

# Elektronika

Přednáška č. 1 – základní pojmy a úvod do RLC obvodů

Mgr. Pavel Černý, Ph.D.

# Doporučená literatura:



# Požadavky ke zkoušce

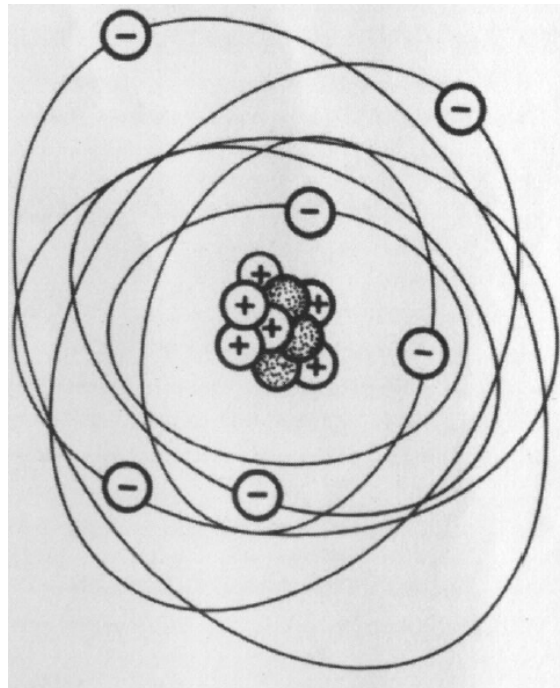
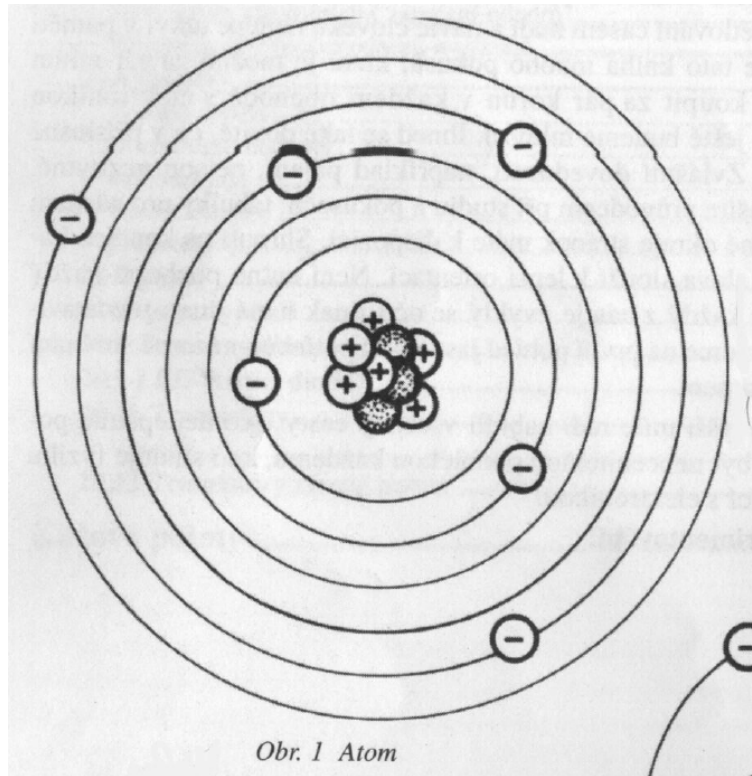
- Zápočet
  - Bakaláři – píší zápočtový test, maximální počet absencí je 3
  - Navazující – zápočet získávají za dostatečnou docházku na cvičení a za aktivní přístup
- Zkouška
  - Bakaláři – zkoušku nekonají
  - Navazující – kombinovaná zkouška, písemná a ústní část

# Harmonogram výuky

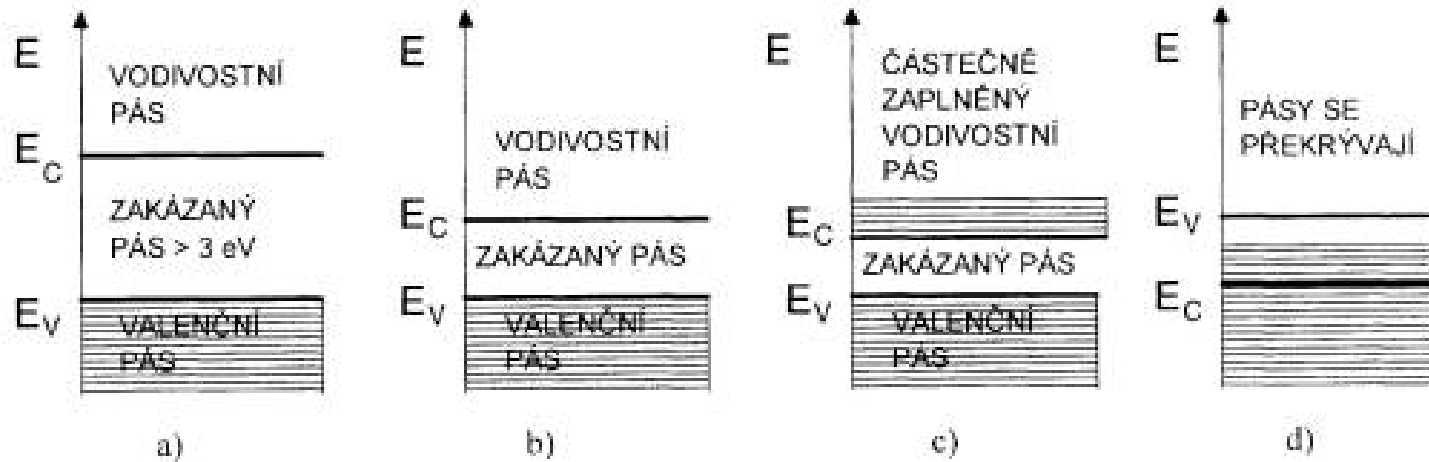
Č.	Datum	Téma cvičení bakaláři	Téma přednášky
1	1. 10.	x (úvodní hodiny)	Úvod, základní pojmy, RLC obvody základní pojmy pro výpočet jednoduchých obvodů
2	8. 10.	Příklad 5.2 (RLC obvod, impedance, fázový posun)	Střídavý proud, rezistory a cívky
3	15. 10.	Příklad 5.4 (RLC obvod, rezonance – Thomsonův vztah)	Kondenzátory
4	22. 10.	Příklad 5.6 (impedance, výkon žárovky)	Polovodiče - diody
5	29. 10.	Příklad 5.7	Polovodiče – bipolární tranzistory
6	5. 11.	Příklad 7.13 (tranzistor v zapojení SE, proudový zesilovací činitel)	Speciální polovodičové součástky (DIAK, tyristor, triak, fotodiody, LED, zenerova dioda atd.)
7	12. 11.	Příklad 7.14	Síťové napájecí zdroje
8	19. 11.	Příklad 7.17 (pracovní bod tranzistoru)	Zesilovače a vysokofrekvenční technika
9	26. 11.	Příklad 7. 18	Operační zesilovače a zapojení s nimi
10	3. 12.	Příklad 8.3 (součtový operační zesilovač)	AD a DA převodníky
11	10. 12.	Příklad 8.4	Badatelská výuka I
12	17. 12.	Příklad 8.5	Badatelská výuka II
13	7. 1.	Zápočtový týden – udělování zápočtů	Předtermín zkoušky



# Atom

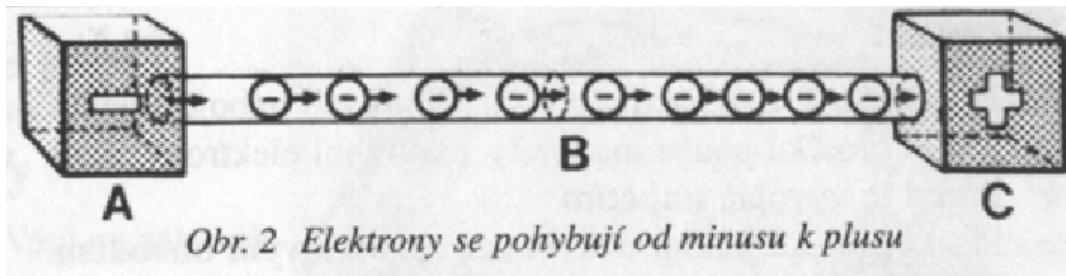


# Pásová teorie látek

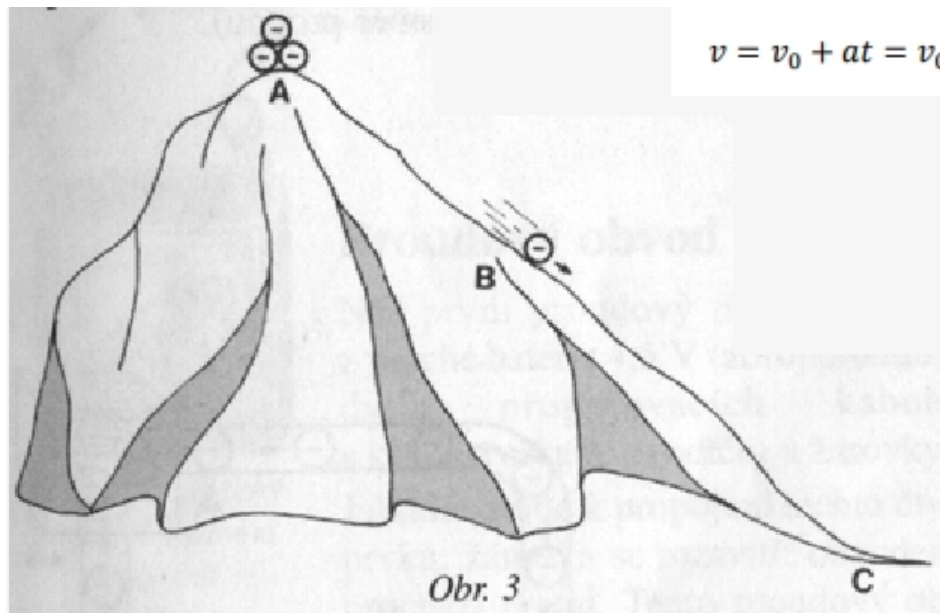


Obr. 2-9 Pásový model: a) izolantu b) polovodiče c) monovalentního kovu d) bivalentního kovu.

# Elektrický proud



# Elektrické napětí

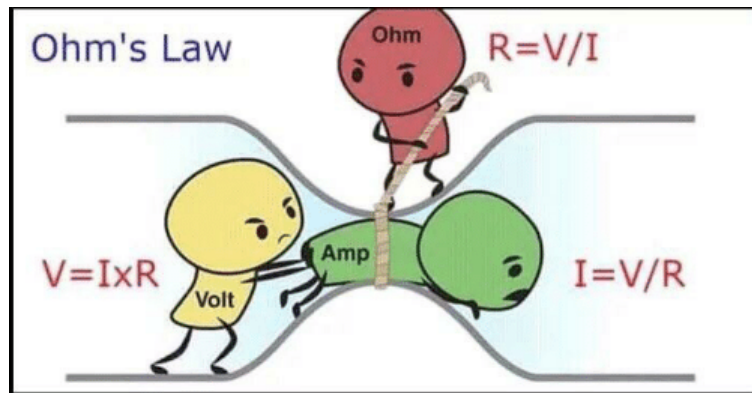


$$v = v_0 + at = v_0 + gt(\sin \alpha - f_d \cos \alpha)$$

# Elektrický odpor

- Elektrický odpor je fyzikální veličina charakterizující schopnost elektrických vodičů vést elektrický proud.
- Hodnota elektrického odporu je dána materiálem, tvarem i teplotou vodiče. Velikost odporu závisí na délce vodiče (přímo úměrně), na obsahu průřezu vodiče (nepřímo úměrně), na materiálu vodiče (měrný elektrický odpor) a na teplotě.
- Na teplotě závisí odpor vodičů i polovodičů. Odpor vodičů se vzrůstající teplotou stoupá (kladný teplotní součinitel elektrického odporu), kdežto odpor polovodičů, uhlíku a některých speciálních slitin kovů se vzrůstající teplotou klesá (záporný teplotní součinitel elektrického odporu). Elektrický odpor má vždy kladnou hodnotu. Dobré vodiče kladou malý odpor, špatné vodiče kladou velký odpor.

# Ohmův zákon



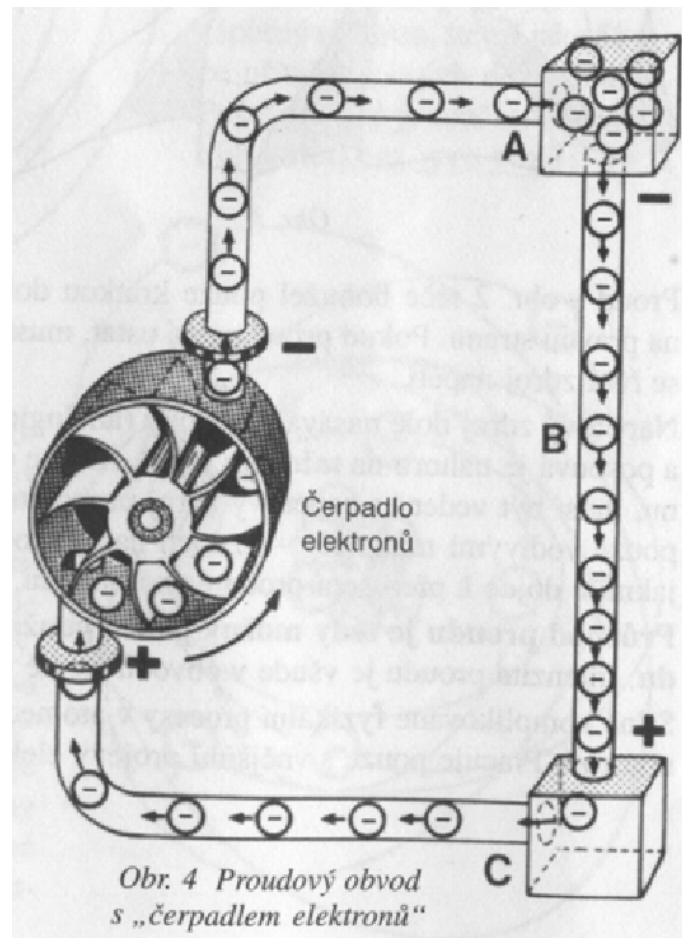
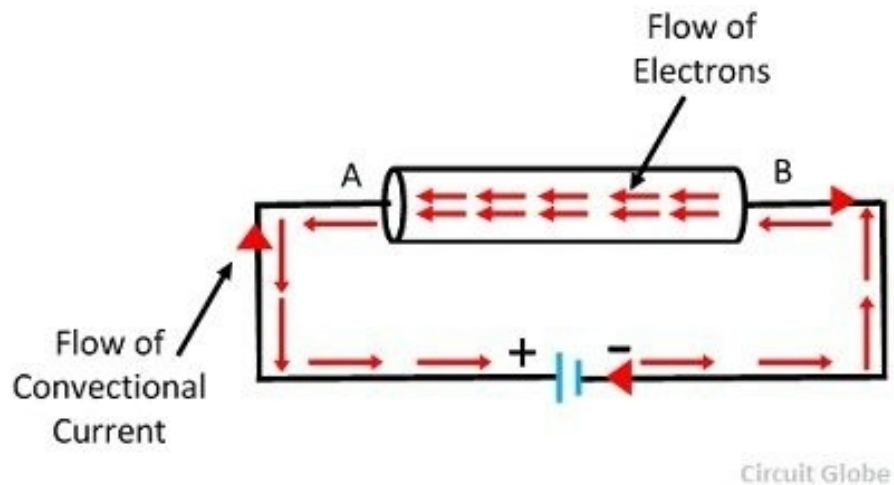
Electricity illustrated

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

# Shrnutí

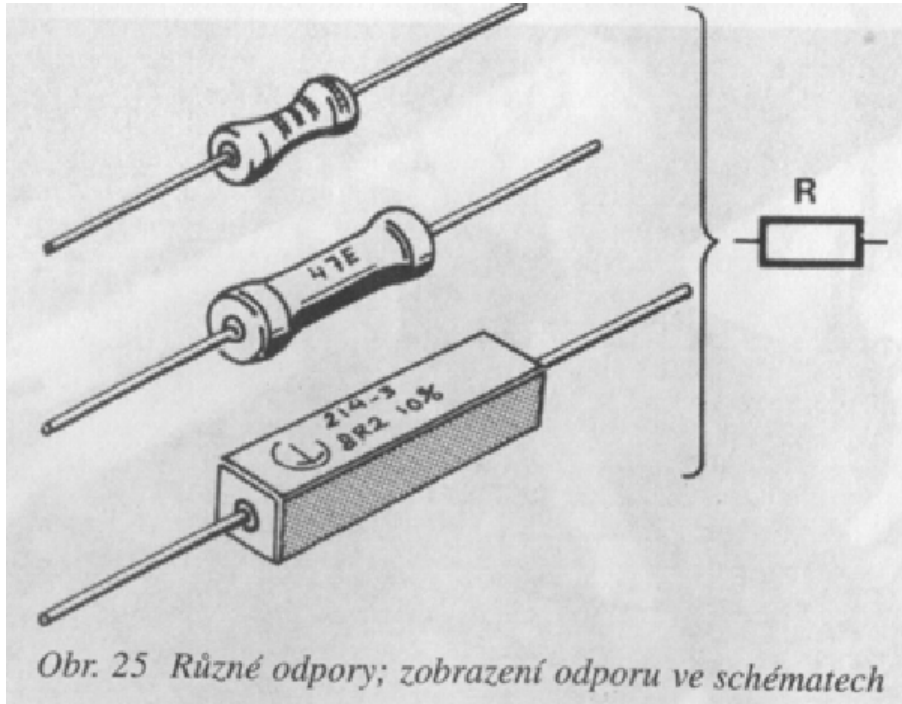
- ❖ Jako **proud** se označuje pohyb záporných nábojů (elektronů).
- ❖ Proud protéká pouze materiály s volnými elektrony, např. **vodiči**.
- ❖ Proud je vyvolán **napětím**.
- ❖ Proud protéká jenom **uzavřeným proudovým obvodem**.
- ❖ V jednom proudovém obvodu (bez větvení) je intenzita proudu všude stejně veliká.
- ❖ Intenzita proudu se měří v ampérech (A) a označuje se písmenem  $I$  (např.:  $I = 10 \text{ A}$ ).
- ❖ Napětí se měří ve voltech (V) a označuje se písmenem  $U$  (např.:  $U = 5 \text{ V}$ ).

