

### 4. Vedení elektrického proudu v kapalinách a plynech

- zápis výkladu - 24. až 25. hodina -

#### C) Vedení elektrického proudu v plynech

- Plyny jsou složeny z **elektricky neutrálních molekul** a za normálních podmínek (tj. za pokojové teploty 18°C až 24°C a běžného atmosférického tlaku 1013,25 hPa) jsou prakticky nevodivé, jsou velmi dobrými izolanty → tj. elektrická vodivost je zanedbatelná.

#### Vznik elektrického proudu v plynech:

- Aby mohl plynem procházet elektrický proud, musí v něm vzniknout dostatečný počet **volných elektricky nabitých částic** → **iontů**.
- **Děj, při kterém se vytvářejí ionty, nazýváme ionizace.**
  - ◆ K ionizaci může dojít **vnějším zásahem** - například **zahřátím** (plamen svíčky, topná spirála), radioaktivním, ultrafialovým nebo rentgenovým zářením, nebo působením silného elektrického pole.  
↓
  - Díky tomu se z molekuly plynu uvolňují **elektrony** a zbytek molekuly tvoří **kladný iont**. Dále elektrony se mohou také zachytit na neutrálních molekulách a vzniknou **záporné ionty**. **Tzn. Že elektrický proud v plynech je zprostředkován usměrněným pohybem volných iontů (kladné a záporné ionty) a elektronů.**
  - Výše uvedené prostředky (např. plamen svíčky, elektrické pole), kterými se vyvolá ionizace, se nazývají **ionizátory**.
    - Jsou to **zdroje energie**, které dodávají elektronům v atomech (molekulách) plynu energii potřebnou na jejich uvolnění.
- **Rekombinace iontů** – opačně nabité ionty nebo kladné ionty a elektrony se spojují v **neutrální molekuly** plynu.
  - Ionizace a rekombinace probíhají v plynu současně. Převládá-li v určitém okamžiku ionizace, elektrická vodivost plynu roste, převládá-li rekombinace, počet iontů klesá a elektrická vodivost plynu se zmenšuje.  
↓
- **Elektrický proud tedy vede pouze ionizovaný plyn!**
  - ◆ Pokud např. se ionizovaný plyn nachází v elektrickém poli mezi dvěma elektrodami, vznikne elektrický proud jako uspořádaný pohyb kladných iontů k záporně nabitě katodě, záporných iontů a elektronů ke kladně nabitě anodě. → Ionty, které dorazí na elektrody, odevzdají svůj náboj a mění se v neutrální částice.
- **Elektrický proud v ionizovaném plynu nazýváme elektrický výboj v plynu.**
  - ◆ **Rozlišujeme nesamostatný a samostatný elektrický výboj v plynu.**

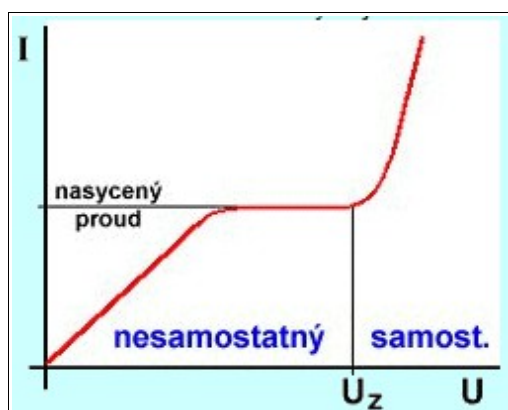


#### 4. Vedení elektrického proudu v kapalinách a plynech

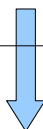
- Odstraníme-li ionizátor, ionty rekombinací rychle zanikají a výboj skončí.
  - Elektrický proud se udržuje jen po dobu působení ionizátoru a proto mluvíme o **nesamostatném výboji**.
- Jestliže však napětí mezi elektrodami přesáhne velikost tzv. **zápalného napětí**, získají v elektrickém poli vzniklé ionty dostatek energie a mohou samy ionizovat další neutrální molekuly. Výboj pak pokračuje i bez přítomnosti vnějšího ionizátoru, vznikne **samostatný výboj**. Počet iontů lavinovitě vzrůstá, ionizace výrazně převládá nad rekombinací.



- Přechod od nesamostatného k samostatnému výboji můžeme graficky znázornit na voltampérové charakteristice výboje:



Na vodorovné ose je napětí mezi anodou a katodou, na svislé ose je velikost procházejícího proudu (je úměrná počtu iontů v plynu). Jestliže ionizátor už není schopen vytvořit víc iontů, velikost procházejícího proudu se při zvyšování napětí nemění, proud je nasycený. Při překročení zápalného napětí  $U_z$  vzniká samostatný výboj vyvolaný tzv. **nárazovou ionizací**.



