



## Úvodem

Milí přátelé,  
spolu s operavými řešeními první série fyzikálního korespondenčního semináře pro zakladní školy dostáváte do rukou tuto brožurku se zadáním série druhé. Dále se zde dozvíte autorská řešení úloh série minulé.

Doporučujeme, abyste autorským řešením věnovali zvýšenou pozornost – zpravdila si představení, že dobře řešení by mělo vypadat přibližně takto, a to jak po stránce formální (všimněte si, že jednotky píšeme ve výpočtech všude), tak i po stránce obsahové. Svíj postup byste měli ve větách fyzikálně zdůvodňovat, aby jej pochopil i ten, kdo řešení dané úlohy nezná (ale má alespoň nějaké fyzikální povědomí). Ve svých řešeních ovšem nemusíte vysvětlovat jednotlivé kroky až *tak podrobně*, jako je to v některých řešeních některé širší souvislosti týkající se fyzikálního jevu v úloze obsaženého nebo podrobněji! Probíráme určité výpočty (protože předpokládáme, že nejsou všichni natolik zbehlí v používaných matematických postupech).  
Autorské řešení experimentální úlohy by vám mělo dát návod, jakým způsobem zpracovávat výsledky fyzikálních měření.

Součástí této brožurky je též jemný úvod do počítání elektrických obvodů s odpory. Neptejte se na řešení úlohy II.S, jež po omom úvodu následuje.  
Nakonec se ve výsledkových listinách dozvíte, jak jste dopadli v porovnání s ostatními řešiteli.

*Organizátoři*

**Zadání II. série**  
Termín doručení: 7. prosince 2011

Úloha II.1 ... Rozvička

$$\frac{v_1}{v_2} = \sqrt{\frac{v_1 + v_2}{v_1 - v_2}}$$

Cemu je rovno  $\frac{v_1}{v_2}$ ?

1 bod

Fyzikální korespondenční seminář je organizován studenty MFF UK. Je zastižen Oddělením

pro větší vztahy a propagaci MFF UK a podporován Ústavem teoretické fyziky MFF UK, jeho zaměstnanci a Jednotou českých matematiků a fyziků.

Toto dílo je šířeno pod licencí Creative Commons Attribution-Share Alike 3.0 Unported. Pro zobrazení kopie této licence, navštivte <http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/>.

### Úloha II.2 ... Žárovka

3 body

Žárovka je, co se týče svícení, poměrně neúčinná věc. Většinu svého příkonu přemění na teplo a jen asi 5% na světlo. Představte si, že pod jednu takovou (například 60W) dáte kus ledu o hmotnosti  $m = 100$  g. Předpokládejte, že led pohltí všechno záření z žárovky. Za jak dlouho se led rozpustí?

*Bonus* Jak by se změnil výsledek, kdyby led nepohlcoval veškeré záření z žárovky, ale pouze to, které na něj z žárovky přímo dopadá, když má led tvar kry o ploše  $S$ , tato kra se nachází v dostatečně velké vzdálenosti  $d$  od vlákna žárovky a žárovka na ni svítí kolmo?

### Úloha II.3 ... Řeka přes most

4 body

Údolím teče řeka, přes řeku vede most. A přes ten most též teče řeka (jedná se tedy o akvadukt). A přes ten most chce přejet loď. Jak se zvýší zatížení mostu ve chvíli, kdy loď vjede na most? Co by se změnilo, kdyby přes most netekla řeka, ale byl na něm bazén a loď by do něj byla položena?

### Úloha II.4 ... Duhová

2 body

Co uvidí člověk, když si stoupne na konec duhy?

### Úloha II.E ... Nasycený a vypuštěný

5 bodů

Nasypete-li do sklenice s vodou špetku soli, sůl se zpravidla bez obtíží rozpustí. Budete-li však sůl do vody dále přidávat, dojde při určitém množství k *nasycení roztoku* a další sůl se již rozpouštět nebude.

Změřte co nejpřesněji rozpustnost kuchyňské soli (nebo jiné rozumně rozpustné látky) ve vodě z vodovodu. Naměřenou hodnotu porovnejte s hodnotou v tabulkách a případnou odlišnost vysvětlete. (Rozpustností rozumíme poměr hmotností rozpouštěné látky ke hmotnosti rozpouštědla při nasycení roztoku.)

### Kategorie osmých ročníků

jméno	škola	1	2	3	4	E	C	I	%	Σ
Student	MFF UK	2	4	4	5	6	–	21	21	
1. Jáchym Bártík	G Havlíčkův Brod	2	4	4	3	5	–	18	18	
2. Martin Štyks	G Lovosice	2	3	2	4	6	–	17	17	
3. Simona Gabrielová	G České Budějovice, Jírovcova	1	3	5	2	5	–	16	16	
4. Klára Ševčíková	G Uherské Hradiště	2	2	4	3	4	–	15	15	
5. Matěj Mezera	ZŠ Havlíčkův Brod, Nuselská	2	1	2	4	5	–	14	14	
6. Jan Holásek	G Ústí nad Orlicí	2	4	4	2	1	–	13	13	
6. Vjačeslav Horbač	G Liberec, Jeronýmova	1	4	3	2	3	–	13	13	
8. Jaromír Mielec	G Ostrava-Zábřeh	2	4	2	3	–	–	11	11	
8. Tomáš Macek	Jiráskovo G Náchod	2	2	3	3	1	–	11	11	
10. Dinh Huy Nhat Minh	G Kadaň	2	4	3	1	–	–	10	10	
10. Jaroslav Janoš	G Zlín, Lesní čtvrť	2	4	–	4	–	–	10	10	
10. Lucie Hronová	G Brno, tř. Kpt. Jaroše	2	4	–	–	4	–	10	10	
10. Martina Fusková	G Uherské Hradiště	2	2	2	4	–	–	10	10	
10. Zuzana Matušová	CZŠ Veselí nad Moravou	1	2	2	1	4	–	10	10	
15. Jan Ondruš	Gymnázium Ostrov	2	4	0	2	1	–	9	9	
15. Sebastian Duarte	G Ch. Dopplera Praha	2	4	3	–	–	–	9	9	
17. Jan Kašník	Gymnázium Cheb	0	2	2	1	3	–	8	8	
17. Kateřina Zemková	GOB Telč	2	–	2	1	3	–	8	8	
17. Matěj Štula	GSOŠPg Liberec	2	2	3	1	–	–	8	8	
17. Tamara Maňáková	G Šumperk	1	3	–	–	4	–	8	8	
21. Jonáš Určičář	CZŠ Veselí nad Moravou	2	2	0	1	2	–	7	7	
22. Aleksej Gaj	G Ch. Dopplera Praha	0	3	2	1	–	–	6	6	
22. David Žáček	G Ch. Dopplera Praha	2	–	2	–	–	–	6	6	
22. Kačka Feslová	G Ch. Dopplera Praha	0	3	3	–	–	–	6	6	
22. Klára Slováčková	G Ch. Dopplera Praha	2	3	1	–	–	–	6	6	
22. Sebastian Janda	G Ch. Dopplera Praha	–	2	3	–	1	–	6	6	
22. Vojtěch Dědek	G Ch. Dopplera Praha	2	2	–	2	–	–	6	6	
28. Jakub Mohaupt	ZŠ Dr. Miroslava Tyrše 8.C	2	1	2	–	0	–	5	5	
28. Markéta Holubová	G Ch. Dopplera Praha	2	2	1	–	–	–	5	5	
28. Ondřej Altman	G Ch. Dopplera Praha	2	2	1	–	–	–	5	5	
28. Tereza Čechová	G Ch. Dopplera Praha	0	4	1	–	–	–	5	5	
32. František Couf	G Ch. Dopplera Praha	1	0	–	3	–	–	4	4	
32. Jakub Matějka	G Ch. Dopplera Praha	2	2	0	–	–	–	4	4	
32. Martin Gríner	G Ch. Dopplera Praha	–	2	1	–	1	–	4	4	
32. Miky Hosnedl	G Ch. Dopplera Praha	–	1	1	2	–	–	4	4	
32. Tomáš Hlavatý	G Kadaň	0	4	0	–	–	–	4	4	
32. Tomáš Volejník	G Ch. Dopplera Praha	2	–	2	–	–	–	4	4	
38. Edvard Lanz	G Ch. Dopplera Praha	1	–	–	–	2	–	3	3	
38. Matěj Coufal	G Havlíčkův Brod	2	–	–	1	0	–	3	3	
40. Miloš Müller	ZŠ Jesenice	–	2	–	–	–	–	2	2	
40. Petr Chmel	Dvořákovo G Kralupy nad Vltavou	2	–	–	–	–	–	2	2	
42. Roman Chasák	ZŠ a MŠ J. Schrotha, Lipová-lázně	–	–	–	–	–	–	0	0	
42. Tereza Doležalová	ZŠ a MŠ Otnice	–	–	–	–	–	–	0	0	

