

FYZIKA

Pár pokusů z elektřiny

JAROSLAV KUSALA

Masarykovo gymnázium, Vsetín

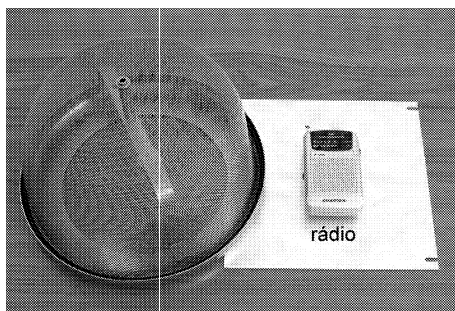
Ani v době nejrůznějších virtuálních laboratoří, efektních počítačových simulací či profesionálně natočených videonahrávek neztratily reálné fyzikální experimenty svůj význam. Spíše naopak – klikání počítačovou myší nemůže nahradit vlastnoruční manipulaci žáka s reálnými předměty, s trojrozměrnými učebními pomůckami. Zejména v úvodu probírání určitého tématu, při motivaci a výkladu, je demonstrační pokus učitele a tvořivá práce žáků nezastupitelná. Zvlášť cenné jsou pokusy, které si mohou žáci vyzkoušet i sami doma s těmi nejběžnějšími předměty. A protože námětů na jednoduché fyzikální pokusy není nikdy dost, nabízíme několik drobných experimentů, vybraných z nového výukového CD firmy Pachner: Fyzika zajímavě – ELEKTRINA I.

Faradayova klec

Jednou z užitečných aplikací elektrostatické indukce ve vodiči je možnost odstínění elektrického pole. Tento významný objev učinil už začátkem 19. století M. Faraday. V hodinách fyziky obvykle demonstrujeme odstínění elektrického pole připojením vysokonapěťového zdroje k drátěné Faradayově kleci. Papírové proužky na jejích vnitřních stěnách se nevychylují a to dokazuje, že intenzita pole uvnitř klece je nulová. Stínění elektronických přístrojů hraje v technice důležitou roli, ale tato archaická demonstrace dnes velký zájem mezi žactvem nevyvolá. Bude proto rozumnější provést aspoň malou inovaci.

Rádiový signál se šíří pomocí elektromagnetického vlnění, které má dvě složky, elektrickou a magnetickou. Obstarejte si miniaturní radiopřijímač (z výprodeje), kus plechu nebo alobalu a velký drátěný cedník. Na stolní

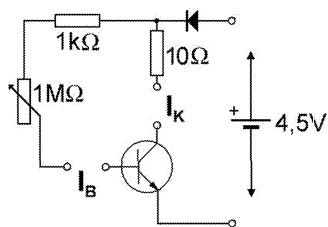
desku položte plech a na něj hrající rádio (obr. 1). Pak přiklopte rádio cedníkem – a z přijímače nevyjde ani hlásek, nebo je jen velmi slabý. Znamená to, že cedník odstínil elektrické pole, které se nedostane k anténě přijímače a ten přestane hrát. Proveďte pokus se stanicemi na středních (AM) a velmi krátkých (FM) vlnách, s plechovou podložkou a bez ní. Zjistili jste nějaký rozdíl?



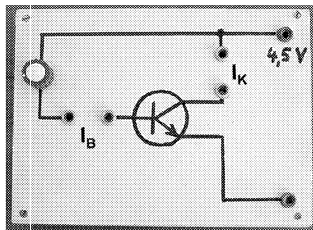
Obr. 1 Faradayova klec pro radiopřijímač

