

Л.5. Электрычныя з'явы ў прыродзе

Змест:

1. Электрычнае поле
2. Ток у газах
3. Іскравы разрад
4. Каронны разрад
5. Дугавы разрад
6. Тлеючы разрад
7. Газаразрадная плазма
8. Маланка (лінейная)
9. Шаравая маланка

Электрычнае поле

Ужо на першай лекцыі мы гаварылі аб гравітацыйным узаемадзеянні – усе целы прыцягваюцца да Зямлі, Зямля і іншыя планеты да Сонца, існуе Сусвет.

А чаму цвёрдае цела зберагае сваю форму доўгі час?

Якім чынам атамы ўтрымліваюцца ў малекуле?

Чаму малекулы знаходзяцца на вызначанай адлегласці адна ад другой у цвёрдым цэле?

Як адказаць на гэтыя пытанні?

**Як растлумачыць з'явы, якія мы назіраем
кожны дзень:**

- пры расчэсванні сухіх валос яны прыцягваюцца да грабенчыка,
- сухое адзенне прыліпае да цела,
- пыл з экрана тэлевізара трэба выціраць амаль кожны дзень.

**Гэтыя і іншыя з'явы абумоўлены
электрамагнітным узаемадзеяннем паміж
целамі.**

**Носьбітам гэтага ўзаемадзеяння з'яўляецца
электрамагнітнае поле.**

Колькаснай мерай электрамагнітнага ўзаемадзеяння з'яўляецца фізічная скалярная велічыня – **электрычны зарад (q)**.

Адзінкай вымярэння электрычнага зараду з'яўляецца **кулон (Кл)**.

З'ява набыцця цэламі электрычнага зараду называецца **электрызацыяй**.

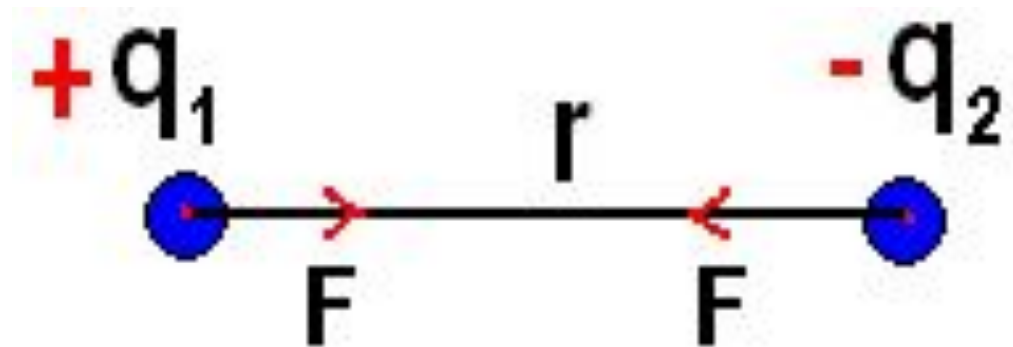
З'ява знікнення з цэла электрычнага зараду называецца **нейтралізацыяй**.

Пры трэнні шкла аб шоўк узнікае дадатны зарад (+), эбаніта аб сукно – адмоўны (-).

Аднайменныя зарады адштурхваюцца,
разнайменныя – прыцягваюцца.

Сіла ўзаемадзеяння паміж электрычнымі
зарадамі вызначаецца законам Кулона

$$F = k \frac{q_1 q_2}{r^2}.$$



Найменшы дадатны электрычны зарад – зарад пратона (e^+),

найменшы адмоўны – зарад электрона (e^-), якія па абсалютнаму значэнню роўныя $q=1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл.

У выпадку нерухомых электрычных зарадаў узаемадзеянне ажыццяўляецца з дапамогай электростатычнага поля, якое з'яўляецца прыватным выпадкам электрамагнітнага – асаблівай формай матэрыі.

Асноўнай характарыстыкай электростатычнага поля з'яўляецца **напружанасць**

$$\vec{E} = \vec{F} / q_0,$$

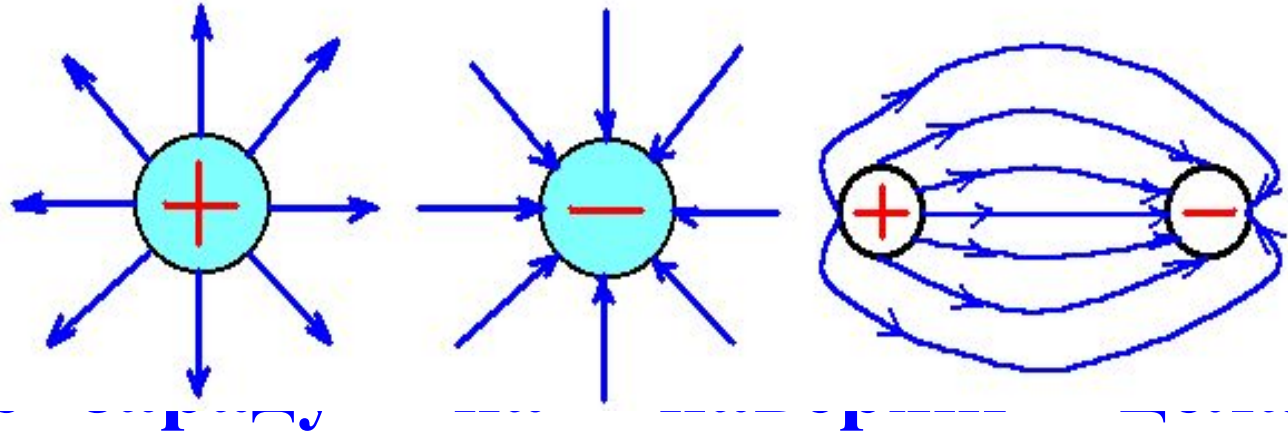
дзе q_0 – пробны зарад.

Адзінка вымярэння напружанасці – **1В/м** (вольт на метр).

Электрычнае поле існуе вакол кожнага зараду незалежна ад іншых палёў.

У гэтым праяўляецца прынцып **суперпазіцыі**.

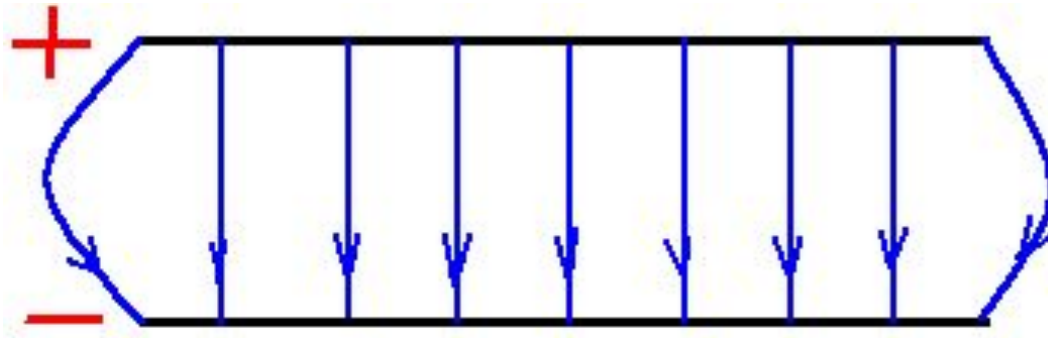
Звычайна электрычнае поле адлюстроўваюць графічна з дапамогай **сілавых ліній**.



Размеркаванне **сілавых ліній** характарызуецца **паверхневай шчыльнасцю зараду**:

Адзінка вымярэння $\sigma = dq / ds$ **Кл/м^2** .

У выпадку, калі сілавая лінія поля паралельная, а іх шчыльнасць аднолькавая, поле называецца **аднародным**.



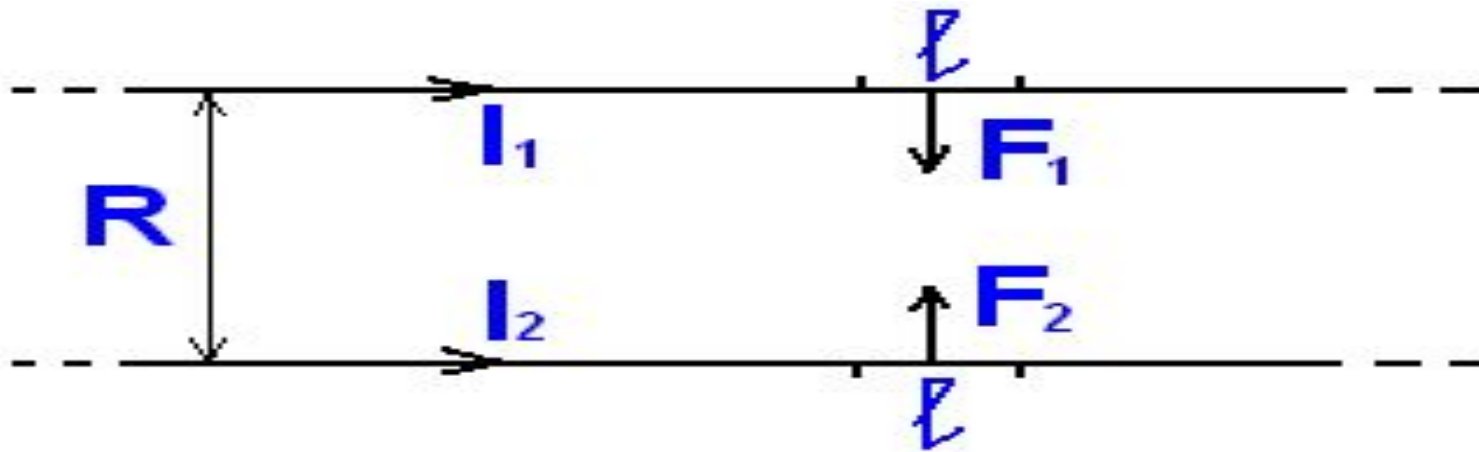
Для колькаснага апісання працэсаў, звязаных з **накіраваным рухам** электрычных зарадаў, электрычным токам, вводзіцца паняцце “**сіла току**”:

$$I = dq / dt.$$

Адзінка вымярэння I – **1А** (ампер).

