

Název: Zdroje stejnosměrného napětí

Téma: Zdroje stejnosměrného elektrického napětí

RVP: využití Ohmova zákona při řešení praktických problémů

Úroveň: střední škola

Tematický celek: Praktické aplikace přírodovědných a technických poznatků

Předmět (obor): fyzika

Doporučený věk žáků: třídy čtyřletého gymnázia, vyšší stupeň víceletého gymnázia

Doba trvání: 2 vyučovací hodiny

Specifický cíl: naučit žáky naplánovat a provést badatelskou činnost a vyhodnotit její výsledky

Seznam potřebného materiálu:

Pro každou dvojici: 4 ploché baterie nebo 4 tužkové monočlánky, zdroj stejnosměrného napětí 5 V s přípustným proudem alespoň 2–3 A, ampérmetr (analogový nebo digitální), voltmetr (analogový nebo digitální), rezistor 10 Ω , reostat 100 Ω , spojovací vodiče (6 ks), krokosvorky (8 ks), různé pojistky (o jmenovité hodnotě řádově stovek mA)

Seznam praktických (badatelských) aktivit:

Zjišťování vlastností zdroje napětí

Konstrukce zdroje požadovaného napětí

Způsob ochrany zdroje před přetížením a zkratem

Anotace:

Praktická aktivita na téma zdrojů stejnosměrného napětí je rozdělena do několika částí, v nichž žáci pracují ve skupinách. V první části žáci zkoumají vlastnosti zdroje (měří jeho voltampérovou charakteristiku), ve druhé části se pokoušejí sestavit zdroj s daným napětím z několika baterií a nakonec zkoumají a navrhuji možnosti ochrany zdroje před přetížením a zkratem (pojistky).

V průběhu práce žáci zaznamenávají své nápady, hypotézy, výsledky jejich ověřování a závěry do pracovního listu.

Harmonogram výuky:

	náplň práce	čas	potřebné vybavení a pomůcky	činnost učitele	činnosti žáků
Úvod do tématu – motivace	Seznámení s významem zdroje stejnosměrného napětí	5 min.	Pracovní list – úvod (motivační text)	Učitel odpovídá na eventuelní dotazy.	Žáci čtou motivační text z pracovního listu.
Předlaboratorní příprava	Nakreslení schémat a zapojení obvodů	10 min.	4 baterie, zdroj stejnosměrného napětí, ampérmetr, voltmetr, rezistor, reostat, spojovací vodiče (6), krokosvorky (8), různé pojistky	Dohlíží na činnost žáků.	Žáci nakreslí schémata zapojení a podle nich zapojí elektrické obvody; nastaví vhodné rozsahy měřících přístrojů.
Praktická (badatelská) činnost	1. Zjišťování vlastností zdroje napětí 2. Konstrukce zdroje požadovaného napětí 3. Způsob ochrany zdroje před přetížením a zkratem	45 min.	4 baterie, zdroj stejnosměrného napětí, ampérmetr, voltmetr, rezistor, reostat, spojovací vodiče (6), krokosvorky (8), různé pojistky	Učitel dohlíží na činnost žáků, konzultuje problémy a nejasnosti, klade jim otázky.	1. Měří a vyhodnocují VA charakteristiku zdroje. 2. Sestavují zdroj daného napětí, objevují zákony pro spojování zdrojů. 3. Zkoumají způsoby ochrany zdroje před zkratem.
Vyhodnocení výsledků	Diskuse výsledků ve skupinách a ve třídě	20 min.	Pracovní listy s výsledky měření	Moderuje diskusi, popřípadě vhodně volenými otázkami pomáhá žákům dospět k závěrům.	Diskutují ve skupinách, formulují závěry.
Prezentace výsledků	Formulace závěrů a Ohmova zákona pro celý obvod	5 min.	Pracovní listy s výsledky měření	Učitel dohlíží na správnost závěrů, případně pomáhá s jejich formulací.	Formulují závěry.

