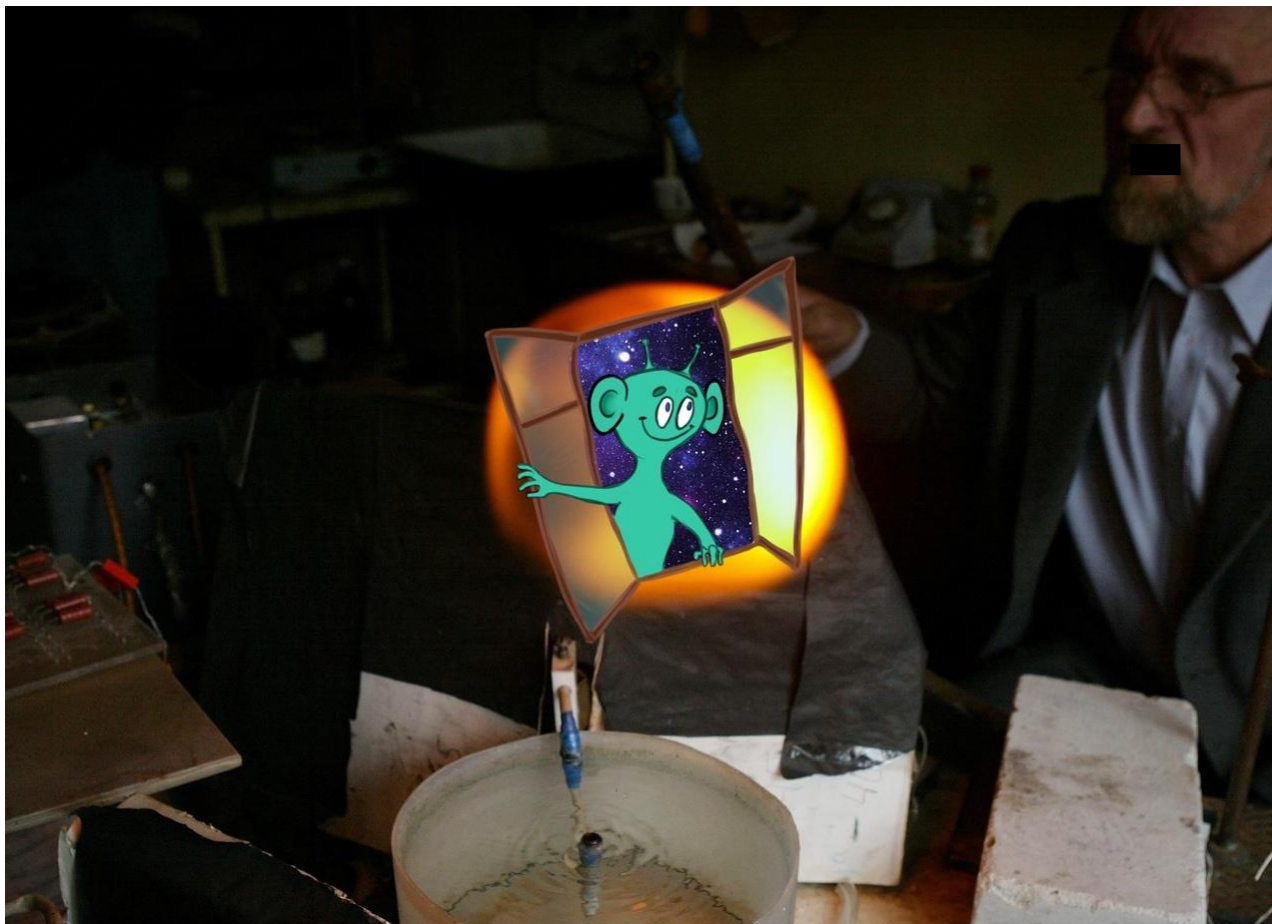




Гатчинский разряд

Г.Д. Шабанов, А.Г. Крившич

*Федеральное государственное бюджетное учреждение
«Петербургский институт ядерной физики
им. Б. П. Константинова Национального исследовательского центра
«Курчатовский институт», 13 октября 2026 года*

**Цель данной презентации показать
состояние исследований по Гатчинскому разряду.**

План доклада:

- 1. Первые работы по Гатчинскому разряду.**
- 2. Гатчинский разряд в работах других авторов.**
- 3. Наша статья в журнале «Journal of Physics D: Applied Physics», ее основные положения.**
- 4. Происхождение термина «Гатчинский разряд».**
- 5. Работы академиков В.Н. Пармона и А.М. Асхабова по Гатчинскому разряду, август 2026 года.**
- 6. Заключение.**

04

Оптические свойства долгоживущих светящихся образований

© Г.Д. Шабанов

С.-Петербургский институт ядерной физики им. Б.П. Константинова РАН
E-mail: Discharge@gtn.ru

Поступило в Редакцию 4 апреля 2001 г.

В окончательной редакции 4 сентября 2001 г.

Иницированное электрическим разрядом светящееся образование в зависимости от собственной светимости, освещенности и цвета фона видится разным. Ему одновременно присущи четыре цвета: красный, желтый, фиолетовый, синий. Эти цвета соответствуют окраске шаровых молний, имеющих небольшое время жизни, согласно статистике [1]. В то же время в [2] утверждается, что шаровые молнии бывают двух типов: короткоживущие и долгоживущие. Основываясь на данной работе, можно предположить, что короткоживущие шаровые молнии должны иметь четыре вышеперечисленных цвета одновременно.*

В настоящей работе были продолжены исследования плазменных образований, инициируемых эрозионным разрядом [3–6]. Мы разделяем точку зрения авторов [6], которые считают их "лабораторным аналогом шаровой молнии"; с другой стороны, эрозионные струи (струя Авраменко), получаемые в [3–6], далеки по внешнему виду от природной шаровой молнии (ШМ). Была поставлена задача получить в эрозионном разряде светящееся образование (СО), близкое по виду и размерам к ШМ.

**НИЗКОТЕМПЕРАТУРНАЯ
ПЛАЗМА**

УДК 537.523

**МАКРОСКОПИЧЕСКОЕ РАЗДЕЛЕНИЕ ЗАРЯДОВ
В ИМПУЛЬСНОМ ЭЛЕКТРИЧЕСКОМ РАЗРЯДЕ**

© 2005 г. Г. Д. Шабанов, Б. Ю. Соколовский

Петербургский институт ядерной физики им. Б.П. Константинова РАН

Поступила в редакцию 11.12.2003 г.

Окончательный вариант получен 22.04.2003 г.

Представлены результаты, показывающие возможность разделения зарядов в обычном импульсном электрическом разряде. Образующееся после окончания разряда светящееся образование существует сотни миллисекунд, что превышает время жизни такого же объема идеальной плазмы на 6 порядков. Светящееся образование во время своего существования имеет отрицательный нескомпенсированный электрический заряд и не имеет свободных зарядов противоположного знака.

ВВЕДЕНИЕ

В Гатчине открыт новый вид электрического разряда, получаемый над поверхностью воды в воздушном полупространстве [1–3]. В данном разряде можно выделить фазу разряда, непосредственно связанного с выступающим над водой электродом (струей), и фазу существования автономного долгоживущего светящегося образования (СО), сформированного струей. СО существует несколько сотен миллисекунд без подвода энергии извне. В [2] предполагается, что СО

для выработки рекомендаций по лазерному управлению молнией. Необходимо иметь ясное представление о структуре и природе носителей электрического заряда в СО, причем мы считаем, что наш разряд лучше моделирует лидер линейной молнии. При проведении зондовых измерений необходимы хотя бы минимальные модельные представления об изучаемом объекте. Из моделей СО, предложенных в [2–3], более предпочтителен модельный подход [2], основывающийся на рассмотрении СО как оболочечного

Гатчинский разряд, 2000-2004 годы.



Июль 2000 года



Фотография, 14.49_14_05_2004 года



НИЦ «Курчатовский институт» – ПИЯФ 2026 год

«Partially due to the simplicity of the experiment, this **captivating phenomenon** has been studied by many scientists around globe».

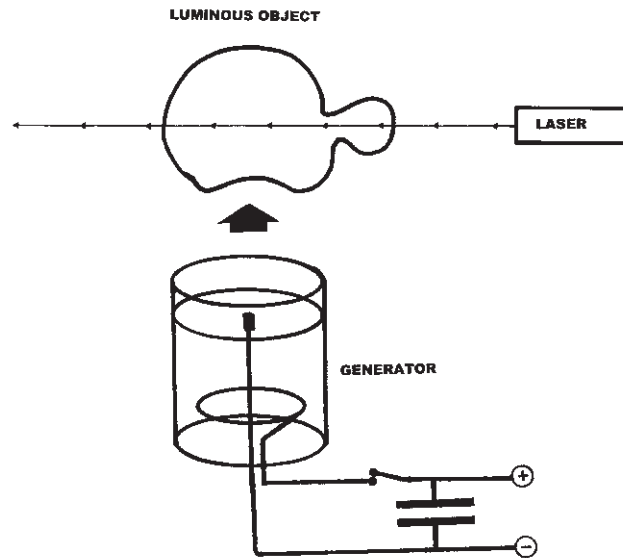
«Using **isotopic labeling**, these ions provided quantitative evidence showing the plasmoid's unique ability to protect its contents from mixing with the ambient air».

Эти утверждения из дипломной работы David M. Friday 2014 года: **IN PURSUIT OF A CHEMICAL AND PHENOMENOLOGICAL UNDERSTANDING OF LONG-LIVING ATMOSPHERIC PRESSURE WATER-BASED BALL PLASMOIDS BY DAVID MARK FRIDAY. THESIS,**
Submitted in partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science in Chemistry in the Graduate College of the University of Illinois at Urbana-Champaign, 2014 Urbana, Illinois

Уже в 2014 году было достаточно много работ по Гатчинскому разряду во всем Море. Поэтому мы приведем только несколько работ из последних 5 - 7-ми лет:

Shock Electrolysis: A New Path to the Hydrogen Age?

Fabrice David, Pierre Roulier and John Giles. *INFINITE ENERGY • ISSUE 145 • MAY/JUNE 2019*. Abstract: The coming of the “Hydrogen Age” following the “Oil Age” is slowed by the low yield of the classical reaction of splitting of water by electrolysis. The author describes a new type of electrolysis reaction, which appears at high current intensity with a plasma cathode.



In a strange way, a low-intensity laser beam seems to distort and to conduct the movement of the luminous objects. (See Figure 3.) It's surprising, because the visible or infrared photons aren't supposed to interact significantly with the plasmas. This effect is very reproducible and it must be explained in priority. We know that it is possible to trigger lightning with laser pulses,²³ but it is high power pulses that are able to cause sparks, and the chain of sparks act as a lightning rod. Instead, a simple helium-neon laser is able to significantly change the shape of the luminous objects of Gatchina.

Было время, когда стояли с будущими врагами плечом к плечу, 2010 год.



НИЦ «Курчатовский институт» – ПИЯФ 2026 год

APRIL 22 2025: Massive, long-time generation of OH(X) in ball lightning discharge Y. Shibuya, M. Maeyama, Y. Inada. *Phys. Plasmas* 32, 042110 (2025). <https://doi.org/10.1063/5.0251196>

Было установлено, что шаровой разряд молнии способен производить $3 \cdot 10^{14}$ молекул OH(X) на 1 Вт, что примерно в 1000 раз эффективнее, чем коронный разряд и разряд в диэлектрическом барьере в атмосферном воздухе. Способность шарового разряда молнии обеспечивать поступление большого количества OH-радикалов в течение длительных периодов времени открыла возможность его широкого применения в качестве источника плазмы для разложения и контроля загрязняющих веществ в воздухе при атмосферном давлении.

D. M. Friday, P. B. Broughton, T. A. Lee, G. A. Schutz, J. N. Betz, and C. M. Lindsay, *J. Phys. Chem. A* 117, 9931 (2013).

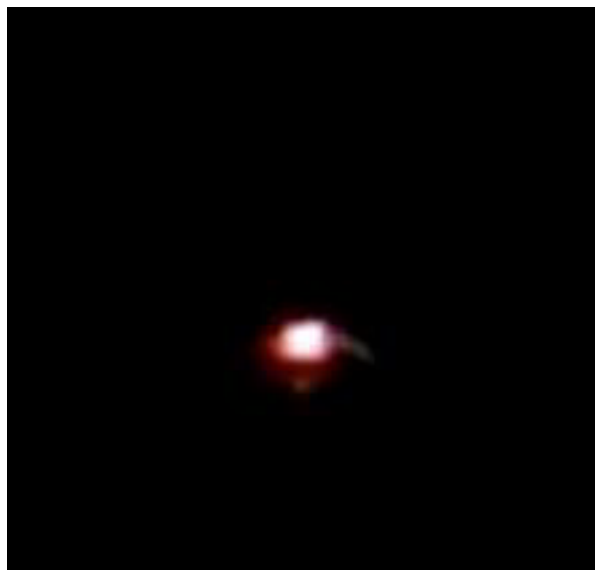
G. D. Shabanov, *Phys. Usp.* 62, 92 (2019).