### Řešení I. série

**Úloha I.1 . . . Lineární moucha** 2 body; průměr 1,43; řešilo 60 studentů

Moucha letí rychlostí 60 km/h, vlak jede rychlostí 40 km/h. Moucha vždy letí od vlaku ke stanici, pak zpět k vlaku. . . tak dlouho, než vlak dojde do stanice. Jakou vzdálenost uletí, pokud na počátku byl vlak i moucha ve vzdálenosti  $D$  od stanice? *Všobecně zprofanovaná uloha.*

Vlak i moucha startují ze stejného bodu ve vzdálenosti  $D$  od stanice. Do stanice dorazí společně. Klíčovým pozorováním je, že čas  $t$ , který jim to bude trvat, je pro oba stejný a poměr urazených dráh bude tedy roven poměru rychlostí:

Vlak se pohybuje rychlostí  $v_1 = 40$  km/h a urazí dráhu  $D$ . Moucha se pohybuje rychlostí  $v_2 = 60$  km/h a urazí dráhu  $s_m$ . Zanedbáme, že moucha při otáčení ve stanici a u vlaku zpomaluje a zase zrychluje a budeme pohyby mouchy i vlaku považovat za rovnoměrný přimocárý pohyb, pro nějž platí

$$s = v \cdot t,$$

kde  $s$  je urazená dráha,  $v$  rychlost a  $t$  čas trvání pohybu.

Konkrétně pro vlak potom  $D = v_1 \cdot t$ . Odsud jednoduchou úpravou vyjádříme čas:  $t = D/v_1$ .

$$s_m = v_2 \cdot t = v_2 \cdot \frac{D}{v_1} = 60 \text{ km/h} \cdot \frac{40 \text{ km/h}}{30} = \frac{2}{3} D.$$

Než vlak dojde do stanice, uletí moucha dráhu  $\frac{2}{3} D$ .

*Terza Maškova*  
terezat@tykos.cz

4 body; průměr 2,38; řešilo 55 studentů

### Úloha I.2 . . . Kolejní výtah

Řádkem nastoupil do výtahu na koleji 17. listopadu, stisknul tlačítko s požadovaným poschodím a výtah se rozjel. Za několik okamžiků řádkem nastoupil do hlavy. Výtah se totiž zrznu zastavil a řádkem ušel. Byl to tak silný náraz, že si řádkem ani nepamatoval, kterým směrem nastoupil. Dokážete byste mu poradit? Co by se stalo, kdyby jel opačným směrem? Strop výtahu je od podlahy vzdálen 2 m a řádkem je vysoký 170 cm. Jakou nejmenší rychlostí se výtah před zastavením pohyboval?

Když řádkem jel výtahem, nejdříve se pohyboval stejným směrem a stejnou rychlostí jako výtah, takže více sobě byli v klidu. Najednou však výtah něco zastavilo. Řádkemovo tělo se však pohybovalo dál stále stejným směrem a rychlostí, dokud ho také něco nezastavilo – strop výtahu. Kterým směrem tedy původně jel? Po zastavení výtahu pokračoval nahoru až ke stropu a to byl stejný směr, jakým jeli on i výtah způčátku. Takže musel jet nahoru.

Pokud by jel dolů a výtah by zastavil, řádkem by jel opět dál, dokud by ho také něco nezastavilo. V tomhle případě však stojí na podlaže výtahu. Ta ho zastaví hned, jak se zastaví výtah, takže se nestane nic.

Jakou rychlostí musel výtah jet, aby zlomyslně praštil řádkem do hlavy?

*První řešení* Co se stalo po zastavení výtahu? Můžeme říci, že ho výtah „vyhodil“ svisle vzhůru rychlostí, jakou jel, kterou si označíme  $v_0$ . Když něco vyhodíme do vzduchu, tak nám tam hraje roli ještě gravitace. Rychlost v nějakém bodě vrhu tedy spočteme:  $v = v_0 - gt$ . Když

### Poradí řešitelů po I. sérii

Jméno	škola	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
Student Pámy	MFF UK	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
1. Olga Krumlová	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–

### Kategorie sedmých ročníků

Jméno	škola	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
Student Pámy	MFF UK	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
1. Mikuláš Plešák	G Jablonec nad Nisou	1	2	2	1	4	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
2. Jan Převr	G Lovosice	2	2	0	2	1	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
3. Martin Orság	G Vyškov	2	–	–	3	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
3. Pham The Huynh Duc	G Šumperk	0	2	2	0	1	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
5. Jan Macháček	G Holešov	–	–	–	0	–	3	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
6. Adéla Hanková	G Lovosice	2	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–

