابه على مسافة لا تزيد عن 2 سم، بشكل واضح على مسافة 2 متر، مما يؤدي إلى إبطاء أو تسريع الدوران وفقاً لكيفية إمساكه نسبياً بالفرشاة. أعتقد أنني لاحظت أنه في المرحلة التي تكون فيها أكثر حساسية للمغناطيس، فهي ليست أكثر حساسية للتأثير الكهروستاتيكي. تفسيري هو أن الجذب الكهروستاتيكي بين الفرشاة وزجاج المصباح، والذي يؤخر الدوران، ينمو بشكل أسرع بكثير من التأثير المغناطيسي عند زيادة شدة التيار.

لأسفل، يكون الدوران دائماً في اتجاه عقارب الساعة.  $L$  عندما يتدلى المصباح والكرة الأرضية وفي نصف الكرة الجنوبي قد يحدث ذلك في الاتجاه المعاكس وعلى خط الاستواء لا ينبغي أن تدور الفرشاة على الإطلاق. يمكن عكس الدوران بواسطة مغناطيس يتم الاحتفاظ به على مسافة معينة. يبدو أن الفرشاة تدور بشكل أفضل عندما تكون بزاوية قائمة على خطوط قوة

الأرض .من المحتمل جدًا أنه يدور، عندما يكون بسرعه القصوى، بالتزامن مع التناوبات، على سبيل المثال 10000 مرة في الثانية .يمكن إبطاء الدوران أو تسريعه عن طريق اقتراب أو تراجع الراصد، أو أي جسم موصل، ولكن لا يمكن عكسه عن طريق وضع المصباح في أي موضع .عندما يكون في حالة الحساسية القصوى ويتنوع الإمكانية أو التردد، تتضاءل الحساسية بسرعة . سيؤدي تغيير أي من هذه العناصر ولكن قليلًا إلى إيقاف التدوير بشكل عام .تتأثر الحساسية أيضًا بالتغيرات في درجات الحرارة .لتحقيق حساسية كبيرة، من الضروري وجود كرة صغيرة في وسط وإلا فإن التأثير الكهروستاتيكي لزجاج الكرة الأرضية سوف يميل إلى إيقاف  $L$  الكرة الأرضية الدوران .يجب أن تكون الكرة صغيرة وذات سماكة موحدة؛ أي عدم تناسق بالطبع له تأثير على تقليل الحساسية

حقيقة أن الفرشاة تدور في اتجاه محدد في مجال مغناطيسي دائم يبدو أنها تظهر أنه في التيارات المتناوبة ذات التردد العالي جدًا، لا تكون النبضات الموجبة والسالبة متساوية، لكن أحدهما يرجح دائمًا على الآخر

وبطبيعة الحال، قد يكون هذا الدوران في اتجاه واحد بسبب تأثير عنصرين لهما نفس التيار على بعضهما البعض، أو بسبب تأثير المجال الناتج عن أحد العناصر على الآخر، كما هو الحال في المحرك المتسلسل، دون الحاجة بالضرورة إلى دافع واحد أقوى من الآخر .إن حقيقة أن الفرشاة تدور، بقدر ما أستطيع ملاحظته، في أي موضع، من شأنها أن تحدث عن هذا الرأي .وفي مثل هذه الحالة سوف يدور عند أي نقطة من سطح الأرض .ولكن، من ناحية أخرى، يصعب تفسير السبب الذي يجعل المغناطيس الدائم يعكس دورانه، ويجب على المرء أن يفترض رجحان نبضات من نوع واحد

أما أسباب تكون الفرشاة أو التيار، فأعتقد أنها ترجع إلى الفعل الكهروستاتيكي للكرة الأرضية عبارة عن مجالات متحدة المركز  $L$  وعدم تناسق أجزائها .إذا كانت المصابيح الصغيرة والكرة الأرضية مثالية، والزجاج بنفس السمك والجودة، أعتقد أن الفرشاة لن تتشكل، لأن الميل إلى المرور سيكون متساويًا من جميع الجوانب .إن كون التيار ناتجًا عن عدم انتظام هو أمر واضح من حقيقة أنه يميل إلى البقاء في موضع واحد، ويحدث الدوران بشكل عام فقط عندما يتم إخراجها من هذا الموضع عن طريق التأثير الكهروستاتيكي أو المغناطيسي .عندما يكون في حالة حساسة للغاية، فإنه يستقر في موضع واحد، ويمكن إجراء معظم التجارب الغريبة معه .على سبيل المثال، يمكن للمختبر، عن طريق اختيار الوضع المناسب، أن يقترب من اليد على مسافة كبيرة معينة من البصلة، وقد يتسبب في مرور الفرشاة بمجرد تقوية عضلات الذراع .عندما تبدأ في الدوران ببطء، ويتم الإمساك باليدين على مسافة مناسبة، فمن المستحيل القيام حتى بأدنى حركة دون إحداث تأثير مرئي على الفرشاة .تؤثر لوحة معدنية متصلة بالطرف الآخر للملف على مسافة كبيرة، مما يؤدي إلى إبطاء الدوران في كثير من الأحيان إلى دورة واحدة في الثانية

أنا على قناعة راسخة بأن مثل هذه الفرشاة، عندما نتعلم كيفية إنتاجها بشكل صحيح، سوف تكون بمثابة مساعدة قيمة في التحقيق في طبيعة القوى المؤثرة في المجال الكهروستاتيكي أو المغناطيسي .إذا كانت هناك أي حركة يمكن قياسها في الفضاء، فيجب أن تكشفها مثل هذه الفرشاة .إنه، إذا جاز التعبير، شعاع من الضوء، عديم الاحتكاك، خاليًا من القصور الذاتي

وأعتقد أنه قد يجد تطبيقات عملية في مجال الإبراق .باستخدام مثل هذه الفرشاة، سيكون من الممكن إرسال إرساليات عبر المحيط الأطلسي، على سبيل المثال، بأي سرعة، نظرًا لأن حساسيتها قد تكون كبيرة جدًا بحيث تؤثر عليها أدنى التغيرات .ولو كان من الممكن جعل التيار أكثر كثافة وضيقًا جدًا، لأمكن تصوير انحرافاته بسهولة

لقد كنت مهتمًا بمعرفة ما إذا كان هناك دوران للتيار نفسه، أو ما إذا كان هناك ببساطة إجهاد ينتقل حول المصباح .لهذا الغرض قمت بتركيب مروحة ميكانيكية بحيث تكون دواراتها في مسار الفرشاة .إذا كان التيار نفسه يدور، فسوف تدور المروحة .لم أتمكن من إنتاج دوران واضح للمروحة، على الرغم من أنني حاولت التجربة مرارًا وتكرارًا؛ ولكن نظرًا لأن المروحة مارست تأثيرًا



ملحوظاً على التيار، ولم يكن الدوران الظاهري للأخير، في هذه الحالة، مرضياً تماماً، فإن التجربة لم تبدو حاسمة

لم أتمكن من إنتاج هذه الظاهرة باستخدام ملف التفريغ المعطل، على الرغم من أنه يمكن إنتاج كل هذه الظواهر الأخرى بشكل جيد بواسطة - في الواقع، العديد منها أفضل بكثير من الملفات التي يتم تشغيلها من مولد كهربائي

قد يكون من الممكن إنتاج الفرشاة عن طريق نبضات في اتجاه واحد، أو حتى عن طريق جهد ثابت، وفي هذه الحالة ستظل أكثر حساسية للتأثير المغناطيسي

عند تشغيل ملف تحريضي بتيارات متناوبة سريعة، ندرك بدهشة، ولأول مرة، الأهمية الكبيرة للعلاقة بين السعة والحث الذاتي والتردد فيما يتعلق بالنتيجة العامة. إن تأثيرات القدرة هي الأكثر إثارة للانتباه، لأنه في هذه التجارب، نظراً لأن الحث الذاتي والتردد مرتفعان، فإن القدرة الحرجة صغيرة جداً، وتحتاج إلى التغيير قليلاً لإحداث تغيير كبير جداً. قد يجعل المجرب جسمه ملامساً لأطراف الملف الثانوي، أو يعلق على أحد الطرفين أو كليهما أجسام معزولة ذات كتلة صغيرة جداً، مثل المصابيح، وقد يحدث ارتفاعاً أو انخفاضاً كبيراً في الجهد، وبشكل كبير تؤثر على تدفق التيار من خلال الابتدائي. في التجربة الموضحة سابقاً، حيث تظهر فرشاة على سلك متصل بأحد طرفيه، ويهتز السلك عندما يجعل المجرب جسمه المعزول في اتصال مع الطرف الآخر للملف، أصبح الارتفاع المفاجئ في الجهد واضحاً

قد أبين لك سلوك الملف بطريقة أخرى تمتلك سمة مثيرة للاهتمام. لدي هنا مروحة خفيفة صغيرة من صفائح الألمنيوم، مثبتة بإبرة ومرتبعة لدور بحرية في قطعة معدنية مثبتة بمسمار في أحد أطراف الملف. عندما يتم ضبط الملف على العمل، تنجذب جزيئات الهواء وتتناثر بشكل إيقاعي. وبما أن القوة التي يتم صدها بها أكبر من تلك التي تنجذب بها، فإن ذلك يؤدي إلى حدوث تناثر على أسطح المروحة. إذا كانت المروحة مصنوعة ببساطة من صفائح معدنية، فسيكون التناثر متساوياً على الجانبين المتقابلين، ولن ينتج أي تأثير. ولكن إذا تم حجب أحد الأسطح المتقابلة، أو إذا، بشكل عام، تم إضعاف القصف على هذا الجانب بطريقة أو بأخرى، يبقى هناك التناثر الذي يمارس على الجانب الآخر، ويتم ضبط المروحة على الدوران. يتم تنفيذ التجربة بشكل أفضل عن طريق تثبيت على أحد الجانبين المتقابلين للطبقات الموصلة المعزولة للمروحة، أو، إذا كانت المروحة مصنوعة على شكل برغي مروحة عادي، عن طريق التثبيت على جانب واحد وبالقرب منه، معدن معزول طبق. ومع ذلك، يمكن حذف الشاشة الثابتة، والاكتفاء بسمك المادة العازلة المثبتة على أحد جوانب المروحة

لإظهار سلوك الملف، يمكن وضع المروحة على الطرف وسوف تدور بسهولة عندما يتم تشغيل الملف بواسطة تيارات ذات تردد عالي جداً. مع إمكانية ثابتة، بالطبع، وحتى مع التيارات المتناوبة ذات التردد المنخفض جداً، فإنها لن تدور، بسبب التبادل البطيء جداً للهواء، وبالتالي القصف الأصغر؛ ولكن في الحالة الأخيرة قد يتحول الأمر إذا كانت الإمكانات مفرطة. مع العجلة الديوسية، تنطبق القاعدة المعاكسة تماماً؛ فهو يدور بشكل أفضل مع جهد ثابت، وكلما قل الجهد كلما زاد التردد. الآن، من السهل جداً ضبط الظروف بحيث لا تكون الإمكانات كافية عادةً لتشغيل المروحة، ولكن من خلال توصيل الطرف الآخر للملف بجسم معزول، ترتفع إلى قيمة أكبر بكثير، وذلك لتدوير المروحة مروحة، ومن الممكن أيضاً إيقاف الدوران عن طريق توصيل جسم بأحجام مختلفة بالجهاز، مما يقلل من الإمكانات

بدلاً من استخدام المروحة في هذه التجربة، يمكننا استخدام مقياس الإشعاع "الكهربائي" ذو التأثير المماثل. ولكن في هذه الحالة، سيتبين أن الريش لن تدور إلا عند الإرهاق الشديد أو عند الضغوط العادية؛ ولن تدور عند ضغوط معتدلة، عندما يكون الهواء عالي التوصيل. هذه الملاحظة الغريبة قمت بها أنا والبروفيسور كروكس بشكل مشترك. أعزو النتيجة إلى الموصلية العالية للهواء، حيث لا تعمل جزيئاته كحاملات مستقلة للشحنات الكهربائية، ولكنها تعمل معاً كجسم موصل واحد. في مثل هذه الحالة، بالطبع، إذا كان هناك أي تناثر على الإطلاق لجميع الجزيئات من الريش، فيجب أن يكون صغيراً جداً. ومع ذلك، فمن الممكن أن تكون النتيجة ترجع جزئياً إلى

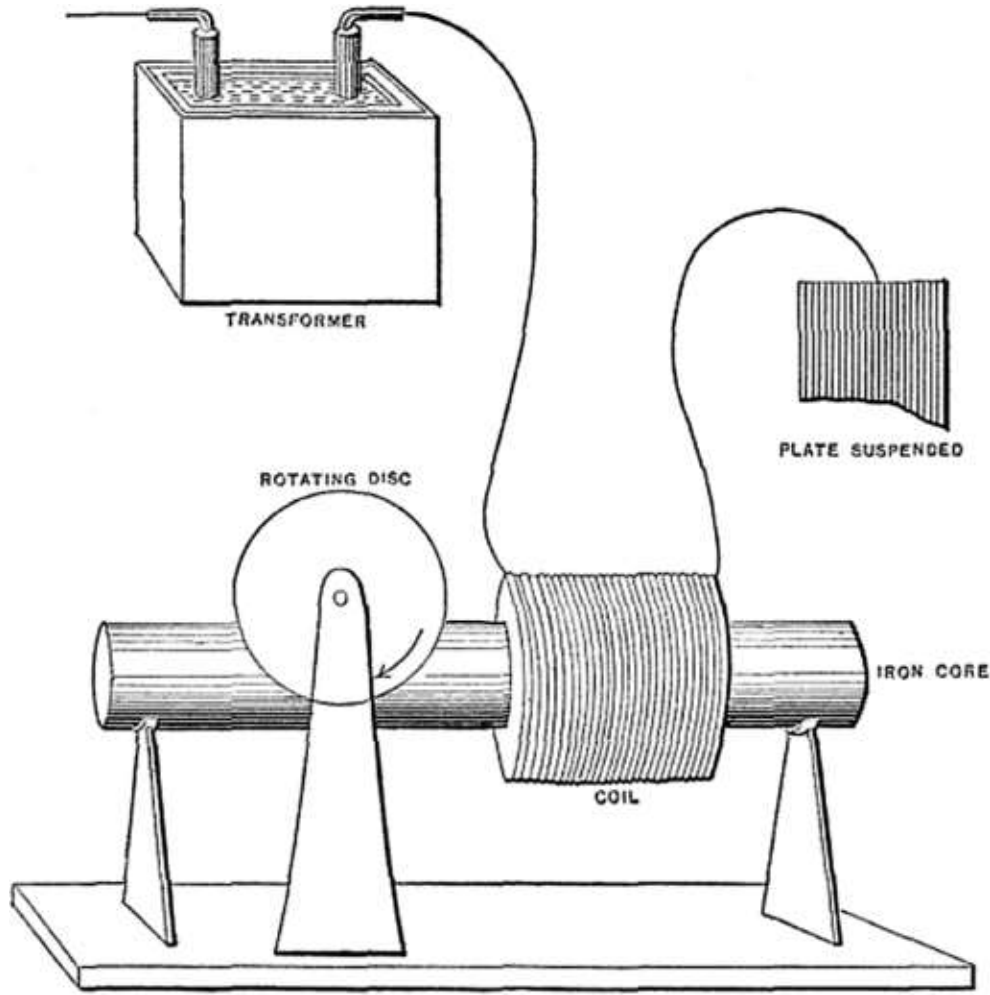
حقيقة أن الجزء الأكبر من التفريغ يمر من السلك الموصل عبر الغاز عالي التوصيل، بدلاً من المرور من دوائر التوصيل.

في تجربة التجربة السابقة باستخدام مقياس الإشعاع الكهربائي، يجب ألا يتجاوز الجهد حدًا معينًا، حيث قد يكون الجذب الكهروستاتيكي بين ريش اللمة وزجاج المصباح كبيرًا لدرجة إيقاف الدوران.

الميزة الأكثر إثارة للفضول للتيارات البديلة ذات الترددات والإمكانات العالية هي أنها تمكننا من إجراء العديد من التجارب باستخدام سلك واحد فقط. في كثير من النواحي، هذه الميزة ذات أهمية كبيرة.

في نوع محرك التيار البديل الذي اخترعته منذ بضع سنوات، قمت بإحداث دوران عن طريق تحريض تيارات ثانوية، عن طريق تيار متردد واحد يمر عبر دائرة محرك، في الكتلة أو دوائر أخرى للمحرك، والتي، بالاشتراك مع أنشأ التيار الأساسي أو المحفز مجالًا متحركًا للقوة. يتم الحصول على شكل بسيط ولكن خام لمثل هذا المحرك عن طريق لف ملف أساسي على قلب حديدي، وبالقرب منه ملف ثانوي، وربط طرفي الأخير ووضع قرص معدني متحرك بحرية تحت تأثير المجال الناتج عن كليهما. يتم استخدام القلب الحديدي لأسباب واضحة، ولكنه ليس ضروريًا للعملية. لتحسين المحرك، تم تصنيع القلب الحديدي لتطويق عضو الإنتاج. مرة أخرى للتحسين، تم تصنيع الملف الثانوي ليتداخل جزئيًا مع الملف الأولي، بحيث لا يستطيع تحرير نفسه من العمل التحريضي القوي للأخير، أو صد خطوطه قدر الإمكان. مرة أخرى للتحسين، يتم الحصول على فرق الطور المناسب بين التيارات الأولية والثانوية بواسطة مكثف، أو تحريض ذاتي، أو مقاومة أو ملفات مكافئة.

لكنني اكتشفت أن الدوران يتم عن طريق ملف واحد ونواة واحدة؛ تفسيري لهذه الظاهرة، والفكرة الرائدة في تجربة التجربة، هو أنه يجب أن يكون هناك فارق زمني حقيقي في مغنطة النواة. أتذكر المتعة التي شعرت بها عندما وجدت، في كتابات البروفيسور أيرتون، والتي وصلت إلى يدي لاحقًا، فكرة الفارق الزمني مؤيدة. ما إذا كان هناك فارق زمني حقيقي، أو ما إذا كان التخلف ناجمًا عن تيارات دوامية تدور في مسارات دقيقة، يجب أن يظل سؤالًا مفتوحًا، ولكن الحقيقة هي أن ملفًا ملفوفًا على قلب حديدي ويجتازه تيار متردد يخلق مجالًا متحركًا من القوة، قادرة على ضبط المحرك في الدوران. من المثير للاهتمام، بالتزامن مع تجربة أراجو التاريخية، أن نذكر أنه في المحركات المتأخرة أو الطورية أنتجت دورانًا في الاتجاه المعاكس للمجال المتحرك، مما يعني أنه في تلك التجربة قد لا يدور المغناطيس، أو ربما حتى تدور في الاتجاه المعاكس للقرص المتحرك. هنا، إذن، محرك (موضح تخطيطيًا في الشكل 17)، يشتمل على ملف ونواة حديدية، وقرص نحاسي متحرك بحرية بالقرب من الأخير.



"الشكل 17: محرك ذو سلك واحد ومحرك "بدون سلك".

ولإظهار ميزة جديدة ومثيرة للاهتمام، قمت، لسبب سأشرحه، باختيار هذا النوع من المحركات. عندما يتم توصيل نهايات الملف بأطراف المولد، يتم ضبط القرص على الدوران. لكن ليست هذه التجربة، المعروفة الآن، هي التي أرغب في القيام بها. ما أود أن أوضحه لك هو أن هذا المحرك يدور بوحدة واحدة بينه وبين المولد؛ وهذا يعني أن أحد أطراف المحرك متصل بطرف واحد من المولد - في هذه الحالة الطرف الثانوي لملف الحث عالي التوتر - ويتم عزل الأطراف الأخرى للمحرك والمولد في الفضاء. لإنتاج الدوران، من الضروري عمومًا (ولكن ليس بشكل مطلق) توصيل الطرف الحر لملف المحرك بجسم معزول ذي حجم معين. جسد المجرب أكثر من كافٍ، إذا لمس الطرف الحر بجسم ممسوك باليد، يمر تيار عبر الملف ويدور القرص النحاسي. إذا تم توصيل أنبوب مستند على التوالي مع الملف، يضئ الأنبوب ببراعة، مما يدل على مرور تيار قوي. وبدلاً من جسم المجرب يمكن استخدام صفيحة معدنية صغيرة معلقة على سلك للحصول على نفس النتيجة. في هذه الحالة، تعمل اللوحة كمكثف متصل بالملف على التوالي. إنه يتصدى للتحريض الذاتي للأخير ويسمح بمرور تيار قوي. في مثل هذا الجمع، كلما زاد الحث الذاتي للملف، قلت الحاجة إلى اللوحة، وهذا يعني أن هناك حاجة إلى تردد أقل، أو في النهاية إمكانات أقل، لتشغيل

المحرك .ملف واحد ملفوف على قلب لديه تحريض ذاتي عالي؛ ولهذا السبب، تم اختيار هذا النوع من المحركات لإجراء التجربة .إذا تم لف ملف ثانوي مغلق على القلب، فإنه يميل إلى تقليل الحث الذاتي، ومن ثم سيكون من الضروري استخدام تردد وإمكانات أعلى بكثير .لا يُنصح بأي منهما، لأن الإمكانية الأعلى قد تعرض عزل الملف الأولي الصغير للخطر، كما أن التردد الأعلى قد يؤدي إلى انخفاض عزم الدوران بشكل ملموس

تجدر الإشارة إلى أنه عند استخدام مثل هذا المحرك ذو المحرك الثانوي المغلق، فإنه ليس من السهل على الإطلاق الحصول على دوران بترددات مفرطة، حيث أن المحرك الثانوي يقطع خطوط المحرك الأساسي بالكامل تقريبًا - وهذا بالطبع كلما زاد كلما زاد التردد - ويسمح بمرور تيار دقيق فقط .في مثل هذه الحالة، ما لم يتم إغلاق الملف الثانوي من خلال مكثف، فمن الضروري تقريبًا، من أجل إنتاج الدوران، جعل الملفين الأولي والثانوي يتداخلان مع بعضهما البعض أكثر أو أقل ولكن هناك ميزة إضافية مثيرة للاهتمام حول هذا المحرك، وهي أنه ليس من الضروري أن يكون هناك حتى اتصال واحد بين المحرك والمولد، باستثناء ربما من خلال الأرض؛ لأن اللوحة المعزولة ليست فقط قادرة على إطلاق الطاقة في الفضاء، ولكنها أيضًا قادرة على استخلاصها من مجال كهروستاتيكي متناوب، على الرغم من أن الطاقة المتاحة في الحالة الأخيرة أصغر بكثير .في هذه الحالة، يتم توصيل أحد أطراف المحرك باللوحة المعزولة أو الجسم الموجود داخل المجال الكهروستاتيكي المتناوب، ويفضل توصيل الطرف الآخر بالأرض

ومع ذلك، فمن الممكن تمامًا أن مثل هذه المحركات "غير السلوكية"، كما يمكن تسميتها، يمكن تشغيلها بالتوصيل عبر الهواء المتخلخل على مسافات كبيرة .تمر التيارات البديلة، وخاصة ذات الترددات العالية، بحرية مذهلة عبر الغازات المتخلخلة قليلاً .الطبقات العليا من الهواء متخلخلة .إن الوصول إلى عدد من الأميال في الفضاء يتطلب التغلب على الصعوبات ذات الطبيعة الميكانيكية البحتة .ليس هناك شك في أنه مع الإمكانيات الهائلة التي يمكن الحصول عليها عن طريق استخدام الترددات العالية والعزل الزيتي، يمكن تمرير التفريغات المضئية عبر أميال عديدة من الهواء المتخلخل، وذلك من خلال توجيه طاقة عدة مئات أو آلاف من القدرة الحصانية أو المحركات أو المصابيح .يمكن تشغيلها على مسافات كبيرة من مصادر ثابتة .لكن مثل هذه المخططات يتم ذكرها على أنها مجرد احتمالات .لن تكون لدينا حاجة لنقل الطاقة بهذه الطريقة .لن تكون لدينا حاجة لنقل الطاقة على الإطلاق .قبل أن تمر أجيال عديدة، ستكون أجهزتنا مدفوعة بقوة يمكن الحصول عليها في أي نقطة من الكون .هذه الفكرة ليست جديدة .لقد تم دفع الرجال إليها منذ فترة طويلة عن طريق الغريزة أو العقل .وقد تم التعبير عنه بطرق عديدة، وفي أماكن كثيرة، في التاريخ القديم والجديد .ونجده في أسطورة أنثيوس المبهجة، الذي يستمد قوته من الأرض؛ نجده في تأملات أحد علماء الرياضيات الرائعين عندكم، وفي كثير من تلميحات وأقوال مفكري العصر الحاضر .في جميع أنحاء الفضاء هناك طاقة .هل هذه الطاقة ثابتة أم حركية؟ إذا كانت ساكنة آملنا تذهب سدى؛ إذا كانت حركية - وهذا ما نعرفه بالتأكيد - فهي مجرد مسألة وقت عندما ينجح البشر في ربط آلاتهم بعجلات الطبيعة نفسها .ومن بين الجميع، أحياء أو أمواتًا، كان كروكس هو الأقرب للقيام بذلك .سوف يتحول مقياس الإشعاع الخاص به في ضوء النهار وفي ظلام الليل؛ سوف تدور في كل مكان حيث توجد حرارة، والحرارة في كل مكان .لكن، لسوء الحظ، هذه الآلة الصغيرة الجميلة، رغم أنها ستنتقل إلى الأجيال القادمة باعتبارها الأكثر إثارة للاهتمام، يجب أيضًا أن يتم تسجيلها باعتبارها الآلة الأقل كفاءة التي تم اختراعها على الإطلاق

التجربة السابقة ليست سوى واحدة من العديد من التجارب المثيرة للاهتمام والتي يمكن إجراؤها باستخدام سلك واحد فقط مع تناوبات ذات إمكانات وترددات عالية .قد نقوم بتوصيل خط معزول بمصدر لهذه التيارات، وقد نمرر تيارًا لا يمكن تقديره عبر الخط، وفي أي نقطة من نفس النقطة نكون قادرين على الحصول على تيار ثقيل، قادر على دمج سلك نحاسي سميك .أو قد نقوم، بمساعدة بعض الحيلة، بتحليل محلول في أي خلية تحليل كهربائي عن طريق توصيل قطب واحد فقط من الخلية بخط أو مصدر الطاقة .أو يمكننا، عن طريق ربط الخط، أو جلبه إلى جواره فقط، أن نشعل مصباحًا متوهجًا، أو أنبوبيًا مستنفذًا، أو لمبة فسفورية

على الرغم من أن خطة العمل هذه قد تبدو غير عملية في كثير من الحالات، إلا أنها تبدو بالتأكيد عملية، بل ويوصى بها، في إنتاج الضوء. لا يتطلب المصباح المثالي إلا القليل من الطاقة، وإذا تم استخدام الأسلاك على الإطلاق، فيجب أن تكون قادرين على توفير تلك الطاقة دون سلك رجعي.

لقد أصبح من الواقع الآن أن الجسم يمكن أن يصبح متوهجًا أو فسفوريًا عن طريق جعله إما في اتصال فردي أو فقط بالقرب من مصدر نبضات كهربائية ذات طبيعة مناسبة، وبهذه الطريقة تكون كمية الضوء كافية لتحمل مصدرًا للنبضات الكهربائية. قد يتم إنتاج إضاءة عملية. ومن ثم، على أقل تقدير، من المفيد محاولة تحديد أفضل الظروف واختراع أفضل الأجهزة لتحقيق هذا الهدف وقد اكتسبنا بالفعل بعض التجارب في هذا الاتجاه، وسوف أتناولها بإيجاز، على أمل أن تكون مفيدة.

إن تسخين جسم موصل محاط بمصباح، ومتصل بمصدر نبضات كهربائية متناوبة بسرعة، يعتمد على أشياء كثيرة ذات طبيعة مختلفة، بحيث يكون من الصعب إعطاء قاعدة قابلة للتطبيق بشكل عام والتي بموجبها يحدث الحد الأقصى للتسخين. فيما يتعلق بحجم الوعاء، فقد وجدت مؤخرًا أنه عند الضغط الجوي العادي أو الذي يختلف قليلاً فقط، عندما يكون الهواء عازلاً جيداً، وبالتالي عملياً نفس الكمية من الطاقة بقدرة وتردد معينين تنطلق من الجسم، سواء كانت البصيلة صغيرة أو كبيرة، فإن الجسم يصل إلى درجة حرارة أعلى إذا كان داخل بصيلة صغيرة، وذلك بسبب حبس الحرارة بشكل أفضل في هذه الحالة.

عند الضغوط المنخفضة، عندما يصبح الهواء موصلًا بدرجة أكبر أو أقل، أو إذا تم تسخين الهواء بدرجة كافية ليصبح موصلًا، يصبح الجسم متوهجًا بكثافة أكبر في لمبة كبيرة، وذلك بوضوح لأنه في ظل ظروف الاختبار المتساوية، قد يتم توفير المزيد من الطاقة تنطلق من الجسم عندما تكون البصيلة كبيرة.

عند درجات الإنهاك العالية جدًا، عندما تصبح المادة الموجودة في المصباح "مشعة"، يظل للبصيلة الكبيرة أفضلية، ولكن طفيفة نسبيًا، على البصيلة الصغيرة. أخيرًا، عند درجات الإرهاق العالية للغاية، والتي لا يمكن الوصول إليها إلا عن طريق استخدام وسائل خاصة، يبدو أنه لا يوجد فرق ملموس في التسخين، باستثناء حجم معين وصغير نوعًا ما من الوعاء.

