

Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích

Pedagogická fakulta

katedra fyziky



Fyzika v běžném životě

Diplomová práce

Knihovna JU - PF



3115172689

Autor diplomové práce: Bc. Aleš Faust

Vedoucí diplomové práce: RNDr. František Špulák

České Budějovice, duben 2006

Rád bych vyjádřil poděkování RNDr. Františku Špulákovi za cenné rady a podnětné připomínky při vedení této práce.

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracoval samostatně a všechny citované prameny uvádím v seznamu použité literatury.

V Českých Budějovicích 28.4.2006

Bc. Aleš Faust



JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH

PEDAGOGICKÁ FAKULTA

KATEDRA FYZIKY

Anotace diplomové práce

Bc. Aleš Faust

2006

Téma: Fyzika v běžném životě

Předmětem diplomové práce je ukázat na fyzikální podstatu jevů, které se vyskytují kolem nás. Jako prostředek napomáhající pochopení těchto jevů jsme zvolili audiovizuální prezentace. Každou z nich zde rozebíráme, jak z hlediska výkladového, tak motivačního. V první části práce se věnujeme motivační stránce fyzikálních prezentací. Následně popisujeme vliv obrazových materiálů na učení. Hlavní část práce je postavena na teoretickém a praktickém zpracování jednotlivých fyzikálních jevů použitých v prezentacích. Výsledkem této diplomové práce je dvanáct audiovizuálně zpracovaných témat, která mohou být využita nejen v hodinách fyziky.

Vedoucí diplomové práce: RNDr. František Špulák

UNIVERSITY OF SOUTH BOHEMIA IN ČESKÉ BUDĚJOVICE

PEDAGOGICAL FACULTY

DEPARTMENT OF PHYSICS

THESIS ANNOTATION:

Bc. Aleš Faust

2006

Topic: Physics in Everyday Life

The thesis is focused on showing the physics principles of everyday phenomena that we may observe around us. We worked out some audiovisual presentations to explain and comprehend some physics concepts. We analysed each presentation from several different points of view, the exposition as well as the motivation. We dedicate to the incentive effects of the presentations in the first part. We also describe the influence of visual material upon learning. The fundamental part of this thesis is based on the theoretical and the practical execution of the particular physics phenomena described in the presentations. The result of the thesis is an issue of twelve presentations elaborated audiovisually that might be put to use not only in the lessons of Physics.

Thesis supervisor: RNDr. František Špulák

Obsah:	strana
Obsah	6
Úvod	8
1. Motivace	10
2. Učení z obrazového materiálu	12
2.1 Zpracování vizuálních informací	13
2.2 Funkce obrazového materiálu	14
3. Metodika	18
3.1 Obecná metodika	18
3.1.1 Předmět diplomové práce	18
3.1.2 Hlavní cíl práce	18
3.1.3 Dílčí cíle práce	18
3.2 Metodika zpracování audiovizuálních prezentací	18
3.2.1 Kritéria výběru fyzikálních jevů	18
3.2.2 Natáčení videosekvencí	19
3.2.3 Fyzické zpracování	19
3.2.4 Obsahové zpracování	19
4. Mechanika	21
4.1 Klid a pohyb tělesa	21
4.1.1 Teoretická část k audiovizuální prezentaci	21
4.1.2 Audiovizuální prezentace č. 1 - praktická část	22
4.2 Zákon setrvačnosti	25
4.2.1 Teoretická část k audiovizuální prezentaci	25
4.2.2 Audiovizuální prezentace č. 2 - praktická část	29
4.3 Zákon zachování hybnosti	32
4.3.1 Teoretická část k audiovizuální prezentaci	32
4.3.2 Audiovizuální prezentace č. 3 - praktická část	35
4.4 Dostředivá a odstředivá síla	37
4.4.1 Teoretická část k audiovizuální prezentaci	37
4.4.2 Audiovizuální prezentace č. 4 - praktická část	39
4.5 Těžiště	42

4.5.1	Teoretická část k audiovizuální prezentaci	42
4.5.2	Audiovizuální prezentace č. 5 - praktická část	45
4.6	Vzájemné působení sil – dvojice sil	48
4.6.1	Teoretická část k audiovizuální prezentaci	48
4.6.2	Audiovizuální prezentace č. 6 - praktická část	49
4.7	Těžiště a práce	52
4.7.1	Teoretická část k audiovizuální prezentaci	52
4.7.2	Audiovizuální prezentace č. 7 - praktická část	54
4.8	Moment setrvačné síly	56
4.8.1	Teoretická část k audiovizuální prezentaci	56
4.8.2	Audiovizuální prezentace č. 8 - praktická část	58
4.9	Zákon zachování momentu hybnosti, úhlová rychlost a moment setrvačnosti	60
4.9.1	Teoretická část k audiovizuální prezentaci	60
4.9.2	Audiovizuální prezentace č. 9 - praktická část	64
5.	Mechanika kapalin a plynů	67
5.1	Proudění vzduchu	67
5.1.1	Teoretická část k audiovizuální prezentaci	67
5.1.2	Audiovizuální prezentace č. 10 - praktická část	69
6.	Změny skupenství	73
6.1	Vypařování	73
6.1.1	Teoretická část k audiovizuální prezentaci	73
6.1.2	Audiovizuální prezentace č. 11 - praktická část	74
7.	Akustika	78
7.1	Dopplerův jev	78
7.1.1	Teoretická část k audiovizuální prezentaci	78
7.1.2	Audiovizuální prezentace č. 12 - praktická část	80
	Závěr	83
	Bibliografie	85
	Seznam příloh	87
	Přílohy - DVD	

Úvod

Fyziku, je třeba se učit, připravovat se na ni a snažit se ji aplikovat, abychom ji byli schopni celistvě pochopit. Z těchto důvodů jsme se rozhodli vytvořit několik audiovizuálních prezentací, jejichž cílem je pomoci studentům a žákům si vytvořit struktury logického chápání, otevřít jim brány mezi věděním a poznáním, mezi fyzikou jako vědou a světem kolem nás. Usilujeme o pochopení fyziky jako pomůcky pro každodenní život. Je nutné, aby si žáci uvědomovali, proč se fyziku učí. Cizí jazyk se učí, aby rozuměli cizinci, aby si věděli rady v cizích zemích, aby poznali jinou mentalitu či kulturu, atp. Při studiu fyziky by měli dospět k následujícímu závěru, učím se ji, abych lépe porozuměl světu kolem sebe, přírodě, ve které se pohybuji, prostředí, ve kterém žiji a pracuji. Ano, začíná to od maličkovostí. Když si vlezu do plné vany, přeteče, bude-li napuštěná po okraj. Nebo jak nejlépe naložit kolečko zemí, z hlediska ulehčení si práce na chalupě, až po znalost funkce elektrických spotřebičů a mnohých dalších příkladů.

Fyziku na základní škole nechceme vyučovat pouze prostřednictvím mnoha pokusů. Nepopíráme totiž nutnost poznávat a učit se pojmům, umět počítat příklady, nebo-li chápat základní souvislosti a vztahy mezi veličinami a jejich jednotkami (např. s rostoucí vlnovou délkou klesá vlnová frekvence atp.). Myslíme si, že v každém vyučovaném předmětu je třeba žáky nejen nadchnout pro daný obor, ale i vytvářet a pěstovat v nich zodpovědnost, pořádnost, cílevědomost, systematickosti a také v nich podporovat jejich logické a analytické myšlení. Nicméně z vlastních zkušeností víme, že školské fyzice chybí hlavně tvář objevné, zábavné, překvapující, vzrušující a pro každodenní život aplikovatelné vědy.

Naší diplomovou prací se snažíme právě tuto tvář odhalit poněkud netradičním způsobem, přesto se domníváme, že právě to dnešní fyzika potřebuje. Snažíme se představit nový způsob, jak ji otevřít širšímu publiku díky novým technologiím, využít všech možných prostředků, jak ji přiblížit studentovi, žákovi, čtenáři, divákovi a třeba i prvňáčkovi. Moderní technologie jsou čím dál přístupnější širokému okolí, jak finančně, tak hlavně svou jednoduchou ovladatelností, ale také rychlým a bezproblémovým šířením.

Zvolili jsme způsob přiblížení fyzikálních jevů, potažmo fyziky, prostřednictvím audiovizuálních prezentací, už proto, že je považujeme za jeden z nejlepších způsobů jak přiblížit fyziku nejen žákům v lavicích, ale i široké veřejnosti. Domníváme se, že tyto prezentace mohou sloužit jako výborný prostředek, jak žáky motivovat ke studiu fyziky, jak je nadchnout pro dané odvětví, dané téma, látku či fyzikální jev. Cílem je, aby se sami začali zajímat o jevy pro ně doposud neobjasněné, hledat vazby mezi různými jevy, ale i různými vědními obory, aby se začali sami zajímat a pocítili radost z poznatků, které jim otevírají nové pohledy na svět kolem nás.

V úvodu diplomové práce se zabýváme postavením fyziky v dnešní škole a na základě toho, se snažíme vymezit hlavní cíle našeho projektu. Dále zařazujeme kapitolu pojednávající o motivaci žáků k učení a následně kapitolu zabývající se vlivem výuky pomocí obrazového materiálu. Vybrané fyzikální jevy jsme zpracovali podle témat do dvanácti audiovizuálních prezentací. Každý jev jsme podrobně rozebrali v teoretické části jednotlivých kapitol. V praktické části každé kapitoly popisujeme a vysvětlujeme konkrétní případy daných jevů zobrazených v prezentaci. Každé téma obsahuje řadu námi vypracovaných otázek a úkolů týkajících se jednotlivých jevů. Na závěr každé kapitoly uvádíme další možné příklady jednotlivých jevů k rozšíření vědomostí žáků a pro zajímavost případy jiných pozorovatelných jevů v audiovizuálních prezentacích. Kapitolám zabývajícím se fyzikálním popisem jevů obsažených v prezentacích, předchází metodika diplomové práce.

Již při vyhledávání fyzikálních jevů vhodných ke zpracování audiovizuální formou jsme zjistili, že nebude možné takto zpracovat všechna témata, která se nám nabízela. Rozhodli jsme se tedy použít převážně jevy z oblasti klasické mechaniky. Z důvodu nastínění možného rozšíření audiovizuálních snímků o mnohá další témata jsme zařadili i prezentace z jiných částí fyziky. Například, při pochopení po mostě, hrozí jeho zřícení – kmitání a vlnění; východ a západ slunce – lom a odraz světla atp.

1. Motivace

Motivace je v pedagogické psychologii velmi zkoumaný proces a ne vždy jí bývá přisuzován jednotný obsah. Motivaci můžeme považovat za souhrn hybných momentů, které nás pobízejí k nějaké činnosti. A tak lze říci, že právě motivace je jedním z aspektů osobnosti. [17]

Každé lidské směřování je řízeno určitými potřebami. Jedná se o elementární biologické potřeby, potřebu spánku, radosti, ale i potřeby poznávací. Důležitou potřebou většiny lidí je vymezení cíle a směřování k němu, je to potřeba smyslu a seberealizace. Každou z těchto potřeb je možné realizovat v nejrůznějších oblastech života. Jejich vzájemným propojením se modifikují a rozvíjejí ve složitější motivační formy, a to především prostřednictvím života ve společnosti. [4]

Jak jsme již naznačili, lidskou motivaci lze vyjádřit pomocí cílů, které si člověk vytyčuje a usiluje o jejich dosažení. Tím si udržujeme a obnovujeme určitý optimální vnitřní stav spokojenosti.

Složitost motivačních procesů podtrhuje i jejich těsná provázanost s procesy poznávacími. Ty se projevují v zaměřenosti vnímání, myšlení i snění. Právě poznávací procesy jsou součástí předmětu našeho projektu a tak se v rámci naší diplomové práce zaměříme na žákovskou motivaci k učení.

Prostřednictvím motivace zvyšujeme efektivitu učení a tak vlastně motivaci využíváme k uskutečnění učebních cílů. Navíc motivaci z dlouhodobého hlediska můžeme rozvíjet motivační a autoregulační dispozice žáků, což by mělo být cílem školy a vzdělávání. Tímto způsobem může učitel dosáhnout vnitřní motivace u jednotlivých žáků; jedná se o takovou motivaci, která plyne převážně z poznávacích potřeb. [19]

Žák, který je vnitřně motivován, se učí proto, že učení pro něj představuje zdroj poznání. Angažování se v činnostech, které nás zajímají, bývá velmi spontánní a zaměření na ně je autentické. To, co děláme, vyplývá z naší vůle. Naopak učení se proto, aby žák dosáhl určitého cíle, který je zadán a jehož splnění slibuje určitou odměnu, je pouze motivace vnější.

Bylo zjištěno, že vnitřní motivace má mnohem pozitivnější dopad na školní úspěšnost a kvalitu učení. Žáci, které učební činnosti zajímají, se v nich angažují a pocítují vnitřní uspokojení, vykazují i vyšší kvalitu porozumění a pochopení souvislostí. Byl potvrzen i pozitivní dopad na paměťové pochody, koncentraci a menší unavitelnost při učení. Navíc, vnitřní motivace, je-li navozena, bývá velice stálá. Každý učitel by měl usilovat o nalezení cesty ke každému ze svých žáků a cílem tohoto vztahu by se měla stát právě vnitřní motivace. [19]

Mnoho žáků na základní, ale i na střední škole nahlíží na fyziku jako na obtížný předmět s prapodivnými zákony a komplikovanými vzorci. Jejich motivovanost vůči fyzice je pouze vnější. Učí se, aby prospívali, nikoli aby poznávali svět kolem sebe. Jedním z cílů audiovizuálních prezentací, které představujeme v této diplomové práci, byla vnitřní motivace. Naším cílem je naučit žáky vnímat fyziku jako zajímavou vědu, která jim dokáže vysvětlit mnohé z každodenního života.

2. Učení z obrazového materiálu

Rozhodli jsme se zařadit stručné pojednání o výuce a učení se z obrazového materiálu, už proto, že je velice úzce spjato se způsobem, který jsme zvolili pro zpracování této diplomové práce. Usilujeme nejen o přiblížení fyzikálních jevů každodenního života všem žákům fyziky, ale snažíme se o maximální motivaci k dalšímu studiu. Nyní se tedy blíže podívejme na problematiku obrazového materiálu ve výuce.

Většina textů, z nichž se člověk učí, má nejméně dvě stránky: **verbální** (slovní) a **nonverbální** (obrazovou). Verbální učení je v psychologii předmětem výzkumu již téměř sto let, zatímco učení z obrazového materiálu se systematicky zkoumá teprve posledních 20 let.

Z hlediska výzkumu je druhá - **nonverbální (obrazová)** - stránka materiálů obtížněji uchopitelná. Přesto se ve vyspělých zemích rozvíjí výzkum toho, jak se člověk učí z obrazového materiálu a jak by měl být obrazový materiál koncipován, aby se lidem učení usnadnilo.

Počátkem školní docházky se v tradičních školách začíná verbální a non-verbální sdělování **rozpojovat**. S vyššími ročníky začíná postupně převládat **verbální sdělování** (mluvené, psané, tištěné slovo). Zahraniční výzkumy ukazují, že podobně jako existují lidé, kteří neumějí číst a psát - tedy jsou ngramotní -, tak existují lidé, kteří nedokážou porozumět obrazovému sdělení, nedokážou "vyčíst z obrázku", co říká - tedy jsou **obrazově ngramotní**.

Vizuální gramotnost

Vizuální gramotností rozumíme schopnost porozumět (číst) a používat (vytvářet) obrazy, myslet a učit se v termínech obrazů.

Učení z obrazového materiálu je podmíněno věkem, ale nezávisí jen na spontánním dozrávání intelektu. Příkladem může být např. dětské porozumění mapě, s níž se pracuje ve vlastivědě. Dítě musí pochopit vztah mezi mapou a reálným světem (viz. časté obtíže s pochopením symbolické funkce grafických značek).

Obrazový materiál

Termín obrazový materiál je souhrnné označení pro širokou škálu materiálů, počínaje těmi, které zobrazují skutečnost poměrně věrně (fotografie, sekvence výukového filmu, videoprogramu, realistická kresba), až po zobecňující a abstraktnější vyjádření reality, která se opírají o určité konvence (zjednodušený obrázek či kresba, mapa, schéma, diagram, graf). Jde tedy o materiál použitelný při učení, často didakticky ztvárněný, v němž dominují nonverbální prvky. [4]

2.1 Zpracování vizuálních informací

Informace, které mají určité priority, jsou překódovány a ukládány do **krátkodobé paměti** (řádově minuty až hodiny). Poté dochází k další selekci. Informace, které člověk sám považuje za důležité (nebo mu jsou označeny jako důležité), se přesouvají do **dlouhodobé paměti** (řádově měsíce až roky).

Průběh zpracování verbálních a nonverbálních typů informací

O průběhu zpracování verbálních a nonverbálních informací, bylo vytvořeno několik teorií, které si nyní heslovitě představíme:

- Model jednoduchého (unárního) kódování informací. Člověk analyzuje jak obraz, tak písmena či hlásky - a to vše zpracovává najednou v **sémantické** (významové) **paměti** do tzv. **abstraktních propozic**.
- Model dvojného (duálního) kódování. Učící se člověk analyzuje jednak obraz a výsledky předává do speciálního typu paměti - **paměti nonverbální**. Souběžně s tím analyzuje písmena a hlásky a výsledky předává do dalšího typu paměti - **paměti verbální**. Tyto dva typy paměti spolu komunikují, takže pojem má nakonec oba aspekty: verbální i nonverbální.
- Model senzoricko-sémantický. Slovo (psané, tištěné) má své **vizuální** charakteristiky, k nimž dále přistupují ještě charakteristiky **fonemické**. Rovněž obraz má své **vizuální** charakteristiky. Jsou **sémanticky** (významově) **zpracovávány** a vyúsťují v **charakteristiky smyslu** vnímaných informací.

- Model trojného (ternárního) kódování. Člověk analyzuje jednak **zvukovou** podobu informací, jednak **tištěnou** (psanou) podobu informací a konečně **obrazovou** podobu informací. Jejich výsledkem jsou tři výstupy: **auditivní logogen, vizuální logogen a piktogen**, které přecházejí do **kognitivního** (poznávacího) **systému**, který je dále zpracovává.