За сілу тока 1A прымаецца такі ток, які, пры праходжанні па кожнаму з двух паралельных тонкіх праваднікоў бясконцай даўжыні, размешчаных у вакууме на адлегласці 1м адзін ад другога, вызывае іх узаемадзеянне з сілай $2 \cdot 10^{-7}\text{Н}$ на кожны метр іх даўжыні.

$$F = \mu_0 \frac{I_1 I_2}{2\pi R} \ell.$$



Ток у газах

Пры нармальных умовах газ складаецца з нейтральных малекул (атамаў) і таму з'яўляецца дыэлектрыкам (ізалятарам), не праводзіць электрычны ток.

Газ становіцца правадніком, калі пад уздзеяннем вонкавай крыніцы энергіі (іанізатара) ён іанізуецца (частка атамаў ператвараецца ў іоны).

Пры наяўнасці вонкавага электрычнага поля ў іанізаваным газе ўзнікае ток, назіраецца **газавы разрад**.

Електраправоднасць газу з'яўляецца
электронна-іоннай.

Дзякуючы малой вязкасці газу рухомасць (**b**)
газавых іонаў у тысячы разоў большая, чым
іонаў электраліту.

$$(b = \frac{\vartheta_{др}}{E} \rightarrow b \approx 10^{-4} \frac{M^2}{V \cdot c}).$$

Газавы разрад, для існавання каторага
неабходны вонкавы іанізатар называецца
несамастойным газавым разрадам.

Газавы разрад, які ў выніку самаіанізацыі можа
існаваць і пры адсутнасці вонкавага
іанізатара, называецца самастойным газавым
разрадам.

Працэс самаіанізацыі заключаецца ў наступным:

у прыродных умовах у газе заўжды ёсць невялікая колькасць свабодных электронаў і іонаў, якія ствараюцца такімі прыроднымі іанізатарамі як касмічныя прамяні і радыеактыўнае выпраменьванне.

Дастаткова магутнае электрычнае поле можа паскорыць гэтыя зараджаныя часціцы да энергіі, якая перабольшвае энергію іанізацыі.

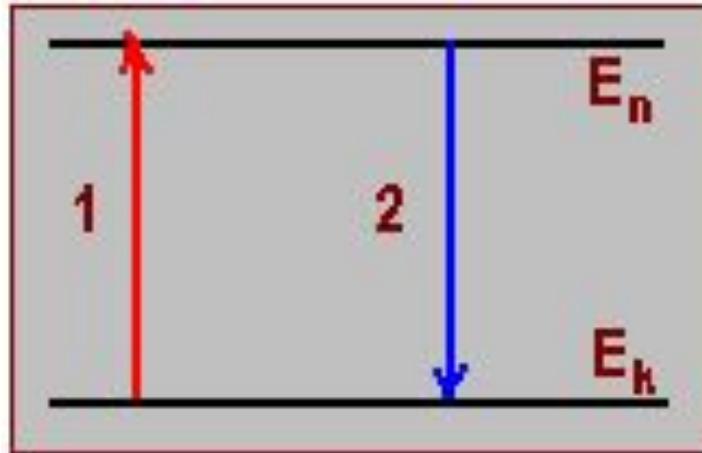
Пры сутыкненні паскораных часціц з нейтральнымі часціцамі (атамамі) ўзнікне **іанізацыя**.

У выніку іанізацыі з'явяцца другасныя электроны і іоны, якія паскараюцца электрычным полем, сутыкаюцца з нейтральнымі часціцамі і вызываюць іх іанізацыю, **ударную іанізацыю**.

Свабодныя электроны вызываюць ударную іанізацыю пры напружанасці электрычнага поля $\sim 10^3$ В/м.

Пры сутыкненнях, калі энергія бамбардуючых часціц меншая, чым энергія іанізацыі, ўзнікае ўзбуджэнне атама (пераход у стан E_n).

Пры пераходзе атама ў нармальны стан (E_k) ён выпраменьвае энергію, назіраецца **свечэнне газу**.



Асноўнымі тыпамі самастойнага газовага разраду з'яўляюцца:

іскравы, каронны, дугавы, тлеючы.



Іскравы разрад

Характар газавага разраду істотна залежыць ад ціску, тэмпературы, вільготнасці і хімічнага складу газу.

У паветры іскравы разрад узнікае пры напружанасці $E = 3 \cdot 10^6$ В/м.

Ён мае выгляд пучка яркіх зігзагападобных палосак, што разгаліноўваюцца ад тонкага канала, які злучае электроды.



Пры гэтым тэмпература газу ў канале
разраду дасягае 10^4 °С.

Газ пачынае свяціцца.

Трэск іскравога разраду абумоўлены гукавымі
хвалямі, якія ўзнікаюць пры рэзкім
пашырэнні газу ў канале пры яго награванні.

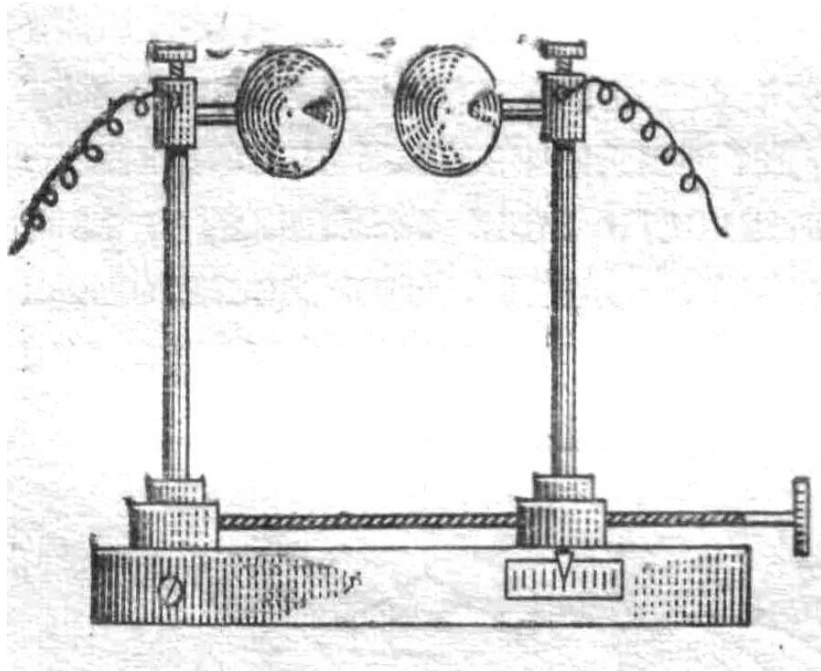
Пры ўзнікненні іскравога разраду газ рэзка
страчвае свае ізаляцыйныя ўласцівасці і
становіцца **правадніком**.

Напружанасць поля, пры якой узнікае іскры
прабой газу, мае розныя значэнні ў розных
газаў і залежыць ад іх стану.

Пры дадзеным напружанні (U) паміж электродамі напружанасць (E) поля тым меншая, чым далей адзін ад другога знаходзяцца электроды

$$E = \frac{U}{d}.$$

Таму, чым большая гэта адлегласць, тым большае напружанне патрэбна для іскравога прабоя – напружанне прабоя.



Іскравы разрад выкарыстоўваецца:

- для перазасцярогі **высакавольтных** ліній **электраперадач** ад **перанапружання** (**іскравы разраднік**);
- для **запальвання гаручай сумесі ў рухавіках** **унутранага згарання**.

Пры **малой даўжыні** разраду ён **вызывае** на **паверхні метала** **разбурэнне** (**эрозію**).

На гэтым заснавана **электраіскравая** **апрацоўка металаў** (**рэзка, свярленне і г.д.**).