- **Vznik samostatného výboje:**

- Vznik samostatného výboje v plynu můžeme vysvětlit takto:
  - Silné elektrické pole mezi elektrodami působí na ionty plynu a ty se začnou pohybovat k opačně nabitým elektrodám. Při svém pohybu se srážejí s neutrálními molekulami plynu a mají-li dostatečně velkou energii, nárazem se molekuly rozštěpí. Iontů tak v prostoru mezi elektrodami přibývá, dochází k nárazové ionizaci a vznikne samostatný výboj.
  - Charakter samostatného výboje záleží na tlaku plynu!!!:
    - a) za normálního atmosférického tlaku
    - b) za sníženého tlaku

- **Elektrický výboj za normálního atmosférického tlaku:**

- Aby došlo k výboji za normálního tlaku, musí být mezi elektrodami buď **velké elektrické napětí** (doutnavý nebo jiskrový výboj), nebo musí být prostor mezi elektrodami **silně ionizovaný** (obloukový výboj).



- **1) Doutnavý výboj:**

- Tento výboj se projevuje v okolí vodičů s velmi vysokým elektrickým napětím (nad 100 000 V) a nazývá se **korona**. Projevuje se jako světélkování, zejména na hrotech a hranách. Vzniká i vlivem atmosférické elektřiny například na vrcholcích stožárů (tzv. *Eliášovo světlo*).

#### 4. Vedení elektrického proudu v kapalinách a plynech

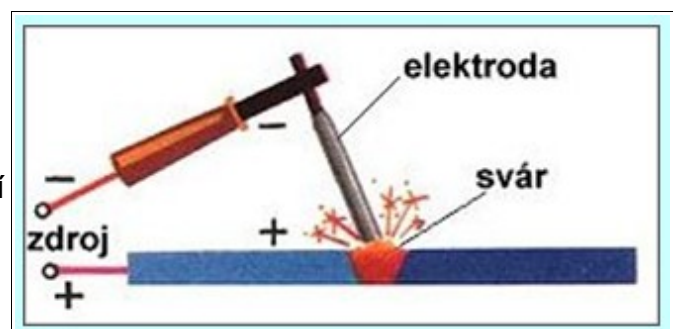
- **2) Jiskrový výboj:**

- Krátkodobý intenzivní výboj v silném elektrickém poli je provázen světelným zábleskem - **jiskrou**.
- Jiskrový výboj můžeme pozorovat *mezi póly zdrojů vysokého napětí* (např. van de Graaffův generátor).
- V *zážehovém motoru* se směs benzínu se vzduchem zapaluje elektrickou jiskrou, která přeskočí mezi kontakty zapalovací svíčky.
- Nejznámějším příkladem jiskrového výboje je **blesk**, kterým se vyrovnává obrovské elektrické napětí mezi dvěma mraky nebo mezi mrakem a zemí.

- **3) Obloukový výboj:**

- Ke vzniku obloukového výboje stačí napětí několik desítek voltů, ale prostor mezi elektrodami musí být silně zahřátý, aby se vzduch ionizoval.
- Výboj začíná vzájemným dotykem obou elektrod, při kterém dojde ke zkratu a průchodem silného proudu se elektrody rozžhávají až na teplotu 4000°C - 5000°C.
- Silně ionizovaný vzduch pak vede elektrický proud i při oddálení elektrod.
- Vysoké teploty oblouku se využívá například v **obloukových pecích k tavení kovů**.

- **Nejznámější uplatnění má elektrický oblouk při svařování.** Při obloukovém svařování je svařovaný materiál připojen k jednomu pólu zdroje, kovová svařovací elektroda k druhému pólu. Na začátku svařování se dotykem elektrody a materiálu vytvoří elektrický oblouk a poté se elektroda vede těsně nad svařovanými místy. Žářem oblouku se svařovaný materiál i elektroda taví, tavenina po ztuhnutí dokonale spojí svařované součásti.



Na začátku svařování se dotykem elektrody a materiálu vytvoří elektrický oblouk a poté se elektroda vede těsně nad svařovanými místy. Žářem oblouku se svařovaný materiál i elektroda taví, tavenina po ztuhnutí dokonale spojí svařované součásti.

- *Pozn. Před intenzivním světlem se musí svářeč chránit ochranným filtrem!*

→ **Elektrický výboj za sníženého tlaku:**

- Při zředování plynu se v elektrickém poli dráha iontů mezi dvěma srážkami (tzv. *volná dráha*) zvětšuje a na delší dráze získávají ionty větší energii. Proto dochází snadněji k nárazové ionizaci a ve zředěných plynech vzniká elektrický výboj už při nižším elektrickém napětí.
  - Připojíme-li skleněnou trubici (kde se nachází určitý zředěný plyn) s elektrodami ke zdroji napětí, vznikne průchodem proudu světélkující výboj (doutnavý výboj). Jeho charakter závisí na tlaku plynu v trubici, barva světla je dána druhem plynu.