Úrovně sdělování obrazových informací

U sdělení obrazového můžeme tradičně rozlišit tři úrovně informací:

- **Syntaktická** (skladebná) - Jak je to zobrazeno? Jak spolu jednotlivé prvky souvisejí?
- **Sémantická** (významová) - Co to je? Jaký to má význam? Jaký to má smysl?
- **Pragmatická** (praktická) - Mohu podle obrázku něco vykonat? Jak nejlépe postupovat při této zobrazené činnosti? [4]

2.2 Funkce obrazového materiálu

Obrazový materiál může plnit řadu funkcí; přitom jeden obrázek či video dokonce někdy více než jednu funkci. My si nyní tyto funkce vyjmenujeme a v krátkosti se je pokusíme charakterizovat.

▪ Funkce dekorativní

Obrázek věcně nesouvisí s ostatním textem. Příklad: "vyplnit" příliš velké prázdné místo, případně aby učinil text pro běžného čtenáře "zajímavějším", nebo aby "odlehčil" obtížný výkladový text výtvarným motivem apod.

▪ Funkce reprezentující

Jejím posláním je vytvářet u žáků adekvátní obrazové představy. Zde už obrazový materiál nejen přímo souvisí s textem, ale je jeho obrazovým „převyprávěním“. Může jít o poměrně realistické zobrazení věcí a jevů, může však jít o různou míru schematizace od audiovizuální až po grafy a diagramy.

▪ Funkce organizující

Jejím posláním je vhodně uspořádat už, existující znalosti a představy, dodat jim soudržnost. Sem patří např. obrazový návod, jak správně provádět určitou

činnost, rozfázovaný obrázek průběhu experimentu, orientační plánek či mapa lokality, vývojový diagram popisované činnosti.

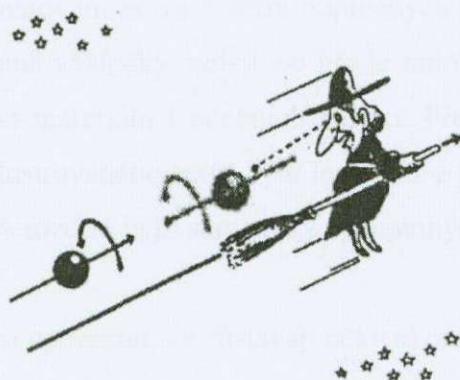
▪ **Funkce interpretující**

Její poslání je usnadnit žákům pochopení učiva. Pochopení neznámých, dětské zkušenosti se vymykajících pojmů (systémy příliš malé nebo příliš velké) nebo pojmů abstraktních. Vytvořit u žáků správné představy a předcházet vzniku milných představ.

▪ **Funkce transformující**

Její poslání je ovlivnit způsob, kterým se žák učí, způsob, jímž zpracovává informace. Princip této funkce jako tři *V*:

- 1) **vyměnit** způsob kódování osvojovaných poznatků tak, aby byl konkrétnější a snáze zapamatovatelný;
- 2) **vytvořit** promyšlený a dobře uspořádaný kontext, do něhož informace organicky zapadne;
- 3) systematicky vést žáky k **vybavování** potřebných informací z paměti.



Obr. 2.2.1 Transformující funkce obrázku

Příklad obrázku, který názorně a správně ukazuje, jak se stav levotočivé polarizace může pro pozorovatele změnit ve stav pravotočivé polarizace, jestliže částici o klidové hmotnosti m různé od nuly daný pozorovatel (zde čarodějnice) předhoní. „Kuličky“ navozující dojem částice by v obrázku raději neměly být; podle fyziků by vhodnější byly jen protisměrné šipky.

▪ **Funkce afektivně-motivační**

Posláním obrazového materiálu může být probuzení žákova zájmu o učivo, navození nálady, která je pro učení příznivá, oživení průběhu žákova učení, „ozvláštnění“ učení něčím nečekaným, překvapujícím, usnadnění porozumění. Dobře koncipovaná ilustrace může kladně ovlivnit jeho zájmy, postoje i učební motivaci, špatně koncipovaná ilustrace mívá opačné účinky. Příkladem může být použitý humor (učebnice fyziky; Jáchym, Tesař, 2001).

▪ **Funkce koncentrování pozornosti**

Obrazový materiál slouží k navození a udržení žakovy pozornosti. Psychologicky správně vytvořený obrázek usměrňuje žakovu pozornost na podstatné věci, řídí jeho orientování v problému.

▪ **Funkce kognitivně-regulační**

Slouží k podpoře poznávacích procesů. Obrázek vede učícího se jedince, aby se lépe orientoval ve studovaném textu, aby dokázal překlenout mezeru mezi tím, co už zná, a tím, co nového se má naučit. [4]

Výzkumy zapamatování učiva z textů doplněných obrazovým materiálem nepřinášejí pokaždé stejné výsledky, neboť ve hře je mnoho parametrů na straně žáka, učiva, obrazového materiálu i učebních situací. Přesto závěry z 46 studií prozrazují, že učení z ilustrovaného textu bylo lepší než z neilustrovaného textu a to v 98 % případů (81 % rozdílů bylo statisticky významných).

Současně je třeba upozornit, že zůstávají některé otázky otevřené:

- míra *negativních* vlivů obrazového materiálu na učení
- způsob nejvhodnějšího ověřování účinnosti učení z obrazového materiálu
- časové hledisko při učení z obrazového materiálu
- způsob prezentování obrazového materiálu

Většina výzkumů vycházela ze statických obrazů. Zůstává otázkou, nakolik lze závěry dosavadních výzkumů zobecnit i na případy dynamických obrazů,

jak to umožňují dnešní interaktivní video-systémy a jednoduché audiovizuální programy pro personální počítače.

Nicméně, my považujeme obrazový materiál za vhodný doplněk výuky a naším cílem je toto potvrdit audiovizuálním zpracováním zajímavých jevů z běžného života, kterým se budeme věnovat v následujících kapitolách.

2.1.1. Hlavní cíle práce

Hlavním cílem této práce je vytvořit audiovizuální materiál, který bude sloužit jako doplněk výuky a bude obsahovat zajímavé jevy z běžného života, kterým se budeme věnovat v následujících kapitolách.

2.1.2. Obsah práce

- Vytvoření audiovizuálního materiálu, který bude sloužit jako doplněk výuky a bude obsahovat zajímavé jevy z běžného života, kterým se budeme věnovat v následujících kapitolách.
- Vytvoření audiovizuálního materiálu, který bude sloužit jako doplněk výuky a bude obsahovat zajímavé jevy z běžného života, kterým se budeme věnovat v následujících kapitolách.
- Vytvoření audiovizuálního materiálu, který bude sloužit jako doplněk výuky a bude obsahovat zajímavé jevy z běžného života, kterým se budeme věnovat v následujících kapitolách.
- Vytvoření audiovizuálního materiálu, který bude sloužit jako doplněk výuky a bude obsahovat zajímavé jevy z běžného života, kterým se budeme věnovat v následujících kapitolách.
- Vytvoření audiovizuálního materiálu, který bude sloužit jako doplněk výuky a bude obsahovat zajímavé jevy z běžného života, kterým se budeme věnovat v následujících kapitolách.
- Vytvoření audiovizuálního materiálu, který bude sloužit jako doplněk výuky a bude obsahovat zajímavé jevy z běžného života, kterým se budeme věnovat v následujících kapitolách.

2.1.3. Metodika zpracování audiovizuálního materiálu

2.1.3.1. Zpracování audiovizuálního materiálu

- Zpracování audiovizuálního materiálu, který bude sloužit jako doplněk výuky a bude obsahovat zajímavé jevy z běžného života, kterým se budeme věnovat v následujících kapitolách.
- Zpracování audiovizuálního materiálu, který bude sloužit jako doplněk výuky a bude obsahovat zajímavé jevy z běžného života, kterým se budeme věnovat v následujících kapitolách.
- Zpracování audiovizuálního materiálu, který bude sloužit jako doplněk výuky a bude obsahovat zajímavé jevy z běžného života, kterým se budeme věnovat v následujících kapitolách.
- Zpracování audiovizuálního materiálu, který bude sloužit jako doplněk výuky a bude obsahovat zajímavé jevy z běžného života, kterým se budeme věnovat v následujících kapitolách.
- Zpracování audiovizuálního materiálu, který bude sloužit jako doplněk výuky a bude obsahovat zajímavé jevy z běžného života, kterým se budeme věnovat v následujících kapitolách.
- Zpracování audiovizuálního materiálu, který bude sloužit jako doplněk výuky a bude obsahovat zajímavé jevy z běžného života, kterým se budeme věnovat v následujících kapitolách.

3. Metodika

3.1 Obecná metodika

3.1.1 Předmět diplomové práce

Předmětem této diplomové práce je zkoumání fyzikálních jevů v běžném životě, jejich dokonalé nastudování a pochopení, z důvodu zpracování formou audiovizuální prezentace.

3.1.2 Hlavní cíl práce

Cílem je zviditelnit a přiblížit školskou fyziku, ale i fyziku jako takovou nejen žákům na základní škole, ale také široké veřejnosti. Ukázat, že není třeba se bát – „jen nevědomí se bojí“ – poznávat, zkoumat, učit se a vědět. Říci, že fyzika je nádherná věda, s kterou se všichni setkáváme v běžném každodenním životě.

3.1.3 Dílčí cíle práce

- motivovat žáky k hlubšímu poznání fyzikálních jevů,
- vytvoření hodnotných audiovizuálních pomůcek pro použití nejen při hodinách fyziky,
- zdokonalit vědomosti žáků pomocí vybraných a audiovizuálně zpracovaných témat fyziky,
- učit žáky analyzovat a vyhodnotit daný problém,
- vyvolat v žácích vlastní aktivitu při hodinách fyziky,
- posunout předmět fyziku v hodnocení žáků na přední místa co do oblíbenosti předmětů na základní škole

3.2 Metodika zpracování audiovizuálních prezentací

3.2.1 Kritéria výběru fyzikálních jevů

- zvolení nejvhodnějších jevů vzhledem k možnosti a dostupnosti natočení jejich průběhů,
- zvolení jevů, které nelze jednoduše demonstrovat či jinak prezentovat v hodinách fyziky,

- zvolení jevů, v kterých žáci pravděpodobně naleznou překvapení a vzrušení z nepoznaného,
- zvolení jevů týkajících se různých fyzikálních témat.

3.2.2 Natáčení videosekvencí

- výběr vhodných lokalit,
- oslovení asistujících a účinkujících aktérů,
- zvolení a domluvení vhodných termínů.

3.2.3 Fyzické zpracování

- použitá kamera – JVC GR-D20E, 800 megapixelů + stativ,
- program na zpracování videí – Pinnacle Studio 8,
- PC konfigurace: procesor - AMD Athlon 1.67 GHz,
operační paměť - 256 MB RAM,
grafická karta – ATI Radeon 9600, 128MB,
systém – Microsoft Windows XP 2002,
- formát videa: komprese – MPEG 2,
rozlišení – 720 x 480,
tok – 5000 Kbitů/s,
formát zvuku: komprese – MPEG 2, 16 bit Stereo,
vzorkování – 44,1 kHz,
tok – 192 Kbitů/s.

3.2.4 Obsahové zpracování

Při samotném zpracování audiovizuálních prezentací jsme použili jednotnou osnovu, jež by měla usnadnit pochopení i práci s audiovizuálními prezentacemi.

- osnova:
 - úvod – název tématického celku,
 - otázka – fyzikální otázka proč...?, jak...?,

- průběh daného jevu – možnost detailního prozkoumání, pozastavení atp.,
- jednoduchá odpověď na položenou otázku – vysvětlení jevu,
- zopakování průběhu jevu u některých videí i v jiných případech (pro ověření správnosti odpovědi).

4. Mechanika

4.1 Klid a pohyb tělesa

4.1.1 Teoretická část k audiovizuální prezentaci

Pozorujeme-li tělesa kolem sebe, vidíme, že některá jsou v klidu, zatímco jiná se pohybují. S pohybem se setkáváme v každém okamžiku našeho života. Jako příklady těles, která jsou v klidu, můžeme uvést budovy, sloupy pouličního osvětlení, zaparkovaná motorová vozidla. Příklady těles v pohybu mohou být letící letadla, padající kameny, automobily nebo motocykly při jízdě. [22]

Pro naše vysvětlení jsme pozorovali, jak se mění poloha určitého tělesa. Podle čeho jsme poznali, že těleso změnilo polohu? Soudíme tak podle změněné vzdálenosti a směru pohybujícího se tělesa od jiných těles.

Každý z nás se někdy vozil na kolotoči. Nejprve jsme sledovali, co takový kolotoč provádí, a když se nám to líbilo, šli jsme se svézt. Když stojíme na zemi, kolotoč se vůči nám pohybuje, některé sedačky se k nám chvíli přibližují, aby se zase za okamžik vzdalovaly. Co však pozoruje ten, kdo na kolotoči sedí? Zdá se mu, že se kolem otáčí krajina. Pokud se však upřeně zahledí na sedačku před sebou, zjistí, že vzájemná poloha pozorovatele a sledované sedačky se nemění. Náš spolujezdec na kolotoči, který sedí před námi, je vůči nám v klidu. [10]

Uvažujeme nyní, zda např. zaparkovaný automobil je skutečně v klidu. Za klidný jsme jej označili proto, že se nemění jeho poloha vzhledem k okolním budovám, stromům apod. – to znamená, že se nemění jeho poloha vzhledem k povrchu Země. Spolu se Zemí se však tento automobil účastní otáčení Země kolem zemské osy, spolu s ní také obíhá kolem Slunce a spolu se Sluncem se pohybuje vzhledem k jiným hvězdám.

Klid těles je vždy jen relativní. Označíme-li těleso za klidné, musíme vždy uvést, vzhledem ke kterým tělesům je v klidu. Absolutní klid neexistuje; všechna tělesa ve vesmíru jsou v neustálém pohybu – **pohyb je základní a neoddelitelnou vlastností všech hmotných objektů.**

Pohybuje-li se těleso, mění se jeho poloha vzhledem k jiným tělesům. Rozjede-li se automobil, mění se jeho poloha vzhledem k povrchu Země. **Pohyb těles je vždy relativní**, podobně jako klid. Chceme-li pohyb tělesa popsat, musí-

me nejprve zvolit soustavu těles, která jsou navzájem v klidu a vzhledem k nimž se zkoumané těleso pohybuje.

Takovou soustavu těles nazýváme **vztažná soustava**. Nejčastěji volíme za vztažnou soustavu zemský povrch. K němu obvykle vztahujeme klid nebo pohyb dopravních prostředků, vržených těles apod. Vztažnou soustavu však může tvořit i jiná soustava těles, která jsou navzájem v klidu. Jsme-li ve vagónu jedoucího vlaku, pak klid a pohyb těles uvnitř vagónu vztahujeme k jeho podlaze a stěnám. Kniha, která leží na sedadle jedoucího vagónu, je v klidu vzhledem ke vztažné soustavě s ním spojené. Vzhledem ke vztažné soustavě, dané povrchem Země, se ovšem tato kniha pohybuje spolu s vagónem.

Popis klidu nebo pohybu tělesa závisí na volbě vztažné soustavy. Jako příklad si uvedeme ventilek na kole jedoucího automobilu. Vzhledem ke vztažné soustavě spojené s kolem je ventilek v klidu. Vzhledem ke vztažné soustavě spojené s karosérií automobilu, se otáčí spolu s kolem. Vzhledem ke vztažné soustavě spojené s povrchem Země, se ventilek navíc pohybuje spolu s automobilem a jeho pohyb je poměrně složitý. [22]

Naši předkové byli až do 15. století přesvědčeni, že Země je středem vesmíru a že je jediným místem kosmu, které je v klidu. Podle tohoto názoru, kterému se říká geocentrický (zeměstředný) se kolem Země pohybovalo Slunce, planety i hvězdy. Teprve polský astronom Mikuláš Koperník (1473 – 1543) dokázal, že nikoli Země, nýbrž Slunce je středem drah planet. Znamenalo to tedy, že Země se ve vesmíru také pohybuje. [10]

4.1.2 Audiovizuální prezentace č. 1 - praktická část

(viz. příloha č. 1)

Otázka:

Jak je možné, že nepoznáme je-li pozorovaný vlak vůči nám v klidu či v pohybu?

Jednoduché objasnění:

Poznat zda je pozorovaný vlak vůči nám v klidu nebo v pohybu můžeme jen tehdy, máme-li možnost pozorovat ho vůči tělesu, které je v klidu nebo v jiném pohybu.

Tato audiovizuální prezentace je určená k zobrazení, vysvětlení a odhalení relativnosti pohybu. Vyobrazuje jasný příklad relativnosti pohybu. Cílem je věrně ukázat, jak lehce se nechá člověk - pozorovatel oklamat svými vlastními smysly. Na videu můžeme pozorovat projíždějící vlak, ale záběr je zvolen tak, aby nebylo možné s přesností určit, zda-li je v pohybu pozorovatel nebo natáčený vlak. Prezentace tedy neodhaluje jen relativnost pohybu ve smyslu, že vlak, ve kterém se pozorovatel nachází, je vůči němu v klidu a projíždějící vlak je vzhledem k pozorovateli v pohybu. Ale navíc také poukazuje na vztažnou soustavu, vůči které tělesa pozorujeme. Díváme-li se na video, nevíme, jestli se pohybuje vlak s pozorovatelem nebo pozorovaný vlak, protože nevidíme okolní soustavu těles, podle které jasně určíme, jaký z vlaků se vlastně pohybuje.

Učitel může záznam kdykoliv pozastavit a položit žákům otázku: „O kterém z vlaků si myslíte, že je v pohybu?“ Žáci jsou tímto vtaženi do děje lehce současnou otázkou a zajímají se o rozuzlení. Dále se žáci budou chtít dovědět čím to, že někteří z nich nezodpověděli správně položenou otázku. Tehdy je nejvhodnější příležitost dospět společně se žáky k správnému vysvětlení sledovaného jevu.

Video se týká fyzikálního jevu z kapitoly o klidu a pohybu těles, jež je základním kamenem tématického celku mechanika (kinematika). V současné době je tato kapitola na základní škole probírána na začátku sedmého ročníku. Nejvhodnější zařazení prezentace, dle mého názoru je na začátek probírané látky o klidu a pohybu těles. Snadno lze na snímku vysvětlit jak relativnost pohybu, tak pojem a smysl vztažné soustavy.