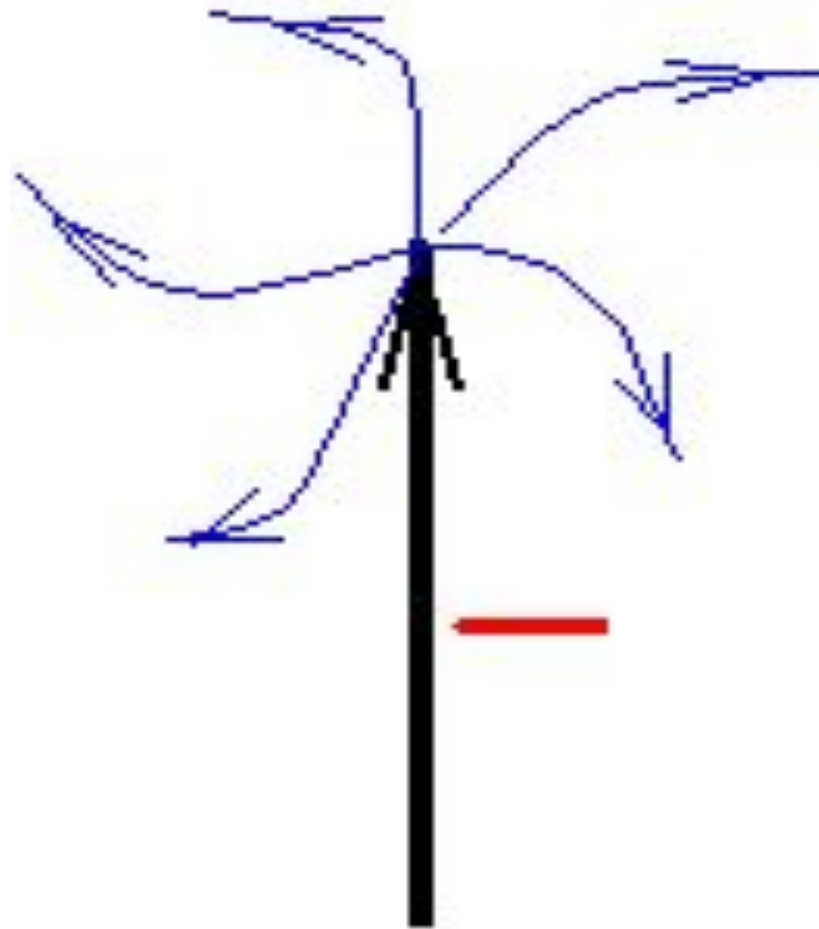
Каронны разрад

Пры нармальных умовах у вельмі моцным неаднародным электрычным полі ўзнікае разрад, свячэнне якога нагадвае карону.

Неаднароднае электрычнае поле ўзнікае паблізу праваднікоў з вялікай крывізной паверхні ($\rho=1/R$) (тонкі дрот, вастрыё і г.д.).

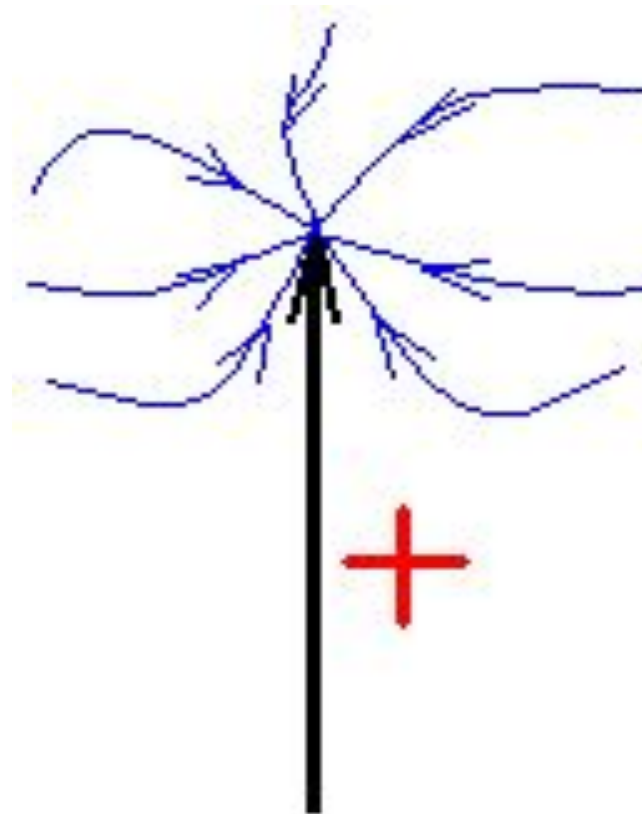
Каронны разрад уяўляе сабой слабае фіялетавае свячэнне газу, якое суправаджаецца лёгкім шыпеннем.

Калі тонкі праваднік зараджаны адмоўна (адмоўная карона), то каля яго павярхі ўзнікаюць лавіны, якія распаўсюджваюцца ад катода.



Калі тонкі праваднік зараджаны дадатна (дадатная карона), то лавіны ўзнікаюць на вонкавай паверхні кароны і рухаюцца ў бок правадніка (анода).

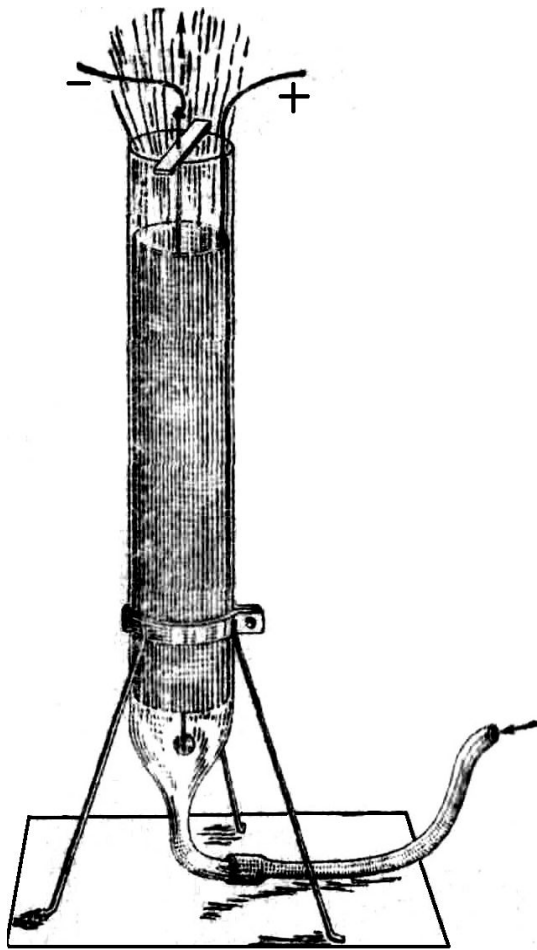
Таўшчыня дадатнай кароны меншая, чым адмоўнай.



**Каронны разрад узнікае каля правадоў
высокага напружання, на вяршынях мачтаў
(агні святога Эльма), дрэваў і на іншых
востраканечных прадметах.**

