

## Aplikácie teoretických poznatkov o trení na príklady zo života vo vyučovaní fyziky

Gibová Zuzana · Prírodné vedy

08.05.2013



V tomto článku sú uvedené príklady zo života na vonkajšie a vnútorné trenie. Cieľom nie je vysvetliť podstatu trenia, ale ukázať ako sa tento jav uplatňuje v konkrétnych situáciách zo života. Uvedené príklady môžu slúžiť ako pomôcka pre učiteľa vo vyučovaní fyziky na prepojenie

teórie s praxou.

### Úvod

Vo vyučovaní fyziky je dôležité prepojenie teórie s praxou. Jednou z ciest ako to dosiahnuť je použiť príklady zo života. Tento článok ponúka niekoľko príkladov na vonkajšie a vnútorné trenie, ktoré môžu byť použité vo vyučovaní na aplikáciu teoretických poznatkov o trení na konkrétne situácie zo života. Ak sa na ne opýtame v úvode pred vysvetlením danej problematiky formou jednoduchých otázok (napr. Môže trenie pomáhať bežcovi pri bežeckom lyžovaní?) môžeme nimi vyvolať záujem študentov o danú problematiku, teda ich motivovať.

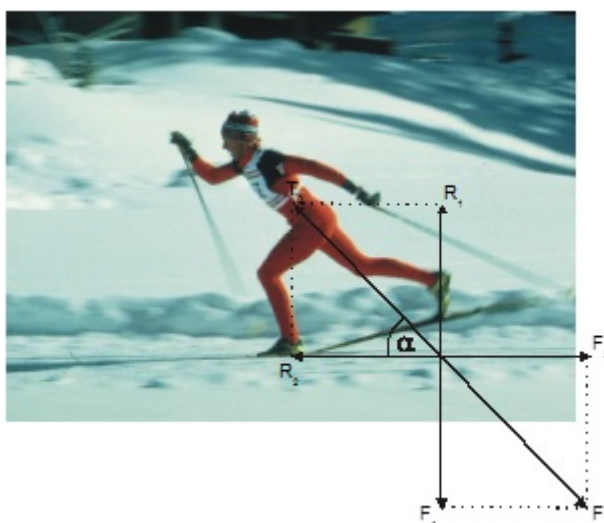
### Prečo sa niektoré uzly na šnúrkach topánok rozviažu a iné nie?

Príčinou pevnosti uzlov na šnúrkach topánok je trecia sila, ktorá vzniká pri pohybe telesa po povrchu iného telesa, v prípade šnúrok, pri pohybe jednej šnúrky po druhej. To, či sa uzol na šnúrkach rozviaže alebo nie, závisí priamo od šmykového trenia, ktoré vzniká ako dôsledok toho, že dotykové plochy oboch šnúrok nie sú dokonale hladké, ich nerovnosti do seba zapadajú a bránia ich vzájomnému pohybu. Čím je materiál z ktorého je šnúrka vyrobená na povrchu hladší, tým je šmykové trenie medzi šnúrkami menšie, a teda aj pevnosť uzla je menšia, čo sa prejavuje častým rozviazaním uzlov na šnúrkach. Zaujímavé je aj samotné viazanie uzlov na jednej šnúrke, lane, či špagáte. Aj pre ne platí, že pevnosť uzlov závisí od trenia. Čím je väčší počet závitov, tým je pevnejší uzol. Dokonca v prípade ovíjania sa šnúrky samej okolo seba, sa trecia sila so zväčšujúcim počtom navinutí šnúrky mnohonásobne zväčšuje [1], [2].

### Môže trenie pomáhať bežcovi pri bežeckom lyžovaní?

V prípade bežeckého lyžovania trenie plní dve funkcie. Na jednej strane lyžiarovi prekáža, na druhej strane mu pomáha. Pri čistom klzaní (vození na šmýkajúcich sa lyžiach v dôsledku zotrvačnosti pohybu) je pohyb bežca brzdený trecou silou, ktorá vznikne medzi lyžami a snehom. V tomto prípade je trenie pre bežca nežiaduce.