Otázky a úkoly k tématu:

- Vysvětlete co je to relativnost pohybu? [10]

- Už jste se setkali při pozorování okolních vlaků ve stanici, z pozice cestujícího v jednom z nich, že se rozjíždíte na druhou stranu než je směr vaší cesty?
- Vyjmenujte alespoň 5 pohybujících se těles a vysvětlete vzhledem k jakému tělesu se pohybují? [10]
- Vyjmenujte alespoň 5 těles, které se nacházejí v klidu a vysvětlete vzhledem k jakému tělesu jsou v klidu? [10]
- Mohou být dvě jedoucí auta vzhledem k sobě v klidu? [10]
- Dívka se točí na kolotoči. Kamarád tvrdí, že je v klidu, ale kamarádka tvrdí, že je v pohybu. Kdo má pravdu?
- Může být jedno těleso současně v klidu i v pohybu? Jestliže ano, uveď příklad! [10]
- Vůči jaké vztažné soustavě je člověk jedoucí ve výtahu v klidu a vůči které je v pohybu?
- Jak se pohybuje list vrtule letícího vrtulníku – a) vzhledem k ostatním listům, b) vzhledem k vrtulníku, c) vzhledem k povrchu Země? [22]
- Při jízdě na loďce po řece se velmi často necháváme nést jejím proudem, aniž musíme pádlovat. Zvažte, zda jsme v klidu nebo v pohybu. [12]
- Může být nakupující na pohyblivých schodech také v klidu vzhledem k okolí schodů? [12]
- Pohybový stav parašutisty před seskokem z letadla a po seskoku – a) vůči letadlu, b) vůči Zemi, c) vůči padáku?
- Může být pasažér na zaoceánské lodi vůči lodi i okolí v klidu či v pohybu? Jak tomu bude v případě její kotvy nebo lodního šroubu?
- Blecha v srsti běžícího a spícího psa. Kdy je v klidu a kdy v pohybu vůči psovi či okolí?
- V jakém pohybovém stavu je satelit na oběžné dráze?

Jiné příklady stejného jevu:

- Při předjíždění nebo jízdě dvou automobilů po dálnici vedle sebe může nastat případ, kdy máme pocit, že obě vozidla stojí.

- Podobný a mnohem zřetelnější je takový případ, kdy jede automobil poblíž trati, po které jede vlak stejným směrem a rychlostí jako automobil.
- Při jízdě na eskalátorech se může člověk pohybovat vzhledem k okolí a vzhledem k pojízdným schodům být v klidu, ale půjde-li proti pohybu schodů určitou rychlostí, bude v klidu vůči okolí a vzhledem ke schodům se bude pohybovat.

Příklady jiných jevů v této prezentaci:

- **Rovnoměrně zpomalený pohyb.** Přijíždí-li vlak do stanice brzděním zmenšuje postupně svou rychlost a koná (přibližně) rovnoměrně zpomalený pohyb.
- **Rovnoměrně zrychlený pohyb.** Odjíždí-li vlak ze stanice, tak naopak zrychlováním zvětšuje svou rychlost a koná (přibližně) rovnoměrně zrychlený pohyb.
- **Zákon setrvačnosti.** Je patrný při brzdění vlaku. Proti brzdící síle působí síla setrvačná a vlak má tendenci setrávat ve svém pohybu. Není tedy možné vlak zabrzdit na místě.
- **Třecí síla.** Proti již zmíněné brzdné síle působí třecí síla mezi brzdnými plochami (tzv. brzdovými zdržemi) a koly, díky níž může vlak zastavit.

4.2 Zákon setrvačnosti

4.2.1 Teoretická část k audiovizuální prezentaci

Lidé si dlouho mysleli, že k udržení pohybu je vždy třeba síla. Ono to tak opravdu vypadá. Když koně přestanou táhnout, vůz se zastaví. Přestane-li veslař veslovat, i loďka se zastaví. Určitě však pojede déle než netažený vůz. Problém je v tom, že nemůžeme předvést pohyb bez tření. Teprve až Galileo Galilei v 17. st. domyslel, jak by se těleso pohybovalo, kdyby neexistovalo tření. Anglický fyzik Isaac Newton (1642 -1727) jako první vytvořil ucelenou teorii pohybů těles ve vesmíru, opírající se o gravitaci. Dovedl si dobře představit, jak by probíhaly po-

hyby těles, kdyby neexistovalo gravitační pole Země. Tato úvaha je velmi obtížná neboť jí nemůžeme podepřít přesným pokusem.

Jestliže jste někdy jeli autobusem a nezůstalo pro vás místo k sezení, pak nezbylo než se držet tyče nad vašimi hlavami. Samozřejmě jste velmi dobře poznali, když autobus začal brzdit. Působila na vás síla ve směru pohybu, a jestliže jste se nedrželi, museli jste rychle udělat několik kroků ve směru jízdy, abyste neupadli. Když se autobus rozjížděl nebo když svojí jízdu zrychloval, měli jste pocit, že jste tlačeni dozadu.

Každý automobil je dnes povinně vybaven bezpečnostními pásy. Řidič a jeho spolujezdec se nemusejí obávat, že při neočekávaném brzdění budou natlačeni na přední sklo automobilu. Při prudkém zpomalení ve větších rychlostech by jim bez použití pásu hrozilo velké nebezpečí úrazu. Obdobnou situaci zná každý chodec. Při zakopnutí padá dopředu. Tady záleží jen na postřehu a obratnosti člověka, jak se s náhlým přepadnutím těla vyrovná.

My si právě uvedené situace ukážeme na modelu:

- Doprostřed vozíku vložte ocelovou kuličku. Vozík úderem uveďte do pohybu. Jak se změnila poloha kuličky ve vozíku? Co se stane, když pohybující se vozík zastavíme rukou?

Při rozjezdu vozíku se kulička začala pohybovat k jeho zadní stěně. Vozík pod kuličkou ujíždí a ona zůstává na stejném místě vzhledem ke stolu. Naopak, při zastavování vozíku se kutálela směrem kupředu. Kulička se pohybuje stále tím směrem, kterým se dosud pohybovala s vozíkem. V obou případech se projevila vlastnost tělesa (kuličky), které říkáme **setrvačnost**.

Bude nás také zajímat, zda je možné, aby se kulička během pohybu vozíku nepohybovala ani kupředu ani dozadu. Opět si nejprve situaci přiblížíme v naší pomyslné jízdě autobusem. Když autobus nemění svoji rychlost, tzn., když jede po rovné silnici rovnoměrně, můžete stát i bez držení a nemáte pocit, že vás nějaká síla tlačí kupředu nebo dozadu.

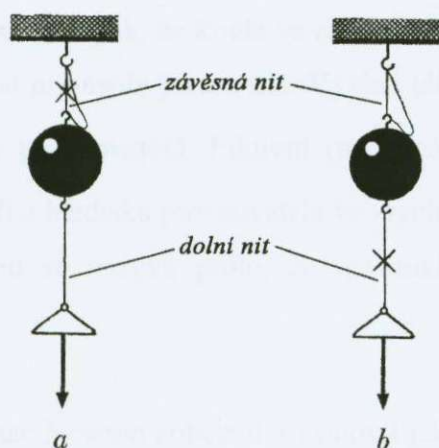
- Pohybujte vozíkem tak, aby kulička zůstávala uprostřed.

První zjištěnou skutečností je, že vozík musí jet po přímce. Není-li tomu tak, kulička se vychyluje do stran. Další podmínkou pro provedení pokusu je ne-

měnná rychlost vozíku. Dosáhnout toho je v našem pokusu dosti obtížné, ale snad se vám to při několikerém opakování podaří. Pak opravdu kulička zůstává na původním místě. [9]

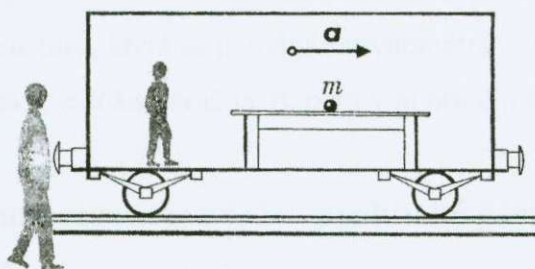
Další možné pokusy:

- Vytvořte na podlaze zábranu ve tvaru oblouku z prohnutého pravítka. Pošlete podél něj kuličku a pozorujte její dráhu. [9]
- Na pohár položte list papíru a na něj minci. Prudkým trhnutím papíru do strany docílíte toho, že mince spadne do sklenice. [7]
- Na stůl položte tenkou dřevěnou tyčku, aby přečnívala asi z jedné třetiny přes okraj desky stolu. Část tyčky ležící na stole překryjte velkou čtvrtkou papíru (novinami). Prudce udeřte na přečnívající část tyčky. [9]
- Ke kouli zavěšené na niti je dole přivázaná tatáž nit (obr. 4.2.1). Táhne-li pomalu za nit směrem dolů, přetrhne se nit závěsná, neboť na ni působí tažná síla a tíha koule, kdežto na dolní vlákno jen tažná síla. Trhne-li prudce, přetrhne se dolní nit, neboť koule se při trhnutí ztlačí a trhnutí se na horní závěsné vlákno nepřenese. [7]
- Skleněná tyčinka je zavěšena oběma konci na papírových páscích. Narážíme-li na ni prudce uprostřed mezi závěsy, přerazí se. Když za ní pomalu táhneme, přetrhnou se papírové závěsy.



Obr. 4.2.1 Setrvačnost tělesa

- Uvažujeme vagón pohybující se po kolejích, uvnitř kterého je na vodorovné desce stolu koule hmotnosti m (obr. 5.2.2). Předpokládejme, že jeden pozorovatel stojí vně blízko trati a druhý je uvnitř vozu. Pokud se vagón pohybuje přímočaře rovnoměrně, koule zůstává na svém místě. Oba pozorovatelé shodně řeknou, že na kouli působí jen její tíha mg a reakce $\vec{F}_r = -mg$ podložky. Zajímavý případ nastane, když se vagón začne pohybovat rovnoměrně zrychleně se stálým zrychlením a . Koule se pak pohybuje zrychleně po rovině opačným směrem než vůz. V neinerciální vztažné soustavě - vnější pozorovatel popisuje tento jev tak, že koule zachovává svou rychlost, kdežto vagón se pohybuje zrychleně, a proto se koule opožďuje za vagónem.



Obr. 4.2.2 Setrvačná síla při přímočarém zrychleném pohybu

V inerciální vztažné soustavě - vnitřní pozorovatel, který neví, že nastal zrychlený pohyb, tvrdí naopak, že koule se začala pohybovat po vodorovné rovině, protože na ni působí jakási síla. Výklad téhož jevu se jeví tedy různě podle polohy pozorovatelů. Fiktivní (myšlená, zdánlivá) síla $\vec{F}_x$, která působí na kouli z hlediska pozorovatele ve zrychlené soustavě, je síla setrvačná. Zdánlivou se nazývá proto, že nevzniká působením jiných hmotných těles. [7]

Závěry z pokusů Isaac Newton zobecnil a vyslovil jako velmi obecné pravidlo, kterému říkáme **zákon setrvačnosti: Těleso setrvává v klidu nebo se po-**

hybuje stále stejnou rychlostí, pokud není přinuceno vnějšími silami tento stav změnit.

Podle tohoto zákona by se kulička kutálející se například po vodorovném skle měla pohybovat po přímce, a to stále. Ve skutečnosti se po určité dráze zastaví. Kdybychom ji kutáleli po dřevěné desce, zastavila by se dříve. A co třeba na koberci? Její dráha by byla velmi malá. Příčinou je tření, které ve všech třech případech existuje a které nemůžeme nikdy zcela odstranit. Příkladem pohybu, kdy je tření velmi malé, je například pohyb puku po ledě nebo vlaku po vodorovných kolejkách. Setrvačnost tělesa se projevuje i v klidu jak je patrné z výše uvedených pokusů. [9]

Je třeba poznamenat, že první Newtonův zákon má též jen omezenou platnost, neplatí totiž v každé vztažné soustavě. Vztažná soustava, ve které princip setrvačnosti platí, se nazývá setrvačná (inerciální) soustava (latinsky inertia = setrvačnost). Každá jiná soustava, která se pohybuje rovnoměrně přímočaře vzhledem k dané setrvačné soustavě, je též setrvačná, tj. platí v ní princip setrvačnosti. [7]

4.2.2 Audiovizuální prezentace č. 2 - praktická část

(viz. příloha č. 2)

Otázka:

Jaký fyzikální zákon se využívá při nasazování sekyry na topůrko, uhodíme-li koncem topůrka o masivní předmět? [16]

Jednoduché objasnění:

Využívá se zákonu setrvačnosti. Při narážení sekyry setrvává v pohybu a tím je naražena na topůrko. Při sekání obrácenou sekyrou, taktéž sekané dřevo setrvává v pohybu a je v okamžiku střetu sekyry se špalkem naraženo na sekyru.

Tato audiovizuální prezentace pojednává o základním fyzikálním tématu, kterým je Newtonův první pohybový zákon, zvaný zákon setrvačnosti. Zákon setrvačnosti vysvětlujeme na příkladu nasazování sekyry na topůrko a štípání dříví. Domníváme se, že na této situaci je jev velmi zřetelný. Převážná většina žáků se pravděpodobně již setkala se sekáním dříví a s tím spojeným narážením sekyry na

topůrko. Nicméně natočený průběh situace napomáhá k pochopení, kdy přesně k danému jevu dochází. Učitel má možnost video pozastavit a znázornit, jak sekyra pokračuje ve svém pohybu ve chvíli, kdy topůrko narazí na špalek.

Lze si také položit otázku, zda nalezneme na snímku více situací, kde lze uplatnit zákon setrvačnosti. Odpověď zní ano. Sekyra má totiž tendenci při sekání dříví z topůrka slézat, což je také částečně důsledek setrvačnosti tělesa, v našem případě sekyry. Taktéž chceme-li rozštípnout velký špalek dřeva, zasekneme do něj sekyru a při dalším rozmachu otáčíme kus dřeva sekyrou dospod tak, aby byla mezi špalkem a štípaným dřevem. V momentu, kdy narazí sekyra tupou stranou na špalek, pokračuje štípané dřevo ve svém pohybu a tím se dělí o ostří sekyry na dvě části.

Žáci si díky této prezentaci uvědomí spojitost mezi zákonitostí setrvačnosti a jejím užitím v běžném životě. Budou-li pozorní, položí si pravděpodobně otázku, proč je lepší dřevo při sekání otáčet a proč se naráží sekyra na topůrko a ne topůrko na sekyru. Zde záleží na učiteli, jak situaci pojme. Zda žákům vysvětlí co je to hybnost, na čem závisí a jak ji vypočítáme, nebo se spokojí s vysvětlením, že tělesa, která mají větší hmotnost, setrvávají ve svém pohybu déle. Také se dá říci, že je u těles s větší hmotností zapotřebí větší vnější síly (třecí, tíhové atp.) ke změně jejich pohybu.

Video se týká fyzikálního jevu z kapitoly Newtonovy pohybové zákony, jež je základní částí tématického celku mechanika (dynamika). V současné době je tato kapitola na základní škole probírána v šestém ročníku. Nejvhodnější zařazení prezentace, dle našeho názoru, je na začátek probírané látky o zákonu setrvačnosti. Na snímku lze vysvětlit Newtonův první pohybový zákon, ale i druhý Newtonův pohybový zákon a také hybnost tělesa.

Otázky a úkoly k tématu:

- Automobil jedoucí příliš rychle na zledovatělé vozovce v zatáčce vyjel ze silnice. Nakreslete směr, v jakém opustil silnici? [9]

- Řekněte, co budeme pozorovat na zavěšeném siloměru se závažím ve výtahu: a) při rozjezdu směrem nahoru, b) při dojezdu nahoru, c) při rozjezdu směrem dolů, d) během jízdy, e) při dojezdu dolů.
- Proč musí cestující v osobních automobilech používat bezpečnostní pásy?
- V jedoucím vlaku vyhodíme svisle vzhůru míč. Dopadne míč opět přesně do téhož místa, jede-li vlak: a) rovnoměrně přímočaře, b) rovnoměrně zrychleně přímočaře, c) rovnoměrně po kružnici? [22]
- Při střetu dvou jedoucích vozidel vzniká největší nebezpečí: a) jestliže vrazí automobil zezadu do vozu jedoucím před ním, b) jestliže dojde k čelnímu střetu, c) nezáleží na směru jízdy obou vozidel. [12]
- Proč jedoucí vlak ihned nezastaví, i když zatáhneme záchranou brzdu?
- Dva chlapci, z nichž první má větší hmotnost než druhý, jedou na stejných kolech stejnou rychlostí. Najednou se před nimi objeví překážka. Chlapci začnou brzdit v témže okamžiku stejnou silou. Který z nich se zastaví dříve? [15]

Jiné příklady stejného jevu:

- Vystřelíme-li kulku např. do stromu, setrvává ve svém přímočarém pohybu a zavrtá se do kmene.
- Sjíždíme-li na sáňkách kopec, nezastavíme ihned pod kopcem, i když najedeme na rovinu.
- Jedeme-li na kole a prudce zabrzdíme, může se stát, že přepadneme přes řídítka.
- Zatlouci hřebík do překližkové stěny je problém – překližka se pod úder kládíva prohýbá. Přiložíme-li však na opačnou stranu stěny těžké kladivo nebo sekýru, jde hřebík zatlouci lehce.
- Účinkující např. v cirkuse mohou předvádět pro diváka ohromující vystoupení. Muž si lehne na zem, na břicho mu položí těžký kámen placátého tvaru a druhý muž mu poměrně velkým úderem palice tento kámen na těle rozbije. Kámen díky veliké hmotnosti setrvává v klidu a na tělo ležící-

ho muže působí jen málo. Působící síla se navíc rozloží díky placatému tvaru kamene na větší plochu.

Příklady jiných jevů v této prezentaci:

- **Zákon síly.** Síla působící proti směru pohybu štípaného dřeva způsobuje zmenšení jeho rychlosti.
- **Páka.** Při vyndávání zaseknuté sekyrky do špalku využíváme páku. Topůrko uchopíme co nejdále od sekyry, snadněji ji tak vypáčíme.
- **Tlak.** Sekyra je vykována do klínovitého tvaru nejen kvůli snadnějšímu oddělení štípnutých částí, ale i z důvodu zvětšení působení tlaku na dřevo. Tlak se zvětšuje s rostoucí silou na zmenšující se plochu.
- **Energie a práce.** Na štípání silných kusů dřeva je vhodnější těžší sekyra s delším topůrkem. Těžší sekyra i její delší topůrko mají při zvednutí sekyry větší potenciální energii tíhovou. Sekyra pak při dopadu vykoná větší práci.

4.3 Zákon zachování hybnosti

4.3.1 Teoretická část k audiovizuální prezentaci

Z druhého Newtonova pohybového zákona plynou některé důsledky, jež jsou důležité pro řešení mnoha dynamických úloh nejen z mechaniky, ale i z jiných oborů.