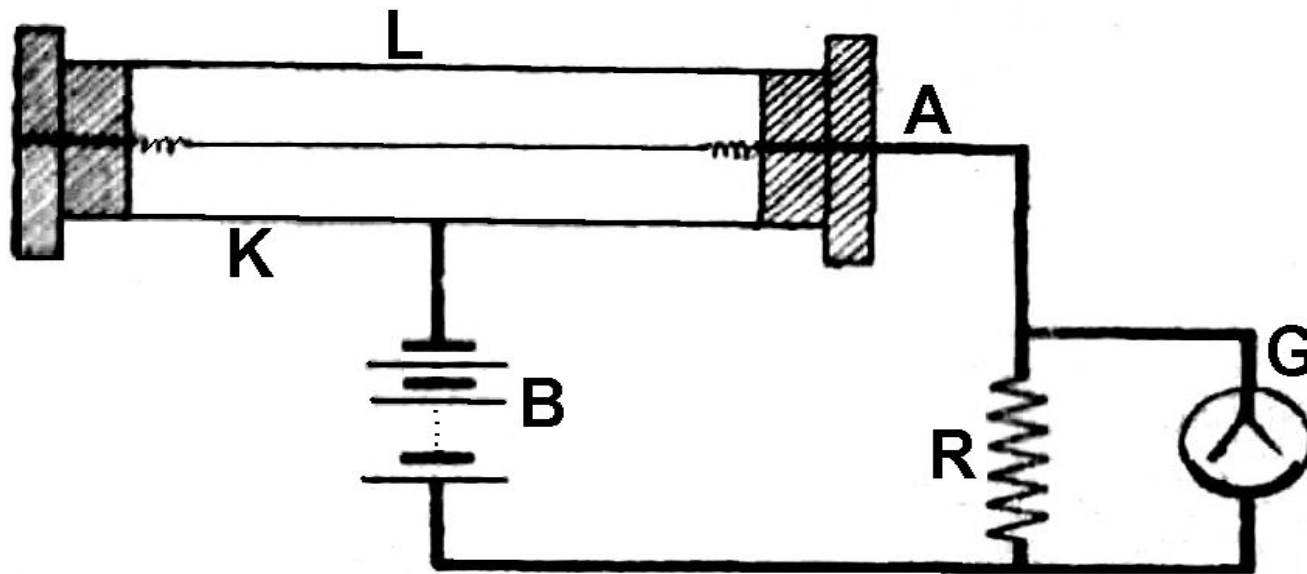


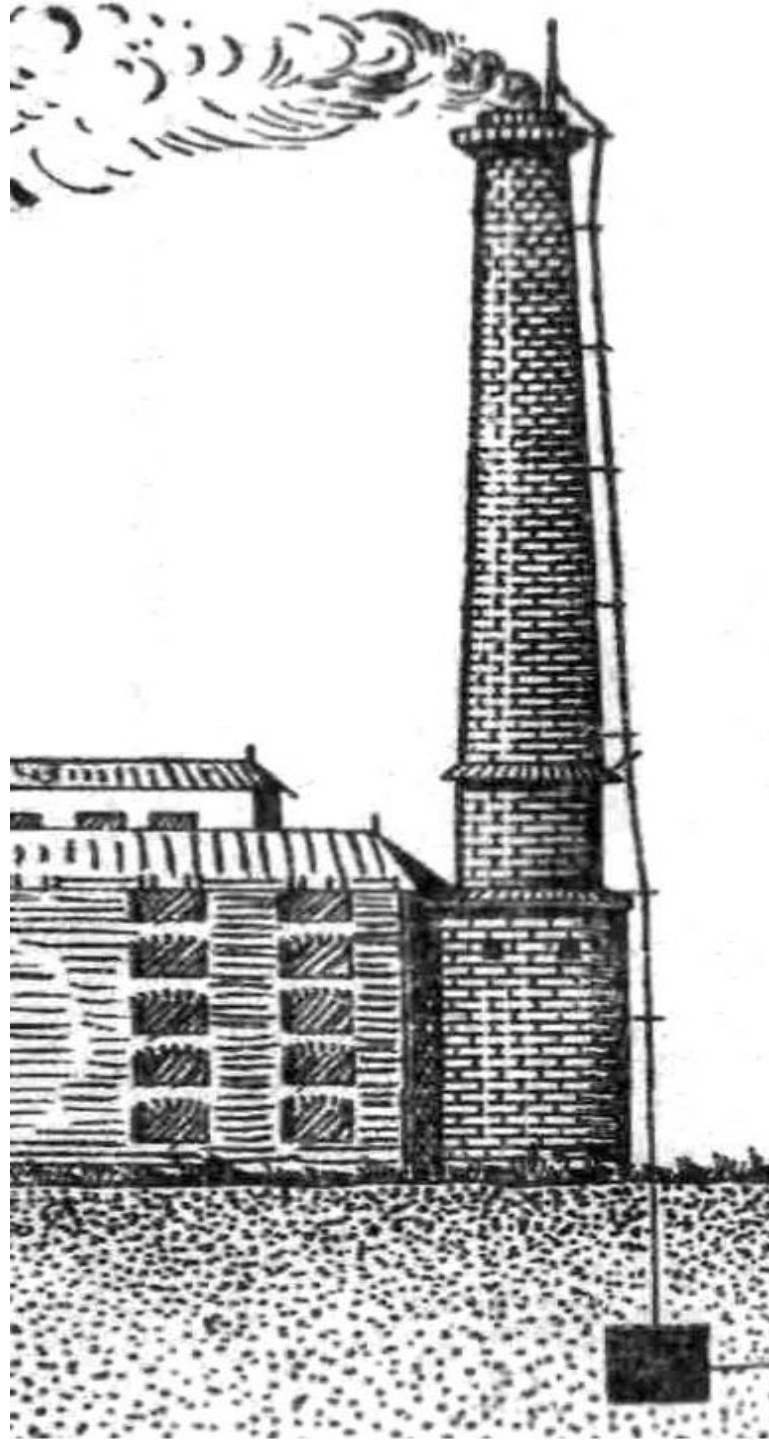
**Каронны разрад выкарыстоўваецца для
электрычнай ачысткі газаў
(электрагазафільтры) – ачыстка
прамысловых газаў ад дыму і пылу.**



**Пад уздзеяннем электрычнага
поля каля дроціка запальваецца
карона, паветра ўнутры
іанізуецца, іоны сутыкаюцца
з часціцамі дыму, прыліпаюць
да іх і асядаюць на
электродрах.**

На аснове кароннага разраду працуе лічыльнік
элементарных часціц (лічыльнік Гейгера-
Мюлера).





На каронным разрадзе
заснавана дзеянне
маланкаадвода.

Моцнае электрычнае поле,
што ўзнікаеў атмасферы
ў час навальніцы,
выклікае разрад з
вяршыні маланкаадвода.

Гэты разрад **адводзіць**
ў зямлю атмасферныя
электрычныя зарады, не
дазваляючы ім збірацца
на будынках.

Падлічана, што ў атмасферы зямнога шара адначасова адбываецца каля **1800** навальніц, якія даюць у сярэднім каля **100** маланак за кожную секунду.

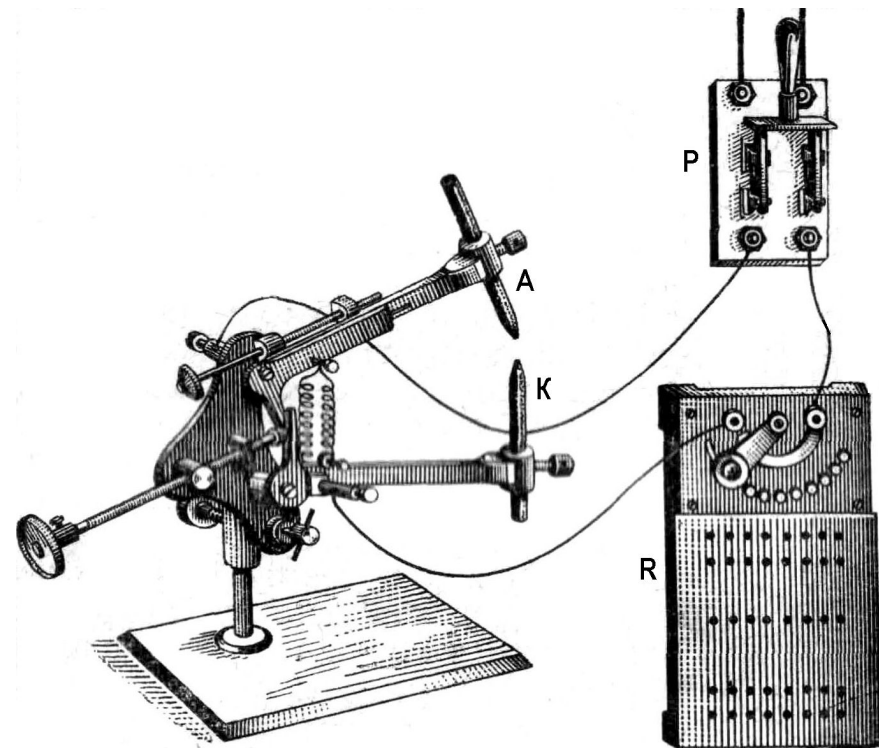


Дугавы разрад

Дугавым называюць разрад, які ўзнікае ў газе пры атмасферным ціску паміж двума электродамі (металічнымі або вугальнымі), што размешчаны блізка адзін каля другога.

Напружанне паміж электродамі павінна быць каля **~ 60В**.

Дугавы разрад суправаджаецца выдзяленнем вялікай колькасці цеплыні і вельмі яркім свячэннем.

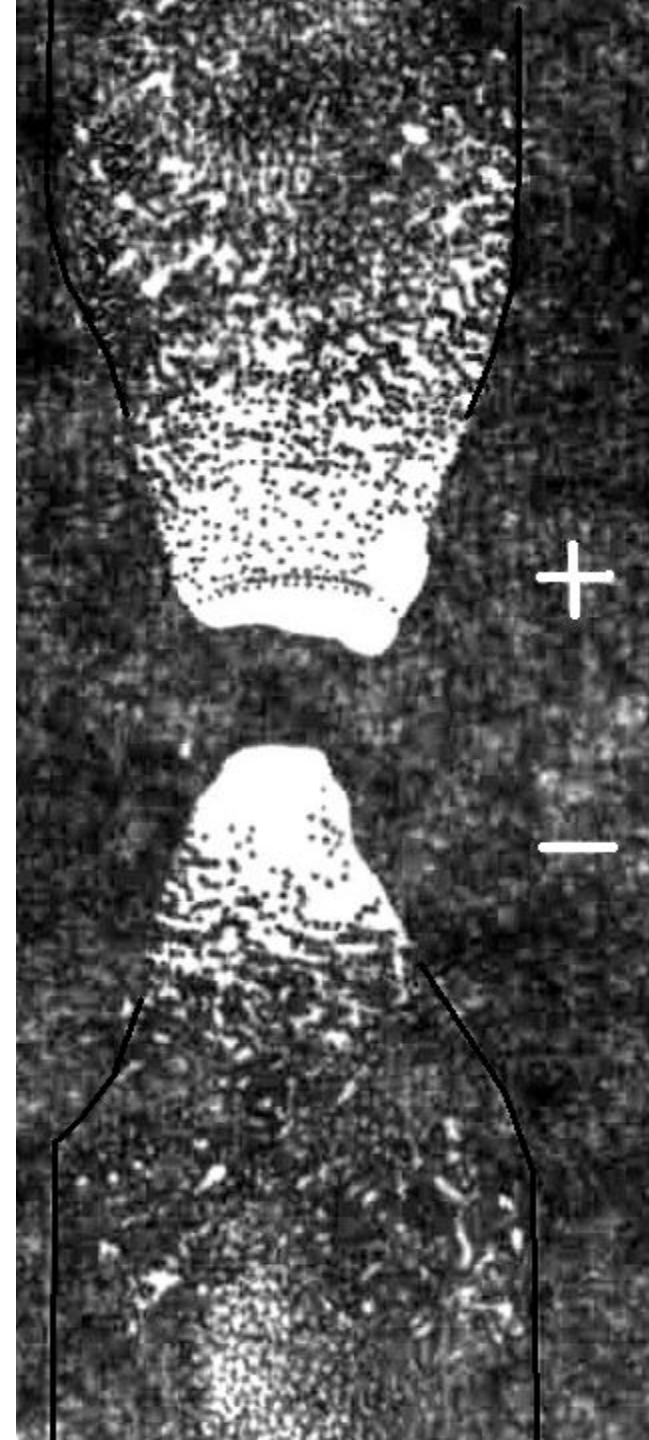


Дугавы разрад быў адкрыты ў 1802г. рускім фізікам **В.У.Пятровым**.