Tranzistorový zesilovač

Tranzistor je základem zesilovačů všeho druhu. Je proto vhodné, aby se žáci vlastním pokusem přesvědčili, že malé změny proudu v obvodu báze opravdu vyvolávají mnohem větší změny proudu v obvodu kolektoru. Velikost proudu báze se mění potenciometrem, zapojeným jako reostat. Aby byl pokus rychlý, spolehlivý a přesvědčivý, je vhodné zhotovit jednoúčelový panel s jednoduchým tranzistorovým zesilovačem. Na jeho přední stěně je zjednodušené schéma zapojení (obr. 2), propojení tranzistoru s připojovacími zdírkami je provedeno vodiči na zadní části panelu (obr. 3). Výběr součástek není nijak kritický, v prototypu jsme použili výkonový tranzistor KD501 (typ NPN), potenciometr $1\text{ M}\Omega$ s lineárním průběhem, ochranné odpory $1\text{ k}\Omega$ a $10\text{ }\Omega$. V napájecí větvi je zapojena křemíková dioda KY130, která zabrání poškození tranzistoru při nesprávném pólování napájecího zdroje. Součástky propojíme se zdírkami podle schématu a pomůcka je hotova.



Obr. 2 Schéma zapojení panelu s tranzistorem



Obr. 3 Panel pro demonstraci tranzistorového zesilovače

Postup demonstrace je jednoduchý:

- Zapojte miliampérmetry do obvodu báze a kolektoru.
- Nastavte potenciometr na maximální odpor (minimální proud báze).
- Připojte zdroj napětí (např. plochou baterii).
- Měňte proud báze I_B otáčením potenciometru mezi krajními polohami.
- Sledujte odpovídající změny kolektorového proudu I_K .
- Zapište hodnoty proudů I_B a I_K do přehledné tabulky.

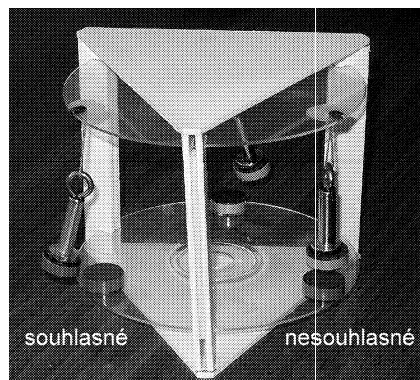
Z naměřených hodnot je vidět, že malá změna I_B vyvolá velkou změnu I_K , dojde k zesílení proudu. Je třeba upozornit žáky, že toto zesílení není „zadarmo“ – nezbytnou energii dodává použitý napájecí zdroj.

Magnetické hříčky

Poněkud nudné tvrzení, že souhlasné póly magnetů se odpuzují a nesouhlasné se přitahují, by bylo vhodné trochu oživit. Nabízíme dvě varianty:

Přitažlivé a odpudivé magnetické síly můžete názorně demonstrovat pomůckou se šesti magnety. Budete potřebovat šest malých válcových feritových magnetů, závěsy a vhodný stojánek (obr. 4). Stojánek prototypu pomůcky jsme zhotovili ze silnější lepenky (nebo překližky) a dvou vyřazených „céděček“. Na spodním kotouči jsou v pravidelných rozestupech přilepeny vteřinovým lepidlem tři magnety. Dva mají nahoře severní pól (označený červenou samolepkou), jeden má nahoře jižní pól (modrý). Na horním kotouči jsou na nitkách přivázány tři železné držáčky s přilepenými magnety. Uspořádání jejich pólů je vidět na fotografii.

Pro správnou funkci je důležité, aby dvě dvojice magnetů měly u sebe souhlasné póly, jedna dvojice póly nesouhlasné. Žáci si „vlastními rukama“ ověří, že souhlasné póly se navzájem odpuzují a nesouhlasné přitahují.



Obr. 4 Tři dvojice magnetů demonstrují přitažlivé a odpuzivé magnetické síly

Na podobném principu funguje také magnetické kyvadlo. Na stojánek zavěste válcový magnet a na podložku rozmístěte několik dalších magnetů. Rozkmitaný magnet vykonává různé chaotické pohyby, vynucené současným působením magnetů ležících na podložce. Kmitající magnet musí být tak vysoko, aby se k němu nepřítáhl žádný z magnetů na podložce. Charakter pohybů kyvadla snadno změníte přemísťováním magnetů na podložce, možnosti jsou velice pestré.

Měření indexu lomu kapalin

CTIBOR HENZL

Střední škola teleinformatiky, Ostrava, p. o.

