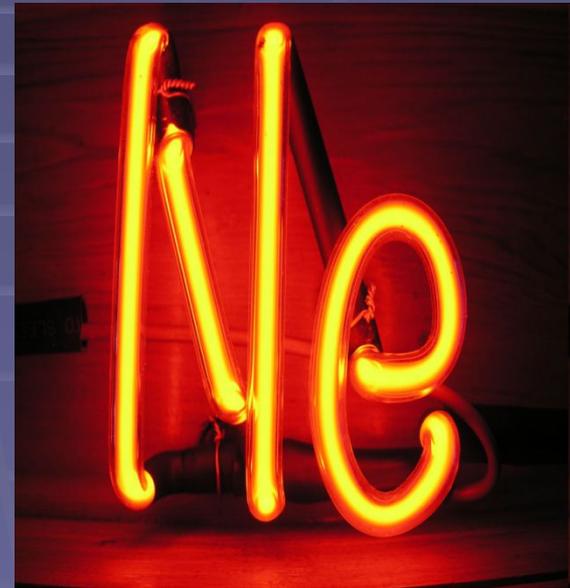
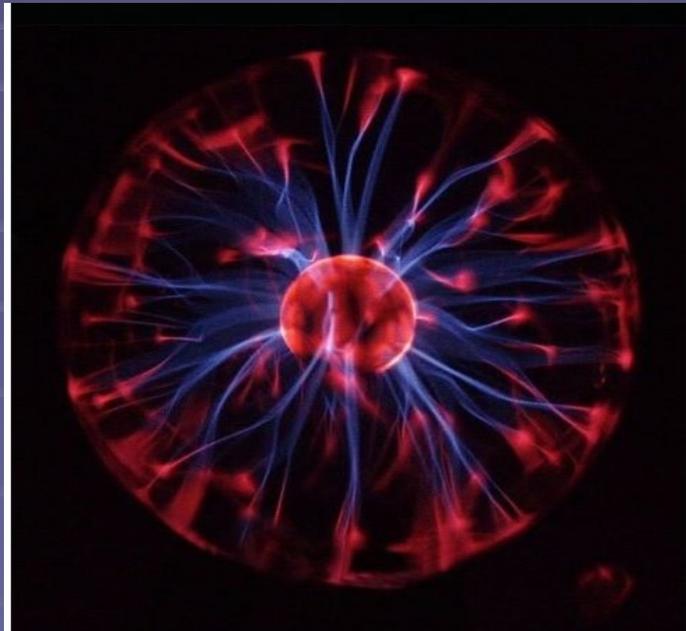
