

6. ELEKTRICKÝ PROUD V PLYNECH A VE VAKUU

6. 1. NESAMOSTATNÝ A SAMOSTATNÝ VÝBOJ V PLYNU

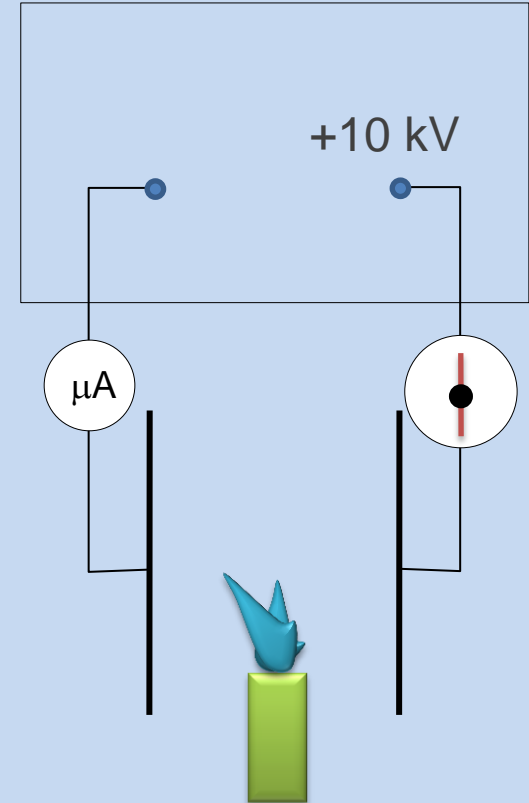
Plyny jsou při běžné teplotě a tlaku izolanty.
Elektrický proud vede jen ionizovaný plyn.

Pokus:

Mezi dvěma kovovými deskami
zapálíme svíčku.

Působením plamene se plyn ionizuje.

Obvodem prochází proud.



6. 1. NESAMOSTATNÝ A SAMOSTATNÝ VÝBOJ V PLYNU



- **Ionizace plynu** – je vznik volných elektronů a iontů v plynu tak, že se některé molekuly rozštěpí na kladné ionty a elektrony působením ionizátoru.
- K ionizaci neutrální molekuly je nutno dodat ionizační energii. Udává se v elektronvoltech. ($1\text{eV} = 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ J}$).
- **Ionizátor** vyvolává ionizaci:
 - zahřátím na vyšší teplotu (působením plamene)
 - RTG nebo γ zářením, ...
- **Rekombinace** – opačný děj k ionizaci.
- příčinou vodivosti plynu jsou (+), (–) ionty a elektrony
- jestliže je ionizovaný plyn v elektrickém poli, pohybují se
 - (+) ionty ke (–) katodě
 - (–) ionty k (+) anodě

Elektrický výboj

je jev vznikající při průchodu elektrického proudu plynem.

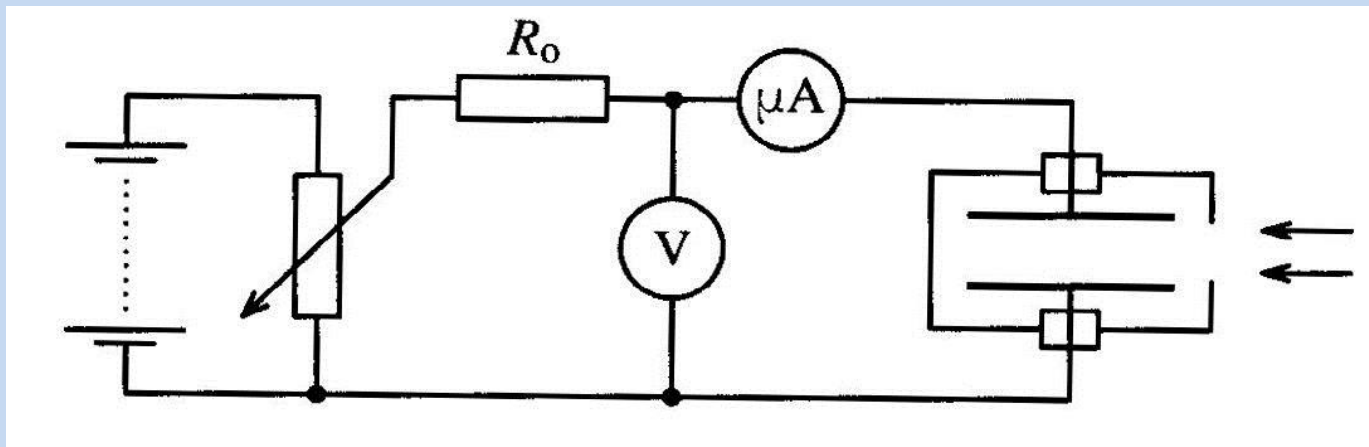
Podmínky vzniku výboje

- Existence volných elektronů a iontů v plynu.
- Elektrická energie dodávaná do plynu.

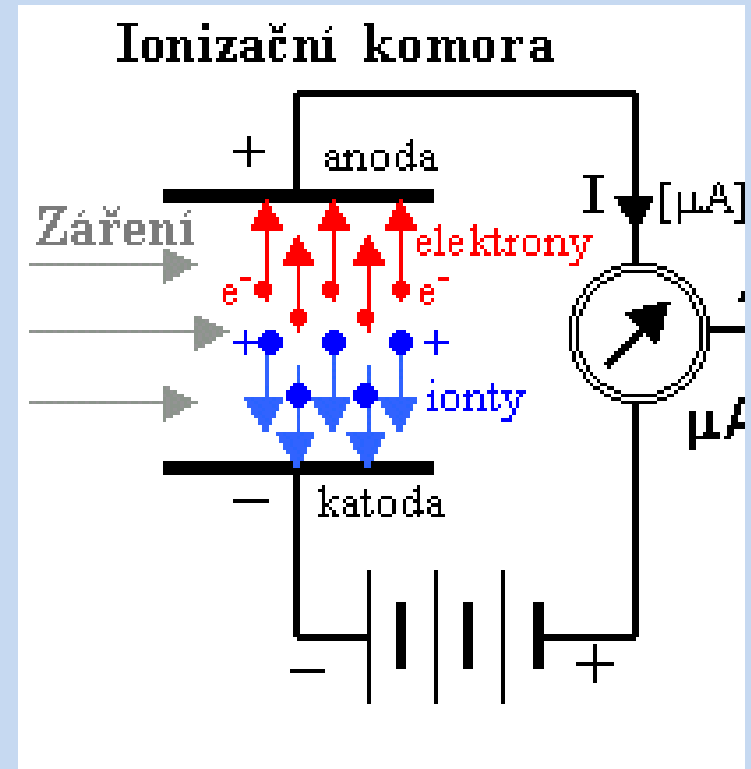
Rozlišujeme elektrický výboj

- samostatný
- nesamostatný





Elektrické vlastnosti ionizovaného plynu je možné měřit v **ionizační komoře**, což je deskový kondenzátor v kovovém krytu s okénkem, kterým do prostoru mezi deskami proniká ionizující záření.