Keď sa bežec dostane na rovinatý úsek alebo musí stúpať, čomu sa pri bežeckom lyžovaní nemožno vyhnúť, trenie je pre bežca výhodou, umožní mu odraziť sa. Pritom by malo platiť, že sila ktorá posúva lyžiara dopredu je menšia ako šmykové trenie medzi lyžami a snehom. V opačnom prípade, by došlo k podklznutiu. Hodnota tejto sily závisí od uhla odrazu  $\alpha$  (obr. 1), ktorý musí spĺňať podmienku, že koeficient šmykového trenia  $f \geq \tan(90^\circ - \alpha)$ . Podrobnejšie odvodenie tohto vzťahu je v [3]. Uhol odrazu sa môže znižovať len natolko, aby tangens uvedeného rozdielu nebol väčší ako koeficient trenia. Prakticky to znamená, že pri malom koeficiente sa uhol odrazu môže len minimálne líšiť od pravého uhla. Pri väčšom koeficiente je možný šikmejší odraz. Napríklad pri koeficiente šmykového trenia medzi navoskovaným drevom a mokrým snehom  $f = 0,1$  (Tab.1) sa môže bežec odrážať pod uhlom v intervale od 85 do 89 stupňov.



Obr. 1: Sila  $R_2$ , ktorá posúva lyžiara dopredu musí byť menšia aké šmykové trenie medzi lyžami a snehom  $T_0$ . Hodnota tejto sily závisí od uhla odrazu  $\alpha$ .

### Prečo hráči curlingu nemajú rovnaké podrážky na curlingových topánkach?

Ďalším príkladom zo športu, kde sa uplatňuje trenie, je curling. Je to kolektívny šport, pri ktorom sa snažia hráči dopraviť tzv. curlingové kamene, čo najpresnejšie do vyznačeného priestoru. Hrá sa na špeciálne upravenej ľadovej ploche, na ktorú majú hráči prispôbenú obuv. Na jednej topánke majú hladkú podrážku z plastu, ktorá slúži na ľahké šmykanie sa po ľadovej ploche. V tomto prípade je trenie medzi hladkou podrážkou a ľadom malé. Na druhej topánke majú drsný povrch z kaučuku, ktorý zväčšuje treciu silu medzi ľadom a podrážkou, čo umožní hráčom bezproblémové odrážanie sa od klzkej ľadovej plochy (obr.2). Súčasťou obuvi je aj kaučuková galoša, ktorá sa navlieka na jednu podrážku počas vykonávania špeciálnych úkonov pri tomto športe [4], [5].



Obr. 2: Rôzne podrážky curlingovej obuvi. (zdroj <http://aranceles.org/arancel/156919/>)

### Podliehajú treniu aj ľudské kĺby?

Doteraz sme sa zaoberali trením, ktoré človek pociťoval ako dôsledok kontaktu svojho tela a prostredia. Ľudské telo pozostáva z veľkého množstva kostí, ktoré sú navzájom pospájané prostredníctvom kĺbov. Tie umožňujú pohyb človeka. V kostre človeka sa nachádza niekoľko druhov kĺbov, ktoré pri svojom pohybe do seba zapadajú, vzniká medzi nimi trenie, ktoré zdravý človek nepociťuje. Je to spôsobené samotnou stavbou kĺbov, na povrchu ktorých je klzké chrupavkovité tkanivo, ktoré udržiava povrch kĺbov hladký, čím znižuje trenie medzi kĺbmi a tlmí nárazy, ktorým sú kĺby vystavené. U väčších kĺbov sa trenie znižuje aj tzv. synoviálnou kvapalinou – kĺbovým mazom.

