

# Fyzikálny korešpondenčný seminár

7. ročník, 2013/2014

UFO, KTFDF FMFI UK, Mlynská dolina, 84248 Bratislava

e-mail: [otazky@fks.sk](mailto:otazky@fks.sk)

web: <http://ufo.fks.sk>

---

Ahoj!

Sme študenti Fakulty matematiky, fyziky a informatiky Univerzity Komenského v Bratislave. Prinášame Ti výnimočnú súťaž, venovanú žiakom základných škôl, ktorých zaujíma svet okolo nás, takže veríme, že práve Tebe.

Úlohy, ktoré práve držíš v rukách od Teba nevyžadujú znalosti vzorcov alebo poučiek, ale tvorivý prístup a chuť zamyslieť sa nad zaujímavým problémom. Často bude úlohou zistiť, ako fungujú veci a zariadenia okolo nás, vyrobiť a vyskúšať fyzikálny experiment alebo podumať, prečo sa veci okolo nás dejú tak, ako sa dejú.

Takže ak aj nevynikáš znalosťami z fyziky, ale zaujíma Ťa svet okolo Teba a nebojíš sa roztočiť svoje mozgové závitky, nečakaj s riešením už ani sekundu. . . a ako vlastne súťažiť?

Celé to prebieha korešpondenčnou formou. Riešenia týchto úloh (to znamená celý postup riešenia a vysvetlenie, nie len výsledok) nám pošli poštou do stanoveného termínu, adresu nájdeš pri príkladoch. Riešenia opravíme, obodujeme a spolu so vzorovými riešeniami a novými úlohami Ti pošleme späť. Takto prebehnú do mája dve série súťaže, na základe ktorých súťaž vyhodnotíme. Tých úplne najlepších odmeníme hodnotnými cenami a všetkých úspešných riešiteľov pozveme na sústredenie. Je to týždňová akcia, ktorá sa uskutoční v niektorej zo slovenských škôl v prírode. Popri prednáškach a seminároch venovaných fyzike na nej zažiješ skvelú zábavu, akčné hry, večery pri gitare, nechýbajú ani divadlá, noví kamaráti a zaujímavé zážitky. Hlavne však spoznáš skvelých ľudí! Ak aj fyzika nebola vždy Tvojou obľúbenou disciplínou, zistíš, že fyzici sú super.

Všetky informácie o UFO, debatu a fotky zo sústrediek (zatiaľ len z tých pre stredoškôlkov) nájdeš na <http://www.fks.sk/>, resp. <http://ufo.fks.sk>

Veľa zdaru Ti prajú Tvoji vedúci!

Seminár podporujú:



iuventa

## Pravidlá a postihy (BUBUBU):

- Seminár je určený pre siedmakov, ôsmakov, deviatakov základných škôl a sekundánov, terciánov a kvartánov osemročných gymnázií. Siedmáci (sekundáni) a ôsmáci (terciáni) sú zvýhodnení *prémiou vo výške*  $0,015 \cdot D \cdot (M - D)$  bodov pre siedmakov a  $0,008 \cdot D \cdot (M - D)$  bodov pre ôsmakov, kde  $D$  je dosiahnutý počet bodov a  $M$  je maximálny možný počet bodov v sérii (zvyčajne 54).
- Každý príklad píšete na *osobitný papier A4*, viacstranové riešenie zopnite spinkou. Inak u nás v UFO zavládne chaos!
- Na každý papier napíšte hore *hlavičku* s menom, triedou, školou a číslom príkladu.

☞ Úlohy rieš samostatne! Za odpisovanie strhávame body a sme agresívni.

☞ Príklady posielajte načas! Rozhoduje *termín odoslania* riešení. Za každý pracovný deň po termíne vám strhneme 2 body. Po týždni už nemusíme príklady opraviť vôbec.