كانت هذه الملاحظات نتيجة لعدد من التجارب، منها واحدة تظهر تأثير حجم المصباح عند درجة عالية من الإرهاق، ويمكن وصفها وإظهارها هنا، لأنها تقدم سمة مثيرة للاهتمام. تم أخذ ثلاث لمبات كروية بأقطار 2 بوصة، 3 بوصة، 4 بوصة، وتم تركيب في وسط كل منها طول متساوي من فتيل المصباح المتوهج العادي بسمك موحد. في كل لمبة، تم تثبيت قطعة الشعيرة بالسلك الرئيسي من البلاتين، الموجود في ساق زجاجي مغلق في المصباح؛ وبطبيعة الحال، يتم الحرص على جعل كل شيء متشابهًا قدر الإمكان. على كل ساق زجاجي داخل المصباح، تم وضع أنبوب مصقول للغاية مصنوع من صفائح الألومنيوم، والذي تم تركيبه على الجذع وتم تثبيته عليه بواسطة ضغط الزنبرك. سيتم شرح وظيفة أنبوب الألومنيوم هذا لاحقًا. في كل لمبة، يبرز طول متساوٍ من الفتيل فوق الأنبوب المعدني. ويكفي أن نقول الآن أنه في ظل هذه الظروف، تم جلب أطوال متساوية من خيوط لها نفس السمك - وبعبارة أخرى، أجسام ذات حجم متساوٍ - إلى التوهج. تم عند الوصول إلى فراغ عالٍ، Sprengel إغلاق المصابيح الثلاثة في أنبوب زجاجي متصل بمضخة تم إغلاق الأنبوب الزجاجي الذي يحمل المصابيح. تم بعد ذلك تشغيل تيار على التوالي على كل لمبة، ووجد أن الخيوط وصلت إلى نفس السطوع تقريبًا، وإذا كان هناك أي شيء، فإن أصغر لمبة، والتي تم وضعها في منتصف المسافة بين المصباحين الأكبر حجمًا، ربما كانت أكثر سطوعًا قليلًا. وكانت هذه النتيجة متوقعة، لأنه عندما يتم توصيل أحد المصابيح بالملف ينتشر الضوء عبر المصباحين الآخرين، ومن ثم فإن المصابيح الثلاثة تشكل وعاءً واحدًا حقًا. عندما تم توصيل جميع المصابيح الثلاثة في قوس متعدد بالملف، في أكبرها، توهج الفتيل بشكل أكثر سطوعًا، وفي الأصغر الذي يليه كان أقل سطوعًا، وفي الأصغر وصل إلى اللون الأحمر فقط. تم بعد ذلك إغلاق

المصابيح وتجربتها بشكل منفصل. أصبح سطوع الخيوط الآن كما كان متوقعًا على افتراض أن الطاقة المنبعثة كانت متناسبة مع سطح المصباح، وهذا السطح في كل حالة يمثل إحدى طبقات المكثف. وبناءً على ذلك، كان الفرق بين الللمبة الأكبر والمتوسطة الحجم أقل من الفرق بين الللمبة الأخيرة والأصغر.

تم إجراء ملاحظة مثيرة للاهتمام في هذه التجربة. تم تعليق المصابيح الثلاثة من سلك مستقيم عاري متصل بطرف الملف، حيث يتم وضع المصباح الأكبر في نهاية السلك، وعلى مسافة منه المصباح الأصغر، وعلى مسافة متساوية من الأخير المصباح الأوسط. بحجم واحد. توهجت ذرات الكربون في كلا المصباحين الأكبر حجمًا كما كان متوقعًا، لكن الأصغر لم يحصل على نصيبه بفارق كبير. قادتني هذه الملاحظة إلى تبديل موضع المصابيح، ثم لاحظت أن أيًا من المصابيح الموجودة في المنتصف كان أقل سطوعًا بكثير مما كان عليه في أي موضع آخر. وبطبيعة الحال، تبين أن هذه النتيجة المحيرة ترجع إلى التأثير الكهروستاتيكي بين المصابيح. عندما تم وضعها على مسافة كبيرة، أو عندما تم ربطها بزوايا مثلث متساوي الأضلاع من الأسلاك النحاسية، كانت توهج بالترتيب الذي تحدده أسطحها.

أما شكل السفينة فهو أيضًا له بعض الأهمية، خاصة عند درجات الإرهاق العالية. من بين جميع الإنشاءات الممكنة، يبدو أن الكرة الأرضية الكروية ذات الجسم المقاوم للحرارة المثبتة في مركزها هي الأفضل للاستخدام. لقد ثبت من خلال التجربة أنه في مثل هذه الكرة الأرضية، يتم جلب جسم مقاوم للحرارة من كتلة معينة إلى التوهج بسهولة أكبر من استخدام المصابيح ذات الأشكال المختلفة. هناك أيضًا ميزة في إعطاء الجسم المتوهج شكلًا كرويًا لأسباب بديهية. وعلى أية حال، يجب تثبيت الجسم في المركز، حيث تتصادم الذرات المرتدة من الزجاج. من الأفضل الوصول إلى هذا الكائن في المصباح الكروي. ولكن يتم الحصول عليه أيضًا في وعاء أسطواني به خيط أو خيطان مستقيمان يتطابقان مع محوره، وربما أيضًا في بصيلات مكافئة أو كروية مع وضع الجسم أو الأجسام المقاومة للحرارة في بؤرة أو بؤر نفس الشيء؛ على الرغم من أن هذا الأخير غير محتمل، حيث ينبغي للذرات المكهربة في جميع الحالات أن ترتد بشكل طبيعي من السطح الذي تصطدم به، إلا إذا كانت السرعة مفرطة، وفي هذه الحالة من *المحتمل* أن تتبع قانون الانعكاس العام. بغض النظر عن الشكل الذي قد يكون عليه الوعاء، إذا كان الإرهاق منخفضًا، يتم جلب الفتيل المثبت في الكرة الأرضية إلى نفس درجة التوهج في جميع أجزائه؛ أما إذا كان الانهك عاليًا والبصلة كروية أو على شكل كمثرى، فالعادة تتشكل نقاط بؤرية ويتم تسخين الخيط بدرجة أعلى عند تلك النقاط أو بالقرب منها.

لتوضيح التأثير، لدي هنا بصلتان صغيرتان متشابهتان، إحداهما فقط مستهلكة إلى درجة منخفضة والأخرى إلى درجة عالية جدًا. عند توصيله بالملف، يتوهج الفتيل الموجود في الأول بشكل موحد طوال طوله؛ بينما في الأخير، يتوهج ذلك الجزء من الفتيل الموجود في وسط المصباح بشكل أكثر كثافة من الباقي. والنقطة المثيرة للاهتمام هي أن هذه الظاهرة تحدث حتى لو تم تركيب خيطين في لمبة، كل منهما متصل بطرف واحد من الملف، والأمر الأكثر فضولًا هو أنه إذا كانا قريبين جدًا من بعضهما البعض، بشرط أن يكون الفراغ مرتفعًا جدًا. لقد لاحظت في التجارب التي أجريت على مثل هذه المصابيح أن الخيوط سوف تتفكك عادة عند نقطة معينة، وفي التجارب الأولى أرجعت ذلك إلى وجود خلل في الكربون. ولكن عندما حدثت هذه الظاهرة عدة مرات متتالية أدركت سببها الحقيقي.

من أجل إيصال الجسم الحراري الموجود في المصباح إلى حالة التوهج، من المرغوب فيه، لأسباب اقتصادية، أن تصل كل الطاقة الموردة إلى المصباح من المصدر دون خسارة إلى الجسم المراد تسخينه؛ ومن هناك، ومن لا مكان آخر، ينبغي أن تشع. وبطبيعة الحال، من غير الوارد الوصول إلى هذه النتيجة النظرية، ولكن من الممكن عن طريق البناء السليم لجهاز الإضاءة أن تقترب منها أكثر أو أقل.

لأسباب عديدة، يتم وضع الجسم المقاوم للحرارة في وسط الللمبة، وعادة ما يتم دعمه على ساق زجاجي يحتوي على السلك الموصل. عندما يتم تبديل إمكانات هذا السلك، يتم التأثير على

الغاز المتخلخل المحيط بالساق حثيًا، ويتم قصف الجذع الزجاجي بعنف وتسخينه .بهذه الطريقة قد يتم فقدان الجزء الأكبر من الطاقة الموردة للمصباح - خاصة عند استخدام ترددات عالية للغاية - للغرض المتوخى .لتجنب هذه الخسارة، أو على الأقل تقليلها إلى الحد الأدنى، عادةً ما أقوم بحجب الغاز المتخلخل المحيط بالساق من التأثير التحريضي للسلك المؤدي إلى الداخل، وذلك عن طريق تزويد الجذع بأنبوب أو طبقة من مادة موصلة .ويبدو بما لا يدع مجالاً للشك أن أفضل المعادن التي تستخدم لهذا الغرض هو الألومنيوم، نظراً لخصائصه العديدة الرائعة .عيبه الوحيد هو أنه قابل للانصهار بسهولة، وبالتالي، يجب تقدير المسافة التي تفصله عن الجسم المتوهج بشكل صحيح . عادة، يتم تصنيع أنبوب رفيع، قطره أصغر إلى حد ما من قطر الجذع الزجاجي، من أجود صفائح الألومنيوم، وينزلق على الجذع .يتم تحضير الأنبوب بشكل ملائم عن طريق لف قطعة من لوح الألومنيوم بالحجم المناسب حول قضيب مثبت في مخرطة، وإمساك الورقة بقوة بجلد الشامواه النظيف أو الورق النشاف، ولف القضيب بسرعة كبيرة .يتم لف الورقة بإحكام حول القضيب، ويتم الحصول على أنبوب مصقول للغاية يتكون من طبقة أو ثلاث طبقات من الورقة .عند الانزلاق على الجذع، يكون الضغط كافياً بشكل عام لمنعه من الانزلاق، ولكن من أجل السلامة، يمكن قلب الحافة السفلية للورقة إلى الداخل .يجب قطع الزاوية الداخلية العلوية من الصفيحة - أي الزاوية الأقرب إلى الجسم المتوهج المقاوم للحرارة - بشكل قطري، لأنه يحدث غالباً أنه نتيجة للحرارة الشديدة، تتجه هذه الزاوية نحو الداخل وتقترب كثيراً بالقرب من السلك أو الفيل الذي يدعم الجسم المقاوم للحرارة أو على اتصال به .يتم بعد ذلك استخدام الجزء الأكبر من الطاقة الموردة للمصباح في تسخين الأنبوب المعدني، ويصبح المصباح عديم الفائدة لهذا الغرض .يجب أن تبرز صفيحة الألومنيوم فوق ساق الزجاج أكثر أو أقل - بوصة واحدة أو نحو ذلك - وإلا، إذا كان الزجاج قريباً جداً من الجسم المتوهج، فقد يسخن بشدة ويصبح موصلاً إلى حد ما، وعندها قد يتمزق .أو قد ينشئ، من خلال موصليته، اتصالاً كهربائياً جيداً بين الأنبوب المعدني والسلك الواصل، وفي هذه الحالة، مرة أخرى، سيتم فقدان معظم الطاقة في تسخين الأنبوب المعدني .ربما تكون أفضل طريقة هي جعل الجزء العلوي من الأنبوب الزجاجي بقطر أصغر بكثير، بحوالي بوصة واحدة .لتقليل الخطر الناتج عن تسخين الجذع الزجاجي، وأيضاً بهدف منع التوصيل الكهربائي بين الأنبوب المعدني والقطب الكهربائي، أفضل أن أقوم بتغليف الجذع بعدة طبقات من الميكا الرقيقة، والتي تمتد على الأقل بقدر الأنبوب المعدني .في بعض المصباح استخدمت أيضاً غطاءً عازلاً خارجياً .إن الملاحظات السابقة تهدف فقط إلى مساعدة المجرى في التجارب الأولى، لأن الصعوبات التي يواجهها قد يجد قريباً وسائل للتغلب عليها بطريقة الخاصة

لتوضيح تأثير الشاشة وميزة استخدامها، لدي هنا لمبتين من نفس الحجم، مع سيقانتهما وأسلاكهما وخيوط المصابيح المتوهجة المرتبطة بالآخر، متشابهة قدر الإمكان .يتم تزويد ساق أحد المصابيح بأنبوب من الألومنيوم، بينما لا يحتوي ساق الآخر على أي شيء .في الأصل تم ربط عندما تم الوصول إلى فراغ عالٍ، تم إغلاق Sprengel .اللمبتين بواسطة أنبوب متصل بمضخة أنبوب التوصيل أولاً، ثم المصابيح؛ ولذلك فهم على نفس الدرجة من الإرهاق .عندما يتم توصيلها بشكل منفصل بالملف مما يعطي إمكانات معينة، فإن خيوط الكربون الموجودة في الللمبة المزودة بحاجز الألومنيوم تصبح متوهجة للغاية، في حين أن الشعيرات الموجودة في الللمبة الأخرى، مع نفس الإمكانية، قد لا تصل حتى إلى اللون الأحمر، على الرغم من ذلك .في الواقع، تستهلك الللمبة الأخيرة طاقة أكبر بشكل عام من الأولى .وعندما يتم توصيلهما معاً بالمحطة، يكون الفرق أكثر وضوحاً، مما يوضح أهمية الفحص .الأنبوب المعدني الموجود على الجذع الذي يحتوي على السلك المؤدي يؤدي في الواقع وظيفتين متميزتين :أولاً، يعمل بشكل أو بآخر كشاشة إلكتروستاتيكية، وبالتالي يوفر الطاقة الموردة لللمبة؛ وثانياً، إلى أي مدى قد يفشل في التصرف كهروستاتيكيًا، فإنه يعمل ميكانيكيًا، مما يمنع القصف، وبالتالي التسخين الشديد والتدهور المحتمل للدعامة النحيلة للجسم المتوهج المقاوم للحرارة، أو الجذع الزجاجي الذي يحتوي على السلك الموصل .أقول دعامة رفيعة ، لأنه من الواضح أنه من أجل حصر الحرارة بشكل كامل في الجسم المتوهج، يجب أن تكون دعامته رفيعة جداً، وذلك حتى يتمكن من حمل أقل قدر ممكن

من الحرارة عن طريق التوصيل .من بين جميع الدعامات المستخدمة، وجدت أن فتيل المصباح المتوهج العادي هو الأفضل، ويرجع ذلك أساسًا إلى أنه من بين الموصلات يمكنه تحمل أعلى درجات الحرارة.

تعتمد فعالية الأنبوب المعدني كشاشة إلكتروستاتيكية إلى حد كبير على درجة الإرهاق عند درجات الإرهاق العالية جدًا - والتي يتم الوصول إليها باستخدام عناية كبيرة ووسائل خاصة عندما تكون المادة الموجودة في الكرة الأرضية في حالة فائقة - Sprengel فيما يتعلق بمضخة الإشعاع، فإنها تعمل بشكل مثالي .يتم بعد ذلك تحديد ظل الحافة العلوية للأنبوب بشكل حاد على اللمية.

وبدرجة أقل إلى حد ما من الإرهاق، وهي عبارة عن الفراغ العادي "غير اللافت للنظر"، وبشكل عام طالما أن المادة تتحرك بشكل سائد في خطوط مستقيمة، فإن الشاشة لا تزال تعمل بشكل جيد .في توضيح الملاحظة السابقة، من الضروري الإشارة إلى أن ما يعتبر فراغًا "غير ملفت للنظر" لملف يتم تشغيله، كما هو معتاد، بواسطة نبضات أو تيارات ذات تردد منخفض، ليس كذلك، إلى حد كبير، عندما يكون الملف يعمل بواسطة تيارات ذات ترددات عالية جدًا .في مثل هذه الحالة، قد يمر التفريغ بحرية كبيرة عبر الغاز المتخلخل الذي قد لا يمر من خلاله تفريغ منخفض التردد، على الرغم من أن الإمكانية أعلى بكثير .عند الضغوط الجوية العادية، تنطبق القاعدة العكسية فقط :كلما ارتفع التردد، قلت قدرة تفريغ الشرارة على القفز بين الأطراف، خاصة إذا كانت مقابض أو مجالات ذات حجم معين.

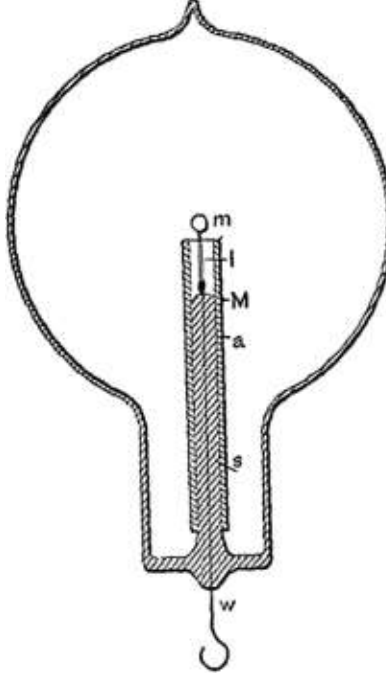
أخيرًا، عند درجات الاستنفاد المنخفضة جدًا، عندما يكون الغاز موصلًا جيدًا، لا يعمل الأنبوب المعدني كحاجز إلكتروستاتيكي فحسب، بل يعد أيضًا عيبًا، حيث يساعد إلى حد كبير على تبديد الطاقة أفقيًا من الموصل الرئيسي .في الأسلاك .وهذا أمر متوقع بطبيعة الحال .في هذه الحالة، يكون الأنبوب المعدني على اتصال كهربائي جيد مع السلك الموصل، ويتم توجيه معظم القصف على الأنبوب .طالما أن التوصيل الكهربائي ليس جيدًا، فإن أنبوب التوصيل يكون دائمًا ذا بعض المزايا، لأنه على الرغم من أنه قد لا يوفر الطاقة بشكل كبير، إلا أنه لا يزال يحمي دعامة الزر المقاوم للحرارة، وهو وسيلة لتركيز المزيد من الطاقة عليه.

إلى أي مدى يؤدي أنبوب الألومنيوم وظيفته الشاشة، فإن فائدته تقتصر على درجات عالية جدًا من الإرهاق عندما يكون معزولًا عن القطب الكهربائي - أي عندما يكون الغاز ككل غير موصل، وتكون الجزيئات، أو الذرات، تعمل كحاملات مستقلة للشحنات الكهربائية.

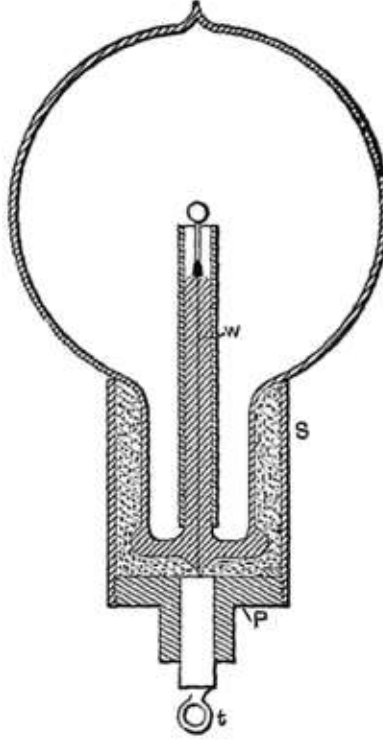
بالإضافة إلى العمل كشاشة أكثر أو أقل فعالية، بالمعنى الحقيقي للكلمة، قد يعمل أنبوب التوصيل أو الطلاء أيضًا، بسبب موصليته، كنوع من المعادل أو المخفف للقصف على الجذع .لكي أكون صريحًا، أفترض أن الإجراء على النحو التالي :لنفترض حدوث قصف إيقاعي ضد الأنبوب الموصل بسبب عمله غير الكامل كشاشة، فمن المؤكد أنه لا بد أن يحدث أن بعض الجزيئات أو الذرات تضرب الأنبوب أسرع من غيرها .أولئك الذين يتلامسون معه أولاً يتخلصون من شحناتهم الزائدة، ويتم كهربية الأنبوب، وتنتشر الكهربية على الفور على سطحه .لكن هذا يجب أن يقلل من الطاقة المفقودة في القصف لسببين :الأول أن الشحنة المتحررة من الذرات تنتشر على مساحة كبيرة، ومن ثم تكون الكثافة الكهربائية في أي نقطة صغيرة، وتتنافر الذرات بطاقة أقل من تلك التي تولدها الذرات .سيكونون كذلك لو ضربوا عازلاً جيدًا؛ ثانيًا، بما أن الأنبوب مكهرب بواسطة الذرات التي تتلامس معه أولاً، فإن تقدم الذرات التالية تجاه الأنبوب يتم فحسه بشكل أو بآخر من خلال التناثر الذي يجب أن يحدثه الأنبوب المكهرب على الذرات المكهربة المماثلة .ربما يكون هذا التناثر كافيًا لمنع جزء كبير من الذرات من الاصطدام بالأنبوب، لكنه على أية حال يجب أن يقلل من طاقة تأثيرها .من الواضح أنه عندما يكون الاستنفاد منخفضًا جدًا، ويكون الغاز المتخلخل موصلًا جيدًا، لا يمكن أن يحدث أي من التأثيرات المذكورة أعلاه، ومن ناحية أخرى، كلما قل عدد الذرات، زادت حرية تحركها؛ وبعبارة أخرى، كلما ارتفعت درجة الإرهاق، إلى الحد الأقصى، كلما كان التأثيران أكثر دلالة.



ما قلته للتو قد يقدم تفسيرًا للظاهرة التي لاحظها البروفيسور كروكس، وهي أن التفريغ عبر المصباح يتم إنشاؤه بسهولة أكبر بكثير عندما يكون هناك عازل مقارنة بوجود موصل في نفسه . وفي رأيي أن الموصل يعمل كمانع لحركة الذرات بالطريقتين المذكورتين؛ وبالتالي، من أجل التسبب في مرور تفريغ مرئي عبر المصباح، هناك حاجة إلى جهد أعلى بكثير في حالة وجود موصل، خاصة على سطح كبير.



**الشكل 18:** لمبة مع أنبوب ميكا وشاشة ألومنيوم.



الشكل 19 :لمبة محسنة ذات مقيس وشاشة

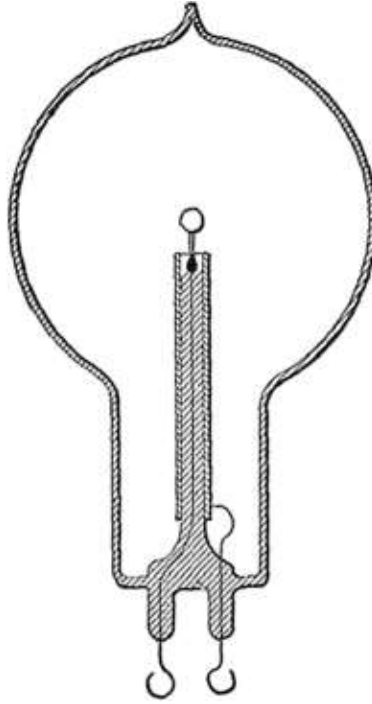
ومن أجل توضيح بعض الملاحظات التي سبق تقديمها، لا بد لي الآن من الرجوع إلى الشكل 2. و19 و20، والتي توضح الترتيبات المختلفة لنوع اللمبة الأكثر استخدامًا 18. مع ساق زجاجية ، تحتوي على سلك  $L$  الشكل 18 عبارة عن مقطع من خلال لمبة كروية في  $m$  مثبت به، يعمل على دعم الزر المقاوم للحرارة / موصل ، والذي يحتوي على فتيل مصباح هو أنبوب  $a$  عبارة عن ورقة رقيقة من الميكا ملفوفة في عدة طبقات حول الجذع ، و  $M$ . المركز الألومنيوم.

يوضح الشكل 19 مثل هذا المصباح في مرحلة أكثر تقدمًا إلى حد ما من الكمال. يتم تثبيت في الأنبوب  $P$  بواسطة بعض الأسمنت على عنق الأنبوب. يتم تثبيت سدادة  $S$  أنبوب معدني للتوصيل بالسلك الرئيسي  $t$  ، مصنوعة من مادة عازلة، وفي وسطها يتم تثبيت طرف معدني لذلك، إذا كان الأسمنت  $S$  ، يجب أن يكون هذا الطرف معزولًا جيدًا عن الأنبوب المعدني وعنق المصباح  $P$  المستخدم موصلاً - وهو في الغالب كاف - فيجب ملء المسافة بين القابس ببعض المواد العازلة الجيدة، مثل مسحوق الميكا.

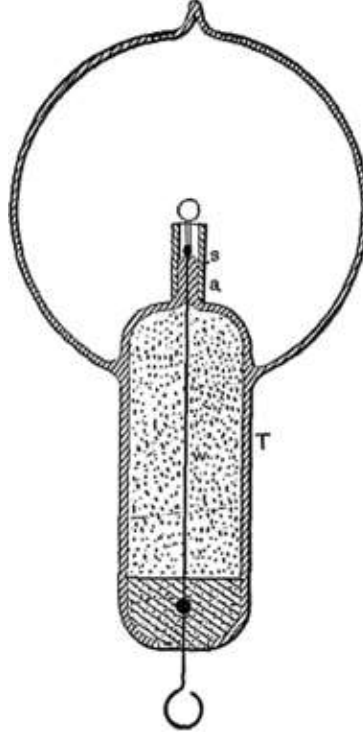
يوضح الشكل 20 لمبة مصنوعة لأغراض تجريبية. في هذه اللمبة يتم تزويد أنبوب الألومنيوم بوصلة خارجية، والتي تعمل على فحص تأثير الأنبوب في ظل ظروف مختلفة. ويشار إليه أساسًا لاقتراح خط من التجارب المتبعة.

نظرًا لأن القصف على الجذع الذي يحتوي على السلك الموصل يرجع إلى التأثير الحثي للأخير على الغاز المخلخل، فمن المفيد تقليل هذا التأثير قدر الإمكان من خلال استخدام سلك رفيع جدًا، محاطًا بطبقة سميكة جدًا. عزل الزجاج أو المواد الأخرى، ويجعل السلك الذي يمر عبر الغاز (الشكل 21)، يبرز  $T$  المخلخل قصيرًا قدر الإمكان. للجمع بين هذه الميزات، أستخدم أنبوبًا كبيرًا داخل المصباح لمسافة ما، ويحمل في الأعلى ساقًا زجاجيًا قصيرًا جدًا ، حيث يتم إغلاق السلك المؤدي إلى الداخل ، وأنا قم بحماية الجزء العلوي من الجذع الزجاجي من الحرارة بواسطة أنبوب

صغير من الألومنيوم وطبقة من الميكا تحته كالمعتاد .يجب أن يكون السلك //ذي يمر عبر الأنبوب الكبير إلى خارج المصباح معزولاً جيداً - باستخدام أنبوب زجاجي، على سبيل المثال - ويجب ملء المسافة بينهما بمادة عازلة ممتازة .من بين العديد من المساحيق العازلة وجدت أن مسحوق البارز في  $T$  الميكا هو الأفضل للاستخدام .إذا لم يتم اتخاذ هذا الاحتياط، فمن المؤكد أن الأنبوب المصباح، سوف يتشقق نتيجة التسخين بواسطة الفرش التي يمكن أن تتشكل في الجزء العلوي من الأنبوب، بالقرب من الكرة الأرضية المنهكة، خاصة إذا تم الفراغ أن تكون ممتازة، وبالتالي تكون الإمكانيات اللازمة لتشغيل المصباح عالية جداً

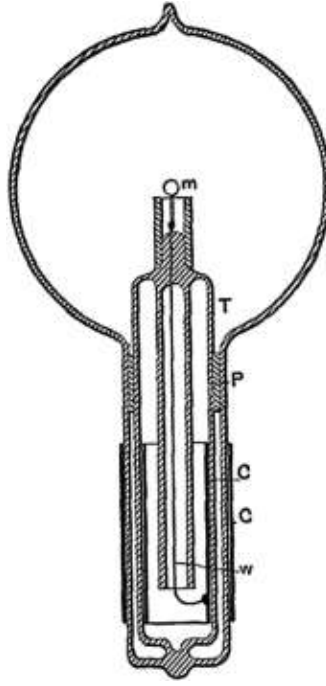


**الشكل 20 :**لمبة تجارب الأنبوب الموصل



**الشكل 21:** لمبة محسنة مع زر غير موصل

يبرز في جزء  $T$  يوضح الشكل 22 ترتيبًا مشابهًا، حيث يوجد أنبوب كبير على شكل حرف  $m$  المصباح الذي يحتوي على زر المقاومة للحرارة في هذه الحالة، يتم حذف السلك الممتد من  $CC$  الخارج إلى اللبنة، ويتم توفير الطاقة المطلوبة من خلال طلاءات المكثف يجب أن تكون العبوة ملائمة بإحكام للزجاج، وأن تكون واسعة إلى حد ما، وإلا فإن التفريغ قد  $P$  العازلة في هذا البناء  $m$  الذي يربط طلاء المكثف الداخلي بالزر المتوهج  $w$ ، يتجنب المرور عبر السلك



**الشكل 22:** نوع اللمبة بدون سلك موصل.

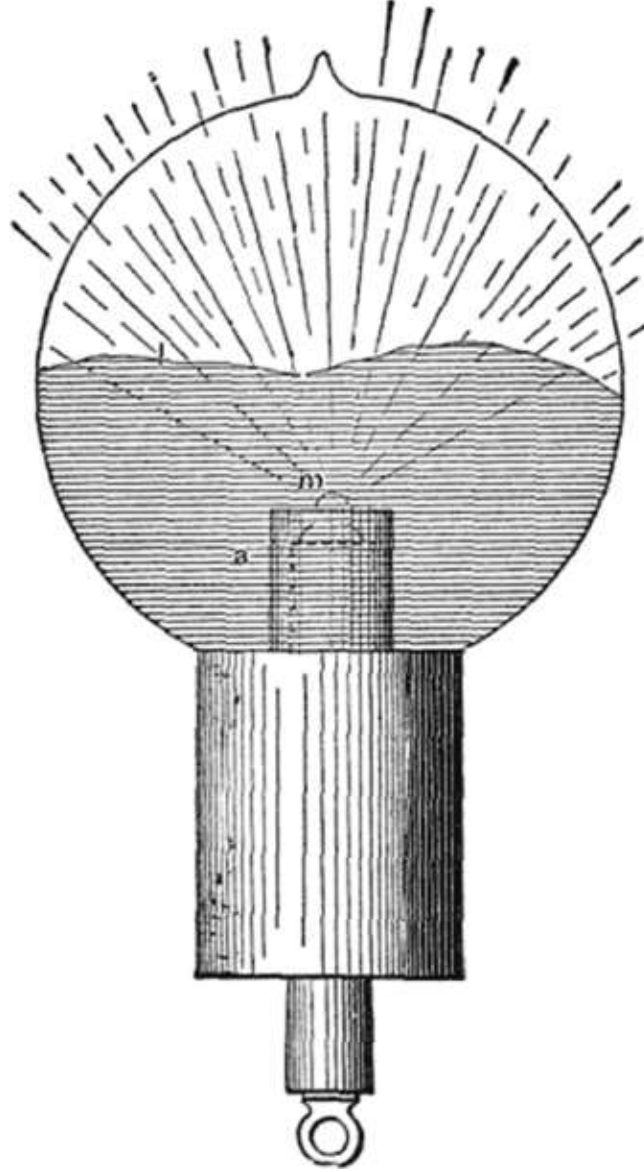
بعد القصف الجزيئي ضد الجذع الزجاجي في المصباح مصدرًا لمشكلة كبيرة. وكمثال على ذلك، ساستشهد بظاهرة يتم ملاحظتها بشكل متكرر للغاية وغير راغبة. يمكن أخذ لمبة، ويفضل أن تكون كبيرة، ويمكن تركيب جسم جيد التوصيل، مثل قطعة من الكربون، فيها على سلك بلاتيني محكم الغلق في الجذع الزجاجي. قد يتم استنفاد المصباح إلى درجة عالية إلى حد ما، تقريبًا إلى النقطة التي يبدأ فيها ظهور التفسفر. عندما يتم توصيل اللمبة بالملف، فإن قطعة الكربون، إذا كانت صغيرة، قد تصبح متوهجة للغاية في البداية، ولكن سطوعها يتضاءل على الفور، ومن ثم قد يخترق التفريغ الزجاج في مكان ما في منتصف الجذع، على شكل من الشرر الساطع، على الرغم من أن السلك البلاتيني متصل كهربائيًا جيدًا بالغاز المخلخل من خلال قطعة الكربون أو المعدن الموجودة في الأعلى. الشرارات الأولى مشرقة بشكل فريد، تذكرنا بتلك المستمدة من سطح شفاف من الزئبق. ولكن، عندما تسخن الزجاج بسرعة، فإنها تفقد بالطبع سطوعها، وتتوقف عندما يصبح الزجاج الموجود في المكان الممزق متوهجًا، أو ساخنًا بشكل عام بدرجة كافية لتشغيله. عند ملاحظة هذه الظاهرة لأول مرة، يجب أن تبدو غريبة للغاية، وتظهر بطريقة ملفتة للنظر كيف تتصرف تيارات بديلة مختلفة جذريًا، أو نبضات، ذات تردد عالٍ، مقارنة بالتيارات الثابتة، أو التيارات ذات التردد المنخفض. ومع مثل هذه التيارات، أي الأخيرة، فإن هذه الظاهرة لن تحدث بالطبع. عندما يتم استخدام ترددات مثل تلك التي يتم الحصول عليها بالوسائل الميكانيكية، أعتقد أن تمزق الزجاج هو بشكل أو بآخر نتيجة القصف، الذي يسخنه ويضعف قدرته العازلة؛ ولكن مع الترددات التي يمكن الحصول عليها باستخدام المكثفات، ليس لدي أدنى شك في أن الزجاج قد يفسح المجال دون تسخين سابق. على الرغم من أن هذا يبدو غريبًا في البداية، إلا أنه في الواقع ما قد نتوقع حدوثه. يتم إطلاق الطاقة التي يتم إمدادها بالسلك المؤدي إلى المصباح جزئيًا عن طريق العمل المباشر من خلال زر الكربون، وجزئيًا عن طريق العمل الاستقرائي من خلال الزجاج المحيط بالسلك. وبالتالي فإن الحالة مماثلة لتلك التي يتم فيها توصيل مكثف يتم تحويله

بواسطة موصل ذي مقاومة منخفضة إلى مصدر للتيارات المتناوبة. وطالما أن الترددات منخفضة، يحصل الموصل على أقصى استفادة ويكون المكثف آمنًا تمامًا؛ ولكن عندما يصبح التردد مفرطًا، فإن دور الموصل قد يصبح ضئيلاً تماماً. في الحالة الأخيرة، قد يصبح فرق الجهد عند أطراف المكثف كبيراً جداً بحيث يؤدي إلى تمزيق العازل الكهربائي، على الرغم من حقيقة أن الأطراف متصلة بموصل ذي مقاومة منخفضة.