Principiálně lze všechny mechanické úlohy řešit pomocí pohybových zákonů. Často jsou však skutečné pohyby tak složité, že použití pohybových zákonů vedlo k velmi složitému počítání. Úloha se značně zjednoduší, zavedeme-li vhodně nové pojmy. Takovým pojmem je souvislost mezi časovým působením síly a **hybností** hmoty. Silové působení za jistou dobu se nazývá **impuls** (popud) síly.

Zvažme nejjednodušší případ, kdy na hmotný bod m působí stálá síla $\vec{F}$, jejíž směr spadá do směru rychlosti $\vec{v}$. V tomto případě koná hmotný bod m rovnoměrně zrychlený pohyb se zrychlením $\vec{a}$. Podle pohybového zákona platí:

$$\vec{F} = m \cdot \vec{a}. \quad (4.3.1)$$

Předpokládáme-li ve zvláštním případě, že v čase $t = 0$ je též rychlost $v_0 = 0$, můžeme psát $\vec{v} = \vec{a} \cdot t$, po dosazení za $\vec{a}$ do rovnice (5.3.1) dostaneme:

$$\vec{F} = m \cdot \frac{\vec{v}}{t} \Rightarrow \vec{F} \cdot t = m \cdot \vec{v}. \quad (4.3.2)$$

Součin $\vec{I} = \vec{F} \cdot t$ se nazývá impuls síly. Je to vektor mající též směr jako vektor síly. Vektor hybnosti $\vec{p} = m \cdot \vec{v}$ má též směr jako vektor rychlosti. Z rovnosti (4.3.2) je zřejmé, že hybnost jehož jednotka je $[\text{kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-1}]$ je rovna impulsu síly jehož jednotkou je $[\text{N} \cdot \text{s}]$. [7]

Podle třetího Newtonova zákona **na sebe působí dvě tělesa silami stejně velkými, ale opačného směru**. Uvažujeme dvě tělesa, která na sebe navzájem působí, přitom však na ně nepůsobí silami žádná jiná tělesa. Taková dvě tělesa tvoří **izolovanou soustavu těles**. Položme si nyní otázku, jaký vliv mají síly vzájemného působení mezi tělesy na hybnost soustavy.

Celková hybnost soustavy je vektorovým součtem hybností obou těles: $\vec{p} = \vec{p}_1 + \vec{p}_2$. Za dobu Δt vzájemného silového působení se hybnost prvního tělesa změní o $\Delta \vec{p}_1$, hybnost druhého tělesa o $\Delta \vec{p}_2$. Označíme-li sílu působící na první těleso $\vec{F}_1$, sílu působící na druhé těleso $\vec{F}_2$, je $\Delta \vec{p}_1 = \vec{F}_1 \cdot \Delta t$, $\Delta \vec{p}_2 = \vec{F}_2 \cdot \Delta t$ a celková změna hybnosti

$$\Delta \vec{p} = \Delta \vec{p}_1 + \Delta \vec{p}_2 = \vec{F}_1 \cdot \Delta t + \vec{F}_2 \cdot \Delta t = (\vec{F}_1 + \vec{F}_2) \cdot \Delta t. \quad (4.3.3)$$

Protože však jde o síly vzájemného působení mezi dvěma tělesy, je $\vec{F}_1 = -\vec{F}_2$ a vektorový součet obou sil je nulový. Je tedy

$$\Delta \vec{p} = 0. \quad (4.3.4)$$

Změna celkové hybnosti soustavy je nulová, to znamená, že celková hybnost soustavy je konstantní vektor $\vec{p} = \text{konst.}$

Můžeme vyslovit **zákon zachování hybnosti: Celková hybnost izolované soustavy těles se vzájemným silovým působením těles nezmění**.

Zákon zachování hybnosti, který jsme odvodili pro izolovanou soustavu tvořenou dvěma tělesy, platí pro izolovanou soustavu tvořenou libovolným počtem těles. Hybnosti jednotlivých těles se působením vzájemných sil mění, jejich vektorový součet však zůstává konstantní. [22]

Význam zákona zachování hybnosti v praxi

Známý je případ izolované soustavy těles, kterou tvoří střelná zbraň a střela. Před výstřelem, kdy střelec opírá pušku o rameno, je celková hybnost této soustavy nulová. Při výstřelu vzniknou shořením střelného prachu plyny, které působí stejně velkými tlakovými silami jednak na střelu, jednak na uzávěr pušky. Tím jsou střela i zbraň uvedeny silami akce a reakce do pohybu opačnými směry a získají hybnosti $\vec{p}_1$ a $\vec{p}_2$.



Obr. 4.3.1 Soustava puška střela, zpětný ráz

Protože celková hybnost soustavy puška – střela se podle zákona zachování hybnosti nemění, bude při výstřelu stejná jako před ním, kdy byla nulová, tedy

$$\vec{p}_1 + \vec{p}_2 = m_1 \cdot \vec{v}_1 + m_2 \cdot \vec{v}_2 = 0, \quad (4.3.5)$$

kde m_1 je hmotnost střely a m_2 je hmotnost pušky.

Úpravou posledního vztahu dostáváme

$$m_1 \cdot \vec{v}_1 = -m_2 \cdot \vec{v}_2, \quad (4.3.6)$$

z čehož vyplývá, že hybnosti, kterých nabudou střela a zbraň při výstřelu, jsou stejně velké, ale opačného směru.

Jinak je tomu však s velikostí jejich rychlostí. Ze vztahu pro velikost hybnosti střely a zbraně $m_1 \cdot v_1 = m_2 \cdot v_2$ dostaneme

$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{m_2}{m_1}. \quad (4.3.7)$$

Velikosti rychlosti střely a zbraně jsou v opačném poměru než jejich hmotnosti. Rychlost zbraně je tedy při výstřelu tolikrát menší než rychlost střely, kolikrát má zbraň větší hmotnost než střela. Pohyb zbraně při výstřelu způsobuje zpětný náraz.

Na základě zákona zachování hybnosti a třetího pohybového zákona vysvětlujeme také podstatu činnosti proudových letadel, raketových střel, nosných

raket kosmických lodí, reaktivních turbín. Raketové motory umožnily současný rozvoj kosmonautiky. [23]

4.3.2 Audiovizuální prezentace č. 3 - praktická část

(viz. příloha č. 3)

Otázka:

Chce-li se člověk při přistání loďky dostat na břeh, jde od její zadní části k přední. Proč se při tom loďka vzdálí od břehu?

Jednoduché objasnění:

Jde o vzájemné silové působení člověk - člun. Podle zákona zachování hybnosti, člověk i člun získají hybnosti stejné velikosti, ale opačného směru. [16]

Audiovizuální prezentace č. 3 zachycuje fyzikální jev, jež se vztahuje k zákonu zachování hybnosti. Tento zákon vyplývá z Newtonova pohybových zákonů, především z druhého zákona síly a třetího zákona akce a reakce. Na první pohled je z tématu patrné, jak jsou jednotlivé kapitoly fyziky mezi sebou navzájem propojené. Nelze tedy s žáky začít probírat zákon zachování hybnosti, nežli pochopí Newtonovy pohybové zákony.

K vyobrazení fyzikálního jevu o zákonu zachování hybnosti jsme zvolili soustavu, v níž na sebe silově působí člověk a loďka. Nejpatrnější silové působení vzniká při vystupování člověka z loďky na břeh či molo. Mnohokrát jsme mohli pozorovat člověka, jak padá do vody při takovém to vystupování z loďky na molo. Výukový snímek jasně ukazuje, kdy, jak a proč k takovému jevu dochází.

V našem případě se první vystupující muž na molo dostane bez větších problémů, kdežto druhý muž musí počkat až je i s loďkou přitažen zpět k molu od kterého se loďka příliš vzdálila. První muž na člun působil silou jen krátce a udělil mu jen malou hybnost. Taktéž člun udělil během této chvíle muži jen malou hybnost. Druhý muž šel přes celý člun od zádi k přídi a celou dobu na sebe silově působil. Udělili si tak velké hybnosti. Člun se díky velké hybnosti, jež byla opačného směru než hybnost, kterou měl vystupující muž, příliš vzdálil od břehu. Žáci si

ze snímku odnesou kromě nového fyzikálního poznatku i ponaučení, že při vystupování z loďky na břeh je vždy lepší, když někdo loďku přidrží.

Zákon zachování hybnosti nespadá do osnov výuky fyziky na základní škole, nicméně je na posouzení učitelem, zda se rozhodne video použít a rozšířit tak vědomosti žáků. Není nutné a asi ani žádoucí podrobně vysvětlovat zákon zachování hybnosti, ale cílem přehrání prezentace je nejen obohatit a rozšířit látku o Newtonových pohybových zákonech, ale i ukázat, že fyziku lze najít všude kolem nás.

Otázky a úkoly k tématu:

- Automobil o hmotnosti 1000 kg jede rychlostí 90 km/h. Jak velkou má hybnost? [22]
- Ve kterém případě udělují síly vzájemného působení oběma tělesům stejně velké hybnosti?
- Dva chlapci jsou v loďkách plujících na hladině jezera. Chlapec v jedné loďce odstrkuje veslem druhou loďku. Která z loďek se dá do pohybu?
- Uděláme-li krok na vozíku schopném se pohybovat volně bez tření po vodorovné rovině, pak: a) sami nemůžeme vozíkem pohnout, b) vozík se posune opačným směrem než-li my, c) vozík se posune stejným směrem jako my?
- Na jakém principu fungují tryskové pohony? Kde se s nimi můžeme setkat?

Jiné příklady stejného jevu:

- Soustava puška-náboj má celkovou hybnost nulovou. Vystřelíme-li, získá náboj velkou hybnost díky své rychlosti. Stejnou hybnost v opačném směru získá puška, avšak menší rychlost vzhledem ke své velké hmotnosti.
- Izolovanou soustavu tvoří také mrakodrap, který má na střeše velmi těžké závaží. Při zemětřesení začne kmitat závaží v opačném směru než mrakodrap a tím tlumí jeho kmity. Zachovává se tak poloha celkového těžiště soustavy.

Příklady jiných jevů v této prezentaci:

- **Dvojice sil.** Začneme-li veslovat v opačných směrech, vlivem působící dvojice sil se bude loďka otáčet.
- **Šíření vln a jejich skládání.** Za plující loďkou se vytváří zvlněné věčko. Od vesel se také šíří vlny, které se skládají s vlnami od loďky.
- **Páka.** Vesla fungují jako jednoduchá páka.
- **Zákon akce a reakce.** Loďka se pohybuje na základě akce a reakce mezi vesly a vodou.
- **Vztlaková síla.** Člun pluje po hladině díky vztlakové síle.

4.4 Dostředivá a odstředivá síla

4.4.1 Teoretická část k audiovizuální prezentace

V kinematice je uvedeno, že při rovnoměrném pohybu hmotného bodu po kružnici má hmotný bod stálou velikost rychlosti, ale vektor rychlosti $\vec{v}$ mění neustále svůj směr. Tato změna vektoru rychlosti $\Delta\vec{v}$ vyvolává **dostředivé zrychlení** $\vec{a}_d$, které stále směřuje do středu kružnice, pro jehož velikost platí vztah

$$a_d = \frac{v^2}{r} = \omega^2 \cdot r, \quad (4.4.1)$$

kde r je poloměr kružnice, v rychlost hmotného bodu, ω úhlová rychlost. [5]

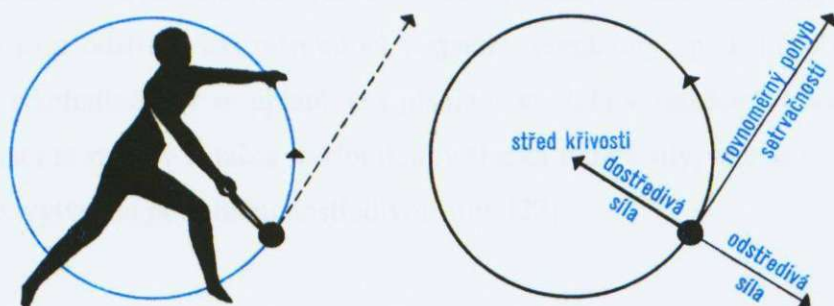
Podle druhého pohybového zákona působí na hmotný bod o hmotnosti m síla, která má stejný směr jako dostředivé zrychlení, směřuje tedy do středu kružnice, po níž se hmotný bod pohybuje. Tato síla se nazývá **dostředivá síla** $\vec{F}_d$ a její velikost je

$$F_d = m \cdot a_d = m \cdot \frac{v^2}{r} = m \cdot \omega^2 \cdot r. \quad (4.4.2)$$

Dostředivá síla je stále kolmá ke směru okamžité rychlosti hmotného bodu, jejím pohybovým účinkem na hmotný bod je změna směru hybnosti hmotného bodu. Působí-li na hmotný bod při rovnoměrném pohybu po kružnici více sil, výslednicí všech těchto sil je dostředivá síla.

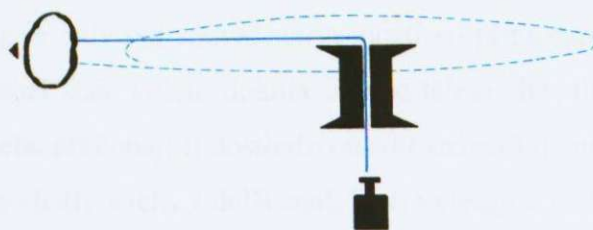
Podle třetího pohybového zákona je silové působení těles vždy vzájemné. Reakcí k dostředivé síle je **odstředivá síla** $\vec{F}_o$, která je stejně velká jako dostředivá síla, má opačný směr a působí na ta tělesa, která udržují hmotný bod na trajektorii. [22]

Roztočí-li sportovec kladivo při hodu, působí na kladivo dostředivá síla, na jeho ruku odstředivá síla (viz obr. 4.4.1). O vlastnostech dostředivé a odstředivé síly se můžeme přesvědčit pokusem na odstředivém stroji.



Obr. 4.4.1 Grafické znázornění při hodu kladivem

Cívkou od niti nebo trubičkou s hladkým okrajem provlékneme asi 60 až 80 cm dlouhý provázek. Na jeden konec uvážeme například bramboru a na druhý konec závaží (viz. obr. 4.4.2). Konec se závažím necháme volně viset a konec s bramborou roztočíme kolem dokola, přičemž držíme cívku či trubičku pevně v ruce. Visící závaží se odstředivou silou zakrátko zdvihne do výše. Kdybychom tomu chtěli zabránit, museli bychom jej nahradit těžším závažím. Použijeme-li místo závaží siloměr, můžeme velmi dobře pozorovat, jak s rychlejší rotací či větší bramborou (tělesem o větší hmotnosti) odstředivá síla značně roste. [2]



Obr. 4.4.2 Jednoduchý odstředivý stroj

Působení dostředivé a odstředivé síly můžeme sledovat také u těles, která nejsou spolu spojena přímým stykem. Na družici, která obíhá po kružnici kolem Země, působí Země dostředivou silou, družice působí na Zemi stejně velkou odstředivou silou.

Přestane-li působit dostředivá síla, zaniká současně s ní i síla odstředivá. Hmotný bod se pak **setrvačností** pohybuje ve směru tečny ke kružnici. Přetrhne-li se např. nit, na níž je upevněna kulička roztáčená rukou pohybuje se kulička dále setrvačností ve směru rychlosti, kterou měla při přetržení niti.

Účinky dostředivé a odstředivé síly se využívají v řadě technických zařízení, jako jsou odstředivky, odstředivá čerpadla, regulátory apod. Působení dostředivé a odstředivé síly se uplatňuje i při jízdě vozidla v zatáčce. Motocyklista nebo cyklista se musí v zatáčce naklonit, aby složka tíhové síly, kterou na něj působí Země, vytvořila potřebnou dostředivou sílu. [22]

4.4.2 Audiovizuální prezentace č. 4 - praktická část

(viz. příloha č. 4)

Otázka:

Proč si živočichové suší mokrou srst otřásáním?

Jednoduché objasnění:

Otřásání způsobí, že na kapky setrvávající v klidu začne působit odstředivá síla. Kapky odlétají od srsti ve chvíli, kdy překonají dostředivou sílu a svou setrvačností pokračují v pohybu.[25]

Každý z nás ví, co dokáže koule nebo jiný předmět roztočený na provaze. Docela jasně si uvědomujeme sílu, kterou musíme působit, abychom přinutili těleso obíhat po kružnici. Víme, že letící těleso se chová dle základního zákona mechaniky a mělo by se tedy pohybovat setrvačností po přímočaré dráze. Protože je však uvázáno, krouží stále kolem dokola. Jak se tělesa chovají ve chvíli, kdy se provaz přetrhne nebo překonají-li dostředivou sílu znázorňuje prezentace č. 4.

Pozorujeme-li živočichy s delší srstí, kteří vylézají z vody, můžeme si uvědomit fyzikální jev, při kterém dochází k překonávání dostředivé síly. Z třetího

Newtonova zákona víme, že každá akce vyvolá stejně velkou, ale opačně orientovanou reakci. Vždy když se těleso otáčí, působí na něj odstředivá síla (akce), jež vyvolává stejně velkou, ale opačně orientovanou dostředivou sílu (reakci). Ve chvíli kdy se mokré zvíře otrásá, aby se zbavilo vody v srsti, periodickým otáčením svého trupu uděluje kapkám vody odstředivou sílu. Reakcí na odstředivou sílu působí na kapky vody síla dostředivá. Překoná-li odstředivá síla sílu dostředivou, začnou od srsti zvířete odlétat kapky vody. Kapky odlétají vždy ve směru kolmém na sílu dostředivou a pokračují ve svém pohybu vlastní setrvačností. Podobně odlétají ve směru tečny ke kružnici jiskry od brusného kotouče při broušení.

I v tomto snímku se opět kloubí různé fyzikální jevy. K vysvětlení jevu vztahujícího se k dostředivé a odstředivé síle je třeba znát předchozí látky, jako jsou Newtonovy zákony. Ne každý učitel fyziky na základní škole zahrnuje toto téma mezi probírané kapitoly. My považujeme téma dostředivé a odstředivé síly za dosti důležité a ne příliš složité. Navíc postihuje jevy, se kterými se bezprostředně setkáváme v každodenním životě, což je i jedním s důvodů, proč považujeme za vhodné toto téma zařadit do výuky.