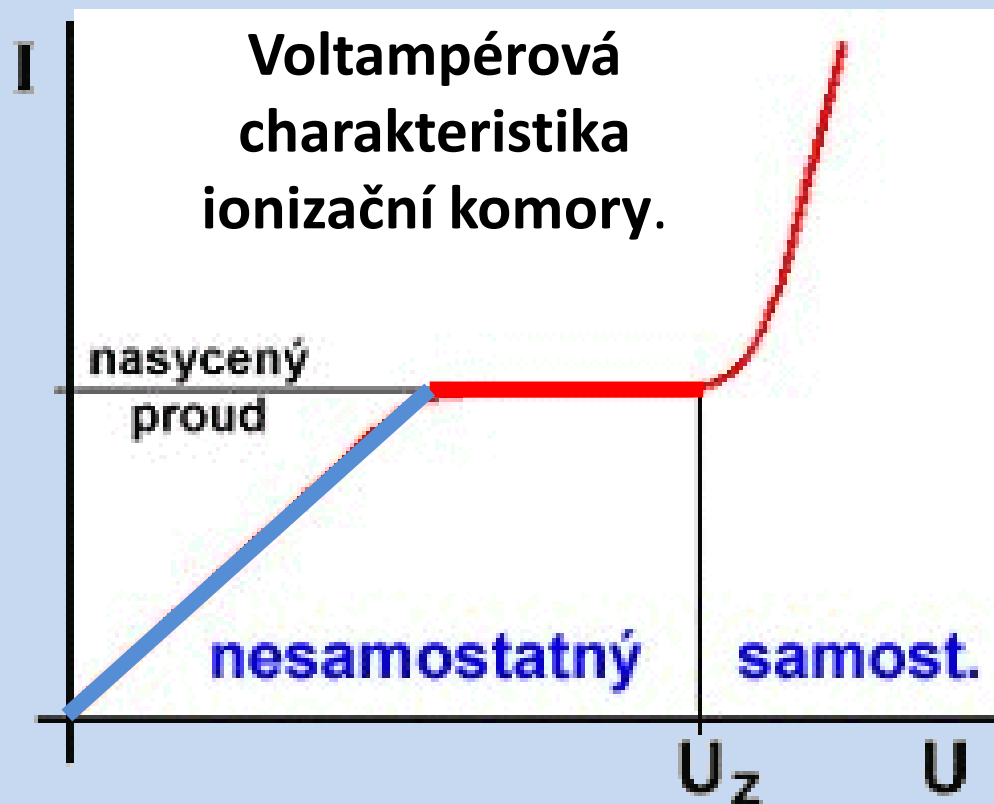


1. Nesamostatný výboj

- je elektrický proud v plynu, který je podmíněn přítomností ionizátoru.
- počet elektronů, které předají svůj náboj elektrodám, je přímo úměrný napětí → platí Ohmův zákon.

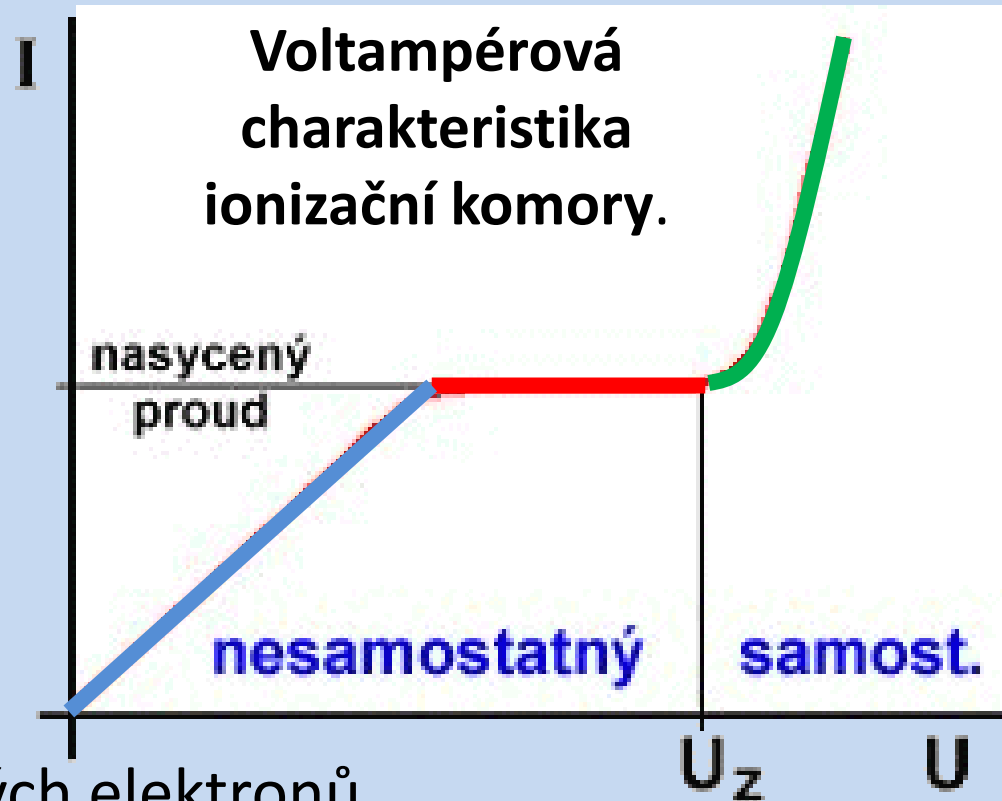
Oblast nasyceného proudu

- s rostoucím napětím se pohyb elektronů zrychluje
- při určitém napětí většina nestačí rekombinovat a doletí k elektrodám
- komorou prochází nasycený proud
- Ohmův zákon již neplatí.



2. Samostatný výboj

- k dalšímu zvýšení proudu dochází až po překročení **zápalného napětí** U_z .
- příčinou zvýšení proudu je **ionizace nárazem** = vznik volných elektronů a iontů při srážkách rychlých elektronů a iontů s molekulami plynu
- počet iontů lavinovitě narůstá
- výboj se udrží i bez vnějšího působení
- Vysoce ionizovaný plyn v samostatném výboji se nazývá **plazma**. Jeví se jako elektricky neutrální.
(100 – 300 km nad Zemí vrstva ionizovaného vzduchu - ionosféra.)