بالطبع، ليس من الضروري، عندما يكون من المرغوب فيه إنتاج وهج جسم محصور في مصباح عن طريق هذه التيارات، أن يكون الجسم موصلًا، لأنه حتى غير الموصل المثالي قد يكون بسهولة أيضًا ساخنة. ولهذا الغرض، يكفي إحاطة قطب كهربائي موصل بمادة غير موصلة، كما هو الحال، على سبيل المثال، في المصباح الموضح سابقًا في الشكل 21، حيث يتم تغليف فتيل المصباح المتوهج الرفيع بمادة غير موصلة، ويدعم زر من نفس المادة في الأعلى. في البداية، يستمر القصف عن طريق الفعل التحريضي من خلال المادة غير الموصلة، حتى يتم تسخينها بدرجة كافية لتصبح موصلة، عندما يستمر القصف بالطريقة العادية.

غير موصل في قطعة من الكربون الخفيف ذو القوس المشترك بحيث يتم عرض مسافة  $m$  صغيرة فوق الأخير. يتم توصيل قطعة الكربون بالسلك الرئيسي الذي يمر عبر ساق زجاجي، وهو ملفوف بعدة طبقات من الميكا. يتم استخدام أنبوب الألومنيوم كالمعتاد للغرلة. إنه مرتب بحيث يصل إلى ارتفاع قريب جدًا من الكربون ولا يبرز فوقه سوى المادة غير الموصلة. يتم القصف في البداية على السطح العلوي للكربون، ويتم حماية الأجزاء السفلية بواسطة أنبوب الألومنيوم. ومع ذلك، بمجرد تسخين المادة غير الموصلة، تصبح جيدة التوصيل، ومن ثم تصبح مركز القصف، حيث تكون أكثر عرضة لنفس الشيء.

لقد قمت أيضًا خلال هذه التجارب ببناء العديد من المصابيح ذات السلك الواحد مع أو بدون قطب كهربائي داخلي، حيث يتم تسليط المادة المشعة على الجسم أو تركيزها عليها لتصبح متوهجة. مزودة برقبة طويلة، في  $L$  يوضح الشكل 24 أحد المصابيح المستخدمة. يتكون من كرة كروية الأعلى، لزيادة الحركة في بعض الحالات عن طريق تطبيق طلاء موصل خارجي. يتم نفخ الكرة من  $S$  والتي تعمل على تثبيتها بقوة في مقبس،  $b$  في الأسفل إلى لمبة صغيرة جدًا  $L$  الأرضية مثبت على سلك، عبر مركز الكرة،  $f$  المادة العازلة التي تم تثبيتها فيها. يمر خيط مصباح ناعم يصبح الفتيل متوهجًا في الجزء الأوسط، حيث يكون القصف القادم من السطح الداخلي  $L$  الأرضية السفلي للكرة الأرضية أكثر كثافة. يتم جعل الجزء السفلي من الكرة الأرضية، بقدر ما يصل موصلًا، إما عن طريق طلاء من ورق القصدير أو غير ذلك، ويتم توصيل القطب  $S$  المقبس الكهربائي الخارجي بطرف الملف.

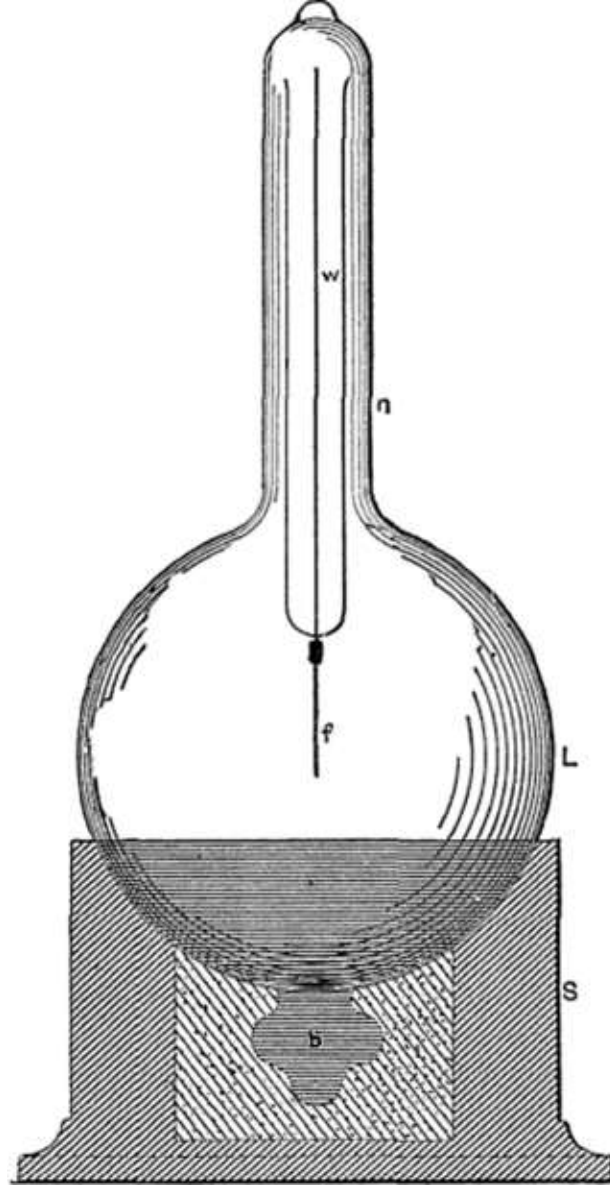


**الشكل 23 :** التأثير الناتج عن قطرة الياقوت

تم العثور على الترتيب الموضح تخطيطيًا في الشكل 24 ليكون أقل جودة عندما كان من المرغوب فيه جعل فتيل أو زر مدعوم في مركز الكرة متوهجًا، ولكنه كان مناسبًا عندما كان الهدف هو إثارة التفسفر.

في العديد من التجارب التي تم فيها تركيب أجسام من نوع مختلف في المصباح، كما هو موضح، على سبيل المثال، في الشكل 23، تم إجراء بعض الملاحظات المثيرة للاهتمام لقد وجد، من بين أمور أخرى، أنه في مثل هذه الحالات، بغض النظر عن مكان بدء القصف، بمجرد الوصول إلى درجة حرارة عالية، يكون هناك عمومًا إحدى الجثث التي يبدو أنها تتحمل معظم القصف على نفسها، وهي الأخرى، أو غيرهم فيرتاح بذلك. يبدو أن هذه الخاصية تعتمد بشكل أساسي على نقطة الاندماج، وعلى السهولة التي "يتبخر بها" الجسم، أو يتفكك بشكل عام - ولا يعني المصطلح الأخير التخلص من الذرات فحسب، بل أيضًا الكتل الأكبر حجمًا . وكانت الملاحظة المقدمة متوافقة مع المفاهيم المقبولة عمومًا. في المصباح المستنفد للغاية، يتم نقل

الكهرباء من القطب بواسطة ناقلات مستقلة، والتي تكون جزئيًا ذرات أو جزيئات الغلاف الجوي المتبقي، وجزئيًا الذرات أو الجزيئات أو الكتل التي يتم التخلص منها من القطب الكهربائي. إذا كان القطب يتكون من أجسام ذات طبيعة مختلفة، وإذا كان أحد هذه الأجسام يتفكك بسهولة أكبر من الأجسام الأخرى، فإن معظم الكهرباء الموردة يتم نقلها من ذلك الجسم، والذي يتم بعد ذلك رفع درجة حرارته إلى درجة حرارة أعلى من الأجسام الأخرى، وهذا وكلما زادت درجة الحرارة، أصبح الجسم يتفكك بسهولة أكبر.



**الشكل 24:** لمبة بدون سلك موصل، تظهر تأثير المادة المسقط.

ويبدو لي أنه من المحتمل جدًا أن تحدث عملية مماثلة في المصباح حتى مع وجود قطب كهربائي متجانس، وأعتقد أن هذا هو السبب الرئيسي للتفكك. لا بد أن يكون هناك بعض عدم الانتظام، حتى لو كان السطح مصقولًا بدرجة عالية، وهو أمر مستحيل بالطبع مع استخدام معظم الأجسام المقاومة للحرارة كأقطاب كهربائية. افترض أن نقطة من القطب تزداد سخونة؛ على الفور



يُمر معظم التفريغ عبر تلك النقطة، ومن المحتمل أن تندمج رقعة دقيقة وتتبخّر. من الممكن الآن أنه نتيجة للتفكك العنيف، تنخفض درجة حرارة البقعة التي تعرضت للهجوم، أو يتم إنشاء قوة مضادة، كما هو الحال في القوس؛ وعلى أية حال، فإن التمزيق المحلي يلتقي بالقيود الحادثة في التجربة، وعندها تحدث نفس العملية في مكان آخر. بالنسبة للعين، يبدو القطب لامعًا بشكل موحد، ولكن توجد عليه نقاط تتحرك وتتجول باستمرار، وتكون درجة حرارتها أعلى بكثير من المتوسط، وهذا يسرع ماديًا من عملية التدهور. بحدوث شيء من هذا القبيل، على الأقل عندما يكون القطب عند درجة حرارة أقل، يمكن الحصول على أدلة تجريبية كافية بالطريقة التالية: استنفاد المصباح إلى درجة عالية جدًا، بحيث لا يمكن للتفريغ المرور مع إمكانات عالية إلى حد ما ذلك وهو ليس مضيئًا، لأن التفريغ الضعيف غير المرئي يحدث دائمًا على الأغلب. الآن ارفع - الجهد ببطء وحذر، مع ترك التيار الأساسي قيد التشغيل لمدة لا تزيد عن لحظة. عند نقطة معينة، ستظهر نقطتان أو ثلاث أو ست نقاط فسفورية على الكرة الأرضية. من الواضح أن هذه الأماكن من الزجاج تتعرض للقصف بعنف أكثر من غيرها، ويرجع ذلك إلى الكثافة الكهربائية الموزعة بشكل غير متساو، والتي تقتضيها، بالطبع، النتوءات الحادة، أو، بشكل عام، عدم انتظام القطب. لكن البقع المضيئة تتغير باستمرار في موضعها، وهو أمر يمكن ملاحظته جيدًا بشكل خاص إذا تمكن المرء من إنتاج عدد قليل جدًا، وهذا يشير إلى أن تكوين القطب الكهربائي يتغير بسرعة من خلال تجارب من هذا النوع، توصلت إلى استنتاج أنه لكي يكون أكثر متانة، يجب أن يكون زر المقاومة للحرارة الموجود في المصباح على شكل كرة ذات سطح مصقول للغاية. يمكن تصنيع مثل هذه الكرة الصغيرة من الماس أو أي بلورة أخرى، ولكن الطريقة الأفضل هي دمج بعض الأكسيد - مثل الزركونيا على سبيل المثال - عن طريق استخدام درجات حرارة قصوى، في قطرة صغيرة، ثم احتفظ بها في المصباح عند درجة حرارة أقل بقليل من نقطة الانصهار. ولا شك أنه يمكن التوصل إلى نتائج مثيرة للاهتمام ومفيدة في اتجاه درجات الحرارة القصوى. فكيف يمكن الوصول إلى درجات الحرارة المرتفعة هذه؟ كيف يتم الوصول إلى أعلى درجات الحرارة في الطبيعة؟ بتأثير النجوم والسرعات العالية والاصطدامات. في حالة الاصطدام يمكن تحقيق أي معدل لتوليد الحرارة. في العملية الكيميائية نحن محدودون. عندما يجتمع الأكسجين والهيدروجين، فإنهما يسقطان، مجازيًا، من ارتفاع محدد. لا يمكننا أن نذهب بعيدًا جدًا بالانفجار، ولا باحتجاز الحرارة في الفرن، ولكن في المصباح المنهك يمكننا تركيز أي قدر من الطاقة في زر دقيقة واحدة. إذا تركنا الجانب العملي خارج الاعتبار، فإن هذه ستكون الوسيلة التي، في رأيي، ستمكننا من الوصول إلى أعلى درجة حرارة. ولكن هناك صعوبة كبيرة عند المضي بهذه الطريقة، وهي أنه في معظم الحالات يتم حمل الجسم قبل أن يندمج ويشكل قطرة. توجد هذه الصعوبة بشكل أساسي مع الأكسيد، مثل الزركونيا، لأنه لا يمكن ضغطه في كعكة صلبة جدًا بحيث لا يمكن حملها بسرعة. لقد حاولت مرارًا وتكرارًا دمج الزركونيا، ووضعها في كوب من الكربون الخفيف القوسي كما هو موضح في الشكل 23. وتوهج بضوء شديد الكثافة، وكان تيار الجزيئات المسقطة من كوب الكربون أبيضًا ناصعًا؛ ولكن سواء تم ضغطه في كعكة أو تحويله إلى عجينة بالكربون، فإنه يتم نقله قبل أن يتم صهره. كان لا بد من تركيب كوب الكربون، الذي يحتوي على الزركونيا، على مستوى منخفض جدًا في عنق لمبة كبيرة، حيث كان تسخين الزجاج بواسطة جزيئات الأكسيد المسقطة سريعًا جدًا لدرجة أنه في التجربة الأولى تشققت اللبة تقريبًا في لحظة عندما تم تشغيل التيار. وُجد أن تسخين الزجاج بواسطة الجسيمات المقذوفة يكون دائمًا أكبر عندما يحتوي كوب الكربون على جسم يُنقل بسرعة - أفترض أنه في مثل هذه الحالات، وبنفس الإمكانيات، تم الوصول إلى سرعات أعلى، وأيضًا بسبب: ففي كل وحدة زمنية، يتم قذف المزيد من المادة، أي أن المزيد من الجزيئات ستصطدم بالزجاج. ومع ذلك، لم تكن الصعوبة المذكورة سابقًا موجودة عندما كان الجسم المثبت في كوب الكربون يوفر مقاومة كبيرة للتدهور. على سبيل المثال، عندما تم دمج الأكسيد لأول مرة في انفجار أكسجين ثم تم تركيبه في المصباح، فإنه ذاب بسهولة كبيرة في قطرة

بشكل عام، أثناء عملية الدمج، تمت ملاحظة تأثيرات ضوئية رائعة، والتي سيكون من الصعب إعطاء فكرة مناسبة عنها. يهدف الشكل 23 إلى توضيح التأثير الملحوظ مع قطرة الياقوت. في البداية قد يرى المرء قمعًا ضيقًا من الضوء الأبيض ينعكس على قمة الكرة الأرضية، حيث ينتج رقعة فسفورية محددة بشكل غير منتظم. عندما تندمج نقطة الياقوتة، يصبح التفسفر قويًا جدًا؛ ولكن عندما يتم قذف الذرات بسرعة أكبر بكثير من سطح القطرة، سرعان ما يصبح الزجاج سائحًا و"متعبًا"، ولا تتوهج الآن إلا الحافة الخارجية للرقعة. بهذه الطريقة، يتم إنتاج خط فسفوري مكثف يتوافق مع مخطط القطرة، والذي ينتشر ببطء عبر الكرة الأرضية مع زيادة  $\lambda$ ، ومحدد بشكل حاد حجم القطرة. عندما تبدأ الكتلة في الغليان، تتشكل فقاعات وتجويفات صغيرة، مما يتسبب في انتشار بقع داكنة اللون في جميع أنحاء الكرة الأرضية. يمكن قلب المصباح إلى الأسفل دون الخوف من سقوطه، لأن الكتلة تمتلك لزوجة كبيرة.

ويمكنني أن أذكر هنا سمة أخرى مثيرة للاهتمام، والتي أعتقد أنني لاحظتها في سياق هذه التجارب، على الرغم من أن الملاحظات لا ترقى إلى مستوى اليقين. يبدو أنه في ظل التأثير الجزيئي الناجم عن الإمكانيات المتناوبة السريعة، يندمج الجسم ويظل على هذه الحالة عند درجة حرارة أقل في لمبة شديدة الاستنفاد مما كانت عليه الحال عند الضغط العادي وتطبيق الحرارة بالطريقة العادية - أي، على الأقل، انطلاقًا من كمية الضوء المنبعث. ويمكن ذكر إحدى التجارب التي تم إجراؤها هنا على سبيل التوضيح. تم لصق قطعة صغيرة من حجر الخفاف على سلك من البلاتين، وتم صهرها أولاً في موقد غاز. يتم وضع السلك بعد ذلك بين قطعتين من الفحم، ويتم استخدام الموقد لإنتاج حرارة شديدة تكفي لإذابة حجر الخفاف في زر صغير يشبه الزجاج. كان لابد من أخذ سلك البلاتين بسلك كافٍ لمنع ذوبانه في النار. أثناء وجوده على نار الفحم، أو عند وضعه في الموقد للحصول على فكرة أفضل عن درجة الحرارة، توهج الزر بتألق رائع. ثم بعد ذلك تركيب السلك مع الزر في لمبة، وعند استنفاده بدرجة عالية، يتم تشغيل التيار ببطء، وذلك لمنع تشقق الزر. ثم تسخين الزر إلى درجة الانصهار، وعندما ذاب، لم يتوهج على ما يبدو بنفس التألق السابق، وهذا من شأنه أن يشير إلى انخفاض درجة الحرارة. بغض النظر عن خطأ الراصد المحتمل، بل والمحمّل، فإن السؤال هو: هل يمكن لجسم في ظل هذه الظروف أن يتحول من الحالة الصلبة إلى الحالة السائلة مع تطور ضوء أقل؟

عندما تتناوب إمكانيات الجسم بسرعة، فمن المؤكد أن الهيكل قد تعرض للتناثر. عندما يكون الجهد مرتفعًا جدًا، على الرغم من أن الاهتزازات قد تكون قليلة - على سبيل المثال 20000 في الثانية - فإن التأثير على البنية قد يكون كبيرًا. لنفترض، على سبيل المثال، أن الياقوتة تم صهرها وتحولها إلى قطرة من خلال تطبيق ثابت للطاقة. عندما تشكل قطرة، فإنها تبعث موجات مرئية وغير مرئية، والتي ستكون بنسبة محددة، وستبدو القطرة للعين ذات تألق معين. بعد ذلك، لنفترض أننا تقلصنا إلى أي درجة واختارنا الطاقة التي يتم توفيرها بشكل ثابت، وبدلاً من ذلك، قمنا بتوفير الطاقة التي ترتفع وتنخفض وفقاً لقانون معين. الآن، عندما تتكون القطرة، سوف تنبعث منها ثلاثة أنواع مختلفة من الاهتزازات: العادية المرئية، ونوعين من الموجات غير المرئية: وهي الموجات العادية المظلمة بجميع أطوالها، بالإضافة إلى موجات من شخصية محددة بشكل جيد. وهذا الأخير لن يوجد بإمدادات ثابتة من الطاقة؛ ما زالوا يساعدون في جرة وتخفيف الهيكل. إذا كان هذا هو الحال بالفعل، فإن قطرة الياقوت ستصدر موجات أقل وضوحًا وغير مرئية نسبيًا من ذي قبل. وهكذا يبدو أنه عندما يتم دمج سلك من البلاتين، على سبيل المثال، بواسطة تيارات متناوبة بسرعة شديدة، فإنه يصدر عند نقطة الاندماج ضوءًا أقل وإشعاعًا مرئيًا أكثر مما يصدر عند صهره بتيار ثابت، على الرغم من إجمالي الطاقة المستخدمة حتى في عملية الاندماج هو نفسه في كلتا الحالتين. أو، لنستشهد بمثال آخر، فتيل المصباح غير قادر على الصمود لفترة طويلة مع تيارات ذات تردد شديد كما هو الحال مع التيارات الثابتة، على افتراض أنه يعمل بنفس شدة الإضاءة. وهذا يعني أنه بالنسبة للتيارات المتناوبة بسرعة، يجب أن يكون الفتيل أقصر وأكثر سمكًا. وكلما ارتفع التردد - أي كلما زاد الانحراف عن التدفق الثابت - كلما كان الأمر أسوأ بالنسبة للخيوط. ولكن إذا تم إثبات صحة هذه الملاحظة، فسيكون من الخطأ استنتاج أن مثل هذا الزر

المقاوم للحرارة المستخدم في هذه المصاييح سوف يتدهور بشكل أسرع بسبب التيارات ذات التردد العالي للغاية مقارنة بالتيارات الثابتة أو المنخفضة التردد. من خلال التجربة، يمكنني القول أن العكس تمامًا هو الصحيح: الزر يتحمل القصف بشكل أفضل مع التيارات ذات التردد العالي جدًا. ولكن هذا يرجع إلى حقيقة أن التفريغ عالي التردد يمر عبر غاز متخلخل بحرية أكبر بكثير من التفريغ الثابت أو المنخفض التردد، وهذا يعني أنه مع الأول يمكننا العمل بإمكانات أقل أو بعنف أقل تأثير. طالما أن الغاز ليس له أي نتيجة، فإن التيار الثابت أو المنخفض التردد هو الأفضل؛ ولكن بمجرد أن يكون عمل الغاز مرغوبًا ومهمًا، يفضل استخدام الترددات العالية.

في سياق هذه التجارب، تم إجراء العديد من التجارب باستخدام جميع أنواع الأزرار الكربونية. كانت الأقطاب الكهربائية المصنوعة من أزرار الكربون العادية بالتأكيد أكثر متانة عندما تم الحصول على الأزرار من خلال تطبيق ضغط هائل. ولم تظهر الأقطاب الكهربائية التي تم تحضيرها عن طريق ترسيب الكربون بطرق معروفة بشكل جيد؛ لقد سودوا الكرة الأرضية بسرعة كبيرة. ومن خلال العديد من التجارب، استنتجت أن خيوط المصباح التي تم الحصول عليها بهذه الطريقة يمكن استخدامها بشكل مفيد فقط مع الإمكانات المنخفضة والتيارات المنخفضة التردد. بعض أنواع الكربون تتحمل بشكل جيد لدرجة أنه من أجل الوصول بها إلى نقطة الانصهار، من الضروري استخدام أزرار صغيرة جدًا. وفي هذه الحالة تصبح المراقبة صعبة للغاية بسبب الحرارة الشديدة الناتجة. ومع ذلك، لا يمكن أن يكون هناك شك في أن جميع أنواع الكربون تندمج تحت القصف الجزئي، لكن الحالة السائلة يجب أن تكون في حالة عدم استقرار كبير. من بين جميع الجثث التي تمت تجربتها، كان هناك جسمان صمدا بشكل أفضل: الماس والكاربوريونوم. ظهر هذان الاثنان بشكل متساو تقريبًا، لكن الأخير كان مفضلًا لأسباب عديدة. وبما أنه من المرجح أن هذه الهيئة ليست معروفة بشكل عام بعد، فسوف أجرؤ على لفت انتباهكم إليها.

لقد تم إنتاجه مؤخرًا بواسطة السيد إي جي أتشيسون، من مدينة مونونجاھيلا، بنسلفانيا، الولايات المتحدة الأمريكية. الغرض منه هو استبدال مسحوق الماس العادي لتلميع الأحجار الكريمة، وما إلى ذلك، وقد أبلغت أنه ينجز هذا المنتج بنجاح كبير. لا أعرف لماذا أطلق عليه اسم كاربوريونوم، إلا إذا كان هناك شيء في عملية تصنيعه يبرر هذا الاختيار. بفضل لطف المخترع، حصلت منذ فترة قصيرة على بعض العينات التي كنت أرغب في اختبارها من حيث خصائصها الفسفورية وقدرتها على تحمل درجات الحرارة العالية.

يمكن الحصول على الكاربوريونوم في شكلين - على شكل "بلورات" ومسحوق. فالأولى تظهر للعين المجردة داكنة اللون، ولكنها شديدة اللامعان؛ هذا الأخير له نفس لون مسحوق الماس العادي تقريبًا، ولكنه أرقى بكثير. عند النظر إلى عينات البلورات التي أعطيت لي تحت المجهر، لم يبدو أن لها أي شكل محدد، بل كانت تشبه قطعًا من فحم البيض المكسور ذي الجودة الجيدة. وكانت الأغلبية مبهمة، ولكن كان هناك بعضها شفافة وملونة. البلورات هي نوع من الكربون يحتوي على بعض الشوائب؛ فهي صلبة للغاية، وتحمل لفترة طويلة حتى انفجار الأكسجين. عندما يتم توجيه الانفجار ضدها فإنها تشكل في البداية كعكة ذات نوع من الاكتناز، ربما نتيجة لاندماج الشوائب التي تحتوي عليها. تقاوم الكتلة الانفجار لفترة طويلة جدًا دون مزيد من الاندماج؛ ولكن يحدث حمل أو حرق بطيء، وفي النهاية، تبقى كمية صغيرة من بقايا تشبه الزجاج، والتي، على ما أعتقد، هي الألومينا الذائبة. عند ضغطها بقوة، فإنها تؤدي أداءً جيدًا جدًا، ولكن ليس بنفس جودة الكربون العادي. المسحوق، الذي يتم الحصول عليه من البلورات بطريقة ما، غير موصل عمليًا. يوفر مادة تلميع رائعة للأحجار.

لقد كان الوقت قصيرًا جدًا لإجراء دراسة مرضية لخصائص هذا المنتج، ولكن تم اكتساب خبرة كافية في أسابيع قليلة وقيمت بتجربته لأقول إنه يمتلك بعض الخصائص الرائعة في العديد من النواحي. فهو يتحمل درجات الحرارة المرتفعة بشكل مفرط، ولا يتدهور إلا قليلًا بسبب القصف الجزئي، ولا يؤدي إلى اسوداد الكرة الأرضية كما يفعل الكربون العادي. كانت الصعوبة الوحيدة التي وجدتتها في استخدامه فيما يتعلق بهذه التجارب هي العثور على بعض المواد الرابطة التي يمكنها مقاومة الحرارة وتأثير القصف بنجاح كما يفعل الكاربوريونوم نفسه.