## Ako získavať veľa bodov?

Ako v mnohých iných súťažiach, aj tu platí jednoduchá zásada – písať všetko, čo o príklade vieš. Teda, aj keď nevieš celé riešenie, oplatí sa písať časti riešenia, názory, postrehy, pokusy. Nikto nečaká, že sa budeš vyjadrovať ako vyštudovaný fyzik!

Nemaj strach poslať iba niekoľko úloh. Iba málokto vypočíta všetky úlohy a dobre umiestniť sa dá aj s bodmi za menej úloh.

Píš čitateľne a tvoje riešenia budú opravené. Píš nečitateľne a tvoje riešenia budú tiež opravené. Ale predsa by si nás nechcel týrať.

Ak sa ti nepáči, ako bol príklad obodovaný, pripíš naň rozumný argument, prečo si myslíš že je hodný viac bodov a pošli späť. Opravovateľ sa zamyslí a možno aj preboduje.

Pokiaľ nepochopíš presne zadanie príkladu, môžeš sa e-mailom pýtať na podrobnosti! Pokiaľ máš prístup k internetu, oplatí sa tiež sledovať debatu zverejnenú na našej stránke (<http://ufo.fks.sk>) Pokiaľ by bola v príklade nejaká vážnejšia nejasnosť, nebodaj chyba v zadaní, na debate sa zjaví opravené zadanie príkladu.

A hlavne, nenechávajte si príklady na poslednú chvíľu. Skúsenosti potvrdzujú, že za menej ako posledné dve chvíle sa UFO vyriešiť nedá.

## Riešiť UFO?

- + Spoznáš skvelých ľudí.
- + Naberieš dačo do hlavy.
- + Dostaneš sa na sústredko.
- + Časom môžeš plynule prejsť na stredoškolské kategórie nášho seminára.
  
- Po sústredku ti bude smutno, že bolo také krátke.
- Nebudeš môcť spať od nedočkavosti, kedy ti príde opravená séria.
- Mohli by ti narásť zelené tykadlá.



### Návratka riešiteľa (**nutné poslať spolu s riešeniami 1.série**)

Vyplňte **čitateľne** paličkovým písmom!

Meno a priezvisko: \_\_\_\_\_ Trieda: \_\_\_\_\_

Adresa domov a PSČ: \_\_\_\_\_

Adresa do školy a PSČ: \_\_\_\_\_

Telefón rodiča (aj predvoľba): \_\_\_\_\_

Dátum narodenia: \_\_\_\_\_

E-mail: \_\_\_\_\_

## Zadania 1. kola letnej časti 2013/2014

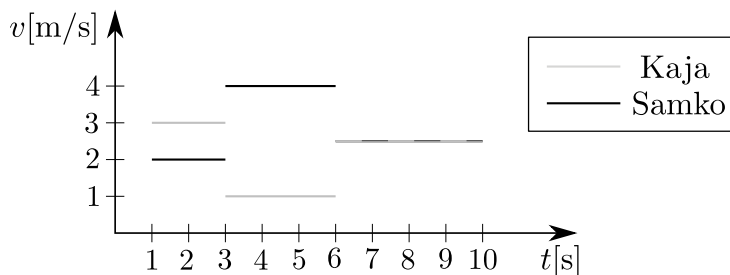
Termín: 03. 03. 2014

### 1.1 Klzisko (9 bodov)

Mongoli Edo, Tina a Zuzka sa rozhodli urobiť na širokej stepnej pláni klzisko a učiť ich stádo korčuľovať sa. V príručke mladého pastiera zistili, že potrebujú na plochu 10 metrov kráť 10 metrov doniesť toľko vody, aby tam vytvorila mláku vysokú 1 centimeter. Každý z nich si teda zobral kanvu s objemom 10 litrov a prišiel ku budúcemu klzisku, ktoré je od prameňa vzdialené 30 metrov. Edo beží rýchlosťou 3 m/s, Tina rýchlosťou 2 m/s a Zuzka rýchlosťou 1 m/s. Môžete predpokladať, že naplnenie kanvy vodou netrvá nič. Ako dlho bude Mongolom trvať nanosenie vody na klzisko, ak začnú všetci naraz utekať od klziska ku prameňu a neskončia, kým voda nie je nanosená?