Праз сем гадоў назіраў з'яву (незалежна ад Пятрова) англійскі хімік **Дэві**, які прапанаваў назваць дугу "**вольтавай**" у гонар **Вольта**.

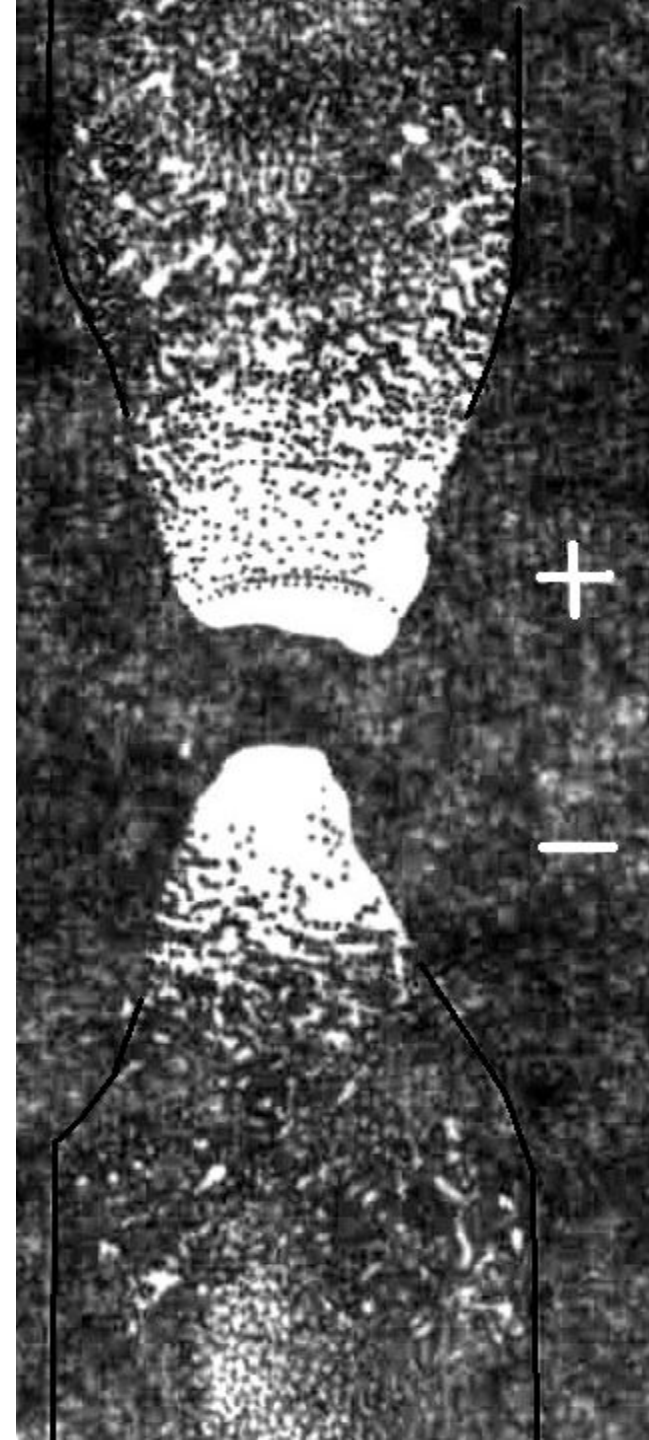
Калі два вугальныя электроды
прывесці ў судакрананне, а
пасля развесці, то паміж імі
ўзнікае дугавы разрад.

Асноўнай прычынай
узнікнення дугі з'яўляецца
тэрмаэлектронная эмісія з
паверхні разагрэтага катода і
тэрмічная іанізацыя малекул
газу.



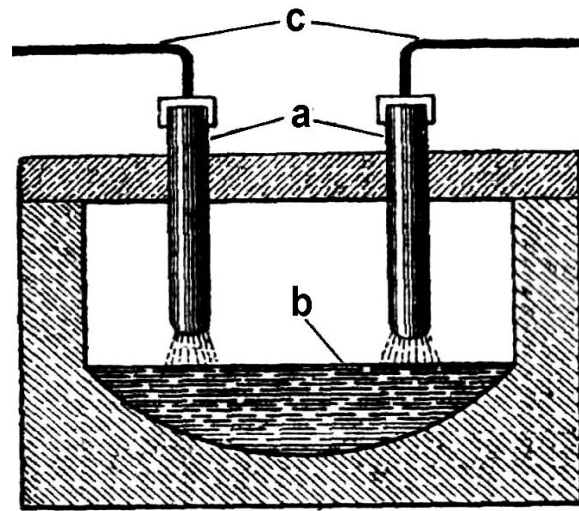
**Катод награваетца за кошт
удараў іонаў, паскораных
электрычным полем.**

**Пры гарэнні дугі катод
завастраецца, а на анодзе
ўтвараецца паглыбленне
(кратэр) пад уздзеяннем
бамбардыруючых
электронаў.**



Применение дуговой разряды:

- 1882г. М.М.Бенардас применил электрическую дугу для резки и сварки металла.
- 1876г. П.М.Яблочка использовал его в качестве источника света.
- У металлургии – у дуговых плавильных печах: **a** – электроды, **b** – расплавленый металл; **c** – подводка тока.

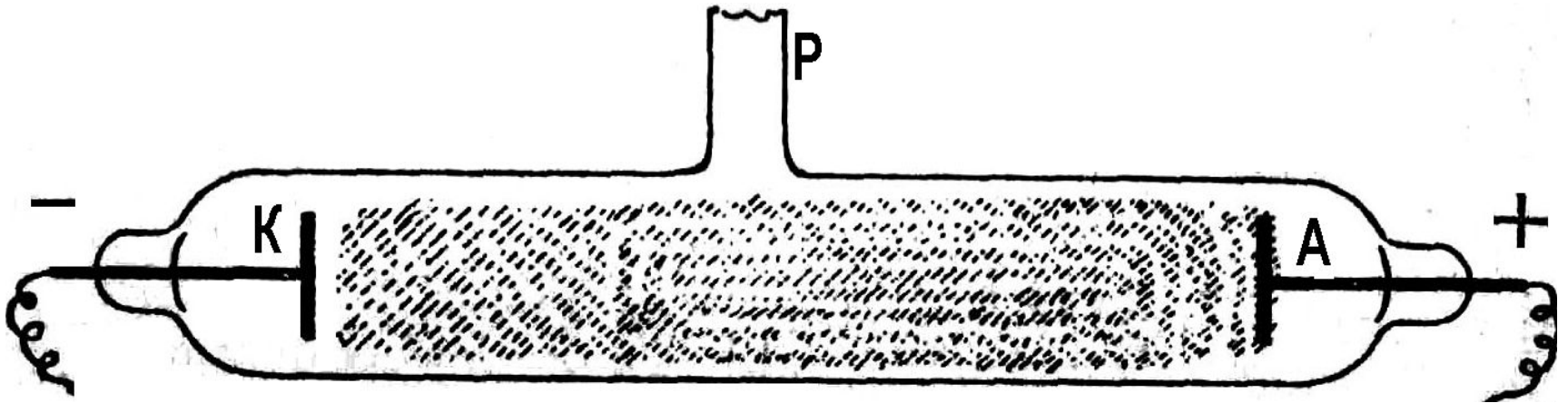


- У кварцевых лампах. “Штучное горное солнце” – ртутная лампа – дуга в атмосфере пары ртути – ультрафиолет (колба из кварца). Свет от этой лампы очень полезен для зрения.

Глеючы разрад

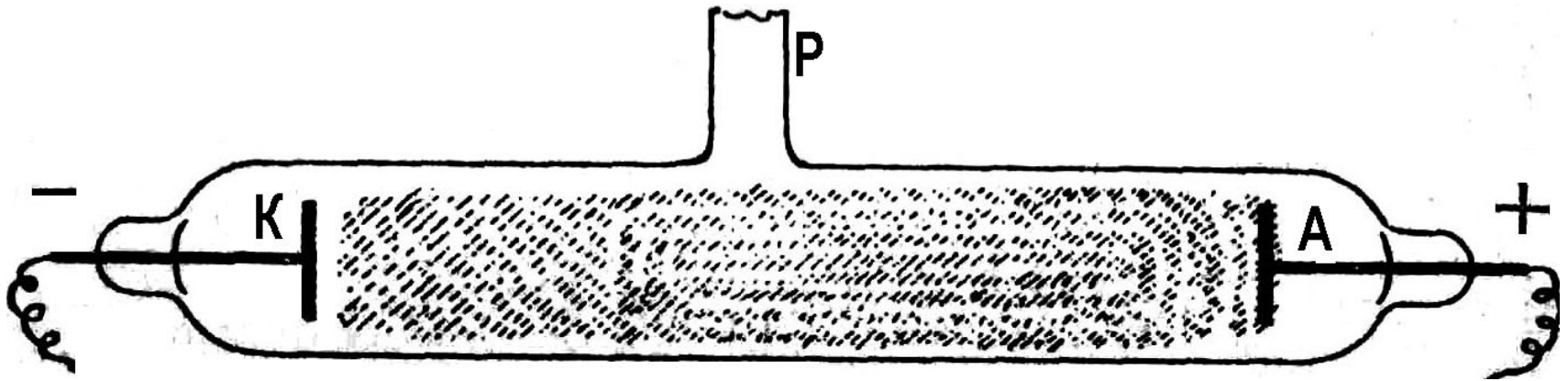
Глеючы разрад назіраецца ў газах пры нізкім ціску (каля $0,1$ мм.рт.сл.) і вялікай напружанасці электрычнага поля ~ 80 В/см.