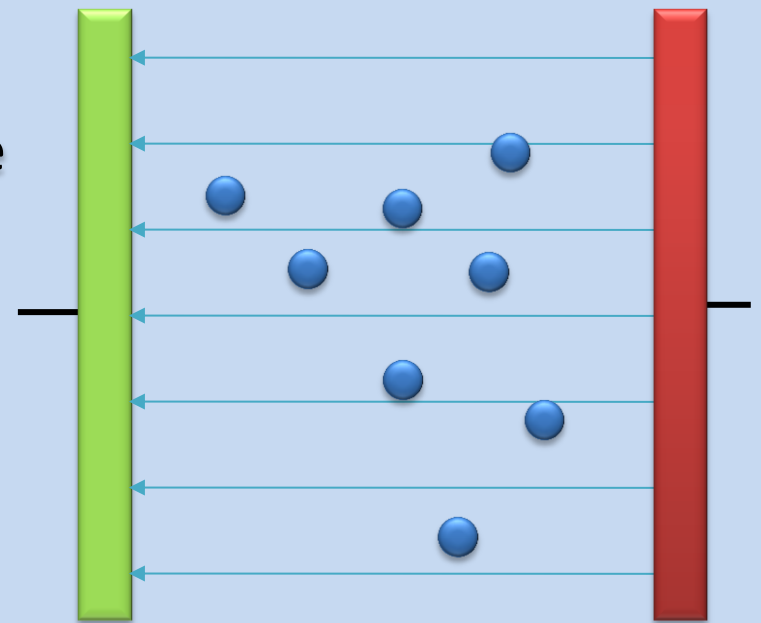
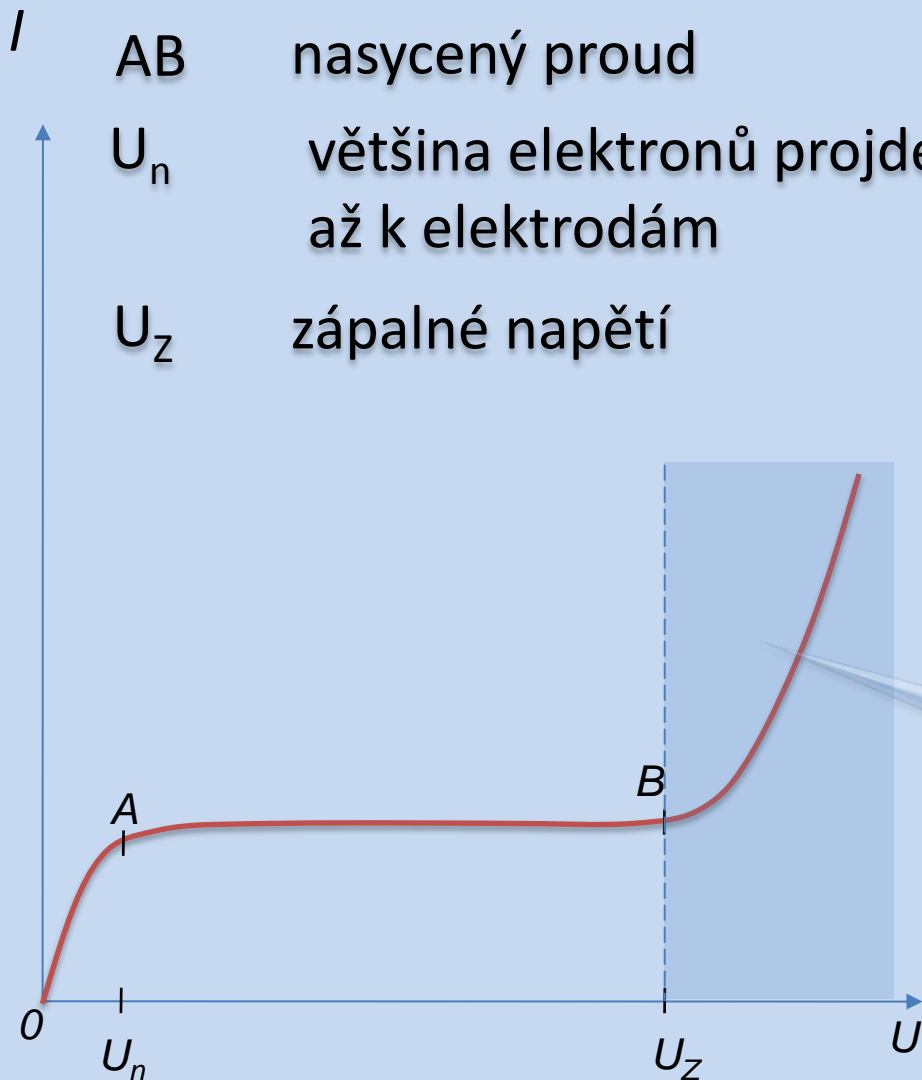


0A platí Ohmův zákon

AB nasycený proud

U_n většina elektronů projde až k elektrodám

U_Z zápalné napětí



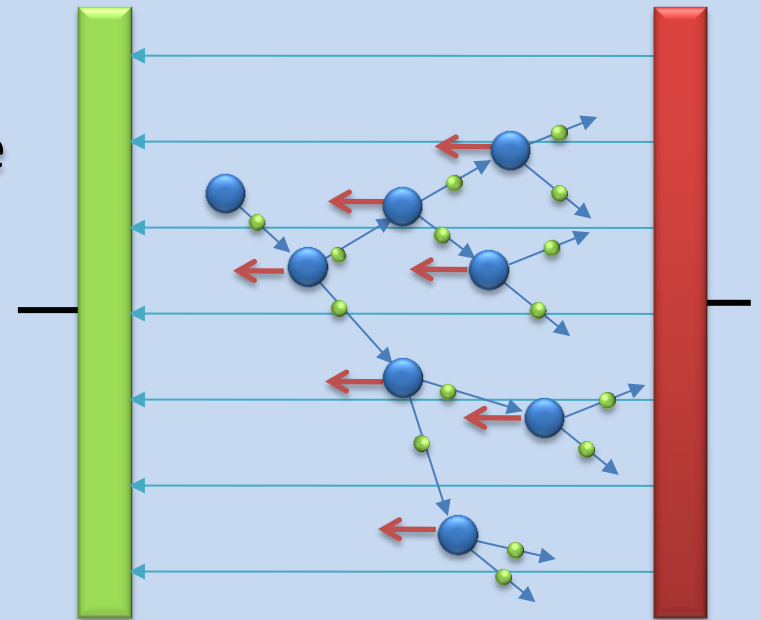
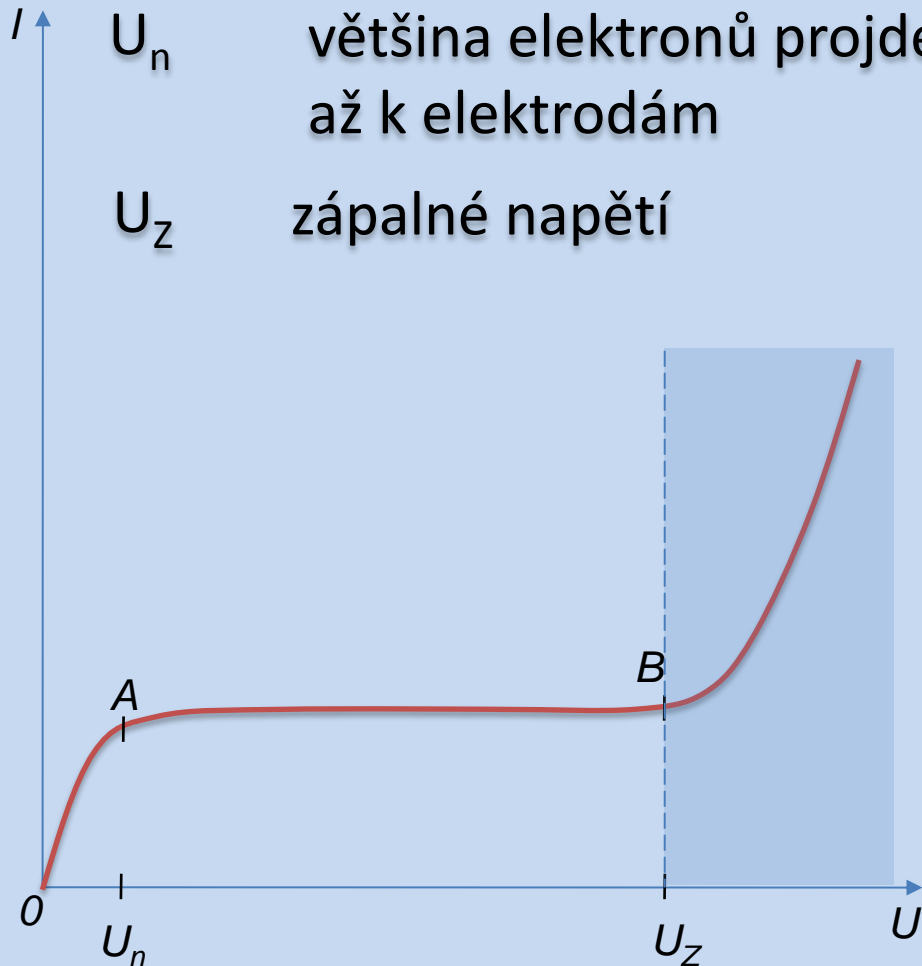
lavinová ionizace nárazem