# Směr průchodu proudu



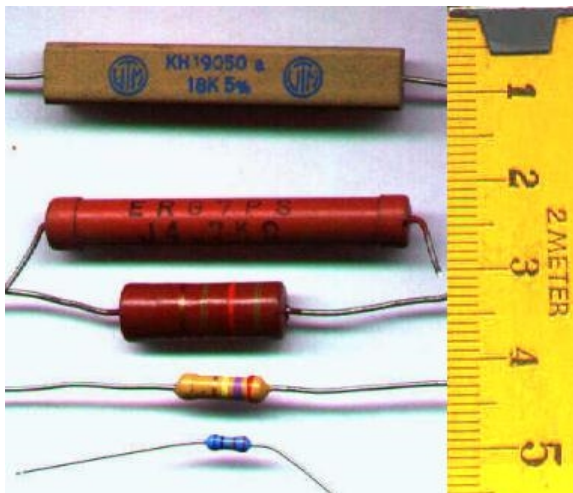


# Rychlý úvod do RLC obvodů



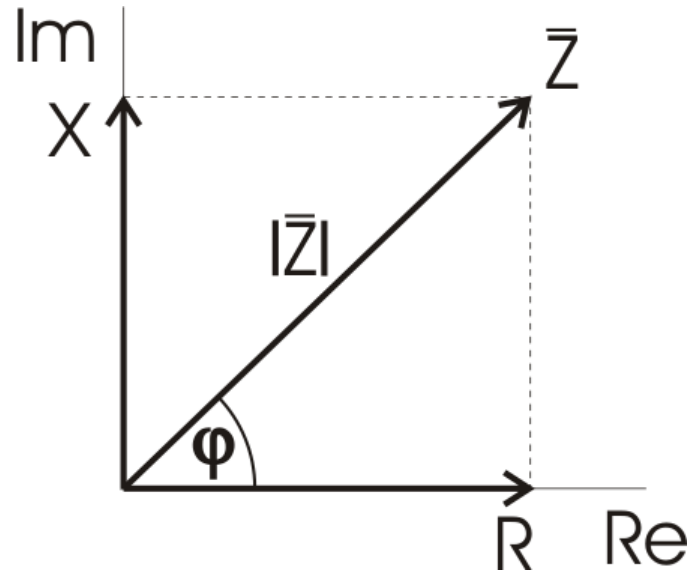
# Činný odpor

- Rezistor v obvodech SS i STŘ proudu vykazuje pouze tzv. činný odpor
  - Elektrická energie se přeměňuje na teplo
  - Elektrické napětí je ve fázi s procházejícím el. proudem



# Impedance

- zdánlivý odpor součástky a fázový posuv napětí proti proudu při průchodu **harmonického střídavého elektrického proudu** dané frekvence
- komplexní veličina
- ideální rezistor má pouze reálnou složku (činný odpor) a žádný posuv napětí vůči proudu



# Induktivní reaktance (=induktance)

- je zdánlivý odpor součástky s indukčností (nejčastěji cívky) proti průchodu střídavého elektrického proudu
- induktance je tedy **část celkové impedance** indukčního charakteru
  - velikost induktance závisí **přímo úměrně na indukčnosti a na úhlové frekvenci střídavého proudu**
  - na ideální cívce předbíhá napětí proud o  $90^\circ$
  - platí známá poučka:  
*„V cívce jako v dívce, nejdřív napětí a potom proud.“*

$$X_L = L \cdot \omega$$

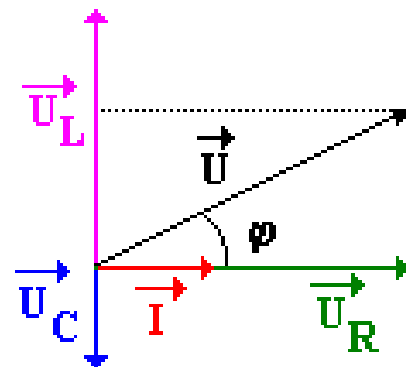
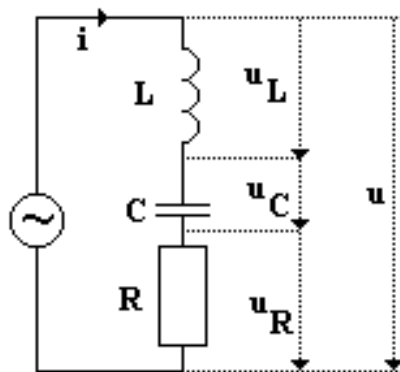
# Kapacitní reaktance (=kapacitance)

- odpor součástky s kapacitou (nejčastěji kondenzátoru) proti průchodu střídavého elektrického proudu dané frekvence
- kapacitance je tedy impedance ideálního kondenzátoru, nebo také reaktance kapacitního charakteru
- kapacitance je tedy **část celkové impedance** kapacitního charakteru
- platí, že napětí se o 90° pozdívá za el. proudem

$$X_C = \frac{1}{C \cdot \omega}$$

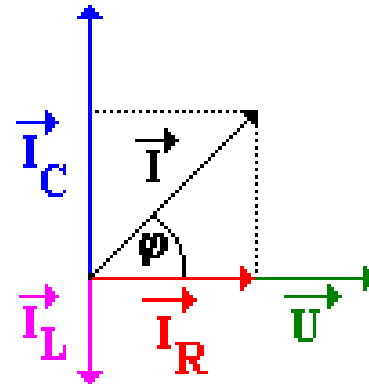
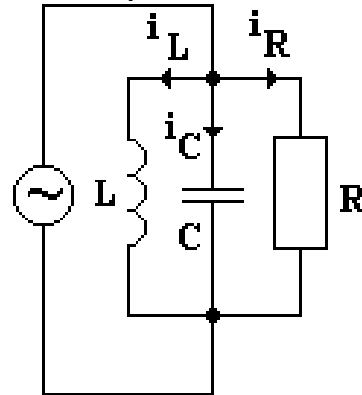
# Sériový RLC obvod

- prvky obvodu **prochází stejný proud**, ale napětí na jednotlivých prvcích se liší jak hodnotou tak vzájemnou fází:
  - napětí má stejnou fázi jakou proud (rezistor)
  - napětí proud předbíhá (cívka)
  - napětí se za proudem zpožďuje (kondenzátor)



# Paralelní RLC obvod

- na prvcích **je stejné napětí**, ale proudy v jednotlivých větvích jsou různé - liší se nejen svou hodnotou, ale i fází:
  - proud má stejnou fázi jako napětí (rezistor)
  - proud se za napětím opoždí (cívka)
  - proud napětí předbíhá (kondenzátor)



# Vztahy v obvodech se stř. proudem

- budou potřeba příště – nastudovat do příště!
- vztah pro celkovou impedanci sériového a paralelního RLC obvodu
- vztah pro výpočet fázového posunu napětí vůči proudu



Děkuji za pozornost

# Elektronika

Přednáška č. 2 – rezistory a střídavý proud

Mgr. Pavel Černý, Ph.D.

## Elektrický muž: Tělem si prohání 240 voltů!



Ačkoli není vyučený elektrikář, dělá kousky, jakých by se bál i odborník. Bez zaváhání svým tělem nechá procházet napětí 240 V. Elektrický proud měří tak, že do zásuvky strčí hřebík, v druhé ruce má zkoušečku, na které se vzápětí rozsvítí kontrolky.

# Elektrický odpor



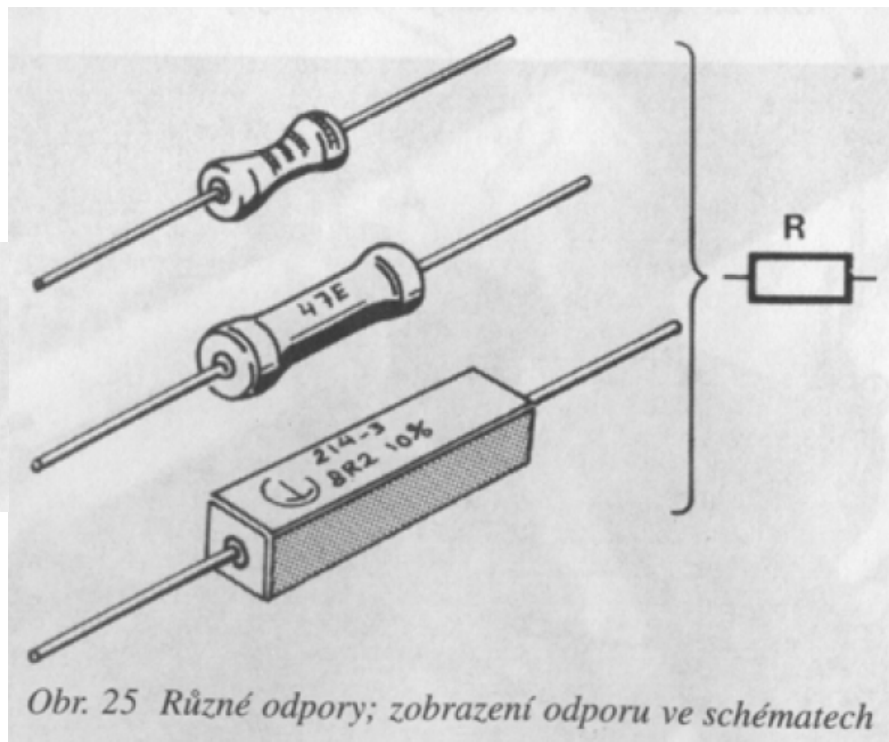
# Rezistor

Hodnoty odporů se udávají  
v ohmech ( $\Omega$ ).

$1 \text{ m}\Omega = 0,001 \text{ }\Omega$  (miliohm)

$1 \text{ k}\Omega = 1\,000 \text{ }\Omega$  (kiloohm)

$1 \text{ M}\Omega = 1\,000\,000 \text{ }\Omega$  (megaohm)



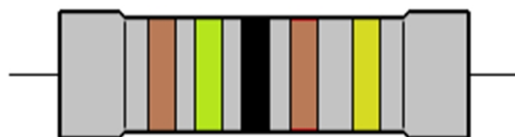
Obr. 25 Různé odpory; zobrazení odporu ve schématech

# Barevné značení odporů

1k5 +/- 5%



1k5 +/- 5%



BARVA	1.číslice	2.číslice	3.číslice	násobitel	tolerance
černá	0	0	0	1	
hnědá	1	1	1	10	+/- 1%
červená	2	2	2	100	+/- 2%
oranžová	3	3	3	1k	
žlutá	4	4	4	10k	
zelená	5	5	5	100k	+/- 0,5%
modrá	6	6	6	1M	+/- 0,25%
fialová	7	7	7	10M	+/- 0,1%
šedá	8	8	8		+/- 0,05%
bílá	9	9	9		
zlatá					+/- 5%
stříbrná					+/- 10%



# Odpor nemají jen rezistory!



Jaký odpor má vlákno  
200W žárovky?



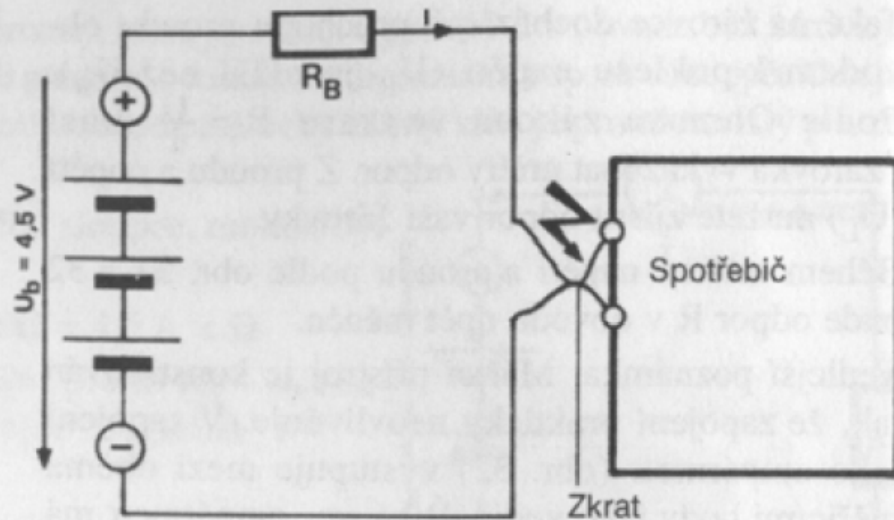
Jaký odpor má topné  
těleso (1300W)?

# Odpor jako omezovač proudu

Když odpor a žárovka, řečeno obecně odpor a spotřebič, jehož hodnota odporu se mění, jsou zapojeny do série, působí odpor jako proudové omezení. Obr. 33 toto zřetelně objasňuje.

I když se odpor spotřebiče extrémně sníží, např. při zkratu, sériový odpor  $R_B$  zabraňuje, aby se dostala do zkratu samotná baterie.

Podle Ohmova zákona lze vypočítat maximální proudové zatížení baterie  $I_{\max}$ , neboť v případě zkratu leží celé provozní napětí  $U_b$  na  $R_B$ .



Obr. 33  $R_B$  omezuje proud v obvodu



# Jak funguje zkoušečka (fázovka)?

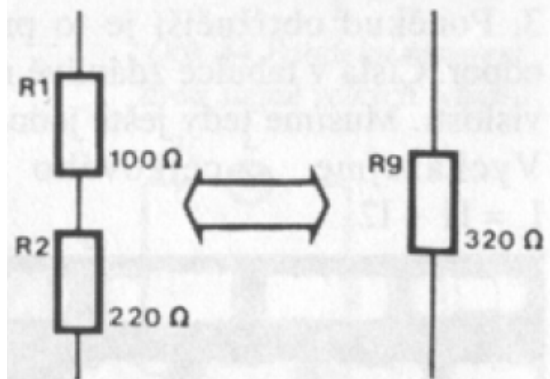
předřadný odpor velikosti 820 k $\Omega$  až 1 M $\Omega$



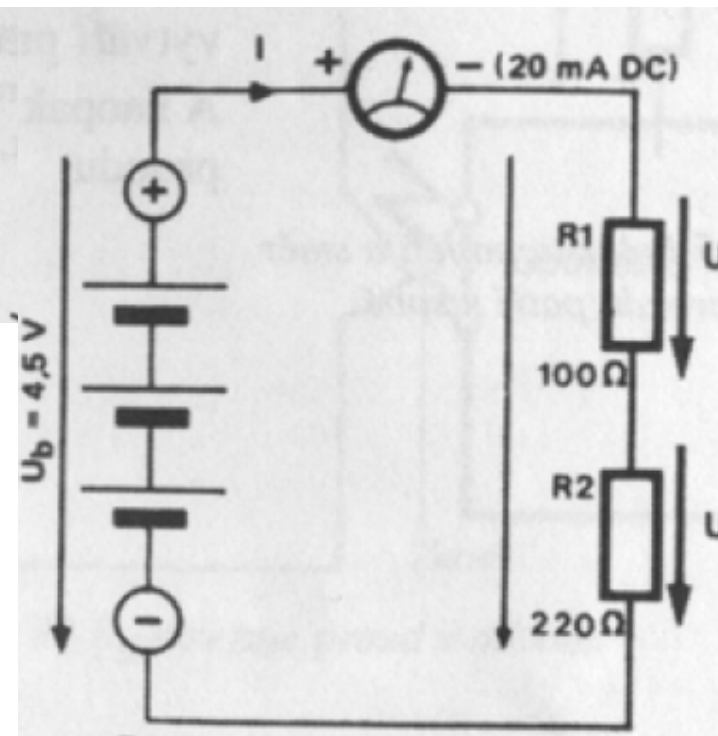
# Zapojení s větším počtem odporů

## Sériové zapojení

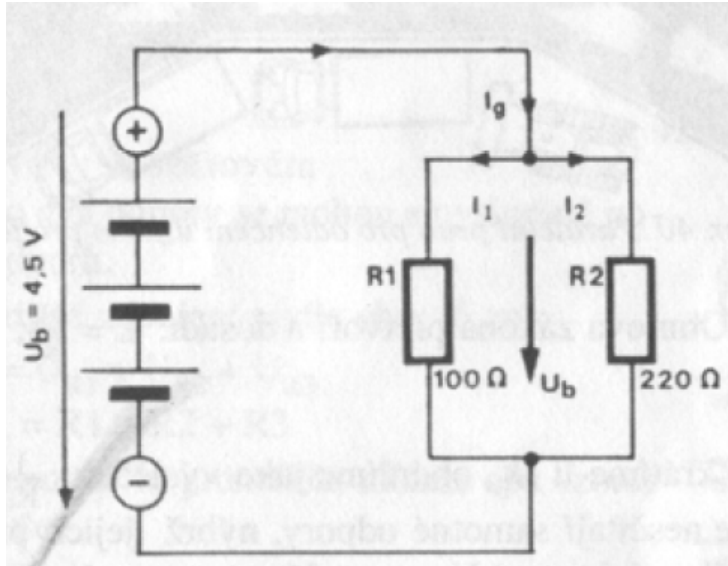
Obr. 36 ukazuje sériové zapojení vytvořené dvěma odpory ( $100\ \Omega$  a  $220\ \Omega$ ). Proud a napětí tohoto uspořádání se měří multimetrem. Na obr. 37 jsou shrnuta všechna tři měření napětí.



