

# Experimenty s využitím CD

**Peter Horváth**

KTFDF FMFI UK, Bratislava, horvath@fmph.uniba.sk

Bilingválne gymnázium C. S. Lewisa, Bratislava,

## Úvod

V súčasnej dobe by pri vyučovaní nemal byť dôraz na množstvo prebraného učiva, ale na rozvoj žiackych schopností. Na druhej strane, počty vyučovacích hodín fyziky klesli, a učitelia pred neľahkou úlohou sklbiť nedostatok času vo vyučovaní s cieľmi vyučovania a aj s predpísaným učivom. K riešeniu tejto neľahkej úlohy by mohli prispieť aj učiteľské demonštračné experimenty s následnými žiackymi aktivitami.

Na základnej škole sa žiaci s niektorými pojmami oboznamujú prvýkrát, často nie je cieľom základnej školy, aby boli žiaci schopní presne, aj s odborným pojmovým a matematickým aparátom vysvetľovať všetky javy a pojmy. Mnohé z pojmov ostanú pre žiakov na intuitívnej úrovni. Následne potom na strednej škole, prípadne na seminároch z fyziky pre záujemcov, je možné tieto prvotné žiacke poznatky a predstavy rozvíjať, dopĺňať.

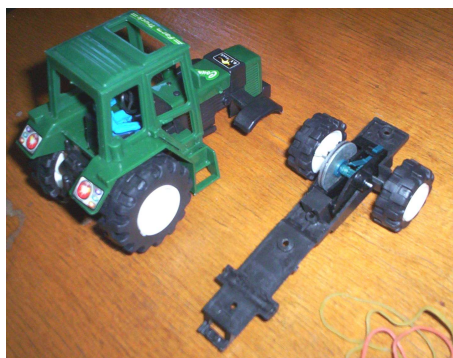
Jedným z takýchto pojmov, ktoré je vhodné na základnej škole načrtnúť je aj moment zotrvačnosti. Pritom toto slovné spojenie žiaci nemusia od učiteľa počuť. Javy spojené s kinetickou energiou rotačného pohybu a momentom zotrvačnosti majú obrovské využitie v strojárstve. Mnohokrát sa žiaci aj v bežnom živote môžu stretnúť so situáciami a technickými aplikáciami, kde sa vyskytuje rotačný pohyb.

V príspevku sú použité jednoduché ľahko dostupné pomôcky. Ich čaro nespočíva len v malej finančnej náročnosti, ale aj v čistote demonštrovaných javov. Podobné a viaceré ďalšie pomôcky z CD nosičov využil vo svojom vystúpení na Physics on Stage 3 v roku 2003 aj V. Piskač [1]. Spôsob práce so žiakmi, ktorý je opísaný v článku je riadený rozhovor s prvkami Peer Instruction - Učíme sa navzájom [2].

Postup realizovaný na sérii vyučovacích hodín bol uverejnený v zborníku z konferencie „Tvorivý učiteľ fyziky“ [3], v ňom bola použitá aj väčšina obrázkov v nasledujúcom texte.

## Úvodný motivačný experiment

Na začiatku hodiny predvedieme motivačný pokus. Prinesieme do triedy hračky – autíčka. Rozbehneme ich a necháme ich naraziť do steny. (V našom prípade máme auto a traktor.) Autíčko sa od steny odrazí. Traktor ostáva po náraze nalepený na stenu a točia sa mu kolesá. Pýtame sa: „Ako by vysvetlili, že traktor sa neodrazí a že sa mu točia kolesá?“ Medzi odpoveďami sa obyčajne vyskytne aj vysvetlenie, že traktor má zotrvačník.

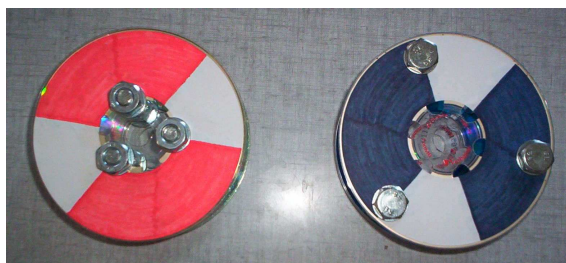


Obrázok 1: Rozobratý traktor so zotrvačníkom

Tu sa zvykne pýtať: „Čo to znamená? Vedeli by ste nakresliť, čo je vnútri?“ Po odpovedi, diskusii so žiakmi, rozoberieme traktor a necháme ho rozobratý kolovať, aby si žiaci pozreli zotrvačník. Žiakov upozorníme, že aj rotačný pohyb je spojený s energiou, rotujúce teleso má kinetickú energiu.