### Kategorie devátých ročníků

Jméno	škola	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
Student Pámy	MFF UK	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
1. Zdeněk Nekula	ZŠ Prosiměřice	1	4	5	5	5	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
2. Marek Janka	Slovanské G Olomouc	2	4	4	5	4	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
3. Anna Kovářková	RG a ZŠ Prostějov	2	2	2	1	5	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
4. Josef Kolář	ZŠ Litovel, Vítězná	1	2	2	2	4	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
4. Klára Stefanová	G B. Němcově Hradec Králové	1	4	2	4	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
4. Matěj Hrabal	G Uherské Hradiště	2	2	2	3	2	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
7. Čeněk Krejčí	ZŠ a MŠ Nebušice	1	2	2	2	1	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
7. Dušan Klíma	GFMF Rychov nad Kněžnou	1	2	3	0	2	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
7. Zuzana Vicenářková	G Uherské Hradiště	0	0	2	2	4	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
10. Daněš Pšáček	G Ch. Dopplera Praha	2	2	1	2	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
10. Vojtěch Hgbl	G8 Mladá Boleslav	0	2	2	2	1	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
12. Ester Sgalliová	G Ch. Dopplera Praha	2	4	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
12. Filip Šmejkal	G Uherské Hradiště	0	0	2	1	3	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
12. Gabriela Šmejkalová	G Uherské Hradiště	0	0	2	1	3	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
15. Ameta Dolžalová	ZŠ Nizkov	2	–	3	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
15. Jan Hladák	G Ch. Dopplera Praha	2	2	1	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
15. Martin Rajdl	G Ch. Dopplera Praha	–	1	2	–	2	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
15. Tomáš Vymazal	RG a ZŠ Prostějov	0	2	2	1	0	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
19. William Tatarko	G Ch. Dopplera Praha	2	–	2	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
20. Michal Kunc	G Ch. Dopplera Praha	2	–	–	1	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
20. Tomáš Pauček	G Ch. Dopplera Praha	–	–	–	0	3	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
22. Marek Otyška	G Zlídlohovice	–	0	–	–	2	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
23. Lukáš Skořepa	G Ch. Dopplera Praha	–	–	–	1	0	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
23. Michal Drusnar	G Ch. Dopplera Praha	–	–	–	1	0	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
25. Kryštof Růhr	G Ch. Dopplera Praha	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–

dosáhne vyhazovaný předmět nejvyššího bodu, má nulovou rychlost (obrací se a potom začne padat na druhou stranu). Tu dosadíme do předchozího vztahu.

$$\begin{aligned}0 &= v_0 - gt, \\v_0 &= gt, \\t &= \frac{v_0}{g}.\end{aligned}$$

Získali jsme tedy čas, za který předmět dolétne do nejvyššího bodu. Vezmeme si vzorec pro výšku vrhu svislého vzhůru. První sčítanec nám popisuje výšku, které by předmět dosáhl bez gravitace. Druhá složka je vzorec dráhy pro volný pád (kde působí pouze gravitační síla), kterou musíme odečíst, protože má opačný směr (házíme nahoru, předměty padají dolů).

$$h = v_0 t - \frac{1}{2} g t^2,$$

kde  $h$  je dosažená výška. Dosadíme tam čas pro nejvyšší bod

$$h = v_0 \frac{v_0}{g} - \frac{1}{2} g \left( \frac{v_0}{g} \right)^2 = \frac{v_0^2}{2g}.$$

My však chceme zjistit, jaké má být  $v_0$ , tak si výraz ještě trochu upravíme

$$\begin{aligned}2hg &= v_0^2 \\v_0 &= \sqrt{2hg}\end{aligned}$$

Teď už máme všechno, co potřebujeme;  $g$  najdeme v tabulkách a  $h$  = výška výtahu – výška @adima = 0,3 m. Teď stačí už jen dosadit

$$v_0 = \sqrt{2 \cdot 0,3 \text{ m} \cdot 9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}} = \sqrt{5,886 \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-2}} \doteq 2,4 \text{ m/s}.$$

Výtah se tedy musel pohybovat alespoň rychlostí 2,4 m/s směrem nahoru.

*Druhé řešení* Použití také můžeme zákon zachování energie. Víme, že dokud @adim jel, stál pevně na podlaze, takže výška, do níž vystoupal, byla nulová:  $h_1 = 0$  m. Zato rychlost (jak @adima, tak výtahu) je největší –  $v_1$ . V okamžiku, kdy @adim narazí, nachází se ve výšce  $h_2 = 0,3$  m a rychlost je nulová (zastavil ho strop výtahu),  $v_2 = 0$  m/s.

Zákon zachování energie nám říká, že součet energií (v našem případě potenciální  $V$  a kinetické  $T$ ) se nemění.

$$\begin{aligned}V_1 + T_1 &= V_2 + T_2, \\mgh_1 + \frac{1}{2}mv_1^2 &= mgh_2 + \frac{1}{2}mv_2^2,\end{aligned}$$

kde  $g$  je gravitační zrychlení a  $m$  je @adimova hmotnost. My ale víme, že  $h_1 = 0$  a  $v_2 = 0$ , takže i  $V_1$  a  $T_2$  jsou nula. Po dosazení a upravení získáme

$$\begin{aligned}T_1 = V_2 &= \frac{1}{2}mv_1^2 = mgh_2, \\v_1^2 &= \frac{2mgh_2}{m}, \\v_1 &= \sqrt{2gh_2}, \\v_1 &= \sqrt{2 \cdot 9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2} \cdot 0,3 \text{ m}}, \\v_1 &\doteq 2,43 \text{ m/s}.\end{aligned}$$

*Elektrický proud*

Elektrický proud je uspořádaný tok volných nosičů (v kovech elektronů) elektrického naboje v látce. Elektrický proud je definován jako naboj, který projde průřezem vodiče za daný čas

$$I = \frac{\Delta Q}{\Delta t}.$$

*Elektrický odpor*

Elektrický odpor jejev, který vzniká v důsledku srážek elektronů, které vedou elektrický proud, s atomy kryсталové mřížky. Elektrický odpor vodiče je závislý mj. na látce, z níž se vodič skládá, na rozměrech vodiče a na teplotě. Je-li vodič válcového tvaru, závislost odporu na látce a rozměrech vyjadřuje vzťah

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

kde  $l$  je délka vodiče,  $S$  je obsah průřezu vodiče a  $\rho$  je měrný elektrický odpor, který charakterizuje látku, z níž je vodič vyroben.

**Úloha II.C . . . seriálová**

a) Vypočtete proudy  $I_{2a}$ ,  $I_{3a}$  a  $I_{4a}$  ve stejném elektrickém obvodu jako na obrázku ??, když budeme postupně odebrat jednotlivé články baterie ( $U_2 = 4,5\text{ V}$ ,  $U_3 = 3\text{ V}$  a  $U_4 = 1,5\text{ V}$ ).

b) Vypočtete proudy  $I_{2b}$ ,  $I_{3b}$  a  $I_{4b}$  ve stejném elektrickém obvodu jako na obrázku ??, když budeme postupně vyměňovat rezistor  $R_1$  za rezistory  $R_2 = 200\ \Omega$ ,  $R_3 = 300\ \Omega$  a  $R_4 = 400\ \Omega$ .

c) Na obrázku ?? je elektrotechnické schéma, které zobrazuje zdroj a tři rezistory v serioparalelním zapojení. Vypočtete celkový odpor. Dále vypočtete napětí a proudy na jednotlivých rezistorech.