U. Fantz, S. Kalafat, R. Friedl, and S. Briefi, *J. Appl. Phys.* 114, 043302 (2013).

2020 International Multi-Conference on Industrial Engineering and Modern Technologies (FarEastCon) 978-1-7281-6951-4/20/
Installation for Studying the Laboratory Analog of Ball Lightning,
D.Ch. Kim Polytechnic Institute (branch) in Mirny North-Eastern
Federal University named after M.K. Ammosov Mirny, Russia
dc.kim@s-vfu.ru; A.S. Semenov, V.A. Efimov, Yu.V. Bebikhov.

Abstract— A spherical plasmoid is the result of a unique type of pulsed ‘Gatchina’ discharge, in which a plasma clot grows out of the discharge and separates from the central electrode and its glow lasts in free flight for several hundred milliseconds without an external electrical power source before dissipating. In this work, an installation was created to study this type of discharge. Describes the basic units of the system. In addition, a number of experiments are described and a set of preliminary data is included to provide a basis from which to continue our research.

Якутский плазмод



Electrical Properties of Reversed-Polarity Ball Plasmoid Discharges Scott E. Dubowsky, Amber N. Rose, Nick G. Glumac and Benjamin J. McCall. *Plasma* 2020, 3, 92–102; doi:10.3390/plasma3030008

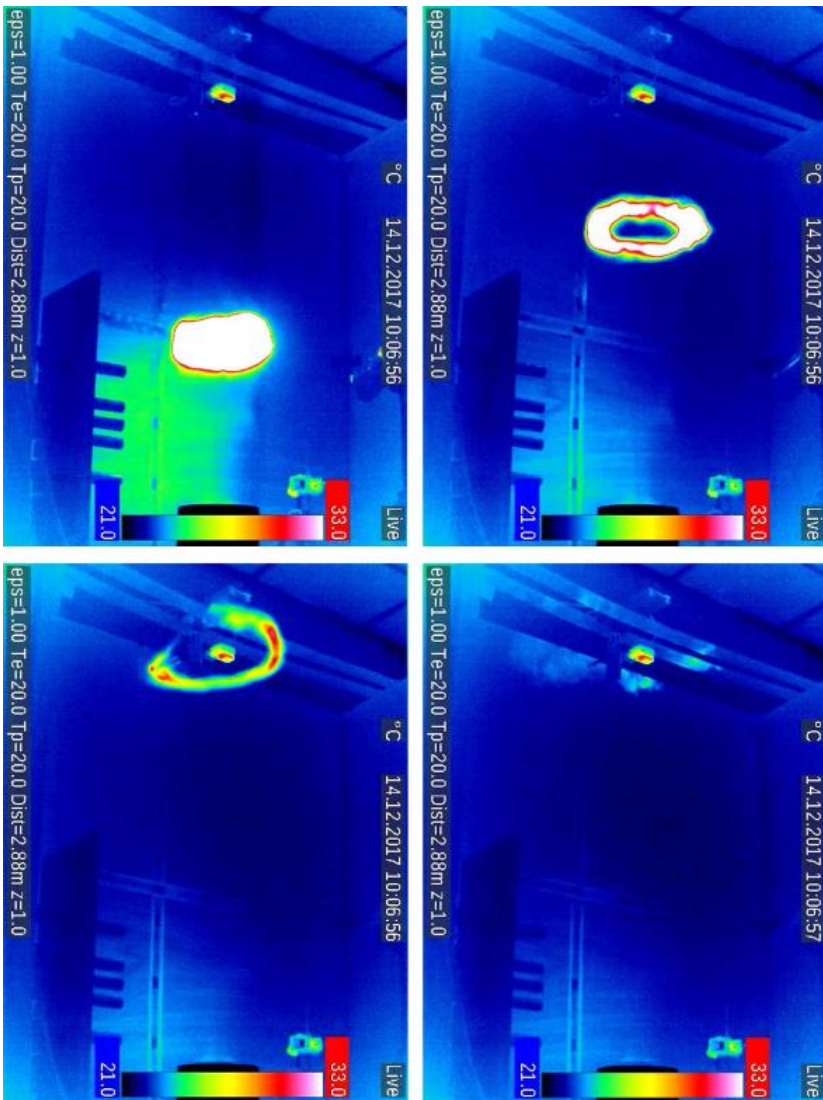
Abstract: Ball plasmoid discharges are a **unique type** of atmospheric-pressure plasma discharge with a lifetime on the order of a hundred milliseconds without attachment to a power source. These discharges are generated by a moderate current pulse over the surface of an aqueous electrolyte, and some consider the spherical plasmoid that results to bear some resemblance to ball lightning. These experiments demonstrate that ball plasmoids can indeed be generated with either electrode polarity with similar observable properties. These results are contrary to what has previously been discussed in the literature and raise additional questions regarding formation mechanisms of ball plasmoids.

A,B,C,D – 500, 900, 1500, 2000 mc

J. Phys. D: Appl. Phys. 54 (2021) 095205
(13pp) <https://doi.org/10.1088/1361-6463/abc918>

Spatio-temporal structure and emission of a large plasmoid in atmosphere R Fried, U Fantz, I Pilottek, D Schmid and S Steibel.

Abstract. Atmospheric plasmoids with 20–30 cm diameter are generated via a high-voltage discharge above a water surface. They ascend in the ambient air and exist autonomously for several hundreds of milliseconds. The plasma processes leading to an emission of visible light for more than 350 ms after detachment from the energy supply are still unknown. Visual and spectroscopic high-speed diagnostics with spatial resolution are thus applied. It is shown for the first time that the free-floating body turns to a torus ring to the end of its lifetime, which ascends in air up to more than 1.5 m and radiates longer than 1.5 s in the infrared spectral range, only limited by the structural circumstances in the laboratory.



Phys. Plasmas 28, 052114 (2021); doi: 10.1063/5.0040880

Experiments on plasma arcs at a water–air interface. M. Jacobs, W. Gekelman, P. Pribyl, Y. Qian, and S. Abarzhi.

ABSTRACT An exploding water plasma experiment at UCLA investigated the expansion and morphology of a fireball **with and without an external magnetic field**. Diagnostics include photographs and movies (which may be downloaded) acquired with a framing camera, magnetic probes, and visible light spectra.

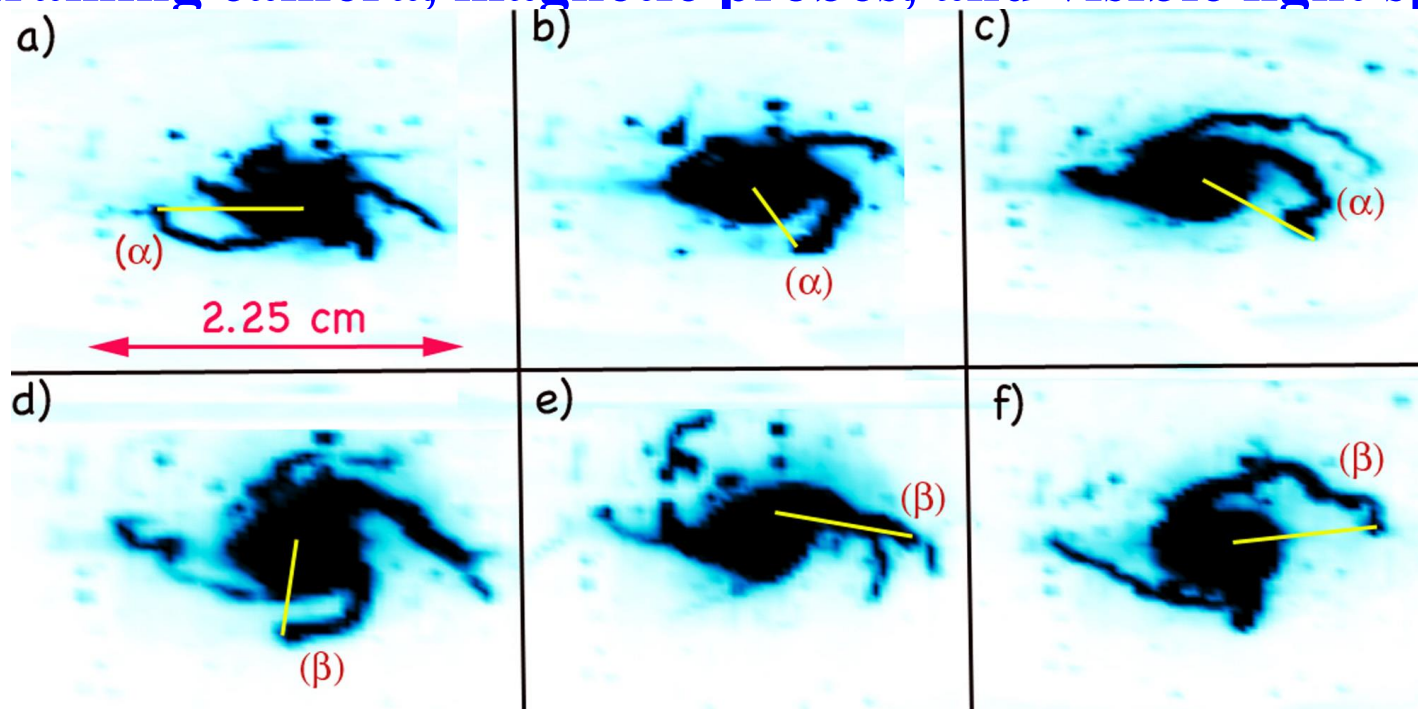
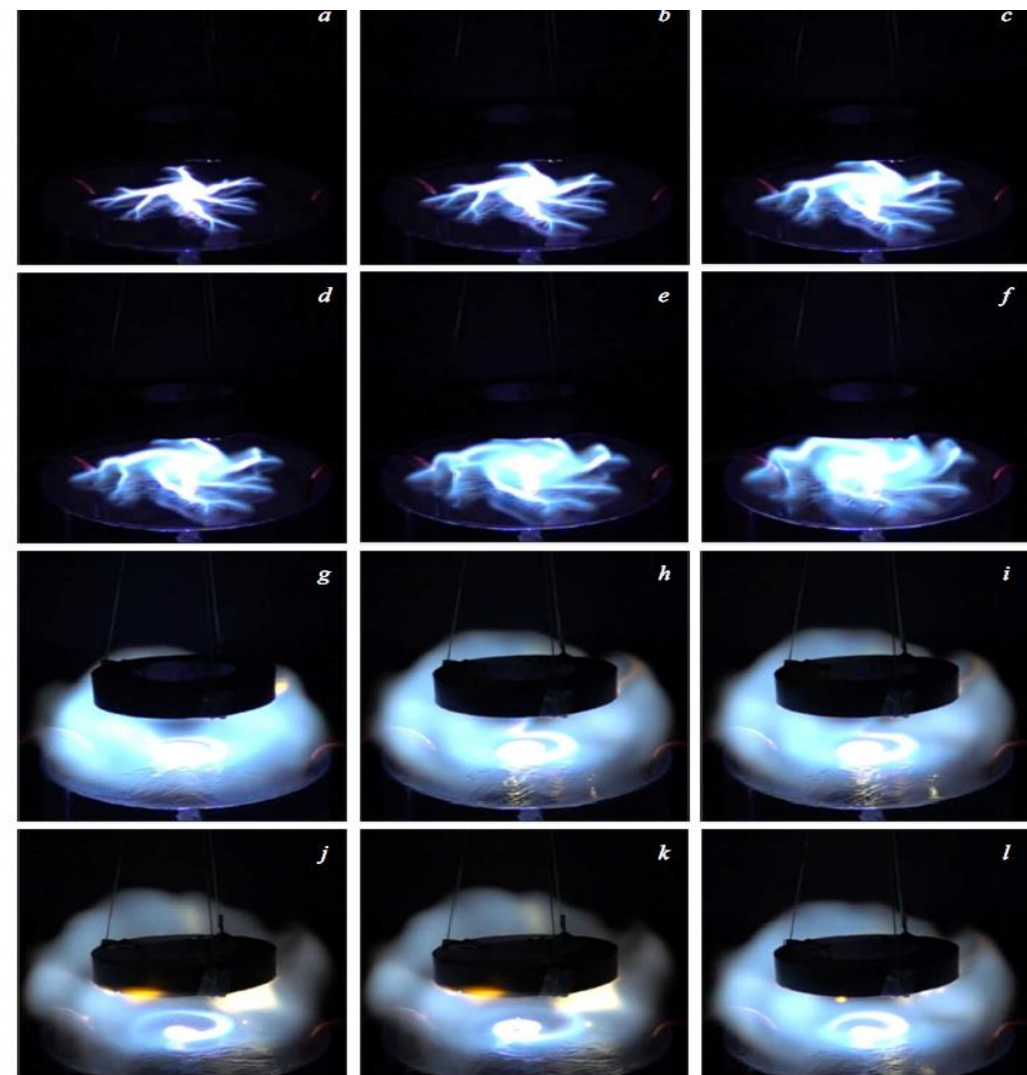


Рис. 13. Вращение лидерно-стримерной системы в правую сторону в магнитном поле кольцеобразного магнита. Кадры видеосъемки соответствуют: 1(а), 2(б), 3(с), 4(д)), 5(е), 7(ф), 31(г), 40(х), 42(и), 46(ж), 53(к) и 54 ms (л) разряда (эксперимент № С0178).