Otázky a úkoly k tématu:

- Vysvětlíte působení dostředivé a odstředivé síly při jízdě vlaku v zatáčce.[22]
- Proč se letadlo při zatáčení naklání směrem do zatáčky, zatímco loď směrem opačným?
- Budeme-li rychle točit vědrem s vodou ve vertikální rovině, vyteče z něj voda?
- Jak působí dostředivá a odstředivá síla při oběhu Země kolem Slunce?
- Zdůvodněte vzdalování lidí točících se na řetízkovém kolotoči od středu kolotoče.
- Nakreslete trajektorii, po které vyjede rychlobruslař z dráhy při pádu v zatáčce.
- Proč se staví železniční koleje a vozovky naklonené směrem do zatáčky?

- Proč se cyklisté a motocyklisté do zatáček naklánějí? [13]

Jiné příklady stejného jevu:

- Při hodu kladivem nebo diskem na atletických závodech pozorujeme, jak sportovec uvolněním náradí odstraní dostředivou sílu a předmět odlétá ve směru kolmém na jeho paži.
- Odstřed'ováním (samotný výraz je používán v běžném životě) v pračce zbavujeme prádlo nadměrného množství vody.
- V zábavném parku na horské dráze se v některých chvílích ocitáme hlavou dolů a přesto nevypadneme.
- Díky odstředivé síle mohou kovbojové točit lasem tak, až se na konci lasa vytvoří oko, do kterého mohou chytit dobytče.
- Na principu odstředivé síly pracuje regulátor otáček motoru.
- Při jízdě vozidel v zatáčce hraje podstatnou úlohu třecí síla mezi pneumatikami a povrchem vozovky. Překročí-li odstředivá velikost třecí síly, dojde ke smyku vozidla.

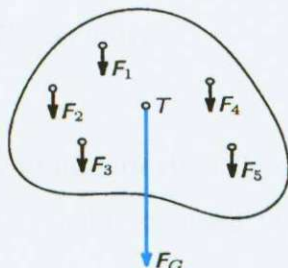
Příklady jiných jevů v této prezentaci:

- **Šíření vln** v kulových vlnoplochách. Hodíme-li do vody těleso jakéhokoli tvaru, vždy se vlny šíří do kruhu.
- **Hustota materiálu.** Klacek hozený do vody plave na hladině, protože má menší hustotu než voda.
- **Smáčivost vody.** Osrstěná zvířata vylézající z vody jsou mokrá, protože voda smáčí srst, kdežto vodní ptáci mají mastné peří, které se vodou n-smáčí.
- **Zákon lomu.** Část dopadajících paprsků na vodní hladinu se odráží a my pozorujeme na hladině okolní stromy.

4.5 Těžiště

4.5.1 Teoretická část k audiovizuální prezentaci

Tuhé těleso si představujeme složené z velkého počtu hmotných bodů, jejichž vzájemná poloha se nemění. Je-li těleso umístěno v homogenním tíhovém poli, jsou tíhové síly působící na jednotlivé hmotné body navzájem rovnoběžné. Jejich složením dostaneme výslednou tíhovou sílu působící na těleso. **Působíště výsledné tíhové síly $\vec{F}_G$ se nazývá těžiště tělesa T** (obr. 4.5.1). [23]



Obr. 4.5.1 Těžiště tělesa

Poloha těžiště v tuhém tělese je stálá a nezávisí na poloze tělesa vzhledem k jiným tělesům ani na jeho pohybu. **Poloha těžiště je dána rozložením látky v tělese.** Těžiště stejnorodých těles, která mají střed souměrnosti, leží v jejím středu. Těžiště stejnorodé koule, krychle, kvádra nebo válce je v jejich geometrickém středu. Má-li těleso osu souměrnosti, leží těžiště na této ose; např. těžiště rotačního kužele leží na jeho ose.

U nepravidelných těles určujeme polohu těžiště experimentálně. Těleso zavěšujeme v různých bodech na jeho povrchu. Při každém zavěšení se těleso ustálí tak, že těžiště je pod bodem závěsu. Svislá přímka spojující bod závěsu a těžiště se nazývá **těžnice**. Těžiště určíme jako průsečík těžnic. [22]

Těžiště tělesa může ležet i mimo těleso. Např. těžiště trubky nebo míče je v geometrickém středu těchto těles, poloha těžiště bumerangu je mimo těleso.

Podmínky rovnovážné polohy tuhého tělesa

Tuhé těleso je v **rovnovážné poloze**, jestliže se pohybový účinek všech sil působících na těleso navzájem ruší a těleso je v klidu. Je-li např. těleso zavěšeno nad těžištěm tak, že svislá těžnice prochází bodem závěsu, ruší se tíhová síla působící na těleso pevností závěsu. Podobně u tělesa podepřeného pod těžištěm se ruší tíhová síla pevností opory.

Aby bylo těleso v rovnovážné poloze, musí být současně splněny dvě základní podmínky.

Podmínka rovnováhy sil: Těleso je v rovnovážné poloze, je-li výslednice všech sil působících na těleso nulová

$$\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots + \vec{F}_n = \vec{0}. \quad (4.5.1)$$

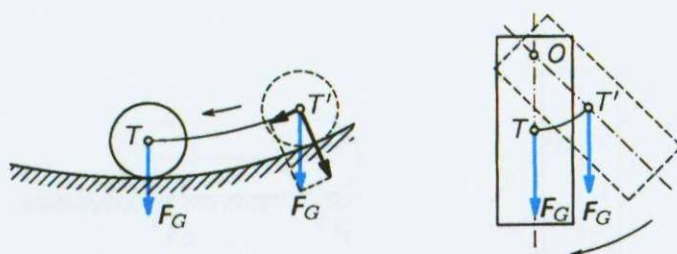
Podmínka rovnováhy momentů sil: Těleso otáčivé kolem nehybné osy je v rovnovážné poloze, je-li výsledný moment všech sil působících na těleso nulový

$$\vec{M} = \vec{M}_1 + \vec{M}_2 + \dots + \vec{M}_n = \vec{0}. \quad (4.5.2)$$

Tuto podmínku známe pod názvem momentová věta. [23]

Případy rovnovážných poloh tuhého tělesa

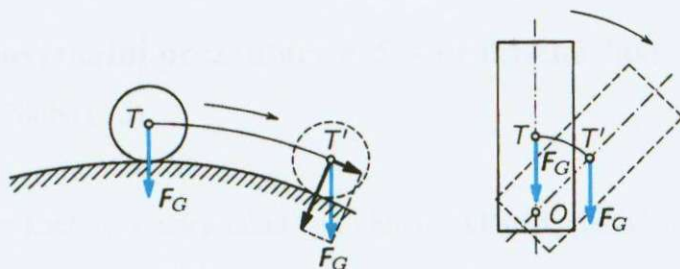
Jestliže těleso poněkud vychýlíme z rovnovážné polohy, změní se rozložení sil působících na těleso vzhledem k ose, přičemž podmínky rovnováhy nemusí být splněny. Při tom mohou nastat tři případy.



Obr. 4.5.2 Stálá rovnovážná poloha tělesa

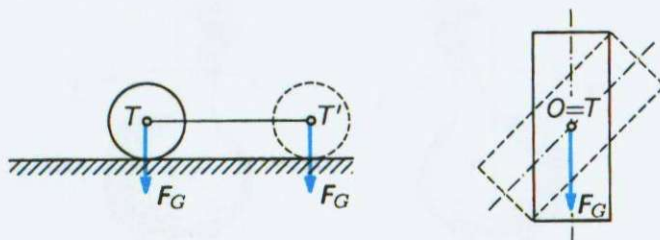
a) **Stálou** neboli **stabilní rovnovážnou polohu** má těleso, které se po vychýlení z této polohy opět do ní vrací. Tuto polohu má např. kulička v nejniž-

ším bodě kulové misky nebo kyvadlo nástěnných hodin (obr. 4.5.2). Při vychýlení tělesa ze stálé rovnovážné polohy na něj působí moment $\vec{M}$ tíhové síly $\vec{F}_G$, který ho otáčí zpět do původní polohy. Ve stálé rovnovážné poloze je těžiště tělesa v nejnižší možné poloze a těleso má nejmenší potenciální tíhovou energii.



Obr. 4.5.3 Vratká rovnovážná poloha tělesa

b) **Vratkou** neboli **labilní rovnovážnou polohu** má těleso, které se po vychýlení z této polohy do ní nevrací, ale přechází do nové stálé polohy. Tuto polohu má např. kulička v nejvyšším bodě převrácené kulové misky nebo těleso otáčivé kolem vodorovné osy umístěné pod těžištěm (obr. 4.5.3). Při vychýlení tělesa z vratké rovnovážné polohy otáčí moment $\vec{M}$ tíhové síly $\vec{F}_G$ tělesem tak dlouho, až se jeho těžiště přemístí pod bod O (viz pravá část obr. 4.5.3) a těleso zaujme stálou rovnovážnou polohu s nejmenší potenciální tíhovou energií. Ve vratké rovnovážné poloze je potenciální tíhová energie tělesa největší.



Obr. 4.5.4 Volná rovnovážná poloha tělesa

c) **Volnou** neboli **indiferentní rovnovážnou polohu** má těleso, které zůstává po vychýlení v jakékoli nové poloze. Tuto polohu má např. kulička na vodorovné rovině nebo těleso otáčivé kolem vodorovné osy procházející těžištěm (obr. 5.5.4). Při vychýlení tělesa z volné rovnovážné polohy je otáčivý moment $\vec{M}$ tíhové síly $\vec{F}_G$ nulový, takže se původní výška těžiště nad vodorovnou rovinou, a tím také potenciální tíhová energie tělesa, nemění. [23]

4.5.2 Audiovizuální prezentace č. 5 - praktická část

(viz. příloha č. 5)

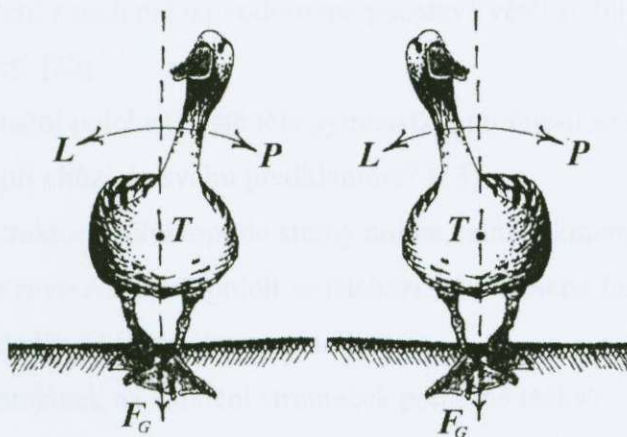
Otázka:

Proč se kachny, husy a labutě při chůzi naklánějí z jedné strany na druhou?

Jednoduché objasnění:

Aby při chůzi udržely rovnováhu, musí se naklánět. Tehdy svislá těžnice protíná vždy právě plochu té nohy, kterou se pták dotýká země. [25]

Každý jistě zná vodní ptactvo, jako jsou husy, kachny a labutě. Také si snad každý všimnul, že tito ptáci mají nohy daleko od sebe. Takto uspořádanou kostru mají nejen díky velikým blanitým nohám, ale i díky poměrně širokému tělu, které je třeba dobře podepřít. Kdyby tito ptáci měli nohy příliš u sebe, stačila by jen malá síla na jejich vychýlení z vratké (labilní) rovnovážné polohy a ptáci by jen těžko udrželi rovnováhu.



Obr. 4.5.5 Znáznornění kolébavé chůze

Jak již víme, je-li těleso podepřeno pod těžištěm tak, že svislá těžnice prochází bodem opory, ruší se tíhová síla působící na těleso pevností opory. Labutě a jim podobní ptáci mají těžiště umístěno tak, že jim svislá těžnice prochází mezi nohama, tedy tíhová síla je vyrušena dvěma oporami (nohama). V případě, že se takový pták rozhodne rozejít, musí stejně jako každý člověk zvednout jednu nohu a předsunout ji před druhou. Jestliže labuť pouze zvedne nohu a nenakloní se, ztratí tím podpěru a spadne na zem. Labuť je tedy nucena nejprve náklonem předsunout těžiště svého těla, aby svislá těžnice protнула plochu té nohy, kterou se pták dotýká země (obr. 4.5.5). Při dalším kroku se děj opakuje, ale pták se naklání na opačnou stranu. Takto dochází k opakovanému naklánění neboli kolíbání labutí, hus a kachen při chůzi.

Téma těžiště je součástí mechaniky tuhého tělesa a je velmi důležitou látkou pro chápání světa kolem nás. Na tomto jevu lze prezentovat jak těžiště těles, tak rovnovážné polohy těles. Tyto fyzikální kapitoly jsou probírány již v šestém ročníku základní školy. Nicméně je lze vhodně obohatit o spousty demonstračních pokusů vztahujících se hlavně k rovnovážným polohám těles, a tak žáci nemají s pochopením látky větší problémy.

Otázky a úkoly k tématu:

- Představme si hliníkový a železný válec mající stejné rozměry a stojící na vodorovné podložce. Které těleso má větší stabilitu? [22]
- Válec a kužel mají stejné podstavy a stejnou výšku. Obě tělesa jsou stejnorodá. Které z nich má na vodorovné podstavě větší stabilitu, mají-li stejnou hmotnost? [22]
- Jak se změní poloha těžiště těla gymnastky, prohne-li se do tzv. mostu?
- Proč se při chůzi do svahu předkláníme? [13]
- Proč se traktor nepřeklopí do strany ani na velmi šikmém svahu?
- V jaké z rovnovážných poloh se nachází: a) zavěšený lustr u stropu, b) vrutule u letadla, c) sklenička na víno?
- Proč je stojánek na vánoční stromeček poměrně těžký?
- Odhadněte, v kterých místech asi leží těžiště naší školy?

- Vyslovte tři příklady těles, které se nachází v rovnovážné poloze: a) stálé, b) vratké, c) labilní.
- Odhadněte polohu těžiště u sekery, loďky, psa, automobilu s motorem vpředu a stejnorodé klády.

Jiné příklady stejného jevu:

- Chce-li člověk stát na jedné noze, naklání se na stranu té nohy, kterou se dotýká země. Ve chvíli kdy svislá těžnice protíná chodidlo, celkem snadno udrží rovnováhu. Malá rada – stojíme-li na jedné noze, snáze udržíme rovnováhu, díváme-li se přibližně 2 až 3 metry před sebe.
- Provazochodci v cirkusu drží při chůzi po laně v rukách dlouhou tyč. První důvod je kompenzace svých výchylek z rovnovážné polohy. Druhým důvodem je snížení těžiště provazochodce (tyč drží nízko a navíc je prohnutá), čímž se zvyšuje jeho stabilita.
- Aby se jeřáb pod vlivem tíhy břemena nepřevrátil, má protizávaží. Proč se ale nezatížený jeřáb nepřevrátí? Svislá těžnice protizávaží protíná plochu vymezenou opěrnými body jeřábu.
- Člověk nesoucí na zádech těžký batoh se předklání, aby jeho těžiště bylo nad opěrnou plochou nohou. [16]

Příklady jiných jevů v této prezentaci:

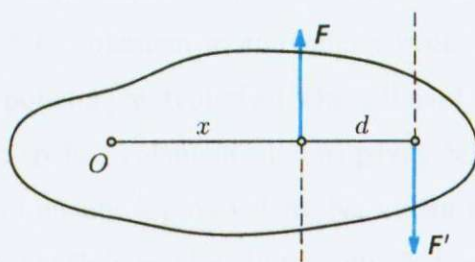
- **Nesmáčivost vody.** Labutě a jiní vodní ptáci mají mastné peří. Voda tak peří nesmáčí a tím pádem mohou snáze plout po hladině.
- **Akce a reakce.** Vodní ptactvo má na nohou mezi prsty blány. Ptáci pohybem nohou působí na vodu silou (akcí). Tato akce vyvolává stejně velkou, opačně orientovanou sílu (reakci), která působí na ptačí blány.
- **Skupenství vody.** Labutě se pohybují po zamrzlé řece. Změna skupenství vody z kapalného na pevné.

4.6 Vzájemné působení sil – dvojice sil

4.6.1 Teoretická část k audiovizuální prezentaci

Zvláštním případem dvou rovnoběžných sil opačného směru je dvojice sil.

Dvojici sil tvoří dvě stejně velké rovnoběžné síly $\vec{F}$, $\vec{F}'$ navzájem opačného směru, které působí ve dvou různých bodech tělesa otáčivého kolem nehybné osy (obr. 4.6.1).



Obr. 4.6.1 Dvojice sil

Tyto síly nelze nahradit jedinou silou, jejich výslednice je nulová. Přesto však má dvojice sil na těleso otáčivý účinek, který vyjadřuje fyzikální veličina **moment dvojice sil D** .

Moment dvojice sil $\vec{D}$ je vektor, který klademe do osy otáčení. Jeho směr určíme pomocí pravidla pravé ruky: Položíme-li pravou ruku na těleso tak, aby prsty ukazovaly směr otáčení tělesa, pak vztyčený palec ukazuje směr momentu $\vec{D}$.

Velikost momentu dvojice sil D určíme jako velikost výsledného momentu obou sil. Podle (obr. 4.6.1) má moment $\vec{M}$ síly $\vec{F}$ vzhledem k ose velikost $M = F \cdot x$ a moment $\vec{M}'$ síly $\vec{F}'$ vzhledem k téže ose velikost $M' = F' \cdot (x + d)$. Momenty $\vec{M}$, $\vec{M}'$, které klademe do osy otáčení, mají navzájem opačný směr (viz pravidlo pravé ruky), takže velikost výsledného momentu je

$$D = M' - M = F' \cdot (x + d) - F \cdot x. \quad (4.6.1)$$

Poněvadž obě síly jsou stejně velké, je $F' = F$ a velikost výsledného momentu $D = F \cdot d$.

Velikost momentu dvojice sil se rovná součinu velikosti jedné síly a kolmé vzdálenosti vektorových přímkou obou sil

$$D = F \cdot d. \quad (4.6.2)$$

Ze vztahu vyplývá, že jednotkou momentu dvojice sil je [N.m]. Kolmá vzdálenost d obou sil se nazývá **rameno dvojice sil**. Ze vztahu (4.6.2) vidíme, že velikost momentu dvojice sil nezávisí na vzdálenosti sil od osy otáčení (vzdálenost x se ve vztahu nevyskytuje), ale jen na vzdálenosti obou sil. [23]

S dvojicí sil se setkáváme např. při utahování šroubů, při otáčení kol pracovních strojů, při otáčení volantem motorového vozidla. Tuhé těleso může být uvedeno do otáčivého pohybu jen dvojicí sil. Otáčí-li např. řidič volantem jen jednou rukou, působí ruka spolu s volantem silou na pevný čep. Reakcí na tuto sílu je stejně velká síla, kterou působí čep na volant. Na volant tedy působí dvojice sil: jednou z dvojice sil působí řidič na obvodu volantu, druhou čep ve středu volantu. [22]

4.6.2 Audiovizuální prezentace č. 6 - praktická část

(viz. příloha č. 6)

Otázka:

Proč dřevěná stejnorodá kláda nikdy nebude plavat ve vodě vertikálně, nýbrž vždy horizontálně?