Článek pojednává o možnosti měření indexu lomu kapalin pomocí jednoduchých pomůcek. Nenáročným způsobem se žákům přibližují pojmy index lomu, ohnisková vzdálenost, poloměr křivosti čočky. Výsledky měření jsou zpracovány v EXCELU s využitím zabudovaných statistických funkcí. Měření má pouze kvalitativní charakter.

Není nutno opakovat známá fakta o teoretickém charakteru výuky fyziky na mnoha našich středních školách. Rovněž je známo, že studenti, ač

obeznámení s posledními výkřiky audio a videotechniky, neznají principy fyzikálních dějů, na nichž jsou tyto produkty založeny. PC je pro mnohé studenty věrným průvodcem ve světě virtuální reality a zdrojem podivuhodných informací. Bohužel, zapsat a vyhodnotit pomocí počítače např. data z pokusu a udělat odpovídající závěr většina studentů neumí.

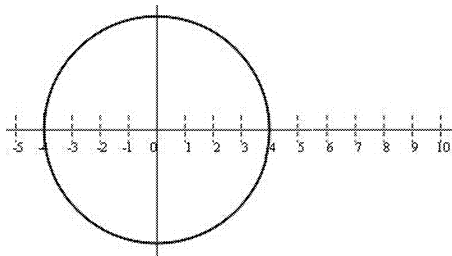
Rozhodli jsme se pro provedení jednoduchého experimentu a statistické zpracování výsledků na počítači. Na přípravě i provedení pokusu se studenti aktivně podíleli. Celá práce, výsledky a z nich plynoucí závěr je pro studenty zpravidla mnohem zajímavější, než pouhý verbální projev učitele.

Pomůcky a pracoviště

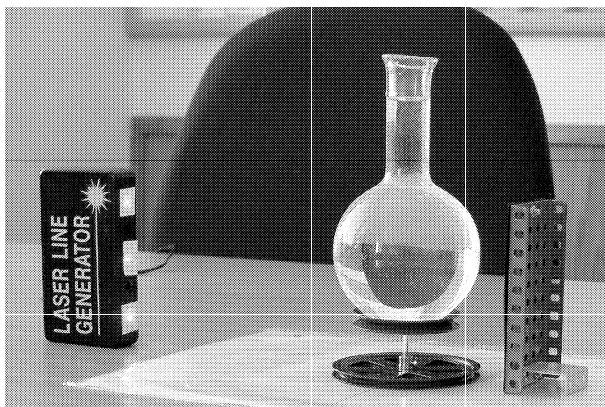
Pracovištěm je obyčejný stůl, případně katedra, pokud měření provádíme před větší skupinou studentů. Pomůcky jsou jednoduché:

- laser line generátor (možno nahradit ruční akumulátorovou svítilnou),
- baňka (průměr 8,33 cm byl změřen posuvným měřidlem),
- použitá kapalina (voda, popř. vodní roztok NaCl),
- podstavec s možností nastavení výšky,
- stínítko,
- podložka.

Podstavec a stínítko jsme zhotovili ze stavebnice MERKUR. Plochu stínítka tvořil černý karton. Podložka slouží k snadnějšímu odečítání hodnot. Stupnice pro odhad vzdálenosti postačuje centimetrová. Nad průsečík os (bod 0) umístíme střed baňky (obr. 1). Celkový pohled na žákovské pracoviště je na obr. 2.