لدي هنا عدد من المصباح التي قمت بتزويدها بأزرار من الكربورندوم، ولصنع مثل هذا الزر من بلورات الكربورندوم، أتبع الطريقة التالية :أخذ خيط مصباح عادي وأغمس طرفه في القطران، أو أي مادة سميكة أخرى أو طلاء يمكن تفحيمه بسهولة. أقوم بعد ذلك بتمرير نقطة الفتيل عبر البلورات، ثم أحملها عمودياً فوق طبق ساخن. يلين القطران ويشكل قطرة على نقطة الخيط، حيث تلتصق البلورات بسطح القطرة. من خلال تنظيم المسافة من اللوحة، يتم تجفيف القطران ببطء ويصبح الزر صلباً. ثم أغمس الزر مرة أخرى في القطران وأثبتته مرة أخرى فوق طبق حتى يتبخّر القطران، ولم يتبق سوى كتلة صلبة تربط البلورات بقوة. عندما تكون هناك حاجة إلى زر أكبر، أكرر العملية عدة مرات، وبشكل عام أقوم أيضاً بتغطية الفتيل على مسافة معينة أسفل الزر بالبلورات. الزر الذي يتم تركيبه في المصباح، عندما يتم الوصول إلى فراغ جيد، يتم أولاً تمرير تفريغ ضعيف ثم قوي عبر المصباح لتفحم القطران وطرّد جميع الغازات، وبعد ذلك يتم إحضاره إلى وهج شديد للغاية.

عند استخدام المسحوق، وجدت أنه من الأفضل أن أتبع ما يلي :أصنع طلاءً سميكاً من الكربورندوم والقطران، وأمرر خيط المصباح عبر الطلاء. بعد ذلك، أزيل معظم الطلاء عن طريق فرك الفتيل بقطعة من جلد الشامواه، وأضعها فوق طبق ساخن حتى يتبخّر القطران ويصبح الطلاء ثابتاً. أكرر هذه العملية عدة مرات حسب الضرورة للحصول على سمك معين للطلاء. على نقطة الفتيل. المطلي أقوم بتشكيل زر بنفس الطريقة

ليس هناك شك في أن مثل هذا الزر - المعد بشكل صحيح تحت ضغط كبير - من الكربورندوم، وخاصة المسحوق ذي الجودة الأفضل، سوف يتحمل تأثير القصف تماماً مثل أي شيء نعرفه. تكمن الصعوبة في أن مادة الربط تفسح المجال، ويتم التخلص من الكربورندوم ببطء بعد مرور بعض الوقت. نظراً لأنه لا يبدو أنه يؤدي إلى تشويه الكرة الأرضية على الإطلاق، فقد يكون من المفيد طلاء خيوط المصباح المتوهجة العادية، وأعتقد أنه من الممكن أيضاً إنتاج خيوط رفيعة أو أعواد من الكربورندوم التي ستحل محل الخيوط العادية في مصباح وهاج. يبدو طلاء الكربورندوم أكثر متانة من الطلاءات الأخرى، ليس فقط لأن الكربورندوم يمكنه تحمل درجات الحرارة العالية، ولكن أيضاً لأنه يبدو أنه يتحد مع الكربون بشكل أفضل من أي مادة أخرى جربت. على سبيل المثال، يتم تدمير طبقة من الزركونيا أو أي أكسيد آخر بسرعة أكبر بكثير. لقد قمت بإعداد أزرار من غبار الماس بنفس طريقة تحضير الكربورندوم، وكانت هذه الأزرار في متانة أقرب إلى تلك المحضرة من الكربورندوم، لكن معجون الربط أفسح المجال بسرعة أكبر بكثير في الأزرار الماسية :ومع ذلك، فقد أرجعت هذا إلى الحجم و عدم انتظام حبيبات الماس

كان من المثير للاهتمام معرفة ما إذا كان الكربورندوم يمتلك جودة التفسفر. إن المرء، بالطبع، مستعد لمواجهة صعوبتين :أولاً، فيما يتعلق بالمنتج الخام، "البلورات"، فهي جيدة التوصيل، والحقيقة هي أن الموصلات لا تتفسفر؛ ثانياً، المسحوق، كونه ناعماً للغاية، لن يكون عرضة لإظهار هذه الخاصية بشكل بارز جداً، لأننا نعلم أنه عندما يتم مسحوق البلورات، حتى مثل الماس أو الياقوت، بشكل ناعم، فإنها تفقد خاصية التألق إلى درجة كبيرة

والسؤال الذي يطرح نفسه هنا، هل يمكن للموصل أن يتفسفر؟ ما الذي يوجد في جسم مثل المعدن، على سبيل المثال، والذي قد يحرمه من خاصية التألق الفسفري، إلا إذا كانت تلك الخاصية هي التي تميزه كموصل؟ فمن الحقيقة أن معظم الأجسام الفسفورية تفقد تلك الخاصية عندما يتم تسخينها بدرجة كافية لتصبح موصلة بشكل أو بآخر. وبعد ذلك، إذا كان المعدن محروماً إلى حد كبير، أو ربما تماماً، من تلك الخاصية، فيجب أن يكون قادراً على التفسفر. ولذلك فمن الممكن تماماً أنه عند بعض الترددات العالية للغاية، عندما يتصرف عملياً كغير موصل، قد يُظهر المعدن أو أي موصل آخر جودة الفسفور، على الرغم من أنه غير قادر تماماً على الفسفور تحت تأثير التردد المنخفض. تسريح. ومع ذلك، هناك طريقة أخرى محتملة لكيفية ظهور الموصل على الأقل للفوسفور

ولا يزال هناك قدر كبير من الشك حول ما هو التفسفر حقاً، وما إذا كانت الظواهر المختلفة التي يتضمنها هذا العنوان ترجع إلى نفس الأسباب. لنفترض أنه في المصباح المنهك، تحت التأثير

الجزئي، يصبح سطح قطعة من المعدن أو أي موصل آخر مضيئًا بقوة، ولكن في الوقت نفسه وجد أنه يظل باردًا نسبيًا، ألا يُطلق على هذا اللمعان اسم التفسفر؟ والآن أصبحت مثل هذه النتيجة ممكنة، من الناحية النظرية على الأقل، لأنها مجرد مسألة إمكانية أو سرعة. افترض أن إمكانات القطب، وبالتالي سرعة الذرات المسقط، عالية بما فيه الكفاية، فإن سطح القطعة المعدنية التي يتم إسقاط الذرات عليها سيصبح شديد التوهج، لأن عملية توليد الحرارة ستكون أسرع بما لا يقاس من تلك التي تشع أو تجري بعيدًا عن سطح الاصطدام. وفي عين الراسد، فإن تأثيرًا واحدًا للذرات من شأنه أن يسبب وميضًا لحظيًا، ولكن إذا تكررت التأثيرات بسرعة كافية فإنها ستحدث انطباعًا مستمرًا على شبكية عينه. بالنسبة له، سيبدو سطح المعدن متوهجًا بشكل مستمر وذو شدة مضيئة ثابتة، بينما في الواقع سيكون الضوء إما متقطعًا أو على الأقل يتغير بشكل دوري في شدته. سترتفع درجة حرارة القطعة المعدنية حتى يتم الوصول إلى التوازن، أي حتى تتساوى الطاقة المشعة بشكل مستمر مع الطاقة التي يتم توفيرها بشكل متقطع. لكن الطاقة المتوفرة في مثل هذه الظروف قد لا تكون كافية لإيصال الجسم إلى أكثر من متوسط درجة حرارة معتدلة جدًا، خاصة إذا كان تواتر التأثيرات الذرية منخفضًا جدًا - وهو ما يكفي فقط بحيث يمكن أن يؤدي تقلب شدة الضوء المنبعث إلى لا يمكن اكتشافها بالعين. سيبعث الجسم الآن ضوءًا قويًا، نظرًا للطريقة التي يتم بها إمداده بالطاقة، ومع ذلك سيكون عند متوسط درجة حرارة منخفضة جدًا نسبيًا. كيف ينبغي للمراقب تسمية اللمعان الناتج على هذا النحو؟ وحتى لو كان تحليل الضوء سيعلمه شيئًا محددًا، فإنه من المحتمل أن يصنفه ضمن ظاهرة الفسفور. من المتصور أنه بهذه الطريقة يمكن الحفاظ على كل من الأجسام الموصلة وغير الموصلة عند شدة إضاءة معينة، لكن الطاقة المطلوبة ستختلف بشكل كبير جدًا باختلاف طبيعة الأجسام وخصائصها.

تم تقديم هذه الملاحظات وبعض الملاحظات السابقة ذات الطبيعة التأملية فقط لإبراز السمات الغريبة للتيارات البديلة أو النبضات الكهربائية. من خلال مساعدتهم، قد نجعل الجسم يبعث ضوءًا أكثر، عندما يكون عند درجة حرارة متوسطة معينة، أكثر مما يمكن أن ينبعث إذا تم جلبه إلى درجة الحرارة تلك عن طريق مصدر ثابت؛ ومرة أخرى، قد نوصل جسمًا إلى نقطة الاندماج، ونجعله يصدر ضوءًا أقل مما يحدث عند دمج استخدام الطاقة بالطرق العادية. كل هذا يتوقف على كيفية إمدادنا بالطاقة، ونوع الاهتزازات التي ننشئها؛ في حالة واحدة تكون الاهتزازات أكثر، وفي الحالة الأخرى أقل تكييفًا للتأثير على حاسة الرؤية لدينا.

بعض التأثيرات، التي لم ألاحظها من قبل، والتي تم الحصول عليها باستخدام الكاربوراندوم في التجارب الأولى، نسبتها إلى التفسفر، ولكن في التجارب اللاحقة ظهر أنها خالية من تلك الجودة. البلورات تمتلك ميزة جديرة بالملاحظة. في المصباح المزود بقطب كهربائي واحد على شكل قرص معدني دائري صغير، على سبيل المثال، عند درجة معينة من الإرهاق، يتم تغطية القطب بغشاء حليبي، يفصله مساحة مظلمة عن التوهج الذي يملأ المصباح. عندما يتم تغطية القرص المعدني ببلورات الكاربوراندوم، يكون الفيلم أكثر كثافة، وأبيض كالثلج. لقد وجدت لاحقًا أن هذا مجرد تأثير للسطح اللامع للبلورات، لأنه عندما يتم صقل قطب الألومنيوم بدرجة عالية، فإنه يظهر نفس الظاهرة تقريبًا. لقد أجريت عددًا من التجارب على عينات البلورات التي تم الحصول عليها، ويرجع ذلك أساسًا إلى أنه كان من المثير للاهتمام بشكل خاص اكتشاف أنها قادرة على التالق، نظرًا لكونها موصلة للكهرباء. لم أتمكن من إنتاج التفسفر بشكل واضح، لكن يجب أن أشير إلى أنه لا يمكن تكوين رأي حاسم إلا بعد أن يقوم مجربون آخرون بالمضي قدمًا على نفس الأرض.

تصرف المسحوق في بعض التجارب كما لو أنه يحتوي على الألومينا، لكنه لم يُظهر بوضوح اللون الأحمر للألومينا. لونه الميت يضيء بشكل كبير تحت التأثير الجزئي، لكنني الآن مقتنع بأنه لا يتفسفر. ومع ذلك، فإن الاختبارات التي أجريت على المسحوق ليست حاسمة، لأن مسحوق الكاربوراندوم ربما لا يتصرف مثل كبريتيد الفوسفور، على سبيل المثال، والذي يمكن سحقه بشكل ناعم دون الإضرار بالفوسفور، بل مثل مسحوق الياقوت أو الماس، وبالتالي سيكون من الضروري، من أجل إجراء اختبار حاسم، للحصول عليه في كتلة كبيرة وتلميع السطح.

إذا ثبت أن الكربورندوم مفيد فيما يتعلق بهذه التجارب والتجارب المشابهة، فإن قيمته الرئيسية ستكون موجودة في إنتاج الطلاءات أو الموصلات الرقيقة أو الأزرار أو الأقطاب الكهربائية الأخرى القادرة على تحمل درجات حرارة عالية للغاية.

إن إنتاج قطب كهربائي صغير، قادر على تحمل درجات حرارة هائلة، اعتبره ذا أهمية قصوى في صناعة الضوء. ومن شأنه أن يمكننا من الحصول، عن طريق تيارات ذات ترددات عالية جدًا، على عشرين مرة، إن لم يكن أكثر، من كمية الضوء التي يتم الحصول عليها في المصباح المتوهج الحالي بنفس استهلاك الطاقة. قد يبدو هذا التقدير مبالغًا فيه للكثيرين، لكن في الواقع أعتقد أنه بعيد عن ذلك. وبما أن هذا البيان قد يُساء فهمه، أعتقد أنه من الضروري أن نكشف بوضوح عن المشكلة التي نواجهها في هذا النوع من العمل، والطريقة التي سيتم بها التوصل إلى حل، في رأيي.

أي شخص يبدأ دراسة المشكلة سيكون عرضة للاعتقاد بأن ما هو مطلوب في مصباح به قطب كهربائي هو درجة عالية جدًا من وهج القطب. هناك سوف يكون مخطئًا. إن السطوع العالي للزر هو شر لا بد منه، لكن المطلوب حقًا هو السطوع العالي للغاز المحيط بالزر. بمعنى آخر، المشكلة في مثل هذا المصباح هي إيصال كتلة من الغاز إلى أعلى درجة سطوع ممكنة. كلما ارتفع الوهج، كلما كان متوسط الاهتزاز أسرع، وكلما زاد الاقتصاد في إنتاج الضوء. لكن للحفاظ على كتلة من الغاز عند درجة عالية من التوهج في وعاء زجاجي، سيكون من الضروري دائمًا إبقاء الكتلة المتوهجة بعيدًا عن الزجاج؛ أي حصرها قدر الإمكان في الجزء المركزي من الكرة الأرضية.

في إحدى التجارب هذا المساء، تم إنتاج فرشاة في نهاية السلك. كانت هذه الفرشاة لهبًا ومصدرًا للحرارة والضوء. ولم تبعث حرارة كثيرة محسوسة، ولم تتوهج بضوء شديد؛ ولكن هل هو أقل لهبًا لأنه لا يحرق يدي؟ هل هو أقل لهبًا لأنه لا يؤذي عيني من تألقه؟ تكمن المشكلة بالتحديد في إنتاج مثل هذا اللهب في المصباح، وهو أصغر حجمًا بكثير، ولكنه أقوى بشكل لا يواهي. لو كانت هناك وسائل متاحة لإنتاج نبضات كهربائية ذات تردد عالٍ بما فيه الكفاية، ولنقلها، لأمكن التخلص من المصباح، إلا إذا تم استخدامه لحماية القطب الكهربائي، أو لتوفير الطاقة عن طريق حصر الحرارة. ولكن بما أن هذه الوسائل ليست في متناول اليد، يصبح من الضروري وضع الجهاز في لمبة وتنقية الهواء فيه. ويتم ذلك فقط لتمكين الجهاز من أداء العمل الذي لا يستطيع القيام به عند ضغط الهواء العادي. في المصباح، نحن قادرون على تكثيف الحركة إلى أي درجة — حتى تبعث الفرشاة ضوءًا قويًا.

تعتمد شدة الضوء المنبعث بشكل أساسي على تردد النبضات وإمكاناتها، وعلى الكثافة الكهربائية لسطح القطب. من الأهمية بمكان استخدام أصغر زر ممكن، من أجل زيادة الكثافة إلى حد كبير. تحت التأثير العنيف لجزيئات الغاز المحيطة به، يتم بالطبع رفع القطب الصغير إلى درجة حرارة عالية للغاية، ولكن حوله توجد كتلة من الغاز شديد التوهج، وهو غلاف ضوئي لهب، يبلغ حجمه مئات أضعاف حجم القطب. باستخدام زر من الألماس أو الكربورندوم أو الزركونيا، يمكن أن يصل حجم الغلاف الضوئي إلى ألف مرة حجم الزر. بدون الكثير من التفكير قد يظن المرء أنه عند دفع وهج القطب إلى هذا الحد فإنه سوف يتطاير على الفور. ولكن بعد دراسة متأنية، سيجد أنه من الناحية النظرية، لا ينبغي أن يحدث ذلك، وفي هذه الحقيقة - والتي تم إثباتها تجريبيًا أيضًا - تكمن بشكل أساسي القيمة المستقبلية لمثل هذا المصباح.

في البداية، عندما يبدأ القصف، يتم تنفيذ معظم العمل على سطح الزر، ولكن عندما يتم تشكيل كرة ضوئية عالية التوصيل، يصبح الزر مرتاحًا نسبيًا. كلما زاد وهج الغلاف الضوئي، كلما اقتربت في التوصيلية من تلك الموجودة في القطب، وبالتالي، كلما شكلت المادة الصلبة والغاز جسمًا موصلًا واحدًا. والنتيجة هي أنه كلما تم فرض التوهج بشكل أكبر، تم تنفيذ المزيد من العمل، نسبيًا، على الغاز، وأقل على القطب. وبالتالي فإن تكوين غلاف ضوئي قوي هو الوسيلة ذاتها لحماية القطب. هذه الحماية، بطبيعة الحال، هي حماية نسبية، ولا ينبغي الاعتقاد أنه من خلال دفع التوهج إلى أعلى، يصبح القطب الكهربائي أقل تدهورًا. ومع ذلك، من الناحية النظرية، مع الترددات القصوى، يجب الوصول إلى هذه النتيجة، ولكن ربما عند درجة حرارة عالية جدًا.

بالنسبة لمعظم الأجسام المقاومة للحرارة المعروفة. نظرًا لذلك، فإن القطب الكهربائي الذي يمكنه تحمل تأثير القصف والإجهاد الخارجي إلى حد عالٍ جدًا، سيكون آمنًا بغض النظر عن مدى إجباره على تجاوز هذا الحد. في المصباح المتوهج، يتم تطبيق اعتبارات مختلفة تمامًا. هناك الغاز ليس معنيًا على الإطلاق؛ يتم تنفيذ العمل كله على خيوط؛ ويتضاءل عمر المصباح بسرعة كبيرة مع زيادة درجة التوهج لدرجة أن الأسباب الاقتصادية تجبرنا على تشغيله عند درجة سطوع منخفضة. ولكن إذا تم تشغيل المصباح المتوهج بتيارات ذات ترددات عالية جدًا، فلا يمكن إهمال عمل الغاز، ويجب تعديل قواعد التشغيل الأكثر اقتصادًا بشكل كبير.

من أجل جعل مثل هذا المصباح مزودًا بواحد أو اثنين من الأقطاب الكهربائية إلى حد كبير من الكمال، من الضروري استخدام نبضات ذات تردد عالٍ جدًا. يتضمن التردد العالي، من بين أمور أخرى، ميزتين رئيسيتين، لهما تأثير أكثر أهمية على اقتصاد إنتاج الضوء. أولاً، يتم تقليل تدهور القطب بسبب حقيقة أننا نستخدم عددًا كبيرًا من الصدمات الصغيرة، بدلاً من عدد قليل من الصدمات العنيفة، التي تحطم الهيكل بسرعة؛ ثانياً، يتم تسهيل تكوين فوتوسفير كبير.

ومن أجل تقليل تدهور القطب إلى الحد الأدنى، فمن المستحسن أن يكون الاهتزاز متناغمًا، لأن أي مفاجأة تسرع عملية التدمير. يستمر القطب الكهربائي لفترة أطول عندما يظل متوهجًا بواسطة التيارات أو النبضات التي يتم الحصول عليها من مولد كهربائي عالي التردد، والتي ترتفع وتنخفض بشكل أكثر أو أقل بشكل متناغم، مقارنة بالنبضات التي يتم الحصول عليها من ملف التفريغ التخريبي. وفي الحالة الأخيرة ليس هناك شك في أن معظم الضرر يحدث بسبب التصريفات المفاجئة الأساسية.

أحد عناصر الخسارة في مثل هذا المصباح هو قصف الكرة الأرضية. وبما أن الإمكانيات عالية جدًا، يتم إسقاط الجزيئات بسرعة كبيرة؛ فهي تضرب الزجاج، وعادةً ما تثير تآلقًا قويًا. التأثير الناتج جميل جدًا، ولكن لأسباب اقتصادية ربما يكون من الأفضل منع القصف على الكرة الأرضية، أو على الأقل تقليلها إلى الحد الأدنى، لأنه في مثل هذه الحالة، كقاعدة عامة، ليس شيئًا لإثارة التآلق الفسفري. وبما أن بعض فقدان الطاقة ينتج عن القصف، يعتمد هذا الفقد في المصباح بشكل أساسي على إمكانيات النبضات وعلى الكثافة الكهربائية على سطح القطب. عند استخدام ترددات عالية جدًا، يتم تقليل فقدان الطاقة بسبب القصف بشكل كبير، أولاً، تكون الإمكانيات اللازمة لأداء قدر معين من العمل أصغر بكثير؛ وثانيًا، من خلال إنتاج غلاف ضوئي عالي التوصيل حول القطب، يتم الحصول على نفس النتيجة كما لو كان القطب أكبر بكثير، وهو ما يعادل كثافة كهربائية أصغر. ولكن سواء كان ذلك عن طريق تقليل الإمكانيات القصوى أو الكثافة، يتم تحقيق الكسب بنفس الطريقة، أي عن طريق تجنب الصدمات العنيفة، التي تجهد الزجاج كثيرًا إلى ما هو أبعد من حدود مرونته. إذا أمكن رفع التردد بدرجة كافية، فإن الخسارة الناجمة عن عدم مرونة الزجاج ستكون ضئيلة تمامًا. ومع ذلك، يمكن تقليل الخسارة الناجمة عن قصف الكرة الأرضية باستخدام قطبين كهربائيين بدلاً من واحد. في مثل هذه الحالة، يمكن توصيل كل من الأقطاب الكهربائية بأحد الأطراف الطرفية؛ وإلا، إذا كان من الأفضل استخدام سلك واحد فقط، فيمكن توصيل قطب كهربائي بطرف واحد والآخر بالأرض أو بجسم معزول لسطح ما، مثل، على سبيل المثال، ظل على المصباح. في الحالة الأخيرة، ما لم يتم استخدام بعض الحكم، قد يتوهج أحد الأقطاب الكهربائية بشكل أكثر كثافة من الآخر.

لكن على العموم أجد أنه من الأفضل، عند استخدام مثل هذه الترددات العالية، استخدام قطب كهربائي واحد وسلك توصيل واحد فقط. أنا مقتنع بأن جهاز الإضاءة في المستقبل القريب لن يحتاج لتشغيله أكثر من سلك واحد، وعلى أي حال، لن يكون به سلك توصيل، حيث أن الطاقة المطلوبة يمكن أن تنتقل عبر الزجاج أيضًا. في المصابيح التجريبية، لا يتم استخدام السلك الواصل بشكل عام بسبب الراحة، كما هو الحال في استخدام طلاءات المكثف بالطريقة الموضحة في الشكل 22، على سبيل المثال، هناك بعض الصعوبة في تركيب الأجزاء، ولكن هذه الصعوبات لن تكون موجودة إذا تم تصنيع عدد كبير من المصابيح. وإلا فإنه يمكن نقل الطاقة من خلال الزجاج وكذلك من خلال سلك، ومع هذه الترددات العالية تكون الخسائر صغيرة جدًا. إن مثل هذه الأدوات

التوضيحية ستتطلب بالضرورة استخدام إمكانات عالية جدًا، وقد تكون هذه سمة مرفوضة في نظر الرجال العمليين. ومع ذلك، في الواقع، الإمكانات العالية ليست محل اعتراض - وبالتأكيد ليس على الأقل فيما يتعلق بسلامة الأجهزة.

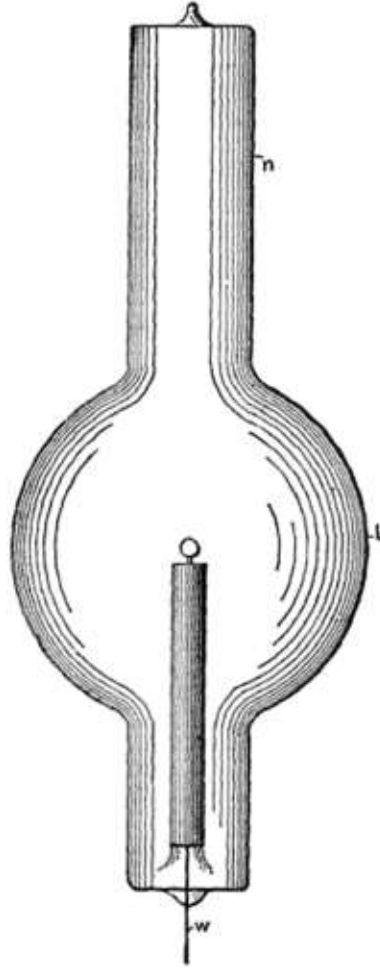
هناك طريقتان لجعل الأجهزة الكهربائية آمنة. الأول هو استخدام الإمكانات المنخفضة، والآخر هو تحديد أبعاد الجهاز بحيث يكون آمنًا، بغض النظر عن مدى استخدام الإمكانات العالية. من بين الاثنين، يبدو لي أن الخيار الأخير هو الطريقة الأفضل، لأن السلامة تكون مطلقة، ولا تتأثر بأي مجموعة محتملة من الظروف التي قد تجعل حتى جهازًا منخفض الإمكانات خطيرًا على الحياة والممتلكات. لكن الظروف العملية لا تتطلب فقط التحديد الحكيم لأبعاد الجهاز؛ كما أنها تتطلب استخدام الطاقة من النوع المناسب. فمن السهل، على سبيل المثال، بناء محول قادر على إعطاء، عند تشغيله من آلة تيار متناوب عادية ذات توتر منخفض، 50.000 فولت، على سبيل المثال، وهو ما قد يكون مطلوبًا لإضاءة أنبوب فسفوري شديد الاستنفاد، بحيث، على الرغم من إمكانات عالية، فهي آمنة تمامًا، ولا تسبب الصدمة الناتجة عنها أي إزعاج. ومع ذلك، فإن مثل هذا المحول سيكون باهظ الثمن، وغير فعال في حد ذاته؛ علاوة على ذلك، فإن الطاقة التي يتم الحصول عليها منها لن تستخدم اقتصاديًا لإنتاج الضوء. يتطلب الاقتصاد توظيف الطاقة في شكل اهتزازات سريعة للغاية. تم تشبيه مشكلة إنتاج الضوء بمشكلة الحفاظ على نغمة معينة عالية النغمة عن طريق الجرس. وينبغي أن يقال ملاحظة *بالكاد مسموعة*؛ وحتى هذه الكلمات لن تعبر عنها، فما روعة حساسية العين. قد نوجه ضربات قوية على فترات طويلة، ونهدر قدرًا كبيرًا من الطاقة، ومع ذلك لا نحصل على ما نريد؛ أو قد نستمر في النغمة عن طريق نقرات لطيفة متكررة، ونقترب من الهدف المطلوب من خلال إنفاق طاقة أقل بكثير. في إنتاج الضوء، فيما يتعلق بجهاز الإضاءة، يمكن أن تكون هناك قاعدة واحدة فقط - وهي استخدام أكبر ترددات عالية يمكن الحصول عليها؛ لكن وسائل إنتاج ونقل دوافع من هذا النوع تفرض، في الوقت الحاضر على الأقل، قيودًا كبيرة. بمجرد اتخاذ القرار باستخدام ترددات عالية جدًا، يصبح سلك الإرجاع غير ضروري، ويتم تبسيط جميع الأجهزة. وباستخدام وسائل واضحة يتم الحصول على نفس النتيجة كما لو تم استخدام سلك الإرجاع. ويكفي لهذا الغرض أن يتم ملامسة المصباح، أو بالقرب منه فقط، بجسم معزول لسطح ما. وبطبيعة الحال، كلما كانت حاجة السطح أصغر، كلما زاد التردد والإمكانات المستخدمة، وبالضرورة أيضًا، كلما زاد اقتصاد المصباح أو أي جهاز آخر.

وقد تم اللجوء إلى خطة العمل هذه في عدة مناسبات هذا المساء. لذلك، على سبيل المثال، عندما يتم إنتاج وهج الزر عن طريق إمساك المصباح باليد، فإن جسد المجرب يعمل فقط على تكثيف الفعل. كان المصباح المستخدم مشابهًا لذلك الموضح في الشكل 19، وتم تحفيز الملف إلى جهد صغير، غير كافٍ لجلب الزر إلى التوهج عندما كان المصباح معلقًا من السلك؛ وبالمناسبة، من أجل إجراء التجربة بطريقة أكثر ملاءمة، تم استخدام الزر بشكل كبير لدرجة أنه كان لا بد من مرور وقت ملموس قبل أن يصبح المصباح متوهجًا عند الإمساك به. كان الاتصال بالمصباح بالطبع غير ضروري على الإطلاق. من السهل، باستخدام مصباح كبير إلى حد ما مع قطب كهربائي صغير للغاية، ضبط الظروف بحيث يتم تحويل الأخير إلى وهج ساطع بمجرد اقتراب المجرب من مسافة بضعة أقدام من المصباح، وينحسر الوهج بعد ذلك. انحصاره.

وفي تجربة أخرى، عندما تم إثارة التفسفر، تم استخدام لمبة مماثلة. هنا مرة أخرى، في الأصل، لم تكن الإمكانات كافية لإثارة التفسفر حتى تم تكثيف التأثير، ولكن في هذه الحالة، تقديم ميزة مختلفة، عن طريق لمس التجويف بجسم معدني ممسوك باليد. كان القطب الكهربائي الموجود في المصباح عبارة عن زر كربوني كبير جدًا لدرجة أنه لا يمكن تسخينه. وبالتالي يفسد التأثير الناتج عن الفسفرة.

مرة أخرى، في تجربة أخرى مبكرة، تم استخدام لمبة، كما هو موضح في الشكل 12. في هذه الحالة، عن طريق لمس المصباح بإصبع واحد أو إصبعين، تم إسقاط ظل أو ظلين من الجذع الداخلي على الزجاج، لمسة الإصبع تنتج نفس النتائج مثل تطبيق قطب كهربائي سلبي خارجي. في الظروف العادية.