Влияние магнитных и электрических полей на динамику образования плазмоидов в гатчинском разряде. Shixin Zhao, Chengxun Yuan, А.А. Кудрявцев, Jingfeng Yao, Г.Д. Шабанов. *Журнал технической физики*, 2022, том 92, вып. 3.

Поступило в Редакцию 23 сентября 2021 г. В окончательной редакции 21 ноября 2021 г. Принято к публикации 28 ноября 2021 г.

Zhao, S., et al.: Microwave diagnostics of pulsed atmospheric discharge with electrolytic electrode and long-lived luminous formation in its afterglow. *High Voltage*. 9(1), 127–136 (2024). <https://doi.org/10.1049/hve2.12371>

Abstract. The Gatchina discharge phenomenon holds significant promise as a laboratory model for simulating ball lightning. However, crucial aspects concerning the plasma components of the resulting afterglow remain unresolved. Notably, the measurement of the electron density, a critical parameter, has not been fully achieved thus far. In this study, microwave diagnostics and video recording were employed during a pulsed Gatchina discharge, along with synchronous measurement of discharge current and voltage. In the afterglow, the signal experienced only a moderate weakening of 10–20 percent, facilitating the determination of the time dependence of average electron density during the afterglow's passage between the two antennas. These measurements verified the unusually slow plasma decay in the afterglow of the Gatchina discharge, suggesting the potential significance of chemi-ionisation processes involving long-lived (metastable) particles.

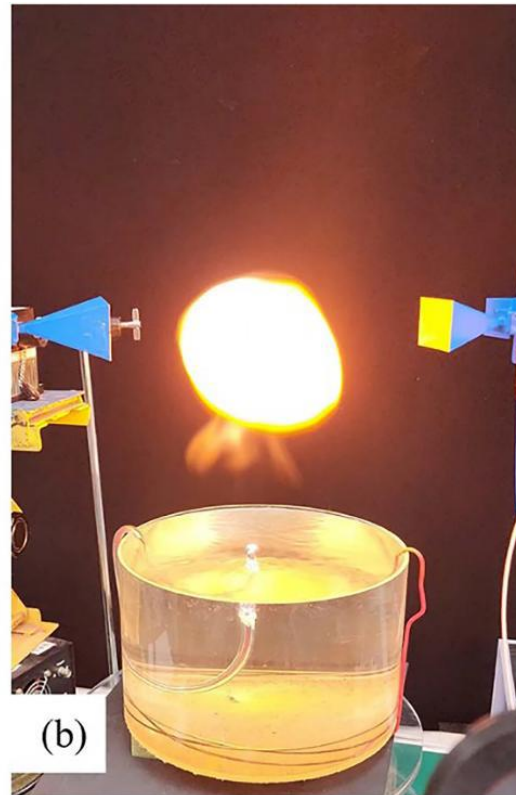
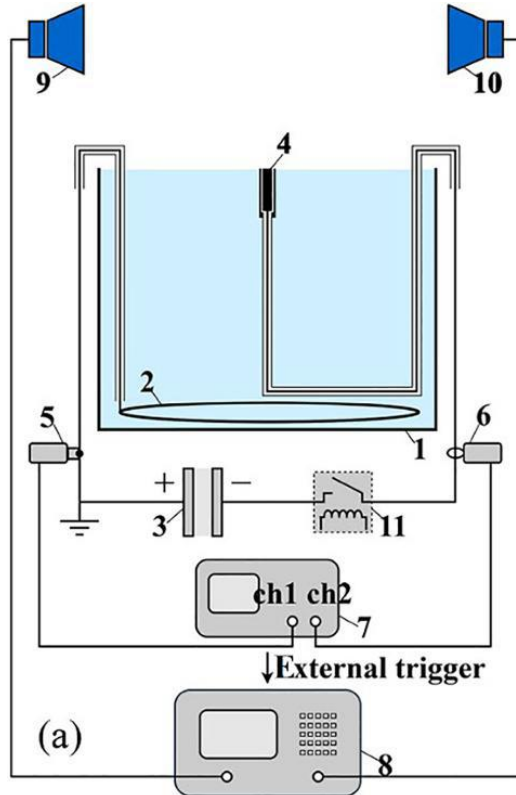
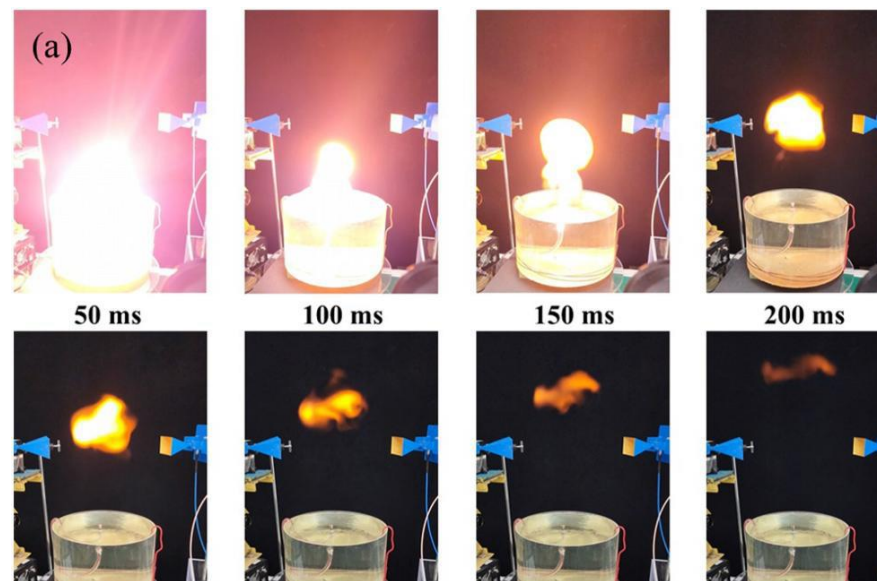
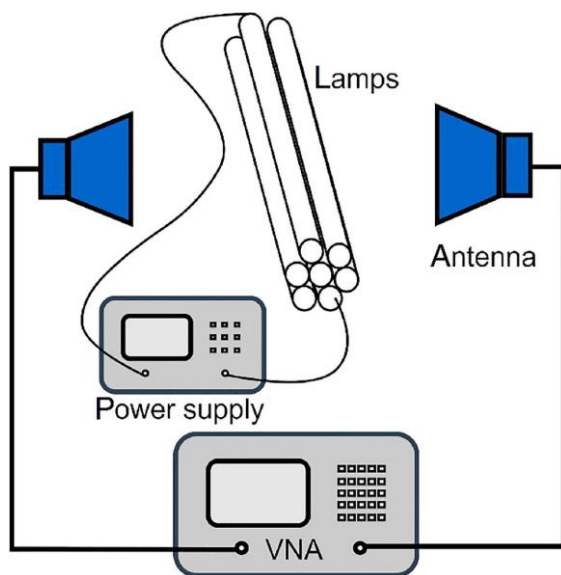


FIGURE 1 Gatchina discharge and microwave diagnostics setup (a), as well as the afterglow between two horn antennas (b). 1. Vessel with a strong solution of Na_2CO_3 . 2. Annular electrode. 3. Capacitor bank. 4. Central carbon electrode. 5. High-voltage probe. 6. Current probe. 7. Digital oscilloscope. 8. Vector network analyser. 9. Horn antenna a. 10. Horn antenna b. 11. High-voltage electromagnetic relay.



HIGHLIGHTS

Many strange phenomena like UFOs, poltergeists, or ball lightning could be ‘electroballs,’ or plasma-like forms with electrically charged layers.

ABSTRACT

This article explores the relationship between many paranormal phenomena and a proposed type of plasma ball, with two electrically charged layers, referred to in this paper as “Electro-balls”. It provides a framework to explain these weird phenomena as different manifestations of Electro-balls and the mechanisms behind them.

Laboratory Experiments

Various studies have endeavored to recreate phenomena such as ball lightning and other plasma balls, yielding intriguing findings (Shabanov, 2019). Some have successfully generated Electro-balls resembling ball lightning or even black ball lightning (Rabinowitz, 1998). Notably, ball lightning has been observed at charge levels in capacitive energy storage ranging from $Q = 1$ to 3 C, while black ball lightning has been noted at significantly lower charge levels, around $Q = 0.25$ C.

Some insights into the dynamics of long-lived atmospheric pressure plasmoids. Vitaliy Stelmashuk, Jiri Schmidt, Karel Kolacek and Alexandr Frolov. *J. Phys. D: Appl. Phys.* 58 (2025) 355206 (12pp)
<https://doi.org/10.1088/1361-6463/adfce4>

Abstract

This study investigates the detailed generation mechanism of ball plasmoids formed by millisecond-scale atmospheric discharges in contact with water. Using high-speed filming with a higher frame rate and shorter exposure time than in previous studies, we focus on capturing and analyzing the rapid processes that occur at the beginning of plasmoid formation. Particular attention is given to the initiation phase, in which an electrical breakdown within a cathode ceramic cup containing conductive liquid triggers a shockwave and the subsequent injection of the liquid. This critical initial event results in the formation of a mixture of water vapor and droplets, which is weakly ionized by the breakdown and provides the primary material for plasmoid development. We also demonstrate that the electrical arc formed after the breakdown evolves into a plasma jet that supplies plasma to the forming plasmoid. ... Furthermore, experiments involving external sparks have demonstrated that the plasmoid's surface interacts with high-voltage discharges in a unique manner, which is likely due to a combination of surface double layers and internal poloidal plasma flows.