5 bodů

*Veličina  $v_1$  je hledaná rychlost výtahu před zastavením.*

*Anna Chajnovská*  
anca@tykos.cz

**Úloha I.3 . . . Obludarium**

4 body; průměr 2,06; řešilo 53 studentů

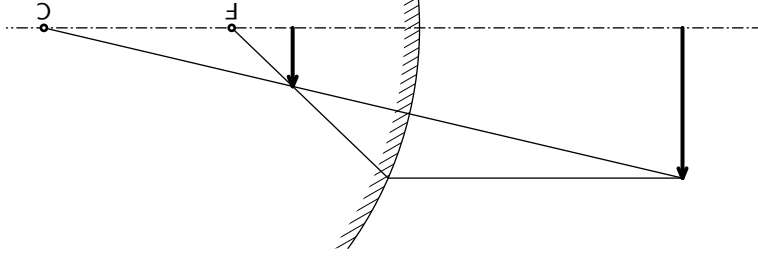
Rozmarňý král tě přijal na svůj dvůr a jakožto fyzikovi ti světlil výtrobu zrcadel. Král má příliš hubené nohy, ale zato velmi tlusté břicho. Navíc má nízké čelo. Nakresli, jak musíš zrcadlo zakřivit, aby se královu obrázu rozšířily nohy, zhublo břicho a protáhlo čelo. Je možné, aby královu obráz byl větší než on sám či aby byl v zrcadle dokonce vzhřtu nohama? Snaž se, králi již zaměstnával mnoho zrcadlářů, kteří jsou nyní o hlavu kratší. . .

*V zrcadle zkoumal své nedostatký Mára.*

Zrcadlo, které splní královu představy, zkusíme vytvořit z několika částí. Nebudeme řešit, jak tyto části spolu navzájem spojit, jen jak musejí tyto jednotlivé části vypadat.

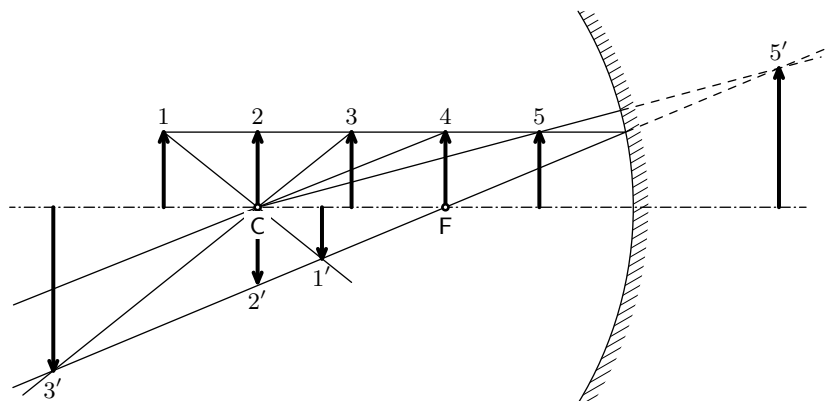
Budeme využívat zrcadla vypuklá a dutá. Jako vypuklé (případně duté) si můžeme představit část povrchu koule, nebo třeba část povrchu válce. V obou případech můžeme věst zrcadlem v rovine, ve které bude předmět, který chceme zobrazit. Rovněž budeme zjednodušeně uvažovat, že přítěz zrcadlem nám dá část kružnice (a ne třeba elipsy). Pak je poměrně jasné daný střed křivosti – je tam, kde by byl střed kružnice C, a jasné dané je i ohnisko F – je v polovině vzdálenosti mezi středem a zrcadlem samotným. Tak si můžeme ukázat hlavní zobrazovací vlastnost pomocí jednoduchých dvojnásobných obrázků. Nejprve si pomoci nich ukážeme jaké mají jednotlivá zrcadla zobrazovací schopnosti.

Pokud chceme obraz zmenšit a nepřevracet, můžeme využít vypuklé zrcadlo. Předmět můžeme umístit kamkoliv před zrcadlo a obraz bude jednoduše určen už pomocí dvou paprsků – jednoho, který prochází středem, a jednoho, který je nejprve rovnoběžný s osou zrcadla na hranici zrcadla se odráží tak, jako by vycházel z ohniska zrcadla. Tento případ je znázorněn

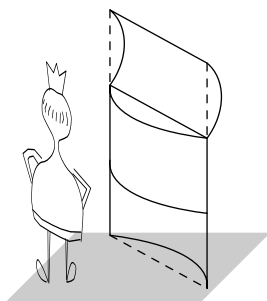


Obř. 1: Vypuklé zrcadlo

Ú dutého zrcadla velmi záleží na tom, kam umístíme předmět, který chceme zobrazit, vůči ohnisku a středů křivosti. Na obrázku 2 jsou vidět obrázy podle polohy předmětu. Asi nejdůležitější pro nás bude, když je předmět ve středě, protože pak je pouze převrácený, ale jeho velikost stejná (případ 2 a 2'), a když je předmět mezi ohniskem a zrcadlem, protože pak se nám v zrcadle zveštší (případ 5 a 5').



Obr. 2: Zobrazení různě vzdálených předmětů na dutém zrcadle



Obr. 3: Výsledný tvar králova zrcadla

Pro protáhnutí čela tedy využijeme duté zrcadlo vyrobené z povrchu válce, jehož osa je vodorovně. Ale potřebujeme, aby hlava byla mezi ohniskem a zrcadlem. Tedy se nám bude hodit, když bude velký poloměr křivosti (poloměr kružnice, kterou získáváme v průřezu, bude velký), aby mohl král stát i ve větší vzdálenosti od zrcadla.

Pro zúžení břicha naopak využijeme vypuklé zrcadlo vyrobené z povrchu válce, jehož osa je svisle.

Pro rozšíření nohou využijeme zrcadlo podobné tomu pro hlavu, jen bude vyrobené z povrchu válce, jehož osa je svisle. Na obrázku 3 je pak možné vidět, jak by celkově zrcadlo vypadalo. Bude potřeba, aby si král vždy stoupl na správné místo. Třeba mu uděláme na zemi malý křížek a vždy, když si tam stoupne, uvidí se dle svých představ.

Aby se viděl větší, použijeme duté zrcadlo, které bude vyrobené z povrchu koule s dostatečně velkým poloměrem křivosti.