الشكل 25: اللمة التجريبية المحسنة

في كل هذه التجارب، تم تكثيف الإجراء من خلال زيادة السعة في نهاية السلك المتصل بالطرف. كقاعدة عامة، ليس من الضروري اللجوء إلى مثل هذه الوسائل، وسيكون من غير الضروري تمامًا استخدام الترددات الأعلى؛ ولكن عند الرغبة، يمكن بسهولة تكيف اللمة أو الأنبوب مع الغرض.

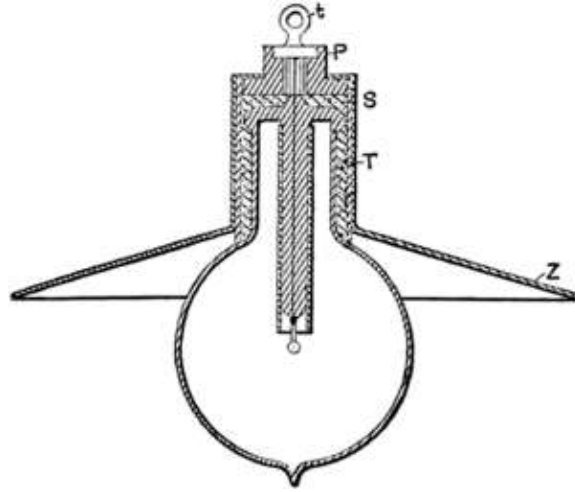
$n$  والذي يتم توفيره برقبة  $L$  في الشكل 24، على سبيل المثال، يتم عرض المصباح التجريبي في الأعلى، لتطبيق طلاء خارجي من ورق القصدير، والذي قد يكون متصلًا بجسم ذو سطح أكبر. يمكن أيضًا إضاءة مثل هذا المصباح كما هو موضح في الشكل 25 عن طريق توصيل طلاء ورق القصدير الموجود على الرقبة بالطرف، والسلك المؤدي إلى اللوحة المعزولة. إذا كان المصباح يقف في مقبس منتصبًا، كما هو موضح في القطع، فقد ينزلق ظل من مادة موصلة في الرقبة، وبالتالي يتم تضخيم التأثير.

يوضح الشكل 26 ترتيبًا أكثر كمالًا مستخدمًا في بعض هذه المصابيح. في هذه الحالة، يكون مع امتداد  $Z$  بناء اللمة كما هو موضح وموصوف سابقًا، عند الإشارة إلى الشكل 19. لوح زنك  $t$  حيث تؤدي  $t$  يتدلى المصباح إلى الأسفل من الطرف  $S$ . ينزلق فوق المقبس المعدني  $T$  أنبوبي

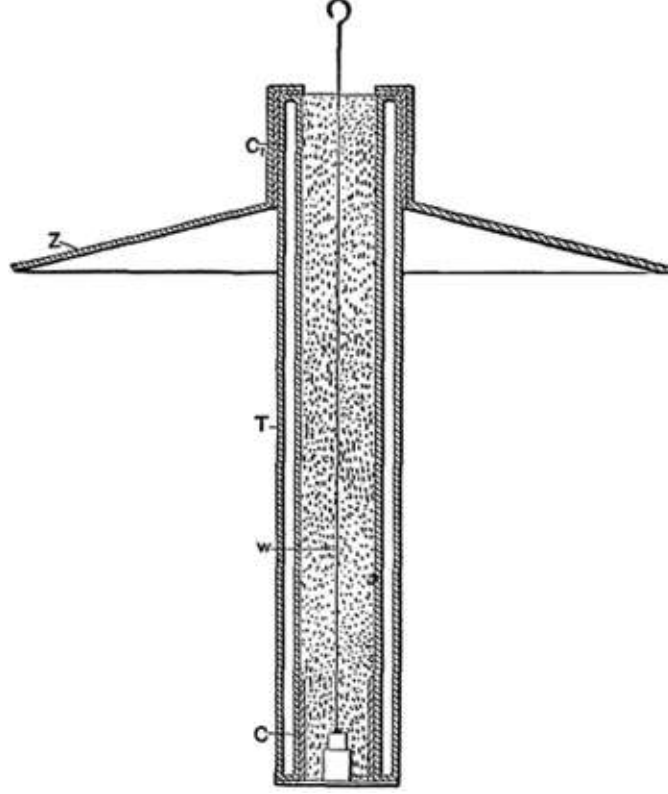
بامتداد  $t$  الوظيفة المزدوجة للمكثف والعاكس .يتم فصل العاكس عن الطرف  $Z$  صفيحة الزنك  $P$  . القابس العازل

من أنبوبين  $T$  يتم توضيح تصرف مماثل مع أنبوب فسفوري في الشكل 27 .يتم تحضير الأنبوب قصيرين بقطر مختلف، ويتم إغلاقهما من الأطراف .على الطرف السفلي يتم وضع طبقة خارجية والتي تتصل بالسلك  $T$  . يحتوي السلك على خطاف في الطرف العلوي للتعليق، ويمر  $C$  موصلة عبر مركز الأنبوب الداخلي المملوء ببعض العازل الجيد والمحكم بإحكام .يوجد على الجانب  $Z$  ، ينزلق عليها عاكس معدني  $C_1$  طبقة موصلة أخرى  $T$  الخارجي من الطرف العلوي للأنبوب . والذي يجب فصله بعزل سميك عن نهاية السلك  $T$

إن الاستخدام الاقتصادي لمثل هذا العاكس أو المكثف يتطلب أن تكون كل الطاقة الموردة لمكثف الهواء قابلة للاسترداد، أو بعبارة أخرى، يجب ألا يكون هناك أي خسائر، لا في الوسط الغازي ولا من خلال تأثيره في مكان آخر .هذا أبعد ما يكون عن أن يكون كذلك، ولكن لحسن الحظ، يمكن تقليل الخسائر إلى ما هو مرغوب فيه .ومن الضروري تقديم بعض الملاحظات حول هذا الموضوع، حتى تكون التجارب التي تم جمعها في سياق هذه التحقيقات واضحة تمامًا



الشكل 26 :لمبة محسنة مع عاكس مكثف



الشكل 27 : أنبوب فسفوري مع عاكس مكثف

لنفترض أن حلزونًا صغيرًا به العديد من اللفات المعزولة جيدًا، كما في الشكل 17 من التجربة، له أحد طرفيه متصل بأحد أطراف ملف الحث، والآخر ببلوطة معدنية، أو، من أجل التبسيط، المجال، معزول في الفضاء. عندما يتم ضبط الملف على العمل، تتناوب إمكانات الكرة، ويتصرف الحلزون الصغير الآن كما لو أن نهايته الحرة كانت متصلة بالطرف الآخر لملف الحث. إذا تم وضع قضيب حديدي داخل الحلزون الصغير فإنه يتم رفعه بسرعة إلى درجة حرارة عالية، مما يشير إلى مرور تيار قوي عبر الحلزون. كيف تعمل الكرة المعزولة في هذه الحالة؟ فمن الممكن أن يكون مكثفًا يخزن ويعيد الطاقة الموردة إليه، أو يمكن أن يكون مجرد مخزن للطاقة، وتحدد شروط التجربة ما إذا كان هو أفضل من الآخر. عندما تكون الكرة مشحونة بإمكانات عالية، فإنها تعمل حثيًا على الهواء المحيط، أو على أي وسط غازي قد يكون موجودًا. وبالطبع فإن الجزيئات أو الذرات القريبة من الكرة تكون أكثر انجذابًا، وتتحرك عبر مسافة أكبر من الجزيئات الأبعد. عندما تصطدم أقرب الجزيئات بالكرة، يتم صدها، وتحدث الاصطدامات على جميع المسافات ضمن الفعل الاستقرائي للكرة. أصبح من الواضح الآن أنه إذا كان الجهد ثابتًا، ولكن فقدان القليل من الطاقة يمكن أن يحدث بهذه الطريقة، فإن الجزيئات الأقرب إلى الكرة، والتي لها شحنة إضافية تنتقل إليها عن طريق التلامس، لا تنجذب حتى تنجذب إلى الكرة. لقد انفصلت، إن لم يكن عن الجميع، على الأقل عن معظم الشحنة الإضافية، والتي لا يمكن تحقيقها إلا بعد عدد كبير من الاصطدامات. من حقيقة أنه مع وجود إمكانات ثابتة هناك خسارة قليلة في الهواء الجاف، يجب على المرء أن يتوصل إلى مثل هذا الاستنتاج. عندما تتناوب إمكانات الكرة، بدلاً من أن تكون ثابتة، تكون الظروف مختلفة تمامًا. في هذه الحالة، يحدث قصف إيقاعي، بغض النظر عما إذا كانت الجزيئات، بعد ملامستها للكرة، تفقد الشحنة المنقولة أم لا؛ علاوة على ذلك، إذا لم يتم فقدان الشحنة، فإن التأثيرات ستكون أكثر عنفًا. ومع ذلك، إذا كان تردد النبضات صغيرًا جدًا، فإن الخسارة الناجمة عن الارتطامات

والاصطدامات لن تكون خطيرة إلا إذا كانت الإمكانيات مفرطة. ولكن عند استخدام ترددات عالية للغاية وإمكانات عالية إلى حد ما، فقد تكون الخسارة كبيرة جدًا. ويتناسب إجمالي الطاقة المفقودة لكل وحدة زمنية مع حاصل ضرب عدد الصدمات في الثانية، أو التردد والطاقة المفقودة في كل تأثير. لكن طاقة الاصطدام يجب أن تكون متناسبة مع مربع الكثافة الكهربائية للكرة، لأن الشحنة المنقولة إلى الجزيء تتناسب مع تلك الكثافة. وأستنتج من هذا أن إجمالي الطاقة المفقودة يجب أن تكون متناسبة مع حاصل ضرب التردد ومربع الكثافة الكهربائية؛ لكن هذا القانون يحتاج إلى تأكيد تجريبي. بافتراض صحة الاعتبارات السابقة، فإنه من خلال التناوب السريع لجهد جسم مغمور في وسط غازي عازل، يمكن أن تتبدد أي كمية من الطاقة في الفضاء. أعتقد أن معظم هذه الطاقة لا تتبدد في شكل موجات أثرية طويلة، وتنتشر لمسافة كبيرة، كما يُعتقد بشكل عام، ولكنها تُستهلك - في حالة الكرة المعزولة، على سبيل المثال - في الاصطدام والاصطدام. الخسائر - أي الاهتزازات الحرارية - على السطح وبالقرب من الكرة. لتقليل التبدد، من الضروري العمل بكثافة كهربائية صغيرة - كلما كان التردد أصغر، كلما زاد التردد. ولكن بما أنه، وفقًا للافتراض السابق، تتضاءل الخسارة مع مربع الكثافة، وبما أن التيارات ذات الترددات العالية جدًا تنطوي على هدر كبير عند نقلها عبر الموصلات، فإنه يترتب على ذلك، على العموم، أنه من الأفضل استخدام سلك واحد من اثنين. لذلك، إذا تم تحسين المحركات أو المصابيح أو الأجهزة من أي نوع، بحيث يمكن تشغيلها بشكل مفيد بواسطة تيارات ذات ترددات عالية للغاية، فإن الأسباب الاقتصادية ستجعل من المستحسن استخدام سلك واحد فقط، خاصة إذا كانت المسافات كبيرة.

عندما يتم امتصاص الطاقة في مكثف، فإنه يتصرف كما لو أن سعته قد زادت. الامتصاص موجود دائمًا بشكل أو بآخر، ولكنه بشكل عام صغير وليس له أي تأثير طالما أن الترددات ليست كبيرة جدًا. عند استخدام ترددات عالية للغاية، وبالضرورة في مثل هذه الحالة، أيضًا إمكانيات عالية، فإن الامتصاص - أو ما نعينه هنا بشكل أكثر تحديدًا بهذا المصطلح، فقدان الطاقة بسبب وجود وسط غازي - يعد عاملاً مهمًا يجب أخذها بعين الاعتبار، حيث أن الطاقة الممتصة في مكثف الهواء قد تكون أي جزء من الطاقة الموردة. قد يبدو أن هذا يجعل من الصعب جدًا معرفة السعة المقاسة أو المحسوبة لمكثف الهواء قدرته الفعلية أو فترة اهتزازه، خاصة إذا كان المكثف ذو سطح صغير جدًا ومشحونًا بإمكانات عالية جدًا. وبما أن العديد من النتائج المهمة تعتمد على صحة تقدير فترة الاهتزاز، فإن هذا الموضوع يتطلب التدقيق الدقيق من قبل الباحثين الآخرين. لتقليل الخطأ المحتمل قدر الإمكان في التجارب من النوع المشار إليه، فمن المستحسن استخدام مجالات أو ألواح ذات سطح كبير، وذلك لجعل الكثافة صغيرة للغاية. وبخلاف ذلك، عندما يكون ذلك ممكنًا عمليًا، يجب استخدام مكثف الزيت كأفضلية. في النفط أو المواد العازلة السائلة الأخرى، لا يبدو أن هناك مثل هذه الخسائر كما هو الحال في الوسائط الغازية. نظرًا لأنه من المستحيل استبعاد الغاز الموجود في المكثفات ذات العوازل الصلبة تمامًا، فيجب غمر هذه المكثفات في الزيت لأسباب اقتصادية، إن لم يكن هناك شيء آخر؛ ويمكن بعد ذلك توترها إلى أقصى حد، وستظل باردة. في جرار ليدن، يكون الفقد الناتج عن الهواء صغيرًا نسبيًا، حيث أن طبقات رقائق القصدير تكون كبيرة وقريبة من بعضها البعض والأسطح المشحونة غير مكشوفة بشكل مباشر؛ ولكن عندما تكون الإمكانيات عالية جدًا، قد تكون الخسارة كبيرة إلى حد ما عند أو بالقرب من الحافة العلوية للرقاقة، حيث يتم التأثير على الهواء بشكل أساسي. إذا تم غمر الكرة في الزيت المغلي، فإنها ستكون قادرة على أداء أربعة أضعاف كمية الشغل التي يمكنها القيام بها لأي فترة زمنية عند استخدامها بالطريقة العادية، وستكون الخسارة غير قابلة للتقدير.

لا ينبغي الاعتقاد بأن فقدان الحرارة في مكثف الهواء يرتبط بالضرورة بتكوين تيارات أو فرش مرئية. إذا تم توصيل قطب كهربائي صغير، موجود في لمبة غير منضبة، بأحد أطراف الملف، فيمكن رؤية تيارات تخرج من القطب الكهربائي ويتم تسخين الهواء الموجود في المصباح؛ إذا تم وضع كرة كبيرة في المصباح بدلاً من قطب كهربائي صغير، ولم يتم ملاحظة أي تيارات، فلا يزال الهواء ساخنًا.

ولا ينبغي الاعتقاد بأن درجة حرارة مكثف الهواء من شأنها أن تعطي حتى فكرة تقريبية عن فقدان الحرارة المتكبدة، لأنه في مثل هذه الحالة يجب أن تنطلق الحرارة بسرعة أكبر بكثير، لأنه يوجد، بالإضافة إلى الإشعاع العادي، يستمر حمل الحرارة بشكل نشط للغاية بواسطة ناقلات مستقلة، وبما أنه ليس الجهاز فقط، بل الهواء الموجود على مسافة ما منه يتم تسخينه نتيجة الاصطدامات التي يجب أن تحدث

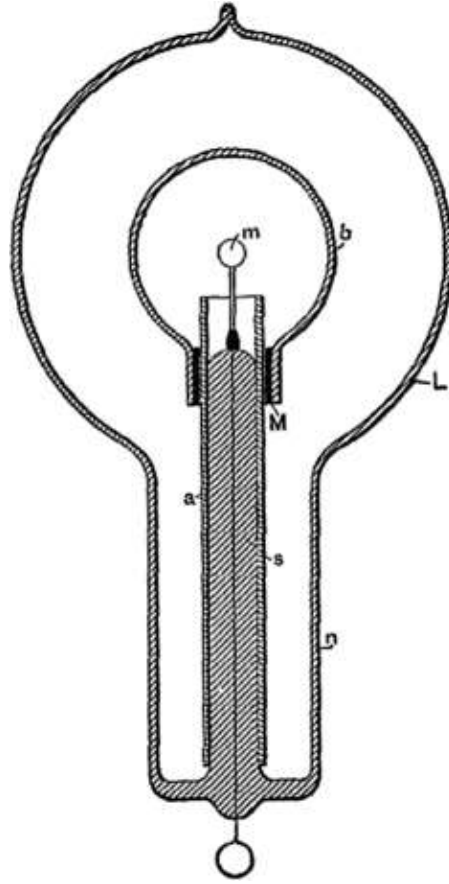
ونتيجة لذلك، في التجارب التي أجريت على مثل هذا الملف، لا يمكن ملاحظة ارتفاع درجة الحرارة بشكل واضح إلا عندما يكون الجسم المتصل بالملف صغيرًا جدًا. ولكن مع الأجهزة على نطاق أوسع، حتى الجسم ذو الحجم الكبير سيتم تسخينه، على سبيل المثال، جسم الشخص؛ وأعتقد أن الأطباء المهرة قد يقومون بملاحظات مفيدة في مثل هذه التجارب، والتي، إذا تم تصميم الأجهزة بحكمة، لن تشكل أدنى خطر

هناك سؤال يثير بعض الاهتمام، خاصة لأخصائيي الأرصاد الجوية، ويطرح نفسه هنا. كيف تتصرف الأرض؟ إن الأرض عبارة عن مكثف للهواء، ولكن هل هي كاملة أم ناقصة تمامًا — مجرد مخزن للطاقة؟ ليس هناك شك في أنه في ظل هذا الاضطراب البسيط الذي قد يحدث في التجربة، تتصرف الأرض كمكثف مثالي تقريبًا. ولكن قد يكون الأمر مختلفًا عندما تتعرض شحنتها للاهتزاز بسبب بعض الاضطرابات المفاجئة التي تحدث في السماء. في مثل هذه الحالة، كما ذكرنا من قبل، ربما لن يتم فقدان سوى القليل من طاقة الاهتزازات الناتجة في الفضاء على شكل إشعاعات أثرية طويلة، ولكن أعتقد أن معظم الطاقة، ستبقى نفسها في التأثيرات والاصطدامات الجزيئية، وتنتقل إلى الفضاء على شكل موجات حرارية قصيرة، وربما خفيفة. وبما أن كلاً من تردد اهتزازات الشحنة والجهد مغرطان على الأرجح، فإن الطاقة المحولة إلى حرارة قد تكون كبيرة. وبما أن الكثافة يجب أن تكون موزعة بشكل غير متساو، إما نتيجة لعدم انتظام سطح الأرض، أو بسبب حالة الغلاف الجوي في أماكن مختلفة، فإن التأثير الناتج سيختلف تبعًا لذلك من مكان إلى آخر. وقد تحدث بهذه الطريقة تغيرات كبيرة في درجة حرارة وضغط الغلاف الجوي في أي نقطة من سطح الأرض. وقد تكون التغيرات تدريجية أو مفاجئة جدًا حسب طبيعة الاضطراب العام، وقد تنتج أمطارًا وعواصف، أو تعدل الطقس محليًا بأي شكل من الأشكال

من الملاحظات التي سبق تقديمها، يمكن للمرء أن يرى مدى أهمية فقدان الهواء الموجود بالقرب من سطح مشحون عندما تكون الكثافة الكهربائية كبيرة وتكرار النبضات مغرطًا. لكن الفعل، كما هو موضح، يعني أن الهواء عازل، أي أنه يتكون من ناقلات مستقلة مغمورة في وسط عازل. وهذا هو الحال فقط عندما يكون الهواء عند ضغط عادي أو أكبر، أو عند ضغط صغير للغاية. عندما يكون الهواء متخلخلًا وموصلًا قليلًا، تحدث أيضًا خسائر التوصيل الحقيقية. في مثل هذه الحالة، بالطبع، قد تبدد طاقة كبيرة في الفضاء حتى مع وجود جهد ثابت، أو مع نبضات ذات تردد منخفض، إذا كانت الكثافة كبيرة جدًا

عندما يكون الغاز عند ضغط منخفض جدًا، يتم تسخين القطب الكهربائي أكثر لأنه يمكن الوصول إلى سرعات أعلى. إذا تم ضغط الغاز المحيط بالقطب بقوة، فإن الإزاحات، وبالتالي السرعات، تكون صغيرة جدًا، ويكون التسخين غير مهم. ولكن إذا كان من الممكن في مثل هذه الحالة زيادة التردد بدرجة كافية، فسيتم إحضار القطب إلى درجة حرارة عالية وكذلك إذا كان الغاز عند ضغط منخفض جدًا؛ في الواقع، استنفاد المصباح ضروري فقط لأننا لا نستطيع إنتاج (وربما لا ننقل) تيارات بالتردد المطلوب

وبالعودة إلى موضوع مصابيح القطب الكهربائي، فمن الواضح أنه من المفيد في مثل هذا المصباح حصر الحرارة قدر الإمكان في القطب الكهربائي عن طريق منع دوران الغاز في المصباح. إذا تم استخدام لمبة صغيرة جدًا، فإنها ستحجز الحرارة بشكل أفضل من لمبة كبيرة، ولكنها قد لا تكون ذات سعة كافية للتشغيل من الملف، أو، إذا كان الأمر كذلك، فقد يصبح الزجاج ساخناً جدًا. إحدى الطرق البسيطة لتحسين في هذا الاتجاه هي استخدام كرة بالحجم المطلوب، ولكن مع وضع لمبة صغيرة، يتم تقدير قطرها بشكل صحيح، فوق الزر الحراري الموجود في الكرة الأرضية. وهذا الترتيب موضح في الشكل 28

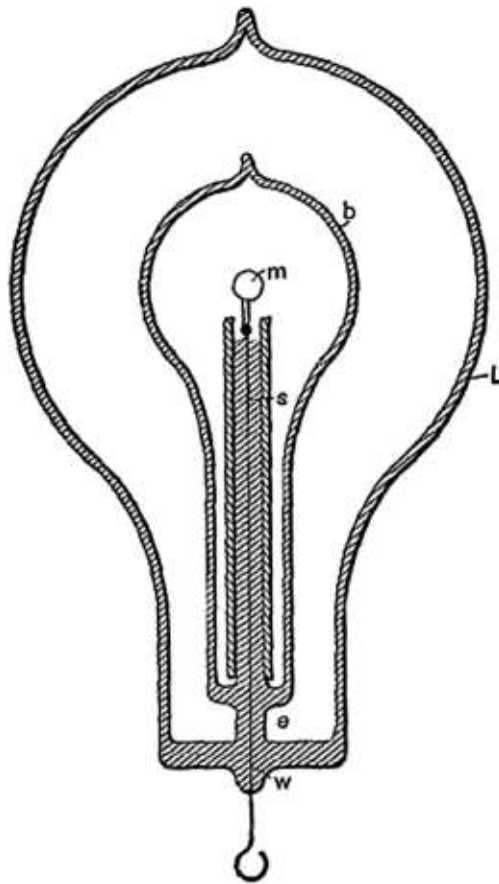


**الشكل 28:** مصباح مزود بمصباح مساعد لحصر الحركة في المركز

بالمرور من  $b$  مما يسمح للمصباح الصغير ،  $n$  لها في هذه الحالة رقبة كبيرة  $L$  الكرة الأرضية خلالها .وإلا فإن البناء هو نفسه كما هو موضح في الشكل 18، على سبيل المثال .يتم دعم الللمبة الصغيرة بشكل مريح على الجذع ، وتحمل زر المقاومة للحرارة م .يتم فصله عن أنبوب الألومنيوم/ بواسطة عدة طبقات من الميكا م ، وذلك لمنع تشقق الرقبة بسبب التسخين السريع لأنبوب الألومنيوم عند تشغيل التيار المفاجئ .يجب أن يكون المصباح الداخلي صغيراً قدر الإمكان عندما يكون من المرغوب فيه الحصول على الضوء فقط عن طريق توهج القطب الكهربائي .إذا كان من المرغوب فيه إنتاج التفسفر، فيجب أن يكون المصباح أكبر حجماً، وإلا فإنه سيكون عرضة للتسخين الشديد، وسيتوقف التفسفر .في هذا الترتيب عادةً ما يظهر المصباح الصغير فقط فسفوراً، حيث لا يوجد عملياً أي قصف على الكرة الخارجية .وفي بعض هذه المصابيح المصنعة كما هو موضح في الشكل 28، تم طلاء الأنبوب الصغير بطلاء فسفوري، وتم الحصول على تأثيرات جميلة .بدلاً من جعل المصباح الداخلي كبيراً، لتجنب التسخين غير المبرر، فإنه يفى بالغرض المتمثل في جعل القطب الكهربائي/كبير حجماً .في هذه الحالة يتم إضعاف القصف بسبب الكثافة الكهربائية الأقل.

تم إنشاء العديد من المصابيح وفقاً للمخطط الموضح في الشكل 29 .هنا، تم إغلاق لمبة عند استنفادها إلى درجة عالية جداً في كرة  $m$  ، تحتوي على زر المقاومة للحرارة ،  $b$  صغيرة والتي تم بعد ذلك استنفادها بشكل معتدل وإغلاقها .كانت الميزة الرئيسية لهذا البناء ،  $L$  كبيرة

هي أنه سمح بالوصول إلى فراغ عالٍ للغاية، وفي نفس الوقت باستخدام لمبة كبيرة. لقد وجد، في سياق التجارب مع المصابيح كما هو موضح في الشكل 29، أنه كان من الجيد جعل الجذع  $e$  بالقرب من الختم سميكاً جداً، والسلك الواصل رقيقاً، كما حدث أحياناً تم تسخين الجذع عند  $L$  بما يكفي فقط للسماح  $L$  وتشقق المصباح. في كثير من الأحيان، تم استنفاد الكرة الخارجية بمرور التفريغ، وبدأت المسافة بين المصابيح قرمزية، مما أدى إلى تأثير غريب. في بعض الحالات، منخفضاً جداً، ويكون الهواء جيد التوصيل، فقد وجد أنه من  $L$  عندما يكون الاستنفاد في الكرة إلى درجة سطوع عالية، وضعه، ويفضل أن يكون ذلك في الجزء  $m$  الضروري، من أجل جلب الزر العلوي من عنق الكرة الأرضية، طلاء من ورق القصدير تم توصيله بجسم معزول، أو بالأرض، أو بالطرف الآخر للملف، حيث أن الهواء عالي التوصيل أضعف التأثير إلى حد ما، ربما من خلال التأثير عليه حثياً من السلك  $t$ ، حيث دخل إلى لمبة في  $h$ . توجد صعوبة أخرى - ومع ذلك، تكون موجودة دائماً عندما يتم تركيب زر المقاومة للحرارة في لمبة صغيرة جداً - في البناء الموضح في



.سوف يضعف في وقت قصير نسبياً  $b$  الشكل 29، أي أن الفراغ في اللمبة

**الشكل 29:** مصباح مزود بمصباح مساعد مستقل

كانت الفكرة الرئيسية في البناءين الموصوفين الأخيرين هي حصر الحرارة في الجزء المركزي من الكرة الأرضية عن طريق منع تبادل الهواء. هناك ميزة مضمونة، ولكن بسبب تسخين اللمبة الداخلية والتبخر البطيء للزجاج، يصعب الحفاظ على الفراغ، حتى إذا تم اختيار البناء الموضح في الشكل 28، حيث تتواصل كلا اللمبتين

لكن الطريقة الأفضل، أي الطريقة المثالية، هي الوصول إلى ترددات عالية بما فيه الكفاية. كلما زاد التردد، كان تبادل الهواء أبطأ، وأعتقد أنه يمكن الوصول إلى تردد لن يكون هناك أي تبادل مهما كان لجزيئات الهواء حول المحطة. سننتج عندئذ لهبًا لا يحمل فيه أي مادة، وسيكون لهبًا غريبًا، لأنه سيكون جامدًا! مع مثل هذه الترددات العالية، فإن القصور الذاتي للجسيمات سوف يلعب دوره. وبما أن الفرشاة، أو اللهب، سوف يكتسب صلابة بسبب القصور الذاتي للجزيئات، فسيتم منع تبادل الأخير. سيحدث هذا بالضرورة، لأنه مع زيادة عدد النبضات، تتضاءل الطاقة الكامنة لكل منها، بحيث لا يمكن في النهاية إنشاء سوى الاهتزازات الذرية، وتتوقف حركة الانتقال عبر الفضاء القابل للقياس. وبالتالي فإن موقد غاز عادي متصل بمصدر جهد متناوب سريع قد تزيد كفاءته إلى حد معين، وهذا لسببين - بسبب الاهتزاز الإضافي المنقول، وبسبب تباطؤ عملية التشغيل. لكن التجديد أصبح صعبًا، والتجديد ضروري للحفاظ على //الموقد، فإن الزيادة المستمرة في تواتر النبضات، على افتراض أنه يمكن أن تنتقل إلى اللهب وتضغط عليه، من شأنه أن يؤدي إلى انقراض "الأخير، وهذا يعني بهذا المصطلح فقط توقف العملية الكيميائية"

ومع ذلك، أعتقد أنه في حالة وجود قطب كهربائي مغمور في وسط عازل مائع، ومحاط بحاملات مستقلة للشحنات الكهربائية، والتي يمكن التأثير عليها حثيًا، فإن التردد العالي بدرجة كافية للنبضات من المحتمل أن يؤدي إلى جاذبية الغاز في كل مكان نحو القطب. ولهذا سيكون من الضروري فقط افتراض أن الأجسام المستقلة لها شكل غير منتظم؛ سوف يتجهون بعد ذلك نحو القطب ذي الجانب الأكبر من الكثافة الكهربائية، وسيكون هذا هو الوضع الذي تكون فيه مقاومة السائل للاقترب أصغر من تلك المتاحة للانحسار