Гэта адпавядае напружанню ў 4000 В пры адлегласці паміж электродамі каля 50 см.



Тлеючы разрад мае выгляд **тонкай гнуткай ніткі** (для паветра фіялетава-ружовага колеру), якая бегае па трубцы.

Пры памяншэнні ціску (пачынаючы з атмасфернага) амаль уся трубка запаўняецца аднародным свечэннем, узнікае **тлеючы разрад**.



У наш час трубки з тлеючим разрадам знаходзяць шырокае выкарыстанне як **крыніцы святла** – газасветныя лампы (неон, аргон, ксенон і іх сумесі).

У лампах **дзённага святла** ці люмінесцэнтных ультрафіялетавае выпраменьванне ператвараецца з дапамогай люмінафораў ў **святло бачнай вобласці**.

У лазерах тлеючы разрад выкарыстоўваецца для іх **накачкі**.



Газаразрадная плазма

Пры самастойным разрадзе большасць малекул газа аказваецца іанізаванай.

Газ, у якім усе або частка малекул (атамаў) аказваецца іанізаванай называецца **плазмай**.

Гэту назву ўвёў у 1929г. амер. фізік І.Ленгмюр.

У залежнасці ад ступені іанізацыі адрозніваюць **слаба іанізаваную** (да 1%), **умерана іанізаваную** і **поўнасцю іанізаваную** плазму.

Газаразрадная плазма можа існаваць толькі пры наяўнасці **электрычнага поля**.

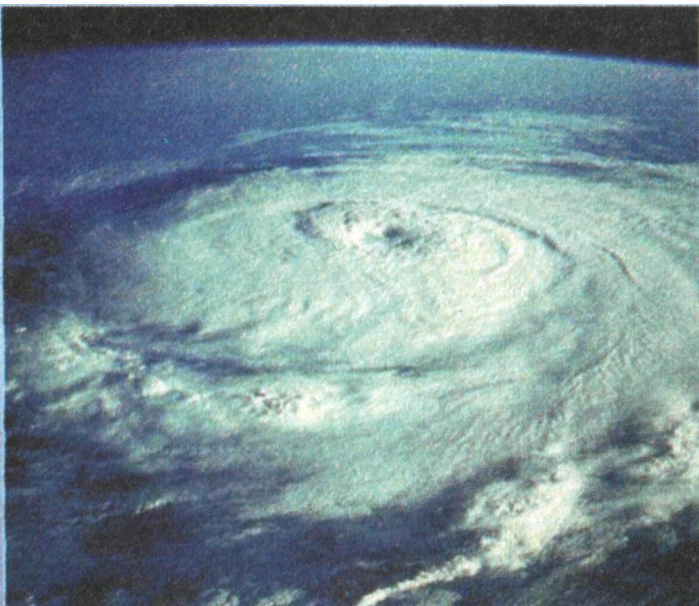
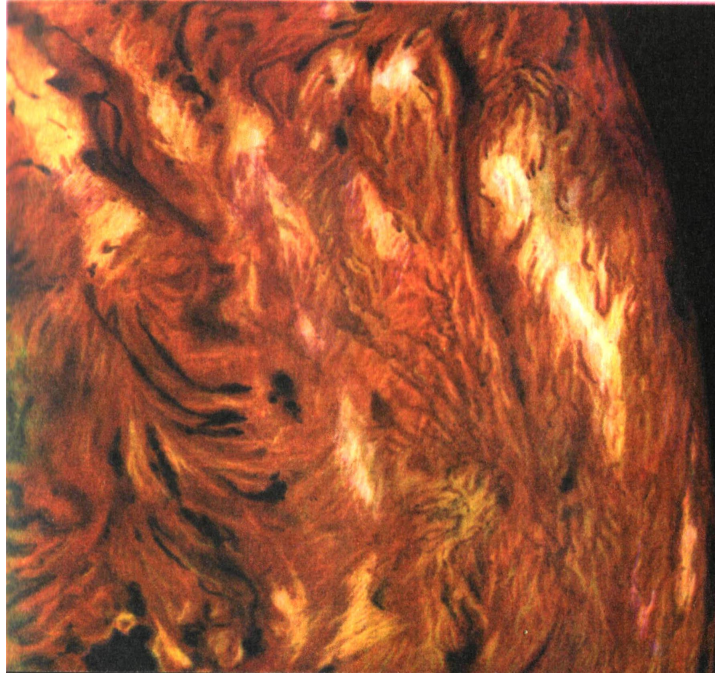
Плазма ўяўляе сабой асобы стан рэчыва.

У такім стане знаходзіцца каля 99% рэчыва Сусвету.

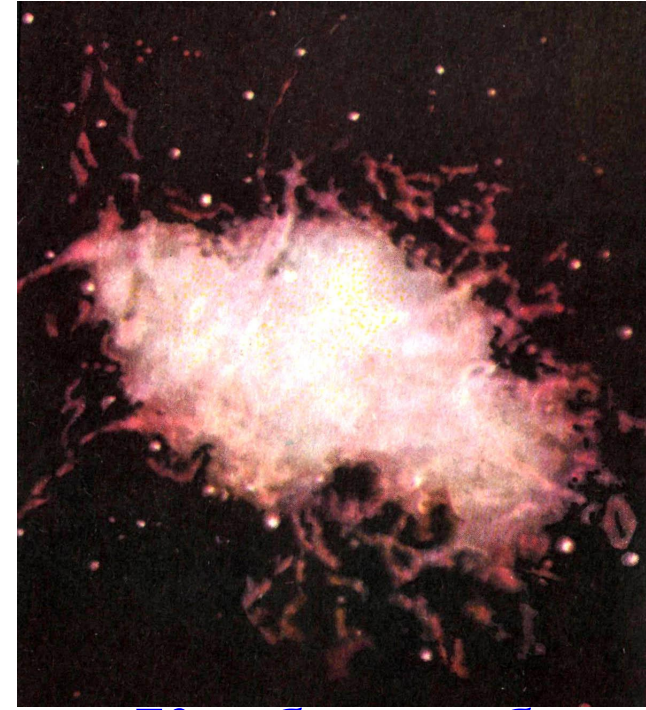
Сонца і зоркі – гэта гіганцкія згусткі плазмы.

Верхнія слаі зямной атмасферы (экзасфера, тэрмасфера, мезасфера – іонасфера), якія падвяргаюцца бесперапыннаму ўздзеянню ультрафіялетавага і рэнтгенаўскага выпраменьванняў Сонца, зорак і касмічных прамянёў, знаходзяцца ў стане слаба іанізаванай плазмы.

Паверхня Сонца



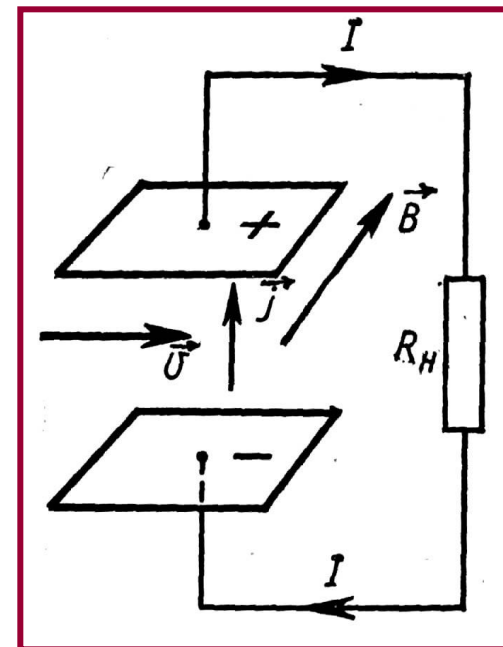
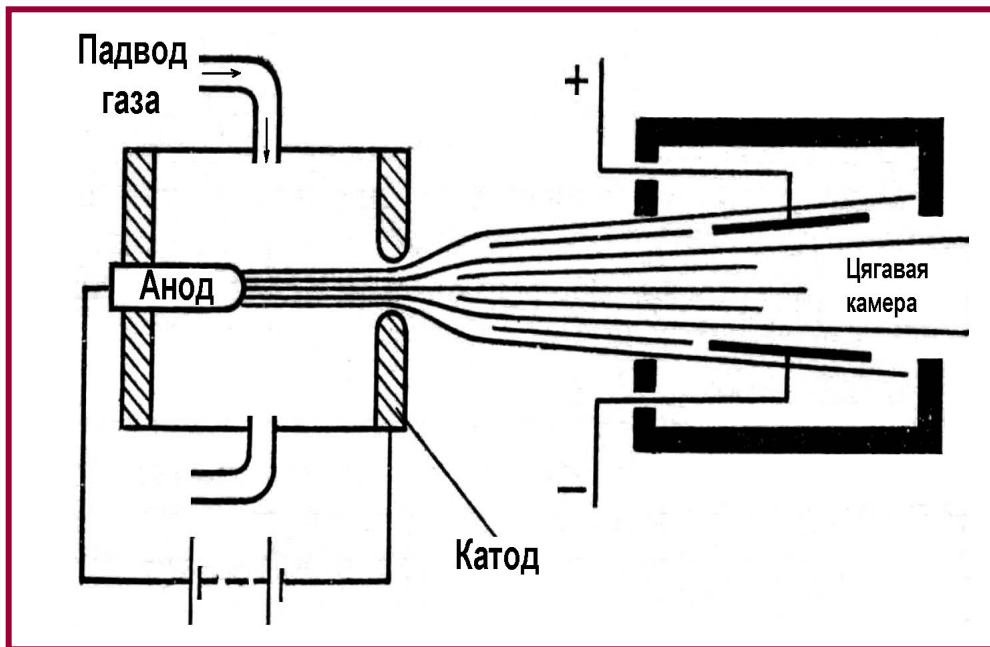
Атмасфера Зямлі



