

EL. PROUD V KOLECH

El. proud

experiment: malířem kondenzátor (viz minule)
 • kondenzátor se malíř (≈ zdroj napětí)
 • rozstříhla se LED zapojena s kondenzátorem
 v sérii

⇒ obrotem se přeměť (převod) malířů částice a
ty drží el. proud

el. proud:

- fyzikální děj (viz výše) - USPOŘÁDANÝ POKYB
VOLNÝCH NABÝTÝCH ČÁSTIC

↳ proud 1 směrem (≈ mm.s⁻¹)

~ ~ ~ nejsem náhodný k náhodným atomům

--- pohybují se pod vlivem el. síly

++++ kovy ... e⁻ - $\vec{F}_E$ +
 polovodiče ... e⁻, díry - $\vec{F}_E$ +
 tekutiny ... e⁻, ionty

SMĚR EL. PROUDU - DOMLUVA: Proud KLADNĚ nabíjených
 částic, tj. od Kladné stránky zdroje k záporné.

- fyzikální veličina: $I = \frac{\Delta Q}{\Delta t}$ (1)

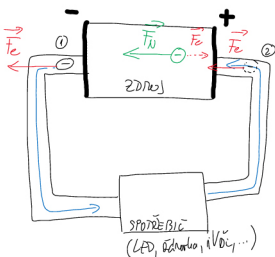
ΔQ - el. náboj, který projde průřezem vodiče
 za dobu Δt

$$[I] = C \cdot s^{-1} = A \text{ (ampér)}$$

$$(1) \Rightarrow Q = I \cdot t ; [Q] = A \cdot s \rightsquigarrow \text{praxe: mA} \cdot \text{h} \text{ (kapacita akumulátorů)}$$

El. zdroj

obecný princip činnosti:



① e⁻ se rozdělí na dvě skupiny malířů: elektrický zdroj =>
 => pod vlivem $\vec{F}_E$ se pohybují rozdílně kladné elektrony

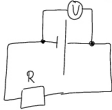
② e⁻ se dostane na kladnou elektrodu; pokud nebude „mít
evaku“ ne zdroj, cyklus pohyb e⁻ končí

ne zdroj: MUSEJ, na e⁻ působit síly
NEELST. POKYB, tj. to síly musejí vykonat
 práci W při přeměně e⁻ zdrojem, tj. potenciální
 rozdílem U_e ... ELEKTROMOTRICKÉ NAPĚTÍ



$$\dots R_v \rightarrow \infty \Rightarrow I \rightarrow 0 \Rightarrow \textcircled{V} \dots U_e$$

NAPĚTÍ NAPRAŽENO



$$R - \text{nemí nekonečno} \Rightarrow I \neq 0 \Rightarrow \textcircled{V} \dots U < U_e$$

U - SVORKOVÉ NAPĚTÍ



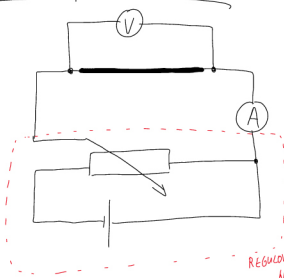
$$\text{ZKRAT} \\ R = 0 \Rightarrow I \rightarrow \infty$$

typy zdrojů napětí:

- galvanický články
 $(\vec{F}_E \sim \text{chem. reakce elektrod a elektrolytu})$
- solární články
 $(\vec{F}_E \sim \text{energie světla})$
- Peltierův články
 $(\vec{F}_E \sim \text{rozdíl teplot nerezistivní (polovodič)})$

určeno typy a principy platí pro ZDROJE STĚDNOUSNĚ-
 MÉHO NAPĚTÍ

El. odpor vodiče

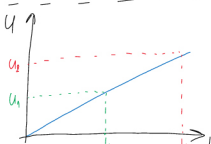
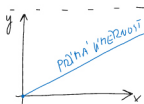


REOSTAT; jako DĚLÍČ NAPĚTÍ

po změřením závislosti el. napětí měřené na konci vodiče na el. proudu procházejícím vodičem jsme zjistili:

- $I \uparrow \Rightarrow U \uparrow$
- závislost $U(I)$ je LINEÁRNÍ

MATEMATIKA: lin. fce: $y = kx + q$
 po experimentu: $q = 0$ ($I = 0 \Rightarrow U = 0$)
 $k = \frac{y}{x} (= \text{konst.})$



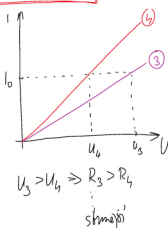
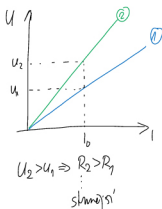
$$\frac{U}{I} = \text{konst.}$$

$$\frac{U_1}{I_1} = \frac{U_2}{I_2} = \dots = \text{konst.}$$

el. odpor vodiče: $R = \frac{U}{I}$; $[R] = V \cdot A^{-1} = \Omega$ (ohm)
 (G.S. OHM - 19. st.)