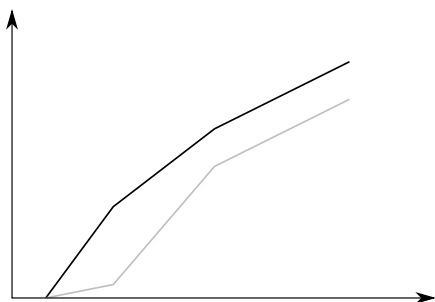
### 1.2 Beh za palacinkou (9 bodov)

Kaja a Samko išli robiť palacinky. Kuchynka na intráku je ale veľmi ďaleko. V kuchynke urobili cesto, rozohriali olej na panvici, vyliali cesto na prvú palacinku a išli po džem do izby. Keď už mali džem, zistili, že im už asi tá palacinka prihára a rozutekali sa za ňou. Kuchynka je od izby vzdialená  $l = 100$  m. Tu vidíte závislosť ich rýchlostí od času (Kajka aj Samko ešte chvíľu pobehovali aj v kuchynke):

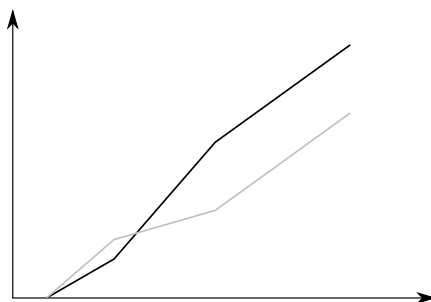


Obr. 1: Graf závislosti rýchlostí od času

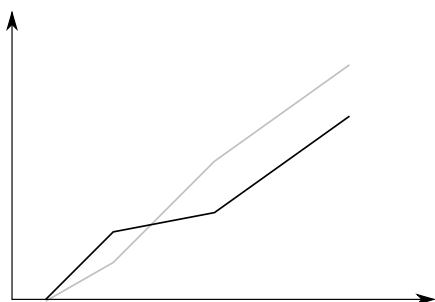
- Kto bol k palacinkám bližšie v 6. sekunde?
- Kto bol pri palacinkách skôr?
- Ktorý z grafov zobrazuje závislosť dráhy Kajky a Samka od času?



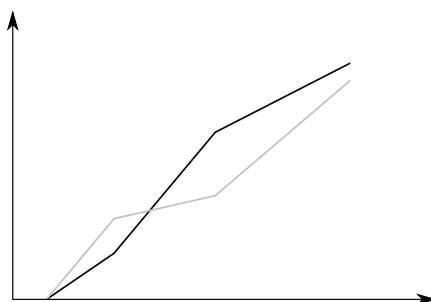
Obr. 2: Graf 1



Obr. 3: Graf 2



Obr. 4: Graf 3



Obr. 5: Graf 4

### 1.3 O záchode (9 bodov)

Prečo je výška hladiny v záchode stále rovnaká, aj keď spláchnem?

### 1.4 Deravé sudy (9 bodov)

Kapitán pirátskej lode Paťo zhliadol na obzore obchodnú loď s francúzskou vlajkou. Tá bude viesť víno! To piráti radi! Zavelil teda na útok. Začali sa ozývať výstrely z dela, loď bola plne naložená, nemohla im ujsť. Na počudovanie pirátov na lodi v čase, keď sa k nej už natoľko priblížili, nik nebol. Aspoň sa nebudú musieť párať so zajatcami a hádzať ich žralokom. Keď však vnikli do podpalubia, zistili obrovskú galibu. Všetky sudy s vínom boli prederavené a víno striekalo na všetky strany, na podlahu, steny, kapitána... V ten okamih nešťastia bolo možné utešiť námornícku dušu jediným spôsobom: experimentovaním s dostrekom vína.