لا أشك في أن الرأي العام هو أنه من غير الوارد الوصول إلى مثل هذه التكرارات التي قد تؤدي على افتراض أن بعض الآراء التي تم التعبير عنها مسبقًا - إلى أي من النتائج التي أشرت إليها - على أنها مجرد احتمالات. قد يكون الأمر كذلك، ولكن في سياق هذه التحقيقات، ومن خلال مراقبة العديد من الظواهر، اكتسبت قناعة بأن هذه الترددات ستكون أقل بكثير مما يمكن للمرء تقديره في البداية. في اللهب نقوم بإعداد اهتزازات ضوئية عن طريق التسبب في اصطدام الجزيئات أو الذرات. ولكن ما هي نسبة تكرار الاصطدامات وتكرار الاهتزازات؟ ومن المؤكد أنه يجب أن يكون أصغر بما لا يقاس من دقات الجرس واهتزازات الصوت، أو من تفريغات وذبذبات المكثف. قد نتسبب في تصادم جزيئات الغاز عن طريق استخدام نبضات كهربائية متبادلة ذات تردد عالٍ، وبالتالي يمكننا تقليد العملية في اللهب؛ ومن تجارب الترددات التي يمكننا الآن الحصول عليها، أعتقد أن النتيجة يمكن إنتاجها بنبضات يمكن نقلها عبر موصل

فيما يتعلق بأفكار ذات طبيعة مماثلة، بدا لي أنه من المثير للاهتمام إظهار صلابة العمود الغازي المهتز. على الرغم من الترددات المنخفضة مثل 10000 في الثانية، والتي تمكنت من الحصول عليها دون صعوبة من مولد كهربائي مصمم خصيصًا، إلا أن المهمة بدت محبطة في البداية، فقد قمت بإجراء سلسلة من التجارب. لم تؤد التجارب التي أجريت على الهواء عند الضغط العادي إلى أي نتيجة، ولكن مع الهواء المتخلخل بشكل معتدل، حصلت على ما أعتقد أنه دليل تجريبي لا لبس فيه على الخاصية المطلوبة. ونظرًا لأن هذا النوع قد يقود الباحثين القادرين إلى استنتاجات ذات أهمية، فسوف أصف إحدى التجارب التي تم إجراؤها

ومن المعلوم أن الأنبوب عندما ينفذ قليلاً قد يمر التفريغ من خلاله على شكل خيط رفيع مضيء. عندما يتم إنتاجه بتيارات ذات تردد منخفض، يتم الحصول عليها من ملف يعمل كالمعتاد، يكون هذا الخيط خاملاً. فإذا اقترب منه مغناطيس، فإن الجزء القريب منه ينجذب أو يتنافر، حسب اتجاه خطوط قوة المغناطيس. لقد خطر لي أنه إذا تم إنتاج مثل هذا الخيط بتيارات ذات ترددات عالية جدًا، فيجب أن يكون أكثر أو أقل صلابة، وكما كان واضحًا يمكن دراسته بسهولة. وبناءً على ذلك، قمت بإعداد أنبوب يبلغ قطره حوالي بوصة واحدة وطوله مترًا واحدًا، مع طلاء خارجي عند كل طرف. تم استنفاد الأنبوب إلى النقطة التي يمكن عندها، من خلال القليل من العمل، الحصول على تفريغ الخيط. ويجب الإشارة هنا إلى أن المظهر العام للأنبوب، ودرجة الإرهاق، يختلفان تمامًا عما يحدث عند استخدام التيارات العادية ذات التردد المنخفض. نظرًا لأنه كان من الأفضل العمل

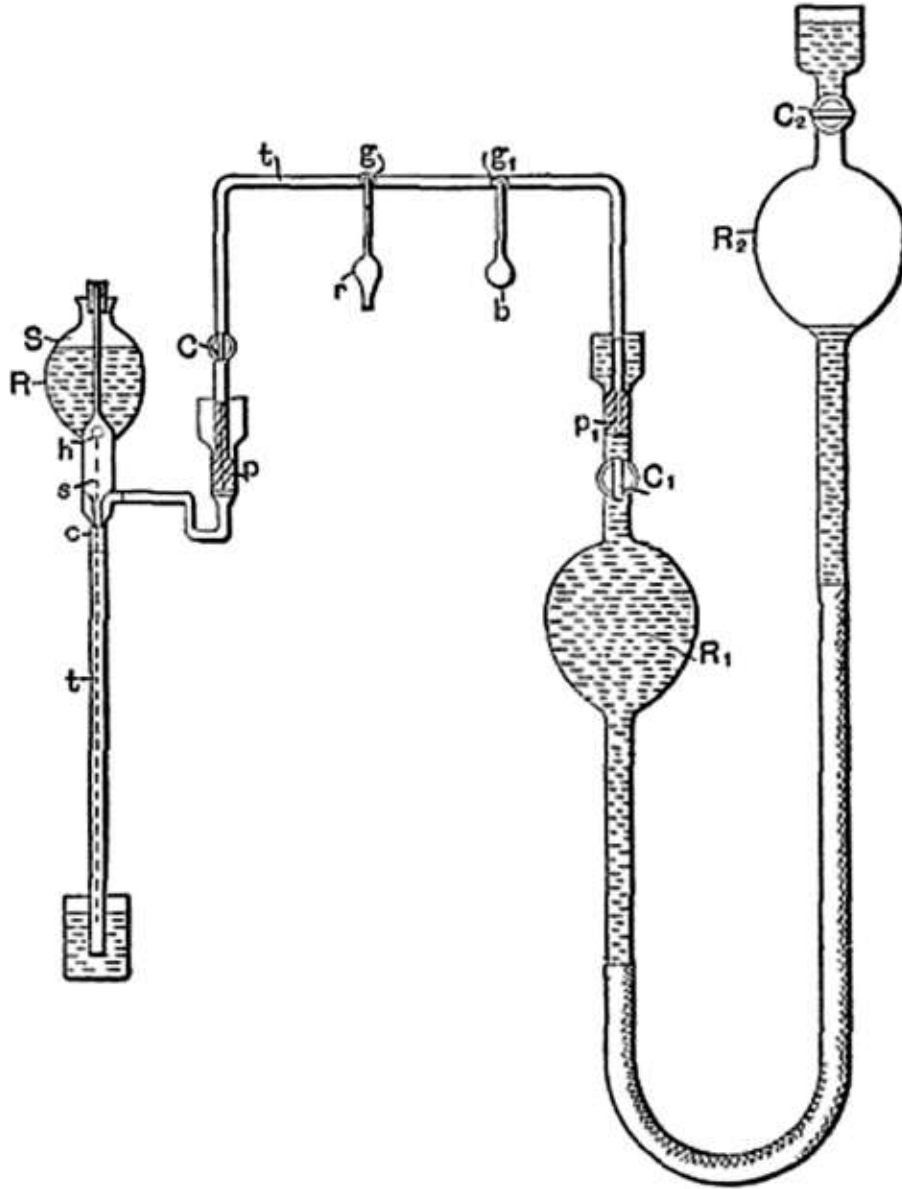


مع طرف واحد، تم تعليق الأنبوب المجهز من نهاية سلك متصل بالطرف، ويتم توصيل طلاء القصدير بالسلك، وفي بعض الأحيان يتم توصيل لوحة صغيرة معزولة بالطبقة السفلية. عندما تم تشكيل الخيط، امتد خلال الجزء العلوي من الأنبوب وفقد نفسه في الطرف السفلي. إذا كان يمتلك صلابة فإنه يشبه، ليس بالضبط حبلًا مرناً مشدودًا بإحكام بين دعامتين، ولكنه يشبه حبلًا معلقًا من ارتفاع مع وزن صغير متصل في النهاية. عندما يقترب الإصبع أو المغناطيس من الطرف العلوي للخيط المضيء، يمكن إخراجة محليًا من موضعه عن طريق عمل كهروستاتيكي أو مغناطيسي؛ وعندما تتم إزالة الجسم المزعج بسرعة كبيرة، يتم الحصول على نتيجة مماثلة، كما لو أن الحبل المعلق سيتم إزاحته وتحريره بسرعة بالقرب من نقطة التعليق. من خلال القيام بذلك، تم ضبط الخيط المضيء على حالة اهتزاز، وتم تشكيل عقدتين محددين بشكل حاد للغاية، وعقدة ثالثة غير واضحة. استمر الاهتزاز، بمجرد إعداده، لمدة ثماني دقائق كاملة، ثم تلاشى تدريجيًا. غالبًا ما تختلف سرعة الاهتزاز بشكل ملحوظ، ويمكن ملاحظة أن الجذب الكهروستاتيكي للزجاج يؤثر على الخيط المهتز؛ ولكن كان من الواضح أن التأثير الكهروستاتيكي لم يكن هو سبب الاهتزاز، لأن الخيط كان ثابتًا بشكل عام، ويمكن دائمًا ضبطه على الاهتزاز عن طريق تمرير الإصبع بسرعة بالقرب من الجزء العلوي من الأنبوب. باستخدام المغناطيس، يمكن تقسيم الخيط إلى قسمين ويهتز كلا الجزأين. من خلال اقتراب اليد من الطبقة السفلية للأنبوب، أو لوحة العزل إذا كانت متصلة، يتم تسريع الاهتزاز؛ وأيضًا، بقدر ما أستطيع أن أرى، من خلال رفع الإمكانية أو التردد. وبالتالي، فإن زيادة التردد أو تمرير تفريغ أقوى لنفس التردد يتوافق مع شد الحبل. لم أحصل على أي دليل تجريبي بخصوص تفريغ المكثف. يجب أن يمتلك الشريط المضيء المثار في المصباح بواسطة التفريغ المتكرر لجرة ليدن الصلبة، وإذا تشوه وتحرر فجأة يجب أن يهتز. ولكن من المحتمل أن تكون كمية المادة المهتزة صغيرة جدًا لدرجة أنه على الرغم من السرعة القصوى، لا يستطيع القصور الذاتي تأكيد نفسه بشكل بارز. علاوة على ذلك، فإن المراقبة في مثل هذه الحالة تصبح صعبة للغاية بسبب الاهتزاز الأساسي.

إن إثبات الحقيقة - التي لا تزال بحاجة إلى تأكيد تجريبي أفضل - وهي أن العمود الغازي المهتز يمتلك الصلابة، قد يغير آراء المفكرين بشكل كبير. عندما يمكن ملاحظة مؤشرات على هذه الخاصية في الترددات المنخفضة والإمكانات الضئيلة، كيف يجب أن يتصرف الوسط الغازي تحت تأثير الضغوط الكهروستاتيكية الهائلة التي قد تكون نشطة في الفضاء بين النجوم، والتي قد تتناوب بسرعة لا يمكن تصورها؟ إن وجود مثل هذه القوة الكهروستاتيكية النبضية الإيقاعية - للمجال الكهروستاتيكي المهتز - من شأنه أن يُظهر طريقة محتملة لكيفية تشكل المواد الصلبة من الرحم فائق الغازات، وكيف يمكن أن تنتقل الاهتزازات المستعرضة وجميع أنواع الاهتزازات من خلال حشوة وسط غازية كل المساحة. ومن ثم، قد يكون الأثير سائلًا حقيقيًا، خاليًا من الصلابة، وفي حالة السكون، يكون ضروريًا فقط كحلقة وصل لتمكين التفاعل. ما الذي يحدد صلابة الجسم؟ يجب أن تكون السرعة وكمية المادة الدافعة. في الغاز، قد تكون السرعة كبيرة، لكن كثافته صغيرة للغاية؛ وفي السائل من المرجح أن تكون السرعة صغيرة، على الرغم من أن الكثافة قد تكون كبيرة؛ وفي كلتا الحالتين فإن مقاومة القصور الذاتي المقدمة للإزاحة تكون معدومة عمليًا. لكن ضع عمودًا غازيًا (أو سائلًا) في مجال إلكتروستاتيكي مكثف ومتغير سريعًا، واجعل الجسيمات تهتز بسرعات هائلة، عندها تؤكد مقاومة القصور الذاتي نفسها. قد يتحرك الجسم بحرية أكبر أو أقل خلال الكتلة المهتزة، لكنه سيكون جامدًا ككل.

هناك موضوع يجب أن أذكره فيما يتعلق بهذه التجارب: وهو موضوع الفراغ العالي. وهذا موضوع ليست دراسته مثيرة للاهتمام فحسب، بل مفيدة أيضًا، لأنها قد تؤدي إلى نتائج ذات أهمية عملية كبيرة. في الأجهزة التجارية، مثل المصابيح المتوهجة، التي يتم تشغيلها من خلال أنظمة التوزيع العادية، فإن الفراغ الأعلى بكثير مما يتم الحصول عليه في الوقت الحاضر لن يضمن ميزة كبيرة جدًا. في مثل هذه الحالة، يتم تنفيذ العمل على الفتيل، ولا يهتم الغاز كثيرًا؛ وبالتالي فإن التحسن سيكون تافهًا. ولكن عندما نبدأ في استخدام ترددات وإمكانات عالية جدًا، يصبح عمل الغاز مهمًا للغاية، ودرجة الإرهاق تعدل النتائج بشكل ملموس. وطالما تم استخدام ملفات عادية،

حتى الكبيرة جدًا، كانت دراسة الموضوع محدودة، لأنه في النقطة التي يصبح فيها الأمر أكثر إثارة للاهتمام، كان لا بد من مقاطعتها بسبب الوصول إلى الفراغ "غير اللافت للنظر". لكن في الوقت الحاضر نحن قادرون على الحصول من ملف تفريغ مدمر صغير على إمكانات أعلى بكثير حتى من أكبر ملف قادر على تقديمه، والأكثر من ذلك، يمكننا أن نجعل الجهد البديل بسرعة كبيرة. وتمكننا هاتان النتيجة الآن من تمرير تفريغ مضى عبر أي فراغ يمكن الحصول عليه تقريبًا، كما أن مجال تحقيقنا ممتد إلى حد كبير. أعتقد أننا، كما نستطيع، من بين جميع الاتجاهات الممكنة لتطوير إنارة عملية، يبدو أن خط الفراغ العالي هو الأكثر واعدة في الوقت الحاضر. ولكن للوصول إلى الفراغ الشديد، يجب تحسين الأجهزة بشكل أكبر، ولن يتم الوصول إلى الكمال النهائي حتى نتخلص من الميكانيكية ونتقن مضخة التفريغ /الكهربائية. يمكن رمي الجزيئات والذرات من المصباح تحت تأثير إمكانات هائلة؛ سيكون هذا هو مبدأ مضخة التفريغ في المستقبل. في الوقت الحاضر، يجب علينا تأمين أفضل النتائج الممكنة باستخدام الأجهزة الميكانيكية. في هذا الصدد، قد لا يكون من المستبعد أن أقول بضع كلمات عن طريقة وجهاز إنتاج درجات عالية جدًا من الإرهاق والتي استفدت منها في سياق هذه التحقيقات. ومن المحتمل جدًا أن يكون المجربون الآخرون قد استخدموا ترتيبات مماثلة؛ ولكن بما أنه من الممكن أن يكون هناك عنصر مثير للاهتمام في وصفهم، فقد يُسمح ببعض الملاحظات، التي ستجعل هذا التحقيق أكثر اكتمالاً.



الشكل 30: الجهاز المستخدم للحصول على درجات عالية من الإرهاق.

والتي تم ، Sprengel مضخة  $S$  تم توضيح الجهاز في الرسم الموضح في الشكل 30. يمثل تصنيعها خصيصاً لتناسب العمل المطلوب بشكل أفضل. لقد تم حذف محبس الصمام الذي تحتوي هذه السدادة على  $R$ . يستخدم عادةً، وبدلاً منه تم تركيب سدادة مجوفة في عنق الخزان بشكل صحيح بالنسبة لقسم  $o$  فتحة صغيرة ينزل من خلالها الزئبق؛ يتم تحديد حجم المخرج الذي يكون محكم الإغلاق بالخزان بدلاً من توصيله به بالطريقة المعتادة. يتغلب  $t$  أنبوب السقوط هذا الترتيب على العيوب والمشاكل التي تنشأ غالباً من استخدام محبس الخزان على الخزان وتوصيل الأخير بأنبوب السقوط.

وقد تم  $R_1$  إلى خزان كبير جداً  $U$  يتم توصيل المضخة من خلال أنبوب على شكل حرف  $U$  وقد تم تصنيع كل من هذه  $p$  و  $p_1$  الاهتمام بشكل خاص بتركيب أسطح الطحن للسدادات  $U$  الأغشية والأغطية الزئبقية فوقها بشكل طويل للغاية. بعد تركيب الأنبوب على شكل حرف ووضعها في مكانه، يتم تسخينه، وذلك لتخفيف الضغط الناتج عن التركيب غير الكامل. تم تزويد

عادة  $b$ ، واحدة لمصباح صغير  $g_1$  و  $g$  ووصلتين أرضيتين  $C$ ، بمحبس  $U$  الأنبوب على شكل حرف  $L$ ، ليتم استنفادها  $r$ ، ما تحتوي على البوتاس الكاوي، والآخر لجهاز الاستقبال  $C$  ويتم تزويد كل من الخزائين بمحبس  $R_2$ ، عن طريق أنبوب مطاطي بخزان أكبر قليلاً  $R_1$  الخزان وخفضه بواسطة عجلة ورف، وتم تحديد نطاق حركته  $R_2$  على التوالي. يمكن رفع الخزان  $C_2$  و  $C_1$  بحيث يشكل فراغ تورسيللي فيه  $C_2$  بحيث أنه عندما يتم ملؤه بالزئبق وإغلاق محبس الحنفية أعلى قليلاً من  $R_1$  عند رفعه، ويمكن رفعه إلى ارتفاع كبير بحيث يقف الزئبق الموجود في الخزان وذلك لتكوين فراغ  $R_2$ ؛ وعندما يتم إغلاق محبس الحنفية هذا وينزل الخزان  $C_1$  محبس الحنفية  $R_2$  يمكن خفضه حتى يتم إفراغ الأخير تمامًا، حيث يملأ الزئبق الخزان  $R_1$ ، تورسيللي في الخزان إلى أعلى قليلاً محبس  $C_2$ .

حيث أن درجة  $R_1$  تم أخذ سعة المضخة والوصلات في أصغر حجم ممكن مقارنة بحجم الخزان. الاستنفاد تعتمد بالطبع على نسبة هذه الكميات

مع هذا الجهاز قمت بدمج الوسائل المعتادة التي أشارت إليها التجارب السابقة لإنتاج فراغ عالي جدًا. في معظم التجارب كان من المناسب استخدام البوتاس الكاوي. قد أجرؤ على القول، فيما يتعلق باستخدامها، إنه يتم توفير الكثير من الوقت ويتم تأمين عمل المضخة بشكل أكثر كمالاً عن طريق دمج البوتاس وعلية بمجرد، أو حتى قبل، أن تستقر المضخة. إذا لم يتم اتباع هذا المسار، فإن العصي، كما يتم استخدامها عادةً، قد تتخلص من الرطوبة بمعدل معين بطيء جدًا، وقد تعمل المضخة لعدة ساعات دون الوصول إلى فراغ عالٍ جدًا. تم تسخين البوتاس إما بواسطة مصباح رוחي أو عن طريق تمرير تفرغ من خلاله، أو عن طريق تمرير تيار عبر سلك موجود فيه. وكانت الميزة في الحالة الأخيرة هي إمكانية تكرار التسخين بسرعة أكبر.

بشكل عام، كانت عملية الاستنفاد على النحو التالي: في البداية، عندما تكون محبسات حتى الآن بحيث ملأ  $R_2$  مفتوحة، وجميع الوصلات الأخرى مغلقة، تم رفع الخزان  $C_1$  و  $C$  الصمامات عندما يتم ضبط المضخة  $U$  وجزءًا من الخزان الضيق. ربط أنبوب على شكل حرف  $R_1$  الزئبق الخزان مع إبقاء المجرب على  $R_2$  على العمل، سيرتفع الزئبق بسرعة في الأنبوب، ويتم خفض الخزان بواسطة زنبرك طويل مما سهل  $R_2$  الزئبق عند نفس المستوى تقريبًا. تمت موازنة الخزان التشغيل، وكان احتكاك الأجزاء كافيًا بشكل عام لإبقائه في أي وضع تقريبًا. عندما انتهت مضخة وعندها تم  $R_2$  وامتلاً  $R_1$  مرة أخرى ونزل الزئبق إلى  $R_2$  من عملها، تم خفض الخزان Sprengel والذي يمتصه الزئبق، ولتحرير الزئبق من  $R_1$  تم نقل الهواء الملتصق بجدران  $C_2$  إغلاق محبس الحنفية لأعلى ولأسفل لفترة طويلة. أثناء هذه العملية، تم طرد بعض  $R_2$  كل الهواء، تم تشغيل الخزان عن طريق خفضه بدرجة كافية وفتح  $R_2$  من  $C_2$  الهواء، الذي سيتجمع أسفل محبس الحنفية محبس الحنفية، وإغلاق الأخير مرة أخرى قبل رفع الخزان. وعندما تم طرد كل الهواء من الزئبق، مرة أخرى  $R_2$  عند إنزاله، تم اللجوء إلى البوتاس الكاوي. تم الآن رفع الخزان  $R_2$  ولم يتجمع أي هواء في تم صهر البوتاس الكاوي وعلية، وتم نقل الرطوبة  $C_1$  فوق محبس الحنفية  $R_1$  حتى وقف الزئبق الموجود في جزئيًا بواسطة المضخة وإعادة امتصاصها جزئيًا؛ وتكررت عملية التسخين والتبريد هذه عدة مرات، يُرفع ويُخفض لفترة طويلة. وبهذه  $R_2$  وفي كل مرة، عند امتصاص الرطوبة أو نقلها، كان الخزان الطريقة، تم نقل كل الرطوبة من الزئبق، وكان كلا الخزائين في حالة مناسبة للاستخدام. ثم بعد مرة أخرى إلى الأعلى، وظلت المضخة تعمل لفترة طويلة. عندما يتم الوصول  $R_2$  ذلك رفع الخزان إلى أعلى فراغ يمكن الحصول عليه باستخدام المضخة، يتم عادةً لف لمبة البوتاس بالقطن الذي  $R_2$ ، يتم رشه بالآثير للحفاظ على البوتاس عند درجة حرارة منخفضة جدًا، ثم يتم إنزال الخزان بسرعة  $r$  تم إفراغ جهاز الاستقبال  $R_1$  وعند الخزان

الذي كان مغلقًا،  $C_1$  عندما يتم تركيب لمبة جديدة، يتم دائمًا رفع الزئبق فوق محبس الحنفية إلا  $R_1$  وذلك للحفاظ دائمًا على الزئبق وكلا الخزائين في حالة جيدة، ولا يتم سحب الزئبق أبدًا من عند تشغيل المضخة. وصلت إلى أعلى درجة من الإرهاق. ومن الضروري مراعاة هذه القاعدة إذا كنت ترغب في استخدام الجهاز لتحقيق الاستنفاد

ومن خلال هذا الترتيب تمكنت من المضي قدماً بسرعة كبيرة، وعندما كان الجهاز في حالة جيدة كان من الممكن الوصول إلى مرحلة الفوسفور في لمبة صغيرة في أقل من 15 دقيقة، وهو بالتأكيد عمل سريع جداً بالنسبة لترتيب مختبري صغير تتطلب إجمالاً حوالي 100 رطل من الزئبق. مع المصابيح الصغيرة العادية، كانت نسبة سعة المضخة وجهاز الاستقبال والوصلات، وقدرة الخزان حوالي 1 إلى 20، وكانت درجات الاستنفاد التي تم الوصول إليها بالضرورة عالية جداً، على  $R$  الرغم من أنني غير قادر على تقديم بيان دقيق وموثوق إلى أي مدى تم تنفيذ الإرهاق.

أكثر ما يثير إعجاب الباحث خلال هذه التجارب هو سلوك الغازات عند تعرضها لضغوط كهروستاتيكية كبيرة متناوبة بسرعة. ولكن يجب أن يظل في شك بشأن ما إذا كانت التأثيرات الملحوظة ترجع بالكامل إلى جزيئات أو ذرات الغاز التي يكشفها لنا التحليل الكيميائي، أو ما إذا كان هناك وسط آخر ذو طبيعة غازية، يشتمل على ذرات أو جزيئات، مغمورة في السائل المنتشر في الفضاء. من المؤكد أن مثل هذا الوسط موجود، وأنا مقتنع بأنه، على سبيل المثال، حتى لو كان الهواء غائباً، فإن سطح الجسم الموجود في الفضاء وما يحيط به سيتم تسخينه عن طريق التناوب السريع لإمكانات الجسم؛ ولكن لا يمكن أن يحدث مثل هذا التسخين للسطح أو الحي إذا تمت إزالة جميع الذرات الحرة ولم يبق سوى سائل متجانس وغير قابل للضغط ومرن - مثل الأثير المفترض - لأنه لن يكون هناك أي تأثيرات أو تصادمات. في مثل هذه الحالة، فيما يتعلق بالجسم نفسه، يمكن أن تحدث خسائر احتكاكية فقط في الداخل.

إنها حقيقة ملفتة للنظر أن التفريغ من خلال الغاز يتم تأسيسه بحرية متزايدة باستمرار مع زيادة تردد النبضات. إنه يتصرف في هذا الصدد بشكل مخالف تماماً للموصل المعدني. في الحالة الأخيرة، تلعب الممانعة دوراً بارزاً مع زيادة التردد، لكن الغاز يعمل مثلما تفعل سلسلة من المكثفات؛ يبدو أن المنشأة التي يمر بها التفريغ تعتمد على معدل تغير الإمكانات. إذا كان الأمر كذلك، ففي الأنبوب المفرغ حتى لو كان طوله كبيراً، وبغض النظر عن مدى قوة التيار، لا يمكن للتحريض الذاتي أن يؤكد نفسه بأي درجة ملحوظة. لدينا إذن، بقدر ما نستطيع أن نرى الآن، في الغاز موصل قادر على نقل نبضات كهربائية بأي تردد قد تتمكن من إنتاجه. هل يمكن رفع التردد بما فيه الكفاية، عندها يمكن تحقيق نظام غريب لتوزيع الكهرباء، والذي من المرجح أن يثير اهتمام شركات الغاز: أنابيب معدنية مملوءة بالغاز - المعدن هو العازل، والغاز هو الموصل - تزود المصابيح الفوسفورية، أو ربما أجهزة لم يتم اختراعها بعد. من الممكن بالتأكيد أخذ نواة مجوفة من النحاس، وتخليق الغاز فيها، ومن خلال تمرير نبضات ذات تردد عالٍ بما فيه الكفاية عبر دائرة حولها، جلب الغاز إلى الداخل إلى درجة عالية من التوهج؛ ولكن فيما يتعلق بطبيعة القوى، سيكون هناك قدر كبير من عدم اليقين، لأنه سيكون من المشكوك فيه ما إذا كان القلب النحاسي مع مثل هذه النبضات سيعمل كشاشة ثابتة. مثل هذه المفارقات والاستحالة الواضحة التي نواجهها في كل خطوة في هذا النوع من العمل، وهنا يكمن، إلى حد كبير، ادعاء الدراسة.

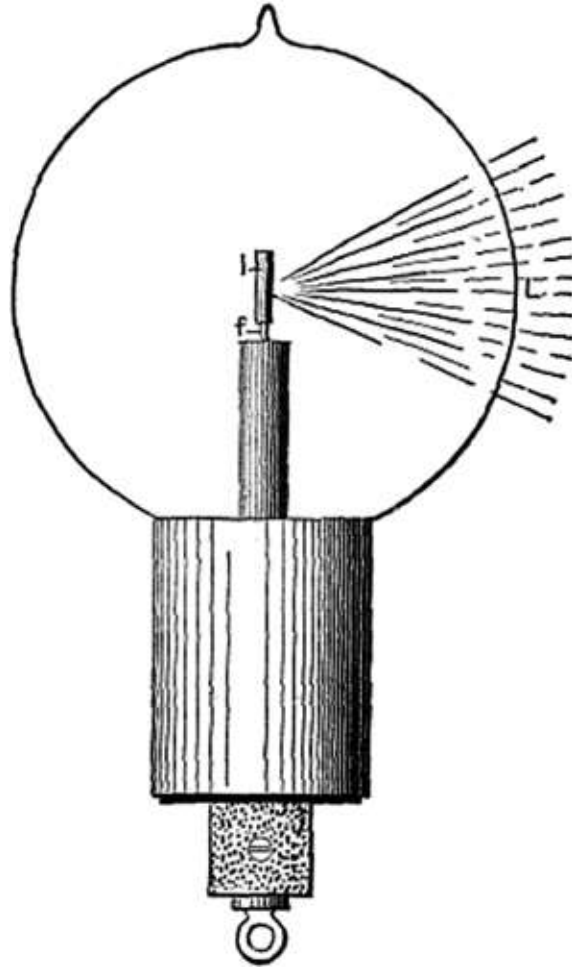
لدي هنا أنبوب قصير وواسع مستهلك إلى درجة عالية ومغطى بطبقة كبيرة من البرونز، وهي الطبقة التي تسمح بالكاد للضوء بالتألق من خلالها. يتم تثبيت مشبك معدني مزود بخطاف لتعليق الأنبوب حول الجزء الأوسط من الأخير، حيث يكون المشبك على اتصال بالطلاء البرونزي. أريد الآن إشعال الغاز بالداخل عن طريق تعليق الأنبوب على سلك متصل بالملف. أي شخص سيجرب التجربة لأول مرة، وليس لديه أي خبرة سابقة، ربما سيحرص على أن يكون وحيداً تماماً عند إجراء التجربة، خوفاً من أن يصبح أضحوكة مساعديه. ومع ذلك، فإن المصباح يضيء على الرغم من الطلاء المعدني، ويمكن رؤية الضوء بوضوح من خلال هذا الأخير. أنبوب طويل مغطى بأضواء برونزية من الألومنيوم عند الإمساك به بيد واحدة - والأخرى تلامس طرف الملف - بقوة كبيرة. قد يتم الاعتراض على أن الطلاءات ليست موصلة بشكل كافٍ؛ ومع ذلك، حتى لو كانوا يتمتعون بمقاومة عالية، فيجب عليهم فحص الغاز. من المؤكد أنهم يقومون بفحصها بشكل مثالي في حالة الراحة، ولكن ليس بشكل مثالي عندما ترتفع الشحنة في الطلاء. لكن فقدان الطاقة الذي يحدث داخل الأنبوب، بغض النظر عن الشاشة، يحدث بشكل أساسي بسبب وجود الغاز. إذا أخذنا كرة معدنية مجوفة كبيرة وملأناها بعازل مائع مثالي وغير قابل للضغط، فلن يكون هناك

فقدان داخل الكرة، وبالتالي يمكن اعتبار الجزء الداخلي محجوبًا تمامًا، على الرغم من أن الإمكانات تتناوب بسرعة كبيرة. حتى لو كانت الكرة مملوءة بالزيت، فإن الخسارة ستكون أصغر بما لا يقاس مما يحدث عند استبدال السائل بغاز، لأنه في الحالة الأخيرة تنتج القوة إزاحات؛ وهذا يعني التأثير والاصطدامات في الداخل.