OHMŮV ZÁKON (pro část el. obvodu): Napětí měřené mezi konci vodiče je přímě úměrné elektrickému proudu procházejícímu vodičem.

$$U = R \cdot I \quad \wedge \quad R = \text{konst.}$$



alternativně lze zavést EL. VODIVOST: $\beta = \frac{1}{R} = \frac{1}{\Omega}$
 $[G] = A \cdot V^{-1} = S$ (siemens)

Závislost odporu vodiče na parametrech

a) "geometrické"

- délka ... $l \uparrow \Rightarrow R \uparrow$ (resp. $l \downarrow \Rightarrow R \downarrow$)

- průřez ... $S \uparrow \Rightarrow R \downarrow$

- materiál ... ρ - měrný el. odpor; $[\rho] = \Omega \cdot m$
 $([\rho] = \Omega \cdot mm^2 \cdot m^{-1})$
 elektrotechnici

$$R = \rho \frac{l}{S}$$

b) teplota

$t_1 \dots R_1$

$t_2, t_2 > t_1 \dots R_2$; kovy: $R_2 > R_1$

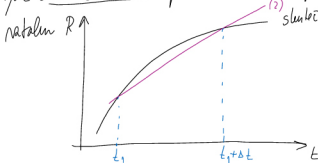
$$R_2 = R_1 (1 + \alpha \cdot \Delta t) \quad (2)$$

$\Delta t = t_2 - t_1$

α - koeficient změny odporu (materiálová charakteristika)

$$[\alpha] = (^\circ C)^{-1} = K^{-1} \quad \{\Delta t\} = \{T\}$$

(2) platí pro malé Δt ; $\Delta t \sim 100^\circ C$, protože jde o LINEÁRNÍ přibližnou komparativnějšího natáhnutí R



elektrotechnici: $R_2 = R_1 (1 + \alpha \cdot \Delta \theta)$
 $R = R_0 (\dots)$

Rezistor x reostat

REZISTOR ... $R = \text{konst}$

(přechod el. proudu vodičem $\Rightarrow$ ohřev vodiče $\Rightarrow \alpha \neq 0$)



"ODPOR" ... nelicím x "REZISTOR" ... součinnost

REOSTAT ... proměnný R

lze ho zapojit jako:

- regulátor el. proudu

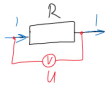
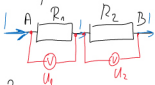
- regulátor el. napětí (DĚLÍC NAPĚTÍ)



Spojování rezistorů

a) seriové zapojení

dáno: R_1, R_2



ot: $R = ?$

$$U = U_1 + U_2 \text{ (mezi A a B)}$$

$$R1 = R_1 + R_2$$

$$R = R_1 + R_2$$

(lze zobecnit pro více rezistorů)

b) paralelní zapojení

dáno: R_1, R_2



ot: $R = ?$

$$I = I_1 + I_2$$

$$U_{AB} = U_{CD} = U_{EF}$$

$$\frac{U}{R} = \frac{U}{R_1} + \frac{U}{R_2}$$

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$

(lze zobecnit i pro více rezistorů)

pro 2 REZISTORY: $\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} = \frac{R_2 + R_1}{R_1 R_2}$

$$R = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$$

Př. $R_1 = 100 \Omega$

$R_2 = 220 \Omega$

a) seriové $R_s = ?$

b) paralelní $R_p = ?$

$$a) R_s = R_1 + R_2 = (100 + 220) \Omega$$

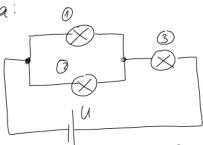
$$R_s = 320 \Omega$$

měření: 317Ω

$$b) R_p = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} = \frac{100 \cdot 220}{100 + 220} \Omega \approx 69 \Omega$$

měření: 69Ω

Úloha:



$R = \text{konst.}$

① - vyřadíme
co se stane s ② a ③?

$$\text{PŘEVODNĚ: } R_{c1} = \frac{R \cdot R}{R + R} + R = \frac{R}{2} + R = \frac{3}{2} R$$

$$\text{PO ZNĚNĚ: } R_{c2} = R + R = 2R \quad (> R_{c1})$$

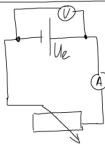
$$\text{PŘEVODNĚ: } I_1 = I_2 = \frac{I_3}{2} \quad \text{①, ② sníž. stejně, ③ více}$$

$$I_3 = \frac{U}{\frac{3}{2}R} = \frac{2}{3} \frac{U}{R} \quad U_3 = I_3 R = \frac{2}{3} U$$