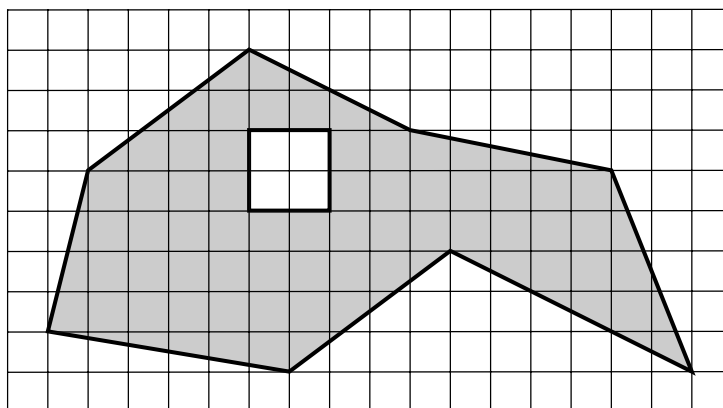
Zoberte si plastovú fľašu, ktorá je v nejakom dosť veľkom úseku považovateľná za valcovú. Vo valcovej časti urobte dierku, naplňte ju vodou a odmerajte závislosť dĺžky dostreku vody od výšky hladiny nad dierkou. Nádobu s vodou si kľudne podložte, aby bola vyššie a vám sa lepšie meralo. Dbajte stále na to, aby stála vodorovne a nezatvárajte nádobu.

- Zostavte meraciu aparatúru, a opíšte nám, ako to vyzerá a ako meriate dostrek  $d$ . (1 bod)
- Predstavte si, že by po vás niekto chcel zopakovať vaše meranie a overiť si vaše výsledky. Napíšte nám hodnoty všetkých parametrov, ktoré by tento človek potreboval poznať. (2 body)

- Namerajte dostrek  $d$  aspoň pre desať rôznych výšok  $h$  a dáta zapíšte do tabuľky. (2 body)
- Správne nakreslite graf závislosti dostreku od výšky hladiny nad dierkou. (2 body)
- Kapitán Paťo sa dopočul, že táto závislosť bude  $d = C \cdot \sqrt{h}$ , kde  $C$  je nejaká konštanta. Ako by podľa vás mohol z vašich nameraných dát určiť, že je to pravda? (1 bod)
- Zrealizujte váš návrh a určte, či podľa vás daná závislosť môže byť  $d = C \cdot \sqrt{h}$ . (1 bod)

### 1.5 Ružové kachličky (9 bodov)

Plameniak Andrej je hrozne samľúby. A tak sa pri prestavbe kúpeľne rozhodol, že chce mať na kachličkách svoj portrét. Bytový dizajnér mu predložil takýto návrh:

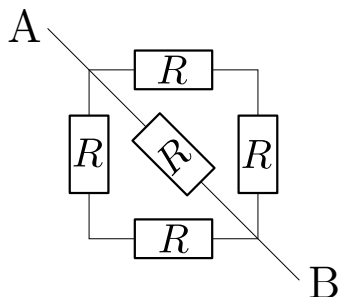


Obr. 6: Plameniakova hlava

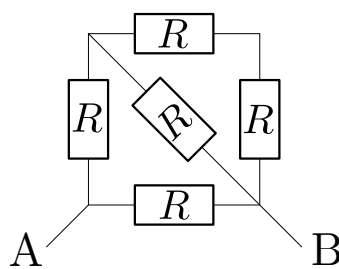
Andrej je zvedavý, či bude na tých kachličkách dostatočne vynikať. Aká je plocha jeho hlavy? Predpokladajte, že jeden štvorček má hranu dlhú 10 centimetrov.

