

Meno: Škola: Trieda: Dátum:

Ohmov zákon pre uzavretý elektrický obvod

Fyzikálny princíp:

Pre uzavretý elektrický obvod platí Ohmov zákon:
$$I = \frac{U_e}{R + R_i} \quad (1)$$

ktorý môžeme prepísať do tvaru:
$$U = U_e - R_i I \quad (2)$$

kde U_e je elektromotorické napätie zdroja, R_i je vnútorný odpor zdroja, R je odpor vonkajšej časti obvodu, I je prúd prechádzajúci obvodom a U je svorkové napätie ($U = RI$). Zo vzťahu (2) vyplýva, že **svorkové napätie** U je lineárnou klesajúcou funkciou prúdu I pretekajúceho elektrickým obvodom.

Ak vodičom prechádza ustálený elektrický prúd, elektrické sily konajú prácu. Vo vonkajšej časti obvodu sa vykoná práca $W = UQ$, kde Q je veľkosť náboja, ktorý prejde prierezom vodiča za čas t a U je svorkové napätie. **Výkon elektrického prúdu** vo vonkajšej časti obvodu je daný vzťahom:

$$P = \frac{W}{t} = \frac{UQ}{t} \quad (3)$$

Využitím vzťahu pre prúd prechádzajúci obvodom $I = \frac{Q}{t}$ a vzťahu $R = \frac{U}{I}$, ktorý vyjadruje Ohmov zákon pre časť elektrického obvodu, dostávame:
$$P = RI^2 \quad (4)$$

kde R je odpor vonkajšej časti obvodu. Úpravou vzťahu (4) využitím Ohmovho zákona pre uzavretý obvod (1) dostávame:

$$P = U_e^2 \frac{R}{(R + R_i)^2} \quad (5)$$

Maximálnu hodnotu výkonu dosiahne pre $R = R_i$, t.j. ak odpor vonkajšej časti obvodu sa rovná vnútornému odporu zdroja.

Dôležitou charakteristikou zdroja je **účinnosť**, ktorá udáva, aká časť z celkového výkonu P_z zdroja v obvode pripadá na výkon P prúdu vo vonkajšej časti obvodu. Účinnosť zdroja teda je:

$$\eta = \frac{P}{P_z} = \frac{UI}{U_e I} = \frac{U}{U_e} \quad (6)$$

Po dosadení $U = RI$, $U_e = I(R_i + R)$ dostávame:

$$\eta = \frac{1}{1 + \frac{R_i}{R}} \quad (7)$$

Účinnosť batérie s rastúcim odporom vonkajšej časti obvodu rastie. Reálny zdroj sa blíži k maximálnej účinnosti $\eta = 1$ v prípade ak $R_i \ll R$. Pri hodnote $R = R_i$ je účinnosť zdroja $\eta = 0,5$.

Ciel':

1. Odmerať voltampérovú charakteristiku batérie.
2. Z voltampérovej charakteristiky batérie určiť elektromotorické napätie a vnútorný odpor batérie.
3. Odmerať závislosť výkonu prúdu vo vonkajšej časti obvodu na odpore vonkajšej časti obvodu.
4. Z nameranej závislosti určiť pri akej hodnote odporu je hodnota výkonu prúdu vo vonkajšej časti obvodu maximálna.
5. Odmerať závislosť účinnosti zdroja (batérie) na odpore vonkajšej časti obvodu a určiť hodnotu účinnosti zdroja pri odpore vonkajšej časti obvodu rovnom vnútornému odporu zdroja.

Pomôcky:

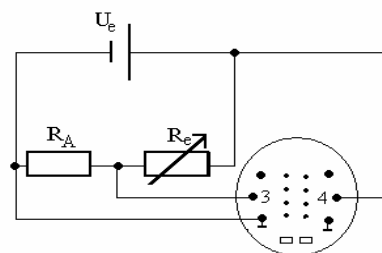
počítač so systémom Coach 5, merací panel CoachLabII, plochá batéria 4,5 V (prípadne batérie iných typov), odporový normál R_A (1Ω), reostat R_e (105Ω), spojovacie vodiče

Postup:

1. V časti *Exploring Physics* otvorte súbor „Uzavretý elektrický obvod“. Pokiaľ súbor k dispozícii nemáte, pripravte si experiment podľa návodu. Na kanále 4 snímajte napätie U z batérie, použite voltmeter *CMA* $-10..10 V$. Na kanále 3 snímajte napätie U_A z odporového normálu R_A , použite voltmeter *CMA* $0..5 V$. Dobu merania nastavte na 10 sekúnd. Vytvorte grafy závislosti $U = f(t)$,

$$I = f(t) \text{ a } U = f(I), \text{ kde pre prúd zadajte vzťah } I = \frac{U_A}{R_A}, \text{ podľa}$$

ktorého počítač prepočíta napätie U_A na prúd I .



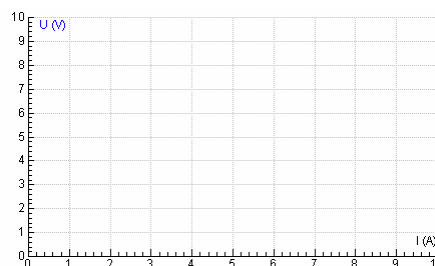
obr. 1

2. Zostavte elektrický obvod podľa schémy na obr. 1. Zobraďte grafy $U = f(t)$, $I = f(t)$, $U = f(I)$. Na kanále 4 snímajte napätie U z batérie, na kanále 3 snímajte napätie U_A z odporového normálu R_A , pomocou ktorého meriate nepriamo prúd I , ktorý určíte zo vzťahu $I = \frac{U_A}{R_A}$.
3. Stlačením zeleného tlačidla spustíte meranie. Plynulým pohybom jazdca reostatu R_e v priebehu 10 sekúnd zväčšujte (zmenšujte) jeho odpor, čím meníte hodnotu elektrického prúdu v obvode.

Otázky a úlohy:

A. Závislosť svorkového napätia od elektrického prúdu prechádzajúceho obvodom $U = f(I)$.

1. Do pripraveného grafu závislosti $U = f(I)$ zakreslite svoju predpoveď o priebehu sledovanej závislosti.
2. Prezrite si výsledok vášho merania a porovnajte nameraný priebeh s vašou predpoveďou. Napíšte, akú závislosť vám pripomína graf $U = f(I)$.



3. Graf závislosti $U = f(I)$ fitujte vhodne zvolenou funkciou. Zapište typ vybranej funkcie a hodnoty parametrov a, b, \dots

$$f(x) = \qquad \qquad \qquad a = \qquad \qquad \qquad b =$$

4. Ktorú veličinu v našom meraní predstavuje nezávislá premenná x ?

$$x =$$

5. Ktorú veličinu v našom meraní predstavuje závislá premenná $y = f(x)$?

$$y = f(x) =$$


6. Aký je fyzikálny význam parametrov a, b vo funkcii, ktorou ste fitovali nameranú závislosť $U = f(I)$?

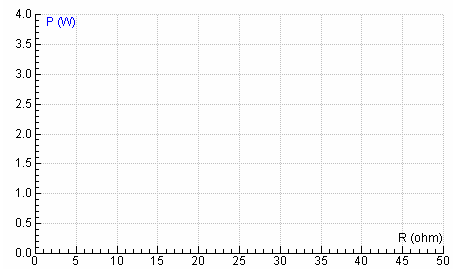
$$a = \qquad \qquad \qquad b =$$


7. Aké je elektromotorické napätie a vnútorný odpor batérie?


$$R_i = \qquad \qquad \qquad U_e =$$

B. Závislosť výkonu elektrického prúdu vo vonkajšej časti obvodu na odpore vonkajšej časti obvodu $P = f(R)$.

1. Do pripraveného grafu závislosti $P = f(R)$ zakreslite svoju predpoveď o priebehu sledovanej závislosti. 



2. Zostrojte graf závislosti výkonu elektrického prúdu vo vonkajšej časti obvodu na odpore vonkajšej časti obvodu $P = f(R)$, kde pre výkon P a odpor R zadefinujete vzťahy $P = UI$, $R = \frac{U}{I}$. Získanú závislosť porovnajte s vašou predpoveďou. Popíšte nameranú závislosť. 


3. Z grafu závislosti $P = f(R)$ určte hodnotu odporu, pri ktorom je hodnota výkonu elektrického prúdu vo vonkajšej časti obvodu maximálna. 

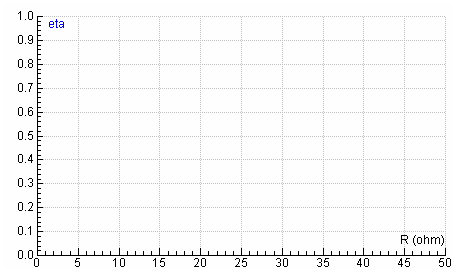
$R =$


4. Porovnajte hodnotu odporu, pri ktorom je výkon elektrického prúdu vo vonkajšej časti obvodu maximálny s vnútorným odporom batérie.

R R_i

C. Závislosť účinnosti zdroja (batérie) na odpore vonkajšej časti obvodu $\eta = f(R)$.


1. Do pripraveného grafu závislosti $\eta = f(R)$ zakreslite svoju predpoveď o priebehu sledovanej závislosti. 




2. Zostrojte graf závislosti účinnosti zdroja (batérie) na odpore vonkajšej časti obvodu $\eta = f(R)$, kde pre účinnosť zdroja zadajte vzťah $\eta = \frac{P}{P_Z}$, pričom P je hodnota výkonu prúdu vo vonkajšej časti obvodu a P_Z je celkový výkon zdroja $P_Z = U_e I$. Získanú závislosť porovnajte s vašou predpoveďou. Popíšte nameranú závislosť. 

3. Určte hodnotu účinnosti pre $R = R_i$. 

$\eta =$

4. Určte hodnotu účinnosti pre ľubovoľnú vyššiu hodnotu odporu R (napr. 50Ω). 

$\eta =$


5. K akej hodnote sa blíži účinnosť zdroja pri rastúcom odpore vonkajšej časti obvodu? 

$\eta \rightarrow$



Úloha A (B, C) 1: Zvoľte ponuku *Predict (Predpoved')*, ktorú vyvoláte stlačením pravého tlačidla myši na grafe.

Úloha A 3: Zvoľte ponuku *Analyse - Function-fit (Analýza - Funkcia-Fit)*, ktorú vyvoláte stlačením pravého tlačidla myši na grafe. Z ponuky *Function Type (Funkcia Typu)* vyberte vhodný typ funkcie a kliknite na ikonu *Auto fit*. Opíšte typ funkcie a hodnoty konštant a, b .

Úloha B 2: Kliknite na  **Display Diagram** a zvoľte *New diagram*. Zadaajte názov grafu: $P = f(R)$.

Súboru hodnôt $C1$ prirad'te *Analog In 4: Voltmeter*. Zmeňte názov veličiny na U . Označte *Axis invisible (Os neviditeľ'ná)*.

Súboru hodnôt $C2$ prirad'te *Formula: I*. Opäť označte *Axis invisible (Os neviditeľ'ná)*.

Súboru hodnôt $C3$ prirad'te *Formula (Vzorec)* v tvare: $C1/C2$, označte *Axis horizontal (Os horizontálna)*. Zadaajte názov veličiny: R , jednotka: ohm, min: 0, max: 50.

Súboru hodnôt $C4$ prirad'te *Formula (Vzorec)* v tvare: $C1*C2$, označte *Axis first vertical (Prvá kolmíca)*. Zadaajte *Quantity (veľičina)*: P , jednotka: W, min: 0, max: 4.

Úloha B 3: Zvoľte funkciu *Scan (Prezerat')*, ktorú vyvoláte stlačením pravého tlačidla myši na grafe závislosti $P = f(R)$.

Úloha C 2: Kliknite  **Display Diagram** na  a zvoľte *New diagram*. Zadaajte názov grafu: $\eta = f(R)$.

Súboru hodnôt $C1$ prirad'te *Formula: P*. Označte *Axis invisible (Os neviditeľ'ná)*.

Súboru hodnôt $C2$ prirad'te *Formula: I*. Opäť označte *Axis invisible (Os neviditeľ'ná)*.

Súboru hodnôt $C3$ prirad'te *Formula: R*. Označte *Axis horizontal (Os horizontálna)*.

Súboru hodnôt $C4$ prirad'te *Formula (Vzorec)* v tvare: číselná hodnota elektromotorického napätia $U_e * C2$, označte *Axis invisible (Os neviditeľ'ná)*. Zadaajte *Quantity (veľičina)*: P_z , min: 0, max: 4.

Súboru hodnôt $C5$ prirad'te *Formula (vzorec)* v tvare: $C1/C4$, označte *Axis first vertical (Prvá kolmíca)*. Zadaajte *Quantity (veľičina)*: η , min: 0, max: 1.

Úloha C 3 (4,5): Zvoľte funkciu *Scan (Prezerat')*, ktorú vyvoláte stlačením pravého tlačidla myši na grafe závislosti $\eta = f(R)$.