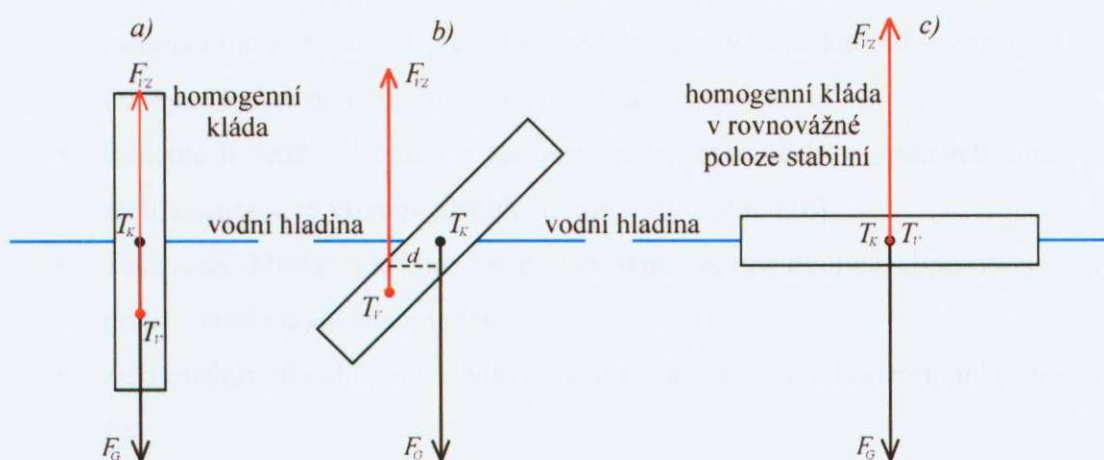
Jednoduché objasnění:

Na kládu působí v jejím těžišti tíhová síla a v těžišti vytlačené tekutiny vztlačková síla. Při minimálním vychýlení ze svislého směru vytvářejí tyto síly dvojici sil, která kládu překlápí do vodorovné polohy, v níž je kláda v rovnovážné poloze stabilní. [16]

Na snímku č. 6 pozorujeme jev celkem jasný a pro většinu žáků naprosto samozřejmý. Žáci si pravděpodobně řeknou: „Co na tom je, to je přeci jasné, když vhodím do vody klacek, bude plavat vodorovně pokaždé.“ Ovšem cílem prezentace není jev jen ukázat a spokojit se s nepřesným vysvětlením, že za to může gravitace, či přesněji tíhová síla nebo od přemýšlivějších žáků slyšet tvrzení, že kládu

otáčí vztlaková síla. Na každém názoru je něco pravdy, ale když už prezentaci použijeme je třeba jev plnohodnotně vysvětlit. Z důvodu náročnosti na znalosti žáka a abstraktnost jevu bych doporučil snímek prezentovat buď při hodinách kroužku fyziky, či na víceletém gymnáziu.

Ponoříme-li stejnorodou (homogenní) kládu do vody tak, aby plavala vertikálně, budeme dle poznatků o volné rovnovážné poloze očekávat, že v této poloze setrvá (obr. 4.6.2 a)). Z audiovizuální prezentace je patrné, že tomu tak není. Není tomu tak ani v případě, když poloha těžiště klády bude v úrovni hladiny vody. Na kládu totiž působí v jejím těžišti tíhová síla a v těžišti vytlačené tekutiny vztlaková síla. Při minimálním vychýlení ze svislého směru vytvářejí tyto síly dvojici sil, která kládu překlápí do vodorovné polohy (obr. 4.6.2 c)). Teprve ve vodorovné poloze se kláda nachází v rovnovážné poloze stabilní (indiferentní). Na základě znalosti vztahu momentu dvojice sil je z velikosti ramene dvojice sil (obr. 4.6.2 b)) patrné, že moment dvojice sil je při malém vychýlení klády z vertikální polohy nepatrný, ale s rostoucím vychýlením klády (ramenem dvojice sil) se zvětšuje i moment dvojice sil. Zvětšování momentu dvojice sil je tedy hlavně způsobeno rostoucí vzdáleností mezi působícími silami - **rameno dvojice sil d** .



Obr. 4.6.2 Ukázka dvojice sil na homogenní kládě

Otázky a úkoly k tématu:

- Vyslovte alespoň jeden příklad využití působení dvojice sil.
- Která z veličin ze vztahu pro moment dvojice sil hlavně ovlivňuje výsledný moment dvojice sil?
- Jaká jiná tělesa se chovají stejným způsobem při ponoření do vody?
- Dvojici sil tvoří: a) dvě rovnoběžné síly souhlasného směru; b) dvě rovnoběžné síly opačného směru a různé velikosti; c) dvě rovnoběžné stejně velké síly opačného směru, jejichž vektorové přímky leží ve vzdálenosti $d \neq 0$.
- Jaký pohybový účinek má dvojice sil na tuhé těleso?
- Moment dvojice sil: a) nezávisí na poloze bodu O, k němuž ho vztahujeme; b) závisí na poloze bodu O, k němuž ho vztahujeme; c) závisí na poloze bodu O, k němuž ho vztahujeme, jen tehdy, je-li vzdálenost bodu O od středu dvojice větší než rameno dvojice. [5]

Jiné příklady stejného jevu:

- Vychýlíme-li na vodě loďku z rovnovážné polohy, vrací se po vymizení vychylující síly do původní polohy. Loďka má takový profil, že s jejím nakloněním se posune i působíště vztlakové síly. Vznikne tak dvojice sil vracející loďku do původní rovnovážné polohy.
- Budeme-li sedět ve člunu a začneme pohybovat vesly v opačných směrech, začneme se vlivem působící dvojice sil otáčet. [16]
- Takzvaná „křídla“ u křídlové matky zvětšují rameno dvojice sil působících prstů – matkou jde lehčeji otáčet.
- Ze stejných důvodů jako kláda, plavou i lidé ve vodě v horizontální poloze.

Příklady jiných jevů v této prezentaci:

- **Zákon lomu.** Pozorujeme-li kládu z části ponořenou do vody ve vertikální poloze, připadá nám zlomená. Paprsky dopadající na vodní hladinu se totiž lomí na rozhraní vody a vzduchu.

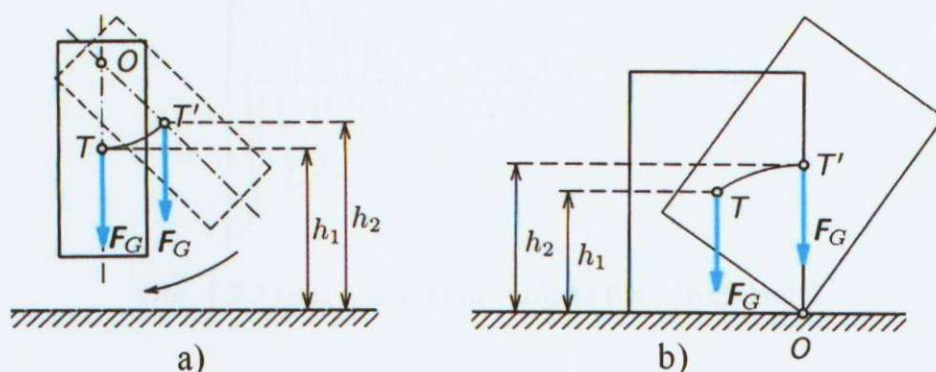
- **Hustota materiálů.** Pozorujeme kládu plovoucí na hladině vody. Kláda má menší hustotu nežli voda, proto plave na hladině.
- **Šíření vln** v kulových vlnoplochách. Hodíme-li do vody těleso jakéhokoli tvaru, vždy se vlny šíří do kruhu.

4.7 Těžiště a práce

4.7.1 Teoretická část k audiovizuální prezentaci

Rovnovážná poloha tělesa zavěšeného je vždy stálá. Těleso podepřené v rohu nebo ve hraně má polohu vratkou. U těles podepřených na ploše má velký význam stabilita tělesa. Těleso podepřené plochou nebo aspoň ve třech bodech, které neleží v téže přímce, má rovnovážnou polohu stálou, prochází-li svislá těžnice podstavou. [7]

Uvažujme kvádr, který stojí na vodorovné podložce. Kvádr je v rovnovážné poloze, svislá těžnice prochází podstavou kvádrů. Otáčíme-li kvádr kolem jedné podstavné hrany, pozorujeme při malých výchylkách, že se kvádr vrací zpět do původní polohy - je ve stálé rovnovážné poloze. Zvětšíme-li výchylku tak, že těžiště kvádrů je nad podstavnou hranou, je kvádr v labilní rovnovážné poloze a při malém zvětšení výchylky se převrhne (obr. 4.7.1 b)). Obdobně i u tělesa zavěšeného tak, že svislá těžnice prochází bodem závěsu (obr. 4.7.1 a)).



Obr. 4.7.1 Změna polohy těžiště

Práce, kterou musíme vykonat, abychom těleso přemístili ze stálé do vratké rovnovážné polohy, určuje stabilitu tělesa. U kvádrů znázorněného na (obr. 4.7.1 b)) se těžiště zvedlo z původní výšky h_1 do výšky h_2 . Je-li m hmotnost kvádrů, je práce

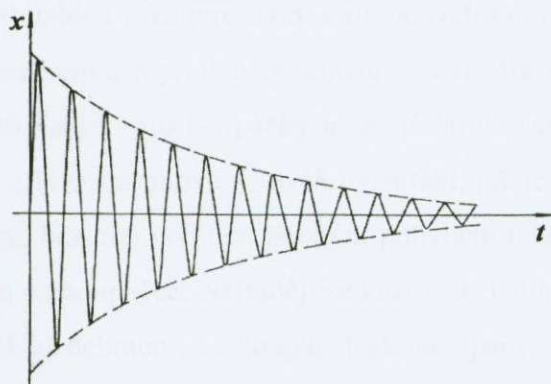
$$W = m \cdot g \cdot (h_1 - h_2). \quad (4.7.1)$$

Hlavní jednotkou práce je joule [$J = N \cdot m$]. Obecně pro stabilitu tělesa platí: stabilita je tím větší, čím větší je tíhová síla, působící na těleso, čím níže je těžiště tělesa a čím větší je vzdálenost svislé těžnice od překlápěcí hrany. [22]

Vzhledem k použitelnosti prezentace i při výuce tématu týkajícího se kmitání, dále uvádíme i část teorie vztahující se k tlumeným kmitům.

Kmity tlumené

U většiny případů kmitavých pohybů, nastává během kmitání periodická přeměna potenciální energie v kinetickou a naopak. Kdyby nebylo jiných přeměn energie, amplitudy kmitů by byly stále stejně velké a soustava by konala tzv. netlumené kmity. Ze zkušenosti však víme, že při všech pohybech je nutné překonávat tření a odpor prostředí; tím se část mechanické energie přeměňuje v teplo a není tedy pro pohyb využita. V tom případě se velikosti po sobě jdoucích amplitud kmitavého pohybu stále zmenšují, soustava koná **tlumené kmity** (obr. 4.7.2).



Obr. 4.7.2 Graf znázorňující průběh tlumených kmitů

Známe soustavy, které konají netlumené kmity, například kyvadlo hodin. U těchto zařízení je samočinně ve vhodných časových okamžicích dodávána z ně-

jakého zdroje energie, ta část energie, jež soustava během periody ztratila. Kyvadlo hodin dostane při každém kmitu z potenciální energie klesajícího závaží nebo rozvíjejícího se pružného pera tolik energie, kolik ji třením přemění v teplo. [7]

Jako příklad soustavy konající tlumený kmitavý pohyb můžeme uvažovat člověka na houpačce konající kmity. V našem případě, odpor vzduchu a tření v závěsu houpačky působí proti pohybu jako síla, kterou nazýváme tlumicí síla nebo krátce tlumení.

4.7.2 Audiovizuální prezentace č. 7 - praktická část

(viz. příloha č. 7)

Otázka:

Jak dosáhneme udržení, či dokonce zvětšení kmitů na houpačce, v níž se sedí či stojí?

Jednoduché objasnění:

Změnou polohy svého těžiště houpačku rozhoupeme. Konáním práce těla, zvyšujeme energii a tím i amplitudu kmitů. Dále zmenšením vzdálenosti těžiště od osy otáčení, docílíme zmenšení momentu setrvačnosti a tím zvětšení úhlové rychlosti [16]

Audiovizuální prezentace č. 7 nazvaná těžiště a práce vyobrazuje fyzikální jev, jenž se na první pohled týká nucených a tlumených kmitů. Samozřejmě i tak je možné snímek prezentovat a při daném tématu využít. Hlavní jev, na který jsme se zaměřili, je zvětšování kmitů houpačky houpajícím člověkem, aniž by na něj působila jiná vnější síla krom tíhové. Člověk by si řekl, jak je možné se rozhoupat jen tak, bez odrážení, bez cizí pomoci, pouhým pohybem těla. Téměř každé malé dítě se rádo houpalo na houpačce. Nejraději se každý nechal houpat někým jiným, ale ne vždy byl někdo ochoten nás houpat. Nakonec jsme se naučili rozhoupat sami už i kvůli poutňovým houpačkám, kde to ani jinak nešlo. Nejprve jsme se vsedě zakláněli a vykopávali nohy před sebe do horizontální polohy a při zpětném kyvu co nejvíc předkláněli a nohy krčili pod sebe. Časem, jakmile jsme získali jis-

totu a ztratili strach z velké výchylky, stoupili jsme si na houpačku a podobnými pohyby získali mnohem rychleji větší výchylku kmitů.

Vlastní kmity houpačky jsou vždy tlumené a udržení amplitudy kmitů, či dokonce zvětšení amplitudy kmitů, dosáhneme na houpačce vsedě, či ve stoje. Houpačku rozhoupeme změnou polohy svého těžiště. Vždy, když jde houpačka v čelném směru, měli bychom se zaklonit a narovnat nohy. Ve chvíli, kdy jde houpačka z horní polohy dolů ve zpětném směru, měli bychom se naopak předklonit a pokrčit nohy. Energie a tím i amplituda kmitů se takto zvyšuje konáním práce těla. Pohybujeme-li se z horní polohy dolů a napřimujeme se při tom, působíme na houpačku směrem dolů větší silou, než kdybychom seděli vzpřímeně. Nohy tedy konají ve směru pohybu houpačky větší práci, houpačka prohází dolní polohou větší rychlostí.

Dalším jevem, který je zde uplatněn, je moment setrvačnosti. Změnou momentu setrvačnosti měníme také již zmíněnou rychlost. Velikost momentu setrvačnosti závisí na hmotnosti tělesa a na jeho vzdálenosti od osy otáčení. V tomto případě, houpající se člověk svou hmotnost změnit nemůže, ale vzdálenost svého těžiště od osy otáčení ovlivnit může. Zmenšením vzdálenosti těžiště od osy otáčení docílíme zmenšení momentu setrvačnosti a tím zvětšení úhlové rychlosti. Což je v našem případě důležitější. Podrobnější vysvětlení viz kapitola – „Zákon zachování momentu hybnosti, úhlová rychlost a moment setrvačnosti.“

Tento snímek respektive fyzikální jev lze použít v hodinách, kdy je probíráno těžiště a práce potřebná ke změně jeho polohy. Téma těžiště je na základní škole probíráno v šestém ročníku. Další použití je možné v devátém ročníku, kdy se žáci učí o kmitech a vlnách.

Otázky a úkoly k tématu:

- Těžnicí nazýváme přímku: a) procházející těžištěm ve směru svislém; b) procházející těžištěm ve směru osy tělesa; c) procházející těžištěm ve směru libovolném.
- Proč jsou periodické pohyby ve většině případů tlumené?
- Na čem závisí stabilita tělesa a velikost práce, kterou musíme vykonat,

abychom těleso přemístili ze stálé do vratké rovnovážné polohy?

- V jaké rovnovážné poloze je houpačka, když se nikdo nehoupe a v jaké rovnovážné poloze je, když se na ní zhoupneme do maximální výchylky?
- Může být gymnasta v rovnovážné poloze vratké na kruzích a na hrazdě?
- Nakreslete polohu atletova těžiště při skoku vysokém.

Jiné příklady stejného jevu:

- Při vstávání ze židle nakláníme trup vpřed a zasouváme nohy pod židli. Předkloněním se posune těžiště dopředu, zasunutím nohou se opěrné body těla naopak posunou dozadu a naše tělo se tak dostane do rovnovážné polohy vratké. Poté můžeme snadno vstát. [16]
- Při skoku vysokém atlet, co možná nejvíce, prohýbá své tělo, aby nemusel konat příliš velkou práci při zvedání svého těžiště.

Příklady jiných jevů v této prezentaci:

- **Odporové síly.** K tlumení kmitavých pohybů dochází vlivem odporu vzduchu a třecí síly mezi závěsy sedačky a konstrukcí celé houpačky.
- **Přeměna energie.** Přeměnou kinetické energie na polohovou nebo-li tíhovou dochází v krajních polohách k úplnému zastavení pohybu. Místům s nulovou rychlostí při kmitavém pohybu říkáme kmitny.

4.8 Moment setrvačné síly

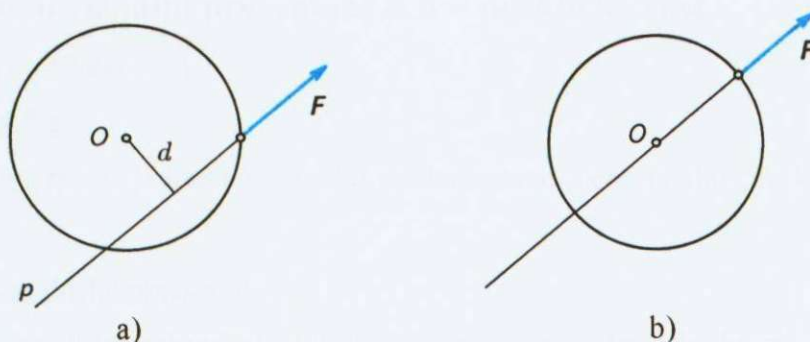
4.8.1 Teoretická část k audiovizuální prezentaci

Moment síly vzhledem k ose otáčení

Má-li se uvést tuhé těleso do otáčivého pohybu, musíme na něj působit silou. Otáčivý účinek síly závisí nejen na velikosti a směru síly, ale také na poloze jeho působiště. Fyzikální veličina vyjadřující otáčivý účinek síly se nazývá **moment síly vzhledem k ose otáčení**. Moment síly $\vec{M}$ je vektorová veličina. Velikost momentu síly M definujeme vztahem

$$M = F \cdot d, \quad (4.8.1)$$

kde F je velikost působící síly a d kolmá vzdálenost vektorové přímky síly p od osy otáčení (obr. 4.8.1 a)). Vzdálenost d se nazývá rameno síly.