Najväčší kĺb človeka, kolenný kĺb, má väzivové chrupky polmesiakového tvaru – menisky, ktoré umožňujú kĺbovým plochám hladké klzanie a aj tlmia otrasy a úder, ktorým je tento kĺb pri pohybe vystavený [6]. Trenie medzi kĺbmi človeka je naozaj malé, čo potvrdzujú aj koeficienty šmykového trenia v pokoji a v pohybe, ktorých hodnoty sú 0,01 a 0,003 [1]. Tieto hodnoty sú v porovnaní s koeficientmi medzi inými materiálmi rádovo o jednu až dve desatiny menšie (tab. 1). Napriek tomu, je trenie medzi kĺbmi človeka dostatočne veľké na to, aby sa človek mohol bez problémov pohybovať.

Tab. 1: Koeficienty šmykového trenia rôznych materiálov.

Materiál	Koeficient šmykového trenia v pokoji	Koeficient šmykového trenia v pohybe
<b>guma na betón</b>	1	0,8
<b>hliník na oceľ</b>	0,61	0,47
<b>sklo na sklo</b>	0,94	0,4
<b>navoskované drevo na mokrý sneh</b>	0,14	0,1
<b>ľad na ľad</b>	0,1	0,03

### Prečo je kolobežkovanie na módnej kolobežke náročné?

Už niekoľko rokov je na trhu kolobežka, ktorá sa pre svoju malú hmotnosť a možnosť rýchleho poskladania do malého batoha stala populárnou a módnu. Jej nevýhodou z hľadiska jazdy na nej sú malé kolieska, ktorých polomer je 5 cm (obr. 3). Z teórie vyplýva, že trecia sila pri valivom trení, je priamoúmerná súčinu koeficientu trenia a normálovej sily a nepriamoúmerná polomeru kolies. Čím je polomer kolesa menší, tým

je trecia sila pôsobiaca na koleso väčšia pri rovnakých podmienkách.



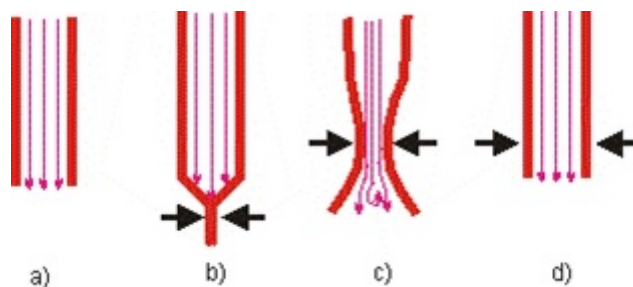
Obr. 3: Kolesá módnej kolobežky musia prekonávať väčšiu treciu silu, lebo majú malý polomer (zdroj: [www.maxstore.sk/product/skladacia-kolobezka-jd-bug-de-luxe-2306-3533/](http://www.maxstore.sk/product/skladacia-kolobezka-jd-bug-de-luxe-2306-3533/))

Pre módnu kolobežku to znamená, že na jej kolesá pôsobí väčšia trecia sila ako v prípade, keby jej kolesá mali väčší polomer [7]. Napríklad na dieťa s hmotnosťou 25 kg idúceho na tejto kolobežke by pôsobila trecia sila 25 N, ak uvažujeme koeficient valivého trenia pri kontakte pneumatika - asfalt 0,0025 m [1], [8]. V prípade, že by to isté dieťa šlo na kolobežke s kolesami o polomere 10 cm, pri tých istých podmienkach, pôsobila by na kolesá kolobežky trecia sila o polovicu menšia. Odtiaľ vyplýva, že dieťa idúce na módnej kolobežke musí prekonávať väčšiu treciu silu a teda na udržanie jazdy resp. zotrvačnosti svojho pohybu, sa musí častejšie odrážať nohou od chodníka ako v prípade kolobežky s väčšími kolesami. V súčasnosti už možno vidieť na uliciach kolobežky s väčšími polomermi kolies, pravdepodobne výrobcovia kolobežiek zobrali do úvahy aj tento fakt.

### **Ako sa využíva vnútorné trenie krvi pri meraní krvného tlaku pomocou manžetového tlakomera?**

Trenia, ktoré bolo spomínané v predchádzajúcich príkladoch sa nazýva vonkajšie trenie. Trenie existuje aj v kvapalinách a plynách - vnútorné trenie. Vznikne pri tečení tekutiny ako dôsledok rôzneho pohybu (rôznych rýchlosti) susedných vrstiev prúdiacej tekutiny. Ak sa tekutina pohybuje malou rýchlosťou tak, že sa v nej netvoria víry, ide o laminárne prúdenie. V prípade vyšších rýchlosti tekutiny dochádza k tvorbe vírov, tekutina prúdi turbulentne.

Tento princíp sa využíva aj v prípade merania krvného tlaku pomocou manžetového tlakomera na určenie systolického a diastolického tlaku. Ak krv prúdi cez nestlačenú cievu (artériu), na ktorú nepôsobí žiadna vonkajšia sila, prúdenie krvi je laminárne (obr. 4a). Po natlakovaní manžety na tlakomeri sa prúdenie krvi v cieve najprv zastaví (obr. 4b) a postupným uvoľňovaním tlaku na steny cievy dochádza opäť k prúdeniu krvi cez zúžený prierez cievy. Vplyvom zúženia cievy dôjde k zväčšeniu rýchlosti krvi a k zmene jej prúdenia na turbulentné prúdenie (obr. 4c), ktoré je sprevádzané zvukovými fenoménmi v dôsledku tvorby vírov. Ďalším uvoľňovaním tlaku na steny (uvoľňovaním sťahu manžety) sa znižuje rýchlosť krvi a aj jej prúdenie, až zvukové fenomény zaniknú a prúdenie sa stane opäť laminárnym (obr. 4d).

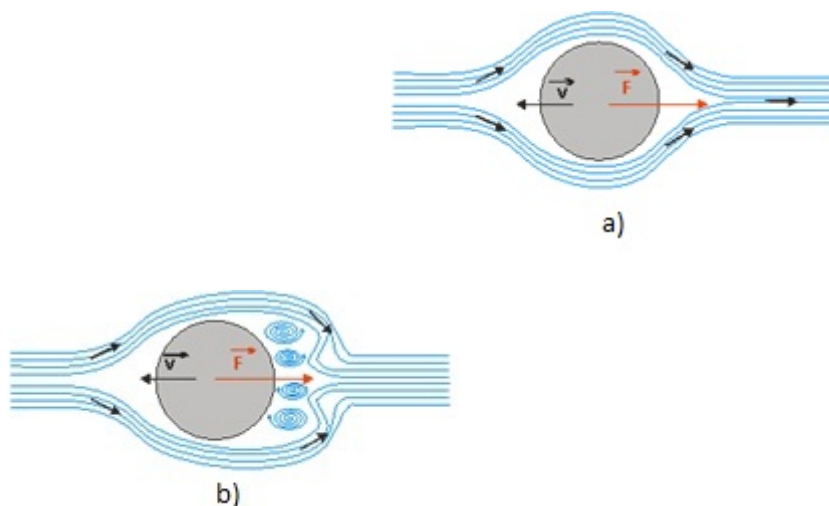


Obr. 4: a) Prúdenie krvi v nestlačenej cieve je laminárne. b) Po natlakovaní manžety na tlakomeri sa prúdenie krvi v cieve najprv zastaví. c) Prúdenie krvi je v čiastočne uvoľnenej cieve turbulentné. d) Pri určitom tlaku na steny cievy je už prúdenie krvi opäť laminárne.

Pri tejto metóde sa za systolický tlak krvi považuje hodnota tlaku (v tlakovej manžete), pri ktorej sa objavili zvukové fenomény a za diastolický tlak krvi sa považuje hodnota tlaku krvi, pri ktorej fenomény vymizli. Hodnota systolického tlaku krvi v pokoji pre zdravého dospelého človeka je 90 - 120 mmHg a diastolického 60 - 80 mmHg [9], [10].