0A platí Ohmův zákon

AB nasycený proud

U_n většina elektronů projde až k elektrodám

U_Z zápalné napětí



lavinová ionizace nárazem



Nastává samostatný výboj.

6. 2. SAMOSTATNÝ VÝBOJ ZA ATMOSFÉRICKÉHO TLAKU

Samostatný výboj v plynu závisí na

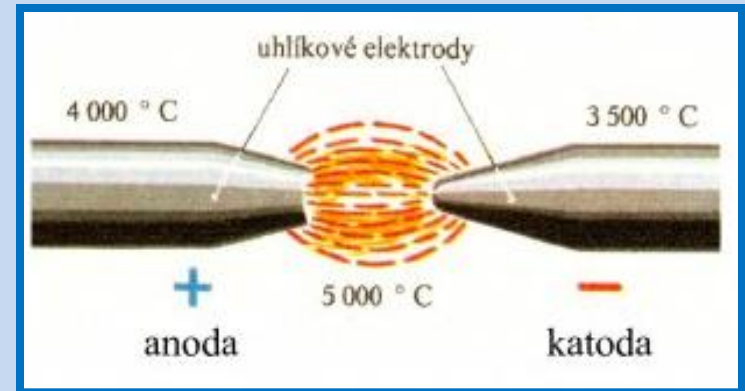
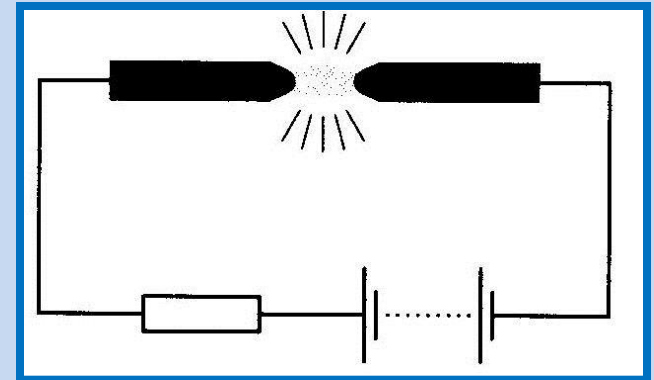
- chemickém složení plynu
- teplotě a tlaku
- kvalitě a vzdálenosti elektrod
- stupni ionizace

Elektrický výboj bývá doprovázen světelnými a zvukovými efekty.

Za atmosférického tlaku (10^5 Pa) může nastat

1. Obloukový výboj

- lze realizovat elektrickým obvodem s napětím zdroje alespoň 60 V, který dává proud alespoň 10 A, *dvěma uhlíkovými elektrodami a předřadným rezistorem.*
- Přiblížíme-li elektrody k sobě a přitiskneme-li je k sobě, konce elektrod se rozžhaví a po oddálení elektrod od sebe *(řádově na milimetry)* způsobí tepelnou ionizaci molekul okolního vzduchu.
- *Obvodem prochází velký elektrický proud, kterým se teplota elektrod i plazmy mezi nimi zvýší na několik tisíc kelvinů.*
- Pro technickou praxi je tento typ výboje nejrozšířenější.

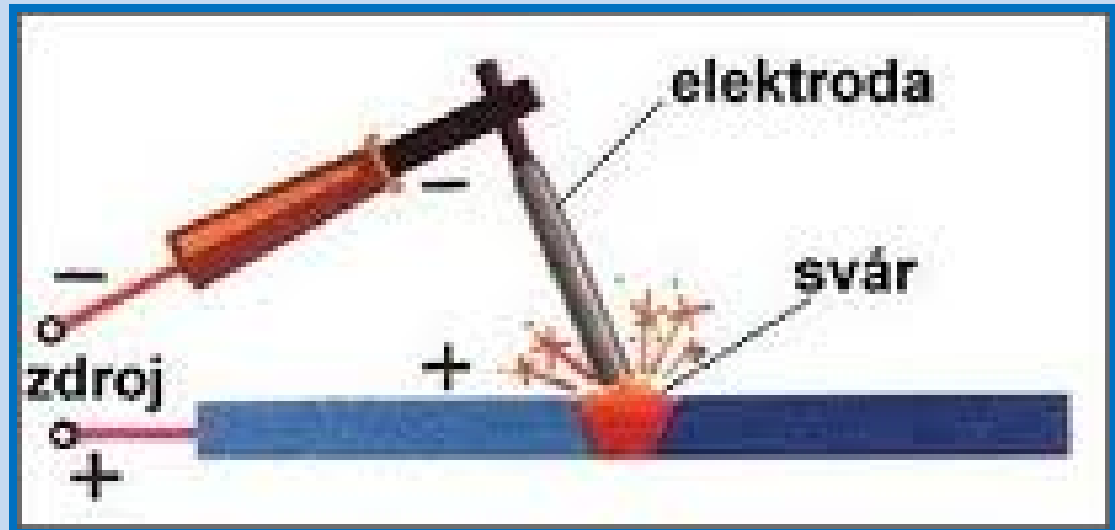


Za atmosférického tlaku (10^5 Pa) může nastat



Použití:

- vysokotlaké xenonové výbojky - zdroj intenzivního světla (promítací přístroje, světlomety)
- vysokotlaké sodíkové výbojky - veřejné osvětlení, ...
- vysokotlaké rtuťové výbojky zdroj ultrafialového záření („horské sluníčko“, ...)
- obloukové sváření kovů: jednou elektrodou je svařovaný materiál, druhou tvoří drát z přídatného kovu.