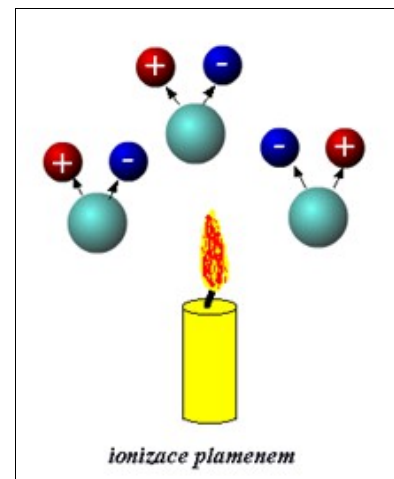
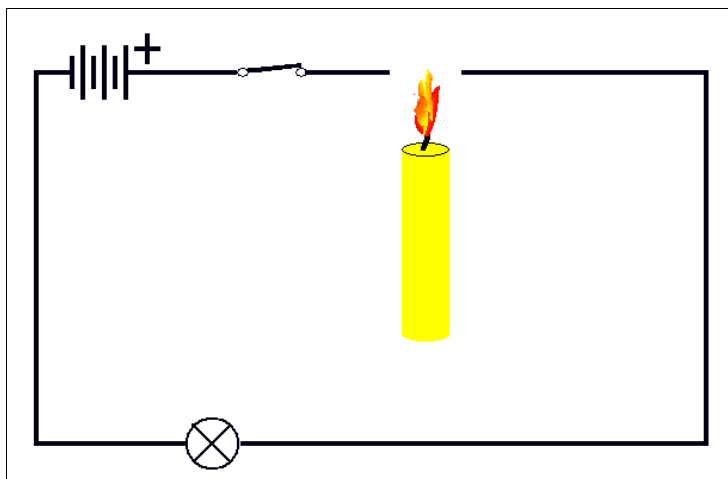
#### 4. Vedení elektrického proudu v kapalinách a plynech

- Užití - v různých typech světelných zdrojů a v různobarevných reklamních trubicích.

#### • Popis příkladů – vedení elektrického proudu v plynech

##### ◆ Ionizace plamenem:

- zahřejeme-li plyn (vzduch) plamenem, začnou se jeho molekuly pohybovat rychleji a navzájem na sebe narážet. Díky větší rychlosti a tedy energii se může stát, že se při srážce atomy rozdělí na elektrony a kladný iont.
- Volné elektrony se při procesu hoření spojí s atomy kyslíku a vytvoří záporné ionty. Tím se vzduch v okolí plamenem stane ionizovaným (obsahuje, kladné i záporné ionty) a po přiložení elektrického pole se ionty začnou pohybovat a tím vytvářet elektrický proud.



##### ◆ Blesk = jiskrový elektrický výboj:

- Blesk je jev, při kterém dojde k průchodu elektrického proudu ze zelektrovaného mraku do země, nebo mezi dvěma mraky.
  - Mraky získávají elektrický náboj jednak rychlou tvorbou ledových krystalů a jednak vzájemným třením ledových krup sledovými krystaly. Spodní část mraku má obvykle záporný elektrický náboj. Jeho působením je horní vrstva země (popřípadě vyšší předměty na zemském povrchu pod mrakem) nabitá kladným elektrickým nábojem.
  - Takto před bouřkou vzniká velmi silné elektrické pole, jehož přítomností jsou ionty obsažené ve vzduchu urychlovány a narážejí na neutrální molekuly plynu → rozštěpí ji na kladný iont a volný elektron. → Vzniklé ionty narážejí na další neutrální molekuly a rozštěpí je na další volné elektrony a kladné ionty. Tento děj pokračuje a tvoří se další a další volné elektrony a kladné ionty. Vzduch se silně ionizuje a jeho elektrická vodivost stoupá – nastane jiskrový výboj – blesk.
  - Blesk trvá velmi krátkou dobu (asi 0,001 s).

#### 4. Vedení elektrického proudu v kapalinách a plynech

---

- *Pozn.: Na dráze blesku (2 až 3 km) se ionizovaný vzduch silně zahřívá (20 000°C i víc) a prudce rozpíná - tak vzniká krátkodobý zvukový efekt neboli hrom.*
- 

#### **Otázky a úlohy:**

- ◆ viz. učebnice – strana 59.