Pokud by se král chtěl vidět vzhůru nohama, může využít duté zrcadlo tak, že bude stát

Pokud ze vzorce vyjádříme  $R$ , dostáváme:

$$R = \frac{R_3 R_4}{R_3 + R_4}$$

Ze schématu víme, že  $R_3 = 100 \Omega$ ,  $R_4 = 200 \Omega$  a  $U = 6 \text{ V}$ . Celkový odpor bude

$$R = \frac{R_3 R_4}{R_3 + R_4} = \frac{100 \Omega \cdot 200 \Omega}{100 \Omega + 200 \Omega} = \frac{200}{3} \Omega \doteq 66,7 \Omega$$

a velikost celkového proudu je

$$I = \frac{U}{R} = \frac{6 \text{ V}}{\frac{200}{3} \Omega} = \frac{9}{100} \text{ A} = 0,09 \text{ A} = 90 \text{ mA}.$$

Nakonec ještě dopočítáme proudy v jednotlivých větvích. Známe  $R_3 = 100 \Omega$  a  $U_3 (= U) = 6 \text{ V}$ . Pro proud  $I_3$  použijeme Ohmův zákon

$$I_3 = \frac{U_3}{R_3} = \frac{6 \text{ V}}{100 \Omega} = 0,06 \text{ A} = 60 \text{ mA}.$$

Známe  $R_4 = 200 \Omega$  a  $U_4 (= U) = 6 \text{ V}$ . Pro proud  $I_4$  použijeme také Ohmův zákon:

$$I_4 = \frac{U_4}{R_4} = \frac{6 \text{ V}}{200 \Omega} = 0,03 \text{ A} = 30 \text{ mA}.$$

Stále musí platit  $I = I_3 + I_4 = 0,06 \text{ A} + 0,03 \text{ A} = 0,09 \text{ A} = 90 \text{ mA} = I$ .

Nyní si shrneme, co jsme se dozvěděli o paralelním zapojení dvou rezistorů:

$$I = I_{R_3} + I_{R_4}$$

$$U = U_{R_3} = U_{R_4}$$

$$R = \frac{R_3 R_4}{R_3 + R_4}$$

## Fyzikální význam elektrických veličin

### Elektrické napětí

Na každém místě libovolného předmětu je elektrický potenciál. Mohli bychom říci, že určuje „přebytek kladných nábojů“ na daném místě oproti rovnovážnému stavu. Napětí je rozdíl těchto potenciálů. Jeho velikost je určena prací potřebnou k přenosu nabitých částic (přenos je „pracný“ kvůli elektrické síle mezi nabitými částicemi). Mezi dvěma místy je napětí 1 V právě tehdy, když k přenosu náboje 1 C se vykoná práce 1 J.

(Abyste si udělali představu, náboj jednoho elektronu je  $e = 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ . Jinými slovy, náboj 1 C nese stěží představitelné množství  $1 \text{ C}/e = 6,242 \cdot 10^{18}$  elektronů. Pokud je k přenosu tohoto množství elektronů z místa A s nižším potenciálem do místa B s vyšším potenciálem potřeba dodat energii 1 J, řekneme, že napětí mezi body B a A je 1 V.)

Jedine, co známe, je napětí na obou rezistoroch dohromady.

A to proto, že pro sériové zapojení platí

$$U = U_{R_1} + U_{R_2}.$$

Nevíme však, jak velká jsou jednotlivá napětí ( $U_{R_1}$  a  $U_{R_2}$ ) na rezistoroch. Proto si spočítame celkový odpor obou rezistorů. Pro dva odpory zapojené v sérii platí

$$R = R_1 + R_2.$$

Ze schématu víme:  $R_1 = 100 \Omega$ ,  $R_2 = 200 \Omega$  a  $U = 6 \text{ V}$ .

Celkový odpor bude  $R = R_1 + R_2 = 100 + 200 = 300 \Omega$ . Pak proud  $I = U/R = 6 \text{ V}/300 \Omega = 0,02 \text{ A} = 20 \text{ mA}$ . Nyní víme, že oběma rezistory prochází proud  $20 \text{ mA}$  ( $I = I_{R_1} = I_{R_2}$ ).

Protože už umíme vypočítat napětí podle Ohmova zákona, můžeme dopočít napětí na jednotlivých rezistoroch:

$$U_{R_1} = R_1 \cdot I_{R_1} = 100 \Omega \cdot 0,02 \text{ A} = 2 \text{ V}$$

$$U_{R_2} = R_2 \cdot I_{R_2} = 200 \Omega \cdot 0,02 \text{ A} = 4 \text{ V}$$

Diťve jsme si řekli, že platí  $U = U_{R_1} + U_{R_2}$  a to můžeme ověřit

$$U = U_{R_1} + U_{R_2} = 2 \text{ V} + 4 \text{ V} = 6 \text{ V}.$$

Nyní si shrneme, co jsme se dozvěděli o sériovém zapojení dvou rezistorů:

$$I = I_{R_1} = I_{R_2}$$

$$U = U_{R_1} + U_{R_2}$$

$$R = R_1 + R_2$$

### Paralelní zapojení

Paralelní zapojení („vedle sebe“) je trochu složitější. Rezistory  $R_3$  a  $R_4$ , které vidíme na obrázku 9, jsou zapojeny paralelně.

Elektrický proud, který si zase představíme jako vodní proud, vy-

téká z kladného pólu baterie. Pak se rozvětví a část teče rezistorem  $R_3$  a zbytek rezistorem  $R_4$ . Proto platí

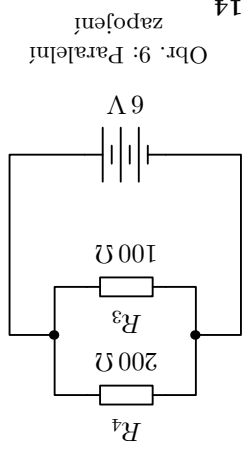
$$I = I_3 + I_4.$$

Napětí na každém rezistoru je stejné

$$U = U_3 = U_4.$$

Pro celkový odpor platí:

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4}.$$



Obr. 9: Paralelní zapojení

přesně v jeho středu.

Lada Peksová  
ladat@tykos.cz

5 bodů; průměr 2,02; řešilo 46 studentů

### Úloha I.4 ... Řekoplavec

Plavec se snaží přeplavat řeku, v níž teče voda rychlostí  $v_r = 2 \text{ km/h}$ . Sám přitom (ve stojaře vodě) plave rychlostí  $1 \text{ m/s}$ . Po jaké dráze a jakým směrem musí plavat, aby se nejméně namohl? V jakém místě a za jak dlouho vyplave na druhý břeh? A co aby jeho dráha byla nejkratší? Vymyslel plavec Petr. (Rozsvětlová úloha z FYZKOSU.)

Rychlost plavce označme  $v_p = 1 \text{ m/s}$ . Šířku řeky<sup>2</sup> označme  $d$ . Protože plavec plave vůči vodě stále stejně rychle bez ohledu na to, kam ho unáší proud, tak potřebuje plavat co nejkratší dobu, aby se co nejméně namohl. To znamená, že v soustavě spojené s pohybující se řekou bude plavat kolmo na břeh.