Za atmosférického tlaku (10^5 Pa) může nastat

2. Jiskrový výboj

se liší od obloukového krátkou dobou trvání.

- intenzita elektrického pole mezi elektrodami dosáhne hodnoty potřebné pro lavinovitou ionizaci, ale zdroj tohoto pole není schopen trvale dodávat elektrický proud
- přeskok jiskry je doprovázen vznikem zvukové vlny, prasknutím...
- *vysokou teplotou se narušuje povrch elektrod*
- *blesk, dosahuje až 10^9 V, během tisíce sekund dosahuje proud hodnot až 10^5 A a uvolňuje se energie až 100 kWh. (jako zdroj energie je nevyužitelný)*
- svíčka v motoru



Za atmosférického tlaku (10^5 Pa) může nastat

3. koróna – je to trsovitý výboj, který vzniká v nehomogenním elektrickém poli v okolí hran, hrotů s vyšším potenciálem, (jestliže intenzita elektrického pole je dostatečná pro vyvolání lavinovité ionizace jen v jejich nejbližším okolí.)



- způsobuje ztráty na vedení velmi vysokého napětí,

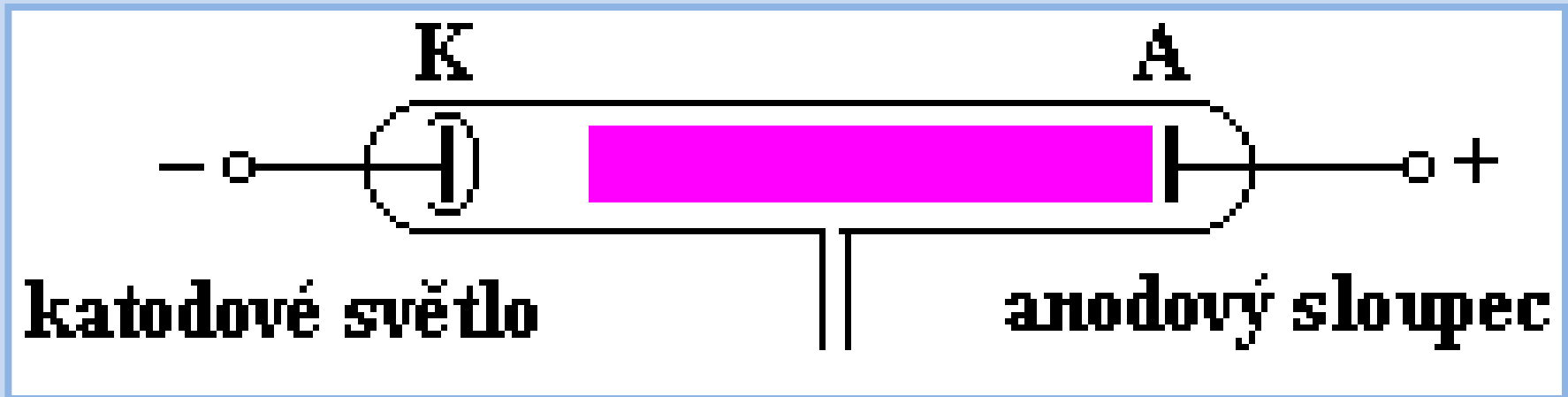


- lze se s ní setkat v silných atmosférických polích před bouřkou na skalních útesech, stožárech lodí, ...

Námořníci tomuto jevu říkají tzv. Eliášův oheň.