### Delfíny plávajúce nedovolenou rýchlosťou

Laminárne a turbulentné prúdenie vznikne v tekutine aj v prípade, že sa v nej pohybuje teleso. Potom prúdenie tekutiny okolo telesa bude závisieť od rýchlosti telesa a od tvaru telesa (obr. 5). Ak sa teleso pohybuje v tekutine malou rýchlosťou vznikne okolo telesa laminárne prúdenie tekutiny. Turbulentné prúdenie tekutiny okolo telesa sa pozoruje v prípadoch, keď prúdenie prekročí určitú kritickú rýchlosť. Potom sa za telesom tvoria víry, ktoré pohyb spomaľujú.



Obr. 5: a) Ak sa teleso pohybuje malou rýchlosťou vznikne okolo telesa laminárne prúdenie tekutiny. b) Turbulentné prúdenie tekutiny okolo telesa sa pozoruje v prípadoch, keď prúdenie prekročí určitú kritickú rýchlosť.

Rýchlosť pohybu delfína závisí od tvaru jeho tela, veľkosti plutiev, jeho sily, hustoty vody a od vnútorného trenia morskej vody. Ak berieme do úvahy tieto parametre, mal by sa delfín pohybovať najvyššou rýchlosťou asi 28 km/hod. V skutočnosti môžu delfíny dosahovať rýchlostí väčšie ako 100 km/hod, čo je nepochopiteľné.

Delfíny dokážu stíšiť vodné víry, ktoré vznikajú po bokoch ich tela a za nimi v dôsledku trenia medzi ich kožou a morskou vodou. Ich hladká koža je plná citlivých nervových

buniek ktoré registrujú každý vír. Tieto nervy sú spojené s množstvom drobných svalov, ktoré veľmi rýchlo napínajú alebo uvoľňujú jednotlivé časti kože. Takto koža na jednotlivých častiach tela spôsobuje malé a rýchle záchvevy, ktorými vzápätí utlmí každý vír. Tým sa priamo znemožní akékoľvek trenie morskej vody. Preto je rýchlosť delfínov omnoho väčšia, ako by mala byť podľa známych fyzikálnych zákonov [9], [11].

## Záver

Každodenný život a príroda okolo nás nám poskytuje veľa príkladov, na ktorých môžeme poukázať na prepojenie teórie s praxou a súčasne nimi môžeme vzbudiť záujem žiakov o fyziku. Takýto spôsob výučby sa autorke osvedčil. Z dotazníkových prieskumov, ktoré pravidelne dáva svojim študentom na konci semestra, ktorými hodnotia kvalitu prednášok vyplýva, že práve odpovede na problémy zo života, ktoré v úvode prednášky uvedie pokladajú za vynikajúci spôsob získavania ich pozornosti a vždy sa na ne tešia.

## Použitá literatúra:

1. Gibová, Z.: Trenie a jeho vyučovania na strednej škole. Diplomová práca, PF UPJŠ, Košice 1999
2. Klein, E., Lukeš, V.: O fyzike trochu inak. Vydavateľstvo PERFEKT, Bratislava, 2000
3. časopis Quark 2/1999, str. 40
4. <http://sk.wikipedia.org/wiki/Curling>
5. <http://aranceles.org/arancel/156919>
6. Limbecková, K., Moravčík, M.: Ľudské telo. Vydavateľstvo GEMINI, Bratislava, 1991
7. časopis Quark 4/2001, str. 40
8. <http://www.converter.cz/tabulky/valive-treni.htm>
9. Niektoré typy síl  
<http://people.tuke.sk/zuzana.gibova/index1.htm>
10. Ferencová, E., Chochlatý, M., Kukurová, E., Kráľová, E.: Porovnanie auskultačnej a oscilometrickej metódy merania krvného tlaku u detí. časopis Obzory matematiky, fyziky a informatiky 1/2003(32), JSMF a PROTONIT
11. Kustič Ž.: Príroda hovorí o Bohu. Dobrá kniha Trnava, 1994

---

Katedra fyziky, FEI, TU v Košiciach

---