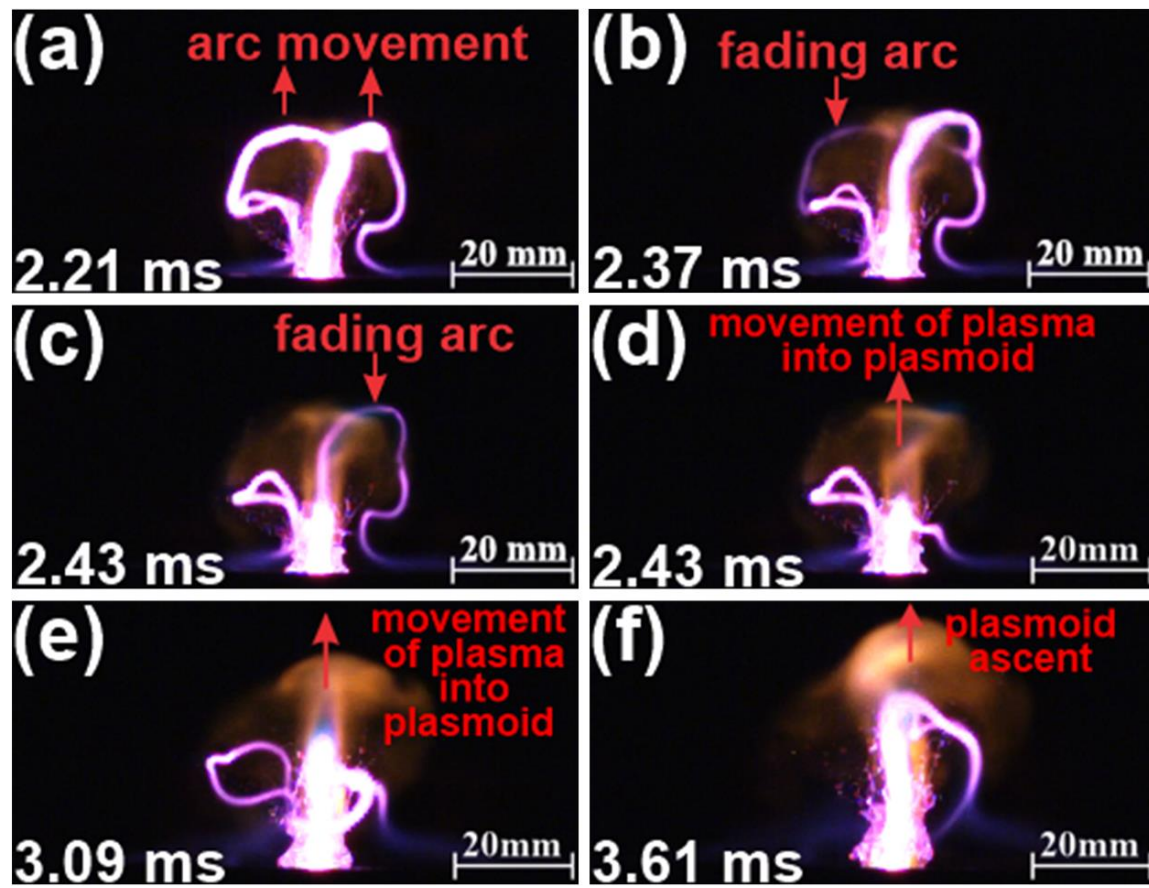


Figure 6. Sequence of frames from video 4 showing the jet at different times after discharge. Resolution 256×128 , exposure $1.97 \mu\text{s}$.

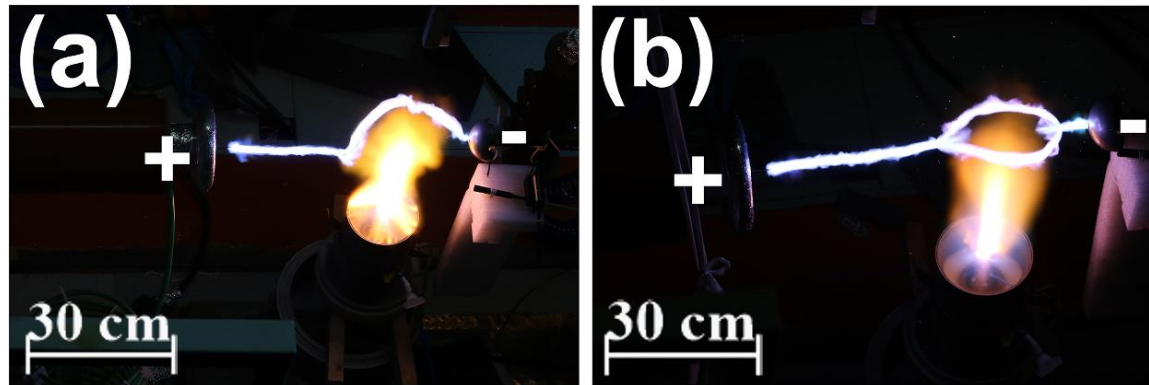


Figure 14. Time-integrated images of plasmoid interaction with the long spark generated by the Marx generator. The plasmoid generation setup was placed between electrodes: (a) interelectrode distance 50 cm; (b) interelectrode distance 60 cm. Marx generator with a capacity of 12.5 nF is charged to 800 kV. The delay between the onset of plasmoid generation and the long spark discharge is 250 ms. The photos (top-oblique view) were taken by a Canon 760D camera.

Novel type of gas discharge: plasmoid. A G Krivshich and G D Shabanov. *J. Phys. D: Appl. Phys.* 59 (2026) 325202 <https://doi.org/10.1088/1361-6463/ae8912>

Abstract

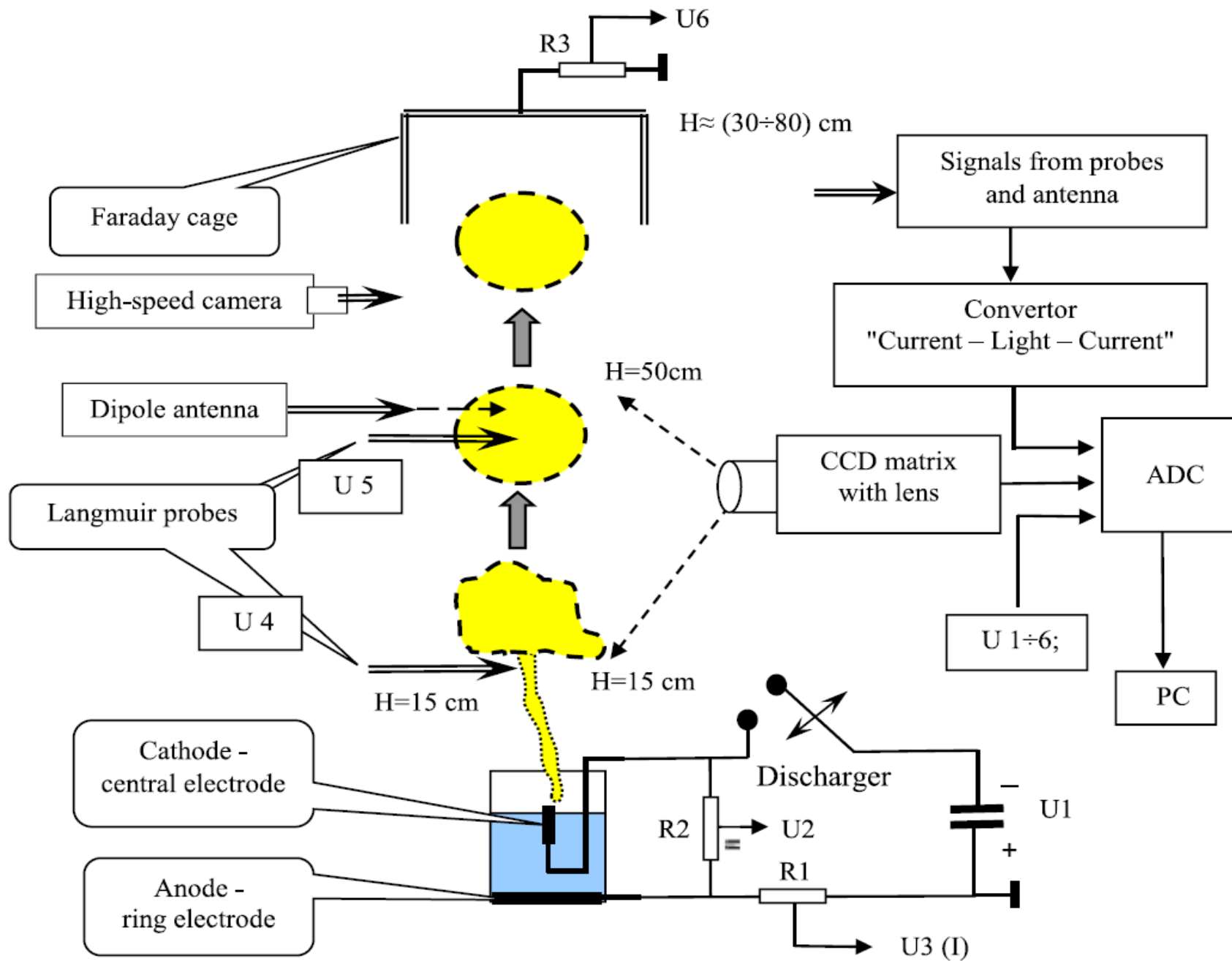
An experimental setup was created that allows the generation of a novel type of gas discharge—a ‘plasmoid,’ which appears as a flying compact luminous formation with a diameter of $(10 \div 20)$ cm. The efficiency of reproduction is approximately 100%. Using this setup, more than 4000 flying plasmoids were generated and a systematic analysis of their properties was carried out. The lifetime of the generated plasmoids was shown to be up to 1 s. The influence of Langmuir probes and dipole antennas on plasmoids was studied and optimized. This type of gas discharge was shown to have a basic structure consisting of a thin (less than 3 mm) negatively charged shell kept in equilibrium by dielectric layers generated by the atmosphere. The data obtained allow us to conclude that, for the first time worldwide, a new type of gas discharge—a ‘plasmoid’—was created and studied in a laboratory.

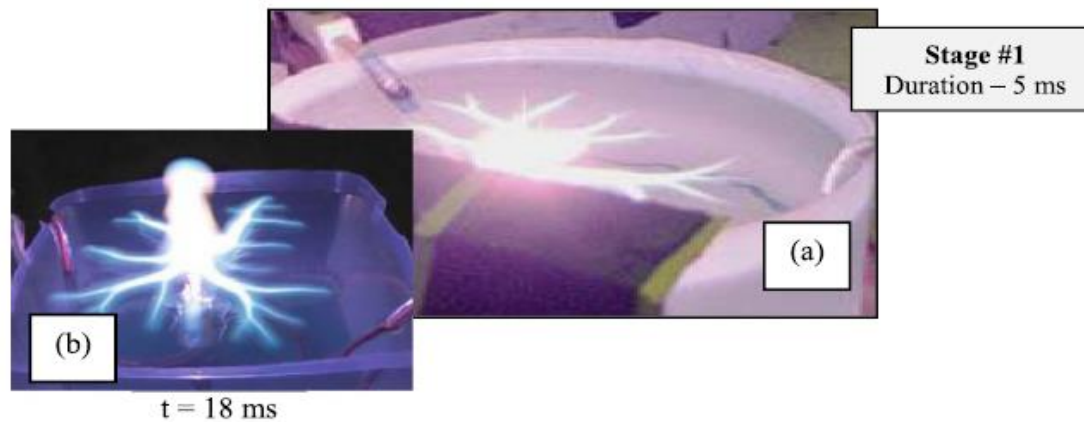
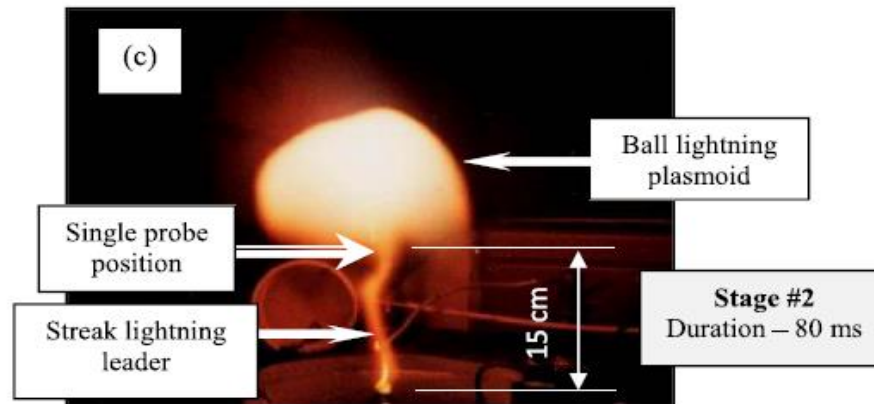
Данная статья, в основном, является обзором наших и зарубежных работ за последнюю четверть века. За основу взята и значительно переработана работа «[28] Shabanov G D and Krivshich A G 2023 Main scientific activities of high energy physics division of PNPI for 2018–2022 gatchina pp 239–48 (available at: https://hepd.pnpi.spb.ru/hepd/articles/PNPI_2018-2022.pdf)».

В статье даны ссылки на методы применяемые при исследовании Гатчинского разряда:

The main elements of these experimental setups are virtually identical in all countries around the world. For instance, they are in Japan [11], in Germany [12], in the Czech Republic [13], in the USA [14], in China [15, 16], in Russia [17, 18]. These scientific groups applied and developed their own diagnostic methods, as a result of which the Gatchina discharge itself and the formed plasmoid were studied by various methods including high resolution emission spectroscopy [12, 19–21], infrared emission spectra [22], and mass spectrometry [14]. Of particular interest are the results of research into plasmoids using ultrasound [23], microwave radiation [24], electric and magnetic fields [16, 20], and a ‘vertical laser knife’ [25]. An astounding effect (the ‘butterfly’ effect) has been discovered, consisting in the interaction of weak laser radiation with a powerful plasma jet [7, 26]. Schlieren imaging [27] and a laser knife [25] revealed new additional information about the structure of the plasmoid.