### 1.6 La diagonala (9 bodov)

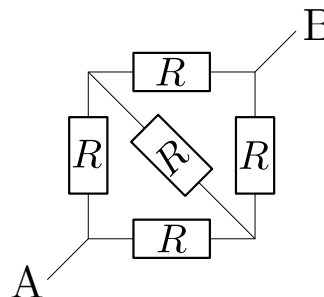
Vypočítajte odpor medzi bodmi A a B v nasledujúcich schémach:



Obr. 7: Schéma 1



Obr. 8: Schéma 2



Obr. 9: Schéma 3

Všade platí, že odpor  $R$  má veľkosť  $R = 1 \Omega$ .

## Elektrina a elektrické obvody

Milí riešitelia,

ak sa vám zdalo, že posledné dva seriálové texty boli viac matematické ako fyzikálne, tak teraz sa môžete tešiť. Už sme si totiž vybudovali veľmi slušný základ, na ktorom môžeme postaviť prvú veľkú tému tohto ročníka – elektrické obvody.

### Čo je vlastne elektrina?

Elektrina (alebo ešte lepšie elektromagnetizmus) je jedno zo štyroch základných pôsobení, ktoré sa vo vesmíre vyskytujú. Dôsledkom elektrických vlastností látok nie je iba ich správanie sa voči elektrickému a magnetickému poľu. Elektromagnetizmus je zároveň základným kameňom optiky – svetelné lúče sú v konečnom dôsledku s elektromagnetickým poľom veľmi prepojené.

Veličinou, ktorá určuje, ako sa bude nejaká častica správať v elektrickom poli, je jej náboj. Hodnota náboju ale nemôže byť ľubovoľná, musí byť vždy násobkom tzv. *elementárneho elektrického náboja*, ktorý sa označuje  $e$  a je rovný

$$e = 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ C},$$

Celkom malé číslo. Toto je totiž náboj, ktorý nesie jeden elektrón (so záporným znamienkom) alebo jeden protón (naopak, s kladným znamienkom).

### Elektrické pole

Silové účinky nábojov na iné náboje určuje veličina, ktorá sa nazýva elektrická intenzita. Označuje sa  $E$  a jej jednotkou je V.m. Intenzita elektrického poľa v nejakom mieste vyjadruje, aká sila by v tomto mieste pôsobila na náboj s veľkosťou 1 C. Ak sa elektrický náboj veľkosti  $q$  bude nechádzať v mieste s elektrickou intenzitou  $E$ , bude naň pôsobiť sila

$$F = qE,$$

Smer sily bude rovnaký ako smer  $E$  pre kladný náboj, pre záporný náboj bude presne opačný.

### Elektrický prúd

Elektrický prúd je (podľa školskej definície) usmerný pohyb elektrónov vo vodivom materiáli. Každý jeden elektrón sa vo vodiči správa tak, ako sme popísali vyššie, tj. na každý pôsobí sila  $-eE$ . To znamená, že elektróny sa začínajú pohybovať so zrýchlením. Okamžite sa ale prejaví niečo ako trenie: elektróny začnú vrázať samé do seba a začnú reagovať aj na prítomnosť kladných jadier a pohyb sa veľmi rýchlo stane rovnomerný. Toto potom nazývame elektrický prúd.

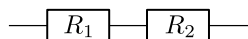
Keďže ale elektrónov je vo vodiči veľmi veľa, jednoduchý popis pomocou elektrického poľa nám nestačí. Preto v obvodoch používame namiesto elektrickej intenzity napätie  $U$  a pre „trenie“ elektrický odpor  $R$ . Medz týmito veličinami platí Ohmov zákon

$$U = RI,$$

Teda napätie je priamo úmerné pretekajúcemu prúdu. Veľkosť prúdu určuje konštanta nazvaná elektrický odpor. A ten predsa chceme počítať!