## Experimenty demonštrujúce kinetickú energiu pri rotácii

Veľmi pekne a nekomplikovane sa dá kinetická energia rotačného pohybu (a moment zotrvačnosti) demonštrovať pomôckou vyrobenou zo starých CD nosičov a skrutiek s maticami. (Samotné slovné spojenie „moment zotrvačnosti“ nie je nutné na základnej škole a ani v základnom kurze fyziky na strednej škole spomenúť.) Pomocou troch skrutiek s priemerom asi 1 cm a dĺžkou 5 cm a dvoch CD-čok vytvoríme kolesá. Tieto sa líšia miestom, kde ich spojíme. Prvé koleso má skrutky v blízkosti osi, druhé blízko pri obvode. Kolesá sú odlíšené aj farebne, červené koleso má skrutky pri strede, modré pri obvode. Prevažnú časť hmotnosti kolies tvoria skrutky s maticami. Obe kolesá majú rovnakú hmotnosť.



Obrázok 2: Kolesá vytvorené z CD-čok a skrutiek, obe kolesá majú rovnakú hmotnosť.

Navlečieme ich vedľa seba na (drevenú) palicu. Vyzveme žiakov: „Nájdite spoločné a rozdielne znaky koliesok!“ Potom im opíšeme experiment, ktorý bude nasledovať, ale zatiaľ ho nerealizujeme. Oznámime im, že obe kolesá navlečené na palicu roztočíme rovnakou rýchlosťou. Žiakov sa opýtame: „Ktoré z kolies sa po roztočení rovnakou rýchlosťou zastaví skôr?“ Necháme im čas na rozmyslenie a potom ich odpovede rozdelíme: „Kto si myslí, že sa skôr zastaví červené koleso?“ Počet zapíšeme na tabuľu. Podobne: „Kto si myslí, že sa skôr zastaví modré koleso?“ „Kto si myslí, že zastavia naraz?“ Vyzveme z každej skupiny niekoho, aby vysvetlil, čo ho k jeho tipu viedlo. Niekedy treba vyvolať za sebou viacerých žiakov, aby mohli svoje argumenty konfrontovať. Často sa stáva, že žiak nemá žiadny rozumný argument, vyslovene háda. Vyučovacie hodiny, na ktorých sa podarí vyvolať diskusiu medzi žiakmi, považujeme za vydarené.

Teraz pristúpime k samotnému experimentu. Experiment môže predvádzať jeden zo žiakov. Naraz roztočíme rukou obe kolesá. Po roztočení sa postupne zastavia. Skôr sa zastaví koleso so skrutkami pri osi, koleso so skrutkami pri obvode zastaví neskôr. Pokus môžeme viackrát zopakovať, prípadne si vymeníme ruky, ktorými roztáčame kolesá, aby sme ukázali, že výsledok bude taký istý.



Obrázok 3: Roztáčanie koliesok. Ktoré z nich sa bude po roztočení pohybovať dlhšie?

Vyzveme žiakov k diskusii, prečo koleso so skrutkami po obvode zastavilo neskôr. Niekedy sa objaví vysvetlenie, že pre tieto skrutky je väčšie trenie. Diskusiu treba nakoniec priviesť k výsledku: Obe kolesá mali na začiatku rovnakú rýchlosť (obvodovú a uhlovú rýchlosť). Keďže majú rovnakú hmotnosť, trecia sila, ktorá ich zastavuje je pre obe rovnaká. Pripomenúť môžeme úlohy, ktoré sme už riešili pred touto sériou hodín. Žiaci by už mali vedieť, že ťažšie sa zastaví na rovnej ceste kamión, než osobné auto. Príčina je v tom, že kamión má väčšiu kinetickú energiu. Späť k našej úlohe: Ťažšie sa zastavilo koleso, ktoré malo hmotu rozloženú viac pri obvode, jeho skrutky sa pohybovali rýchlejšie. Koleso so skrutkami pri obvode malo na začiatku väčšiu kinetickú energiu (rotačného pohybu).