- [7] Shabanov G D and Zherebtsov O M 2004 *J. Opt. Technol.* 71 4–6
- [8] Shabanov G D 2002 *Tech. Phys. Lett.* 28 164–6
- [9] Shabanov G D, Zherebtsov O M and Sokolovskyi B Y 2006 *Russ. Khim. Fiz.* 25 74–88 (available at: https://www.researchgate.net/publication/264459448_Independent_longlived_luminescent_formations_in_open_air_Experimental_check_of_ball_lightning_formation_by_the_linear_lightning_leader_hypothesis_Khim_Fiz_25_4_74-88_2006)
- [10] Shabanov G D, Krivshich A G, Sokolovsky B Y and Zherebtsov O M 2006 Proc. 9th Intern. Symp. on Ball Lightning, ISBL06 (16–19 August 2006) ed G C Dijkhuis, D K Callebaut and M Lu pp 202–9
- [11] Hayashi N, Satomi H, Mohri T, Kajiwara T and Tanabe T 2009 *IEEEJ Trans.* 4 674–6
- [12] Versteegh A, Behringer K, Fantz U, Fussmann G, Juttner D and Noack S 2008 *Plasma Sources Sci. Technol.* 17 024014
- [13] Stelmashuk V and Hoffer P 2017 *IEEE Trans. Plasma Sci.* 45 3160–5
- [14] Dubowsky S E, Friday D M, Peters K C, Zhao Z, Perry R H and McCall B J 2015 *Int. J. Mass Spectrom.* 376 39–45
- [15] Zhao S, Yuan C, Kudryavtsev A A, Zherebtsov O M and Shabanov G D 2021 *Techn. Phys.* 66 1058–71
- [16] Zhao S, Yuan C, Kudryavtsev A A, Yao J and Shabanov G D 2022 *Techn. Phys.* 67 171–89
- [17] Cheremisin A A, Isakov V P, Shishkin E A, Onishchuk A A and Parmon V N 2023 *Her. Russian Acad. Sci.* 93 112–8
- [18] Kim D C, Semenov A S, Efimov V A and Bebikhov Y V 2020 Int. Multi-Conf. on Industrial Engineering and Modern Technologies (Fareastcon) (<https://doi.org/10.1109/FarEastCon50210.2020.9271597>)
- [19] Sakawa Y, Sugiyama K, Tanabe T and More R 2006 *Plasma Fusion Res. Rapid Commun.* 1 039
- [20] Jacobs M, Gekelman W, Pribyl P, Qian Y and Abarzhi S 2021 *Phys. Plasmas* 28 052114
- [21] Friedl R, Fantz U, Pilottek I, Schmid D and Steibel S 2021 *J. Phys. D: Appl. Phys.* 54 195205
- [22] Dubowsky S E, Deutsch B, Bhargava R and McCall B J 2016 *J. Mol. Spectrosc.* 322 1–8
- [23] Stepanov S I 2014 *Techn. Phys.* 59 107–12
- [24] Zhao S et al 2023 *High Volt.* 9 127–36
- [25] Zhao S et al 2024 *IEEE Trans. Plasma Sci.* 52 1193–202
- [26] Shabanov G D and Sokolovskiĭ B Y 2005 *Plasma Phys. Rep.* 31 512–8
- [27] Friday D M, Broughton P B, Lee T A, Schutz G A, Betz N and Lindsay C M 2013 *J. Phys. Chem. A* 117 9931–40





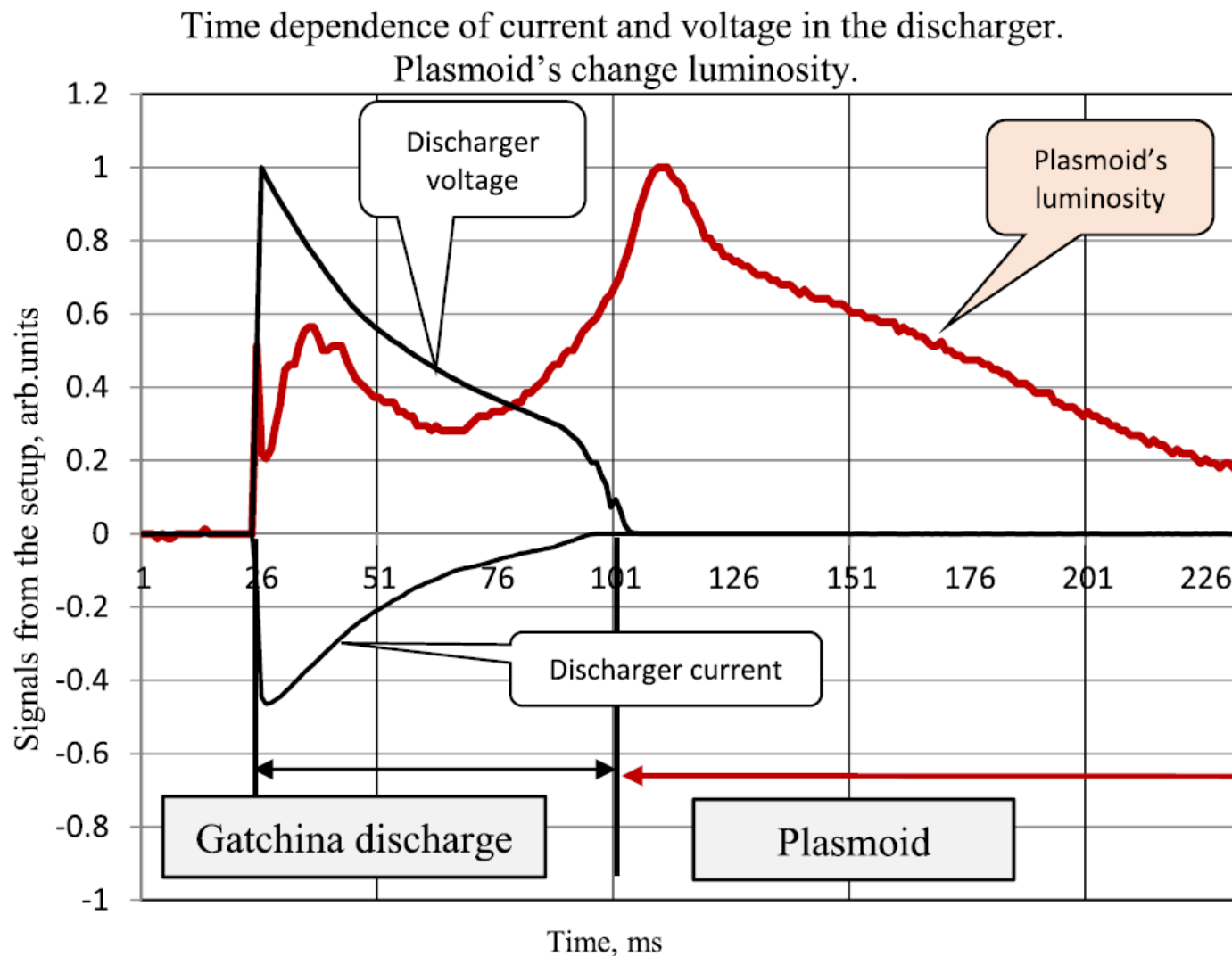


Figure 2. Gatchina discharge. Time dependence of current and voltage in the discharger. Plasmoid's change luminosity in arbitrary units. Specific maximum current and voltage values are given in the text.

Предложение Анатолия Григорьевича

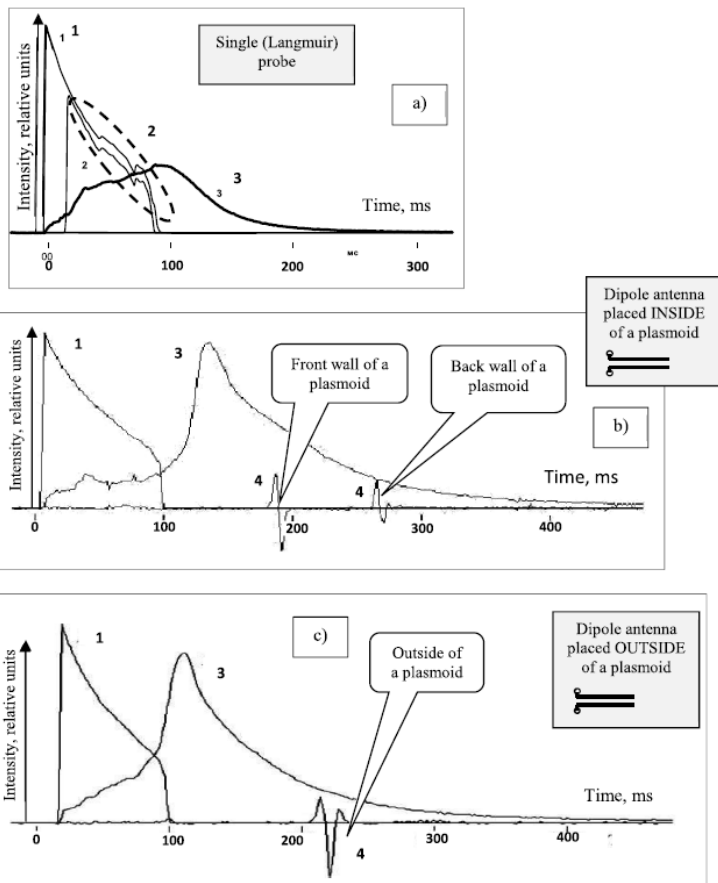


Figure 4. Development of a streak lightning leader transforming into a plasmoid, when a single probe was introduced inside the plasmoid (a): 1—discharge gap voltage; 2—voltage from the probe that is placed at a height of about 15 cm in the vicinity of the leader. The probe is connected to the ground with a 100 k Ω resistor; 3—the plasmoid luminosity in relative units. The plasmoid is passing through dipole antenna (b): 1—voltage across the discharge gap; 3—the plasmoid luminosity in relative units; 4—dipole antenna signals while the upper and lower edges of the plasmoid intersect it. The plasmoid is passing outside of dipole antenna (c): 1—discharge gap voltage; 3—the plasmoid luminosity in relative units; 4—the signals received from the antenna.

При исследовании применялись зонд Ленгмюра, двойной зонд, дипольная антенна, цилиндр Фарадея и прочие физические способы.

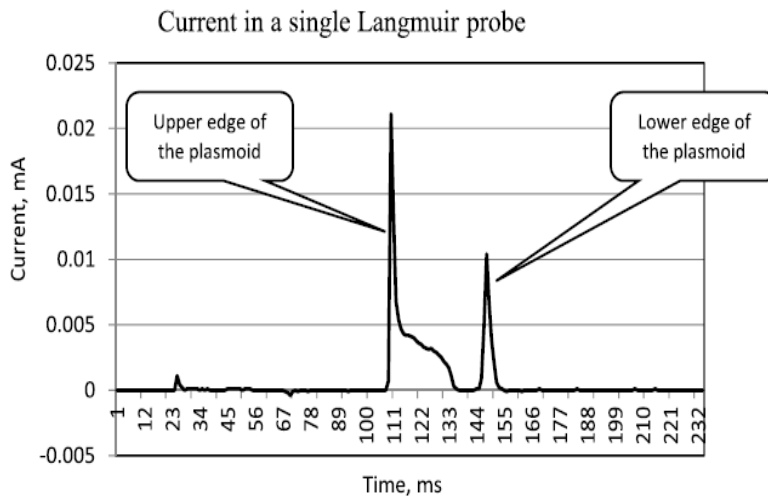


Figure 3. Single Langmuir probe. Time dependence of the plasmoid current which corresponds to the collection of negatively charged particles. The current peaks correspond to the front and rear walls of the plasmoid.

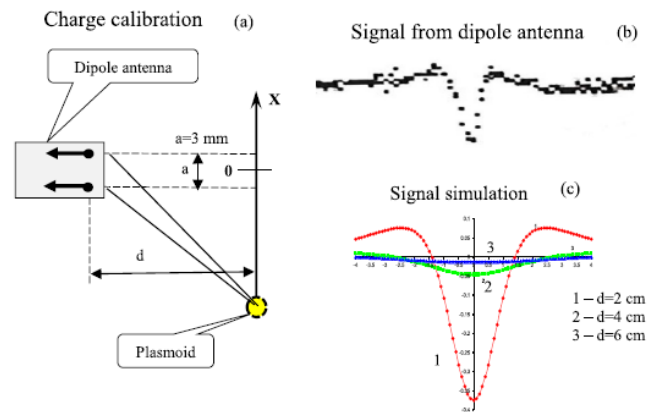


Figure 7. Calibration procedure of the dipole antenna. Diagram showing the passage of the charge point source past the dipole antenna ends (a). Signal from the dipole antenna (b). Mathematical simulation of this signal (c).