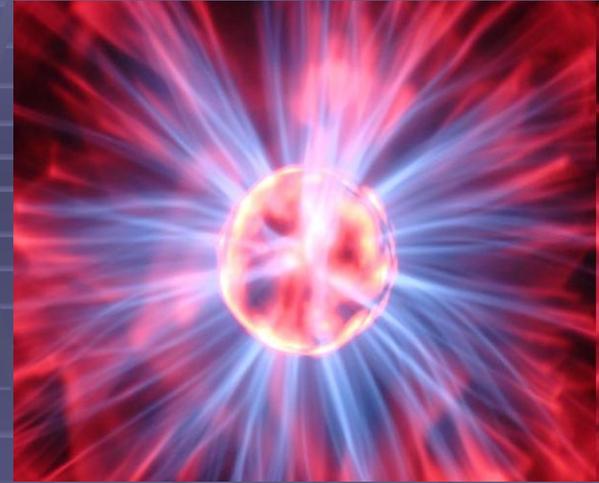
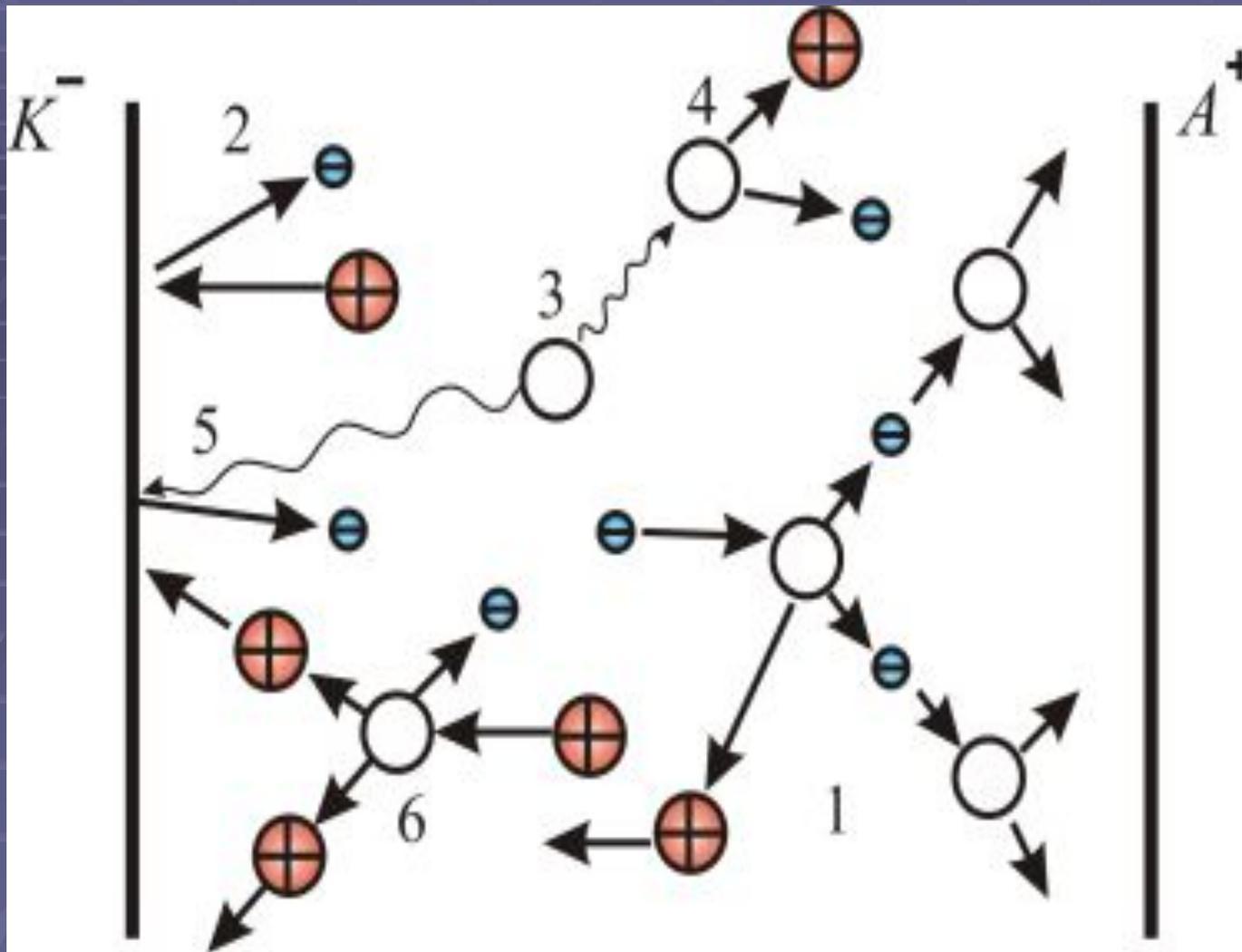