Žiaci si môžu tento experiment zopakovať aj doma. Nemusia používať cédečka. Môžu si napríklad z kartónového papiera vystrihnúť rovnaké kotúčiky. Kotúčiky možno upraviť tak, že z nich vystrihnú strednú časť (ale tak, aby sa kotúčiky nerozpadli) a nalepia na obvod, respektíve k osi. Takto vzniknuté kotúče majú pri rovnakej hmotnosti rôzny moment zotrvačnosti. Keď ich v strede prepichnete a navlečiete napríklad na ihlicu môžeme zopakovať pokus s kolesami. Roztočíme ich naraz rovnakou rýchlosťou. Pozorujeme, ktoré skôr zastaví. Zostrojíte dvojicu takýchto koliesok (alebo iných telies) môžeme zadať žiakom na domácu úlohu.



Obrázok 4: Papierové kotúčky, ktoré vytvoril žiak na domácu úlohu.

Iný spôsob demonštrácie momentu zotrvačnosti poskytuje pokus, pri ktorom kolesá pevne upevníme na otáčavú osku a budeme ich rozbiehať pomocou závažia. Máme dve kolesá vytvorené z CD, spojených pomocou skrutiek s maticami. Skrutky sú opäť v rôznych vzdialenostiach od osi otáčania, prvé koleso ich má blízko pri osi, druhé pri obvode. Koleso budeme rozbiehať pomocou závažia upevneného na špagáte, ktorý je obtočený z oboch strán kolesa symetricky na oske. Aby sa špagát netrel o cédečka, v spodnej časti je prevlečený cez trubičku. Na túto trubičku sa potom upevňuje závažie, ktoré rozbieha koleso (obrázok 5).

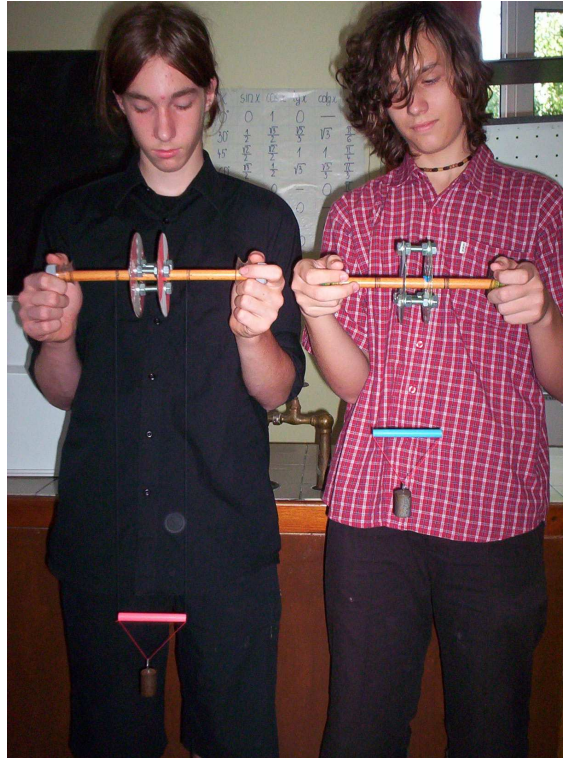
Pri samotnej realizácii pokusu sú na začiatku pokusu špagáty namotané na osky, závažia sú hore pri kolese. Závažia sú zdola podopierané, napríklad dreveným pravítkom. Konce osí kolies sú voľne upevnené napríklad pomocou uzáverov od PET fľaš a môžu ich držať dvaja žiaci.



Obrázok 5: Kolieska na otáčavej oske, rozbiehať sa budú 100 g závažiami. Ktoré príde dolu skôr?

Podobne ako v predchádzajúcom pokuse, vedíme so žiakmi najprv diskusiu o tom, čo majú kolesá spoločné a čo rozdielne. Potom ich slovne oboznámime s tým, čo ideme robiť: „Naraz pustíme obe závažia. Čo sa stane?“ Odpoveď: „Kolesá sa rozbehnú, závažia pôjdu dole.“ „Ktoré z kolies sa bude rozbiehať rýchlejšie?“ Žiakov necháme hlasovať a potom diskutujeme o motívoch, argumentoch ich riešenia. Napokon pristúpime k realizácii samotného pokusu. Závažia naraz pustíme, kolesá sa začnú otáčať. Žiakov, ktorí pridržiavajú kolesá treba upozorniť, aby osky pridržiavali naozaj voľne, aby na osky z boku netlačili. Po pustení závaží vidíme, že ľahšie sa rozbieha koleso so skrutkami pri osi.

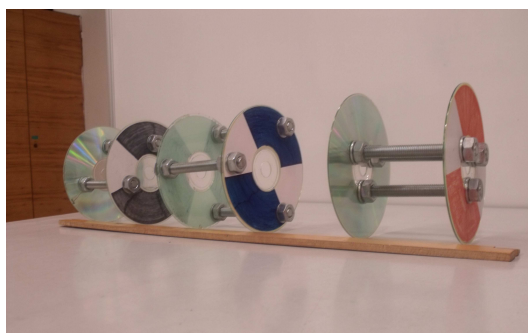




Obrázok 6: Lahšie sa rozbieha koliesko so skrutkami pri osi.

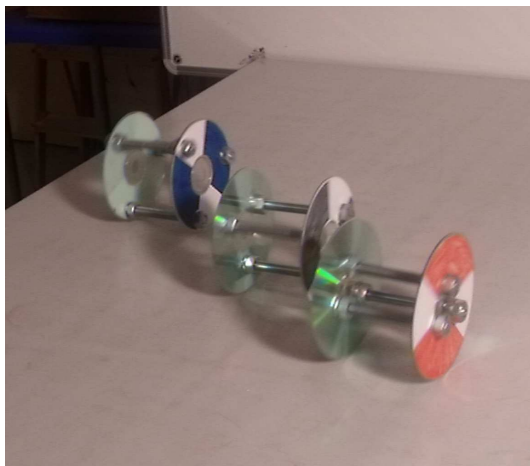
Ďalší zo série pokusov, pri ktorých sa využívajú CD-čka, je súťaž kolies. Máme tri kolesá vytvorené pomocou dvojíc CD a skrutiek s priemerom 1 cm a dĺžkou 10 cm s maticami. Každé z kolies je tvorené dvomi CD-čkami a tromi skrutkami. Kolesá majú rovnaký polomer a aj rovnakú hmotnosť. Líšia sa opäť umiestnením skrutiek. Jedno CD-čko ich má pri osi, druhé približne v strede medzi osou a obvodom a tretie má skrutky v blízkosti obvodu.

Kolesá postavíme na vrch naklonenej roviny, s uhlom skonu do 5 stupňov. Naklonenú rovinu vytvoríme napríklad pomocou zdvihutej lavice. Troch žiakov poprosíme, aby na konci naklonenej roviny kolesá chytali, aby sa nepoškodili. Pred pustením CD-čok necháme žiakov hádať, ktoré z kolies sa bude rozbiehať najľahšie a ktoré najťažšie. Výsledky tipovania zaznamenáme na tabuľu.



Obrázok 7: Kolieska na naklonenej rovine pripravené na štart. Ktoré bude dolu prvé?

Potom CD-čka naraz pustíme z naklonenej roviny. Najľahšie sa rozbehne koleso so skrutkami pri osi, na jeho rozbehnutie treba najmenšiu energiu.



Obrázok 8: Kolieska na konci naklonenej roviny. Najrýchlejšie bolo koliesko so skrutkami pri osi.

## Úloha pre žiakov, utvrdenie poznatku

Nasledujúci pokus môžeme využiť aj pri písomnom alebo ústnom skúšaní (napríklad ako bonusovú úlohu). Ide o úlohu typu čierna skrinka. Na hodinu prinesieme dve rovnaké plechovky od diablov a váhy. Ukážeme, že plechovky majú rovnakú hmotnosť. Potom ich naraz pustíme valivým pohybom z naklonenej roviny. Jedna z nich sa rozbieha rýchlejšie ako druhá. Úloha pre žiakov: „Vymyslite, ako je možné, že jedna z plechoviek sa rozbieha ľahšie!“ Odpoveď: Keď plechovky otvoríme, vidíme, že je v nich plastelína (obrázok 9).



Obrázok 9: Ktorá z týchto plechoviek sa pri valivom pohybe rozbieha ľahšie?

Do plechoviek sme umiestnil rovnaké množstvo plastelíny. V jednej z plechoviek je plastelína nalepená zvnútra po obvode, v druhej je nalepená zvnútra v strede. Plechovka s plastelínou uprostred zrýchľuje po naklonenej rovine s väčším zrýchlením a skotúľa sa naklonenou rovinou rýchlejšie. Obe plechovky tvaru valca majú rovnaký polomer a spolu s plastelínou rovnakú hmotnosť. Na začiatku majú obe kolieska rovnakú polohovú energiu a sú v pokoji. Na roztočenie jedného z nich treba väčšiu energiu, takže sa bude roztáčať pomalšie. Pokusy, pri ktorých púšťame telesá z naklonenej roviny, upozorňujú, že časť polohovej energie sa mení aj na kinetickú energiu rotačného pohybu.

## Ďalšie aplikácie

Ďalší jav, ktorý súvisí s momentom zotrvačnosti, možno predviesť na otáčavej platni prípadne stoličke. Pri realizácii pokusu so stoličkou treba dávať dobrý pozor, aby nedošlo k zraneniu. Postavíme na otáčavú platňu (stoličku) ľahšieho žiaka, dáme mu do oboch rúk závažia, aspoň 2 kg. Okolo žiaka so stoličkou z bezpečnostných dôvodov vytvoríme s ostatnými žiakmi kruh, aby sme ho v prípade, že by náhodou padal, mohli zachytiť. Vyzveme žiaka na stoličke, aby rozpažil so závažiami v rukách. Pomaly ho opatrne roztočíme. Potom ho vyzveme, aby pripažil. Začne sa točiť evidentne rýchlejšie. V triede tento pokus obyčajne vyvolá dobrú náladu. Ak máme možnosť, premietneme žiakom krátku videosekvenciu s korčuľiarokou, ktorá robí piruety. Ide o ten

istý jav, ako predvádzal žiak na stoličke. Dané ukážky vysvetľuje zákon zachovania momentu hybnosti.

Spomenúť môžeme prípad, keď sa vesmírne telesá, ktoré obiehajú jedno okolo druhého, k sebe približujú, rýchlosť ich rotácie narastá a naopak, pri vzdďalovaní sa rýchlosť rotácie klesá. Spomenieme aj zotrvačníky v autách, využitie zotrvačníkov na určenie vodorovného smeru v lietadlách, prípadne necháme žiakom vypočítať kinetickú energiu rotačného pohybu Zeme, alebo nejakého iného vesmírneho telesa.

## Pod'akovanie

Účasť autora na konferencii bola hradená z grantu APVV LPP-0251-09 „Prírodné vedy v školských vzdelávacích programoch“ a z grantu. KEGA 3/7075/09 „Komplexný program vzdelávania učiteľov pre reformu školstva vo fyzike s nadväznosťou na oblasť človek a príroda“, z ktorého bol hradené aj súčiastky na pomôcky použité pri vystúpení.

## Literatura a ďalší zdroje

- [1] <http://fyzweb.cuni.cz/piskac/akce/pos3/pokusy/cindex.htm>
- [2] HANČ, J.: *Aktívne poznávanie študentov pomocou metódy Peer Instruction*. Zborník z konferencie DIDFYZ 2008, Račkova dolina. Nitra: UKF 2009 (CD nosič). Dostupné na:  
[http://physedu.science.upjs.sk/metody/files/hanc\\_didfyz\\_2008.pdf](http://physedu.science.upjs.sk/metody/files/hanc_didfyz_2008.pdf)
- [3] HORVÁTH, P.: *Dve úrovne vyučovania fyziky na strednej škole - energia rotačného pohybu*. In: Tvorivý učiteľ fyziky III : Národný festival fyziky 2010, Bratislava: Slovenská fyzikálna spoločnosť, 2010 s. 24-38
- [4] <http://fyzikalnisuplik.websnadno.cz/>