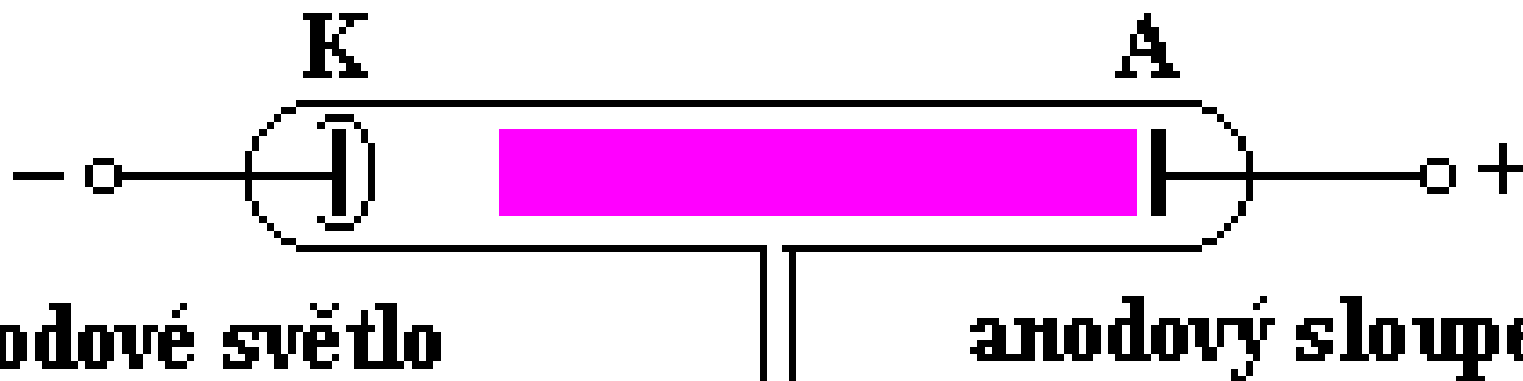


VÝBOJE ZA SNÍŽENÉHO TLAKU

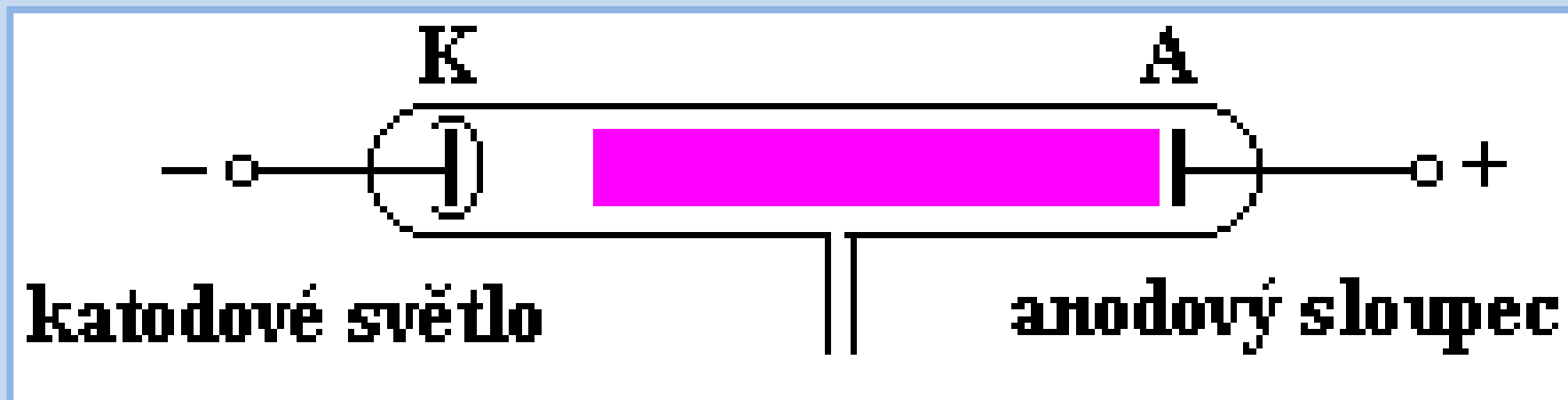


- elektrody umístíme do výbojové trubice (50 cm) a připojíme ke zdroji vysokého napětí (10 kV)
- vývěvou snížíme tlak na 100 Pa
- k samostatnému výboji dochází za mnohem menšího napětí než za atmosférického tlaku
- napětí mezi elektrodami je rozloženo nerovnoměrně vzniká potenciálový spád

VÝBOJE ZA SNÍŽENÉHO TLAKU



VÝBOJE ZA SNÍŽENÉHO TLAKU



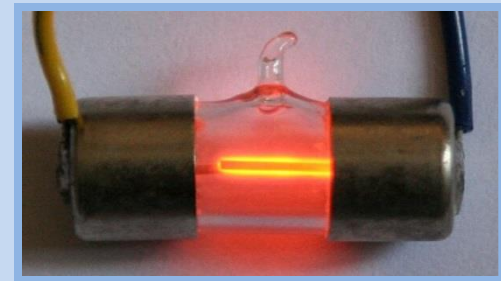
Při 100 Pa probíhá doutnavý výboj

- *prochází malý proud asi 10^{-3} A*, projevuje se svícením,
- nespotřebovává velké množství el. energie, má nízké U_z
- elektrody i výbojové trubice mají nízkou teplotu
 - u **katody** pozorujeme modré **katodové doutnavé světlo**
 - u **anody** vyplňuje zbytek trubice růžový **anodový sloupec** (sleduje zakřivení trubice – využití ve světelných reklamách)

Užití doutnavého výboje:

doutnavky – krátké výbojky plněné neonem,

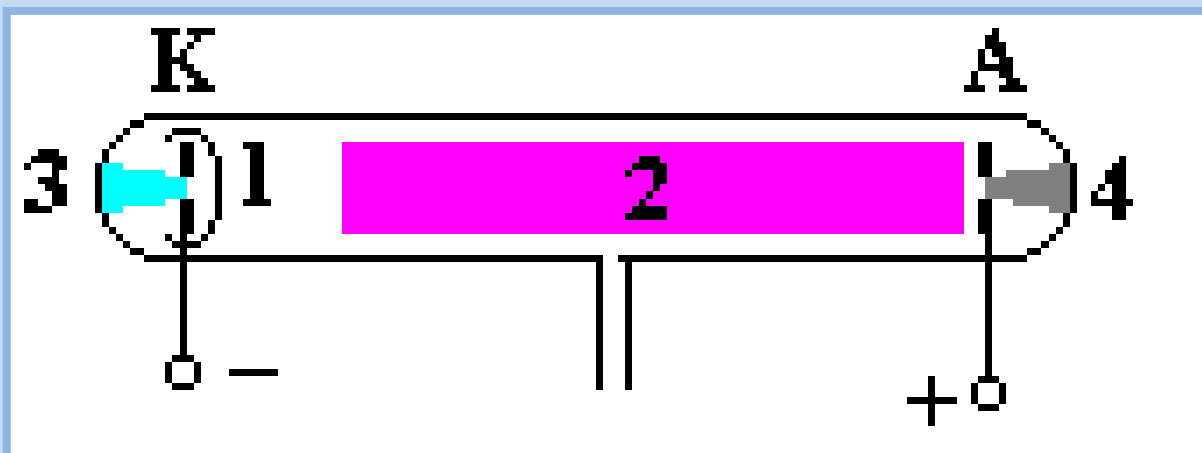
- elektrody jsou blízko sebe, nevzniká v nich anodový sloupec, ale jen katodové doutnavé světlo
- využití: kontrolní světla na spínačích s malou spotřebou



reklamní trubice, zářivky – využívají anodový sloupec.

- plynnou náplň tvoří argon a páry rtuti.
- samotný výboj vydává ultrafialové záření, které způsobuje světélkování vrstvy oxidů kovů nanesené na vnitřní stěně trubice
- světelná účinnost je několikrát (4x) větší v porovnání se žárovkami.

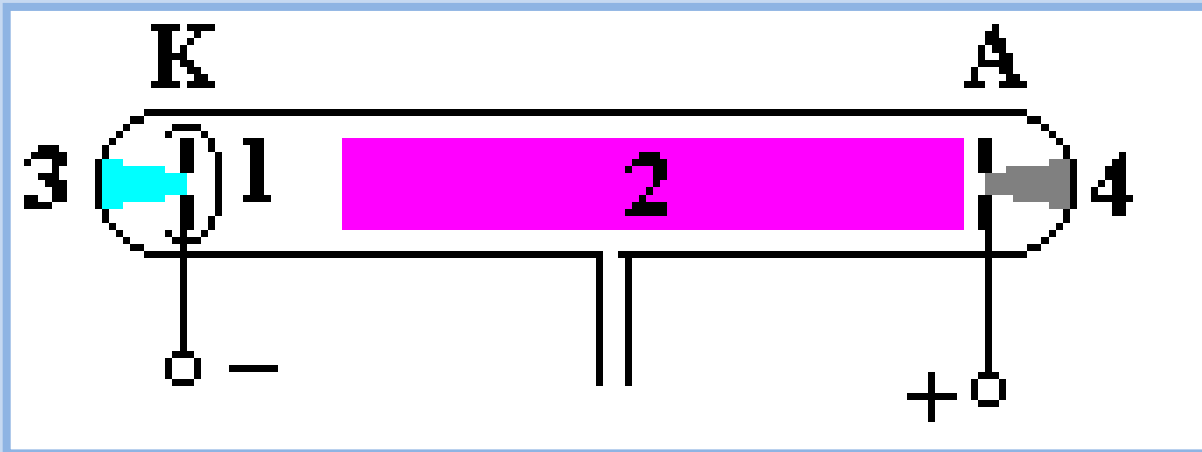
6. 3. KATODOVÉ A KANÁLOVÉ ZÁŘENÍ



1. Katodové doutnané světlo
2. Anodový sloupec
3. Kanálové záření
4. Katodové záření

- elektrody v trubici, ve které probíhá doutnavý výboj, opatříme otvorem (kanálem)
- (+) ionty pronikají za katodu, jako tzv. **kanálové záření (3)** a projevují se světélkováním plynné náplně
- (-) elektrony prolétají otvorem v anodě jako tzv. **katodové záření, (4)** a způsobují světélkování skleněné stěny trubice