Виды самостоятельного разряда



Условия возникновения самостоятельного разряда



1 процесс - возникающие под действием внешнего ионизатора электроны, сильно ускоренные электрическим полем, сталкиваются с нейтральными молекулами газа и ионизируют их. В результате этого образуются вторичные электроны и положительные ионы;

2 процесс - ускоренные электрическим полем положительные ионы, ударяясь о катод, выбивают из него электроны;

3 процесс - положительные ионы, сталкиваясь с молекулами газа, переводят их в возбужденное состояние; переход таких молекул в основное состояние сопровождается испусканием фотонов;

4 процесс - фотон, поглощенный нейтральной молекулой, ионизирует ее, происходит процесс фотонной ионизации

5 процесс - выбивание электронов из катода под действием фотонов;

6 процесс - при значительных напряжениях между электродами газового промежутка наступает момент, когда положительные ионы, обладающие меньшей длиной свободного пробега, чем электроны, приобретают энергию, достаточную для ионизации молекул газа и к отрицательной пластине устремляются ионные лавины

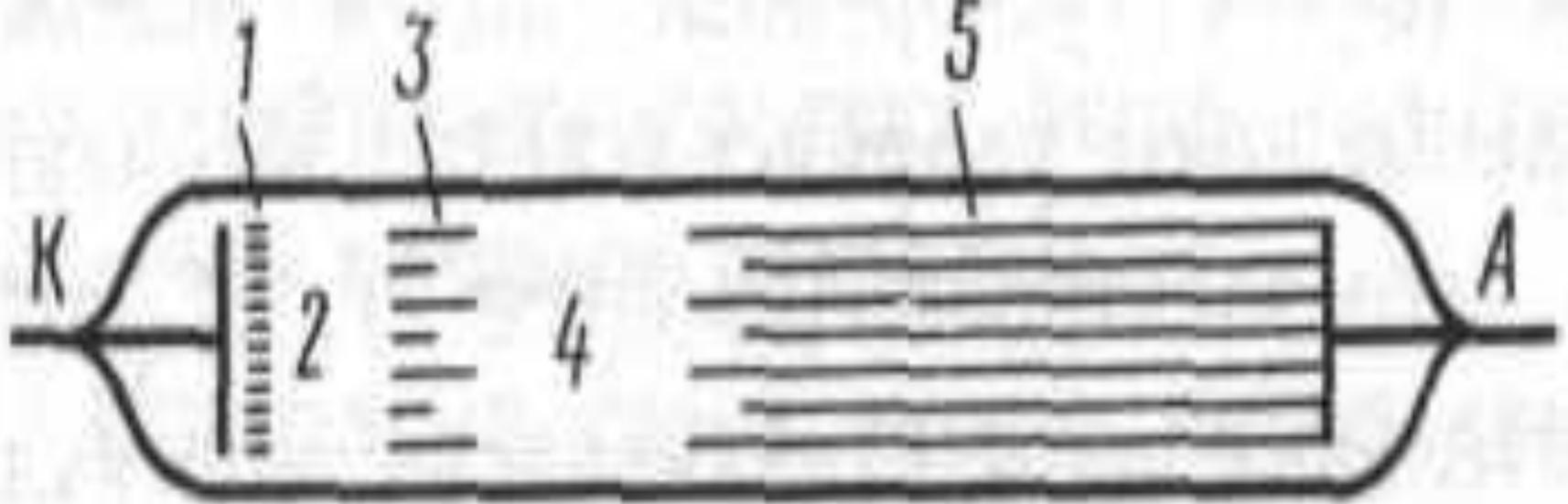
В зависимости от давления газа, конфигурации электродов, параметров внешней цепи самостоятельные разряды делятся на 4 типа:

1. Тлеющий

2. Искровой

3. Дуговой

4. Коронный



Тлеющий разряд возникает при низких давлениях. Если к электродам, впаянным в стеклянную трубку длиной 30— 50 см, приложить постоянное напряжение в несколько сотен вольт, постепенно откачивая из трубки воздух, то при давлении $P \approx 5,3 \div 6,7 \text{ кПа}$ возникает разряд в виде светящегося извилистого шнура красноватого цвета, идущего от катода к аноду. При дальнейшем понижении давления шнур утолщается, и при давлении $P \approx 13 \text{ Па}$ разряд имеет вид, схематически изображенный на рисунке. Непосредственно к катоду прилегает тонкий светящийся слой **1 — первое катодное свечение**, затем следует темный слой **2 — катодное темное пространство**, переходящее в дальнейшем в светящийся слой **3 — тлеющее свечение**, имеющее резкую границу со стороны катода, постепенно исчезающую со стороны анода. С тлеющим свечением граничит темный промежуток **4 — фарадеево темное пространство**, за которым следует столб ионизированного светящегося газа **5 — положительный столб**. В тлеющем разряде особое значение для его поддержания имеют только две его части: катодное темное пространство и тлеющее свечение. В катодном темном пространстве происходит сильное ускорение электронов и положительных ионов, выбивающих электроны с катода (вторичная эмиссия). В области тлеющего свечения происходит ударная ионизация электронами молекул газа. Образующиеся при этом положительные ионы устремляются к катоду и выбивают из него новые электроны, которые, в свою очередь, опять ионизируют газ и т. д. Таким образом непрерывно поддерживается тлеющий разряд.