Obr. 4.8.1 a) K pojmu moment síly; b) Síla nemá na těleso otáčivý účinek

Při konstantní síle je velikost momentu M tím větší, čím větší je rameno síly d . Je-li $d = 0$, tzn. prochází-li vektorová přímka síly $\vec{F}$ osou otáčení (obr. 4.8.1 b)), je moment síly nulový a síla $\vec{F}$ nemá na těleso otáčivý účinek. Moment síly $\vec{M}$ jako vektor klademe do osy otáčení. Směr momentu síly určíme podle pravidla pravé ruky: Položíme-li pravou ruku na těleso tak, aby prsty ukazovaly směr otáčení tělesa, pak vztyčený palec ukazuje směr momentu $\vec{M}$. Ze vztahu (4.8.1) plyne, že jednotkou momentu síly je newtonmetr [N.m]. [23]

Momentová věta

Působí-li na tuhé těleso otáčivé kolem nehybné osy několik sil $\vec{F}_1, \vec{F}_2, \dots, \vec{F}_n$, jejichž otáčivé účinky jsou $\vec{M}_1, \vec{M}_2, \dots, \vec{M}_n$, je celkový otáčivý účinek těchto sil určen výsledným momentem. Výsledný moment sil současně působících na tuhé těleso se rovná vektorovému součtu momentů jednotlivých sil vzhledem k dané ose otáčení, tedy

$$\vec{M} = \vec{M}_1 + \vec{M}_2 + \dots + \vec{M}_n \quad (4.8.2)$$

Momenty $\vec{M}_1, \vec{M}_2, \dots, \vec{M}_n$ leží v téže ose otáčení, mohou mít však různý směr. Ve zvláštním případě se mohou otáčivé účinky všech sil navzájem rušit. Platí momentová věta: **Otáčivý účinek sil působících na tuhé těleso se navzájem ruší,**

je-li vektorový součet momentů všech sil vzhledem k dané ose nulový. V takovém případě zůstává těleso v klidu nebo v rovnoměrném otáčivém pohybu.

4.8.2 Audiovizuální prezentace č. 8 - praktická část

(viz. příloha č. 8)

Otázka:

Když rychle jedoucí automobil prudce zabrzdí, jeho přední část klesá dolů.

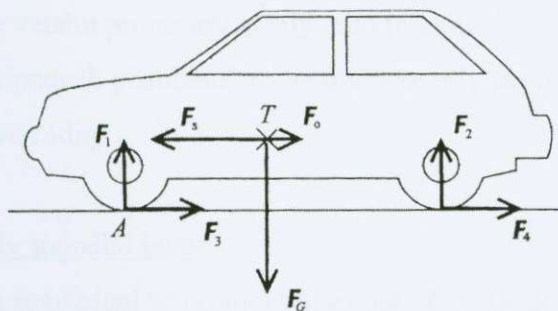
Proč?

Jednoduché objasnění:

Při prudkém zabrzdění se projeví moment setrvačné síly, který přetáčí automobil okolo osy předních kol dopředu. [16]

Jede-li automobil po vozovce určitou rychlostí a začne prudce brzdit, dostane se pravděpodobně do smyku. Nebude-li mít ABS (anti-block-system) pojedí po vozovce ještě několik metrů. Tento jev je způsoben setrvačností automobilu a překonáním třecí síly mezi pneumatikami a vozovkou. Není to ovšem jediný jev, který nastane. Jako vnější pozorovatel si můžeme všimnout, že se celé auto pootočí kolem osy procházející místem dotyku předních kol s vozovkou. Otáčení se projeví snížením přední části automobilu a nadzdvížením zadní části.

V neinerciální vztažné soustavě spojené s automobilem působí na brzdící automobil tíhová síla $\vec{F}_G$, svislé složky reakce podložky $\vec{F}_1$ a $\vec{F}_2$, brzdící síly $\vec{F}_3$ a $\vec{F}_4$ (vodorovné složky reakce podložky), setrvačná síla $\vec{F}_S$ a síla odporu prostředí $\vec{F}_O$ – viz. (obr. 4.8.2).



Obr. 4.8.2 Působící síly na automobil

Vzhledem k ose procházející místy kontaktu předních kol s vozovkou - bod A na (obr. 4.8.2) jsou momenty sil $\vec{F}_3$ a $\vec{F}_4$ nulové, nulový je též výsledný moment sil $\vec{F}_1$, $\vec{F}_2$ a $\vec{F}_G$. Protože velikost odporové síly můžeme vzhledem k ostatním silám zanedbat, projeví se při prudkém zabrzdění výrazně pouze moment setrvačné síly, který přetáčí automobil okolo osy procházející bodem A dopředu. Můžeme tedy předpokládat, že v případě ideálního brzdného systému, který by byl schopen zabrzdit automobil ve chvíli zabrzdění přesně na místě, přetočil by se automobil přes přední část na střechu. Ze vztahu pro moment síly víme, že jeho hodnota roste s působící silou a se vzdáleností vektorové přímky síly od osy otáčení. Za působišť setrvačné síly považujeme těžiště vozidla. Z toho plyne, bude-li vozidlo mít své těžiště výše nad vozovkou, snadněji se přetočí na střechu.

Použití této prezentace je jistě možné na základní škole, ale s výkladem vhodně přizpůsobeným vědomostem žáků. Do osnov základní školy totiž moment síly není zařazen. V celé šíři lze prezentovat tento jev v rámci fyzikálních kroužků či středoškolské fyziky a na gymnáziu.

Otázky a úkoly k tématu:

- Na hmotný bod konající rovnoměrný pohyb po kružnici působí dostředivá síla. Jaký je moment této síly vzhledem k ose jdoucí středem kružnice?
- Jak určíme rameno síly, je-li dáno působišť síly a osa otáčení tělesa?
- Jaké veličiny nám určují velikost momentu síly?
- Uveďte alespoň tři příklady, kde působí moment síly vzhledem k ose otáčení.
- Odvoďte ze vztahu pro moment síly jeho jednotku.
- V jakých případech působení síly je moment síly největší a kdy je nejmenší, respektive žádný.

Jiné příklady stejného jevu:

- Při rychlém rozjíždění se motocyklu zvedá přední kolo. Jedná se o týž jev, pouze setrvačná síla $\vec{F}_S$ a síly $\vec{F}_3$ a $\vec{F}_4$ mají opačný směr. [16]

- Zabrzdíme-li prudce při jízdě na kole, přetočíme se i s kolem přes řídítka.
- Vodní mlýnské kolo je poháněno vodou, která na něj působí silou v největší možné vzdálenosti od osy otáčení.

Příklady jiných jevů v této prezentaci:

- **Odporové síly.** Odporová síla vzduchu – různé tvary automobilů; valivý odpor; třecí síly – jak brzdné (mezi brzdovými destičkami a kotouči), tak mezi pneumatikami a vozovkou.
- **Tlak.** Při rychlém zabrzdění se automobil naklání vpřed a tak se zmenšuje tlak na jeho zadní nápravu. Je-li setrvačná síla působící v zatáčce na zád' vozu větší než třecí síla mezi zadními koly a vozovkou, „ustřelí“ zád' ven ze zatáčky. Přidá-li se však při výjezdu ze zatáčky plyn, tlak na zadní nápravu vzroste, zvětší se třecí síla a automobil snáze vyjede ze zatáčky.

4.9 Zákon zachování momentu hybnosti, úhlová rychlost a moment setrvačnosti

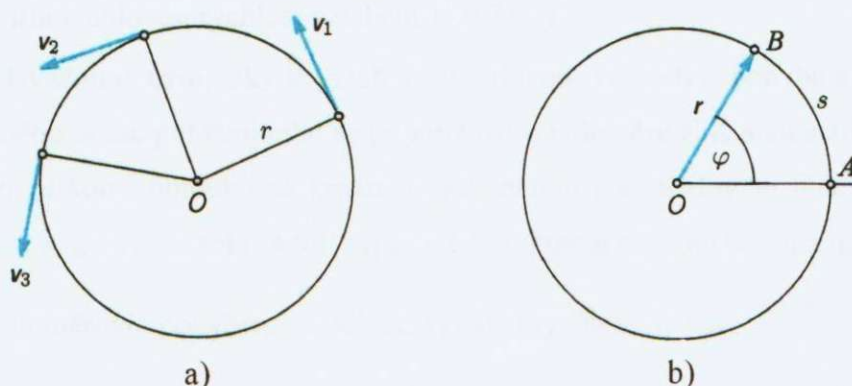
4.9.1 Teoretická část k audiovizuální prezentaci

Rovnoměrný pohyb po kružnici

S pohybem hmotného bodu po kružnici se v praxi setkáváme velmi často. Konají jej body na obvodu kola s pevnou osou, např. body na obvodu brusného kotouče, ventilátoru, setrvačníku. Trajektorie hmotného bodu je kružnice. Nejjednodušší pohyb po kružnici je rovnoměrný pohyb, při němž je velikost rychlosti hmotného bodu konstantní. Směr rychlosti se ovšem neustále mění. V každém okamžiku má rychlost směr tečny ke kružnici, po níž se bod pohybuje (obr. 4.9.1 a)), kde $v_1 = v_2 = v_3$.

Spojnice středu kružnice a pohybujícího se hmotného bodu se nazývá průvodič hmotného bodu. Délka průvodiče je rovna poloměru kružnice r . Pro popis pohybu po kružnici je výhodné použít úhel φ , který svírá průvodič v daném okamžiku se zvoleným základním směrem. Za dobu t se hmotný bod přemístí rovnoměrným pohybem ze základní polohy A do polohy B a urazí dráhu s rovnou délce

kruhového oblouku AB. Za tutéž dobu opíše průvodič hmotného bodu úhel ϕ (obr. 4.9.1 b)). Tento úhel ϕ je **úhlová dráha hmotného bodu**. Ve fyzice měříme úhlovou dráhu v radiánech (rad); připomeňme, že $180^\circ = \pi$ rad. Při výpočtech však dosazujeme jen číselnou hodnotu, protože úhlová dráha ϕ je fyzikální veličina s rozměrem 1. Tedy např. $\phi = 0, 1$.



Obr. 4.9.1 a) Rovnoměrný pohyb hmotného bodu po kružnici; b) Úhlová dráha

Podíl úhlové dráhy ϕ , kterou opíše průvodič za dobu t , a této doby, je **úhlová rychlost** ω . Pro rovnoměrný pohyb po kružnici platí

$$\omega = \frac{\phi}{t} . \quad (4.9.1)$$

Jednotkou úhlové rychlosti je radián za sekundu $[\text{rad} \cdot \text{s}^{-1}]$. Při výpočtech však dosazujeme číselnou hodnotu a jednotku $[\text{s}^{-1}]$.

Rovnoměrný pohyb po kružnici je pohyb periodický. Průvodič hmotného bodu opíše plný úhel $\phi = 2\pi$ vždy za tutéž dobu T . Doba T se nazývá **oběžná doba** nebo **perioda pohybu**. Dosadíme-li do vztahu pro definici úhlové rychlosti úhlovou dráhu $\phi = 2\pi$, čas $t = T$, můžeme úhlovou rychlost vyjádřit vztahem

$$\omega = \frac{2\pi}{T} . \quad (4.9.2)$$

Počet oběhů hmotného bodu za jednotku času je frekvence f pohybu.

Čím menší je oběžná doba, tím větší je počet oběhů hmotného bodu za jednotku času. Mezi frekvencí f a periodou T pohybu platí vztah

$$f = \frac{1}{T} . \quad (4.9.3)$$

Jednotkou frekvence je $[s^{-1}]$. Tato jednotka se nazývá hertz [Hz]. Pomocí frekvence vyjádříme úhlovou rychlost vztahem $\omega = 2\pi \cdot f$.

Uvažujme nyní, jaký je vztah mezi úhlovou rychlostí ω pohybu a rychlostí v hmotného bodu, pohybujícího se po kružnici o poloměru r . Z matematiky víme, že mezi délkou s oblouku na kružnici, poloměrem r a středovým úhlem φ platí vztah $s = r \cdot \varphi$. Podle (obr. 4.9.1 b)) je s dráha, kterou hmotný bod urazil po kružnici rovnoměrným pohybem za dobu t , velikost rychlosti je tedy $v = \frac{s}{t} = r \cdot \frac{\varphi}{t}$. Podíl úhlové dráhy a času je úhlová rychlost. Velikost rychlosti hmotného bodu je tedy

$$v = r \cdot \omega . \quad [22] \quad (4.9.4)$$

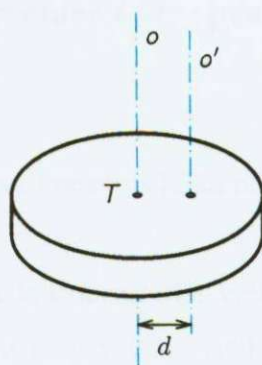
Moment setrvačnosti tělesa vzhledem k ose otáčení

Moment setrvačnosti je skalární fyzikální veličina, která vyjadřuje rozložení látky v tělese vzhledem k ose otáčení. Je definován vztahem

$$J = m_1 \cdot r_1^2 + m_2 \cdot r_2^2 + \dots + m_n \cdot r_n^2 , \quad (4.9.5)$$

kde $m_1, m_2, \dots, m_n$ jsou hmotnosti jednotlivých bodů, z nichž se těleso skládá a $r_1, r_2, \dots, r_n$ vzdálenosti bodů od osy otáčení. Jednotkou momentu setrvačnosti je $[kg \cdot m^2]$.

Velký moment setrvačnosti a tím také velkou kinetickou energii mají rotující tělesa, jejichž látka je rozdělena symetricky kolem osy otáčení a přitom co nejdále od osy. Tato tělesa nazýváme **setrvačníky**. Osa roztočeného setrvačníku zachovává v prostoru stálý směr, proto se setrvačníky používají ke stabilizaci např. lodí, kompasů, zatačkoměrů v letadlech apod. U pístových motorů slouží setrvačníky k překonávání krajních poloh pístu.



Obr. 4.9.2 Steinerova věta

Označíme-li J_0 moment setrvačnosti tělesa vzhledem k ose o procházející těžištěm, pak moment setrvačnosti J vzhledem k rovnoběžné ose d , ležící ve vzdálenosti d od osy o , určíme podle vztahu, který se nazývá **Steinerova věta**

$$J = J_0 + m \cdot d^2, \quad (4.9.6)$$

kde m je hmotnost tělesa (obr. 4.9.2). Moment setrvačnosti J vzhledem k ose o' je vždy větší než moment setrvačnosti J_0 vzhledem k ose o procházející těžištěm. Výpočet momentu setrvačnosti různých těles je matematicky poměrně náročný. Nejjednodušší jsou vztahy pro výpočet momentu setrvačnosti tenké obruče $J_0 = m \cdot R^2$ a stejnorodého válce $J_0 = \frac{1}{2} m \cdot R^2$ o hmotnosti m a poloměru R vzhledem k ose procházející těžištěm. [23]

Zákon zachování momentu hybnosti

Jestliže na soustavu hmotných bodů nepůsobí vnější síly (uzavřená soustava) nebo je-li výslednice otáčivých momentů vnějších sil rovna nule, pak moment hybnosti (točivost) soustavy zůstává stálý, tj. zachovává si nejen velikost, ale i orientaci. Jedná se o analogii zákona zachování hybnosti při posuvném pohybu hmotného bodu, resp. tělesa.

Pokud se při rotaci okolo pevné osy nemění moment setrvačnosti J , otáčí se těleso stálou rychlostí. Zmenšíme-li moment setrvačnosti z počáteční hodnoty J_1 na $J_2 < J_1$, budou příslušné úhlové rychlosti ω_1 a ω_2 podle vztahu

$$J_1 \cdot \omega_1 = J_2 \cdot \omega_2, \quad (4.9.7)$$

nepřímo úměrné příslušným momentům setrvačnosti, tedy $\omega_1 < \omega_2$. [7]

4.9.2 Audiovizuální prezentace č. 9 - praktická část

(viz. příloha č. 9)

Otázka:

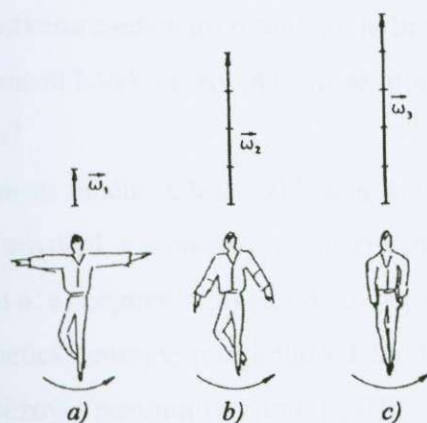
Jakým způsobem využívá krasobruslařka při piruetě fyzikální zákony?

Jednoduché objasnění:

Na začátku piruety má krasobruslařka velký moment setrvačnosti, proto počáteční rychlost jejího točení není velká. Přitáhne-li končetiny k tělu moment setrvačnosti se zmenší a tím se zvětší její úhlová rychlost. [25]

Sledování krasobruslařského vystoupení je esteticky velmi pěkné a působivé. Když se ale podíváme z jiného úhlu, zjistíme, že krasojízda je plná úžasných skoků, rychlých piruet i ladných pohybů. Dá se říci, že se jedná o sled fyzikálních jevů týkajících se převážně zákonů dynamiky.

V audiovizuální prezentaci č. 9 jsme se zaměřili na jev zvaný moment setrvačnosti, jenž je nejpatrnější ve chvíli, kdy bruslařka koná piruetu. Žák by si měl všimnout, že na začátku piruety se krasobruslařka otáčí poměrně pomalu a předvádí polohy, ve kterých má většinou jednu nohu a obě ruce co nejdále od osy svého točení např. polohy podobné tzv. holubičce. Začne-li končetiny přitahovat k tělu – ose otáčení, narůstá tím její úhlová rychlost, aniž by si jakkoliv pomohla. Docílí tak velmi efektní a působivé kreace.