In the model of the process, let us calculate the expression for the potential difference at the ends of the dipole antenna $\phi_1 - \phi_2$ and the observed signal $\Phi(x) = \frac{d(\phi_1 - \phi_2)}{dt}$. If $a \ll d$, then we can ignore the term $\frac{a^2}{4}$ under the root and take out $\frac{Q}{(d^2 + x^2)^{3/2}}$, then we get:

$$\Phi(x) = A \frac{d^2 - 2x^2}{(x^2 + d^2)^{3/2}}, \text{ where } A = -a \times V \times Q \text{ and } V = \frac{dx}{dt} \text{ (velocity of charge).}$$



Figure 12. Additional evidence of the close relationship between the observed plasmoids and natural BL. Absence of interaction with dielectrics (a); strong interaction with conductors (b); good transparency (c); penetration through a hole displaced from the discharge axis by 3 cm and smaller than the diameter of the plasmoid (d).

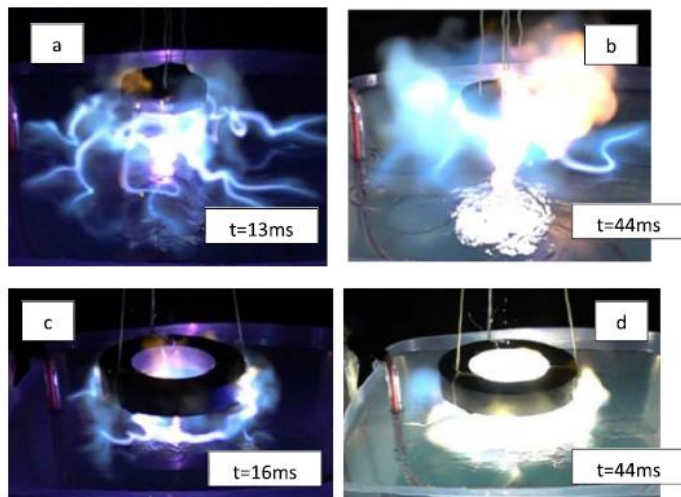


Figure 15. Dynamics of discharge development in the magnetic field of disc-shaped (a), (b) and ring-shaped (c), (d) mag

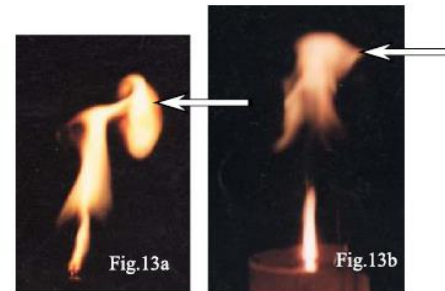


Figure 13. (a) The leader interacts with a laser beam that is perpendicular to the discharge axis and is located at a height of 22 cm above the water level. (b) The plasmoid interacts with a laser beam that is perpendicular to the discharge axis and is located 33 cm above the water level. The direction of the laser beams is indicated by white arrows.

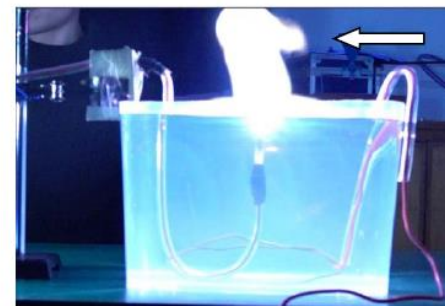


Figure 14. Laser radiation (indicated by the white arrow) interacts with the plasma jet at a height of 9 cm. The image was taken at a time of 80 ms. The plasmoid hasn't formed yet.

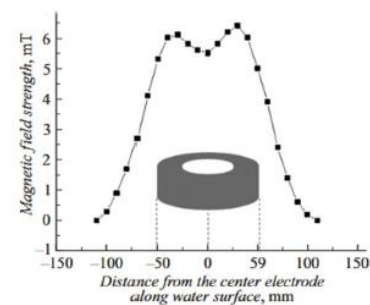
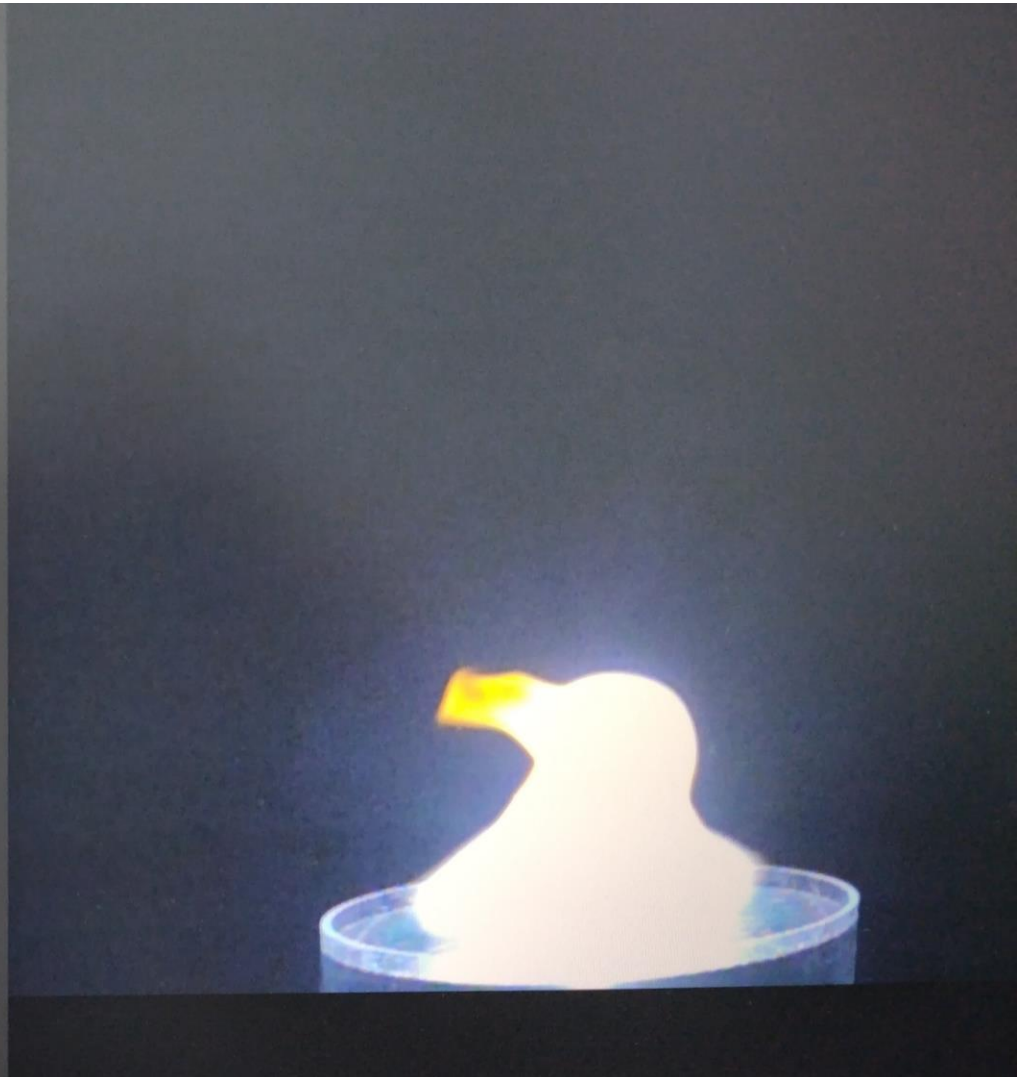


Figure 16. Intensity of the magnetic field on the water surface.

The dynamics of plasmoid formation in an electric field confirms the existence of a negative uncompensated electric charge of the plasmoids forming in the Gatchina discharge. This, in turn, confirms the correctness of instrumental measurements of the plasmoid charge performed in [26] where the same



**Взаимодействие Гатчинского разряда с лазером мощностью 3 mW в разрядах
2008 (слева) и 2023 (справа) годов.**

- [28] Shabanov G D and Krivshich A G 2023 Main scientific activities of high energy physics division of PNPI for 2018–2022 gatchina pp 239–48 (available at: https://hepd.pnpi.spb.ru/hepd/articles/PNPI_2018-2022.pdf)
- [29] Egorov A I and Stepanov S I 2008 Tech. Phys. 53 688–92
- [30] Stepanov S I 2023 Tech. Phys. 68 60–69
- [31] Malmberg J H and O’neil T M 1977 Phys. Rev. Lett. 39 1333–6
- [32] Gruber L, Holder J P, Steiger J, Beck B R, DeWitt H E, Glassman J, McDonald J W, Church D A and Schneider D 2001 Phys. Rev. Lett. 86 636–9
- [33] Shabanov G D 2019 Phys.-Usp. 62 92–107
- [34] Morfill G E and Ivlev A V 2009 Rev. Mod. Phys. 81 1353–404
- [35] Hariprasad M G, Bandyopadhyay P, Nikolaev V S, Kolotinskii D A, Arumugam S, Arora G, Singh S, Sen A and Timofeev A V 2022 Sci. Rep. 12 13882
- [36] Kudryavtsev A A, Yuan C, Zhao S, Astafiev A M, Shabanov G D and Chirtsov A S 2024 J. Phys.: Conf. Ser. 2709 012002
- [37] Yao J, Li J, Zhao S, Yuan C, Miao L, Chen N, Astafiev A M, Kudryavtsev A A and Shabanov G D 2024 Plasma Sci. Technol. 26 125403
- [38] Bychkov V L, Anpilov S V and Savenkova N P 2014 Russ. J. Phys. Chem. B 8 50–55
- [39] Bychkov V L, Anpilov S V, Savenkova N P, Stelmashuk V and Hoffer P 2018 J. Phys.: Conf. Ser. 996 012012
- [40] Emelin S E, Pirozerski A L and Vassiliev N N 2006 Proc. 9th Intern. Symp. on Ball Lightning, ISBL06 (16–19 August 2006) ed G C Dijkhuis, D K Callebaut and M Lu pp 51–61
- [41] Egorov A I and Stepanov S I 2002 Techn. Phys. 47 1584–6
- [42] Shabanov G D, Krivshich A G, Yu S B and Zherebtsov O M 2009 Plasma Phys. Rep. 35 611–8
- [43] Egorov A I, Stepanov S I and Shabanov G D 2004 Phys.-Usp. 49 99–101
- [44] Dubowsky S E, Rose A N, Glumac N G and McCall B J 2020 Electrical properties of reversed-polarity ball plasmoid discharges Plasma 3 92–102
- [45] Stelmashuk V, Schmidt J, Kolacek K and Frolov A 2025 Some insights into the dynamics of long-lived atmospheric pressure plasmoids J. Phys. D: Appl. Phys. 58 355206
- [46] Ofuruton H and Ohtsuki Y H 1990 Il Nuovo Cimento C 13 761–8
- [47] Ohtsuki Y H and Ofuruton H 1991 Nature 350 139–41
- [48] Abrahamson John & Dinniss James 2000 Nature 403 519–21
- [49] Abrahamson John & Marshall John 2002 J. Electrostat. 55 43–63
- [50] Morrow R 2018 J. Phys. D: Appl. Phys. 51 125205 (14)
- [51] Lowke J J, Heil W, Tam E and Murphy A B 2021 J. Atmos. Sol.-Terr. Phys. 214 105532
- [52] Fedosin S G 2024 J. Atmos. Sol.-Terr. Phys. 265 106374
- [53] Cen J, Yuan P and Xue S 2014 Phys. Rev. Lett. 112 035001
- [54] Friday D M 2014 In pursuit of a chemical and phenomenological understanding of long-living atmospheric pressure water-based ball plasmoids THESIS submitted in partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science in Chemistry in the Graduate College of the University of Illinois at Urbana-Champaign, 2014. in: illinois.edu

Vladimir L. Bychkov
Gennady V. Golubkov
Anatoly I. Nikitin
Editors

PHYSICS OF EARTH AND SPACE ENVIRONMENTS

The Atmosphere and Ionosphere

Dynamics, Processes and Monitoring

 Springer

Editors: Vladimir L. Bychkov, Gennady V. Golubkov, Anatoly I. Nikitin. The Atmosphere and Ionosphere Dynamics, Processes and Monitoring. With 59 Figures and 8 Tables. Springer Science+Business Media B.V. 2010.