Obr. 38 Celkový odpor sériového zapojení



## Zapojení s větším počtem odporů – paralelní zapojení



Na rozdíl od sériového zapojení platí, že:

- ❖ celkový odpor je menší než každý jednotlivý odpor.
- ❖ proud stoupne.

$$R_c = \frac{R_1 \times R_2}{R_1 + R_2}$$

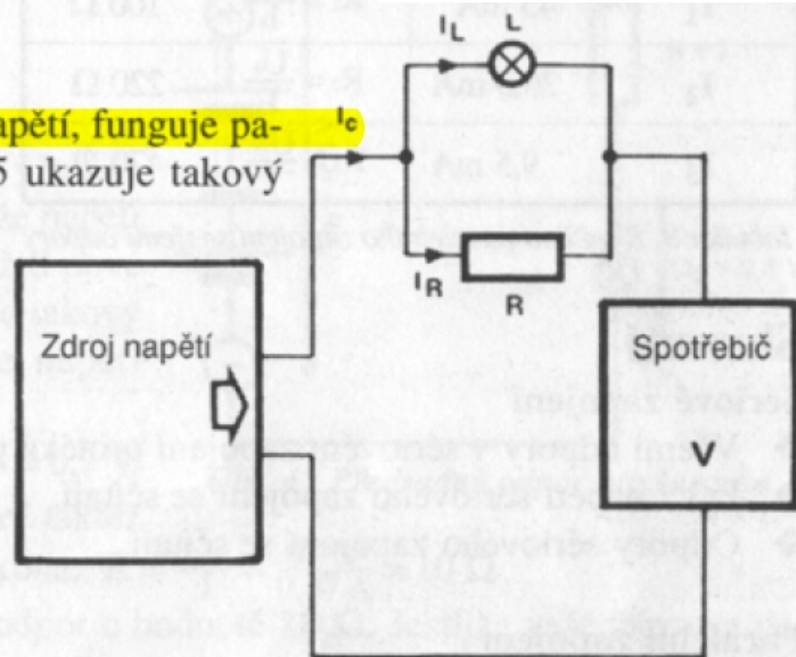
$$\frac{1}{R_c} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

# Dělič proudu

## Dělič proudu

Stejně jako sériové zapojení vytváří dělič napětí, funguje paralelní zapojení jako dělič proudů. Obr. 45 ukazuje takový příklad.

Spotřebič  $V$  odebírá proud, který by byl pro kontrolku  $L$  příliš vysoký. Paralelní odpor tedy chrání kontrolku, neboť dělí celkový proud  $I_c$  na proudy  $I_L$  a  $I_R$ .



Obr. 45 Dělič proudu

# Shrnutí

## Sériové zapojení

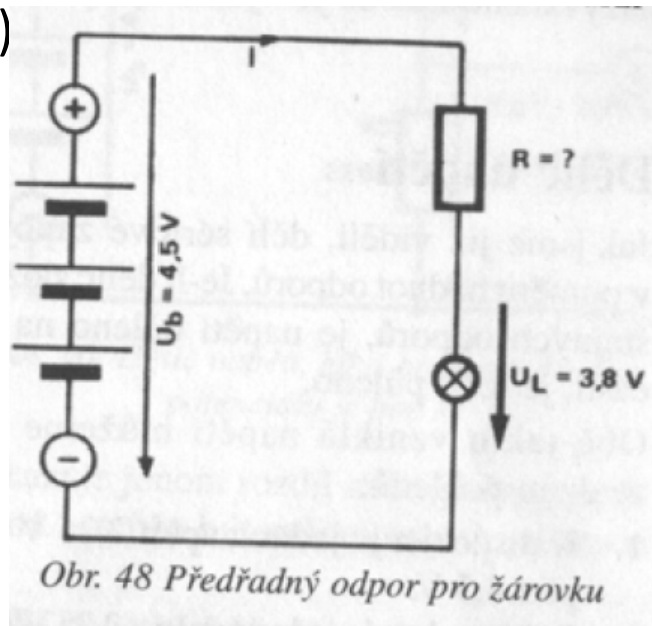
- ❖ Všemi odpory v sériovém zapojení protéká proud stejné velikosti.
- ❖ Dílčí napětí sériového zapojení se sčítají.
- ❖ Odpory sériového zapojení se sčítají.

## Paralelní zapojení

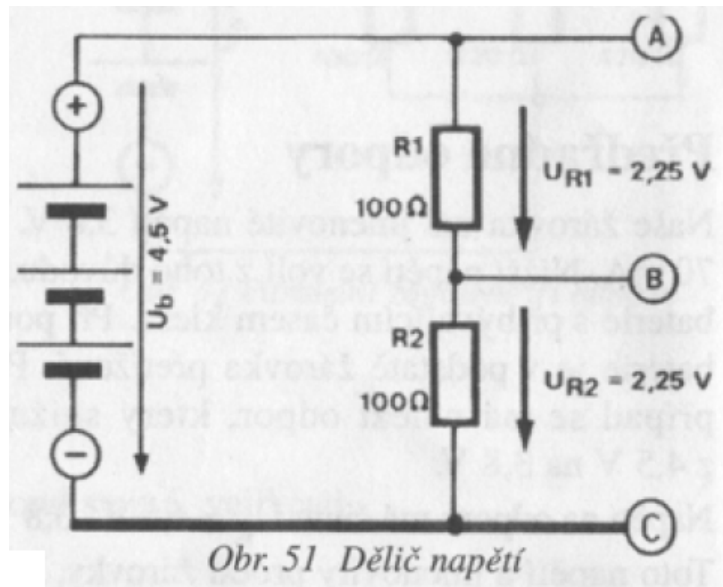
- ❖ Na všech odporech paralelního zapojení je stejné napětí.
- ❖ Dílčí proudy paralelního zapojení se sčítají do celkového proudu.
- ❖ Celkový odpor se vypočítá podle vzorce:  $\frac{1}{R_c} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots$
- ❖ Celkový odpor paralelního zapojení je nižší než nejmenší odpor.

# Předřadné odpory

- Žárovka má jmenovité napětí 3,8 V (70 mA)
- Je třeba nalézt odpor, který sníží napětí ze 4,5 V na 3,8 V (o 0,7 V)



# Dělič napětí

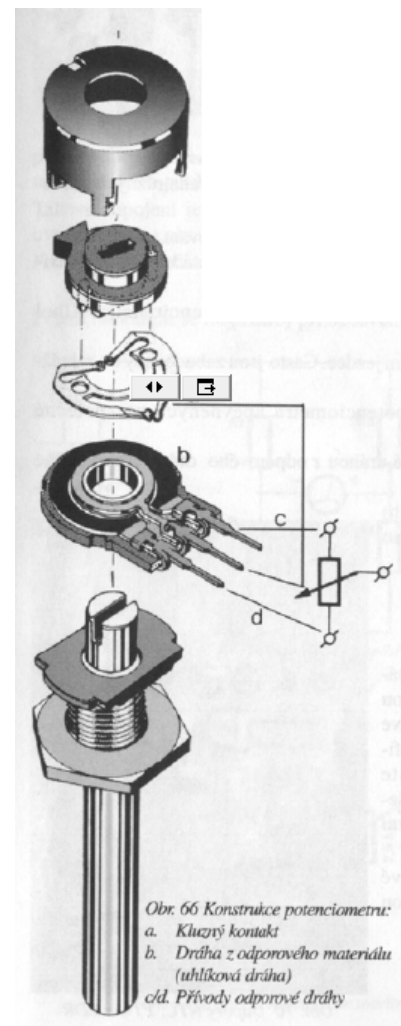
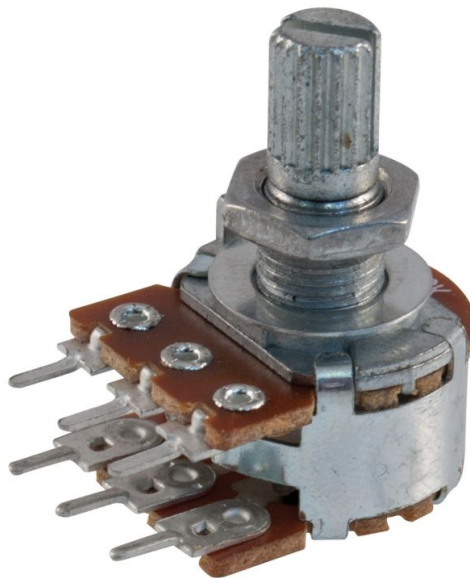


Obr. 54 Symbol připojení na kostru



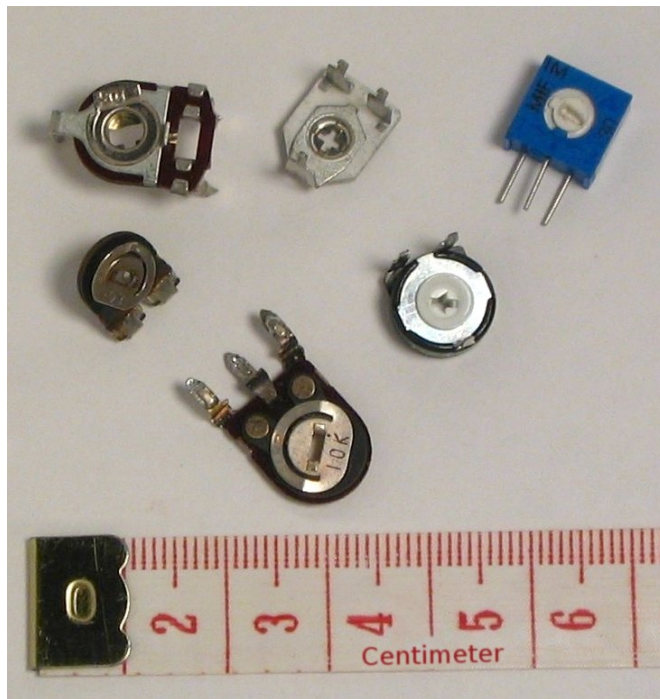
Obr. 55 Symbol pro uzemnění

# Zvláštní odpory - potenciometry





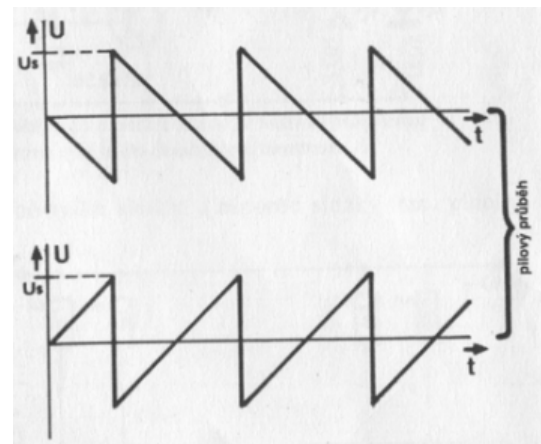
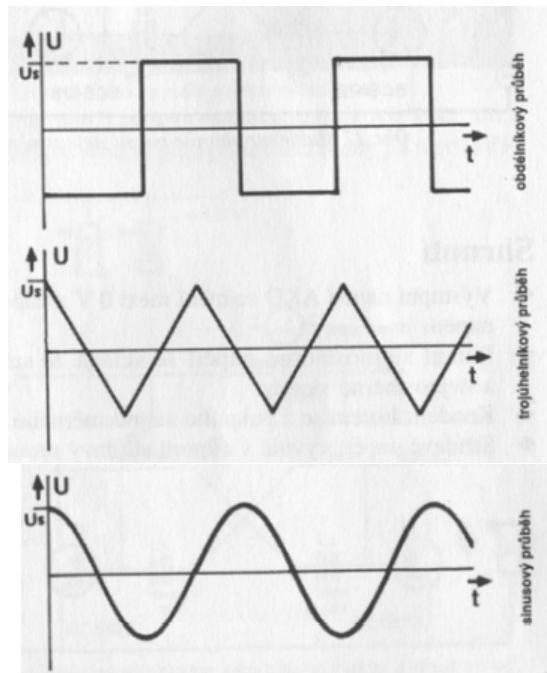
# Zvláštní odpory - trimry



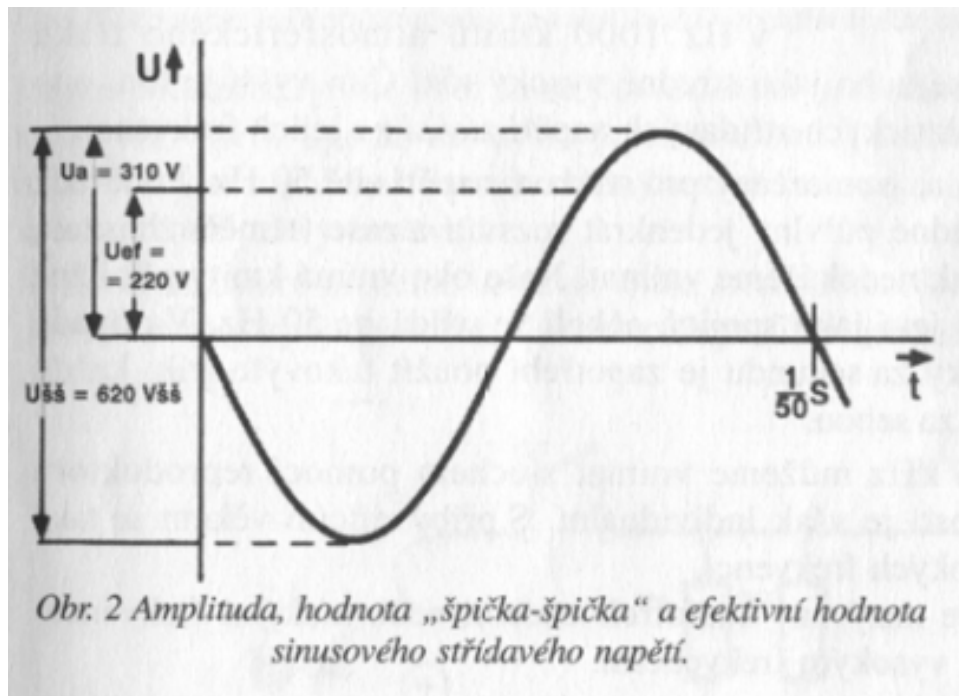
# Střídavý proud

- Co nás zajímá?

1. Tvar křivky
2. Velikosti napětí
3. Trvání periody



# Střídavý proud

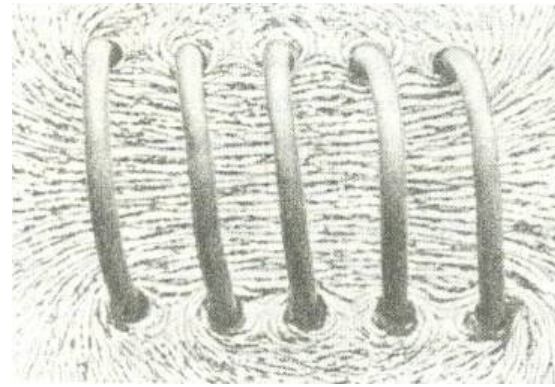


# Elektronika

Přednáška č. 3 – elektromagnetické jevy

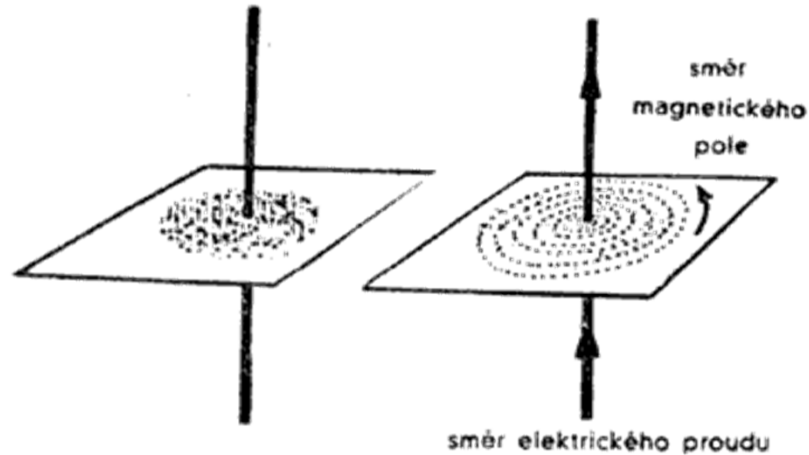
Mgr. Pavel Černý, Ph.D.