### Sériové zapojenie

Sériové zapojenie znamená, že dve (a viac) elektrické súčiastky sú zapojené *za sebou*:



Obr. 10: Sériové zapojenie

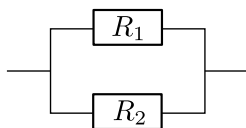
Súčiastkami preteká rovnaký prúd  $I$ . Napätie na súčiastkach však rovnaké nie je. Vieme ale, že výsledné napätie je súčet napätí na jednotlivých súčiastkach:

$$U = U_1 + U_2 = R_1 I + R_2 I = (R_1 + R_2) I,$$

Celkový odpor sériového zapojenia je teda súčet jednotlivých odporov:

$$R = \frac{U}{I} = \frac{(R_1 + R_2) I}{I} = R_1 + R_2,$$

### Paralelné zapojenie



Obr. 11: Paralelné zapojenie

V paralelnom zapojení, tj. v zapojení *vedľa seba*, zasa platí, že na všetkých súčiastkach je rovnaké napätie. Ak by v jednej vetve bolo napätie iné ako v ostatných, v uzle, kde sa vetvy spájali, by sa bili dve rôzne napätia, čo je fyzikálne neprípustné. Sčítava sa prúd:

$$I = I_1 + I_2 = \frac{U}{R_1} + \frac{U}{R_2} = U \left( \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right),$$

Celkový odpor paralelného zapojenia spočítame ako

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{\frac{U}{I}} = \frac{I}{U} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2},$$

Teda prevrátená hodnoty celkového paralelného odporu je súčet prevrátených odporov jednotlivých rezistorov. Tento vzťah, samozrejme, platí aj pre viac paralelne zapojených rezistorov. Špeciálne pre dva rezistory si ho vieme upraviť do užitočnejšej formy

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



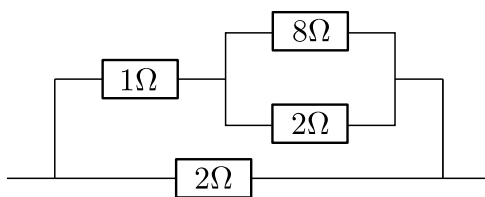
Pre fajšmekrov sa dá podobne upraviť pre tri rezistory:

$$R = \frac{R_1 R_2 R_3}{R_1 R_2 + R_2 R_3 + R_3 R_1},$$

Pre väčšie počty rezistorov sa dá nájsť podobný vzťah, no bol by ešte väčší a komplikovanejší a už vôbec nie praktický a zapamätateľný.

### Ako počítat komplikované obvody?

Odpoveď znie: rozdeľuj a panuj. Najskôr si obvod musíme rozdeliť na časti, ktoré sú zapojené paralelne a sériovo a ďalej to už pôjde samo. Pozrime sa na takúto schému



Obr. 12: Kombinované zapojenie

Najskôr si spočítame celkový odpor rezistorov s odpormi  $8\ \Omega$  a  $2\ \Omega$ . Vidíme, že sú zapojené paralelne:

$$R_1 = \frac{8\ \Omega \cdot 2\ \Omega}{8\ \Omega + 2\ \Omega} = \frac{8}{5}\ \Omega,$$

Táto dvojica rezistorov je sériovo pripojená k  $1\ \Omega$  rezistoru. Odporov teda sčítame:

$$R_2 = R_1 + 1\ \Omega = \frac{13}{5}\ \Omega,$$

A nakoniec celý tento vypočítaný odpor je paralelne zapojený s dolnou vetvou obvodu. Celkový odpor teda bude

$$R_c = \frac{R_2 \cdot 2\ \Omega}{R_2 + 2\ \Omega} = \frac{\frac{26}{5}}{\frac{13}{5} + 10}\ \Omega = \frac{26}{23}\ \Omega.$$

### Elektrický potenciál a triky s ním

Život fyzika je niekedy krutý. A môže sa stať, že dostaneme obvod, ktorý sa jednoducho *nedá* rozložiť na sériovo-paralelné zapojenie. Môžu nastať dva prípady:

- (i) je to komplikovaný obvod a na jeho vyriešenie je treba použiť tzv. Kirchhoffove zákony,
- (ii) alebo je to naozaj sériovo-paralelný obvod, ale my o tom ešte nevieme.