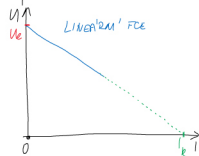
$$\text{PO ZNĚNĚ: } I_1' = I_3' \quad \text{②, ③ sníž. stejně, ① sníž. méně}$$

$$I_3' = \frac{U}{2R} \quad U_3' = I_3' R = \frac{U}{2}$$

Zakládající charakteristika zdroje napětí



experiment

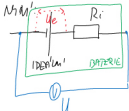
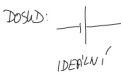


měříme svorkové napětí U

měřená data: $U_e - U \sim I \dots \rightarrow$ konstanta nelinearity musí být ODPOR

$$U_e - U = R_i \cdot I$$

měříme U a $I \dots$ na ZDROJ $\Rightarrow$ ODPOR musí být VNITŘNÍ
ODPOR ZDROJE $\dots R_i$



$$U_e - U = R_i I$$

$$U_e = U + R_i I$$

$$U_e = R_i I + R_i I$$

$$U_{AB} = U$$

$$U_{CD} = U_R$$

$$\text{ZKRAT: } R = 0 \Rightarrow U_e = 0 + R_i I_k \Rightarrow I_k = \frac{U_e}{R_i} \dots \text{ZKRATOVÝ EL. PROUD}$$

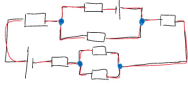
OHMŮV ZÁKON PRO CELÝ OBVOD
včetně odporu ZDROJE

Kirchhoffovy zákony

učení pro řešení složitějších el. ob'.

1841 - G. R. KIRCHHOFF

- UZEI ... rozdílné spojení 3 a více vodičů
- VĚTV ... rozdílné spojení 2 sousedních uzlů



- SMYČKA - rozdílné spojení 2 a více uzlů

1. KZ (průběh v uzlu)

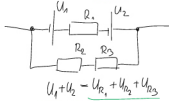
$$I = I_1 + I_2 + I_3$$

$$I - I_1 - I_2 - I_3 = 0$$

Algebraický součet el. proudů v uzlu je nulový

2. KZ (napětí v uzavřené smyčce) (v ZZE)

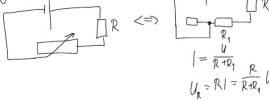
Součet napětí odměřů = součet napětí měřených na vodičích



Při výpočtu můžeme hledat směr proudů (nečtení U_2).

Aplikace

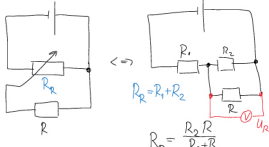
1) Regulator proudu



$$I = \frac{U}{R + R_1}$$

$$U_R = R I = \frac{R}{R + R_1} U$$

2) Regulator napětí (dílčí napětí)



$$R_p = \frac{R_2 R}{R_2 + R}$$

$$R_c = R_1 + R_p = R_1 + \frac{R_2 R}{R_2 + R} = \frac{R_1 R_2 + R_1 R + R_2 R}{R_2 + R}$$

$$I_c = \frac{U}{R_c} = \frac{R_2 + R}{R_1 R_2 + R_1 R + R_2 R} U$$

$$U_R = U_{R_2} = U_p = I_c \cdot R_p = \frac{R_2 + R}{R_1 R_2 + R_1 R + R_2 R} \cdot \frac{R_2 R}{R_2 + R} U = \frac{R_2 R}{R_1 R_2 + R_1 R + R_2 R} U$$

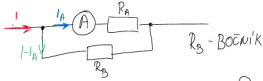
$$R_1 = R_2 - R_2 \rightarrow U_R \sim R_1 R_2 R_2 U$$

$-$ konst.
 R_2 x mění

3) Změna rozsahu ampérmetru

dáno: R_A, I_A (max. proud, který A smůže)

cíl: měřit I ; $I > I_A$



$$U_A = U_B$$

$$R_A I_A = R_B (I - I_A)$$

$$R_B = R_A \frac{I_A}{I - I_A}$$

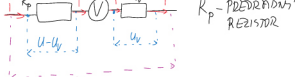
$R_B \sim m\Omega$

realizace: drátek

4) Změna rozsahu voltmetru

dáno: R_V, U_V (max.)

cíl: měřit napětí U ; $U > U_V$



R_P - PŘEDŘADNÝ REZISTOR

$$I_p = I_V$$

$$\frac{U - U_V}{R_P} = \frac{U_V}{R_V}$$

$$R_P = R_V \frac{U - U_V}{U_V}$$

Práce a výkon v obvodu stejnosměrného proudu

el. proud nemá práci:

- „načím“ spotřebičem
- ohřívá rezistory
- práce: fén, vyhlazovač, kuchař, ...

$$W = Q U = U I t = I^2 R t = \frac{U^2}{R} t$$

tato práce se mění na teplo jako tzv. JOULEOVÉ TEPLŮ

$$\text{výkon: } P = \frac{W}{t} = U I$$

... .. směřování

práce měkkostabílych tel zdroje: $W_N = U_N I t$

$$P_N = U_N I$$

$$\text{účinnost zdroje: } \gamma = \frac{W_N}{W} = \frac{P}{P_N} = \frac{U}{U_N} = \frac{R_I}{(R + R_I)} = \frac{R}{R + R_I}$$

nebo: KOMPROMIS mezi MAX. ÚČINNOSTÍ a MAX. VÝKONEM

$$P = U I = (U_N - R_I I) I = U_N I - R_I I^2$$