ومهما كان ضغط الغاز، فإنه يصبح عاملاً مهماً في تسخين الموصل عندما تكون الكثافة الكهربائية كبيرة والتردد مرتفع جدًا. إن حقيقة أن الهواء عنصر ذو أهمية كبيرة في تسخين الموصلات عن طريق تفريغ البرق، يكاد يكون مؤكدًا كحقيقة تجريبية. ويمكنني أن أوضح عمل الهواء من خلال التجربة التالية: أخذ أنبوبًا قصيرًا منتفخًا بدرجة متوسطة، وله سلك بلاتيني يمر عبر المنتصف من طرف إلى آخر. أقوم بتمرير تيار ثابت أو منخفض التردد عبر السلك، ويتم تسخينه بشكل موحد في جميع الأجزاء. السبب في التسخين هنا هو التوصيل، أو فقدان الاحتكاك، وليس للغاز المحيط بالسلك - بقدر ما نرى - أي وظيفة يؤديها. لكن الآن دعني أكرر تفريغات مفاجئة، أو تيارات عالية التردد، عبر السلك. يتم تسخين السلك مرة أخرى، هذه المرة بشكل أساسي على الأطراف وعلى الأقل في الجزء الأوسط؛ وإذا كان تردد النبضات، أو معدل التغير، مرتفعًا بما فيه الكفاية، فقد يكون من الأفضل قطع السلك من المنتصف أم لا، لأن كل التسخين تقريبًا يرجع إلى الغاز المخلخل. هنا قد يعمل الغاز فقط كموصل بدون ممانعة، مما يحول التيار من السلك حيث أن ممانعة الأخير تزداد بشكل كبير، ويقوم فقط بتسخين أطراف السلك بسبب مقاومتها لمرور التفريغ. ولكن ليس من الضروري على الإطلاق أن يقوم الغاز الموجود في الأنبوب بالتوصيل؛ قد يكون عند ضغط منخفض للغاية، ومع ذلك سيتم تسخين طرفي السلك - كما تم التأكد من ذلك بالتجربة - لن يكون الطرفان فقط في مثل هذه الحالة متصلين كهربائيًا عبر الوسط الغازي. والآن فإن ما يحدث بهذه الترددات والجهودات في الأنبوب المنهك، يحدث في التفريغات البرقية عند الضغط العادي. نحتاج فقط أن نتذكر إحدى الحقائق التي تم التوصل إليها في سياق هذه التحقيقات، وهي أن الغاز عند الضغط العادي يتصرف عند نبضات عالية التردد بنفس الطريقة كما لو كان عند ضغط منخفض إلى حد ما. أعتقد أنه في حالات تفريغ البرق كثيرًا ما تتطاير الأسلاك أو الأجسام الموصلة لمجرد وجود الهواء، وأنه لو كان الموصل مغمورًا في سائل عازل، فسيكون آمنًا، لأنه عندها يجب أن تتفوق الطاقة نفسها في مكان آخر. من سلوك الغازات إلى النبضات المفاجئة ذات الإمكانات العالية، توصلت إلى استنتاج مفاده أنه لا توجد طريقة أكثر ضمانًا لتحويل تفريغ البرق من خلال منحه ممرًا عبر حجم من الغاز، إذا كان من الممكن القيام بهذا الشيء بطريقة عملية. طريقة.

هناك سمتان إضافيتان أعتقد أنه من الضروري التطرق إليهما فيما يتعلق بهذه التجارب - "الحالة المشعة" و"الفراغ غير اللافت للنظر".

من المؤكد أن أي شخص درس عمل كروكس قد حصل على انطباع بأن "الحالة المشعة" هي خاصية للغاز ترتبط ارتباطًا وثيقًا بدرجة عالية للغاية من الإرهاق. ولكن يجب أن نتذكر أن الظواهر التي يتم ملاحظتها في الوعاء المنهك تقتصر على طبيعة وقدرة الجهاز المستخدم. أعتقد أنه في الصباح، لا يتحرك الجزيء، أو الذرة، بدقة في خط مستقيم لأنه لا يواجه أي عائق، ولكن لأن السرعة المنقولة إليه كافية لدفعه في خط مستقيم معقول. إن متوسط المسار الحر شيء، لكن السرعة - الطاقة المرتبطة بالجسم المتحرك - شيء آخر، وفي ظل الظروف العادية أعتقد أن الأمر مجرد مسألة إمكانات أو سرعة. يؤدي ملف التفريغ المدمر، عندما يتم دفع الإمكانات إلى مسافة بعيدة جدًا، إلى إثارة التفسفر وإسقاط الظلال، عند درجات منخفضة نسبيًا من الإرهاق. في تفريغ البرق، تتحرك المادة في خطوط مستقيمة كضغط عادي عندما يكون متوسط المسار الحر صغيرًا للغاية، وفي كثير من الأحيان يتم إنتاج صور للأسلاك أو الأجسام المعدنية الأخرى بواسطة الجسيمات التي يتم قذفها في خطوط مستقيمة.



**الشكل 31:** لمبة تظهر تيارًا من الجير المشع عند استنفاد منخفض

(الشكل 31)  $L$  وقد قمت بإعداد لمبة لتوضيح صحة هذه التأكيدات بالتجربة. في الكرة الأرضية قمت بتركيب قطعة من الجير على خيط مصباح. يتم توصيل فتيل المصباح بسلك يؤدي إلى المصباح، ويكون البناء العام للأخير كما هو موضح في الشكل 19، الموصوف سابقًا. يتم تعليق المصباح من سلك متصل بطرف الملف، وبعد ضبط الأخير على العمل، يتم قصف قطعة الجير درجة الإرهاق هي فقط بحيث مع الإمكانية التي يكون بها الملف  $f$  والأجزاء البارزة من الفتيل قادرًا على إعطاء فسفورية للزجاج، ولكنه يختفي بمجرد ضعف الفراغ. يحتوي الجير على رطوبة، وتنطلق الرطوبة بمجرد حدوث التسخين، ولا يستمر التفسفر إلا لحظات قليلة. عندما يتم تسخين الجير بدرجة كافية، يتم إطلاق ما يكفي من الرطوبة لإضعاف فراغ المصباح ماديًا. مع استمرار القصف، تكون نقطة واحدة من قطعة الجير أكثر تسخينًا من النقاط الأخرى، والنتيجة هي أن كل التصريف في النهاية يمر عبر تلك النقطة التي يتم تسخينها بشدة، ويتشكل تيار أبيض من جزيئات الجير (الشكل 31). (ثم ينطلق من تلك النقطة. ويتكون هذا التيار من مادة "مشعة"، إلا أن درجة استنفادها منخفضة. لكن الجزيئات تتحرك في خطوط مستقيمة لأن السرعة الممنوحة لها كبيرة، ويرجع ذلك إلى ثلاثة أسباب: الكثافة الكهربائية الكبيرة، وارتفاع درجة حرارة النقطة الصغيرة، وحقيقة أن جزيئات الجير تتمزق بسهولة وتفكك. يتم التخلص منها بسهولة أكبر بكثير من تلك

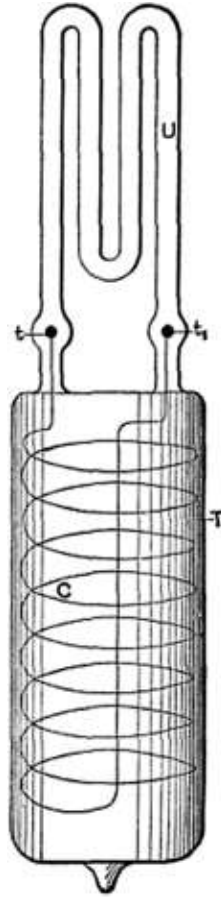
التي يتم التخلص منها من الكربون .وباستخدام ترددات مثل تلك التي يمكننا الحصول عليها، يتم التخلص من الجسيمات جسدًا وإسقاطها على مسافة كبيرة؛ ولكن مع الترددات العالية بما فيه الكفاية لن يحدث شيء من هذا القبيل؛ في مثل هذه الحالة لن ينتشر سوى الضغط أو سينتشر الاهتزاز عبر المصباح .سيكون من غير الوارد الوصول إلى أي تردد من هذا القبيل على افتراض أن الذرات تتحرك بسرعة الضوء؛ لكنني أعتقد أن مثل هذا الشيء مستحيل؛ ولهذا ستكون هناك حاجة إلى إمكانات هائلة .مع الإمكانيات التي يمكننا الحصول عليها، حتى مع وجود ملف تفريغ مدمر، يجب أن تكون السرعة ضئيلة تمامًا

أما بالنسبة لـ "الفراغ غير الضارب" فالنقطة الجديرة بالملاحظة هي أنه لا يمكن أن يحدث إلا مع نبضات منخفضة التردد، وهو أمر ضروري لاستحالة حمل طاقة كافية بمثل هذه النبضات في فراغ عالٍ، لأن الذرات القليلة التي تكون حول المحطة عند ملامستها لها يتم صدها وإبقائها على مسافة لفترة طويلة نسبيًا، ولا يمكن القيام بعمل كافٍ لجعل التأثير ملموسًا للعين .إذا زاد فرق الجهد بين الأطراف، ينهار العازل .ولكن في حالة النبضات عالية التردد جدًا، لا توجد ضرورة لمثل هذا الانهيار، نظرًا لأنه يمكن تنفيذ أي قدر من العمل عن طريق تحريك الذرات باستمرار في الوعاء المنهك، بشرط أن يكون التردد مرتفعًا بدرجة كافية .من السهل الوصول - حتى مع الترددات التي يتم الحصول عليها من مولد كهربائي كما هو مستخدم هنا - إلى مرحلة لا يمر فيها التفريغ بين قطبين كهربائيين في أنبوب ضيق، كل منهما متصل بأحد أطراف الملف، ولكنه من الصعب الوصول إلى نقطة لا يحدث عندها تفريغ مضيء حول كل قطب كهربائي

الفكرة التي تقدم نفسها بشكل طبيعي فيما يتعلق بالتيارات عالية التردد، هي الاستفادة من عملها الاستقرائي الكهروديناميكي القوي لإنتاج تأثيرات ضوئية في كرة زجاجية مغلقة .يعد السلك الواصل أحد عيوب المصباح المتوهج الحالي، وإذا لم يتم إجراء أي تحسين آخر، فيجب على الأقل إزالة هذا النقص .بعد هذا الفكر، قمت بإجراء تجارب في اتجاهات مختلفة، والتي أشرت إلى بعضها في ورقتي السابقة .ويمكنني هنا أن أذكر سطرًا أو سطرين آخرين من التجارب التي تمت متابعتها.

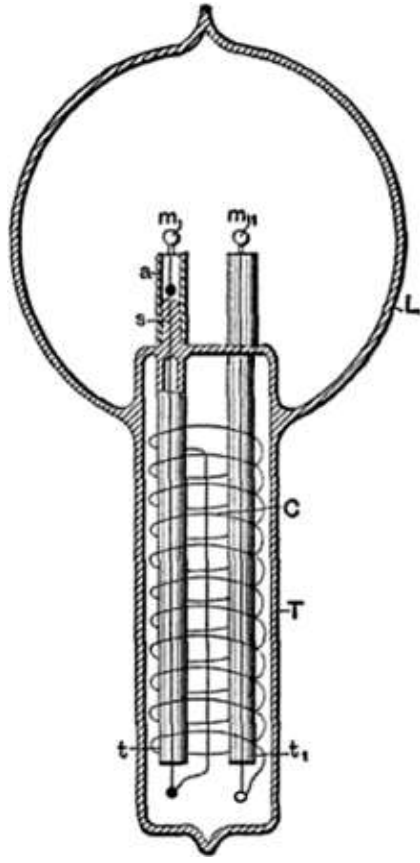
تم تصنيع العديد من المصابيح كما هو موضح في الشكل 32 والشكل 33 من  $U$ ، على شكل  $W$  إلى أنبوب أصغر على شكل  $T$  في الشكل 32، تم إغلاق أنبوب عريض وتم تزويد نهايته بكرات  $T$ ، من أسلاك الألمنيوم في الأنبوب  $C$  الزجاج الفسفوري .تم وضع ملف في مقبس يحتوي على  $T$  تم إدخال الأنبوب  $U$  من الألومنيوم، ووصلت إلى الأنبوب  $t_1$  و  $t$  صغيرة ملف أولي، يتم من خلاله عادةً توجيه تفريغات جارات ليدن، وتم تحفيز الغاز المخلخل في أنبوب عندما تم  $C$  الصغير إلى لمعان قوي بواسطة تيارات التوتر العالي المستحثة في الملف  $U$  وجد أنه من الضروري تعبئة الأنبوب  $C$  استخدام تفريغات وعاء ليدن لتحفيز التيارات في الملف بإحكام بمسحوق عازل، حيث يحدث التفريغ بشكل متكرر بين لفات الملف، خاصة عندما يكون الملف الأولي سميكًا والهواء كانت الفجوة التي يتم من خلالها تفريغ الجرار كبيرة، ولم تحدث مشكلة كبيرة بهذه الطريقة





**الشكل 32: أنبوب الحث الكهروديناميكي.**

في الشكل 33، يتم توضيح شكل آخر من اللمبة التي تم بناؤها. في هذه الحالة، يتم ربط يمر طرفاه عبر أنبوبين زجاجيين صغيرين،  $C$ ، يحتوي الأنبوب على ملف  $L$  بالكرة الأرضية  $T$  الأنبوب على خيوط المصباح التي يتم  $m$  و  $m_1$  يتم تثبيت زرين حراريين  $T$  ملتصقين بالأنبوب،  $t$  و  $t_1$  بشكل عام، في المصابيح.  $t$  و  $t_1$  تثبتها على نهايات الأسلاك التي تمر عبر الأنابيب الزجاجية ولهذا الغرض، تم تسخين  $T$  مع الأنبوب  $L$  المصنوعة وفقاً لهذه الخطة، يتواصل الكرة الأرضية بمقدار بسيط في الموقد، فقط لتثبيت الأسلاك، ولكن ليس للتداخل  $t$  و  $t_1$  طرفي الأنابيب الصغيرة مع الأنابيب الصغيرة، والأسلاك من خلال نفس الأضرار المقاومة  $T$ ، مع الاتصال. تم تحضير الأنبوب إلى الداخل  $C$  حيث تم إدخال الملف  $L$  أولاً، ثم تم إغلاقه على الكرة الأرضية  $m$  و  $m_1$  للحرارة وإجراء التوصيلات حتى نهاياته. تمت تعبئة الأنبوب بعد ذلك بمسحوق عازل، مع تضيق الأخير قدر الإمكان حتى النهاية تقريباً، ثم تم إغلاقه ولم يتبق سوى فتحة صغيرة يتم من خلالها إدخال ما تبقى من المسحوق، وأخيراً نهاية الأنبوب كان مغلقاً. عادة في المصابيح التي يتم تصنيعها كما  $t$  و  $t_1$  على الأطراف العلوية لكل من الأنابيب  $a$  هو موضح في الشكل 33، يتم تثبيت أنبوب ألومنيوم إلى أي درجة من التوهج عن طريق تمرير  $m$  و  $m_1$  وذلك لحماية هذا الطرف من الحرارة. يمكن إيصال الزرين،  $1$  في مثل هذه المصابيح ذات الزرين، يتم إنتاج تأثير غريب جداً  $C$  تفريغات أوعية ليدن حول الملف من خلال تكوين ظلال كل زر من الزرين.



**الشكل 33 :** المصباح الحث الكهروديناميكي

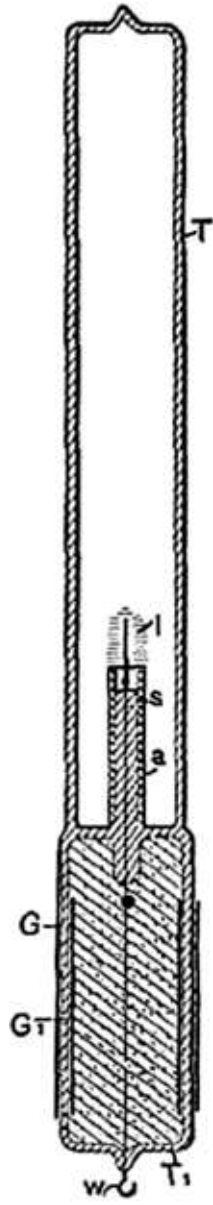
هناك خط آخر من التجارب، والذي تم اتباعه بعناية، وهو تحريض تفريغ تيار أو ضوء في أنبوب أو لمبة مستنفدة، وذلك عن طريق الحث الكهروديناميكي. لقد حظيت هذه المسألة بمعاملة مقتدرة على يد البروفيسور جيه طومسون لدرجة أنني لم أستطع أن أضيف سوى القليل إلى ما أعلنه، حتى لو جعلته موضوعًا خاصًا لهذه المحاضرة. ومع ذلك، وبما أن التجارب في هذا الخط قادتني تدريجيًا إلى الآراء والنتائج الحالية، فلا بد من تخصيص بضع كلمات هنا لهذا الموضوع.

لقد حدث، بلا شك، للكثيرين أنه عندما يتم جعل الأنبوب المفرغ أطول، فإن القوة الدافعة الكهربائية لكل وحدة طول من الأنبوب، اللازمة لتمرير تفريغ مضيء عبر الأخير، تصبح أصغر باستمرار؛ لذلك، إذا تم جعل الأنبوب المنهك طويلًا بما فيه الكفاية، حتى مع الترددات المنخفضة، يمكن إحداث تفريغ مضيء في مثل هذا الأنبوب المغلق على نفسه. يمكن وضع مثل هذا الأنبوب حول كرة أو على السقف، وفي الحال سيتم الحصول على جهاز بسيط قادر على إعطاء كمية كبيرة من الضوء. لكن هذا سيكون جهازًا يصعب تصنيعه ولا يمكن التحكم فيه على الإطلاق. لن يكون من المناسب جعل الأنبوب بأطوال صغيرة، لأنه سيكون هناك خسارة كبيرة في الطلاءات مع الترددات العادية، وبالإضافة إلى ذلك، إذا تم استخدام الطلاءات، فسيكون من الأفضل إمداد التيار مباشرة إلى الأنبوب عن طريق توصيل الطلاءات إلى محول. ولكن حتى لو تمت إزالة جميع الاعتراضات من هذا القبيل، فمع الترددات المنخفضة، سيكون تحويل الضوء نفسه غير فعال، كما ذكرت سابقًا. عند استخدام ترددات عالية للغاية، يمكن تقليل طول المرحلة الثانوية - وبعبارة أخرى، حجم الوعاء - إلى الحد المطلوب، وتزداد كفاءة تحويل الضوء، بشرط اختراع وسائل للحصول

بكفاءة على مثل هذه الترددات العالية .وهكذا يقودنا، من الاعتبارات النظرية والعملية، إلى استخدام الترددات العالية، وهذا يعني قوى دافعة كهربائية عالية والتيارات صغيرة في المرحلة الأولى .عندما يتعامل المرء مع شحنات المكثف - وهي الوسيلة الوحيدة المعروفة حتى الوقت الحاضر للوصول إلى هذه الترددات القصوى - يحصل المرء على قوى دافعة كهربائية تبلغ عدة آلاف من الفولتات لكل دورة من الملف الأولي .لا يمكننا مضاعفة التأثير الاستقرائي الكهروديناميكي باتخاذ المزيد من الدورات في المرحلة الأولى، لأننا نصل إلى استنتاج مفاده أن أفضل طريقة هي العمل بدورة واحدة - على الرغم من أننا يجب أن نخرج أحيانًا عن هذه القاعدة - ويجب علينا أن نتوافق مع ذلك مهما كان التأثير الاستقرائي الذي يمكننا الحصول عليه بدورة واحدة .ولكن قبل أن يجرب المرء لفترة طويلة الترددات القصوى اللازمة لإنشاء قوة دافعة كهربائية في مصباح صغير تبلغ عدة آلاف من الفولتات، يدرك المرء الأهمية الكبيرة للتأثيرات الكهروستاتيكية، وتنمو هذه التأثيرات نسبيًا إلى الديناميكية الكهربائية من حيث الأهمية مثل يتم زيادة التردد

الآن، إذا كان هناك أي شيء مرغوب فيه في هذه الحالة، فهو زيادة التردد، وهذا من شأنه أن يزيد الأمر سوءًا بالنسبة للتأثيرات الكهروديناميكية .من ناحية أخرى، من السهل تعزيز الفعل الكهروستاتيكي إلى الحد الذي يريده المرء عن طريق اتخاذ المزيد من المنعطفات على الجانب الثانوي، أو الجمع بين الحث الذاتي والقدرة على رفع الإمكانيات .ويجب أن نتذكر أيضًا أنه من خلال تقليل التيار إلى أصغر قيمة وزيادة الجهد، يمكن أن تنتقل النبضات الكهربائية ذات التردد العالي بسهولة أكبر عبر الموصل

لقد دفعتني هذه الأفكار وما شابهها إلى تكريس المزيد من الاهتمام للظواهر الكهروستاتيكية، والسعي لإنتاج إمكانات بأعلى مستوى ممكن، والتناوب بأسرع ما يمكن جعلها تتناوب .وجدت بعد ذلك أنه يمكنني إثارة الأنابيب المفرغة على مسافة كبيرة من موصل متصل بملف مصمم بشكل صحيح، وأنه يمكنني، عن طريق تحويل التيار المتذبذب للمكثف إلى جهد أعلى، إنشاء مجالات إلكتروستاتيكية متناوبة تعمل عبر المدى بأكمله من غرفة، وإضاءة أنبوب بغض النظر عن مكان وجوده في الفضاء .اعتقدت أنني أدركت أنني قد خطوت خطوة إلى الأمام، وثابت على هذا الخط؛ لكنني أود أن أقول إنني أشارك جميع محبي العلم والتقدم الرغبة الوحيدة - الوصول إلى نتيجة مفيدة للإنسان في أي اتجاه قد يقودني إليه الفكر أو التجربة .أعتقد أن هذا الانحراف هو الصحيح، لأنني لا أستطيع أن أرى، من خلال ملاحظة الظواهر التي تظهر مع زيادة التردد، ما الذي سيقى للفاعل بين دائرتين متقلان، على سبيل المثال، نبضات تبلغ عدة مئات الملايين في المرة الواحدة .الثانية، باستثناء القوى الكهروستاتيكية .حتى مع مثل هذه الترددات التافهة ، ستكون الطاقة كلها محتملة تقريبًا، وقد تنامي اقتناعي بأنه، مهما كان نوع الضوء المتحرك، فإنه ينتج عن طريق ضغوط إلكتروستاتيكية هائلة تهتز بسرعة شديدة

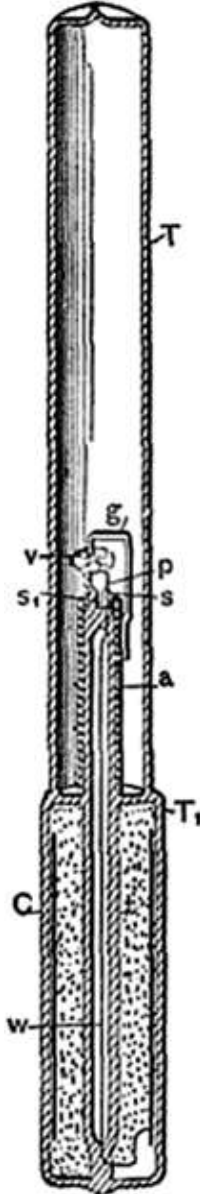


**الشكل 34:** أنبوب ذو فتيل متوهج في مجال إلكتروستاتيكي

من بين كل هذه الظواهر التي يتم ملاحظتها مع التيارات، أو النبضات الكهربائية، ذات التردد العالي، فإن أكثرها روعة بالنسبة للجمهور هي بالتأكيد تلك التي يتم ملاحظتها في مجال إلكتروستاتيكي يعمل عبر مسافة كبيرة؛ وأفضل ما يمكن أن يفعله المحاضر غير الماهر هو أن يبدأ وينتهي بعرض هذه التأثيرات الفريدة. أخذ أنبوباً في يدي وأحركه، فيضيء أينما أستطيع الإمساك به؛ في جميع أنحاء الفضاء تعمل القوى غير المرئية. لكن قد أخذ أنبوباً آخر وقد لا يضيء، لأن الفراغ مرتفع جداً. أقوم بإثارة ذلك عن طريق ملف تفريغ مدمر، والآن سوف يضيء في المجال الكهروستاتيكي. قد أضعه بعيداً لبضعة أسابيع أو أشهر، لكنه لا يزال يحتفظ بقدرته على الإثارة. ما التغيير الذي أحدثته في الأنبوب أثناء إثارةه؟ إذا انتقلت الحركة إلى الذرات، فمن الصعب أن ندرك

كيف يمكن أن تستمر لفترة طويلة دون أن تعوقها خسائر الاحتكاك؛ وإذا تم بذل جهد في العازل الكهربائي، مثل كهربية بسيطة، فمن السهل أن نرى كيف يمكن أن يستمر إلى أجل غير مسمى، ولكن من الصعب جدًا أن نفهم لماذا يجب أن يساعد مثل هذا الشرط في الإثارة عندما يتعين علينا التعامل مع الإمكانيات التي هي بالتناوب بسرعة.

منذ أن عرضت هذه الظواهر لأول مرة، حصلت على بعض التأثيرات الأخرى المثيرة للاهتمام. على سبيل المثال، قمت بإنتاج وهج زر أو فتيل أو سلك داخل أنبوب. وللوصول إلى هذه النتيجة كان لا بد من الاقتصاد في الطاقة التي يتم الحصول عليها من الحقل، وتوجيه معظمها إلى الجسم الصغير ليصبح متوهجاً. في البداية بدت المهمة صعبة، لكن الخبرات المتراكمة مكنتني من الوصول



إلى النتيجة بسهولة. في الشكل 34 والشكل 35 تم توضيح أنبوبين تم إعدادهما لهذه المناسبة.

**الشكل 35:** تجربة كروكس في المجال الكهروستاتيكي.

بساط ، مع سلك بلاتيني مغلق في  $T$  مغلق بأنبوب طويل آخر ،  $T_1$  يتم تزويد أنبوب قصير الأخير . يتم ربط فتيل مصباح رقيق جدًا بهذا السلك ويتم توصيله بالخارج من خلال سلك نحاسي على التوالي، ويتم ملؤه إلى أقصى حد  $C_1$  و  $C$  رقيق . يتم تزويد الأنبوب بطبقات خارجية وداخلية تصل إليه الطلاءات بالتوصيل، والمساحة الموجودة فوقه بمسحوق عازل . تُستخدم هذه الطلاءات فقط لتمكين من إجراء تجربتين باستخدام الأنبوب، أي إنتاج التأثير المطلوب إما عن طريق التوصيل المباشر لجسم المُجرب أو جسم آخر بالسلك ، أو عن طريق العمل حثيًا عبر الزجاج . يتم تزويد الجذع بأنبوب /لومنيوم/ ، للأغراض الموضحة مسبقًا، ولا يصل من هذا الأنبوب سوى جزء في أي مكان في المجال الكهروستاتيكي، يصبح  $T_1$  صغير من الفتيل . من خلال إمساك الأنبوب الفتيل متوهجًا.

يتم توضيح قطعة أكثر إثارة للاهتمام من الجهاز في الشكل 35. البناء هو نفسه كما كان من مغلق في ساق ، ومثني ،  $p$  قبل، فقط بدلاً من فتيل المصباح، يتم توصيل سلك بلاتيني صغير بإبرة يتم  $S_1$  يتم تزويد ساق صغير  $C$  فوقه في دائرة، بـ السلك النحاسي /الموصل/ بطبقة داخلية لمنع المروحة من السقوط،  $v$  ترتيبها لتدور بحرية شديدة، وهي مروحة خفيفة جدًا من الميكا يتم ثني ساق رقيق من الزجاج بشكل صحيح وتثبيتته على أنبوب الألومنيوم . عندما يتم وضع الأنبوب الزجاجي في أي مكان في المجال الكهروستاتيكي، يصبح سلك البلاتين متوهجًا، وتدور دوارات الميكا بسرعة كبيرة.

يمكن إثارة التفسفر الشديد في المصباح بمجرد توصيله بلوحة داخل الحقل، ولا يلزم أن تكون اللوحة أكبر من غطاء المصباح العادي . إن التآلق المتحمس بهذه التيارات أقوى بما لا يقاس من الأجهزة العادية . عند توصيل لمبة فسفورية صغيرة بسلك متصل بملف، تبعث ضوءًا كافيًا للسماح بقراءة الطباعة العادية على مسافة خمس إلى ست خطوات . كان من المثير للاهتمام رؤية كيف ستتنصرف بعض المصابيح الفوسفورية الخاصة بالبروفيسور كروكس مع هذه التيارات، وقد تشرف بإعازتي القليل منها لهذه المناسبة . التأثيرات الناتجة رائعة، خاصة بواسطة كبريتيد الكالسيوم وكبريتيد الزنك . من ملف التفريغ التخريبي، تتوهج بشكل مكثف بمجرد إمساكها باليد وتوصيل الجسم بطرف الملف.