Protože koná vzhledem k zemi dva na sobě nezávislé rovnoměrné přímočaré pohyby, výsledkem jejich složení bude opět přímka, která bude se břehem, od kterého vyplaval, svírat úhel<sup>3</sup>

$$\alpha = \arctg \left( \frac{v_p}{v_r} \right) = \arctg \left( \frac{1 \text{ m/s}}{0,56 \text{ m/s}} \right) = \arctg \frac{5}{9} = 61^\circ,$$

kde  $v_p$  označuje rychlost plavce. Na druhý břeh vyplave za čas  $t = d/v_p$ . Proud ho přitom snese o vzdálenost

$$s = tv_r = d \cdot \frac{v_r}{v_p} = d \cdot \frac{1 \text{ m/s}}{0,56 \text{ m/s}} = \frac{9}{5} d.$$

Abý jeho dráha byla nejkratší, musí vyplavat kolmo na druhém břehu. Přitom aby plaval kolmo na břeh, musí mít složka  $v_p$  rovnoběžná se břehem stejnou velikost (ale opačný směr) jako  $v_r$ . Vzhledem k řece tedy musí plavat tak, aby vektor jeho rychlosti svíral s proudem úhel

$$\beta = \arccos \left( \frac{v_p}{v_r} \right) = \arccos \frac{9}{5} = 56^\circ.$$

K tomu, abychom zjistili, za jak dlouho vyplave, potřebujeme znát složku rychlosti  $v_p$ , která je kolmá na břeh. Snadno ji dopočteme z Pythagorovy věty jako  $v_n = \sqrt{v_p^2 - v_r^2}$ . Čas, za který vyplave, je

$$t = \frac{v_n}{d} = \frac{\sqrt{v_p^2 - v_r^2}}{d} = \frac{\sqrt{(1 \text{ m/s})^2 - (0,56 \text{ m/s})^2}}{0,83 \text{ m/s}}.$$

<sup>1</sup>Zadané rychlosti jsou v různých jednotkách, tudíž pro výpočty převedeme vše na m/s:

$$v_r = 2 \text{ km/h} = 2 \text{ km/h} \cdot \frac{1000 \text{ m/km}}{3600 \text{ s/h}} = 0,56 \text{ m/s}.$$

<sup>2</sup>Verze úlohy ve FYZKOSU obsahovala navíc zadanou hodnotu šířky řeky  $d = 10 \text{ m}$ . Bez zadání konkrétní hodnoty vzdálenosti pochopitelně nelze určit ostatní vzdálenosti v metrech, ale jen v šířkách řeky, stejně tak FYZKOSU (ročník 25, série 1, úloha 2).

<sup>3</sup>Funkce arctg a arccos jsou funkce inverzní k funkcím tg a cos. Zejména pro ty z vás, kteří o těchto funkcích ještě neslyšeli, do třetí série připravujeme studijní text a sadu úloh zabývajících se tímto tématem, tedy *goniometrickými a cyklotrickými funkcemi*.

Petr Ryšavý  
petr@fykos.cz

### Úloha I.E ... Hopskulka

6 bodů; průměr 2,57; řešilo 42 studentů

Vezměte všechny dostupné druhy míčů, míčků, kuliček a jiného kulatění a pro všechny změřte, jak závisí výška, které dosáhnou po odrazu od země, na výšce, ze které byly upuštěny (berte ohled na jejich rozbitnost). Zkuste naměřené závislosti teoreticky vysvětlit a také zdůvodněte, proč se výsledky pro různé předměty liší.

#### Teorie

Při dopadu předmětu na nějaký povrch se kinetická energie bude přeměňovat na jiné druhy energie. Pro nás bude nejpodstatnější, že se předmět deformuje – zčásti pružně, část nepružně. Deformuje se i povrch, na nějž předmět dopadá. Část energie se též uvolní ve formě tepla a zvukových vln. Rozechvěje se povrch i samotný předmět.

Ta část energie, jež se uložila ve formě pružné deformace (a nebyla následně spotřebována k rozechvění), způsobí vymrštění předmětu zpět. Předmět, který se dopadem zmáčkne, bude postupně nabývat svůj původní tvar (stejně tak i prohnutý povrch), čímž se odrazí od povrchu. Celý proces proběhne velice rychle.

Poměry, v jakých se při srážce původní kinetická energie do jiných forem energie rozdělí, záleží na vlastnostech a tvaru předmětu i povrchu a zčásti i na rychlosti dopadu (což se projeví především u vyšších rychlostí, kdy při smrštění dosáhne předmět své meze pružnosti).

Pro popis odrazivosti předmětu se zavádí činitel odrazivosti (též koeficient restituce)  $\varepsilon$ , definovaný jako poměr velikosti rychlostí  $v_{\uparrow}$  bezprostředně po odrazu ku velikosti rychlosti  $v_{\downarrow}$  bezprostředně před nárazem,  $\varepsilon = v_{\uparrow}/v_{\downarrow}$ .

Zanedbáme-li odpor prostředí (vzduchu), pohybová energie těsně před dopadem bude rovna úbytku polohové energie při pádu a naopak, pohybová energie předmětu těsně po odrazu se zcela přemění na polohovou energii v nejvyšší poloze po odrazu:

$$\frac{1}{2}mv_{\downarrow}^2 = mgH, \quad \frac{1}{2}mv_{\uparrow}^2 = mgh,$$

kde  $m$  je hmotnost předmětu a  $g$  je tíhové zrychlení. Vyjádříme-li z těchto rovnic rychlosti, lze činitel odrazivosti určit jako

$$\varepsilon = \frac{v_{\uparrow}}{v_{\downarrow}} = \frac{\sqrt{2gh}}{\sqrt{2gH}} = \sqrt{\frac{h}{H}}.$$

#### Měření

Měřili jsme výšku odrazu  $h$  čtyř předmětů – míčku na stolní tenis, tenisového míčku, skleněné kuličky a hopskulky. Předměty byly pouštěny na betonovou podlahu.

Výšku jsme měřili pouhým okem pomocí měrného pásma přilepeného ke dveřím. Pro pohybující se předmět není vždy zcela snadné výšku výskoku okem zachytit, což vnáší do měření nepřesnost, kterou odhadujeme na  $\pm 3$  cm. Výšku upuštění  $H$  jsme měřili na centimetr přesně. (Podotýkám, že v obou případech jsme měřili výšku nejnižší položeného bodu předmětu.)

Závislost jsme proměřovali pro osm výšek upuštění v 25cm úsecích až do 2 m. Naměřené hodnoty jsou uvedeny v tabulce 1.