# Elektromagnetické jevy



- I. Magnetické pole kolem vodiče a cívky, Ampérovo pravidlo
- II. Elektromagnet
- III. Cívka s proudem v magnetickém poli
- IV. Elektromotor
- V. Elektromagnetická indukce

# Magnetické pole kolem vodiče s proudem

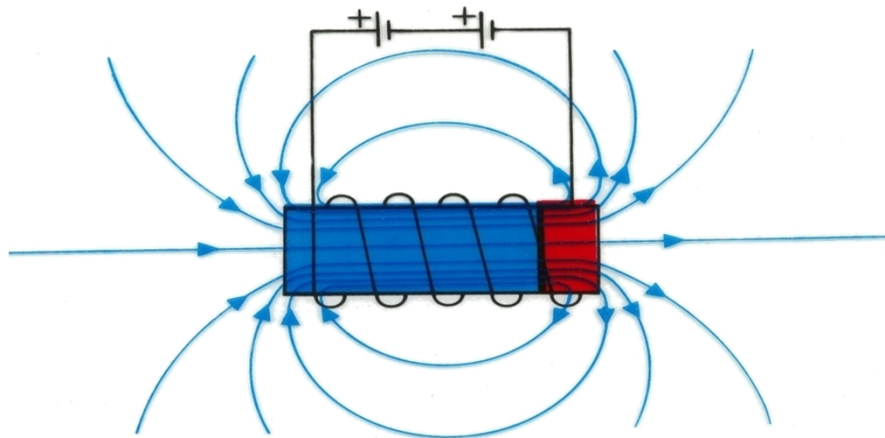


**Kolem každého vodiče, kterým prochází elektrický proud, je magnetické pole.**

# Magnetické pole kolem cívky s proudem

**Cívka s proudem má kolem sebe magnetické pole podobné poli kolem tyčového magnetu.**

Na jednom konci cívky je severní a na druhém konci je jižní magnetický pól. Přitom při změně polarity na zdroji se magnetické póly vymění.

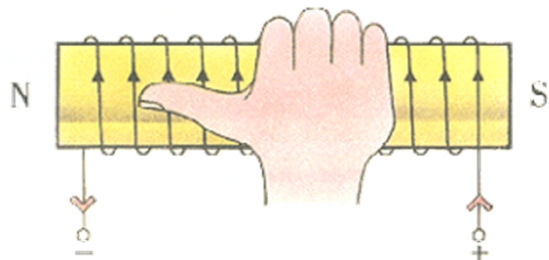


Znázornění  
magnetického  
pole kolem cívky

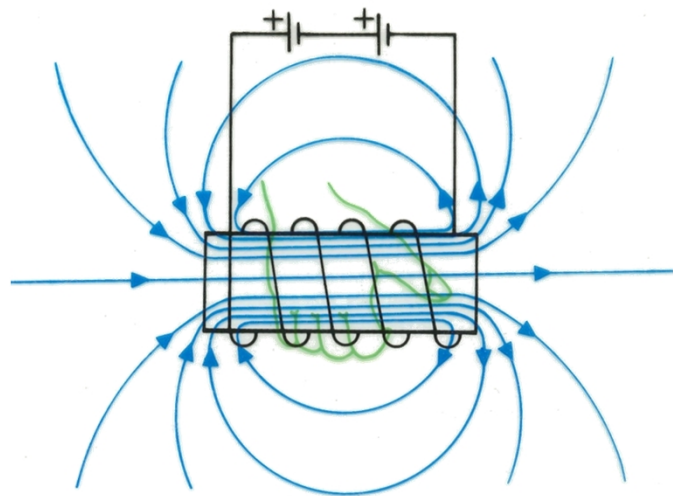
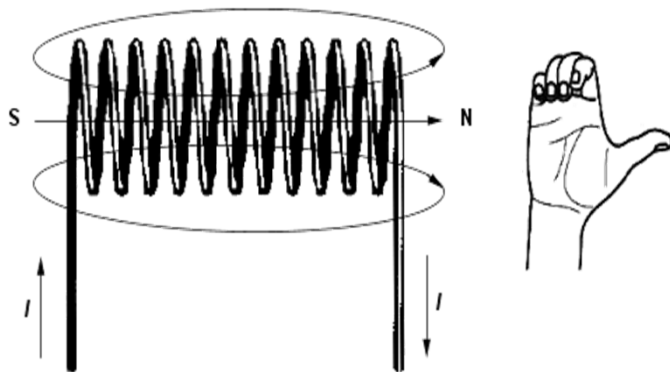




# Ampérovo pravidlo pravé ruky

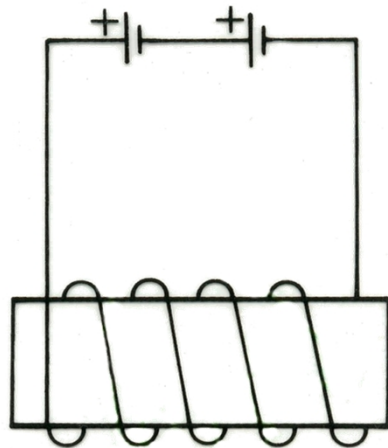


**Cívku uchopíme do pravé ruky tak, že ohnuté prsty ukazují směr elektrického proudu v závitěch cívky, palec pak ukazuje na severní magnetický pól.**

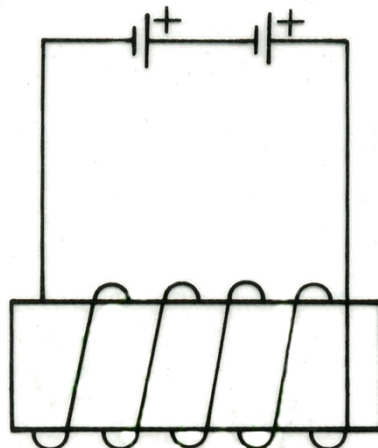


Znázorni směr proudu a urči severní  
a jižní magnetický pól!

a)



b)



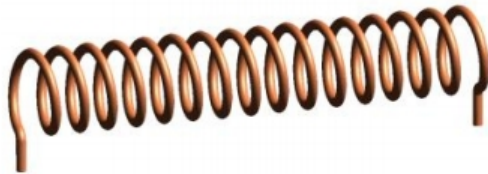
# Elektromagnet

- je to cívka s jádrem z magneticky měkké oceli
- pokud cívkou prochází proud, chová se jádro jako magnet  
→ přitahuje k sobě kovové předměty

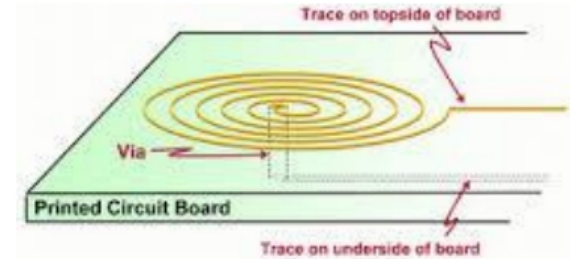


# Cívky bez jádra

- Cívky jsou dvojpólové součástky, navržené s požadovanou vlastní indukčností
- Indukčnost je závislá na počtu závitů a jejich geometrickém uspořádání a na magnetických vlastnostech jádra nebo prostředí
- Cívky bez jádra se konstruuji pro indukčnosti řádově jednotek  $\mu\text{H}$ , výjimečně jednotek  $\text{mH}$
- Používají se v obvodech s frekvencí až několik set  $\text{MHz}$  nebo v nízkofrekvenčních obvodech v těch případech, kdy záleží na tom, aby se při změně proudu procházejícího vinutím se neměnila indukčnost



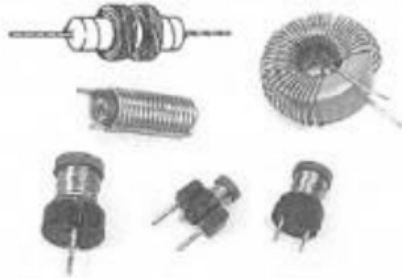
Obr. 1 Jednoduchá vzduchová cívka



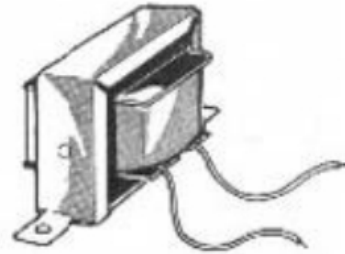
Obr. 2 Plošná cívka

# Cívky s jádrem

- Cívky s jádrem mají maximální indukčnost podle druhu použitého jádra několika desítek až stovek mH (vysokofrekvenční cívky) nebo několika desítek H (nizkofrekvenční tlumivky)
- Jádra jsou vyrobena z magneticky značně vodivých materiálů s malými hysterezními ztrátami
- Elektrická vodivost jader musí být co nejmenší, aby ztráty vznikající v jádře průchodem vířivých proudů byly malé



Obr. 3 Příklady provedení cívek s jádrem



Obr. 4 Nizkofrekvenční tlumivka s jádrem z plechů

# Další typy cívek

- Tlumivky (cívky s velkým počtem závitů)

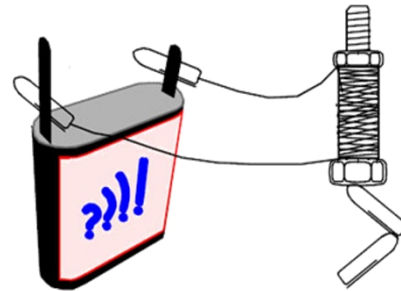
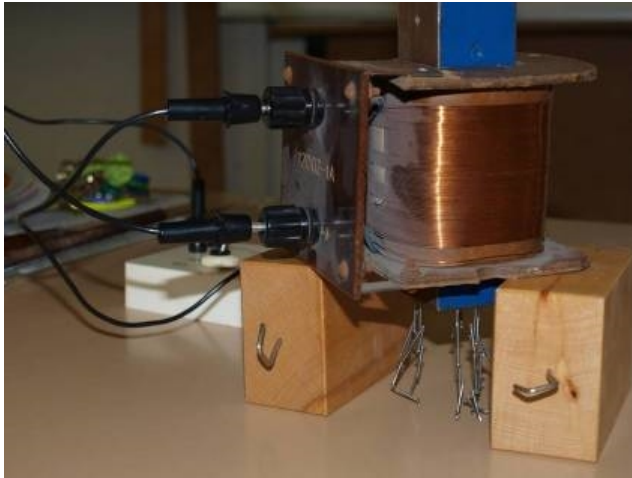
- Nízkofrekvenční
- Vysokofrekvenční



- Tlumivka je cívka ve tvaru válce nebo prstence (toroidu). V cívce může být vloženo jádro z feromagnetického materiálu, které zvýší indukčnost cívky
- Tlumivka (cívka) je vlastně spodní propustí
- Vodiči cívky prochází snadněji ty složky proudu, které mají nižší kmitočet a vyrovnává průběh proudu při skokových změnách napájecího napětí
- Indukčnost je v elektrickém obvodu používána k blokování signálů vyšší frekvence a blokování rychlé změny proudu

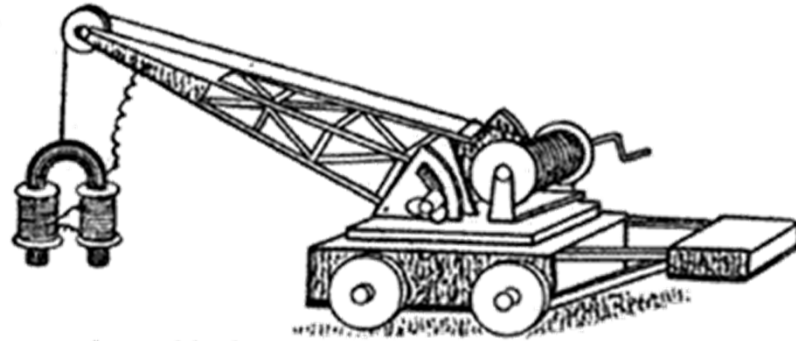
# Elektromagnet

- magnetická síla, která vzniká při průchodu elektrického proudu cívkou, závisí na velikosti proudu a na počtu závitů  
(větší počet závitů a větší proud = větší magnetická síla)



# Využití v praxi

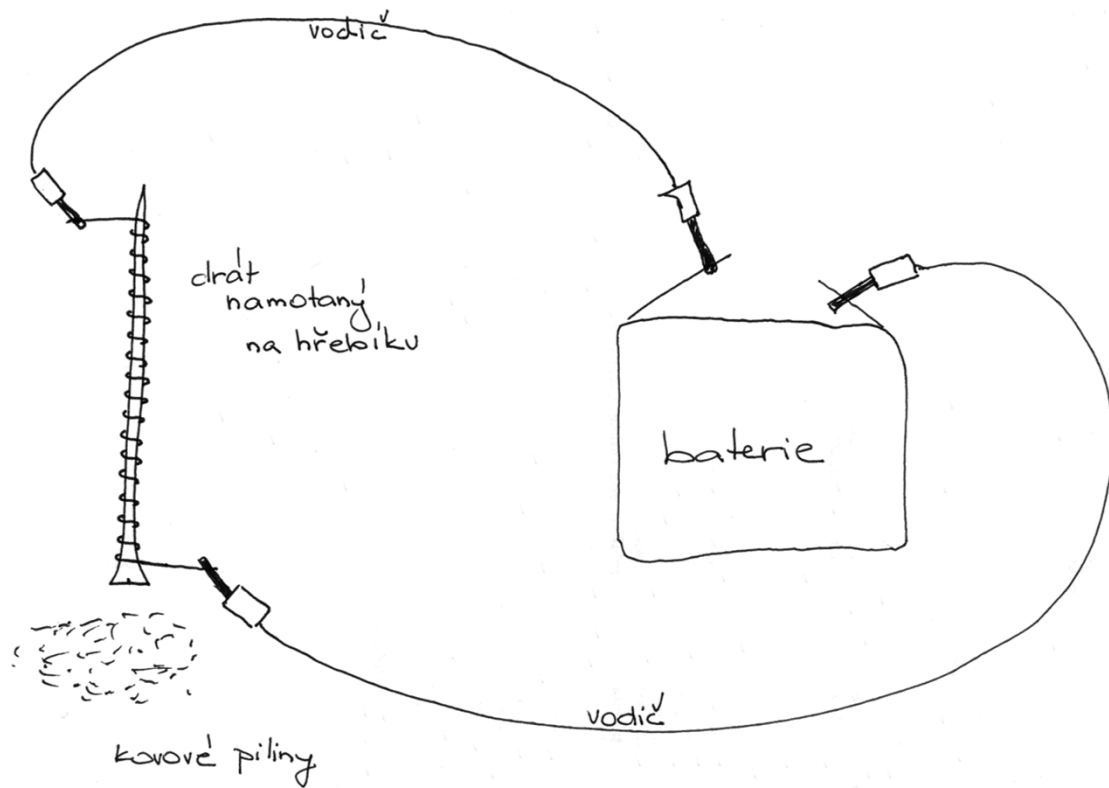
- Elektromagnet je používán např. v elektrickém zvonku, v jističích, v hutním průmyslu, ve sběrnách kovového šrotu nebo v elektromagnetických relé.



- Elektromagnet se používá také např. pro brzdění tramvajových vozů a obráběcích strojů



# Jak ho vyrobit?



# Nápověda pro výrobu:

- <http://fyzweb.cuni.cz/bizarnikramy/mag1.htm>

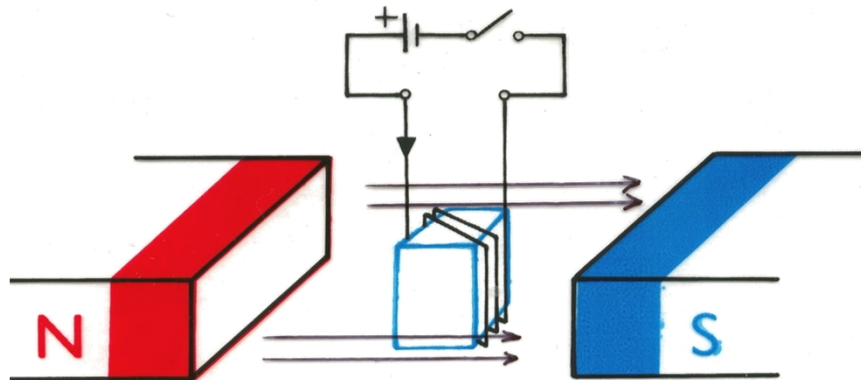
## **Video**

- Elektromagnet [DirectFilm Produkce]  
<http://www.youtube.com/watch?v=SwQdvePb6Y4>

# Působení magnetického pole na cívku s proudem

Do stejnorodého magnetického pole umístíme cívku otáčivou kolem osy, kterou může procházet el. proud.