Springer Dordrecht Heidelberg London New York DOI 10.1007/978-90-481-3212-6

In 2000, in Gatchina near St. Petersburg (Russia), the new type of electric discharge named “the Gatchina discharge” was achieved by its inventors [125–135]. (125. Shabanov, G.D.: Optical properties of long-lived luminescent formations. Pis'ma v Zhur. Tekhnich. Fiziki. 28(4), 81–86 (2002); 126. Shabanov, G.D., Zherebtsov, O.M.: Experimental modeling of ball lightning analog. In: Materials of 10-th Russian Conference on Cold Nuclei Transmutation of Chemical Elements and Ball Lightning, 2002. Dagomys, City of Sochi. pp. 285–301. NITs FTP “Ersion”, Moscow: (2003)).

Initiation, growth and plasma characteristics of ‘Gatchina’ water plasmoids. Karl D Stephan, Shelby Dumas, Laurence Komala-Noor and Jonathan McMinn. *Plasma Sources Sci. Technol.* 22 (2013) 025018 (10pp). Received 24 September 2012. doi:10.1088/0963-0252/22/2/025018.

Abstract

Plasmoids generated by discharging a high-voltage capacitor through electrodes submerged in a weak aqueous electrolyte have attracted attention because of their resemblance to the natural phenomenon of ball lightning. We describe an extensive series of experimental studies which elucidate the mechanism responsible for the production of water plasmoids. We show that a plasma jet from a cathode spot is responsible for the formation of the main plasmoid, which grows in accordance with a current surge due to increasing contact area of the plasma with the liquid–air surface of the electrolyte. Spectra of optical emissions and scanning electron microscope studies indicate that the plasmoids glow because of a combination of chemiluminescence, atomic and molecular excitation, and possible incandescence from small particulates.

20 января 2026 года на заседании Президиума РАН были заслушаны и приняты отчёты о выполнении государственного задания региональными отделениями РАН за 2025 год. Председатель Сибирского отделения РАН академик Валентин Пармон рассказал о результатах работы СО РАН. В их числе получение первых данных на уникальном мегасайенс-объекте — Сибирском радиогелиографе — для изучения солнечной активности, успешное проведение первого этапа космического эксперимента по выращиванию полупроводников на МКС и революционное исследование природы шаровой молнии. Это стало возможным после открытия в Гатчине нового вида электрического разряда — «Еще один любопытный результат, который представил академик Пармон, получился в ходе работы, выполненной в ФИЦ «Институт катализа им. Г. К. Борескова СО РАН» и посвященной исследованию аналога шаровой молнии. «Некоторое время назад в Гатчине научились делать с помощью специального электрического разряда в присутствии воды долго светящиеся, всплывающие вверх образования — сейчас они считаются самыми близкими аналогами природной шаровой молнии, — раскрыл детали председатель СО РАН» (интервью с В. Пармоном).

Происхождение и эволюция водного аэрозоля внутри лабораторной шаровой молнии

А.А. Черемисин¹, Е.А. Шишкин¹, А.М. Бакланов¹,
М.А. Соловьев¹, В.В. Карасев¹, А.А. Онищук¹,
В.Н. Пармон^{2*}

¹Институт химической кинетики и горения им. В.В. Воеводского СО РАН
630090, г. Новосибирск, Институтская ул., 3

²ФИЦ Институт катализа им. Г.К. Борескова СО РАН
630090, г. Новосибирск, пр. Академика Лаврентьева, 5

Поступила в редакцию 06.04.2026;
после доработки 26.05.2026;
принята к печати 27.05.2026

В настоящей работе исследованы происхождение и эволюция водного аэрозоля в так называемом плазмоне, который образуется во время высоковольтного разряда над поверхностью воды и представляет собой светящийся сферический объект, рассматриваемый как лабораторный аналог природной шаровой молнии. Лабораторная шаровая молния изучалась не только *in situ* с использованием бесконтактных методов лазерного зондирования, но и путем отбора проб. Показано, что на стадии свечения плазмона происходит конденсация водяного пара, образуется среднедисперсный водный аэрозоль, а температура внутри плазмона снижается как минимум до 100 °С. Установлено, что капли воды внутри плазмона не светятся, что указывает на газофазный механизм его длительного свечения. Выявлено существование фантома плазмона, внутри которого можно наблюдать водный аэрозоль после окончания свечения. Можно предположить существование «оболочки», ограничивающей шарообразный объект, не только в момент свечения, но и в течение определенного временного интервала после этого. Определен дисперсный состав аэрозоля, образующегося в результате эрозии центрального электрода во время разряда. Можно утверждать, что длительное свечение является результатом химических процессов в газовой фазе плазмона и не связано с высокотемпературным нагревом газа внутри плазмона или со свечением частиц аэрозоля. Полученные результаты позволяют лучше понять природу шаровой молнии и могут быть полезны в области атмосферного электричества, физики плазмы и электрических разрядов.

Ключевые слова: водный аэрозоль, плазмон, шаровая молния; water aerosol, plasmoid, ball lightning.

Введение

Особый тип импульсного электрического разряда над поверхностью воды, сопровождающийся образованием ярко светящегося шарообразного объекта, привлекает большое внимание исследователей с момента его открытия в 2000 г. [1]. Исходя из предположения о плазменной природе этого объекта он был назван «плазмодом». Время жизни светящегося плазмона довольно велико (0,5 с), тогда

как типичная длительность гальванического контакта образующегося плазмона с электродами составляет около 0,1 с. Это одна из причин, по которой данный шарообразный объект считается лабораторным аналогом природной шаровой молнии. Соответствие других характеристик, таких как размер, свечение и цвет, обсуждалось в обзоре [2]. Проблемы, связанные с наблюдениями и природой шаровой молнии, рассматриваются, например, в работах [3–7].

Активные исследования этого светящегося объекта ведутся во многих лабораториях России, США, Китая, Германии, Японии и Чехии. Однако до сих пор не ясно, какова истинная природа ярко светящегося шарообразного объекта и в чем причина его длительного свечения.

Значительное внимание уделялось роли газовой динамики в формировании плазмона. На основе высокоскоростной видеозаписи эволюции плазмона

Распределение частиц по размерам сразу после разряда (рис. 14, а) является одимодальным со средним диаметром частиц 50 нм и среднеквадратичным отклонением размера частиц ~30 нм. Концентрация этих частиц ($1,1 \cdot 10^5 \text{ см}^{-3}$) на несколько порядков выше, чем в воздухе лаборатории ($4,6 \cdot 10^2 \text{ см}^{-3}$). Впоследствии концентрация аэрозоля в пластиковом резервуаре снизилась примерно на 10% в течение 10 мин.

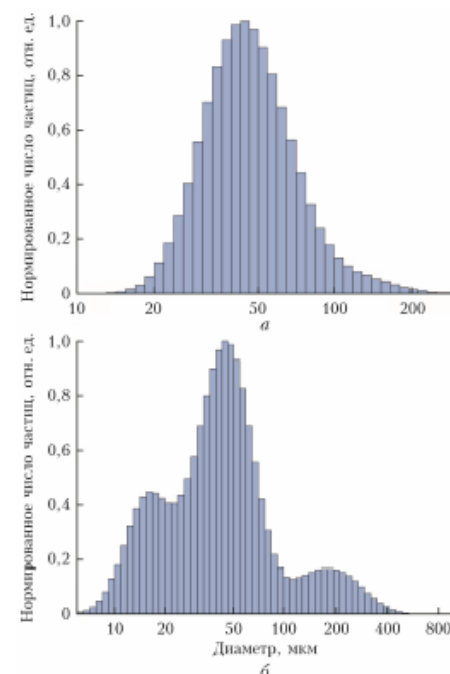


Рис. 14. Типичные гистограммы распределения частиц по размерам, полученные с использованием ДСА: отбор проб через несколько минут после разряда (а) и до начала разряда (б)

Аэрозольное загрязнение в лабораторном помещении характеризуется несколькими модами (рис. 14, б), соотношение которых зависит от интенсивности работы, влажности воздуха и времени года. Одна из этих мод — аэрозоль размером 50 нм, возникающий в результате эрозии электрода, присутствует преимущественно в пределах шарообразного плазмона диаметром 16 см, то, учитывая разбавление вещества плазмона воздухом в пластиковом резервуаре объемом 20 л, концентрацию аэрозоля в плазмоне можно оценить примерно в 10^6 см^{-3} .

Наше исследование выявило, что так называемые плазмоды, возникающие во время высоковольт-

ного разряда над поверхностью воды, в середине этапа автономного существования, когда наблюдается длительное свечение, заполняются среднедисперсным водным аэрозолем. Этот факт имеет ряд важных следствий.

Во-первых, появление среднедисперсного водного аэрозоля означает, что конденсация водяного пара происходит на стадии свечения плазмона. Следовательно, поскольку рассматриваемые процессы внутри плазмона протекают при атмосферном давлении, температура внутри плазмона должна снизиться как минимум до 100 °С. С учетом этого очевидно, что некорректно называть долгоживущий светящийся объект «плазмодом», хотя исторически этот термин используется уже четверть века.

Во-вторых, свечение плазмона по своей природе не является термическим. Оно не обусловлено нагревом газовой среды или мелких частиц, присутствующих внутри плазмона. Наличие большого количества частиц эрозионного аэрозоля может способствовать гетерогенной конденсации водяного пара, так как частицы размером 50 нм могут служить эффективными ядрами конденсации. При атмосферном давлении температура конденсации водяного пара на этих частицах, согласно оценкам, отличается от температуры для плоской поверхности менее чем на 1 К. Существенное снижение температуры конденсации по сравнению со 100 °С следует ожидать из-за того, что внутри плазмона кроме водяного пара могут содержаться и другие газы, например азот. При общем давлении в 1 атм и содержании водяного пара 50% (по объему или мольной доле) температура его конденсации составляет приблизительно 82 °С.

Наиболее близкие к 100 °С температуры внутри шаровой молнии на стадии автономного существования получены при оценке по плаучести: 50 °С [15] и 180 °С [14]. Более высокие температуры, измеренные методами рефрактометрии и звукового зондирования [8, 16], можно связать с погрешностями, которые характерны для косвенных методов измерений, основанных на решении некорректных обратных задач. Причиной расхождения с термометрическими измерениями, на наш взгляд, является то, что с помощью термометра измеряется не температура газа, а температура термометрического спая, которая определяется балансом не только потоков молекулярного тепла, но и потоков интенсивного электромагнитного излучения внутри шаровой молнии.

Так, в работе [17], описывающей термометрические измерения, пиковая мощность потока излучения шаровой молнии оценивается в 3,2 кВт. Следовательно, поверхностная плотность потока для шарового тела диаметром 15 см будет равна 33 кВт/м². Если не учитывать теплопередачу в газовую среду, такие потоки внутри тела могут нагреть кончик термометра до 700 К. Оценить температуру газовой среды плазмона на более ранних стадиях эволюции по данным термометрических измерений еще сложнее.

Согласно экспериментальным данным, полученным в настоящей работе, капли воды внутри плазмона не светятся. Это позволяет исключить

объекте на стадии высоковольтного разряда при формировании плазмоида. Действительно, процесс может замедляться из-за ограниченного проникновения кислорода через границу шара или подавления газозной реакции присутствующим аэрозолем. Аэрозоль предотвращает быстрый взрыв газовой смеси внутри шара, который наблюдается при катализе реакции путем введения металла.

Важно отметить, что в экспериментах после окончания свечения в течение примерно 1 с сохраняется некая сферическая структура — фантом плазмоида, содержащий образовавшийся водный аэрозоль. Это свидетельствует о том, что механическая устойчивость объекта и сохранение его формы напрямую не связаны с процессами, вызывающими яркое свечение на этапе автономного существования. Можно предположить существование «оболочки», ограничивающей шарообразный объект, не только в момент свечения, но и некоторое время после него. Внутри этой оболочки может происходить вихреобразное течение газовой среды, содержащей водяной пар, которое можно наблюдать в соответствующей области ИК-спектра. В этой ситуации сам объект, содержащий более горячий газ, чем окружающая атмосфера, движется вверх под действием силы плавучести.

Заключение

Эксперименты, основанные на капиллярном отборе проб и наблюдениях *in situ*, выявили, что внутри тела лабораторной шаровой молнии (плазмоида) на стадии яркого свечения образуется среднелдисперсный водный аэрозоль. Следовательно, температура внутри плазмоида должна снизиться как минимум до 100 °С. Согласно полученным экспериментальным данным, капли воды внутри плазмоида не светятся, что подтверждает возникновение свечения в газовой фазе. После окончания свечения в течение примерно 1 с сохраняется некая сферическая структура — «фантом» плазмоида, внутри которого содержится образовавшийся водный аэрозоль.