Крабападобная
туманнасць

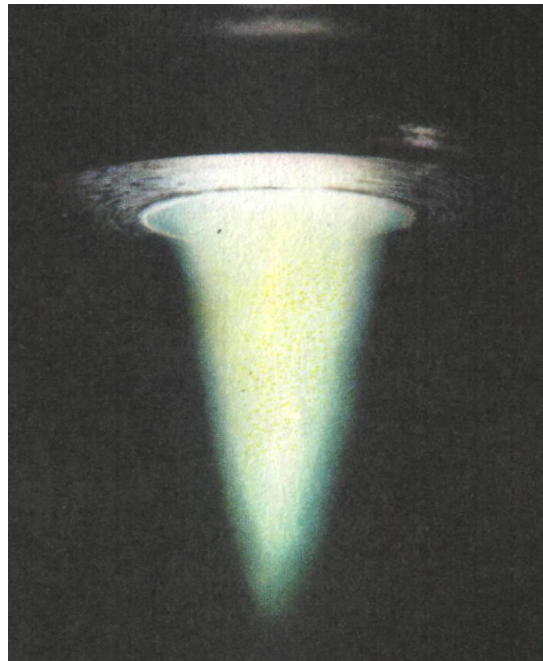
Ужо распрацаваны маламагутныя плазменныя рухавікі (рух плазмы ў скрыжаваных электрычных і магнітных палях).

Працуюць магнітагідрадынамічныя генератары (МГД), у якіх з дапамогай струменя плазмы, што рухаецца ў магнітным полі, адбываецца непасрэднае ператварэнне цеплавой энергіі ў электрычную.



Выкарыстанне плазматронаў (каталізатар)
дазваляе ажыццяўляць хімічныя рэакцыі,
якія ў звычайных умовах не назіраюцца.

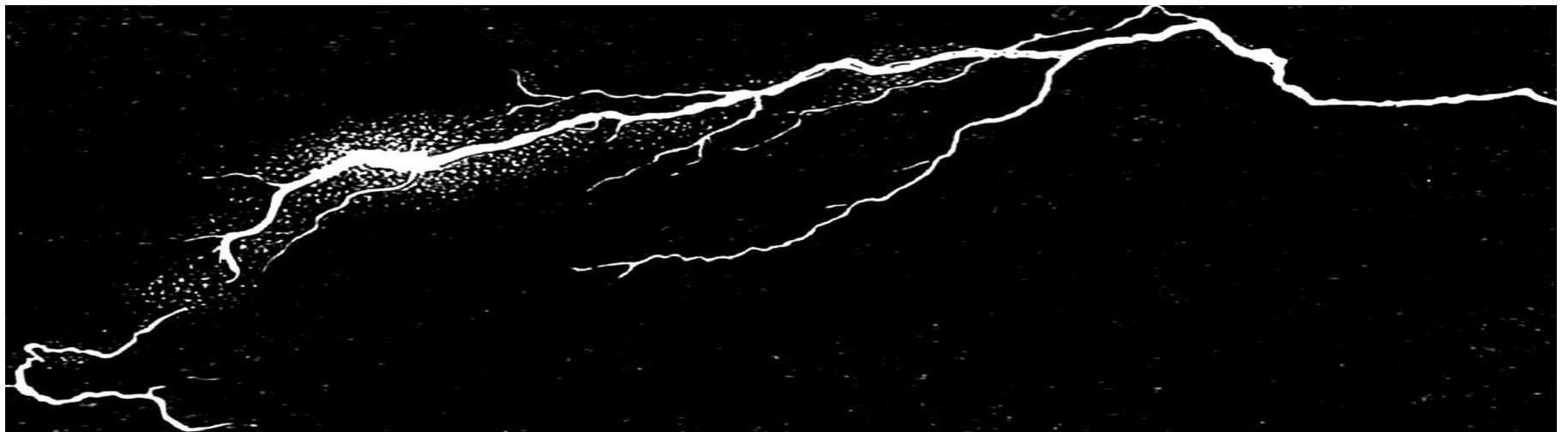
Даследаванні высокатэмпературнай плазмы
ўносяць вялікі ўклад у рашэнне праблемы па
кіруемаму тэрмаядзернаму сінтэзу (**КТС**).



Маланка (лінейная)

Прыгожая і небяспечная з'ява прыроды – маланка – уяўляе сабой іскравы разрад у атмасферы, які суправаджаецца светлавымі і гукавымі эфектамі.

Грамавыя раскаты – гэта адбіццё гукавых хваляў ад воблакаў, гор, будынкаў і г.д.



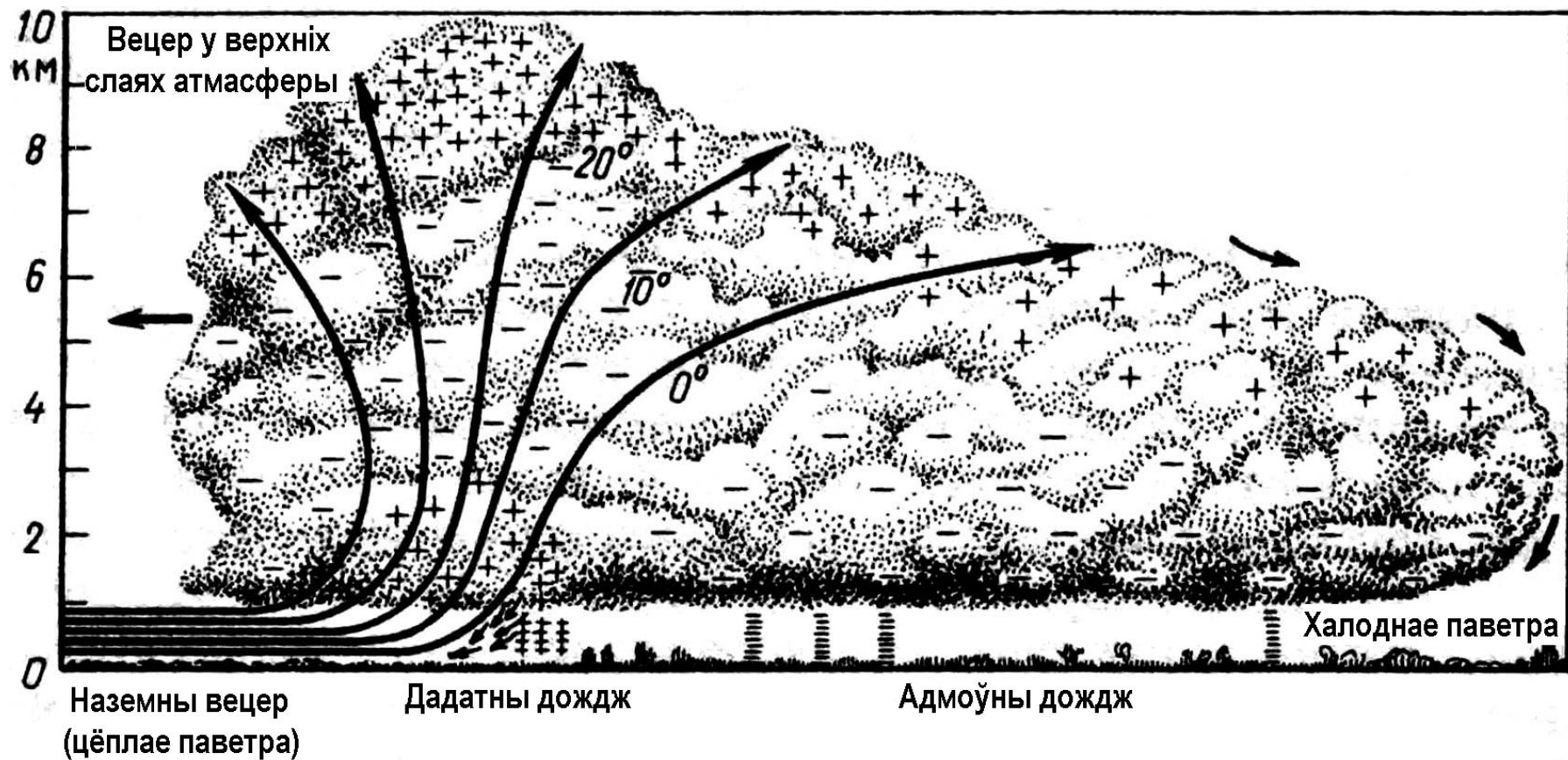
У яснае надвор'е акалязямное электрычнае поле накіравана зверху ў ніз, таму што Зямля атрымлівае адмоўны зарад, а дадатны расейваецца ў атмасферы.