Тлеющий разряд, полученный в лабораторных условиях

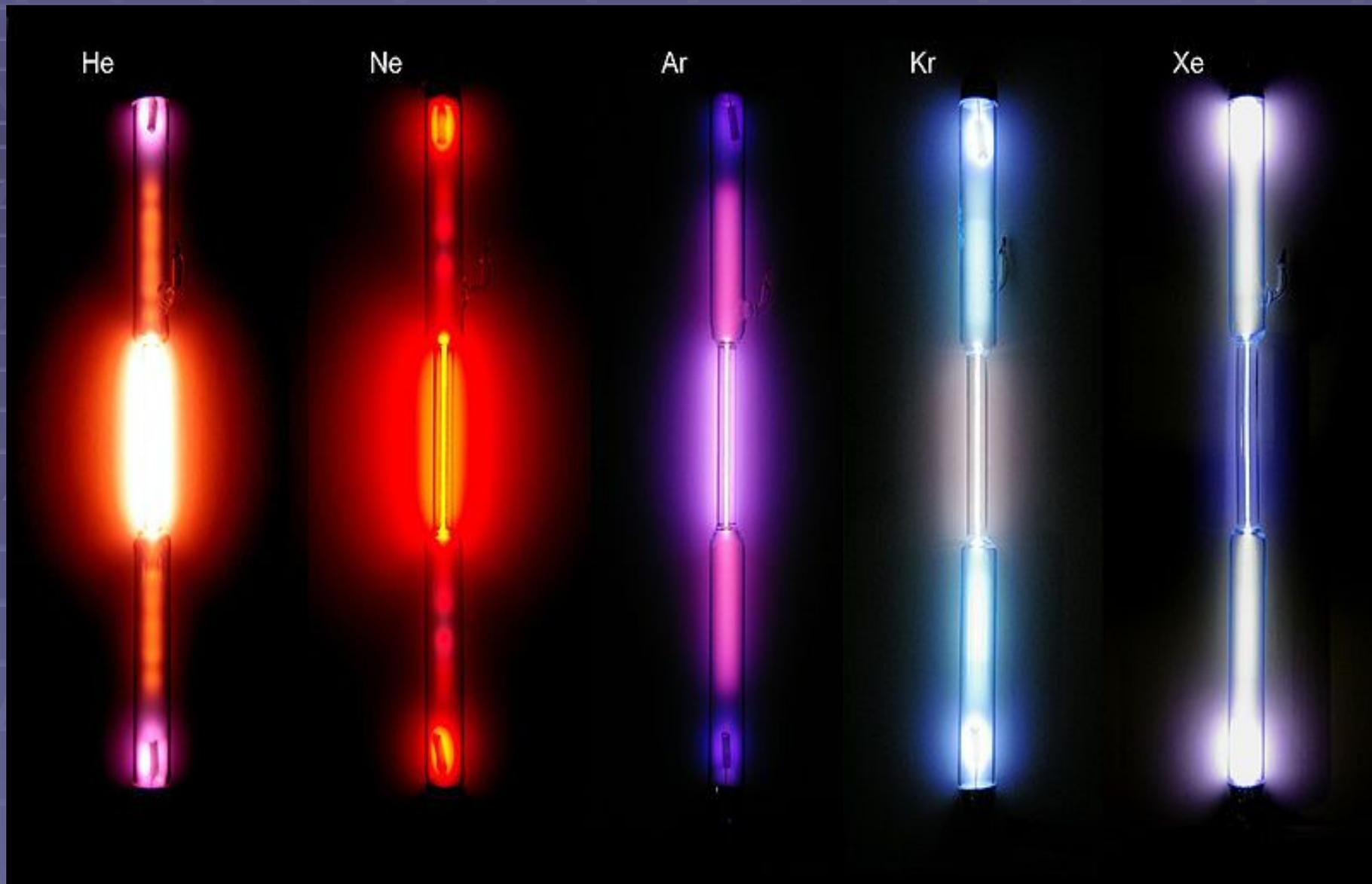


Постоянный ток. Внизу "+",
вверху "-". На плюсовом
электроде стоит спиралька.

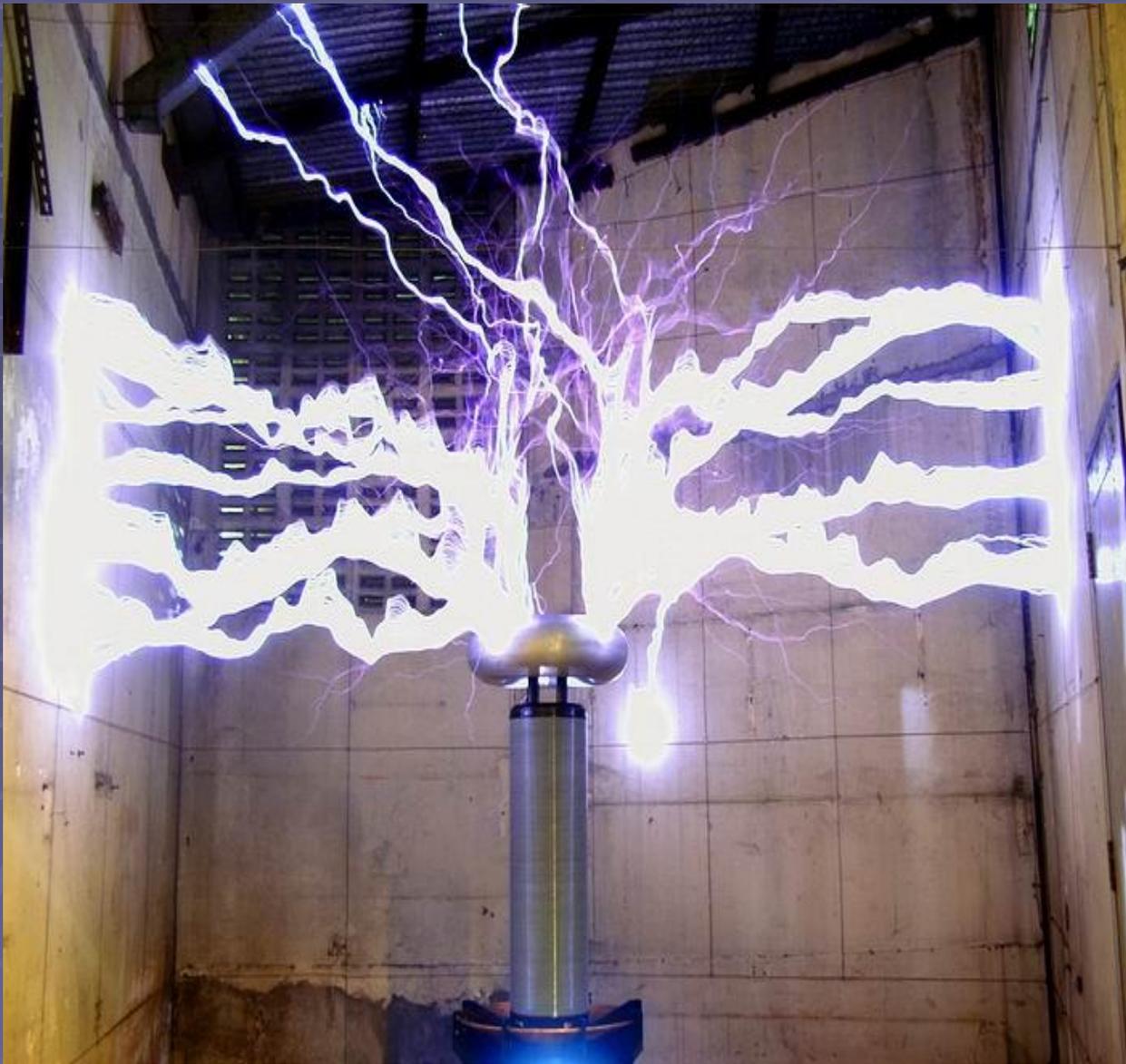
Розовый факел -
положительный столб
тлеющего разряда.

Сверху - голубое
прикатодное свечение.

Тлеющий разряд в газосветных трубках



Искровой разряд на трансформаторе Тесла



Искровой разряд возникает при больших напряженностях электрического поля ($E \approx 3 \cdot 10^6$ В/м) в газе, находящемся под давлением порядка атмосферного. Искра имеет вид ярко светящегося тонкого канала, сложным образом изогнутого и разветвленного (стример). Стримеры возникают в результате образования электронных лавин посредством ударной и фотонной ионизации газа. Из-за выделения большого количества энергии газ в искровом промежутке нагревается до очень высокой температуры (примерно $T=10^4$ К), что приводит к его свечению.

Искровой разряд в природе

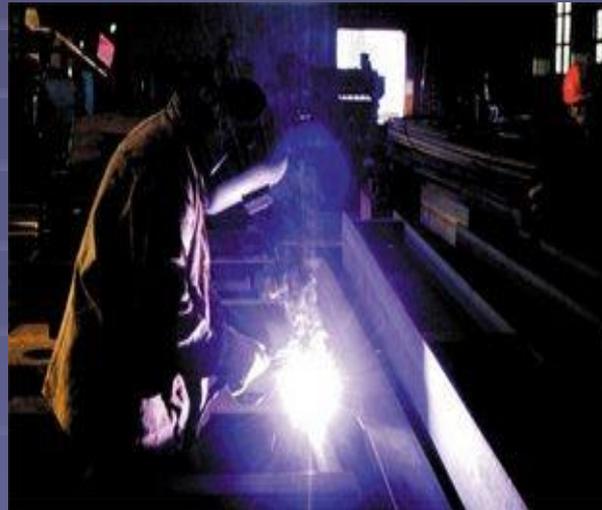
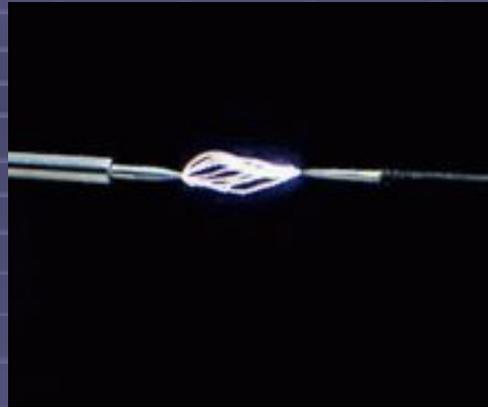


Быстрый нагрев газа при искровом разряде ведет к повышению давления и возникновению ударных волн, объясняющих звуковые эффекты — это характерное потрескивание в слабых разрядах и мощные раскаты грома в случае молнии, являющейся примером мощного искрового разряда между грозовым облаком и Землей.

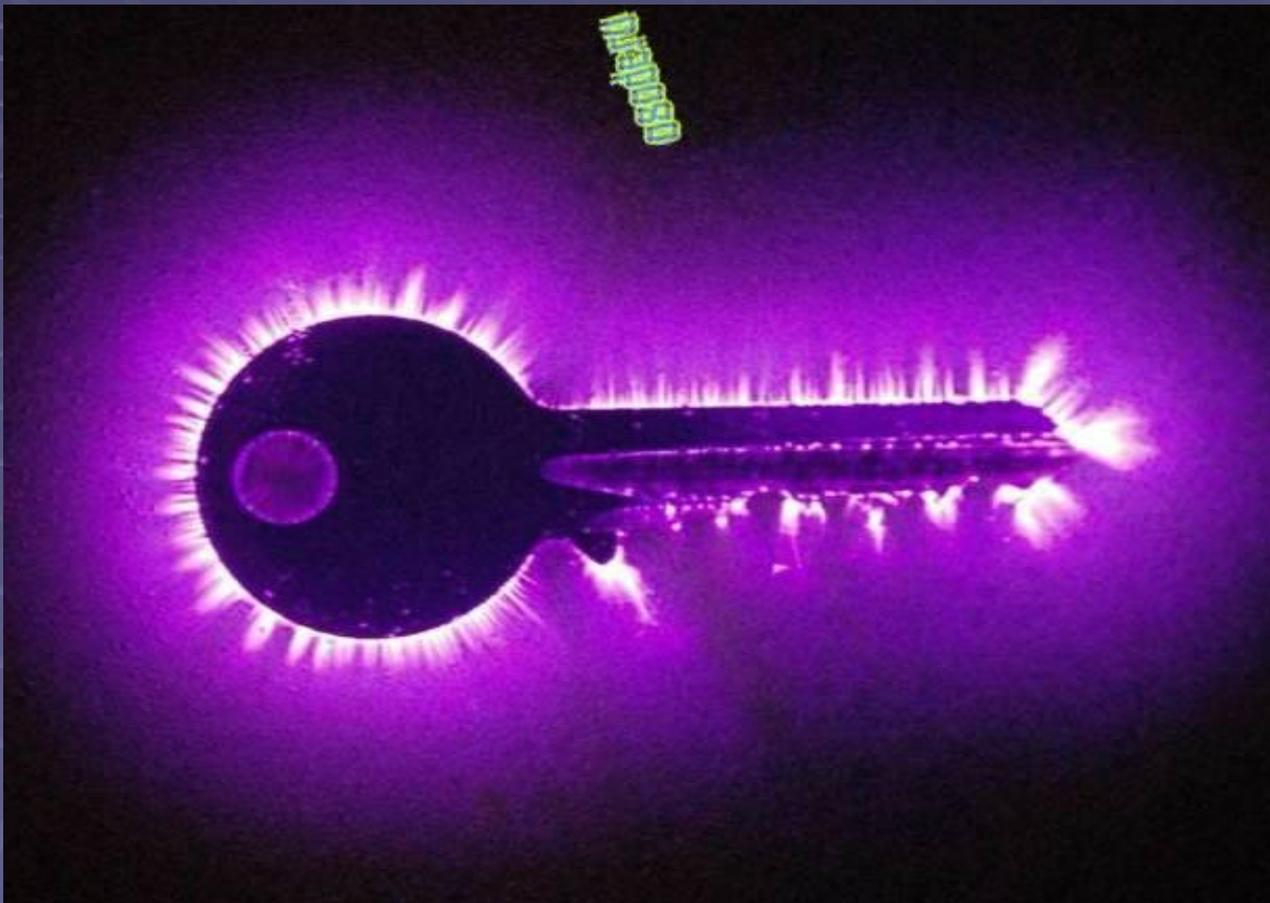
Дуговой разряд

Если после зажигания искрового разряда от мощного источника постепенно уменьшать расстояние между электродами, то разряд становится непрерывным — возникает дуговой разряд. При этом сила тока резко возрастает, достигая сотен ампер, а напряжение на разрядном промежутке падает до нескольких десятков вольт. Дуговой разряд можно получить от источника низкого напряжения, минуя стадию искры. Для этого электроды (например, графитовые) сближают до соприкосновения, они сильно раскаляются электрическим током, потом их разводят и получают электрическую дугу (именно так она была открыта В. В. Петровым). При атмосферном давлении температура катода приблизительно равна 3900 К. По мере горения дуги катод заостряется, а на аноде образуется углубление — кратер - являющийся наиболее горячим местом дуги.

Дуговой разряд в природе и промышленности



Коронный разряд на ключе



Это высоковольтный электрический разряд при невысоком (например, атмосферном) давлении в резконеоднородном поле вблизи электродов с большой кривизной поверхности (например, острия). Когда напряженность поля вблизи острия достигает 30 кВ/см , то вокруг него возникает свечение, имеющее вид короны, чем и вызвано название этого вида разряда.

Коронный разряд на мачтах корабля



«Огни святого Эльма» – шарообразное или иной формы свечение, возникающее во время грозы и шторма на концах высоких острых предметов, например на громоотводе, верхушке собора или на конце мачты корабля. Это явление обычно сопровождается тихим свистом, шипением или еле слышным потрескиванием.

Коронный разряд на цветке



Эффект коронного разряда в высокочастотном поле наблюдал Никола Тесла в 1891 году. Если поместить тело в электрическое поле достаточной напряженности, то с микроостриев, которыми покрыта любая поверхность, начнется газовый разряд. Одно из проявлений этого разряда — свечение атомов или молекул газа, в которых возбуждаются оптические переходы под действием ударов электронов.

В зависимости от знака коронирующего электрода различают отрицательную или положительную корону. В случае отрицательной короны рождение электронов происходит за счет эмиссии их из катода под действием положительных ионов, в случае положительной — вследствие ионизации газа вблизи анода.

Плазма - сильно ионизированный газ, в котором концентрации положительных и отрицательных зарядов практически одинаковы.

Высокотемпературная плазма возникает при сверхвысоких температурах.

Газоразрядная плазма возникает при газовом разряде.

Степень ионизации плазмы α — отношение числа ионизированных частиц к полному их числу в единице объема.

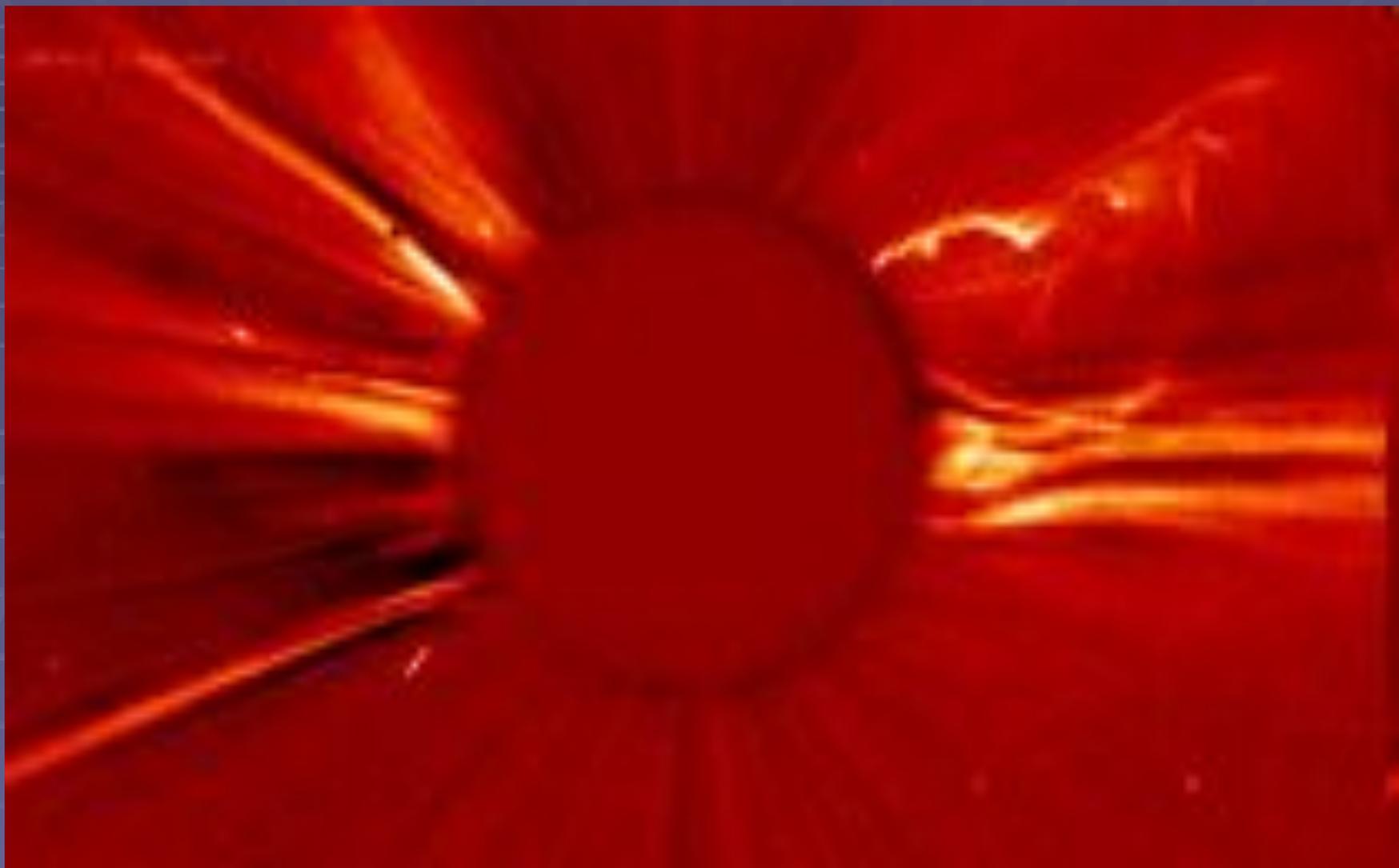
$\alpha < 1\%$ - **слабо** ионизированная плазма,

$1\% < \alpha < 50\%$ - **умеренно** ионизированная плазма,

$\alpha \sim 100\%$ **полностью** ионизированная плазма.

Газоразрядная плазма является **неравновесной**, неизотермической ($T_e > T_i$). Высокотемпературная плазма является **равновесной**, или изотермической (убыль числа заряженных частиц восполняется в результате термической ионизации). Условием существования плазмы является некоторая минимальная плотность заряженных частиц, начиная с которой можно говорить о плазме как таковой. Эта плотность определяется в физике плазмы из неравенства $L \gg D$, где L — линейный размер системы заряженных частиц, D — так называемый **дебаевский радиус экранирования**, представляющий собой то расстояние, на котором происходит экранирование кулоновского поля любого заряда плазмы.

Солнце находится в состоянии высокотемпературной плазмы



Выброс плазмы с поверхности Солнца приводит...





Полярные сияния возникают вследствие бомбардировки верхних слоёв атмосферы заряженными частицами, движущимися к Земле из области околоземного космического пространства, называемой плазменным слоем. Проекция плазменного слоя вдоль геомагнитных силовых линий на земную атмосферу имеет форму колец, окружающих северный и южный магнитные полюса



Плазменная лампа

иллюстрирует некоторые из наиболее сложных плазменных явлений.

Свечение плазмы обусловлено переходом электронов из высокоэнергетического состояния в состояние с низкой энергией после рекомбинации с ионами. Этот процесс приводит к излучению со спектром, соответствующим возбуждаемому газу.

Свойства плазмы:

1. Высокая степень ионизации газа, в пределе — полная ионизация;
2. Концентрация положительных и отрицательных частиц в плазме практически одинакова;
3. Большая электропроводность, причем ток в плазме создается в основном электронами, как наиболее подвижными частицами;
4. Свечение;
5. Сильное взаимодействие с электрическим и магнитным полями.

Эти свойства определяют качественное своеобразие плазмы, позволяющее считать ее особым, четвертым, состоянием вещества.

***Спасибо за
внимание!***