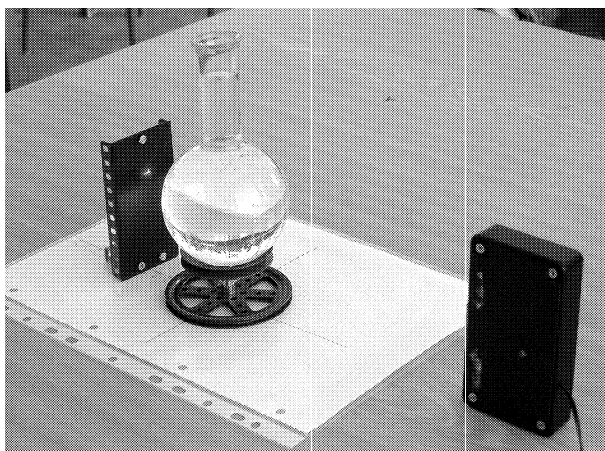
Obr. 1



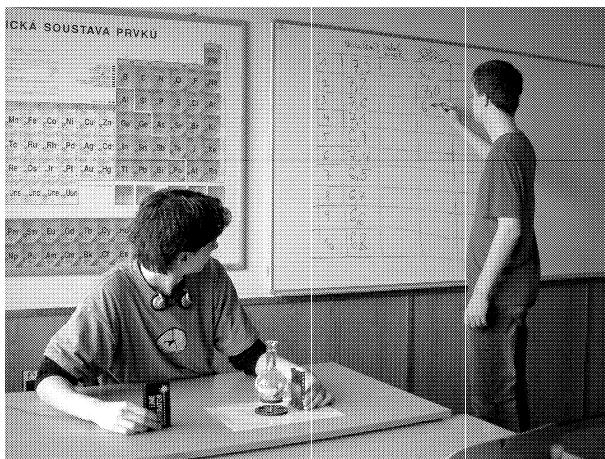
Obr. 2

Měření

Z generátoru propustíme dva paprsky, zbývající tři otvory přelepíme. Poté posunujeme stínítko tak, až se paprsky protnou v předpokládaném ohnisku. Ohniskovou vzdálenost snadno odečteme na podložce (obr. 3). Dílky jsou vzdáleny 1 cm, milimetry odhadneme. Ohniskovou vzdálenost zapíšeme do tabulky.



Obr. 3



Obr. 4

Zpracování a výsledek

Pro výpočet indexu lomu použijeme známý vztah (viz [1], s. 58)

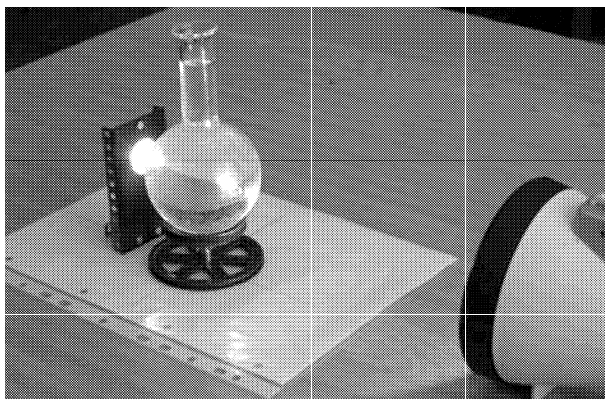
$$\frac{1}{f} = (n - 1) \left(\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} \right),$$

kde položíme $r_1 = r_2 = r$ a vyjádříme n :

$$n = 1 + \frac{r}{2f} \quad (1)$$

Naměřené hodnoty ohniskové vzdálenosti přepíšeme do EXCELu (tabulka 1).

Měření jsme opakovali s akumulátorovou svítilnou (obr. 5). Tímto postupem však lze určit polohu ohniska s menší přesností.



Obr. 5

Tabulka 1

látka	voda	roztok NaCl	voda	roztok NaCl
zdroj světla	akumulátorová svítilna		Laser line generátor	
měření	$f[\text{cm}]$	$f[\text{cm}]$	$f[\text{cm}]$	$f[\text{cm}]$
1	7,0	7,0	6,9	6,5
2	7,2	6,9	7,0	6,7
3	7,6	6,4	6,7	6,4
4	7,1	6,6	6,8	6,3
5	6,9	6,2	7,1	6,8
6	7,4	6,7	7,5	7,0
7	6,5	6,3	7,2	6,9
8	6,7	6,8	6,6	6,6
9	6,6	6,1	6,5	6,1
10	6,8	7,1	7,3	6,2
Aritmetický průměr f	6,98	6,61	6,96	6,55
Průměrná odchylka f	0,28	0,29	0,26	0,25
Relativní odchylka f	0,04	0,04	0,04	0,04
Aritmetický průměr n	1,30	1,32	1,30	1,32
Průměrná odchylka n	0,06	0,06	0,05	0,05
Index lomu n	$1,30 \pm 0,06$	$1,32 \pm 0,06$	$1,30 \pm 0,05$	$1,32 \pm 0,05$

Komentář k tabulce Tabulce 1

První část tabulky

- V prvním sloupci je uvedeno číslo měření.
- Ve sloupcích 2 až 4 jsou naměřené ohniskové vzdálenosti.