Гэта абумоўлена іанізацыяй часціц касмічнымі прамянямі і канвекцыяй паветраных патокаў.

Электраправодная паверхня Зямлі і вышынныя электраправодныя слаі атмасферы (іонасфера) ўтвараюць своеасаблівы сферычны кандэнсатар.

**Навальнічнае воблака паводзіць сябе як
праваднік у гэтым электрычным полі.**

**У ніжніх сляях воблака назапашваецца
адмоўны зарад, а ў верхніх – дадатны.**



Да пачатку навальніцы напружанасць паміж
Зямлёй і воблакам узрастае да $2 \cdot 10^5$ В/м.

Для сярэдніх шырот у летні час вышыня
навальнічных воблакаў дасягае **700 м.**

Гэта значыць, што напружанне паміж
воблакам і Зямлёй каля $U = 1,4 \cdot 10^8$ В.

Формула сувязі паміж напружаннем і
напружанасцю электрычнага поля

$$U = E h.$$

Спачатку ўзнікае пільгуемы стрымер -
электраправодны канал, у які накіроўваюцца
магутныя электронныя лавіны з хуткасцю $1 \cdot 10^4$
км/с.

Пры гэтым электраправоднасць канала ўзрастае,
яго сячэнне павялічваецца – гэта стадыя
развіцця лідэра.

Калі лідэр, які спускаецца з воблака прыбліжаецца
да Зямлі, то на стрэхах будынкаў,
маланкаадводах, дрэвах індукуюцца зарады
процілеглага знака і ўзнікае сустрэчны лідэр.

У момант іх сустрэчы ўтвараецца разрадны канал,
па якому працякае галоўны разрад маланкі
са скорасцю $3 \cdot 10^4$ км/с.

Заряд, які пераносіцца маланкай звычайна складае $(30 - 40)$ Кл.

Але пры вялікай скорасці руху зараду $(3 \cdot 10^4$ км/с) сіла току дасягае $I = 3 \cdot 10^5$ А.

Працягласць маланкавага разраду складае $t = (10^{-7} - 10^{-6})$ с. ($I = q/t$).

Даўжыня маланкі можа быць некалькі кіламетраў, шырыня каналу да $(20 - 30)$ см.

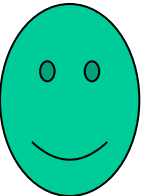
Яна ўзнікае і паміж зараджанымі воблакамі.

Звілісты след маланкі тлумачыцца тым, што зарад праходзіць праз тыя ўчасткі паветра, якія валодаюць найменшым супраціўленнем у дадзены момант.

Такія ўчасткі паветра размешчаны ў атмасферы выпадковым чынам.

(Паветраны змей – 1753г. – Пецярбург – прафесар Рыхман загінуў – працаваў разам з Ламаносавым.

Незалежна ад іх Франклін – амер. даследчык).



Шаравая маланка

У рэдкіх выпадках назіраюцца шаравыя маланкі.

Відавочцы паказваюць, што маланкі маюць выгляд шара дыяметрам (20 – 40) см, які свеціцца.

У час адной з навальніц назіралася шаравая маланка больш за 1 м у папярочніку (дыяметры).

Час іх існавання не перавышае некалькіх мінут.

Яны плаўна рухаюцца па ветру са скорасцю каля $v \approx 1$ м/с.

З часам свячэнне іх паступова цямнее (гасне), і яны як бы раствараюцца ў паветры.

Шаравая маланка часта ($\sim 50\%$) з'яўляецца прычынай пажару.

Шаравая маланка рэагуе на навакольныя прадметы, яна ці абыходзіць іх, ці прыцягваецца да іх.

Гэта азначае, што яна напэўна валодае **электрычным зарадам.**

Інтэнсіўнасць свячэння шаравой маланкі параўноўваецца з інтэнсіўнасцю электрычнай лампы напальвання магутнасцю **(50 – 100) Вт.**

Яе колеры ахопліваюць увесь спектр, але часцей сустракаюцца **чырвоны, аранжавы і жоўты.**

Часта бывае і **белы.**

Тэмпература шаравой маланкі каля **(200 – 300) °С.**

Пры прамым кантакце з целам чалавека яна **вызывае апёкі.**

Шаравая маланка звязана з навальнічнай актыўнасцю.

У 70% выпадкаў яна з'яўляецца ў час навальніцы ці пасля яе.

Паверхня маланкі часта падобная на паверхню вадкасці, што кіпіць.

Галоўныя ўласцівасці: устойлівасць і імкненне прыняць сферычную форму.

Агульнапрызнанай тэорыі шаравой маланкі пакуль не існуе.

Сённяя ўсе тэорыі можна падзяліць на **тры напрамкі:**

1. Шаравая маланка складаецца з паветра, абагачанага азомам (~ 3%).

Энергетычны запас яе, які вызначаецца энергіяй разлажэння аэону, складае некалькі соцен джоулей.

2. Шаравая маланка атрымлівае энергію з вонку, па каналу ад крыніцы, што знаходзіцца ў воблаках.

3. Шаравая маланка складаецца з зараджаных часціц і валодае электрычным зарадам.

Яна стварае радыёперашкоды, пад яе ўздзеяннем адбываецца перагаранне лямпачак, засцярагальнікаў, плаўленне праваднікоў і г.д.

З 1974г. існуе класцёрная гіпотэза шаравой маланкі.

Класцер – дадатны ці адмоўны іон, які акружаны абалонкай з нейтральных, звычайна палярных малекул.

Па класцернай тэорыі шаравая маланка ўзнікае пасля разраду лінейнай маланкі, калі значная колькасць іонаў пакрываецца малекуламі вады.

Пры гэтым рэкамбінацыя класцэрных іонаў заповольваецца.

Устойлівасць шаравой формы тлумачыцца паверхневым нацяжэннем.

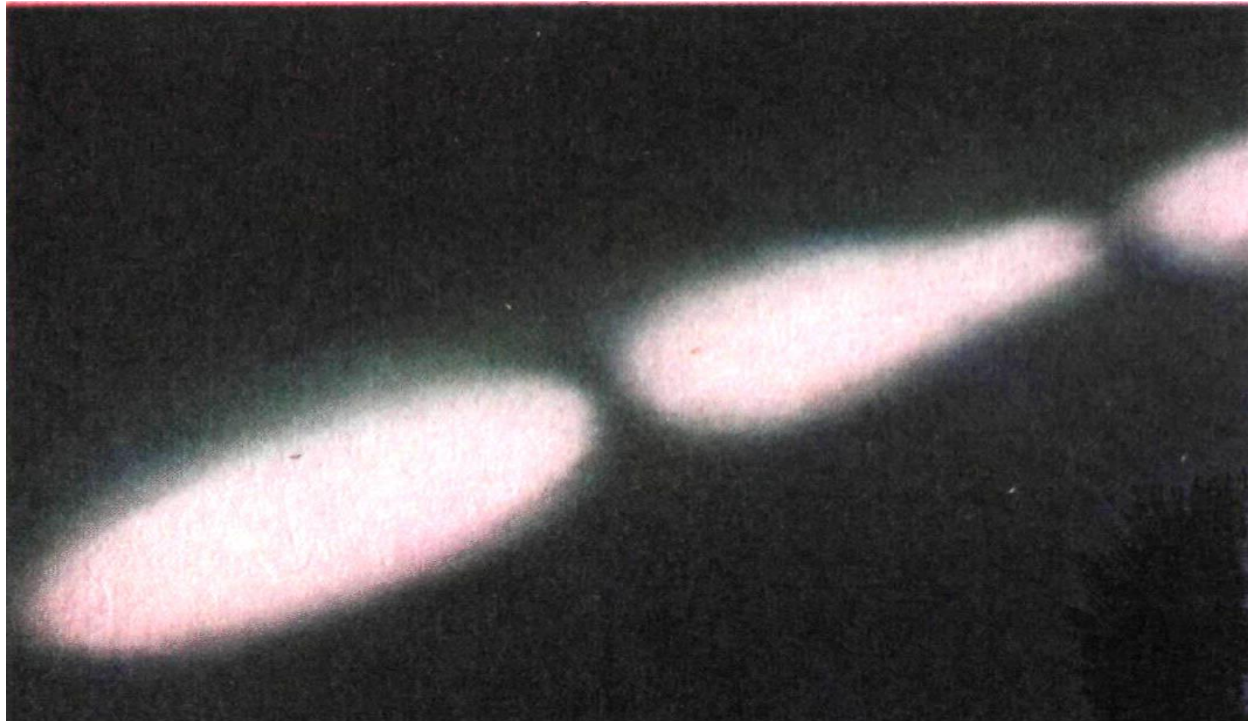
Два супрацьлегла зараджаныя класцеры пры няпругкім сутыкненні ўтвараюць адну часціцу.

У выніку іх рэкамбінацыі выпраменьваецца вялікая колькасць энергіі.

Тэмпература маланкі павышаецца, абалонка, утвораная вакол класцера малекуламі вады, ўзрываецца.

Пры гэтым малекулы, што ўтвараюць шаравую маланку, выкідваюцца ў атмасферу.

Шматлікія спроби ажыццявіць шаравую
маланку штучным шляхам на сучасны
момент не далі здавальняючых вынікаў.
След пульсіруючай шаравой маланкі.



След пульсіруючай шаравой маланкі