Obr. 4.9.3 Úhlová rychlost krasobruslaře při piruetě

Přesněji řečeno, na začátku piruety se krasobruslař staví na špičky a odráží se druhou nohou od ledové plochy, čímž získává určitou úhlovou rychlost. V tomtéž čase má polohu zobrazenou na (obr. 4.9.3 a)). V této poloze má poměrně velký moment setrvačnosti, proto počáteční úhlová rychlost jeho točení není velká. Za pár okamžiků krasobruslař přitáhne ruce k tělu (obr. 4.9.3 b), c)). Jeho úhlová rychlost se zvětší tolikrát, kolikrát se zmenší moment setrvačnosti. Chce-li zpomalit nebo přerušit otáčivý pohyb, opět zvedne ruce a úhlová rychlost se zmenší.

Tento jev krasobruslařky a krasobruslaři, ale i baletky využívají nejen při piruetách, ale i při skocích. Při skoku se snaží, o co největší počet otoček na které mají velmi málo času. Čím rychleji se budou otáčet, tím více otoček předvedou. Z výše uvedeného textu je tedy patrné, že při skoku přitáhnou všechny končetiny co nejtěsněji ke svému tělu a tím získají potřebnou rychlost.

Využít tohoto snímku na základní škole lze při probírání látky týkající se rovnoměrného pohybu po kružnici, ale také na závěr tématického celku z mechaniky, pohyby a vzájemné působení těles, jako obohacující látku. Moment setrvačnosti a zákon zachování momentu hybnosti totiž nespádají do osnov fyziky pro základní školy.

Otázky a úkoly k tématu:

- Jaká je podstata zákona zachování momentu hybnosti (točivosti)?
- S rostoucí vzdáleností bodů od osy otáčení se moment setrvačnosti zvětšuje nebo zmenšuje?
- Moment setrvačnosti tuhého tělesa vzhledem k ose otáčení o procházející těžištěm je ve srovnání s momenty setrvačnosti vzhledem k rovnoběžným osám s osou o : a) nejmenší; b) stejný; c) největší [5]
- Jak se změní kinetická energie rotujícího tuhého tělesa změnou polohy rotační osy rovnoběžným posunutím mimo těžiště?
- Jak se změní úhlová rychlost rotující homogenní tyče, posuneme-li polohu rotační osy z konce tyče do místa těžiště?

Jiné příklady stejného jevu:

- Gymnasté při saltech využívají stejného jevu. Při rotaci v prostoru přitáhnou kolena k bradě do tzv. „klubíčka“. Tím získají větší úhlovou rychlost a dokáží se i za velmi krátkou dobu otočit vícekrát.
- Sedící člověk na otáčivé stoličce, držící v rukou závaží, docílí stejného jevu jako krasobruslař na ledě. Roztáhne-li ruce od sebe, bude mít velký moment setrvačnosti a malou úhlovou rychlost, tím pádem i malou frekvenci. Opačně tomu bude v případě, přitáhne-li ruce k sobě.
- Chceme-li změnit úhlové rychlosti různých kol, hřídelí či osiček, použijeme ozubená kola různých poloměrů. Např. hodinový strojek, převody na bicyklech a v automobilech atp.
- Stejný jev můžeme pozorovat u vírů na vodní hladině nebo u větrných vírů a tornád. Středu těchto vírů mají velkou úhlovou rychlost a na okrajích malou.
- Na hrnčířském kruhu snáze vytočíme úzký hrnek, než-li širokou mísu. Hrnek se nám pod rukama otočí mnohokrát, kdežto mísa jen párkrát a těžko u ní docílíme souměrnosti.

Příklady jiných jevů v této prezentaci:

- **Zákon zachování energie.** Krasobruslař při piruetě nemění jen svou úhlovou rychlost a moment setrvačnosti, ale i s rostoucí úhlovou rychlostí zvětšuje svou kinetickou energii. Krasobruslař představuje tzv. inerciální (izolovanou) soustavu. Krasobruslař při připažování vykonává práci proti odstředivým silám působícím na jeho ruce. Vykonaná práce se rovná přírůstku jeho kinetické energie. Platí tedy zákon zachování energie, protože zvětšení kinetické energie probíhá na úkor vnitřní energie krasobruslaře.
[3]
- **Tlak.** Snadný pohyb bruslí je způsoben velkým tlakem malých ploch nožů na led. Led pod velkým tlakem mění skupenství na vodu a mezi noži a ledem vzniká tenká vrstva vody s minimálním třecím odporem.

5. Mechanika kapalin a plynů

5.1 Proudění vzduchu

5.1.1 Teoretická část k audiovizuální prezentaci

Obtékání těles reálnou tekutinou

Obtékání těles je poměrně složitý jev, který vzniká při relativním pohybu pevných těles a tekutin, přičemž dochází k přemísťování mnoha částic tekutiny vzhledem k povrchu tělesa. U reálných kapalin a reálných plynů vznikají v důsledku vnitřního tření odporové síly působící proti směru relativního pohybu tělesa v tekutině. U kapalin mluvíme o **hydrodynamické odporové síle**, u plynů o **aerodynamické odporové síle**. Fyzikální jev vzniku odporových sil nazýváme **odpor prostředí**.



Obr. 5.1.1 a) Laminární proudění; b) Turbulentní proudění

Uvažujme obtékání tělesa tvaru koule. Při menších rychlostech tělesa vzhledem k tekutině je proudění kolem tělesa **laminární** (obr. 5.1.1 a)). Odporová síla $\vec{F}$ je poměrně malá a její velikost je přímo úměrná relativní rychlosti $\vec{v}$. Při větších rychlostech tělesa vzhledem k tekutině vzniká proudění **turbulentní**, za tělesem se tvoří víry (obr. 5.1.1 b)), které způsobují značné zvětšení odporové síly $\vec{F}$. Měřením bylo zjištěno, že velikost odporové síly se zvětšuje s druhou mocninou relativní rychlosti. Pro velikost aerodynamické odporové síly působící na tělesa libovolného tvaru, Newton odvodil vztah

$$F = \frac{1}{2} \cdot C \cdot \rho \cdot S \cdot v^2, \quad (5.1.1)$$

kde C je součinitel odporu, ρ hustota vzduchu, S obsah průřezu tělesa kolmého ke směru pohybu a v velikost relativní rychlosti. Součinitel odporu C závisí na tvaru tělesa. Největší hodnotu součinitele $C = 1,33$ má dutá polokoule, jejíž dutina je obrácena proti směru proudění. Naopak nejmenší hodnotu součinitele $C = 0,03$ má těleso aerodynamického tvaru kapky. Přibližně aerodynamický tvar mají těla ryb a letících ptáků, karosérie moderních automobilů a trupy letadel a jejich křidel. [23]

Vznik vírů

Při otáčivém pohybu tekutin vznikají tzv. víry, které lze pozorovat např. nad výtokovým otvorem vany nebo jako kouřové kroužky ve vzduchu. Pozorujeme-li vířivý pohyb na uvedeném příkladě vytékající vody, můžeme zavést pojem, který nazýváme vírové čáry. Vírové čáry jsou křivky opsané pohybujícími se částicemi. Vířící částice opisují v nejjednodušším případě dráhy kruhové a to tak, že úhlová rychlost ω je stálá a částice vzdálenější od střední vírové čáry mají postupnou rychlost větší. Tento pohyb nazýváme vířivý. Osa, kolem níž částice krouží, se nazývá osa víru a může mít libovolný tvar. Otáčivý pohyb tekutiny, při němž jsou proudnice uzavřené křivky, nazýváme **vírem**.

Vířivé kroužky se otáčejí kolem vírové osy ve tvaru kružnice. Všechny částice jádra vírového kroužku mají stejnou úhlovou rychlost ω . Pohybuje-li se vír v kapalině, nemísí se jeho částice s ostatními částicemi kapaliny. Osa víru nemůže v kapalině volně končit. Končí vždy na stěně nádoby nebo se snaží vytvořit uzavřenou křivku. Je-li poloměr kroužících částic vzhledem k rozměru osy malý, nazýváme takový útvar **vírové vlákno**. Osa vlákna často postupuje a přitom strhuje kroužící částice prostředí, jako by celek byl pevný. Mění-li se průměr S vírového vlákna během času, mění se současně i jeho úhlová rychlost ω tak, že součin obou veličin $S \cdot \omega$ je stálý. Krouživý pohyb vírů způsobuje pohyb okolních částic prostředí. Částice prostředí se pohybují rychlostí, jež je tím menší, čím více se vzdalují od vírového vlákna.

Při proudění skutečných kapalin vznikají vlivem vnitřního tření víry. Tvoření vírů můžeme pozorovat také na vrstvě, která odděluje dvě proudění různých rychlostí, např. při soutoku ramen nějaké řeky nebo při vlévání proudu kapaliny do kapaliny klidné. Podél rozhraní se částice kapaliny uvádějí do rotačního pohybu.

bu. Víry vznikají také za pevnými tělesy, která jsou buď v proudící tekutině v klidu, nebo se v ní pohybují. To je možné pozorovat např. u pilířů mostu nebo u lžíce, kterou pohybujeme v kapalině. Vhodně lze demonstrovat vznik vírů, pohybujeme-li deskou ve vodě posypané hliníkovým práškem.

Vznik vírů v okolí pevných těles lze vysvětlit pomocí představy o **mezní vrstvě**. Toto vysvětlení je jedním z nejdůležitějších úspěchů novější hydrodynamiky. Základní myšlenka spočívá v tom, že u prakticky nejdůležitějších tekutin s malou viskozitou, jako je voda nebo vzduch, je třeba přihlížet k vnitřnímu tření jen v bezprostřední blízkosti stěn z pevných látek, v mezní (hraniční) vrstvě. Mezní vrstvou nazýváme vrstvu jisté tloušťky, v níž je rychlost proudící tekutiny podél pevného tělesa (stěny) vzhledem ke stěně nulová. Mezní hranici této vrstvy tvoří nejbližší proud tekutiny s rychlostí již od stěny neovlivněnou. [7]

5.1.2 Audiovizuální prezentace č. 10 - praktická část

(viz. příloha č. 10)

Otázka:

Proč se vlajka ve větru vlní?

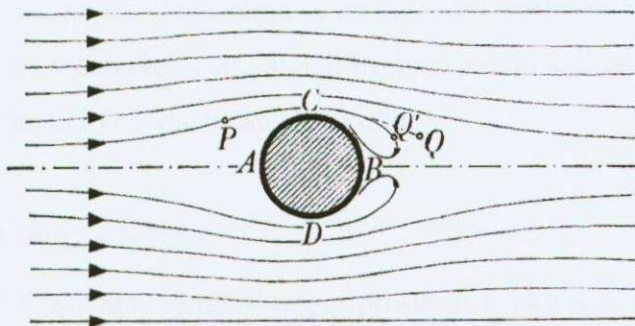
Jednoduché objasnění:

Za stožárem vlajky vznikají střídavě po obou stranách periodicky oddělující se víry, jejichž posun podél vlajky vyvolává její vlnění. [16]

Prezentace, ve které sledujeme vlnící se vlajky ve větru, se vztahuje k tématu proudění tekutin respektive plynů. Vidíme-li vyvěšenou vlajku na stožáru či stěžni lodě, většinou si všimneme toho, co vlajka vyobrazuje a přemýšlíme, zda nás má před něčím varovat, má nám poradit, informovat nebo snad zastrašit? Samozřejmě je správné takto na vlajky nahlížet, ale je možné vidět i něco víc? Zapálený fyzik si mimo výše zmíněných myšlenek položí otázku: „Proč se vlastně vlajky ve větru vlní?“. Audiovizuální prezentace č. 10 se snaží na tuto otázku nejen upozornit, ale i správně odpovědět.

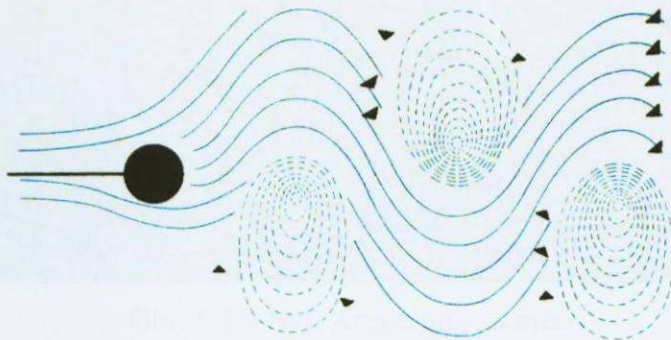
Pomocí teorie mezních vrstev si přesně vysvětlíme vznik vírů kolem válce umístěného do laminárního proudění (obr. 5.1.2). Jakmile začne tekutina proudit,

vznikne za krátko souměrné rozdělení rychlosti a tlaku. V místech bodů P a Q ležících v blízkosti bodů zastavení A a B se rychlost prakticky rovná nule a tlak je poměrně veliký. V místech C a D je zase rychlost velká a tlak malý. Kdyby nebylo tření, částice konající zrychlený pohyb od místa P směrem k místu C s nízkým tlakem by měla prostřednictvím práce vykonané silami tlaku v místě C takovou energii, která by ji umožnila dostat se proti vzrůstajícímu tlaku až k bodu Q.



Obr. 5.1.2 Vznik vírů v mezní vrstvě kolem válce

Ve skutečnosti se však částice pohybuje v tenké mezní vrstvě kolem válce a vlivem vnitřního tření, které ruší její pohyb, se nedostane do místa Q, zastaví se již v místě Q'. Následně se začne pohybovat ve směru klesajícího tlaku zpátky k bodu C a zároveň se roztočí vlivem různě velkého tření na vnější a vnitřní straně. Tímto způsobem se za válcem vytváří dva víry opačného směru otáčení. Tyto víry rostou až do jisté meze, poté se odtrhnou od tělesa (od mezní vrstvy) a postupují s prouděním. V okolí tělesa se tvoří obdobným způsobem nové víry, které se opět oddělí a jev se stále opakuje.



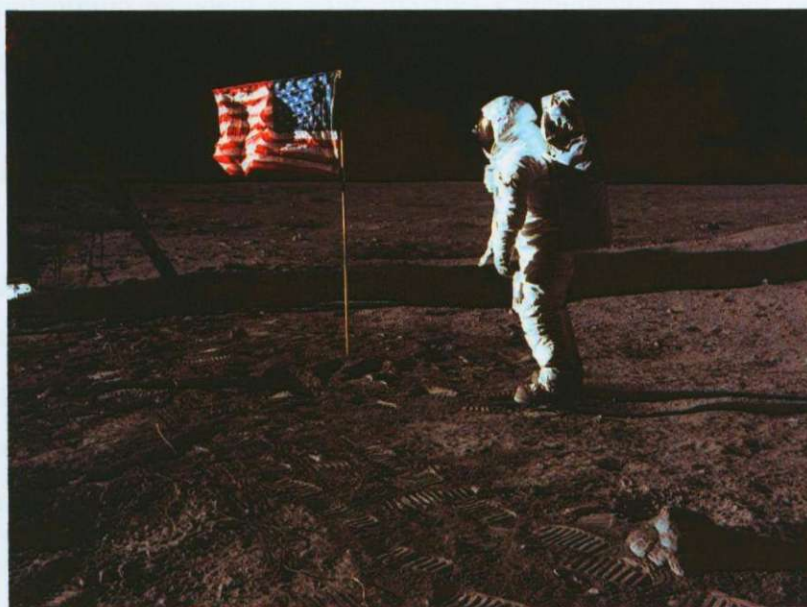
Obr. 5.1.3 Vírová cesta

Popsané oddělování vírů se děje střídavě. V našem případě se napřed oddělí horní, poté dolní vir; dále z dalších dvou vírů opět horní atp. Virová cesta pozorovatelná za tělesem (vlajkou) se skládá z oddělených vírů, seřazených za sebou, jak je zřejmé z (obr. 5.1.3). Víry neleží souměrně ke střední ose proudění, nýbrž leží střídavě po obou stranách osy.

Použití prezentace č. 10, jež vyobrazuje jev obtékání tělesa proudem vzduchu, je nejvhodnější jako obohacující učivo k tématickému celku - mechanické vlastnosti kapalin a plynů. Toto téma je na základní škole probíráno v sedmém ročníku. Ovšem na víceletých gymnáziích bychom mohli snímek použít v základním učivu o mechanických vlastnostech tekutin.

Otázky a úkoly k tématu:

- Jaký tvar tělesa má nejmenší odpor prostředí a jaký tvar má největší odpor prostředí?
- Nakreslete průběh laminárního a turbulentního proudění.
- Je možné, aby vlajka vlála i ve vzduchoprázdnu, např. na Měsíci (obr. 5.1.4)?



Obr. 5.1.4 Neil Armstrong na měsíci

- Co se děje v mezní vrstvě?
- V jakých průmyslových oblastech a jakým způsobem se využívá zkoumání proudění tekutin či odporu prostředí?
- Uved' alespoň pět příkladů vírů.
- Může rychlost proudění tekutiny změnit proudění z laminárního na turbulentní či naopak?

Jiné příklady stejného jevu:

- Periodicky se oddělujícími, vzduchovými víry od drátů elektrického vedení, je způsobeno, že dráty bzučí. Také svist při rychlém švihnutí prutem je způsoben popsáním jevem. [7]
- Za automobilem se zvedá prach, protože za ním vznikají víry.
- Ledové kry plující po řece rotují z důvodu větší rychlosti proudu vody uprostřed řeky než-li u krajů.
- Aby nevznikaly na silnicích sněhové závěje, stavějí se na jejich návětrné straně zábrany. Na jejich závětrné straně vznikají vzdušné víry, ve kterých klesá tlak a sníh je tedy nasáván do míst s nižším tlakem a postupně se usazuje.
- Turbulentního proudění se např. využívá v chladiřích, neboť při turbulentním proudění přicházejí do styku s chladnými stěnami všechny částice kapaliny. Jinak by byl přenos "chlada" pomalý, protože kapaliny jsou špatnými vodiči tepla, a proto také proudění krve v cévách je turbulentní.

Příklady jiných jevů v této prezentaci:

- **Zákon lomu.** Část dopadajících paprsků na okenní tabule skla se odráží a my pozorujeme v oknech obrazy odražených okolních stromů.
- **Proudění vzduchu – vítr.** Vlajky by se nevlály nebýt proudění vzduchu. Proudění vzduchu říkáme vítr. Vítr vzniká na základě změny teploty a tím i tlaku vzduchu.
- **Tíhová síla.** Až ve chvíli, kdy překoná síla větru sílu tíhovou působící na plátno vlajek, plátno se rozvine a začne vlát.

6. