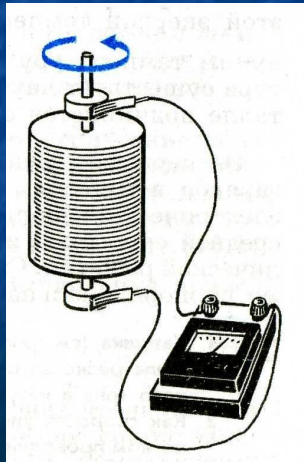
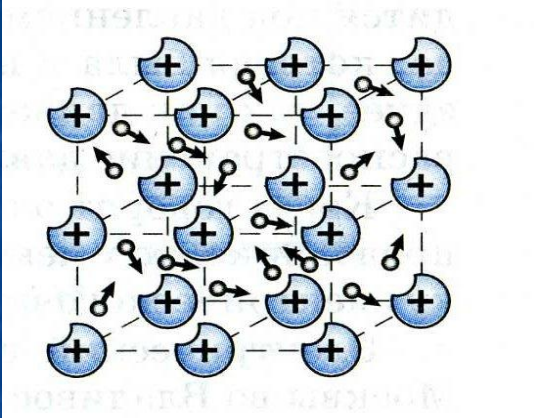


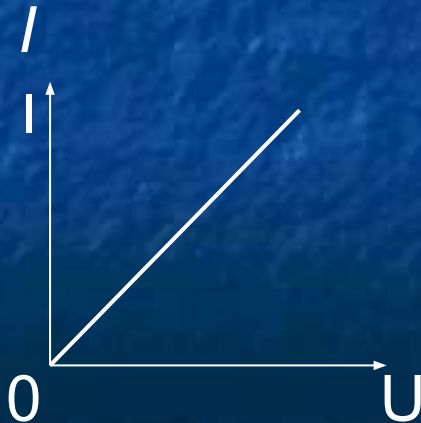
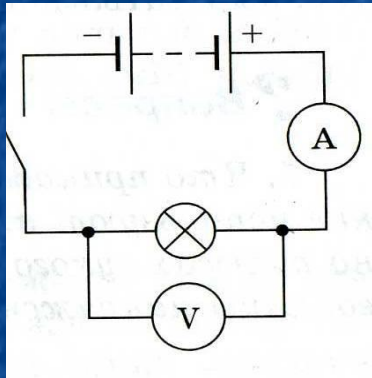
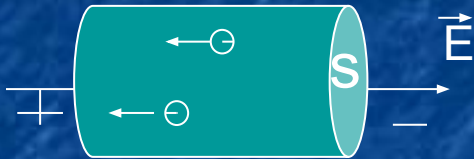
# Электрический ток в различных средах

# Электрический ток в металлах



- Все металлы являются проводниками электрического тока.
- Строение металлов – пространственная кристаллическая решетка, узлы которой совпадают с центрами + ионов, а вокруг ионов хаотически движутся свободные электроны
- В металлах - электронная проводимость
- ***Электрическим током в металлах называют упорядоченное движение свободных электронов***
- Опыт Л.И. Мандельштама и Н.Д. Папалекси (1913) экспериментально доказывает электронную проводимость металлов.

## Сила тока в проводнике



$$I = \frac{\Delta q}{\Delta t} = envS$$

где  $e=1.6 \cdot 10^{-19}$  Кл-модуль заряда электронов  
 $n \approx 10^{28} \text{ м}^{-3}$  -концентрация электронов

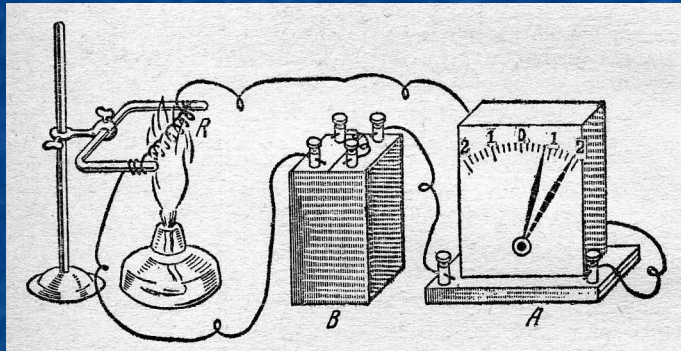
$v=10^{-4} \frac{\text{м}}{\text{с}}$ —средняя скорость электронов

$S$ —площадь поперечного сечения проводника

Зависимость силы тока от напряжения (ВАХ) в проводнике определяется законом **Ома**

$$I = \frac{U}{R}$$

# Зависимость сопротивления проводника от температуры

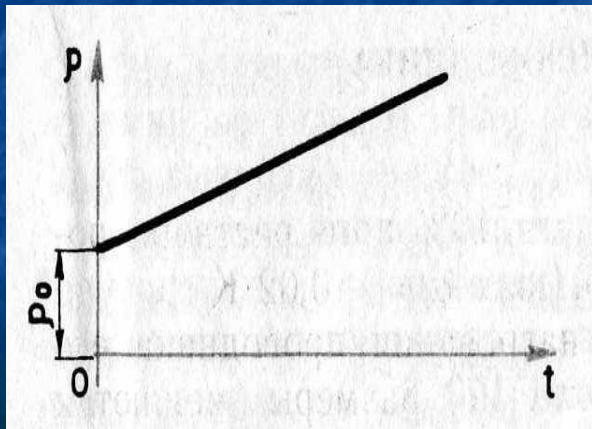


$$\frac{R - R_0}{R} = \alpha t$$

$$R = R_0(1 + \alpha t),$$

где  $\alpha$  - температурный коэффициент сопротивления,

$R_0$  - сопротивление проводника при  $t = 0^{\circ}\text{C}$

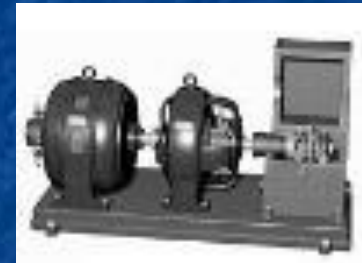


$$\rho = \rho_0(1 + \alpha t)$$

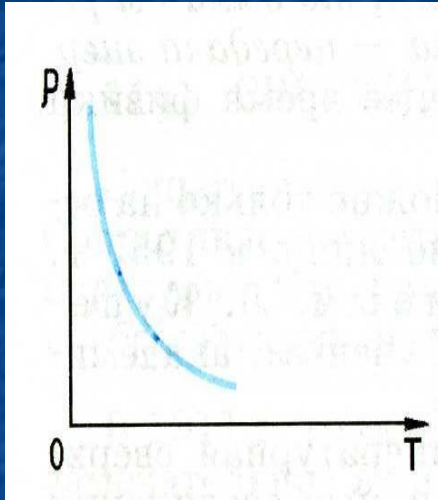
$\rho$  - удельное сопротивление проводника

## Применение тока в металлах:

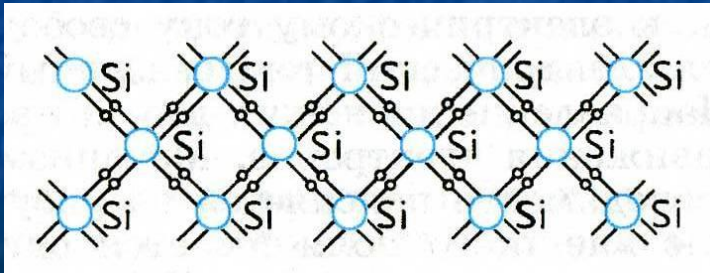
- Передача электроэнергии от источника к потребителям
- В электродвигателях и генераторах
- В нагревательных приборах



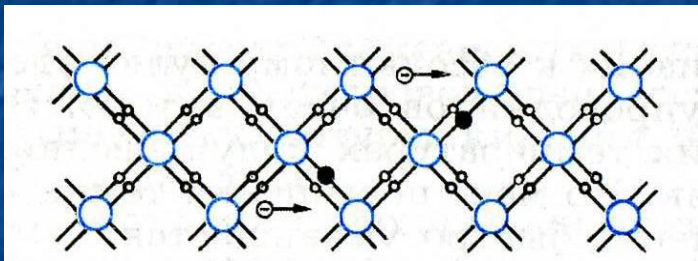
# Электрический ток в полупроводниках



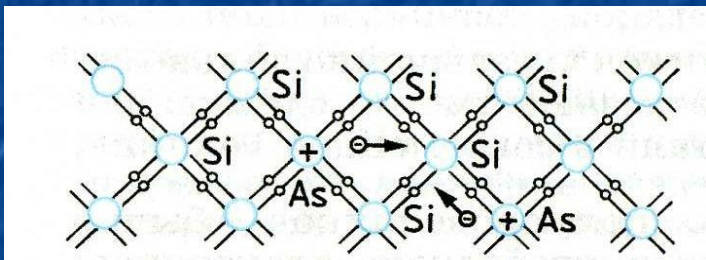
- Полупроводниками называют вещества, удельное сопротивление которых убывает с повышением температуры
- К полупроводникам относятся кремний, германий, селен и др.
- Связь между атомами – парноэлектронная, или ковалентная
- При низких температурах связи не разрываются



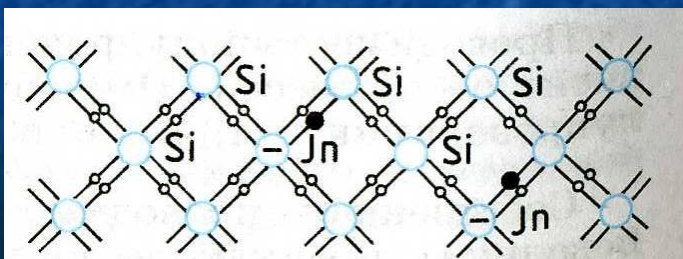
## Проводимость полупроводников



- При повышении температуры происходит разрыв связи: образуются **свободные электроны** и вакантные места с недостающими электронами – **дырки**
- В чистых полупроводниках – **собственная** проводимость (электронно - дырочная) .



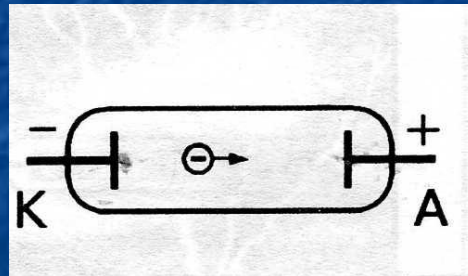
- **Донорные примеси** - это примеси, отдающие лишний валентный электрон
- Полупроводники с донорными примесями обладают электронной проводимостью и называются полупроводниками **n-типа**.



- **Акцепторные примеси** – это примеси, у которых не хватает электронов для образования полной ковалентной связи с соседними атомами.
- Полупроводники с акцепторными примесями обладают дырочной проводимостью и называются полупроводниками **p-типа**.

## Электрический ток в вакууме

Вакуумом называется такая степень разряжения газа, при которой можно считать, что длина свободного пробега молекул превышает линейные размеры сосуда.



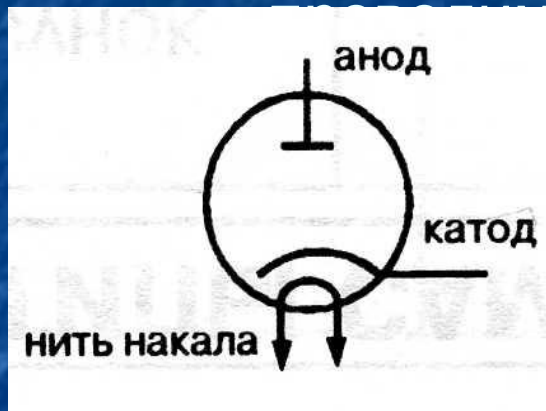
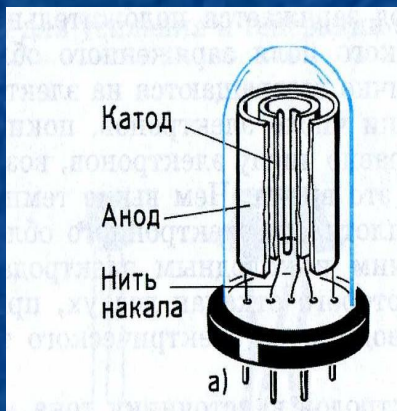
Электрический ток в вакууме отсутствует, т.к. нет свободных носителей заряда.

Термоэлектронная эмиссия – испускание электронов нагретыми телами.

Ток в вакууме осуществляется за счет термоэлектронной эмиссии и представляет собой направленное движение электронов от катода к аноду.

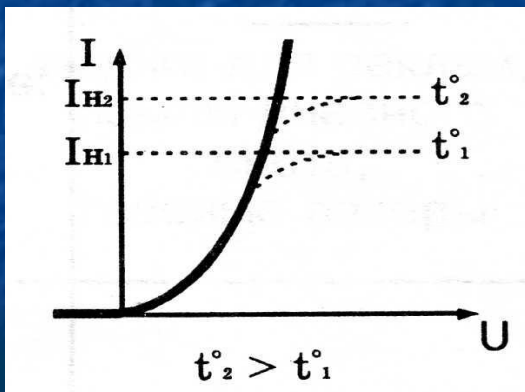


# Вакуумный диод – прибор с односторонней проводимостью.



Нелинейность ВАХ объясняется тем что:

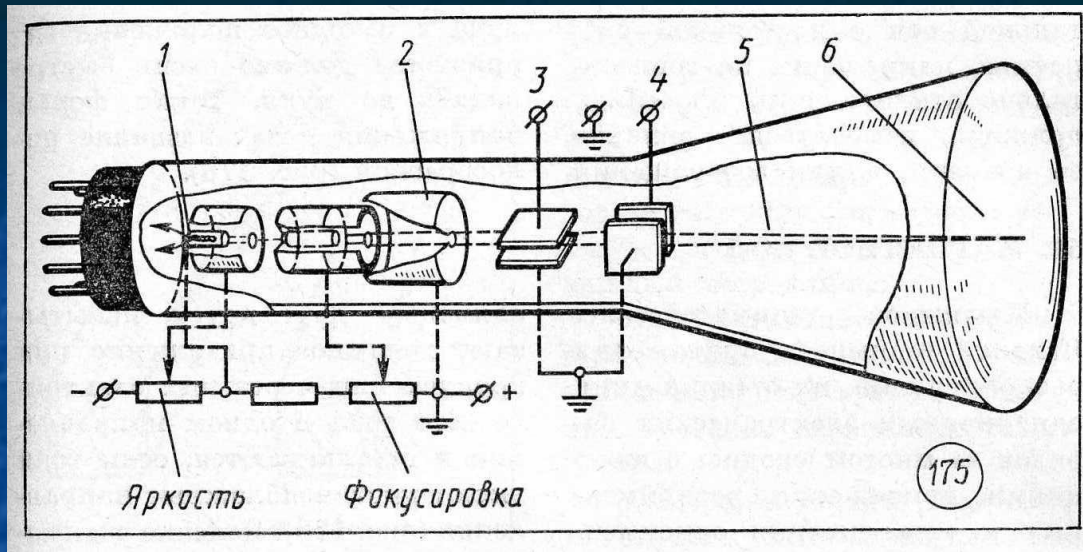
- свободные электроны испускаются катодом в ограниченном количестве;
- на движение электронов оказывает влияние поле пространственного заряда электронного облака у катода.



# Электронные пучки

Если в аноде электронной лампы сделать отверстие, то часть электронов, ускоренных электрическим полем, пролетит в отверстие, образуя за анодом электронный пучок.

Свойства	Применение
Нагревание тел	Электронная плавка в вакууме сверхчистых металлов
Рентгеновское излучение (возникает при торможении быстрых электронов, попадающих на вещество)	Рентгеновские трубки
Свечение (стекло, ZnS, CdS светятся при попадании на них электронов)	Электроннолучевая трубка (телевизор, электронный осциллограф, дисплей)
Отклоняются в электрическом и магнитном полях	Электроннолучевая трубка



## Электрический ток в жидкостях

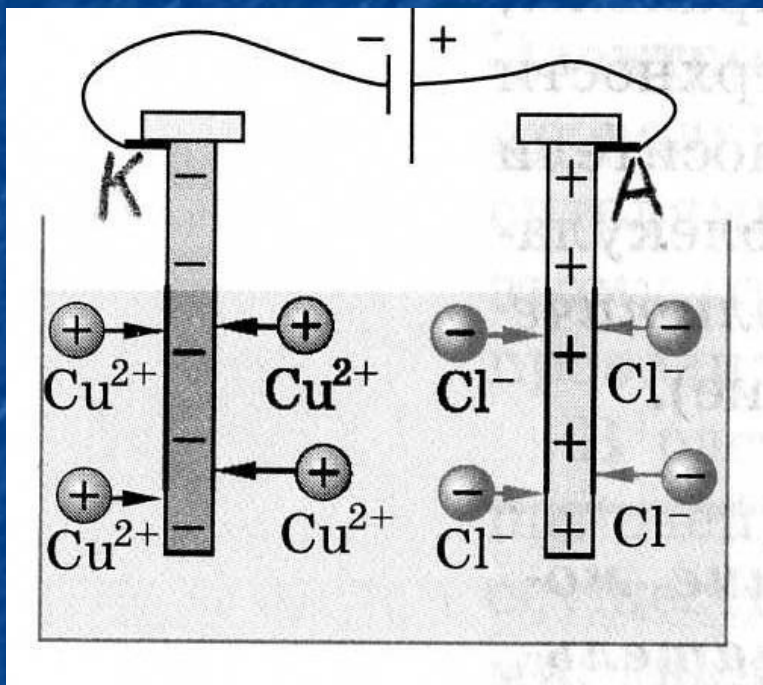
Проводники	Растворы и расплавы электролитов, жидкие металлы
Диэлектрики	Дистиллированная вода
Полупроводники	Расплавленный селен, расплавы сульфидов

- Электролиты – растворы солей, кислот и щелочей.
- Электролитическая диссоциация – распад молекул электролита на ионы под действием растворителя.



- Электролиты обладают *ионной проводимостью*.
- При ионной проводимости прохождение тока сопровождается переносом вещества.
- Расплавы металлов, ртуть обладают *электронной проводимостью*.

Электролиз – процесс выделения вещества на электродах, связанный с окислительно-восстановительными реакциями.



Закон Фарадея

$$m = kI\Delta t$$

$m$  – масса вещества

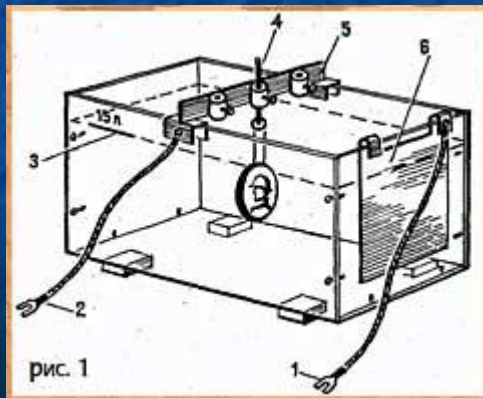
$I$  – сила тока

$k$  – электрохимический эквивалент

$$k = \frac{M}{neN_A}$$

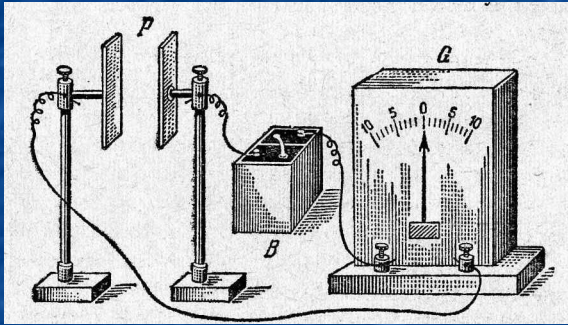
## Применение электролиза

- Очистка металлов от примесей (получение чистой меди, алюминия из расплава бокситов).
- Гальваностегия – покрытие изделий тонким слоем металлов (никелирование, хромирование...).
- Гальванопластика – получение металлических копий с рельефных поверхностей (Б.С. Якоби применил в 1836г. для изготовления полых фигур для Исаакиевского собора в Санкт-Петербурге).



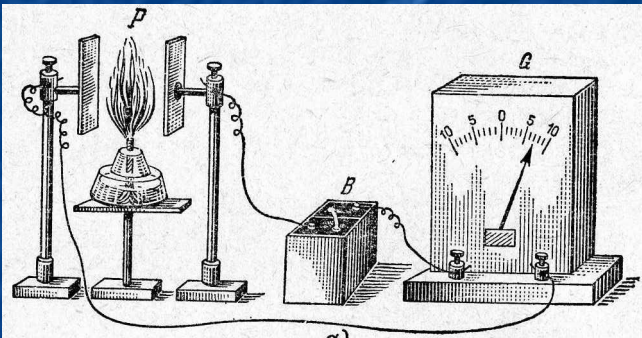
# Электрический ток в газах

Процесс протекания электрического тока через газ называется *газовым разрядом*

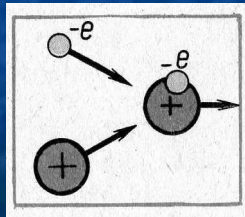
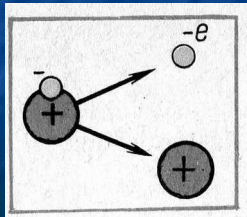


Газы в нормальных условиях – диэлектрики (состоят их нейтральных молекул и атомов)

**Внешние ионизаторы** (ультрафиолетовое, рентгеновское, радиоактивное излучения, сильное нагревание) вызывают распад части молекул на положительные ионы и электроны; также могут образовываться отрицательные ионы при присоединении электронов к нейтральным атомам.



**Ионизация** – распад атомов на положительные ионы и электроны.

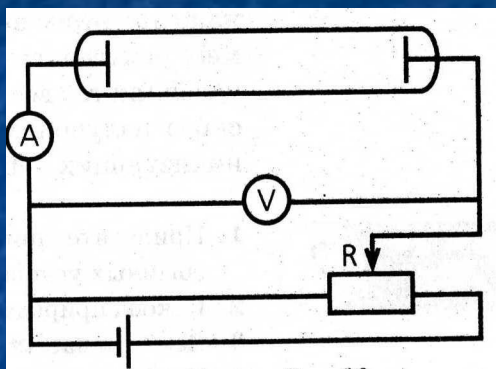


**Рекомбинация** – обратный процесс, т.е. процесс нейтрализации ионов.

В газах *электронно-ионная* проводимость



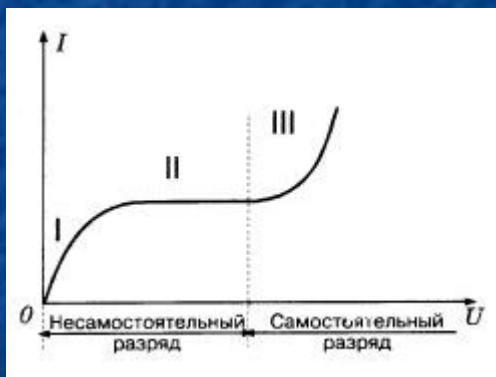
# Несамостоятельный и самостоятельный разряды



**Несамостоятельный** газовый разряд происходит под действием внешнего ионизатора (участки I и II на ВАХ).

**Насыщение** (участок II) – все образующиеся заряженные частицы достигают электродов.


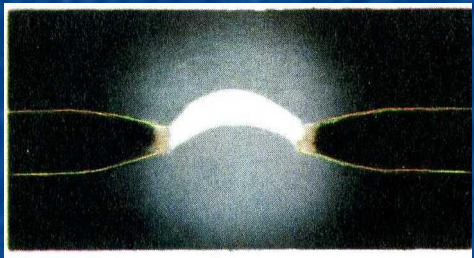
**Самостоятельный** газовый разряд – продолжается без внешнего ионизатора (участок III).



Ионизация осуществляется **электронным ударом**. Возможна при условии  $mv^2 \geq A_i$

( $m, v$  – масса и скорость электрона;  $A_i$  – работа ионизации), поэтому осуществляется при большой напряженности электрического поля и/или при высокой температуре.

# Различные типы самостоятельного разряда

Разряд	Рисунок	Условия возникновения	Техническое применение
<b>Тлеющий</b>		Напряжение между электродами несколько сотен вольт; низкое давление	Трубки для реклам, лампы дневного света, газовые лазеры
<b>Дуговой</b> (впервые получен русским академиком В.В. Петровым в 1802 г. )		Давление – атмосферное, напряжение - ~50В	Прожекторы, проекционные аппараты, киноаппараты, электropечи, сварка металлов

# Различные типы самостоятельного разряда

Разряд	Рисунок	Условия возникновения	Техническое применение и наблюдение
<b>Коронный</b> (огни святого Эльмы)		Давление атмосферное; влажность; сильно неоднородное электрическое поле у поверхности острия ( $E \sim 3 \cdot 10^6$ В/м)	Перед и во время грозы; высоко в горах; на линиях электропередач
<b>Искровой</b>		Атмосферное давление; большое напряжение между электродами; если источник не может поддерживать самостоятельный разряд длительное время	Молния; разряд конденсатора; искры при расчесывании волос. Обработка деталей из твердых материалов; зажигание в автомобилях