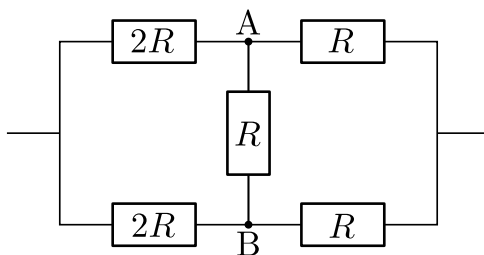
V druhom prípade nám pomôže práve elektrický potenciál. Označuje sa gréckym písmenom  $\varphi$  a jeho jednotka je V (volt). My si ho môžeme predstaviť jednoducho ako číslo prislúchajúce nejakému bodu v obvode. Samotná hodnota potenciálu nemá v obvodoch

veľký význam. Ten sa dostaví až vtedy, keď si v obvode vyberieme dva body a zmeriame rozdiel ich potenciálov. Z rovnakej jednotky možno tušíte, čo znamená rozdiel potenciálov – áno, je to jednoducho elektrické napätie.

Ak majú dva body rovnaký potenciál, je medzi nimi nulové napätie. Ak by sme mali tieto dva body spojené vodičom, z Ohmovho zákona  $I = U/R$  dostávame, že týmto vodičom potečie nulový prúd. To ale znamená, že ak by sme tento vodič odstrihli, v obvode by sa nič nezmenilo!

Mechanizmus platí ale aj naopak. Body s rovnakým potenciálom môžeme spojiť vodičom, pretože ním aj tak nepotečie žiaden prúd. No podobne ako vo vzorových riešeniach o Chobotníkovi<sup>1</sup> je spojenie jednoduchým vodičom bez rezistoru iba predĺženie uzlu. Znamená to teda, že body s rovnakým potenciálom môžeme spojiť do jedného uzlu a znova sa tým v obvode nič nezmení.

Obe spomenuté veci vyzerajú celkom mocne. Ako ale zistíme, či majú nejaké body v obvode rovnaký potenciál? To často nie je až tak jednoduché. No v prípade symetrických obvodov vieme body s rovnakým potenciálom určiť ľahko. Pozrime sa na toto zapojenie rezistorov:



Obr. 13: Premostené zapojenie

Vidíme, že body A a B sú v ňom voči sebe symetrické: oba sú umiestnené v rovnakom bode rovnakej vetvy medzi rovnakými uzlami. Pri „pohľade“ z bodu A vyzerá obvod rovnako, ako z bodu B (tzn. rezistor s odporom  $2R$  na jednej strane, rezistor s odporom  $R$  na druhej strane a medzi nimi rezistor  $R$ , ktorý spája skúmané body). Táto symetria znamená, že po pripojení napätia budú mať body A a B rovnaký potenciál a stredný rezistor môžeme z obvodu vystrihnúť. Obvod sa nám teda zjednoduší na jednoduché paralelné zapojenie s dvomi vetvami s odporom  $R + 2R = 3R$ . Celkový odpor bude

$$R_c = \frac{3R \cdot 3R}{3R + 3R} = \frac{9R^2}{6R} = \frac{3R}{2},$$

Nakoniec ešte jedno upozornenie: Potenciály môžeme porovnávať len medzi bodmi, ktoré nie sú vodivo spojené. Vodivé spojenie okrem nulového odporu znamená rovnosť potenciálov úplne automaticky: z Ohmovho zákona  $U = RI$  dostávame pre  $R = 0\Omega$  nulové napätie (a teda rovnosť  $\varphi$ ) pre ľubovoľný prúd. Preto medzi bodmi spojenými vodičom bez rezistoru nevieme o pretekajúcom prúde pomocou potenciálu povedať nič.

<sup>1</sup>[http://ufo.fks.sk/archiv/2013\\_14/7vzorakyZima1.pdf](http://ufo.fks.sk/archiv/2013_14/7vzorakyZima1.pdf)