Domácí úkol pro žáky: Úlohy na Ohmův zákon pro celý obvod.

Přípravy pro učitele

Podrobný časový plán:

- přečtení motivačního textu v pracovním listě – 5 min.
- úkol č. 1: práce žáků ve skupinách – 20 min.; diskuse a shrnutí – 10 min (celkem 30 min.)
- úkol č. 2: práce ve skupinách – 15 min.; diskuse a shrnutí – 5 min. (celkem 20 min.)
- úkol č. 3: práce ve skupinách – 20 min.; diskuse a shrnutí – 10 min. (celkem 30 min.)

Z uvedených orientačních časů vyplývá, že tuto aktivitu lze realizovat ve dvou vyučovacích hodinách, tedy během jedné dvouhodinovy laboratorních prací. Máte-li laboratorní práce jednohodinové, je možno provést úkoly č. 1 a 2 v jedné hodině a úkol č. 3 v následující hodině.

Motivační text: Jeho celé znění najdete v pracovním listu pro žáky.

Úkoly pro žáky:

Po přečtení motivačního úvodu začnou žáci experimentálně hledat odpovědi na následující otázky:

1. Dostali jste plochou baterii nebo tužkový monočlánek. Záleží jejich napětí na tom, k čemu jsou připojeny? Jakými veličinami lze charakterizovat zdroj napětí?
2. Máte k dispozici čtyři ploché baterie. Jak je zapojíte, abyste z nich získali zdroj o napětí přibližně 9 V, který bude schopen do obvodu dodávat maximální proud?
3. Jak ochránit zdroj před přetížením a zkratem?

Poznámky pro učitele:

1. Měření voltampérové charakteristiky zdroje

Skupinky žáků dostanou plochou baterii (není-li k dispozici, stačí i monočlánek, pak je ale třeba vyřešit způsob jeho zapojení do obvodu - držák), 2 krokosvorky (lze se obejít i bez nich, používáte-li ploché baterie a vodiče, jejichž banánky se dají z boku nasunout na kontakty baterie), reostat, rezistor, ampérmetr, voltmetr (jelikož se napětí příliš nemění, je jednodušší použít digitální) a 6 spojovacích vodičů. Úkolem žáků je naměřit VA charakteristiku zdroje a zjistit, které veličiny zdroj charakterizují.

Dá se předpokládat, že žáci poměrně rychle přijdou na to, že je třeba sestavit sériový obvod s reostatem sloužícím k regulaci proudu v obvodu, ampérmetrem k měření proudu v obvodu (a tedy i proudu zdrojem) a rezistorem, který ochrání zdroj před případným zkratem. Voltmetr připojený paralelně ke zdroji měří napětí na jeho svorkách.

Žáci postupně snižují odpor reostatu, čímž se zvětšuje proud v obvodu. Proud lze zvyšovat např. po zhruba 10 mA a vždy odečíst s ním i napětí. Po vynesení naměřených hodnot do grafu závislosti napětí zdroje na protékajícím proudu $U=U(I)$ žáci zjistí, že napětí klesá lineárně se zvyšujícím se proudem.

Použijí-li ke zpracování dat počítač s tabulkovým procesorem, mohou body rovnou proložit přímkou (v Excelu „přidat spojnicí trendu“) a nechat si zobrazit její rovnici. Jednotkovou analýzou přijdou jednoduše na to, které veličiny představují číselné koeficienty v rovnici přímky (maximální (elektromotorické) napětí zdroje a jeho vnitřní odpor). Poté ještě mohou vypočítat zkratový proud (na tuto myšlenku je lze navést).

Na závěr žáci diskutují mezi sebou o dosažených výsledcích.

2. Konstrukce zdroje zvoleného napětí

Žáci potřebují čtyři ploché baterie (opět je lze nahradit monočlánky, pokud je máte v držácích, je však potřeba v zadání upravit požadované napětí), 8 krokosvorek (opět se lze při použití vhodných vodičů obejít bez nich), 6 vodičů (o další si v případě potřeby požádají), ampérmetr, voltmetr a rezistor.

K pomůckám, které již mají, jim tedy přidáme 3 baterie (monočlánky s držáky) a 6 krokosvorek. Pokusí se různě zapojovat baterie a docílit požadovaného napětí (obecně dvojnásobku napětí jedné baterie, tj. v případě plochých baterií má být výsledné napětí asi 9 V) s tím, že proud dodávaný do obvodu má být maximální.

Žáci budou sestavovat obvod skládající se z rezistoru, ampérmetru měřícího proud protékající rezistorem, „kombinace“ baterií a voltmetru měřícího celkové napětí „kombinace“ baterií. Dá se očekávat, že žáci se napřed pokusí zapojit všechny baterie sériově a zjistí, že celkové napětí je rovno čtyřnásobku napětí jedné baterie. Tedy, že se napětí sériově zapojených zdrojů sčítají. Pokud pak zapojí baterie paralelně, zjistí, že napětí je pořád stejné jako napětí jedné baterie, ale nově vzniklý zdroj je schopen dodat do obvodu větší proud. Z toho by již měli usoudit, že k získání požadovaného napětí je třeba zapojit vždy dvě baterie sériově a obě větve pak paralelně, nebo vždy dvě baterie paralelně a obě spojení pak sériově.

Na závěr žáci diskutují mezi sebou o dosažených výsledcích.

3. Jak ochránit zdroj před přetížením a zkratem?

K pomůckám, které již žáci mají, přidáme zdroj stejnosměrného napětí (místo něj lze případně použít i plochou baterii) a několik různých pojistek na jmenovité proudy řádově stovek mA. Žáci sestaví obvod s pojistkou, ve kterém budou postupně zvyšovat proud a sledovat, kdy se pojistka přepálí.

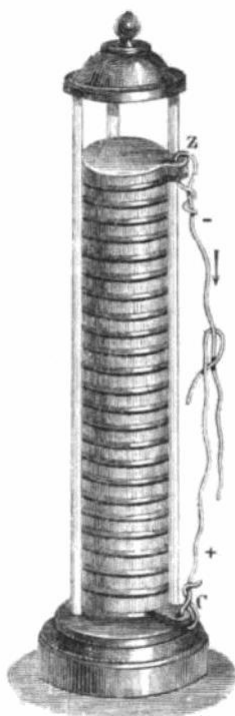
Žáci sestaví stejný obvod jako v úkolu č. 1, ale místo rezistoru zařadí pojistku. Pak budou reostatem postupně zvyšovat proud a sledovat, jaké maximální hodnoty dosáhne předtím, než opět klesne na nulu (pojistka se přepálí). Měli by naměřit hodnoty o něco větší, než jsou jmenovité hodnoty uvedené na pojistkách.

Na závěr žáci diskutují mezi sebou o dosažených výsledcích.

Pracovní list pro žáky – vyplněný

Zdroje stejnosměrného napětí

Úvod: Až do konce 18. století mohli fyzikové experimentovat jen s elektrostatickými jevy, jelikož nebyl k dispozici žádný použitelný zdroj elektrického napětí. Až teprve roku 1800 italský fyzik Alessandro Volta sestrojil tzv. Voltův sloup, který je předchůdcem dnešních baterií. Skládal se z navrstvených měděných a zinkových plíšků proložených plátkou kůže, které byly provlhčeny okyseleným roztokem. Jednalo se tedy o galvanickou baterii tvořenou několika sériově zapojenými elektrickými články. S Voltovými sloupy si ovšem museli lidé vystačit dalších skoro sto let, než byla postavena první elektrárna využívající jev elektromagnetické indukce, která pak konečně nabídla elektřinu i ke všeobecnému použití.



Voltův sloup

(citováno z http://cs.wikipedia.org/wiki/Volt%C5%AFv_sloup)

Dnes si již život bez elektřiny neumíme představit. Přístroje, které připojujeme do zásuvky, jsou napájeny střídavým proudem vyráběným v elektrárnách. Používáme ale i řadu ručních přístrojů, které jsou napájeny monočlánky či akumulátory, ve kterých vzniká elektrická energie přeměnou z energie chemické tak, jako ve Voltově sloupu.

Seznam pomůcek:

plochá baterie nebo tužkový monočlánek, ampérmetr a voltmetr (analogový nebo digitální), rezistor (s odporem asi 10 Ω) reostat (s odporem asi 100 Ω), spojovací vodiče

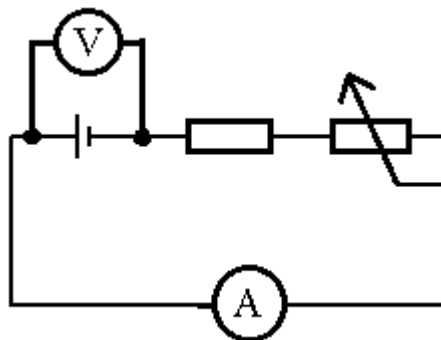
Pracovní úkoly:

Úkol č. 1: Dostali jste plochou baterii nebo tužkový monočlánek. Záleží jejich napětí na tom, k čemu jsou připojeny? Jakými veličinami lze charakterizovat zdroj napětí?

Provedení: Budete měřit, zda napětí monočláneku (ploché baterie) závisí na proudu protékajícím obvodem. Pokud ano, jak?

Nakreslete schéma obvodu, se kterým budete pracovat, a sestavte ho.

Potřebujeme sestavit obvod umožňující změny proudu. Proto do něj zařadíme reostat. Budeme měřit napětí na zdroji a proud procházející obvodem. Zařadíme i ochranný rezistor 10 Ω, abychom se vyhnuli (v případě nastavení reostatu do polohy s nulovým odporem) zkratu v obvodu.

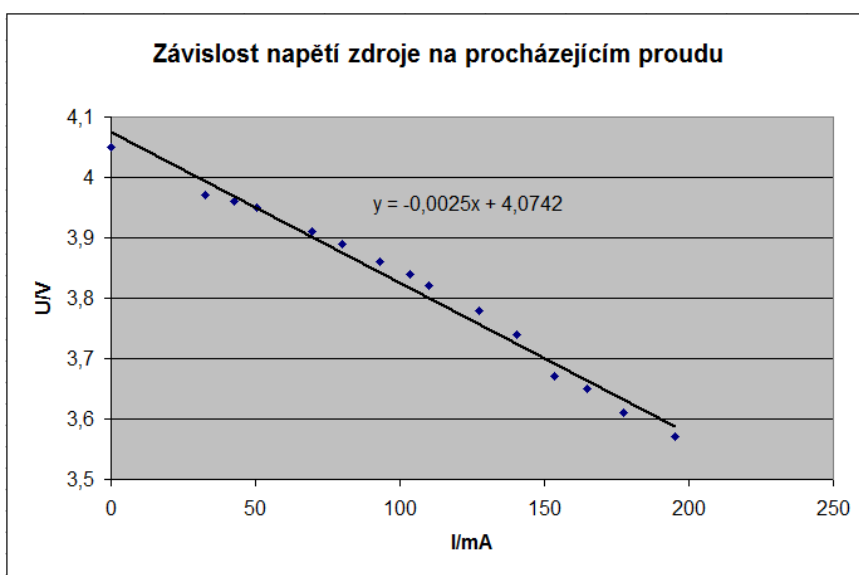


Stručně popište postup měření.

Napřed necháme obvod rozpojený a změříme napětí zdroje (naprázdno) při nulovém proudu v obvodu. Pak nastavíme reostat na maximální odpor, obvod uzavřeme a změříme napětí na zdroji a proud obvodem. Postupně snižujeme odpor reostatu a opakovaně měříme napětí a proud. Výsledky zapišeme do tabulky a pomocí tabulkového editoru je vyneseme do grafu.

Provedte měření, jeho výsledky zanepte do tabulky a do grafu. Z naměřených hodnot vyvodte závěry.

I/mA	0	32,4	42,5	50,6	69,5	80,0	92,9	103,3	110,0	127,2	140,6	153,5	164,9	177,3	195,2
U/V	4,05	3,97	3,96	3,95	3,91	3,89	3,86	3,84	3,82	3,78	3,74	3,67	3,65	3,61	3,57



Body v grafu se dají proložit přímkou, jejíž rovnice je $U = -2,5 \text{ V} \cdot \text{A}^{-1} \cdot I + 4,07 \text{ V}$. Při nulovém proudu je napětí baterie největší, při zvyšujícím se proudu postupně klesá. Jelikož na levé straně rovnice je elektrické napětí, musí oba členy na pravé straně představovat taktéž elektrické napětí. Z toho vyplývá, že veličina, která je v rovnici v součinu s proudem I , představuje elektrický odpor – vnitřní odpor zdroje. Zde činí $2,5 \Omega$.

Napětí zdroje při zvyšujícím se proudu v obvodu klesá. Vidíme, že proud může zdrojem procházet i tehdy, je-li na jeho svorkách nulové napětí. To nastane v případě zkratu a proud je tehdy největší možný (je omezen jen odporem zdroje). V tom případě máme $0 = -2,5 \text{ VA}^{-1} \cdot I_z + 4,07 \text{ V}$, z toho pak $I_z \doteq 1,6 \text{ A}$.

Seznam pomůcek:

4 ploché baterie nebo 4 tužkové monočlánky, zdroj stejnosměrného napětí přibližně 5 V s přípustným proudem alespoň 2 A až 3 A, ampérmetr a voltmetr (analogový nebo digitální), rezistor (s odporem asi 10Ω) reostat (s odporem asi 100Ω), spojovací vodiče, krokosvorky, různé pojistky (o jmenovitém proudu řádově stovek mA)

Úkol č. 2: Máte k dispozici čtyři ploché baterie. Jak je zapojíte, abyste z nich získali zdroj o napětí přibližně 9 V, který bude schopen do obvodu dodávat maximální proud?

Provedení: Najděte správné zapojení, nakreslete jeho schéma a napište, jaké napětí získáme, zapojíme-li zdroje napětí sériově nebo paralelně. Jak tato zapojení ovlivňují schopnost zdroje dodávat proud do obvodu?

Napřed jsme zkoušeli zapojovat zdroje sériově. Zjistili jsme, že napětí zdrojů se v tomto případě sčítají. Při paralelním zapojení zůstávalo napětí stejné. Zkusili jsme nechat protékat proud rezistorem připojeným napřed k jedné a pak ke dvěma bateriím spojeným paralelně a zjistili jsme, že proud dodávaný dvěma bateriemi je větší. Jelikož odpor rezistoru byl v obou případech stejný a proud obvodem se lišil, musíme tuto situaci vysvětlit různým vnitřním odporem jedné a dvou spojených baterií. Vnitřní odpor dvou paralelně spojených baterií je zřejmě menší než odpor jedné. (Ostatně, i celkový odpor dvou paralelně spojených rezistorů je menší než odpor jednoho rezistoru). Nejlepší tedy bude zapojit dvě a dvě baterie sériově a obě dvojice paralelně, nebo dvě a dvě baterie paralelně a obě dvojice sériově podle schématu



Úkol č. 3: Jak ochránit zdroj před přetížením a zkratem?