Druhá část tabulky

- V prvním řádku je vypočten aritmetický průměr f naměřených hodnot.

- Ve druhém řádku je vypočtena průměrná odchylka aritmetického průměru Δf .
- Ve třetím řádku je vypočtena relativní odchylka aritmetického průměru δf .
- Ve čtvrtém řádku je vypočtena průměrná hodnota n podle rovnice (1).
- V pátém řádku je vyjádřena „nejistota“ výsledku jako průměrná odchylka n podle [3].

Odhadne se absolutní odchylka při měření průměru baňky posuvným měřítkem $\Delta d = 0,002$ cm, relativní odchylka δd průměru baňky se vypočte jako podíl absolutní odchylky Δd a měřené hodnoty

$$\delta d = \frac{\Delta d}{d}.$$

- Průměrná odchylka Δn , představující nejistotu výsledku vypočte z průměrné hodnoty n a z relativních odchylek a δf a δd :

Literatura

- [1] *Lepil, O.*: Fyzika pro gymnázia. Optika, Prometheus, Praha 2002.
- [2] *Henzl, C.*: Vlny na mělké vodě, MFI, roč. 16 (2006/2007), č. 8, s. 479.
- [3] *Lank, V.*: Přehled fyzikálních vzorců, zákonů a pouček, TOBIÁŠ, Havlíčkův Brod 1999.

Jízdní kolo – ústřední prvek dopravní výchovy na ZŠ

Námět pro školní projekt

JOSEF JANÁŠ

Pedagogická fakulta MU, Brno

(Dokončení)

Ze sedmi tematických okruhů Rámcového vzdělávacího programu pro fyziku na ZŠ, které mají vazbu na dopravní výchovu (viz část D) můžeme JK úspěšně využít v pěti následujících:

1. Pohyb těles

P1 Trajektorie, dráha, vztažná soustava

K porozumění základním kinematickým pojmům: *trajektorie* a *dráha* pohybu tělesa (hmotného bodu = těžiště), *vztažná soustava*, *relativnost klidu a pohybu*, lze dospět provedením jednoduchých pokusů s jízdním kolem.

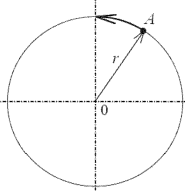
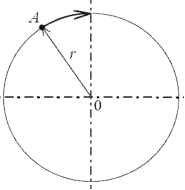
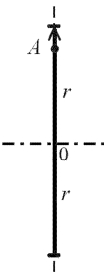
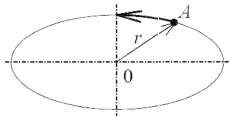
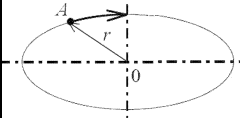
JK postavíme na stůl koly nahoru Na obvodu jednoho kola zvýrazníme sledovaný bod (např. svítící barvou nebo uvázáním barevné stužky). Pokusy budou názornější, upevníme-li na obvod kola žárovku z kapesní svítilny, připojené k baterii upevněné mezi dráty.

Můžeme volit např. následující postup:

- (1) Na tabuli nakreslíme křídou čáru (*trajektorii*), případně změříme její délku (*dráhu*).
- (2) Problémová úloha
Pět dvojic žáků rozestavíme okolo stolu tak, aby mohli pozorovat pohyb svítící žárovky z různých míst ve třídě. Požádáme je, aby sdělili a na tabuli zakreslili trajektorii pohybující se žárovky (při opakovaném pokusu případně určili i velikost dráhy žárovky). Záznam pozorování, který bude na tabuli ukazuje obr. 8. Pro žáky bývá překvapením, že tentýž jev lze popsat různým způsobem.
- (3) Ptáme se, kdo má pravdu, když o téže skutečnosti (žárovka koná pohyb po kružnici) máme pět různých tvrzení? Z diskuse vyplyne, že záleží na *vztažné soustavě* ze které skutečnost pozorujeme. Při pozorování nás naše smysly mohou klamat. Ne však fyziku, která hledá pravdu a studuje jevy v prostoru a čase ve vztažné soustavě spojené se Zemí.

Kromě toho, že si žáci osvojují fyzikální poznatky (pohyb, trajektorie, vztažná soustava), získávají poznatek, který má obecnou platnost., tj. poznatek, že zrak nám nemusí podávat objektivní informace o pozorované skutečnosti. Proto je nutné zvažovat názor druhého člověka s kterým *kommunikujeme*, hodnotit okolnosti a neukvapovat se ve svých úsudcích.

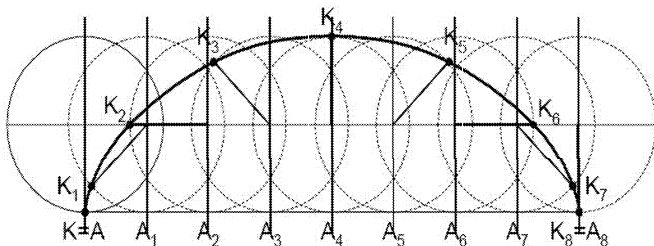
V tomto případě vytváříme u žáků požadované klíčové kompetence k učení, řešení problémů a komunikativní.

Skup. žáků	Stanoviště žáků	Pozorovaný průmět trajektorie	Délka průmětu dráhy
1.	z pohledu kolmo na rovinu kola zezadu		kružnice levotočivá $2\pi r$
2.			kružnice pravotočivá $2\pi r$
3.	z levé i z pravé strany v rovině kola		úsečka $2r$
4.	z náhledu za kolem		elipsa (levotočivá) $2\pi r < s < 2\pi r$
5.	z náhledu před kolem		elipsa pravotočivá $2\pi r < s < 2\pi r$

Obr. 8

P2 Otáčivý pohyb kola a přímočarý pohyb jezdce i kola

Pokus s žárovkou na obvodu kola můžeme rozšířit na pozorování trajektorie žárovky a osy kola při pohybu po vodorovném stole (nebo po podlaze). Trajektorií žárovky je *cykloida*, trajektorií osy je úsečka – viz obr. 9. Záznam cykloidy můžeme snadno pořídit, přiložíme-li za otáčející se kolo desku s pruhem papíru a na něm postupně zaznamenáváme polohu žárovky. Použitím svítící žárovky upevněné na ráfku kola v zatemněné místnosti jsou pokusy efektnější.



Obr. 9

Z naměřené hodnoty průměru kola d , vypočítáme dráhu s cyklisty při jednom otočení kola a porovnáme s hodnotou naměřenou ($s = \pi d = 2AA_8$).

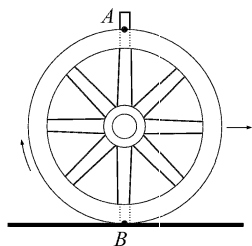
P3 Problémová úloha o rychlosti, skaláry a vektory

Při jízdě na JK koná kolo rovnoměrný pohyb, ale cyklista s kolem pohyb translační. Pokus P2 ukazuje, že body K na obvodu kola se pohybují nerovnoměrně. Provedeme následující jednoduchý pokus: Před kolo postavíme tyč, jak ukazuje obr. 10a. V nejvyšším a nejnižším bodu kola připevníme na pneumatiku barevné proužky A , B a pootočíme kolem tak, aby se od stojící tyče posunula asi o 25 cm. Zjistíme, že horní značka A se posunula mnohem dále než dolní značka B .

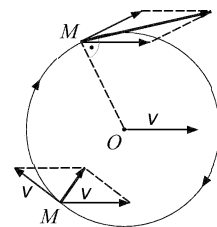
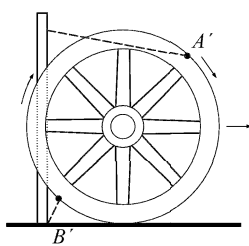
Stejný efekt můžeme pozorovat, když sledujeme jeden barevný proužek při jízdě. V dolní části otáčejícího se kola proužek zřetelně rozeznáme, v horní se jen rychle mihne.

Vysvětlení skládáním rychlostí, tedy vektorovým součtem, se na ZŠ prakticky neprobírá, ale umožní žákům pochopit rozdíl mezi *skalárními* a *vektorovými* veličinami a později rovněž *inerciální* a *neinerciální soustavy*.

Bod M na obvodu kola (obr. 10b) koná složený pohyb. Ve vodorovném směru rovnoměrný pohyb s rychlostí v . Současně po kružnici rovnoměrný pohyb též s rychlostí v , která má v každém bodě směr tečny ke kružnici. Proto má bod M v nejnižším bodě výslednou rychlost nulovou, v nejvyšším bodě dvojnásobnou.



Obr. 10a



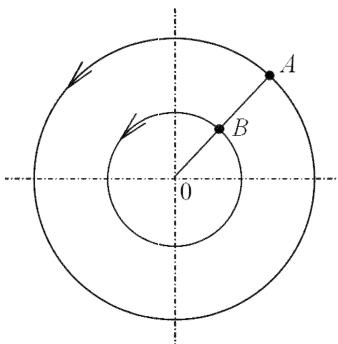
Obr. 10b

P4 Rychlost, úhlová rychlost; dráha, úhel otočení

Problémová úloha

Po zavedení pojmu *rychlost* tělesa můžeme kola s žárovkou využít k rozšíření o pojmy *rychlost posuvného pohybu* a *rychlost úhlová*. V polovině výpletu (drátu) spojujícího bod A a osu otáčení O umístíme druhou žárovku (barevnou) – viz obr. 11 a diskutujeme se žáky otázku, která žárovka se pohybuje rychleji, když vidí, že při otočení kola se vrátily na stejné místo za stejnou dobu, ale bod A urazil delší dráhu než bod B .

Porovnáním drah a rychlostí bodů A , B při otočení kola zjistíme, že oba body jsou na původních místech, ačkoliv se po stejnou dobu bod A pohyboval po delší oblouku než bod B .



Obr. 11

Opět z naměřených hodnot průměrů obou kružnic d_1 , d_2 a periody T vypočteme rychlosti v_1 , v_2 a ω_1 , ω_2 a zjistíme, že $d_1 > d_2$, $v_1 > v_2$, ale $\omega_1 = \omega_2$.

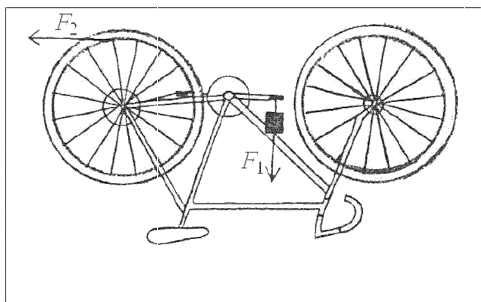
2. Síla. Moment síly

Podle prvního Newtonova pohybového zákona (na ZŠ zákon setrvačnosti) jsou všechna tělesa v klidu nebo pohybu *rovnoměrném přímočarém* a ke změně tohoto stavu je nutná vnější síla. Příčinou jízdy jakéhokoli dopravního prostředku je *třecí síla*. Proto i cyklista k tomu, aby se pohyboval rovnoměrným pohybem po přímé silnici, musí překonávat třecí sílu mezi pneumatikami a povrchem vozovky.

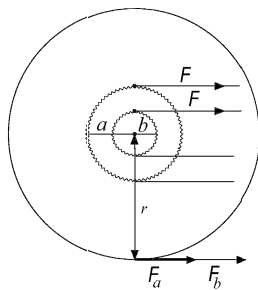
Problémová úloha:

Při jízdě do kopce cyklista mění převodní poměr otáček. Zdůvodněte co je výhodnější, přeradit na kolečko s větším nebo s menším počtem zubů?

Princip jízdy na JK spočívá v tom, že svalová síla cyklisty, působící svisle na pedál, se přenáší na převodník a řetězem na zadní ozubené kolo (pastorek), který přenáší tlakovou sílu cyklisty na *otáčivý* pohyb zadního kola. Žáci se ve fyzice učí, že pro otáčení tělesa není rozhodující síla, ale *moment síly*. Pro dobré porozumění této fyzikální veličině a pro správnou odpověď na otázku může přispět následující pokus (obr. 12).



Obr. 12a



Obr. 12b

JK postavíme na stůl koly nahoru podle obr. 12a. Kliky převodníku bicyklu dáme do vodorovné polohy a na jeden pedál (páku) zavěšíme závaží, které působí na páku silou F_1 (stejně velkou silou působí cyklista na pedál).

Vzniklý moment síly M_1 se přenáší na zadní kolo (obr. 12b) a uvádí je do otáčivého pohybu. Siloměrem (mincířem) změříme sílu F_a , resp. F_b , nutnou k tomu, aby k otáčení nedošlo.

Postupně měníme hmotnost závaží i průměr (poloměr) pastorku a z měření dospějeme k závěru: Zvětšíme-li poloměr pastorku (počet zubů) dvakrát, pak při konstantní síle F_1 se dvakrát zvětší i „brzdící“ síla.

Za předpokladu, že cyklista působí na pedál stále stejnou silou, můžeme z obr. 12b, na kterém je znázorněno zadní kolo, napsat momentovou větu

$$Fa = F_a r,$$

$$Fb = F_b r.$$

Odtud vyplývá, že

$$\frac{a}{b} = \frac{F_a}{F_b}.$$

Je-li $a > b$, je i $F_a > F_b$. Proto, jede-li cyklista do kopce, je výhodnější použít převod s větším poloměrem (větším počtem zubů). Výsledky měření ukazuje tabulka 1.

Tabulka 1

počet cihel	F_1 (N)	počet zubů na pastorku	F_2 (N)
2	130	13	20
2	130	18	25
2	130	22	30
2	130	26	40
4	260	13	45
4	260	18	50
4	260	22	70
4	260	26	80
6	390	13	65
6	390	18	75
6	390	22	110
4	390	26	130

3. Mechanika tekutin

Problémová úloha pro skupinovou práci:

Určit velikost tlaku, který vzniká v místě styku JK s povrchem vozovky, jestliže žák sám sedí na JK. Potom změřit tlak vzduchu v pneumatice a výsledky komentovat.

Řešení: Žáci z fyziky znají vztah pro výpočet tlaku $p = F/S$, kde F je síla, která působí na plochu S , a rovná se tíze cyklisty a kola. Sílu F mohou určit např. na houpačce z momentové věty.

Návod: Skupina 5 žáků.

Jeden sedí na JK, dva ho udržují v rovnováze (každý z jedné strany kolmo na směr jízdy), další dva měří styčnou plochu.

Při kontrole výsledků je třeba diskutovat otázku jak tlak v pneumatikách ovlivní dráhu jízdy (u motorových vozidel spotřebu paliva).

4. Energie, práce, výkon

Úloh na výpočet těchto veličin je v učebnicích fyziky poměrně dost. Jsou to však úlohy žáky málo motivující, protože se netýkají přímo jich samotných. Výhodnější je např. úloha vypočítat vlastní výkon při jízdě na bicyklu, jedou-li do známé vesnice (vzdálenost a výškový rozdíl si musejí najít v mapě).

Důležitá je diskuze o výsledcích, hlavně zdůvodnění, proč neodpovídají skutečnosti (odpor prostředí, třecí síla).

5. Světelné děje

Ze zákona odrazu by žáci měli umět vysvětlit:

- proč nejsou odrazky u JK jedno rovinné zrcadlo, ale je to shluk malých odrazných ploch orientovaných do různých směrů,
- jak zobrazuje vypuklé zrcadlo na křižovatkách,
- jak přispívají zrcadla i odrazky k bezpečnosti v dopravě.

6. Pasivní a aktivní bezpečnost jízdy na JK

Neznalost přírodních zákonů ohrožuje bezpečnost cyklisty:

- zákon setrvačnosti,
- stabilita těles závisí na poloze těžiště,
- tření, jízda v zatáčce a za deště (nebezpečí smyku) apod.

Nutnost dodržovat dopravní předpisy.

Literatura je uvedena v 1. části příspěvku.