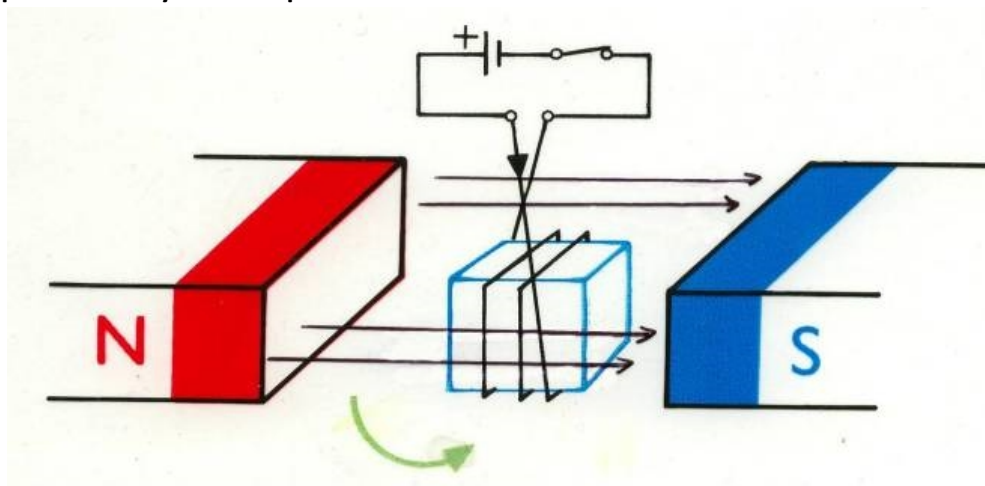
1. cívku neprochází el. proud – osa cívky je kolmá na mag. indukční čáry vnějšího stejnorodého mag. pole



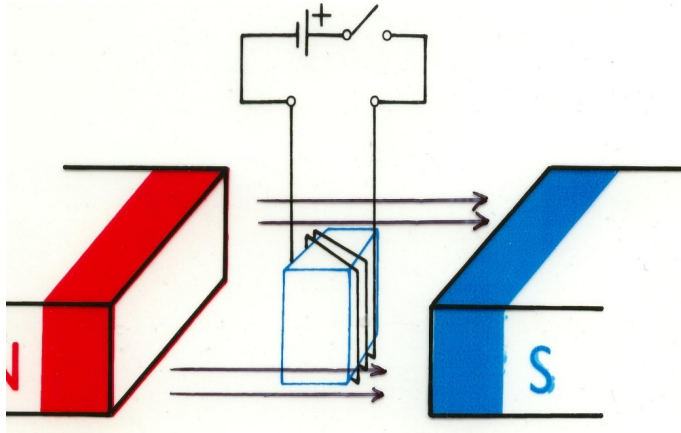
# Cívkou začne procházet el. proud

2. Kolem cívky vznikne magnetické pole, z cívky se stane magnet (bude mít severní a jižní pól, póly určíme pomocí APPR).

Najednou budeme mít u sebe dva magnety a víme, že na sebe navzájem budou působit. Severní pól vnějšího stejnorodého mag. pole bude odpuzovat severní pól cívky a přitahovat její jižní pól, díky tomu se cívka otočí o  $90^\circ$  tak, aby severní pól vnějšího stejnorodého pole byl u jižního pólu cívky a naopak.

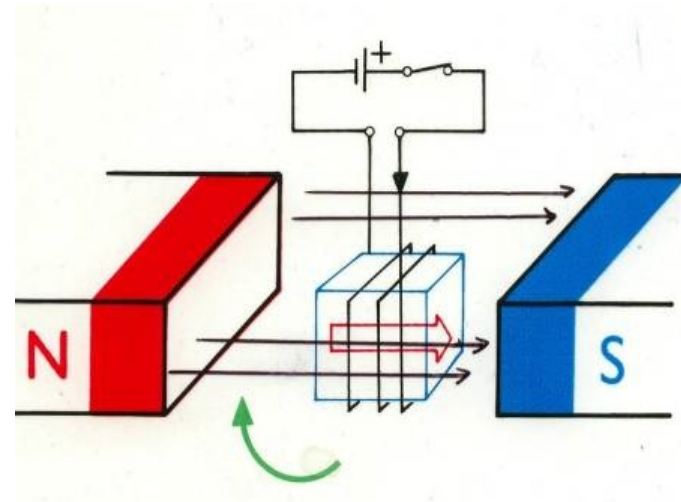
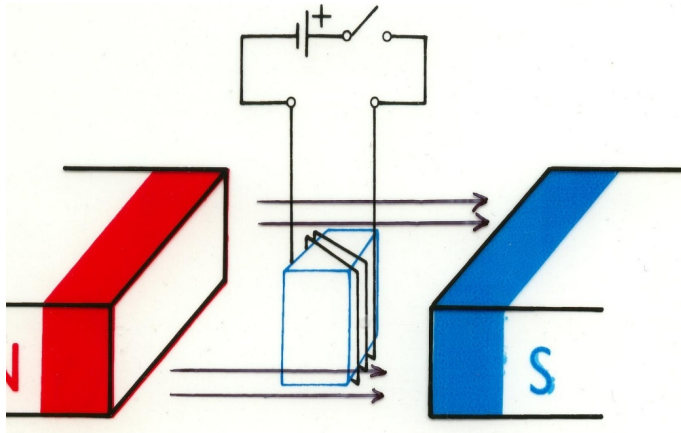


Jak to bude vypadat  
po zapnutí u této cívky?



Urči směr proudu po  
zapnutí vypínače, pak  
urči severní a jižní pól  
cívky podle APPR.

Jak to bude vypadat  
po zapnutí u této cívky?



# Platí:

Cívka s elektrickým proudem otáčíva kolem osy kolmé k mag. ind. čarám vnějšího stejnorodého mag. pole se ustálí vždy tak, že naproti sobě budou nesouhlasné póly magnetického pole cívky a vnějšího mag. pole.

**Pokud změníme polaritu zdroje, póly cívky si vymění pozici a celá cívka se díky tomu otočí o  $180^\circ$**

**Využití – magnetoelektrické měřicí přístroje, které se používají k měření proudu a napětí.**





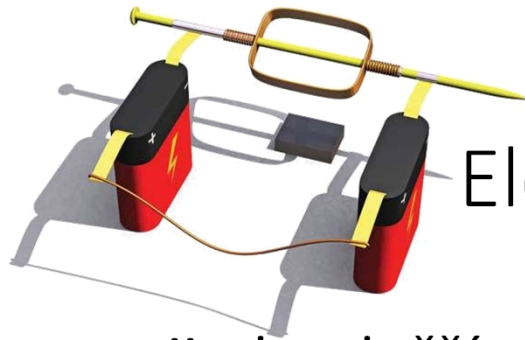
# Elektromotor



- je stroj, který přeměňuje elektrickou energii na energii mechanickou
- využívá toho, že se cívka otáčí v mag. poli







## Elektromotor

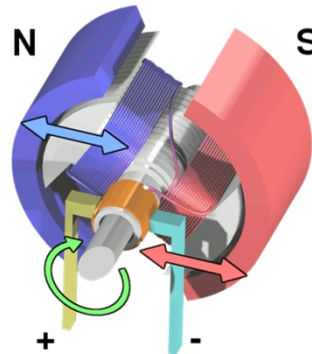


- nejjednodušší elektromotor je stejnosměrný
- použití: autíčko na dálkové ovládání, pohon tramvají, elektrické lokomotivy, vysavače, ...



# Z čeho se skládá jednoduchý elektromotor?

- **Stator** – nepohyblivá část – obal motoru – je tvořen trvalým magnetem
- **Rotor** – pohyblivá část – vložená do dutiny statoru – tvořena cívkou a komutátorem
- **Komutátor** – zajišťuje změnu směru proudu v cívkách



# Jak si jej vyrobit?



[http://www.vossost.cz/svab/elektross/elmotor\\_magnet/dc\\_elmotor.html](http://www.vossost.cz/svab/elektross/elmotor_magnet/dc_elmotor.html)

[http://www.emu.dk/gsk/fag/nat/eksperimenter\\_fase3/elektromagnetisme/](http://www.emu.dk/gsk/fag/nat/eksperimenter_fase3/elektromagnetisme/)

[http://lucy.troja.mff.cuni.cz/~tichy/elektross/elmotor\\_magnet/dc\\_elmotor.html](http://lucy.troja.mff.cuni.cz/~tichy/elektross/elmotor_magnet/dc_elmotor.html)

<http://fyzweb.mff.cuni.cz/bizarnikramy/motor1.htm>

[http://www.odbornecasopisy.cz/index.php?id\\_document=25004](http://www.odbornecasopisy.cz/index.php?id_document=25004)

<http://www.science.wgz.cz/jak-si-vyrobit/jak-si-vyrobit-jednoduchy-2.html?action=voteinquiry&inquiryid=6730782&answerid=790530>

# Videa - elektromotory

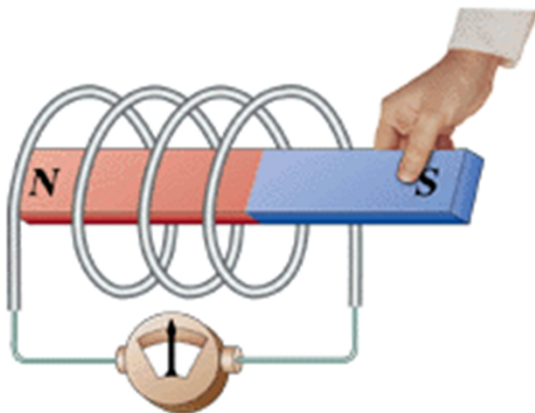
- <http://www.youtube.com/watch?v=1OP7VimnJR8&feature=fvst>
- <http://www.youtube.com/watch?v=1G1bG6mtO5k&NR=1>
- <http://www.youtube.com/watch?v=OS-ihkq8mKI&feature=related>



# Elektromagnetická indukce

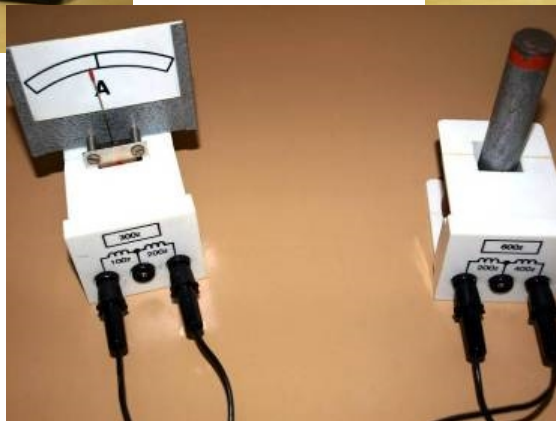
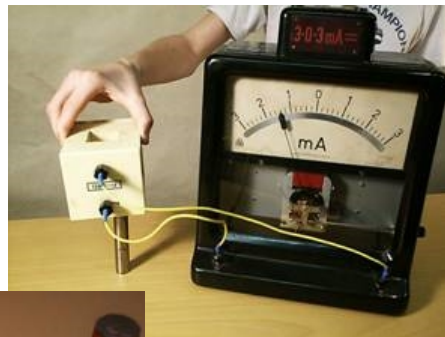


- objevitel – Michael Faraday
- je to děj, kdy při změně mag. pole v okolí uzavřeného el. obvodu s cívkou, vzniká v tomto obvodu indukovaný el. proud



# Jak vyrobit indukovaný proud?

a) vzájemným pohybem magnetu a cívky



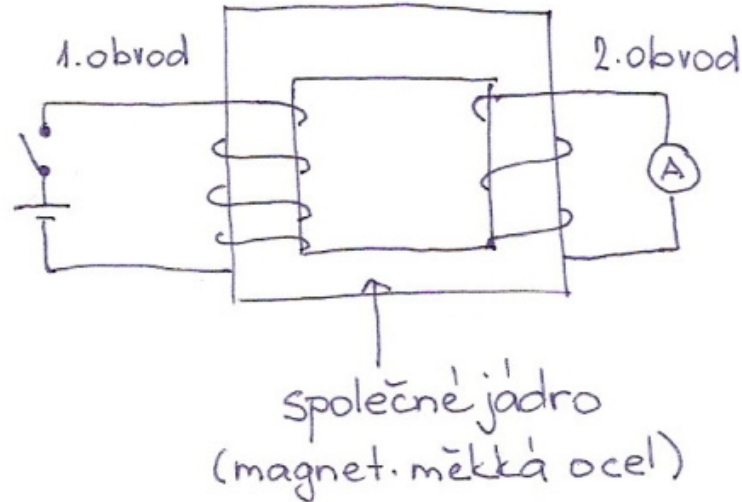
# Jak vyrobit indukovaný proud?

b) sestavíme si dva obvody:

první je složený ze zdroje, cívky a vypínače

druhý je složený z cívky a ampérmetru

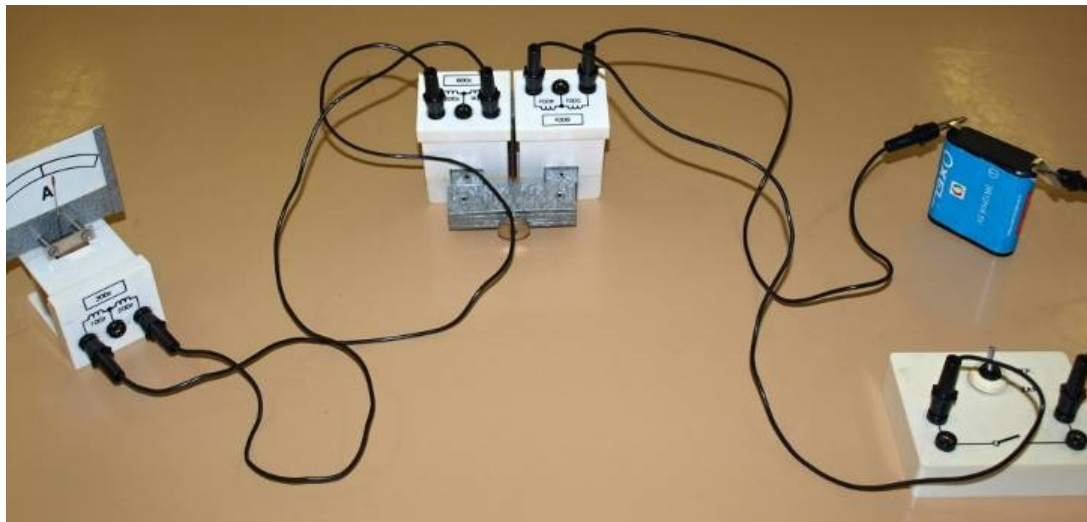
obvody jsou propojeny pouze společným jádrem cívek z mag.  
měkké oceli



# Jak vyrobíme indukovaný proud?

Pokud první cívkou začne procházet proud, vznikne kolem ní mag. pole. To ovlivní druhou cívku a vznikne v ní indukovaný elektrický proud. Ten po chvíli zanikne (protože se nemění mag. pole).

Po vypnutí proudu v prvním obvodu zanikne kolem první cívky mag. pole, to opět ovlivní druhou cívku, kterou začne procházet indukovaný proud, ale tentokrát opačným směrem. Opět po chvíli zanikne.





# Na čem závisí indukovaný proud?

Velikost indukovaného proudu závisí na:

1. rychlosti změny magnetického pole v okolí obvodu s cívkou
2. počtu závitů v cívce

**Video - indukovaný proud**

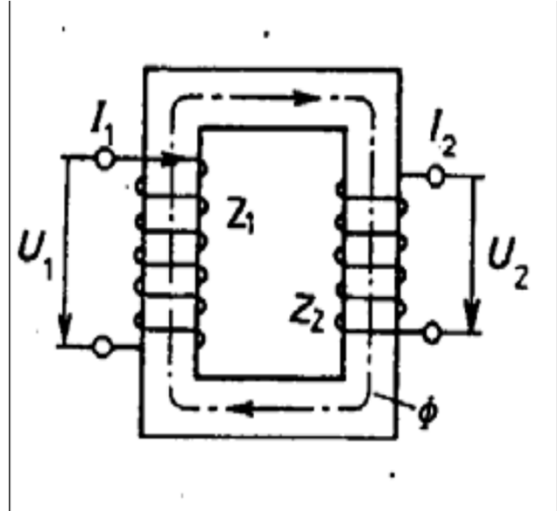


<http://www.youtube.com/watch?v=bSgdN5bSM2Y>

[http://www.vossost.cz/svab/elektross/elektrina/magnetismus/elmag\\_indukce/indukce\\_zakl.html](http://www.vossost.cz/svab/elektross/elektrina/magnetismus/elmag_indukce/indukce_zakl.html)

# Transformátory

- Jsou netočivé elektrické stroje, které přeměňují elektrickou energii na elektrickou energii pozměněných vlastností za neměnného kmitočtu
- Mají uplatnění ve všech oborech elektrotechniky pro zvyšování nebo snižování napětí a proudu
- Jsou tvořeny primárním vinutím, sekundárním vinutím a magnetickým obvodem vytvořeným z izolovaně oddělených plechů
- Charakteristikou je dělicí poměr - převod transformátoru  $p$



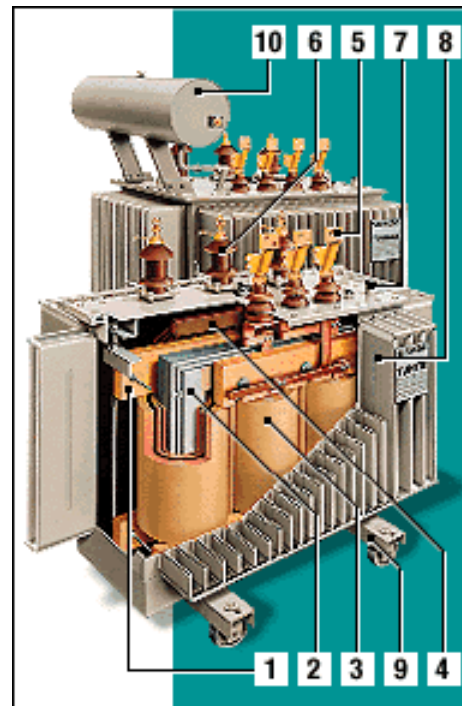
$$p = \frac{Z_1}{Z_2} = \frac{U_1}{U_2}$$

$$U_1 I_1 = U_2 I_2$$

# Ukázky transformátorů



Transformátory pro nn



Řez distribučním trafem

# Použití transformátorů

- **Svářecí transformátory**

Svařovací transformátor má na výstupní straně nejvíce jeden závit z lité mědi, který má kanálky, ve kterých protéká chladicí voda. Velikost proudu se řídí pomocí odboček na primární straně.

- **Obloukové svařování**

K zapálení oblouku se používá asi 40 V - 70 V. K udržení oblouku se používá napětí nižší kolem 20 V - 25 V odpor má zápornou charakteristiku, že při zapálení oblouku klesne napětí, ale zvětší se proud a naopak. Velikost proudu se reguluje oddalováním, vysouváním nebo natáčením magnetického obvodu.

- **Přístrojové transformátory**

Slouží k oddělování elektrických obvodů. Dělí se na měřicí a jistící. Chceme-li například vyměnit Ampérmetr, musíme svorky výstupního napětí spojit nakrátko. Z bezpečnostních důvodů se uzemňuje i výstupní vinutí měřicího transformátoru.

- **Jistící transformátory**

Slouží k napájení ochran zabezpečující provoz nebo omezují poruchy elektrických strojů a zařízení.

- **Pecové transformátory**

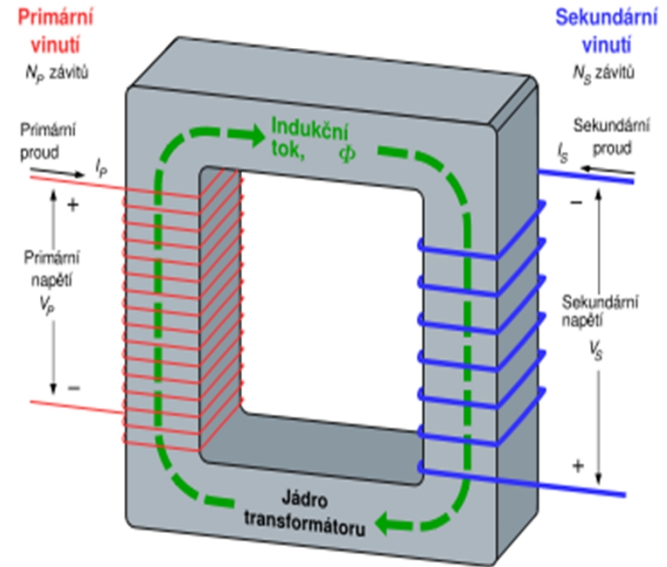
Slouží pro elektrické obloukové nebo indukční (nízkofrekv enční) pece. Výstupní napětí bývá od 4 V - 500 V o výkonu 10 kW - 80 MW.

# Rozdělení transformátorů

- jednofázový  
trojfázový  
vícefázový
- plášťový  
jádrový  
toroidní
- rozptylový (s magnetickým bočníkem...)  
speciální
- dvojvinuťový (primár, sekundár)  
trojvinuťový (primár, sekundár, terciár)  
vícevinuťový

# Princip činnosti transformátoru

- Transformátor pracuje na principu elektromagnetické indukce časovou změnou magnetického toku.
- Primární cívka ve svém obvodu působí jako spotřebič, sekundární jako zdroj.
- Do primárního vinutí přivedeme střídavé napětí a protože je uzavřený obvod, tak prochází proud střídavý. Okolo primární cívky se vytvoří magnetické pole charakterizované magnetickým tokem  $\Phi$  a ten je také střídavý. Tento tok se uzavírá převážně jádrem transformátoru a svými účinky zasahuje vinutí sekundární cívky.
- Vlivem časové změny magnetického toku se v sekundárních vodičích indukuje střídavé napětí.



# Základní rovnice transformátoru

- $U_1 = N_1 U_0$

$$U_2 = N_2 U_0$$

Napětí na cívkách transformátoru jsou přímo úměrná počtu závitů cívek

- $U_2/U_1 = N_2/N_1$

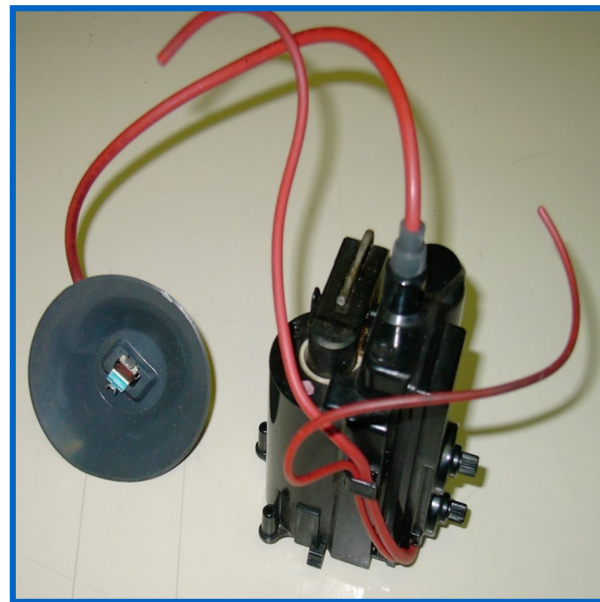
Transformační poměr  $p = N_2/N_1$

Transformace nahoru  $p > 1$ , dolů  $p < 1$

**V ideálním případě je odebíraný výkon ze sekundární cívky roven výkonu přiváděnému na cívku primární**

$$P_1 = P_2, I_1 U_1 = I_2 U_2$$

$$I_2/I_1 = U_1/U_2 = N_1/N_2$$



VN transformátor z televizního přijímače s výstupním napětím 25KV.

# Elektronika

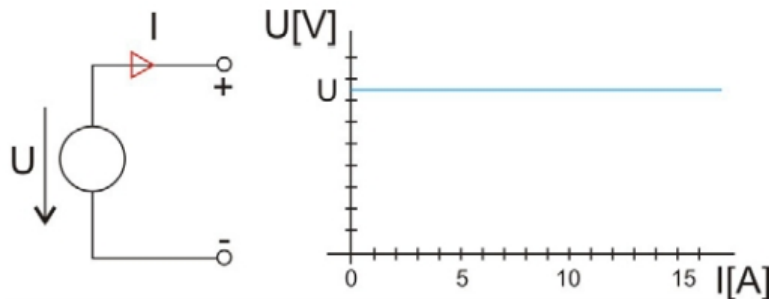
Přednáška č. 4 – zdroje napětí

Mgr. Pavel Černý, Ph.D.



# Ideální zdroj napětí

- Ideální zdroj napětí je takový zdroj, který je schopen dodat libovolný proud do zátěže bez toho, že by se jeho napětí změnilo (snížilo)
- Jeho schematická značka je na následujícím obrázku vlevo
- **zatěžovací charakteristika** (graf závislosti napětí na zatěžovacím – odebíraném proudu  $I$ ) je na obrázku vpravo



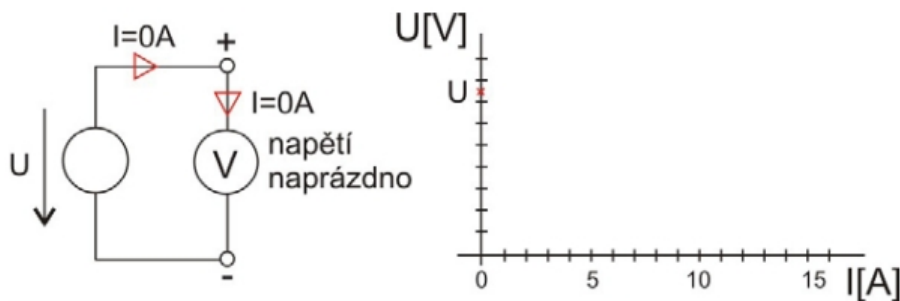
# Jak se měří zatěžovací charakteristika zdroje?

- Měříme napětí na svorkách zdroje a proud odebíraný ze zdroje
- Obě tyto hodnoty zakreslujeme do grafu
- Pro každou hodnotu odebíraného proudu odečteme velikost napětí na svorkách zdroje
- Obvykle stačí změřit pouze dvě hodnoty pro vytvoření zatěžovací charakteristiky, protože většina zdrojů má **lineární závislost** mezi zatěžovacím proudem a napětím

# Jak se měří zatěžovací charakteristika zdroje?

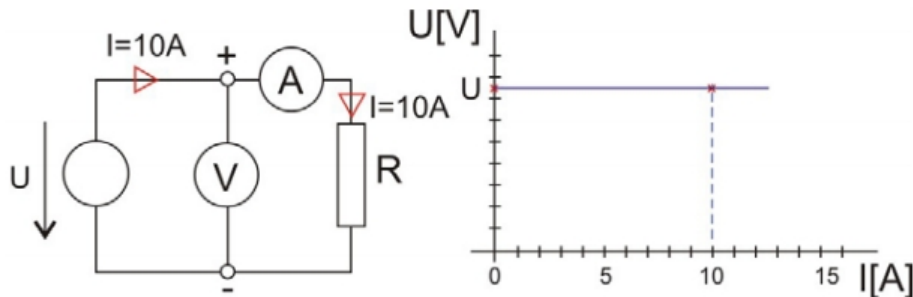
- Konkrétní příklad:

- Nejdříve ke zdroji připojíme pouze voltmetr, který měří napětí
- Voltmetr odebírá ze zdroje téměř nulový proud (spotřeba voltmetru)
- Voltmetr nám změří napětí  $U$  zdroje bez zátěže, tzv. napětí naprázdno = napětí ideálního zdroje napětí
- Změřenou hodnotu zakreslíme do zatěžovací charakteristiky (červený křížek na svislé ose – na této ose je odebíraný proud ze zdroje nulový, jak je patrné z hodnot na vodorovné proudové ose

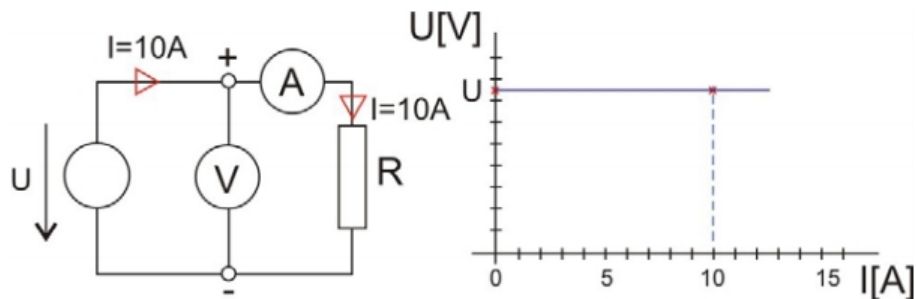


# Jak se měří zatěžovací charakteristika zdroje?

- Pak připojíme ke zdroji zátěž (žárovku, odpor nebo nějaký spotřebič) a změříme na zdroji napětí a ampérmetrem proud zátěží
- Změříme-li například proud 10A a napětí opět velikosti  $U$ , do charakteristiky zakreslíme kolmici k ose proudu v hodnotě 10A (čárkovaná světle modrá) a kolmici k ose napětí v hodnotě  $U$ .
- V průsečíku kolmic zakreslíme křížek
- Nakonec spojíme oba naměřené body polopřímkou, která je naší zatěžovací charakteristikou měřeného zdroje (tmavomodrá)



# Jak se měří zatěžovací charakteristika zdroje?



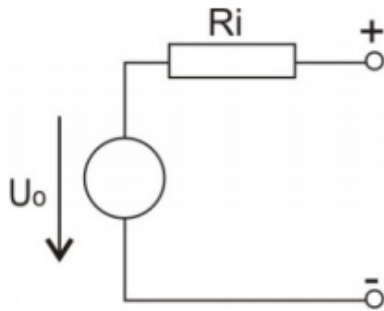
- Jak je vidět na zatěžovací charakteristice ideálního zdroje, napětí na svorkách zdroje je konstantní a nezávislé na zatěžovacím proudu zdroje
  - Ideální zdroj napětí v praxi neexistuje
  - V jistém rozsahu zatěžovacích proudů se jako ideální zdroj napětí může chovat elektronicky stabilizovaný zdroj napětí

# Jak se chová skutečný zdroj napětí

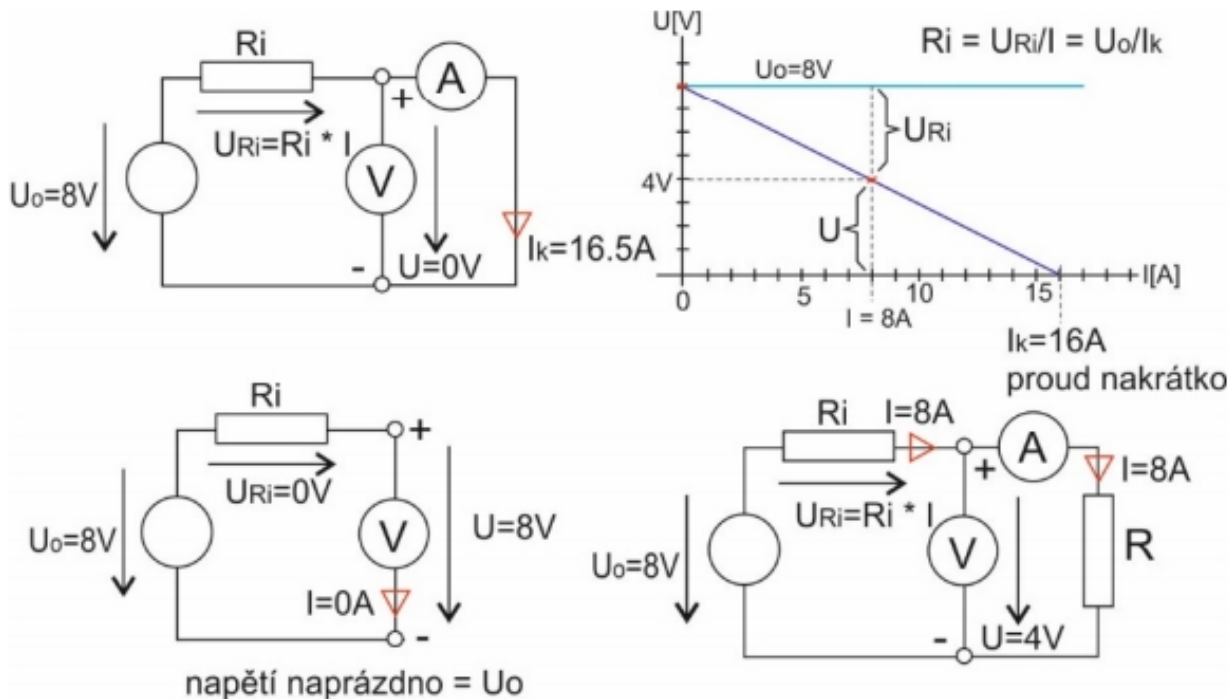
- Skutečný zdroj napětí se skládá z ideálního zdroje napětí a jeho vnitřního odporu
- Tento vnitřní odpor způsobí, že zatěžovací charakteristika není rovnoběžná s proudovou osou
- Napětí na svorkách zdroje se při zvyšujícím se zatěžovacím proudu zdroje snižuje
- Dochází k úbytku napětí na vnitřním odporu  $R_i$  zdroje

# Náhradní zapojení skutečného zdroje napětí

- Protože je, **při měření naprázdno**, proud protékající vnitřním odporem zdroje = 0 A, bude na základě Ohmova zákona i úbytek napětí na něm 0 V
  - Změříme na svorkách zdroje napětí  $U_0$



# Zatěžovací charakteristika skutečného zdroje



- Protáhneme-li zatěžovací charakteristiku až protne proudovou osu, dostaneme maximální proud, který je zdroj schopný dodat – proud nakrátko
- Je to proud, který poteče ze zdroje, pokud zkratujeme svorky zdroje drátem



# Příklad skutečného zdroje napětí

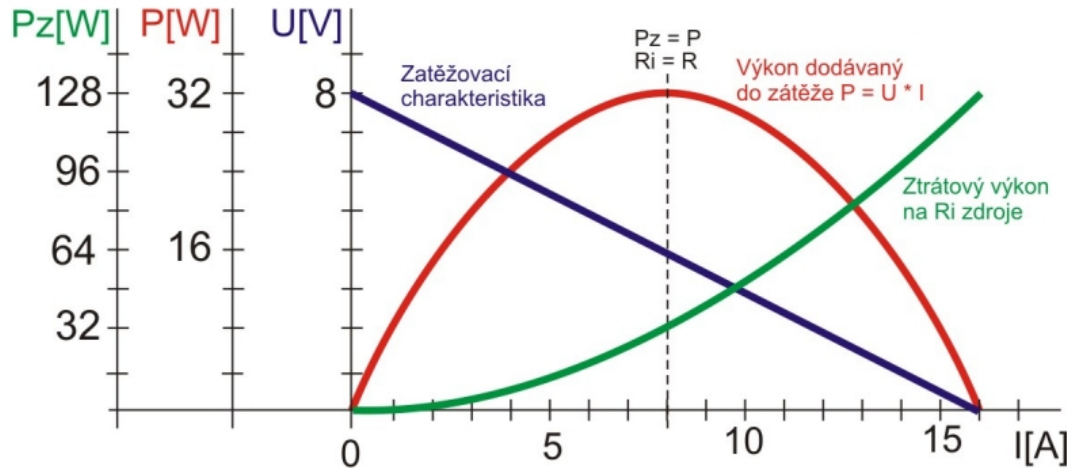
- Pozor na olověné autobaterie.
- Obvykle v autě plně nabitě mají napětí přes 13 V. Při startování auta dodávají proud větší než 300 A.
- Při zkratu je proud ještě mnohem větší.
- Pokud takovou baterii zkratujeme drátem, můžeme si o drát popálit ruce.
- Ve chvíli se drát k baterii procházejícím proudem přivaří a není jej možné od baterie odpojit.
- Drát se rozpálí tak, až se roztaví a může nás zranit i odstříkující rozžhavený kov, ze kterého je drát vyroben.
- Pokud to provedeme v autě, může nám auto začít hořet!!!!
- <https://www.youtube.com/watch?v=cpT0isuS-W8&t=150s>

# Zkuste si..

- Napětí naprázdno zdroje je 12 V. Napětí na svorkách zdroje je 8 V při odebíraném proudu ze zdroje 3 A. Nakreslete zatěžovací charakteristiku zdroje.
- Dodává-li zdroj proud 5 A, je na jeho svorkách napětí 24 V. Při proudu 3 A je na svorkách zdroje 30 V. Nakreslete zatěžovací charakteristiku zdroje. Určete z ní napětí  $U_0$ , proud nakrátko a vnitřní odpor zdroje  $R_i$ . Nakreslete náhradní zapojení tohoto zdroje.

# Výkonová charakteristika zdroje

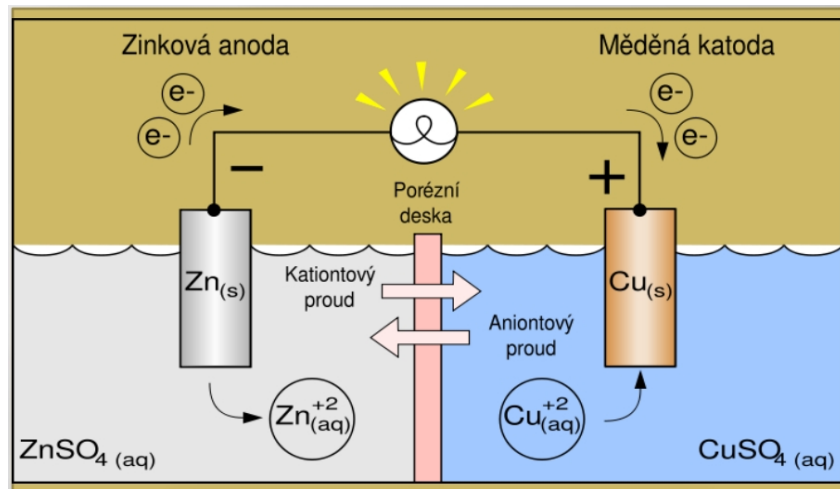
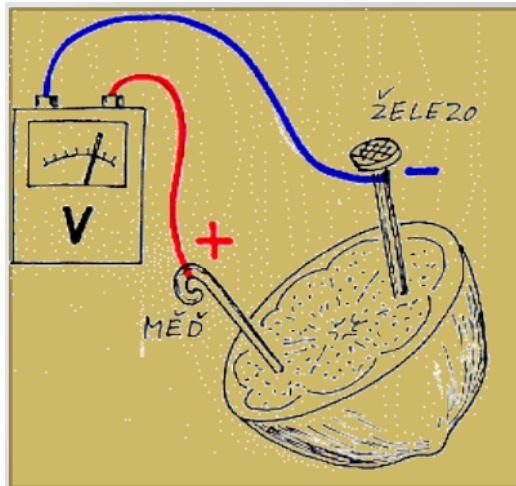
- Důležité je také chápat a vědět, jak je to se zátěží zdroje v závislosti na zatěžovacím proudu zdroje.
- Tato závislost je pro příklad našeho zdroje nakreslena na následujícím obrázku



Červeně je zde nakreslena výkonová charakteristika zdroje. Ukazuje, jaký výkon do zátěže je zdroj schopen dodat. Prakticky do poloviční hodnoty zatěžovacího proudu zdroje dodávaný výkon stoupá. **Maximální výkon do zátěže zdroj dodává, když je odpor zátěže roven vnitřnímu odporu zdroje  $R_i = R$** , tedy když zátěží teče polovina maximálního proudu (proudu na krátko), co je zdroj schopen dodat. U audiozesilovačů je právě takto správně zatížen zesilovač a dodává do reproduktorů maximální výkon

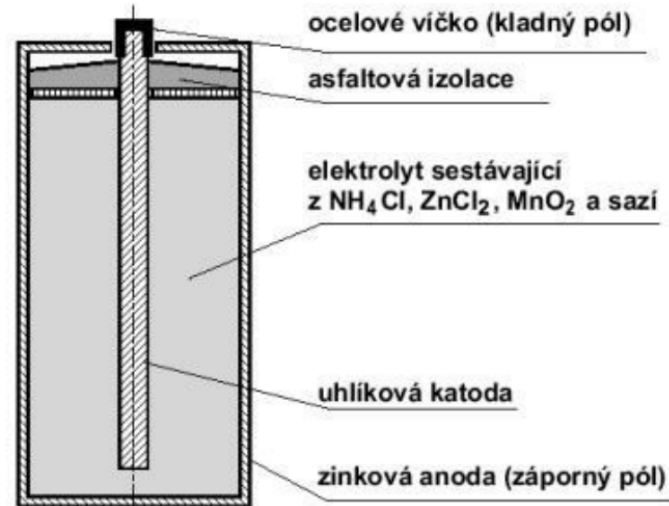
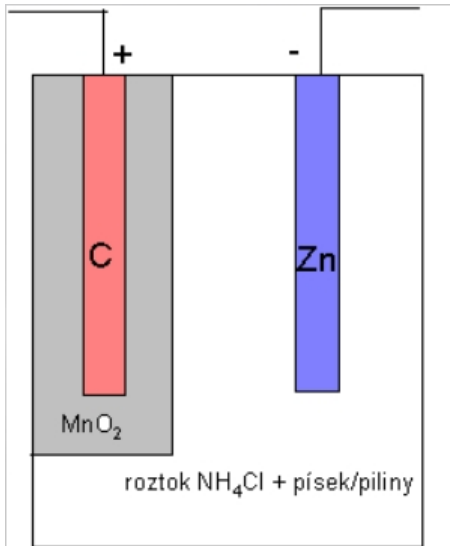
# Jak fungují skutečné zdroje napětí? – galvanický článek

- Galvanický článek (chemickou reakcí vzniká el. napětí)
- Elektromotorické napětí vzniká z rozdílu potenciálů na elektrodách
- Rozdílné potenciály jsou důsledkem chemických reakcí
- Nelze nabíjet



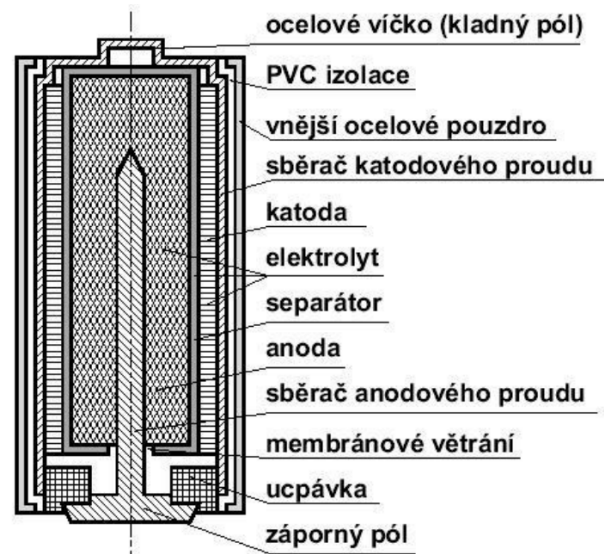
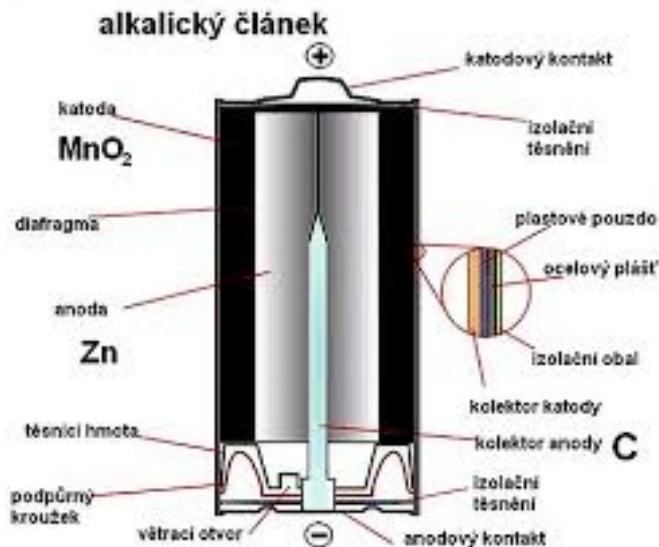
# Jak fungují skutečné zdroje napětí? – zinko-uhlíkový článek

- Napětí 1,5 V, nevydrží dlouho, nelze nabíjet



# Jak fungují skutečné zdroje napětí? – alkalický článek

- reakce probíhá mezi zinkem a oxidem manganičitým
- větší životnost než články uhlík / zinek
- napětí 1,5 V (nelze nabíjet)



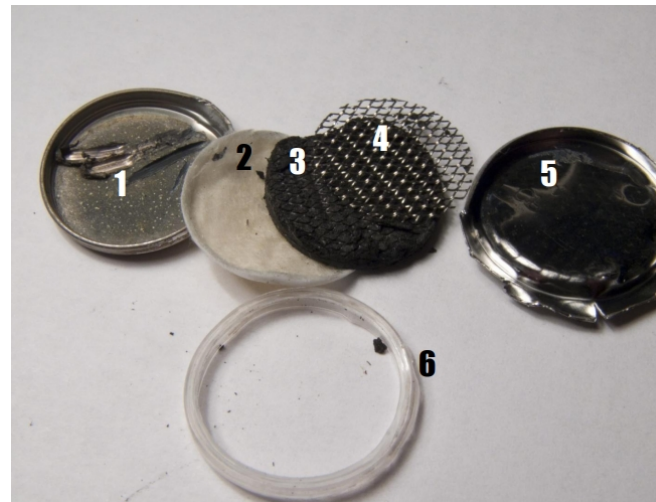
# Jak fungují skutečné zdroje napětí? – Lithiový článek

- chemická reakce probíhá mezi lithiem a oxidem manganičitým
- napětí v rozsahu 1,5 V – 3,7 V
- mohou dodat vysoké proudy! (v případě zkratu se mohou velmi rychle přehřát a explodovat)
- lithium je poměrně drahé a má nevalný vliv na životní prostředí



# Jak fungují skutečné zdroje napětí? – Lithiový článěk

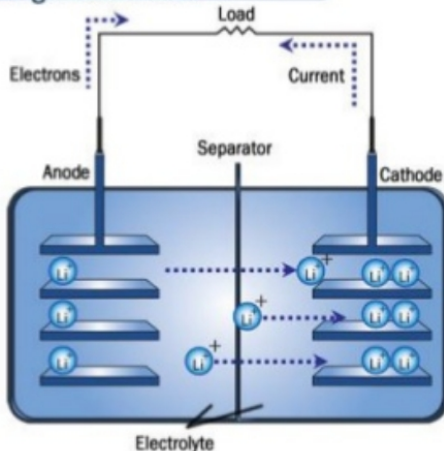
- 1. kovový obal – anoda s vrstvou lithia
- 2. pórovitý separátor
- 3. katoda z  $\text{MNO}_2$  (oxid manganičitý)
- 4. kovová mřížka – sběrač proudu
- 5. kovový obal – kladný pól
- 6. těsnící plastový kroužek





# Jak fungují skutečné zdroje napětí? – Lithiový článek

Lithium-ion rechargeable battery  
Discharge mechanism



## CATHODE

Lithium Nickel Cobalt Oxide  
doped with Aluminium

## ANODE

Graphite

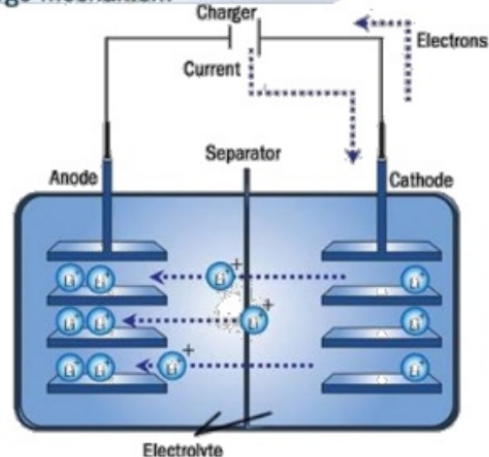
## ELECTROLYTE

Solution of lithium salt, such as  
LiPF<sub>6</sub> in an organic solution.

## SEPERATOR

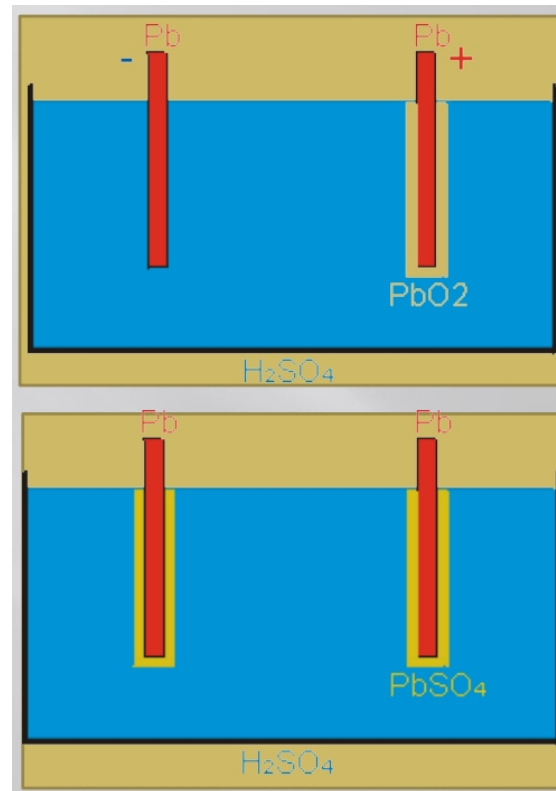
Thin sheet of micro-perforated  
plastic.

Lithium-ion rechargeable battery  
Charge mechanism



# Olověný akumulátor

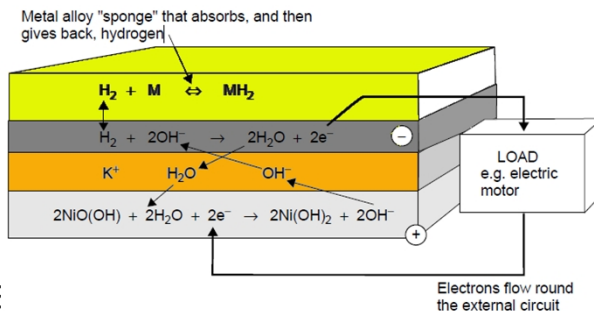
- nejpoužívanější elektrochemický zdroj energie
  - elektrody: + oxid olovičitý;
  - - houbovité olovo;
  - elektrolyt je kyselina sírová cca 35%
- kapacita od 1 do 10 000 Ah
  - záložní zdroje – UPS,
  - bezpečnostní systémy
  - startovací – autobaterie
  - trakční – golfová vozítka, vysokozdvizné vozíky



# NiMH – Nikl-metalhydridový akumulátor

- elektrody:

- + nikl
- vodík
- elektrolyt: hydroxid dras



- samovybíjení – při nepoužívání se vybíjejí samovolně cca 15 – 30 % měsíčně
- baterie recyko uchovávají kapacitu baterie
  - Po 6 měsících ztratí 10% kapacity a po 12 měsících 15 % kapacity



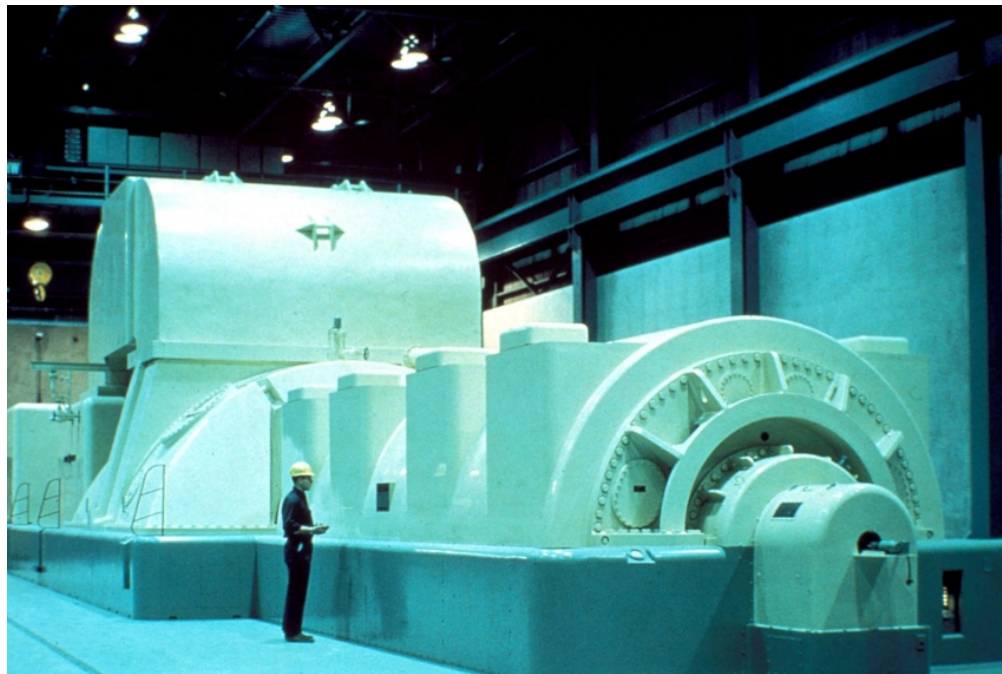
# NiMH – Nikl-metalhydridový akumulátor



# Zdroje napětí mechanickou přeměnou

- El. generátor je elektrický stroj, sloužící k přeměně jiných druhů energie na elektrickou
- nejčastěji se jedná o rotační, které využívají točivého magnetického pole a cívek ve kterých se indukuje el. napětí
- skládá se z:
  - rotoru – rotující část stroje, musí být dobře vyvážen
  - statoru – nepohyblivá část, tvořen trvalým magnetem nebo elektromagnetem (cívkou)

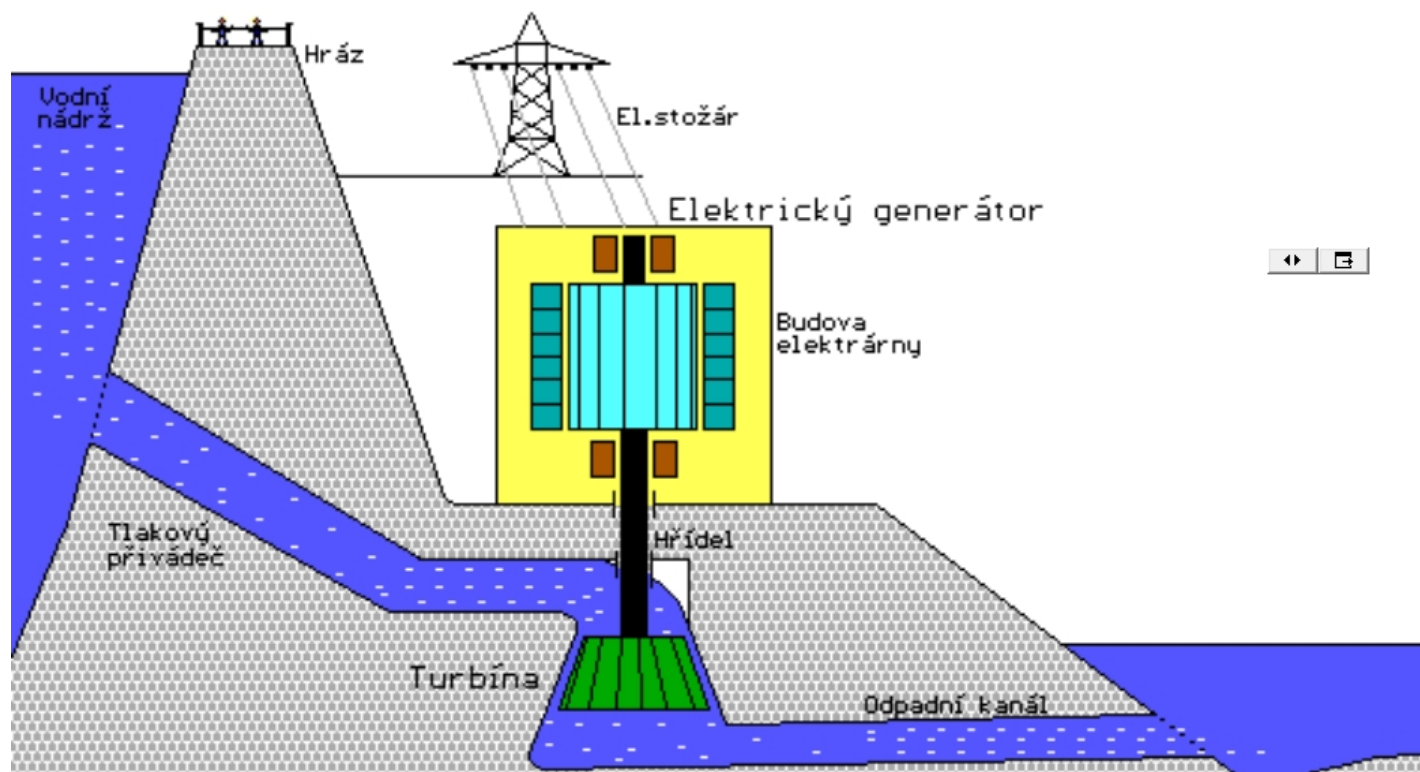
# Zdroje napětí mechanickou přeměnou



# Pohon rotačního generátoru

- potenciální energie vody – vodní elektrárna
- kinetická energie větru – větrná elektrárna
- kinetická energie páry – tepelná, jaderná elektrárna
- práce plynu (benzin, nafta)

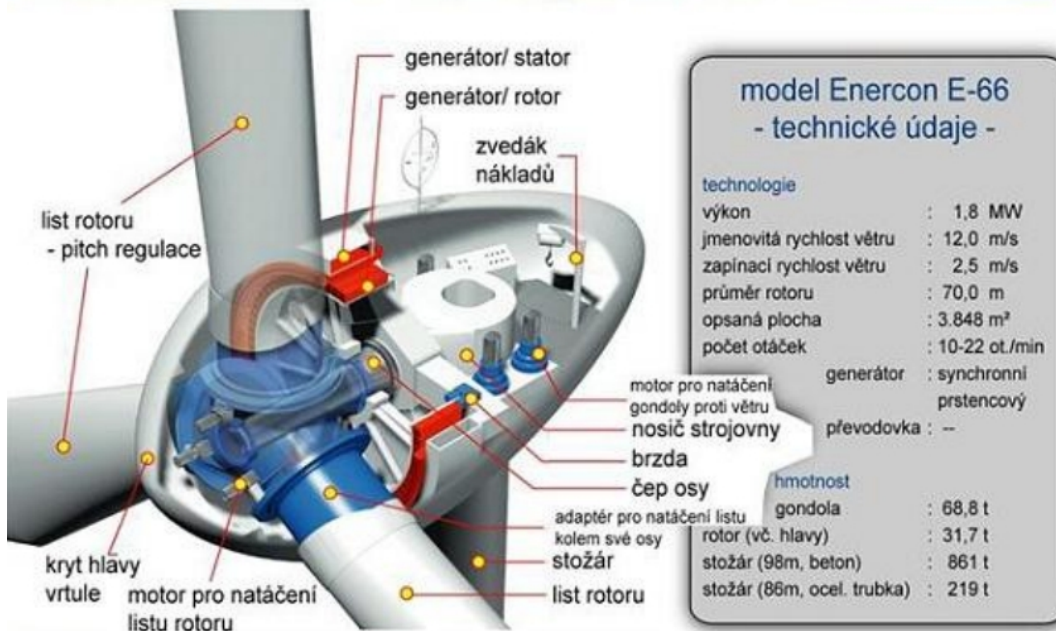
# Vodní dílo



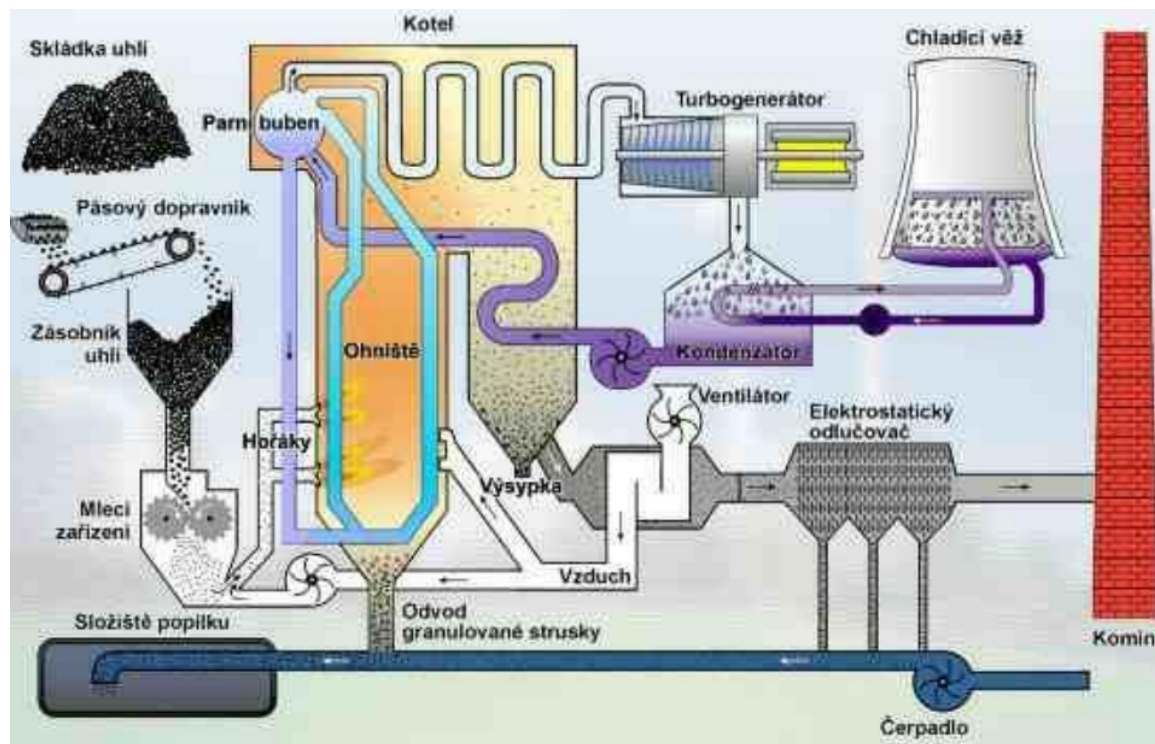


# Větrné elektrárny

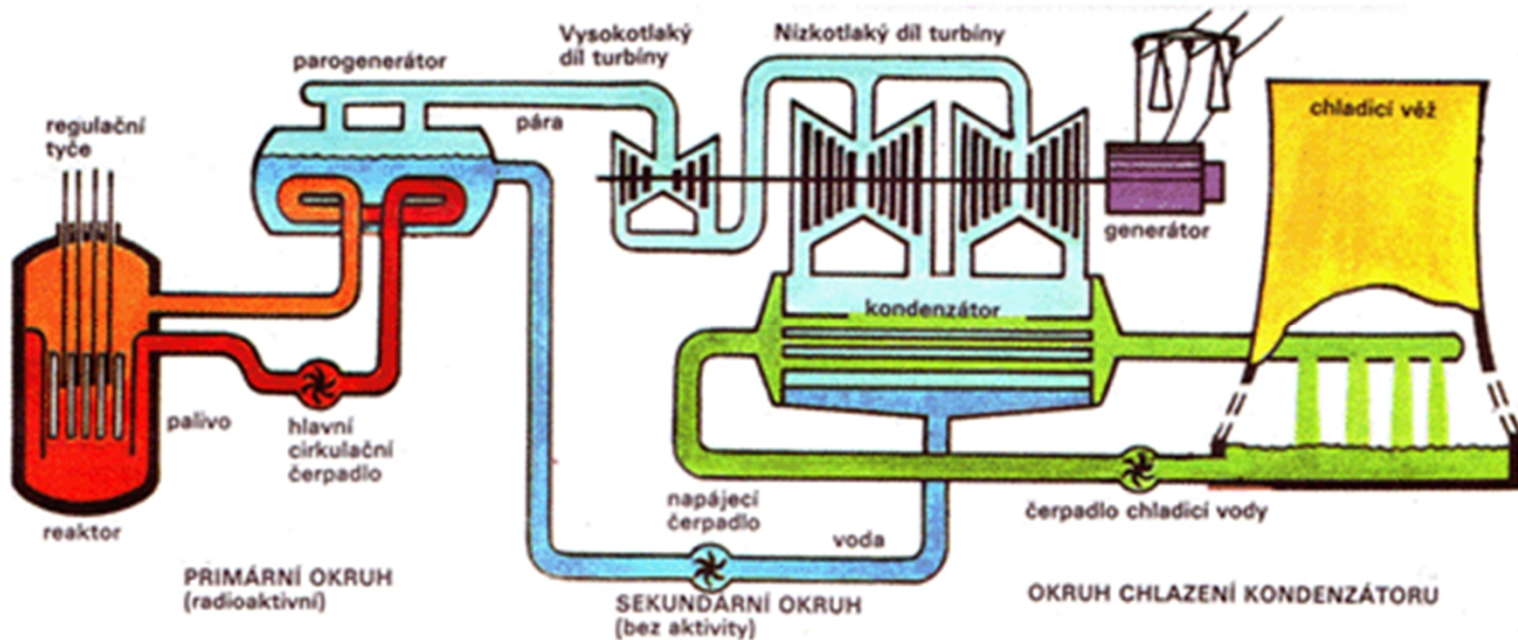
## TECHNOLOGIE VĚTRNÉ ENERGETIKY SCHÉMA GONDOLY - BEZ PŘEVODOVKY



# Uhelná elektrárna



# Generátory s jadernými reaktory



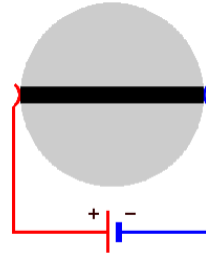
# Diesel-generátory

- Kdy a kde je používáme?
- Jaká je účinnost?



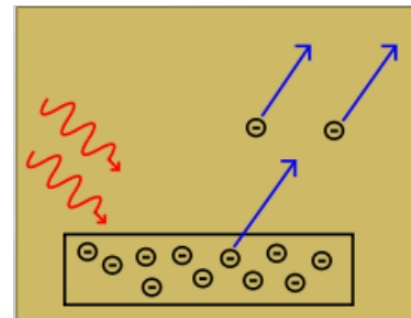
# Druhy generátorů

- Alternátor
  - vytváří střídavý proud (nemá komutátor)
- Dynamo
  - vytváří stejnosměrný proud (usměrnění probíhá v komutátoru)
  - stator – tvořen magnetem nebo elektromagnetem
  - rotor – s vinutím
  - komutátoru – rotační usměrňovač



# Přeměna světelné energie

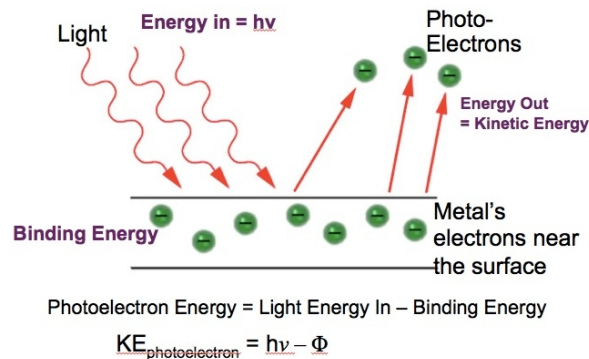
- princip, který
- fotoelektrický jev:
  - elektrony jsou uvolňovány z látky v důsledku absorpce elm. záření (rentgenové, viditelné) látkou
  - uvolněný elektron = fotoelektron
  - vnější – pokud probíhá na povrchu a elektrony se uvolňují do okolí
  - vnitřní – uvnitř látky, kdy elektrony neopouští látku, zůstávají v ní jako vodivostní elektrony
  - *Pozn: při osvětlení některých látek (především kovy) se tyto látky nabíjejí (např. zinek osvětlený UV se nabije kladně)*





# Fotoelektrický jev

- 1905: Albert Einstein vysvětlil fotoelektrický jev
- Jestliže světelné záření dopadá na kovový povrch, tak může vytrhnout elektron
- Z logiky vychází, že čím větší intenzita záření, tím je dodána větší energie a tím více elektronů bude vyraženo
- Jenže tak to není
  - Když světlo bude červené, tak ať už bude jakkoliv intenzivní, nevyrazí jediný elektron
  - Fialové světlo naopak elektrony vyráží – PROČ?
- **V tomto experimentu se světlo chová jako částice (fotony)**
  - Každý foton si lze představit jako energetický balíček, foton přináší jistou energii a buď tato energie k vyražení elektronu stačí, nebo ne



Einstein, 1905

# Elektrické zdroje – od generátoru po spotřebič

- V točivých generátorech nejčastěji vzniká střídavé třífázové napětí
- Pro přenos elektrické energie na velké vzdálenosti se volí velmi vysoké napětí – proč?
- Toto napětí je potřeba transformovat na nižší (400 – 110 – 22 – 0,4 kV)
- V síti máme 230 V střídavého napětí (50 Hz)
- Spotřebiče však často potřebují stejnosměrná nízká napětí (pro elektroniku)



# Elektrické zdroje – blokové schéma