### „Ohmova dopravní značka“

Nyní si povíme nejdůležitější vztah v tomto díle seriálu. Ohmův zákon vyjadřuje vztah

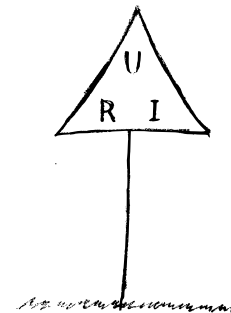
$$U = RI.$$

Nyní už umíme spočítat proud  $I_1$  z předešlého odstavce.

$$I_1 = \frac{U_1}{R_1}$$

$$I_1 = \frac{6 \text{ V}}{100 \Omega}$$

$$I_1 = 0,06 \text{ A} = 60 \text{ mA}$$



Ohmův zákon neplatí pro všechny elektrotechnické součástky, ale pro rezistory platí. I přesto se používá často, protože se jiné součástky převedou na rezistory. Těmito součástkami se prozatím nebudeme zabývat.

#### Více odporů → více zábavy

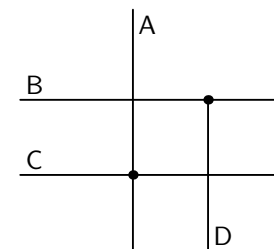
Aby to nebylo tak nudné, podíváme se na elektrotechnická zapojení s více rezistory než jenom s jedním jediným. Otázka ale je, jak ty rezistory budeme zapojovat. Základní zapojení jsou dvě a s nimi si určitě vystačíme hodně dlouho.

#### Křížení vodičů

Zatím jsme si neřekli, jak zakreslovat vodiče, které se kříží. Taky jsme to k ničemu ještě nepotřebovali.

Pokud bychom považovali všechny vodiče, které se kříží, za spojené, tak by některá zapojení nešla zakreslit. Proto se v místě křížení, kde jsou vodiče spojené, kreslí puntík.

Na obrázku 7 máme čtyři vodiče. Vodič A je spojen s vodičem C, ale ne s B ani D. K vodiči B se připojuje vodič D, který nepokračuje. Pro lepší přehlednost se zde puntík také kreslí.



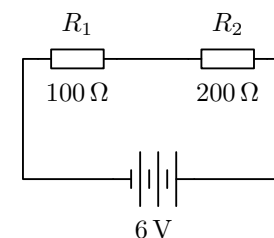
Obr. 7: Křížení vodičů

#### Sériové zapojení

Sériové zapojení („za sebou“) je z pohledu výpočtů jednodušší. Rezistory  $R_1$  a  $R_2$ , které vidíme na obrázku 8, jsou zapojeny do série.

Elektrický proud si můžeme představit jako vodní proud, který teče od jednoho pólu baterie k druhému.

Tak si to nyní představme. Proud vyjde od kladného pólu k rezistoru  $R_2$ , pak dále k rezistoru  $R_1$ , až přijde k zápornému pólu. Protože se nikde jeho cesta nerozvětjuje, musí být velikost proudu všude stejná (nikde se nemůže část proudu ztratit). To co z baterie vytéká, musí se taky vracet zpátky.



Obr. 8: Sériové zapojení



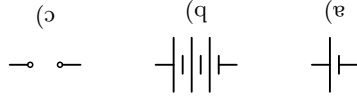
### Výfucení: Dopravní značka v elektrotechnice

#### Úvod

V dnešním dle našeho seriálu se podíváme na to, co to je elektrický obvod, z čeho se skládá, jak se zakreslují elektrotechnická schémata a nakonec si povíme o Ohmovu zákonu. Nemusíte se ničeho bát, protože právě začínáme vysvětlovat od úplných základů a klidně můžete pokračovat ve čtení.

#### Elektrický obvod

Nejzákladnější věc, která je v téměř každém obvodu (my se budeme zabývat jen takovými), je zdroj napětí. Jako zdroj poslouží článek baterie, baterie složená z více článků nebo svorky, na které je přivedeno napětí bez toho, abychom věděli, co je jako zdroj použito (budeme zatím převážně používat baterie, ale je dobré vědět, že se může ve schématech vyskytnout i něco jiného).



Obr. 5: Zdroje napětí: a) článek baterie, b) baterie, c) svorky

Hlavní fyzikální veličina, která nás bude u zdroje napětí (baterie) zajímat, je



napětí. Znáti se  $U$  a základní jednotkou je  $1\text{ V}$  (volt).

Další součástí budou rezistory (obrázek 6), jejichž hlavní vlastností je, že mají elektrický odpor  $R$ , což je také fyzikální veličina. Její jednotkou je  $1\ \Omega$  (ohm [čti óm]).

Rezistor můžeme proházet elektrický proud  $I$ . Jeho jednotkou je  $1\text{ A}$  (ampér). Aby tento proud obvodem procházel, musí být obvod uzavřený (vodiče a zapojené součástky tvoří uzavřenou smyčku, obvod nesmí být rozpojený).

Veličiny, které jsme si uvedli, shrnuje následující tabulka. O jejích fyzikálním významu si povíme na konci tohoto textu.

název veličiny	značka veličiny	název jednotky	značka jednotky
napětí	$U$	volt	V
odpor	$R$	ohm	$\Omega$
proud	$I$	ampér	A

Je samozřejmostí, že se používají i jednotky násobné jako: k $\Omega$ , M $\Omega$ , mA, kV, ...

V našich výpočtech budeme všechny součástky považovat za ideální. To znamená:

- baterie má stále stejné napětí,
- rezistor má jenom svůj elektrický odpor,
- vodiče nemají elektrický odpor ( $R_{\text{vodiče}} = 0\ \Omega$ ).

Na obrázku ?? je znázorněno elektrotechnické schéma nejjednoduššího elektrického obvodu. Je zde použita baterie o napětí  $U_1 = 6\text{ V}$  a rezistor o odporu  $R_1 = 100\ \Omega$ .

Tabulka 1: Výsledky měření výšek odrazu.

$\frac{H}{h}$	$\frac{\text{cm}}{\text{cm}}$		
	pingpong. m.	tenis. m.	sklenka hopskulká
25	20	13	17
50	40	28	33
75	54	43	48
100	68	57	64
125	80	71	77
150	94	83	91
175	106	94	105
200	117	107	118
160			

#### Diskuse

Hodnoty z tabulky 1 jsou vyneseny v grafu na obrázku 4.

Teměř všechny předměty v rámci chyby měření vykazují přimou úměrnost mezi výškou odrazu  $h$  a výškou upuštění  $H$ . Míček na stolní tenis se však mírně odchyluje a závislost nabývá konkávního<sup>4</sup> tvaru. To by slo vysvětlit tak, že čísel odrazivosti je v daném rozsahu proměnlivý; mnohem pravděpodobnějším důvodem však bude to, že díky nízké hmotnosti (a tudíž i nízké setrvačnosti, odkazují na Newtonův zákon síly) jeí velmi brzdí odpor vzduchu.

Pro jednotlivé předměty jsme lineární regresí (fitování) v programu `gnuplot` (v. návod odkazovaný na konci) určili poměr  $h/H$  a z něj spočítali součinitel odrazivosti  $\epsilon$ .