6. 3. KATODOVÉ A KANÁLOVÉ ZÁŘENÍ



1. Katodové doutnané světlo
2. Anodový sloupec
3. Kanálové záření
4. Katodové záření

Objev obou druhů záření měl zásadní význam pro další výzkum stavby hmoty:

- zkoumáním katodových paprsků byla objevena existence elektronů,
- studium kanálového záření umožnilo měření hmotnosti iontů a objev izotopů.

Snížíme-li tlak **pod 1 Pa**, projdou elektrony téměř celou výbojovou trubicí.

Katodové doutnavé světlo a anodový sloupec zmizí, ale stěny trubice proti katodě budou silně zeleně světélkovat.

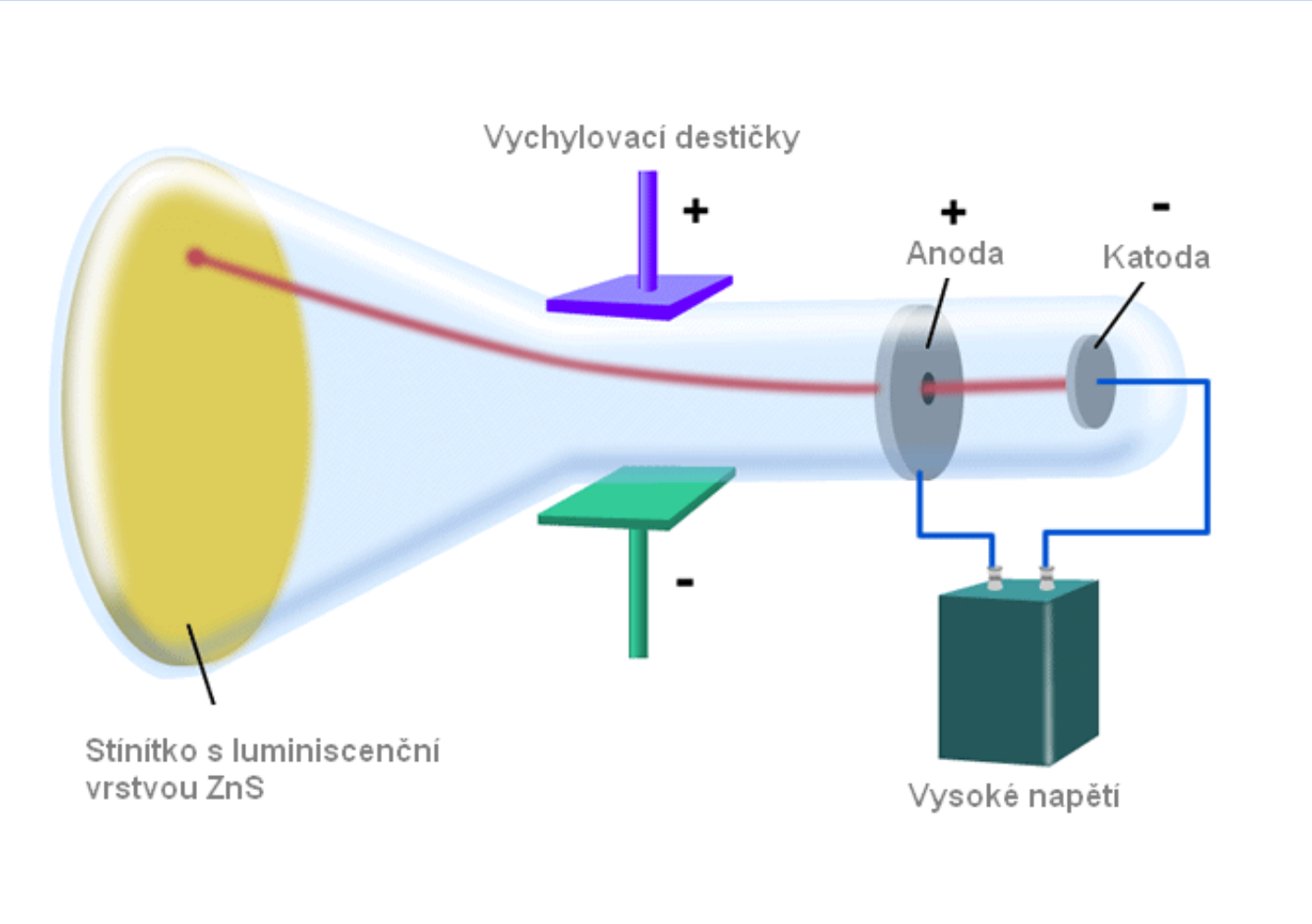
V trubici **převládne katodové záření.**

Vlastnosti katodového záření:

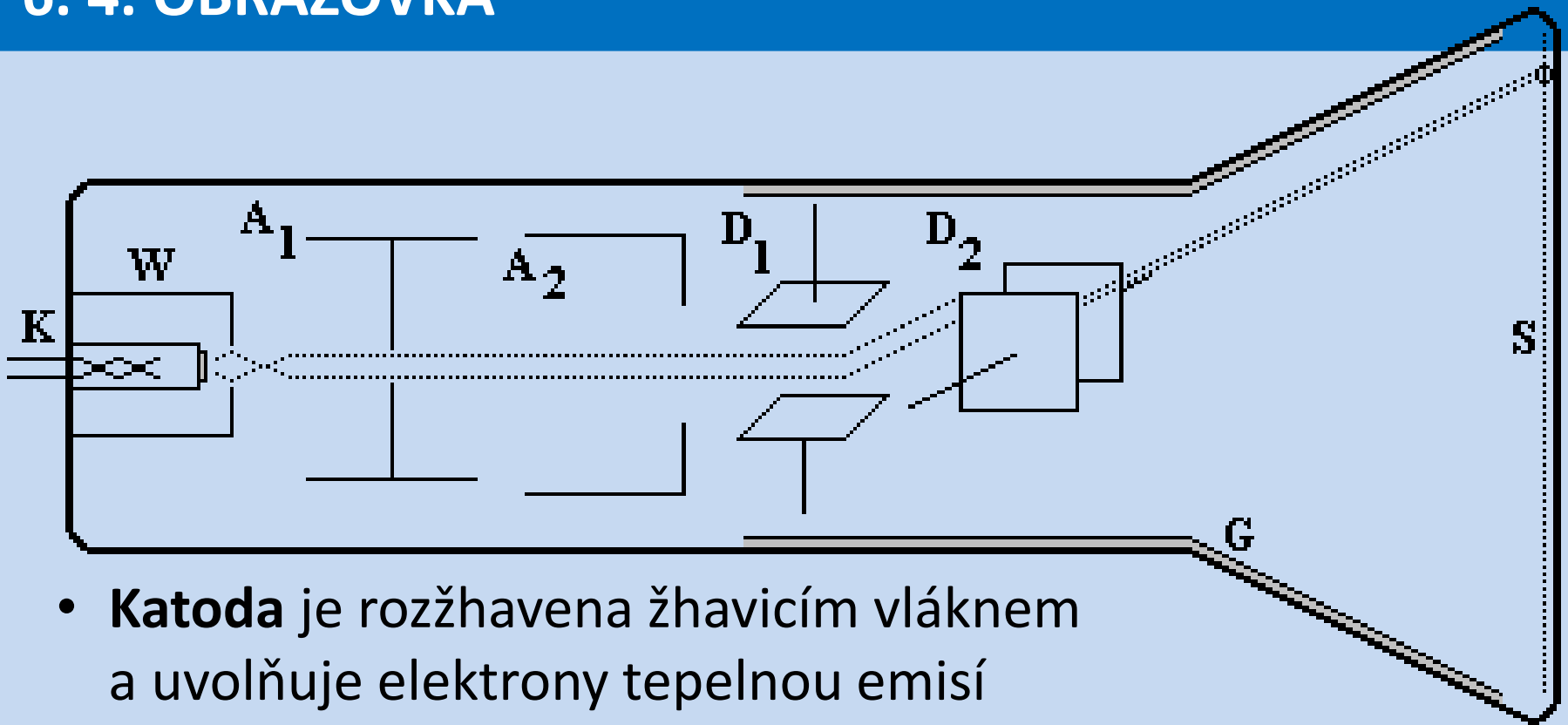
- způsobuje světélkování
- magnetické a elektrické pole paprsek vychyluje – obrazovka
- má mechanické účinky
roztočí lehký mlýnek (tzv. Croogův mlýnek)
- má tepelné účinky – rozžhává anodu
- má chemické účinky – naexponuje fotografický materiál
- je-li anoda z kovu s velkou relativní atomovou hmotností vyvolává RTG záření



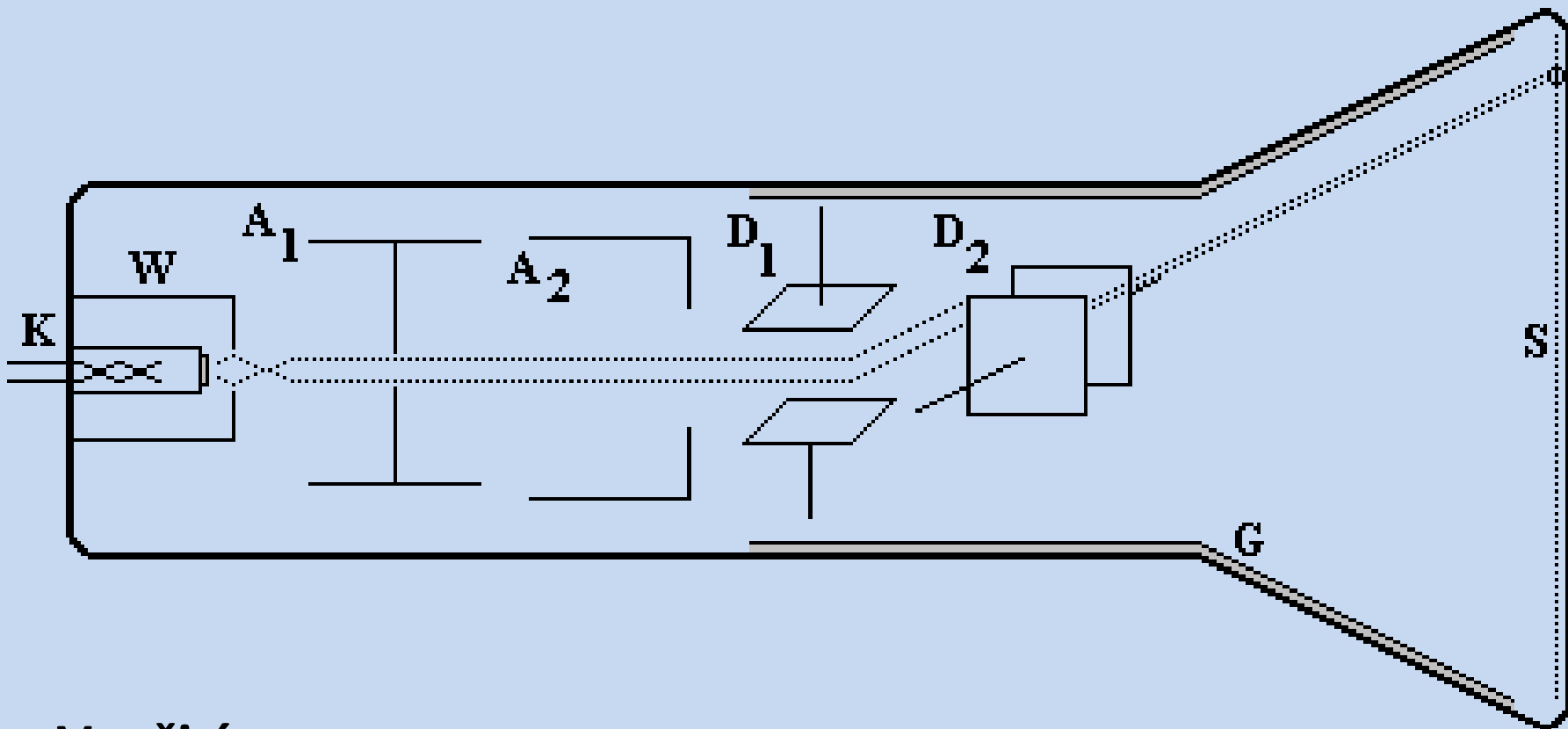
6. 4. OBRAZOVKA



6. 4. OBRAZOVKA



- **Katoda** je rozžhavena žhavicím vláknem a uvolňuje elektrony tepelnou emisí
- **řídící elektronka** – Wehneltův válec
- **Anody** – urychlují elektrony a soustřeďují je do elektronového svazku
- **vychylovací destičky** (v TV se paprsek vychyluje magnetickým polem cívky)
- **stínítko** – sulfid zinečnatý ZnS – vznikne svítící stopa



Využití

- v osciloskopech, které umožňují sledování časového průběhu napětí
- v TV obrazovkách