Исследование аэрозоля, возникающего за счет эрозии электродов, дополняет картину аэрозольного наполнения плазмоида. Отметим, что частицы

Список литературы

1. *Shabanov G.D.* The optical properties of long-lived luminous formations // *Tech. Phys. Lett.* 2002. V. 28, N 2. P. 164–166. DOI: 10.1134/1.1467315.
2. *Шабанов Г.Д.* О возможности создания природной шаровой молнии импульсным разрядом нового вида в лабораторных условиях // *Успехи физ. наук.* 2019. Т. 189, № 1. С. 95–111. DOI: 10.3367/UFNr.2018.03.038318.
3. *Barry J.D.* Ball Lightning and Bead Lightning: Extreme Forms of Atmospheric Electricity. New York: Springer, 1980. 298 p. DOI: 10.1007/978-1-4757-1710-5.
4. *Смирнов Б.М.* Проблема шаровой молнии. М.: Наука, 1988. 208 с.
5. *Stenhoff M.* Ball Lightning: An Unsolved Problem in Atmospheric Physics. New York: Kluwer Academic, 1999. 350 p.
6. *Boerner H.* Ball Lightning: A Popular Guide to a Longstanding Mystery in Atmospheric Electricity. Cham: Springer, 2019. 206 p. DOI: 10.1007/978-3-030-20783-0.
7. *Bychkov V.L.* Natural and Artificial Ball Lightning in the Earth's Atmosphere. Cham: Springer, 2022. 224 p. DOI: 10.1007/978-3-031-07861-3.
8. *Степанов С.И.* Ультразвуковое зондирование плазмоида // *ЖТФ.* 2014. Т. 84, № 1. С. 109–114.
9. *Bychkov V.L., Anpilov S.V., Savenkova N.P.* Gas dynamics modeling of a plasmoid created by the Gatchina discharge // *Russ. J. Phys. Chem. B.* 2014. V. 8, N 1. P. 50–55. DOI: 10.1134/S1990793114010102.
10. *Bychkov V.L., Anpilov S.V., Savenkova N.P., Stelmashuk V., Hoffer P.* On modeling of "plasmoid" created by electric discharge // *J. Phys.: Conf. Ser.* 2018. V. 996. P. 012012. DOI: 10.1088/1742-6596/996/1/012012.
11. *Zhao S., Lyu X., Wang Y., Yuan C., Wu J., Astafiev A., Miao L., Kudryavtsev A., Shabanov G., Zhou Z.* Visualization of a toroidal vortex structure forming in the laboratory ball lightning of the Gatchina discharge // *IEEE Trans. Plasma Sci.* 2024. V. 52, N 4. P. 1193–1202. DOI: 10.1109/TPS.2024.3382930.
12. *Friedl R., Fantz U., Pilottek I., Schmid D., Steibel S.* Spatio-temporal structure and emission of a large plasmoid in atmosphere // *J. Phys. D: Appl. Phys.* 2021. V. 54, N 9. P. 095205. DOI: 10.1088/1361-6463/abc918.
13. *Stelmashuk V., Hoffer P.* Experimental study of a long-living plasmoid using high-speed filming // *IEEE Trans. Plasma Sci.* 2017. V. 45, N 12. P. 3160–3165. DOI: 10.1109/TPS.2017.2770224.

Исследование динамики формирования плазмоидов в гатчинском разряде.

© Shixin Zhao, Chengxun Yuan, A.A. Кудрявцев, О.М. Жеребцов, Г.Д. Шабанов. *Журнал технической физики*, 2021, том 91, вып. 7.

Гатчинский разряд представляет собой импульсный электрический разряд с поверхности воды в воздушное полупространство. В данном разряде формируются долгоживущие светящиеся образования (плазмоиды 1), о структуре которых имеются различные мнения (см., например, [3–10] и разд. 7).

1 Далее в настоящей работе будет использоваться термин "плазмод". Мы считаем, что этот термин не отражает физической сути образующегося в разряде долгоживущего светящегося образования, но он удобнее (как более короткий) и к тому же используется основной массой исследователей.

5 августа 2026 года в своем интервью (<https://smotrim.ru/video/6056205>) академик А.М. Асхабов сообщил, что в так называемом Гатчинском эксперименте впервые удалось получить светящееся образование, которое исследовалось в Новосибирске и им удалось установить, что природа Гатчинского образования водно-аэрозольная, что является их достижением. С точки зрения А.М. Асхабова их достижение близко к его представлениям о природе шаровой молнии.

«Установление природы шаровой молнии, решение проблемы её происхождения, как предполагают, станет одним из самых выдающихся достижений современной науки».

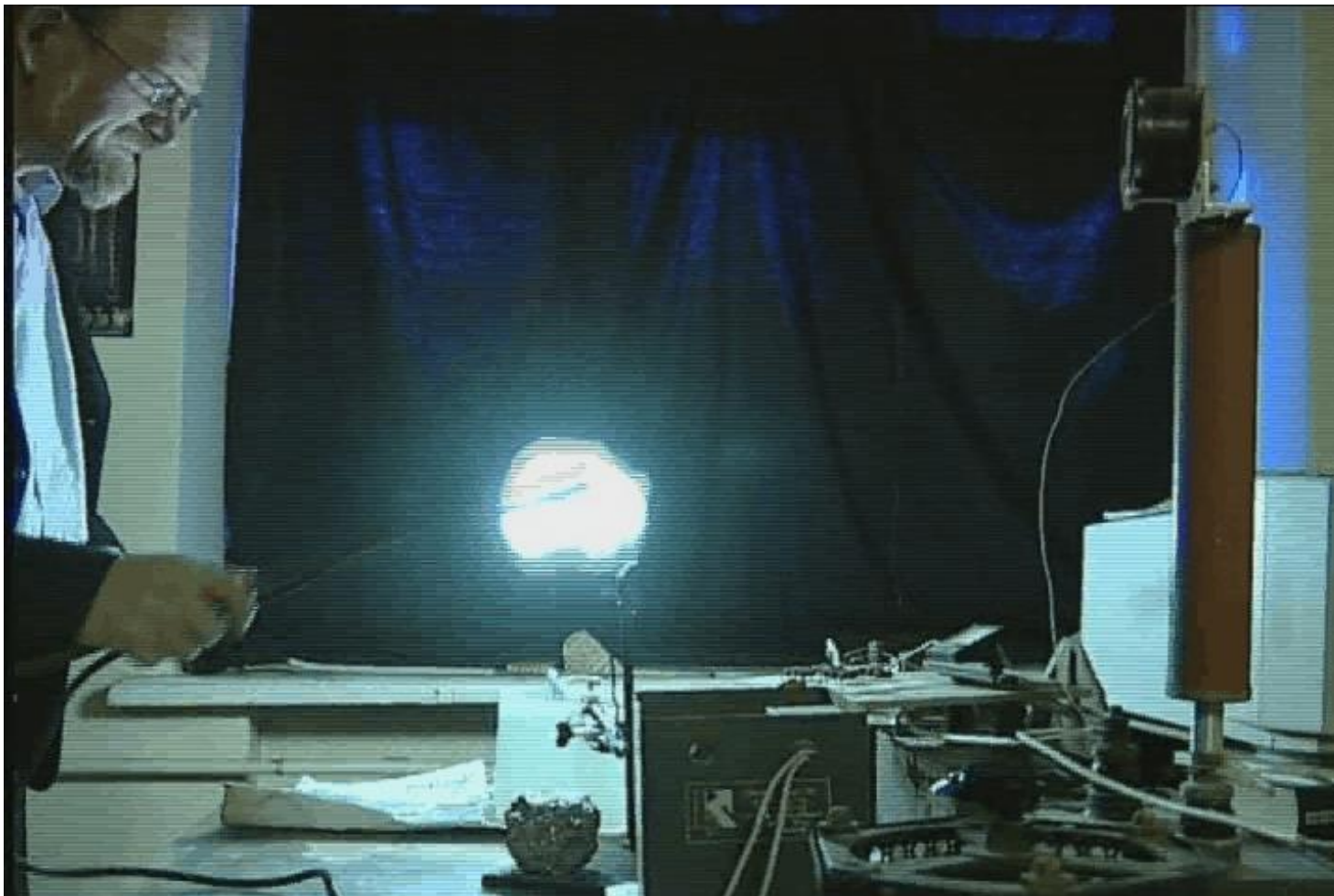
Асха́б Магомéдович Асха́бов — советский и российский учёный-минералог, действительный член Российской академии наук с 2011 года. Председатель Президиума Коми научный центр УрО РАН. Специалист в области теоретической и экспериментальной минералогии, минералогической кристаллографии и кристаллогенезиса. А.М. Асхабов «Ещё раз о феномене шаровой молнии», Вестник геонаук. 2025. 10 (370). С. 51—56. DOI: 10.19110/geov.2025.10.5

Выводы:

1. Сложилась школа исследователей Гатчинского разряда. В нее входят ученые из дружественных и недружественных стран со всех континентов земного шара исключая Антарктиду.

2. Школа виртуальная, подчинение напрочь отсутствует ввиду частого sickness absence основателя школы.

3. Общее мнение всех исследователей, что установление природы шаровой молнии, решение проблемы её происхождения станет одним из самых выдающихся достижений современной науки.



Спасибо за внимание !

Monitoring Plasma Life Article · February 2015. Massimo Teodorani

See discussions, stats, and author profiles for this publication at:
<https://www.researchgate.net/publication/278409506>

Monitoring Plasma Life

Massimo Teodorani, Ph.D.

Numerical simulations [1] showed that when a plasma comes in contact with a cloud of fine dust grains, they immediately acquire an electric charge sucking electrons from the plasma that surrounds them up to form a core of electrons which in turn attract the positively charged ions of the plasma itself, thus giving rise to those which have been called "plasma crystals". Driven by electrostatic forces, dust grains are full twisting in helical structures, while the plasma becomes polarized. Plasma crystals acquire shapes that rapidly evolve into a double helix identical to that which characterizes the DNA, and which shows a self-organizing exceptional ability. This shape is replicated in other plasma crystals as if these forms could reproduce by sending a "genetic code" in everything that surrounds them.

The simulation shows that these helixes have two stable configurations represented by a small and a large spiral, while each helix contains various sequences of these two states: researchers believe that this dynamic feature allows these structures to store information: the helix appears as a kind of informative code, which eventually leads to replicate through any structural transformation from a generation to another, and to give shape to increasingly complex and stable structures, a code at all comparable to the genetic information that holds together the organic matter and with the characteristic of reproducing exactly as a living cell. In other words, it does seem that these structures made of dust and plasma is real living beings able to reproduce and evolve. If this is the case it is possible that a form of "plasma life" exists everywhere in the universe, from the interstellar space to our atmosphere. Transient light phenomena, whose plasma nature has been demonstrated in the course of instrumented observational research carried out in Hessdalen, Norway [2] and in other places in the world, seem to trace quite closely the behavior of plasmas and dust recorded through numerical simulations, in form of balls of light that tend to divide, join, multiply, follow a spiral motion, resembling the behavior of a living cell. These balls of light contains substantially the same ingredients as simulated plasma crystals: a plasma and the atmospheric dust in aerosol form, with water vapor as a possible catalyst generating thermo-electro-chemical processes able to confine these plasma spheres. Such anomalous light phenomena have a tendency to multiply and evolve, and do so on time scales of the order of minutes or even seconds. We want to test the hypothesis that such phenomena may acquire some level of elementary intelligence, which would be manifested through regular and/or semi-regular light pulsation. All this can be accurately measured using high-speed photometry by acquiring 10.000 frames per second and then analyzed using time-series analysis.

REFERENCES

1. Tsytovich, V.N.; Morfill, G. E.; Fortov, V. E.; Gusein-Zade, N. G.; Klumov. B. A. & Vladimirov, S. V. (2007). "From plasma crystals and helical structures towards inorganic living matter". New Journal of Physics, 9, p. 263 : http://www.iop.org/.../arti.../1367-2630/9/8/263/njp7_8_263.html
2. Teodorani, M. (2004). A Long-Term Scientific Survey of the Hessdalen Phenomenon. Journal of Scientific Exploration, Vol. 18, n. 2, pp. 217-251 : <http://www.hessdalen.org/reports/scex1802217251.pdf> View publication