Pingpongový míček: $h/H = 0,749 \pm 0,027$ $\epsilon = 0,865 \pm 0,016$	Temisový míček: $h/H = 0,548 \pm 0,005$ $\epsilon = 0,740 \pm 0,004$
Sklená kulička: $h/H = 0,606 \pm 0,007$ $\epsilon = 0,779 \pm 0,004$	Hopskulká: $h/H = 0,807 \pm 0,004$ $\epsilon = 0,898 \pm 0,002$

Pro pingpongový míček jsme prováděli regresí jen na základě prvních 3 hodnot, protože pro větší  $H$  je výsledek dosti ovlivněn odpořem vzduchu a zkresloval by výpočet čísel odrazivosti.

Chyba  $h/H$  je určena jako statistická chyba lineární regrese, chyba  $\epsilon$  je vypočtena z mí.<sup>5</sup>

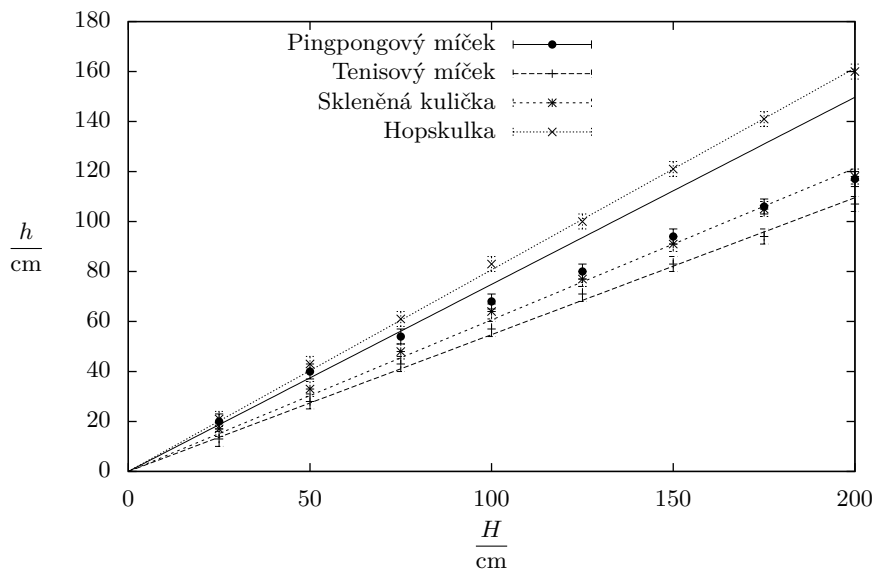
Pro zajímavost uvádíme, že dle anglické Wikipedie<sup>6</sup> se má míček na stolní tenis odrážet do výšky 24–26 cm při výšce upuštění  $H = 30,5$  cm na ocelovém bloku, což pro námi určený čísel odrazivosti odpovídá odrazu do  $h = (22,8 \pm 0,4)$  mm, což je sice poněkud méně, nicméně je třeba vzít v úvahu, že upouštíme na beton a takéž je možné, že již ve výšce  $H = 75$  cm, již jsme do regrese zahrnuli, se již dost projevuje odpor vzduchu, což vyslednou hodnotu  $h/H$  snižuje.

Zdá se, že betonová podlaha je pro svou vysokou tvrdost a mohutnost (při dopadu předmětu se nerozdechvje) vcelku vhodným povrhem pro zkoumání vlastností plastových míčků. Nemí

<sup>4</sup>Konkávni znamená, že funkce má v daném bodě tvar „kopceku“. Opačím je funkce konvexní, která má tvar „údolí“. Formálněji řečeno, nakreslime-li v daném bodě tečnu, pro konkávni funkci jsou hodnoty funkce v okolních bodech pod tečnou, pro konvexni nad tečnou.

<sup>5</sup>Pokud nevíte, jak se určuje chyba vypočtené veličiny, vizte například http://fo.cuni.cz/texty/mereni.pdf.

<sup>6</sup>http://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Table\_tennis&oldid=459100680



Obr. 4: Měření výšky odrazu

však jisté, zda by se u skleněné kuličky výsledky nelišily při dopadu na ještě tvrdší (a hladší) povrch.

#### Poznámky k došlým řešením

Značná část řešitelů měla problém s pochopením zadání a namísto toho, aby měřila závislost výšky odrazu na výšce upuštění, měřila například závislost výšky odrazu na materiálu míčku, podlahy a podobně.

Změřit závislost jedné veličiny na veličině druhé znamená změřit hodnoty závislé veličiny (zde výšky odrazu) pro více různých hodnot nezávislé veličiny (zde výšky upuštění) v dostatečně širokém rozsahu. Z výsledku takového měření bychom měli být schopni předpovídat hodnotu závislé veličiny i v bodech, kde jsme zrovna neměřili (tím, že naměřenými hodnotami například proložíme nějakou rozumnou křivku).

Jako změření závislosti tedy nelze považovat měření pro pouhé dvě hodnoty, protože mezi dvěma body můžeme nakreslit téměř libovolnou křivku. Lze je proložit třeba přímkou, parabolou, sinusoidou, ... Díky této volnosti nelze pak pro nenaměřené hodnoty nezávislé veličiny předpovědět téměř nic. Abychom mohli o závislosti mohli něco určitějšího říci, musíme zkrátka hodnot naměřit více. A vždy je dobré výsledky měření zpracovat graficky: nakreslit graf naměřených hodnot a k nim křivku s teoreticky určenou závislostí (využívající parametry vypočtené z měření – zde se jednalo o přímkou se sklonem určeným činitelem odrazivosti, resp. jeho druhou mocninou).

U většiny řešení jsem postrádal popis metody měření, zejména způsobu odečtu hodnot výšek. Ať už odečítáte maximální výšku míčku po odrazu „od oka“, nebo si třeba pomáháte

technikou (videokamera), je potřeba to napsat.

S tím souvisí další věc, která mi v řešeních chyběla: určení chyby měření. Žádné měření není dokonale přesné a je důležité vědět, jaké nepřesnosti jsme se mohli dopustit. Nepřesnost měření je způsobována různými vlivy a vždy byste měli alespoň odhadnout, které vlivy jsou nejvýznamnější a jak velkou chybu tyto vlivy mohou způsobit.

Vždy je potřeba uvádět i všechny vlivy, které by mohly ovlivnit výsledek měření (a zároveň nepatří mezi vlivy z předchozího odstavce, tj. ty, jež způsobují nepřesnosti). U této úlohy se jednalo zejména o údaj, na jaký povrch byly předměty upouštěny. Pokud upouštíme tvrdou (například ocelovou či skleněnou) kuličku na měkkou (např. dřevěnou) podlahu, výsledek měření vypovídá spíše o vlastnostech podlahy než kuličky. Na tom pochopitelně není nic špatného, ale měření bez takovýchto zásadních údajů jsou vcelku bezcenná.

Podrobnější návod, jak správně vypracovávat experimentální úlohy, naleznete na webové adrese <http://fykos.cz/sex/jak-na-to>.

Marek Nečada  
marekn@fykos.cz