Provedení: V úkolu č. 1 jste zjistili, že zdroj napětí má vnitřní odpor. Pokud je tento odpor malý, může se při špatné manipulaci snadno stát, že dojde ke zkratu a zdrojem poteče velký proud. Jak zabránit zničení zdroje v tomto případě (tj. jak omezit vzniklý proud)?

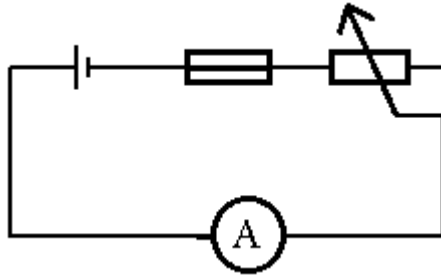
Napadly nás dva způsoby:

1) Zdrojem nepoteče velký proud, bude-li mít velký vnitřní odpor. V takovém případě bude mít malou účinnost (ztráty na vnitřním odporu).

2) Má-li zdroj malý vnitřní odpor, je třeba k němu sériově připojit nějakou součástku, která vypne proud při překročení jisté hodnoty. Nejjednodušší bude použít drátek, který se při jisté hodnotě proudu sám přepálí – pojistku.

Dostali jste několik pojistek - součástek limitujících proud v obvodu. Nakreslete schéma obvodu, který vám umožní měnit proud a ověřit údaje uvedené na pojistkách.

Schéma obvodu:



Zapojte postupně pojistky do obvodu, ve kterém můžete měnit proud. (Pozor, jmenovitá hodnota proudu na pojistce musí být menší než maximální povolený proud zdroje.) Postupně zvyšujte proud a ověřte jmenovité údaje uvedené na pojistkách.

Jmenovité proudy pojistek a velikosti proudů, při kterých došlo k jejich přepálení, jsou v následující tabulce:

I jmenovitý [A]	0,08	0,125	0,400	0,500	0,800	1
I max [A]	0,17	0,28	0,95	0,9	1,8	2,2

Co jste zjistili?

Lze konstatovat, že pojistky se přepálí přibližně při dvojnásobném proudu, než je jmenovitý proud uvedený na pojistce. Při postupném zvyšování proudu začíná drátek v pojistce svítit čím dál tím intenzivněji a nakonec se přepálí.

Závěrečné poznámky

Jiné varianty a další možné úpravy či doporučení

Tuto práci lze v zjednodušené podobě uskutečnit i se studenty nižšího stupně gymnázia v rámci probírání zdrojů elektrického napětí.

Reflexe po hodině

Sestavení obvodu (na rozdíl od jeho vymyšlení) nečinilo žákům téměř žádné problémy. Jediný problém byl v správném zapojení vodičů k multimetru (více zdírek – různé rozsahy). Žáci často nečtou popisy zdírek a vodiče zapojí k přístroji, jak je napadne. Tuto věc je třeba hned v začátku podchytit a jednou provždy vyjasnit i pro další aktivity využívající měřicí přístroje.

Rychlost a kvalita práce s elektrickými obvody a obecně i vymyšlení a ověřování hypotéz velmi závisí na předchozích zkušenostech a „trénovanosti“ žáků. Vymezení konkrétního času na samotné bádání může být někdy problematické a vyžaduje občas průběžnou změnu množství a úrovně požadavků v závislosti na aktuální situaci.

Navazující a rozšiřující aktivity

Výpočty z Ohmova zákona pro celý obvod, použití zdroje napětí k napájení stejnosměrných obvodů.

Princip jističe s elektromagnetickou a tepelnou spouští.

Žáci mohou zjistit z literatury či z internetu, jaké různé druhy pojistek a jističů existují a jaké mají charakteristiky (rychlé, zpožděné). Ve spolupráci s rodiči mohou zjistit, jaké jmenovité hodnoty proudů mají pojistky a jističe chránící elektrické obvody světel a zásuvek v jejich domácnosti.