ومهما كانت النتائج التي قد تؤدي إليها تحقيقات من هذا النوع، فإن اهتمامهم الرئيسي يكمن، في الوقت الحاضر، في الإمكانات التي يقدمونها لإنتاج جهاز إضاءة فعال . لا يوجد في أي فرع من فروع الصناعة الكهربائية تحقيق تقدم مرغوب فيه أكثر من صناعة الضوء . لا بد أن كل مفكر، عند النظر في الأساليب الهمجية المستخدمة، والخسائر المؤسفة التي تكبدتها أفضل أنظمتنا لإنتاج الضوء، قد سأل نفسه : ما الذي من المحتمل أن يكون نور المستقبل؟ هل يجب أن يكون مادة صلبة متوهجة، كما هو الحال في المصباح الحالي، أو غازًا متوهجًا، أو جسمًا فسفوريًا، أو شيئًا مثل الموقد، ولكنه أكثر كفاءة بما لا يقاس؟

هناك فرصة ضئيلة لإتقان موقد الغاز؛ ربما ليس لأن البراعة البشرية كانت تركز على هذه المشكلة لعدة قرون دون حدوث تغيير جذري - على الرغم من أن هذه الحجة ليست خالية من القوة - ولكن لأنه في الموقد لا يمكن أبدًا الوصول إلى الاهتزازات الأعلى إلا عن طريق المرور عبر جميع أنحاء الموقد . منخفضة منها . لأنه كيف يمكن للشعلة أن تستمر إلا بسقوط أثقال مرفوعة؟ ولا يمكن أن تستمر هذه العملية دون تجديد، والتجديد يتكرر بالانتقال من الاهتزازات المنخفضة إلى الاهتزازات العالية . يبدو أن هناك طريقة واحدة متاحة لتحسين الموقد، وهي محاولة الوصول إلى درجات أعلى من التوهج . إن السطوع العالي يعادل اهتزازًا أسرع : وهذا يعني المزيد من الضوء من نفس المادة، وهذا يعني مرة أخرى مزيدًا من الاقتصاد . وفي هذا الاتجاه، تم إجراء بعض التحسينات، ولكن التقدم يعوقه العديد من القيود . وبعد التخلص من الموقد، تبقى هناك الطرق الثلاث المذكورة أولاً، وهي في الأساس كهربائية.

نفترض أن ضوء المستقبل القريب هو مادة صلبة متوهجة بالكهرباء . ألا يبدو أنه من الأفضل استخدام زر صغير بدلاً من استخدام خيط واحد؟ من العديد من الاعتبارات، من المؤكد أنه يجب استنتاج أن الزر قادر على تحقيق اقتصاد أعلى، على افتراض، بالطبع، التغلب على الصعوبات

المرتبطة بتشغيل مثل هذا المصباح بشكل فعال .لكن لإضاءة مثل هذا المصباح نحتاج إلى إمكانات عالية؛ وللحصول على هذا اقتصادياً، يجب علينا استخدام الترددات العالية .تطبق هذه الاعتبارات بشكل أكبر على إنتاج الضوء عن طريق توهج الغاز، أو عن طريق التفسفر .وفي جميع الأحوال نحتاج إلى ترددات عالية وإمكانات عالية .خطرت لي هذه الأفكار منذ وقت طويل

وبالمناسبة، فإننا نكتسب، من خلال استخدام الترددات العالية جداً، العديد من المزايا، مثل الاقتصاد الأعلى في إنتاج الضوء، وإمكانية العمل بسلك واحد، وإمكانية التخلص من السلك .الواصل، وما إلى ذلك

والسؤال هو، إلى أي مدى يمكننا أن نذهب مع الترددات؟ تفقد الموصلات العادية بسرعة إمكانية نقل النبضات الكهربائية عندما يزداد التردد بشكل كبير .افترض أن وسائل إنتاج نبضات ذات تردد كبير وصلت إلى أقصى حد من الكمال، ومن الطبيعي أن يتساءل الجميع عن كيفية نقلها عندما تنشأ الضرورة .عند نقل مثل هذه النبضات من خلال الموصلات ، يجب أن نتذكر أنه يتعين علينا التعامل مع //ضغط والتدفق ، في التفسير العادي لهذه المصطلحات .إذا زاد الضغط إلى قيمة هائلة، ودع التدفق يتناقص في المقابل، فإن مثل هذه النبضات - مجرد تغيرات في الضغط، إذا جاز التعبير - يمكن بلا شك أن تنتقل عبر سلك حتى لو كان ترددها يصل إلى عدة مئات الملايين في الثانية .وبطبيعة الحال، سيكون من غير الممكن نقل مثل هذه النبضات عبر سلك مغمور في وسط غازي، حتى لو تم تزويد السلك بعزل سميك وممتاز، لأن معظم الطاقة ستفقد في القصف الجزئي والتدفئة اللاحقة .سيتم تسخين نهاية السلك المتصل بالمصدر، ولن يتلقى الطرف البعيد سوى جزء ضئيل من الطاقة الموردة .إذن فإن الضرورة الأساسية، إذا أردنا استخدام مثل هذه النبضات الكهربائية، هي إيجاد وسائل لتقليل التبديد قدر الإمكان

الفكرة الأولى هي استخدام أنحف سلك ممكن محاطاً بأكثر قدر ممكن من العزل العملي .الفكرة التالية هي استخدام الشاشات الكهروستاتيكية .يمكن تغطية عزل السلك بطبقة موصلة رقيقة ويتم توصيل الأخير بالأرض .لكن هذا لن يكون كافياً، حيث إن كل الطاقة ستتمر عبر الطبقة الموصلة إلى الأرض ولن يصل أي شيء إلى نهاية السلك .إذا تم إجراء اتصال أرضي، فلا يمكن إجراؤه إلا من خلال موصل يوفر مقاومة هائلة، أو من خلال مكثف ذو سعة صغيرة للغاية .لكن هذا لا يلغي الصعوبات الأخرى

إذا كان الطول الموجي للنبضات أصغر بكثير من طول السلك، فسيتم إرسال موجات قصيرة مقابلة في الطبقة الموصلة، وستكون مماثلة تقريباً كما لو كانت الطبقة متصلة مباشرة بالأرض .ولذلك فمن الضروري تقطيع الطلاء إلى أقسام أقصر بكثير من طول الموجة .ولا يزال مثل هذا الترتيب لا يوفر شاشة مثالية، لكنه أفضل بعشرة آلاف مرة من لا شيء .أعتقد أنه من الأفضل تقطيع الطبقة الموصلة إلى أجزاء صغيرة، حتى لو كانت موجات التيار أطول بكثير من الطبقة .إذا تم تزويد السلك بشاشة إلكتروستاتيكية مثالية، فسيكون الأمر كما لو تم إزالة جميع الأشياء منه على مسافة لا نهائية .سيتم بعد ذلك تقليل السعة إلى سعة السلك نفسه، والتي ستكون صغيرة جداً .سيكون من الممكن بعد ذلك إرسال اهتزازات تيار ذات ترددات عالية جداً عبر السلك إلى مسافات هائلة، دون التأثير بشكل كبير على طبيعة الاهتزازات .إن وجود شاشة مثالية أمر غير وارد بالطبع، لكنني أعتقد أنه باستخدام شاشة مثل التي وصفتها للتو، يمكن جعل الاتصال الهاتفي ممكناً عملياً عبر المحيط الأطلسي .وفقاً لأفكاري، يجب تزويد السلك المغطى بالطبرخا بطبقة موصلة ثالثة مقسمة إلى أقسام .في الجزء العلوي من هذا يجب وضع مرة أخرى طبقة من الطبرخي وغيره من المواد العازلة، وعلى الجزء العلوي من الدرع بأكمله .لكن مثل هذه الكابلات لن يتم بناؤها، لأنه قبل أن يتم نقل المعلومات الطويلة بدون أسلاك، سوف تنبض عبر الأرض مثل النبض في كائن حي .والعجيب هو أنه، في ظل الحالة الراهنة للمعرفة والخبرات المكتسبة، لم يتم بذل أي محاولة لزراعة الحالة الكهروستاتيكية أو المغناطيسية للأرض، ونقل الذكاء، إن لم يكن هناك أي شيء آخر

لقد كان هدفي الرئيسي في عرض هذه النتائج هو الإشارة إلى الظواهر أو سمات الحداثة، وتقديم الأفكار التي أمل أن تكون بمثابة نقاط انطلاق لانطلاقات جديدة. لقد كانت رغبتني الرئيسية هذا المساء أن أسليكم ببعض التجارب الجديدة. لقد أخبرني تصفيقكم المتكرر والسخاء أنني قد نجحت.

في الختام، اسمحوا لي أن أشكركم من كل قلبي على لطفكم واهتمامكم، وأؤكد لكم أن الشرف الذي حظيت به بمخاطبة هذا الجمهور الموقر، والمتعة التي حظيت بها في عرض هذه النتائج على جمع من الرجال القادرين - و ومن بينهم أيضًا بعض أولئك الذين وجدت في عملهم التنوير والمتعة الدائمة لسنوات عديدة مضت، ولن أنساهم أبدًا

للاطلاع على محاضرة السيد تيسلا الأمريكية حول هذا الموضوع، انظر *عالم الكهرباء* بتاريخ 11 يوليو 1891، وللاطلاع على [1](#). تقرير عن محاضراته الفرنسية، انظر *عالم الكهرباء* بتاريخ 26 مارس 1892

انظر *عالم الكهرباء* ، ١١ يوليو ١٨٩١. [2](#).



# نقل الطاقة الكهربائية بدون أسلاك

(نُشر في الأصل في مجلة عالم الكهرباء والمهندسين، 5 مارس 1904)

من المستحيل مقاومة طلبك المذهب الذي قدمته في مناسبة مثل هذه اللحظة من حياة مجلتك. لقد أحيت رسالتك ذكرى صداقتنا الأولى، والمحاولات الأولى غير الكاملة والنجاحات غير المستحقة، واللفظ وسوء الفهم. لقد أعاد إلى ذهني بشكل مؤلم عظمة التوقعات المبكرة، والهروب السريع للزمن، وللأسف! صغر الإنجازات. إن السطور التالية، التي لولا مبادرتكم، ربما لم تكن قد قدمت للعالم لفترة طويلة بعد، هي هدية بالروح الودية القديمة، وترافقها أطيب تمنياتي لكم بالنجاح في المستقبل.

في نهاية عام 1898، قادني بحث منهجي، تم إجراؤه لعدد من السنوات بهدف إتقان طريقة لنقل الطاقة الكهربائية عبر الوسط الطبيعي، إلى التعرف على ثلاث ضروريات مهمة: أولاً، تطوير جهاز إرسال ذو قدرة كبيرة؛ ثانياً، تحسين الوسائل لتخصيص وعزل الطاقة المنقولة؛ وثالثاً، التأكد من قوانين انتشار التيارات عبر الأرض والغلاف الجوي. هناك أسباب مختلفة، ليس أقلها المساعدة التي قدمها صديقي ليونارد إي كيرتس وشركة كولورادو سبرينغز للكهرباء، جعلتني أختار لأبحاثي التجريبية الهضبة الكبيرة، التي تقع على ارتفاع ألفي متر فوق مستوى سطح البحر، بالقرب من ذلك المنتجع المبهج الذي وصلت إليه في أواخر شهر مايو عام 1899. لم يمض على وصولي إلى هناك إلا بضعة أيام عندما هتأت نفسي على الاختيار السعيد وبدأت المهمة التي دربت نفسي عليها منذ فترة طويلة، بإحساس ممتن وامتلأ. من الأمل الملهم. إن النقاء التام للهواء، وجمال السماء الذي لا مثيل له، والمنظر المهيّب لسلسلة جبال عالية، وهدوء المكان ورفاهيته - كل ذلك ساهم في جعل الظروف المثالية للملاحظات العلمية. وأضيف إلى ذلك التأثير المبهج للمناخ المجيد والشحن الفريد للحواس. في تلك المناطق تخضع الأعضاء لتغيرات جسدية ملحوظة. تفترض العيون شفافية غير عادية، مما يحسن الرؤية؛ تجف الأذنين وتصبح أكثر عرضة للصوت. يمكن تمييز الأشياء بوضوح هناك على مسافات لدرجة أنني أفضل أن يخبرني بها شخص آخر، وقد سمعت - وأستطيع أن أشهد على ذلك - تصفيق الرعد على بعد سبع وثمانمائة كيلومتر. كان بإمكانني أن أفعل ما هو أفضل من ذلك، لولا أن الانتظار حتى وصول الأصوات، على فترات زمنية محددة، كما أعلن عنها على وجه التحديد جهاز الإشارة الكهربائية - قبل حوالي ساعة من الزمن، كان مملاً.

وفي منتصف شهر يونيو، بينما كانت الاستعدادات لأعمال أخرى جارية، قمت بترتيب أحد محاولات الاستقبال الخاصة بي بهدف تحديد الإمكانات الكهربائية للكرة الأرضية بطريقة جديدة وتجريبية ودراسة تقلباتها الدورية والعارضة. كان هذا جزءاً من خطة تم وضعها بعناية مسبقاً. تم تضمين جهاز حساس للغاية ذاتي الاستعادة، يتحكم في أداة التسجيل، في الدائرة الثانوية، بينما

تم توصيل الجهاز الأساسي بالأرض ومحطة مرتفعة ذات سعة قابلة للتعديل. أدت الاختلافات في الإمكانيات إلى ظهور موجات كهربائية في المرحلة الابتدائية؛ تولد هذه التيارات الثانوية، والتي تؤثر بدورها على الجهاز الحساس والمسجل بما يتناسب مع شدتها. لقد وجد أن الأرض، حرقياً، حية بالاهتزازات الكهربائية، وسرعان ما انغمست بعمق في هذا التحقيق المثير للاهتمام. لا يمكن العثور على فرص أفضل لمثل هذه الملاحظات التي كنت أنوي القيام بها في أي مكان. كولورادو بلد مشهور بالعروض الطبيعية للقوة الكهربائية. في ذلك الجو الجاف والمتخلخل، تضرب أشعة الشمس الأجسام بكثافة شديدة. قمت برفع البخار إلى ضغط خطير في براميل مملوءة بمحلول ملحي مركز، فذبل طلاء رقائق القصدير لبعض أطراف المرفعة في اللهب الناري. محول تجريبي عالي التوتر، تعرض بلا مبالاة لأشعة الشمس الغاربة، مما أدى إلى ذوبان معظم مركبه العازل وأصبح عديم الفائدة. وبمساعدة جفاف الهواء وتخلخله، يتبخر الماء كما هو الحال في الغلاية، وتنشأ الكهرباء الساكنة بكثرة. وبناءً على ذلك، تكون تفريغات البرق متكررة جداً، وأحياناً تكون عنيفة لا يمكن تصورها. وفي إحدى المرات، حدث ما يقرب من اثني عشر ألف عملية تفريغ خلال ساعتين، وكلها في دائرة نصف قطرها أقل من خمسين كيلومتراً من المختبر. وكان الكثير منها يشبه أشجار النار العملاقة، بجذوعها لأعلى أو لأسفل. لم أر قط كرات نارية، ولكن كتعويض عن خيبة أمني، نجحت لاحقاً في تحديد طريقة تشكيلها وإنتاجها بشكل مصطنع.

وفي الجزء الأخير من نفس الشهر، لاحظت عدة مرات أن أدواتي تأثرت بشكل أقوى بالتصرفات التي تحدث على مسافات بعيدة مقارنة بالأدوات القريبة. لقد حيرني هذا كثيراً. ما هو السبب؟ أثبت عدد من الملاحظات أنه لا يمكن أن يكون ذلك بسبب الاختلافات في شدة التفريغات الفردية، وتأكدت بسهولة من أن الظاهرة لم تكن نتيجة علاقة متباينة بين فترات دوائر الاستقبال الخاصة بي وفترات الاضطرابات الأرضية. في إحدى الليالي، بينما كنت عائداً إلى المنزل مع مساعد، تأمل في هذه التجارب، أذهلتني فجأة فكرة. قبل سنوات، عندما كتبت فصلاً من محاضرتي أمام معهد فرانكلين والجمعية الوطنية للإضاءة الكهربائية، عرضت عليّ هذا الفصل، لكنني رفضته باعتباره سخيفاً ومستحيلاً. لقد طردته مرة أخرى. ومع ذلك، فقد ثارت غريزتي وشعرت بطريقة ما أنني أقرب من إعلان عظيم.

لقد كان يوم الثالث من يوليو - التاريخ الذي لن أنساه أبداً - عندما حصلت على أول دليل تجريبي حاسم على حقيقة ذات أهمية قصوى لتقدم البشرية. تجمعت كتلة كثيفة من السحب المشحونة بقوة في الغرب، وفي المساء اندلعت عاصفة عنيفة، بعد أن قضت معظم غضبها في الجبال، تم دفعها بعيداً بسرعة كبيرة فوق السهول. تشكلت الأقواس الثقيلة والطويلة الأمد تقريباً في فترات زمنية منتظمة. أصبحت ملاحظاتي الآن أكثر سهولة وأصبحت أكثر دقة من خلال الخبرات المكتسبة بالفعل. لقد تمكنت من التعامل مع أدواتي بسرعة وكنت مستعداً. وبعد ضبط جهاز التسجيل بشكل صحيح، أصبحت مؤشرات تضعف أكثر فأكثر مع تزايد مسافة العاصفة، حتى توقفت تماماً. كنت أشاهد بفارغ الصبر. من المؤكد أنه بعد فترة وجيزة بدأت المؤشرات مرة أخرى، وازدادت قوة وقوة، وبعد المرور بالحد الأقصى، انخفضت تدريجياً وتوقفت مرة أخرى. وفي كثير من الأحيان، وعلى فترات متكررة بانتظام، تكررت نفس الإجراءات حتى تراجعت العاصفة، التي كانت تتحرك بسرعة ثابتة تقريباً، كما يتضح من الحسابات البسيطة، إلى مسافة حوالي ثلاثمائة كيلومتر. ولم تتوقف هذه التصرفات الغريبة عند ذلك الحد، بل استمرت في الظهور بقوة غير منقوصة. بعد ذلك، أدلى مساعدي، السيد فريتز لوينشتاين، بملاحظات مماثلة أيضاً، وبعد فترة وجيزة ظهرت العديد من الفرص الرائعة التي أبرزت، بشكل أكثر قوة، وبشكل لا لبس فيه، الطبيعة الحقيقية لهذه الظاهرة الرائعة. لا شك أن كل ما بقي: كنت أراقب الأمواج الثابتة

عندما ابتعد مصدر الاضطرابات، جاءت دائرة الاستقبال على التوالي على العقد والحلقات. وبقدر ما بدا مستحيلاً، فإن هذا الكوكب، على الرغم من اتساعه، يتصرف كموصل ذي أبعاد محدودة. لقد أصبحت الأهمية الهائلة لهذه الحقيقة في نقل الطاقة من خلال نظامي واضحة تماماً بالنسبة لي. لم يكن من الممكن فقط إرسال رسائل تلغرافية إلى أي مسافة بدون أسلاك، كما أدركت منذ

فترة طويلة، ولكن أيضًا لإقناع العالم بأسره بالتعديلات الخافتة للصوت البشري، والأكثر من ذلك بكثير، لنقل الطاقة، بكميات غير محدودة، إلى أي مسافة أرضية وتقريبًا دون خسارة مع وجود هذه الاحتمالات الهائلة في الأفق، والأدلة التجريبية التي أمامي على أن تحقيقها كان من الآن فصاعدًا مجرد مسألة معرفة الخبراء والصبر والمهارة، هاجمت بقوة تطوير جهاز الإرسال المكبر الخاص بي، ولكن الآن، ليس كثيرًا مع النية الأصلية لإنتاج قوة عظمى، كما هو الحال مع هدف تعلم كيفية بناء أفضل قوة. هذه، في الأساس، دائرة ذات تحريض ذاتي عالي جدًا ومقاومة صغيرة والتي في ترتيبها وطريقة الإثارة والعمل، يمكن القول إنها عكس دائرة الإرسال النموذجية للإبراق بواسطة الإشعاعات الهرتزية أو الكهرومغناطيسية. ومن الصعب تكوين فكرة كافية عن القوة الرائعة لهذا الجهاز الفريد، الذي ستتحوّل الكرة الأرضية بمساعدته. عند تقليل الإشعاعات الكهرومغناطيسية إلى كمية ضئيلة، مع الحفاظ على ظروف الرنين المناسبة، تعمل الدائرة مثل بندول هائل، حيث تخزن إلى أجل غير مسمى طاقة النبضات والانطباعات المثيرة الأولية على الأرض من النبضات والانطباعات المثيرة الأولية على الأرض و إن جوها الموصل عبارة عن تذبذبات توافقية موحدة لشدة والتي، كما أظهرت الاختبارات الفعلية، يمكن دفعها إلى أبعد من ذلك لتتجاوز تلك التي تم تحقيقها في العروض الطبيعية للكهرباء الساكنة

بالتزامن مع هذه المساعي، تم تحسين وسائل التفرد والعزل تدريجيًا. تم إيلاء أهمية كبيرة لهذا الأمر، إذ تبين أن الضبط البسيط لم يكن كافيًا لتلبية المتطلبات العملية الصارمة. إن الفكرة الأساسية المتمثلة في استخدام عدد من العناصر المميزة، المرتبطة بشكل تعاوني، لغرض عزل الطاقة المنقولة، أرجعها مباشرة إلى إطلاعي على عرض سبنسر الواضح والموحي لآلية الأعصاب البشرية. لا يمكن حتى الآن تقدير تأثير هذا المبدأ على نقل الذكاء والطاقة الكهربائية بشكل عام، لأن الفن لا يزال في المرحلة الجنينية؛ لكن عدة آلاف من الرسائل التلغرافية والهاتفية المتزامنة، من خلال قناة موصلة واحدة، طبيعية أو اصطناعية، ودون تدخل جدي متبادل، هي بالتأكيد قابلة للتطبيق، في حين أن الملايين ممكنة. من ناحية أخرى، يمكن تأمين أي درجة مرغوبة من التفرد عن طريق استخدام عدد كبير من العناصر التعاونية والتغيير التعسفي لسماتها المميزة وترتيب الخلافة. ولأسباب واضحة، سيكون هذا المبدأ ذا قيمة أيضًا في تمديد مسافة الإرسال. كان التقدم، على الرغم من بطئه بالضرورة، ثابتًا وأكيدًا، لأن الأهداف المستهدفة كانت في اتجاه دراستي وممارستي المستمرة. لذلك، ليس من المستغرب أنه قبل نهاية عام 1899، أكملت المهمة التي قمت بها وتوصلت إلى النتائج التي أعلنتها في مقالتي في مجلة //قرن //صادرة في يونيو 1900، والتي تم وزن كل كلمة فيها بعناية

لقد تم بالفعل القيام بالكثير من أجل جعل نظامي متاحًا تجاريًا، في نقل الطاقة بكميات صغيرة لأغراض محددة، وكذلك على نطاق صناعي. إن النتائج التي توصلت إليها جعلت مخططي لنقل المعلومات الاستخبارية، والذي تم اقتراح اسم "التلغراف العالمي" له، قابلاً للتحقيق بسهولة. إنها تشكل، في اعتقادي، في مبدأ عملها، الوسائل المستخدمة وقدرات التطبيق، خروجًا جذريًا ومثمرًا عما تم القيام به حتى الآن. ليس لدي أدنى شك في أنها ستثبت فعاليتها الكبيرة في تنوير الجماهير، خاصة في البلدان غير المتحضرة والمناطق التي يصعب الوصول إليها، وأنها ستضيف ماديًا إلى السلامة العامة والراحة والملاءمة والحفاظ على العلاقات السلمية. وهو ينطوي على استخدام عدد من النباتات، وكلها قادرة على إرسال إشارات فردية إلى أقصى حدود الأرض. ويفضل أن يكون موقع كل واحد منهم بالقرب من مركز حضاري مهم وسيتم إرسال الأخبار التي يتلقاها عبر أي قناة إلى جميع أنحاء العالم. يمكن بعد ذلك تركيب جهاز رخيص وبسيط، يمكن حمله في الجيب، في مكان ما على البحر أو البر، وسوف يسجل أخبار العالم أو مثل هذه الرسائل الخاصة التي قد تكون مخصصة له. وهكذا تتحول الأرض كلها إلى دماغ ضخم، إذا جاز التعبير، قادر على الاستجابة في كل جزء من أجزائه. وبما أن مصنعًا واحدًا بقوة مائة حصان فقط يمكنه تشغيل مئات الملايين من الأجهزة، فسيكون للنظام قدرة عمل لا نهائية تقريبًا، ويجب أن يحتاج إلى تسهيل نقل المعلومات وتقليل تكاليفها بشكل كبير

كان من الممكن أن تكون أول هذه المحطات المركزية قد اكتملت بالفعل لولا التأخيرات غير المتوقعة، والتي، لحسن الحظ، لا علاقة لها بميزاتها الفنية البحتة. لكن ضياع الوقت هذا، رغم كونه مزعجاً، قد يكون في نهاية المطاف نعمة مقنعة. لقد تم اعتماد أفضل تصميم أعرفه، وسيصدر جهاز الإرسال مجتمعاً موجياً يبلغ إجمالي نشاطه الأقصى عشرة ملايين حصان، أي واحد في المائة. والتي تكفي إلى حد كبير "لحزام الكرة الأرضية". هذا المعدل الهائل لتوصيل الطاقة. ولا يمكن الحصول على ما يقرب من ضعف شلالات نياجرا مجتمعة إلا من خلال استخدام بعض الحيل، والتي سأعلن عنها في الوقت المناسب.

بالنسبة لجزء كبير من العمل الذي قمت به حتى الآن، فإنني مدين للكرم النبيل الذي أبداه السيد ج. بيربونت مورغان، والذي كان موضع ترحيب وتحفيز أكبر، لأنه تم تمديده في وقت كان فيه هؤلاء، الذين منذ ذلك الحين، وعد الأكثر، كانوا أعظم المشككين. ويجب علي أيضاً أن أشكر صديقي ستانفورد وايت على مساعدته القيمة وغير الأنانية. لقد أصبح هذا العمل الآن متقدماً جداً، وعلى الرغم من أن النتائج قد تكون متأخرة، إلا أنها ستأتي بالتأكيد.

وفي الوقت نفسه، لا يتم إهمال نقل الطاقة على نطاق صناعي. لقد قدمت لي شركة نياجرا للطاقة الكندية حافزاً رائعاً، وإلى جانب تحقيق النجاح من أجل هذا الفن، فإن ذلك سيمنحني أكبر قدر من الرضا لجعل امتيازهم مربحاً مالياً لهم. في محطة الطاقة الأولى هذه، والتي كنت أصممها منذ فترة طويلة، أقترح توزيع عشرة آلاف حصان تحت جهد يبلغ مائة مليون فولت، والتي أستطيع الآن إنتاجها والتعامل معها بأمان.

سيتم جمع هذه الطاقة في جميع أنحاء العالم ويفضل أن يكون ذلك بكميات صغيرة، تتراوح من جزء من واحد إلى بضعة حصان. أحد استخداماته الرئيسية سيكون إضاءة المنازل المعزولة. أنا أستهلك قدرًا قليلاً جداً من الطاقة لإضاءة مسكن باستخدام الأنابيب المفرغة التي تعمل بتيارات عالية التردد وفي كل حالة ستكون محطة طرفية أعلى قليلاً من السطح كافية. ومن التطبيقات القيمة الأخرى قيادة الساعات وغيرها من الأجهزة المماثلة. ستكون هذه الساعات بسيطة للغاية، ولن تتطلب أي اهتمام على الإطلاق وستشير إلى الوقت الصحيح بدقة. إن فكرة التأثير على الأرض بالزمن الأمريكي هي فكرة رائعة ومن المرجح جداً أن تصبح شائعة. هناك عدد لا يحصى من الأجهزة من جميع الأنواع التي يتم استخدامها الآن أو يمكن توفيرها، ومن خلال تشغيلها بهذه الطريقة قد أكون قادراً على تقديم راحة كبيرة للعالم كله من خلال مصنع لا تزيد قوته عن عشرة آلاف حصان. إن إدخال هذا النظام سيتيح فرصاً للاختراع والتصنيع لم يسبق لها مثيل من قبل ومع معرفتي بالأهمية البعيدة المدى لهذه المحاولة الأولى وتأثيرها على التطور المستقبلي، سأقدم ببطء وحذر. لقد علمتني التجربة ألا أخصص مصطلحاً للمؤسسات التي لا يعتمد اكتمالها كلياً على قدراتي ومجهوداتي. لكنني أمل ألا تكون هذه الإنجازات العظيمة بعيدة المنال، وأعلم أنه عندما يتم الانتهاء من هذا العمل الأول، فإنها ستتبعها بيقين رياضي.

عندما يتم الاعتراف بالكامل بالحقيقة العظيمة التي تم الكشف عنها بالصدفة وتم تأكيدها تجريبياً، وهي أن هذا الكوكب، بكل ضخامته المرعبة، لا يمثل في الواقع أكثر من كرة معدنية صغيرة بالنسبة للتيارات الكهربائية، وأنه بموجب هذه الحقيقة هناك العديد من الاحتمالات، كل منها خيال محير وعواقب لا تحصى.، أصبحت متأكداً تماماً من الإنجاز؛ عندما تم افتتاح المصنع الأول، تبين أن رسالة تلغرافية، سرية تقريباً وغير قابلة للتدخل مثل الفكر، يمكن نقلها إلى أي مسافة أرضية، صوت الصوت البشري، بكل نغماته وتنغماته، بأمانة وصدق. يتم إعادة إنتاج طاقة الشلال على الفور في أي نقطة أخرى من الكرة الأرضية لتوفير الضوء أو الحرارة أو القوة الدافعة، في أي مكان على البحر أو الأرض أو في أعالي الهواء - ستكون البشرية مثل كومة نمل تم تحريكها عصاً: شاهد الإثارة القادمة

## عن المؤلف

ولد نيكولا تيسلا اللامع ولكن غير المفهوم في عام 1856 في سميلجان، كرواتيا، في ما كان يعرف بالإمبراطورية النمساوية. هاجر إلى الولايات المتحدة عام 1884 ليعمل لدى توماس إديسون. كان مجربًا مسرحيًا للغاية وشخصية ملتوية مشهورة، وسرعان ما طور اسمًا كواحد من أكثر المخترعين ابتكارًا في ذلك العصر. قام تسلا بالعديد من الاكتشافات والاختراعات ذات القيمة الدائمة لتطوير البث الإذاعي والكهرباء، ومن أشهرها نظام الطاقة في شلالات نياجرا. توفي في مدينة نيويورك عام 1943.

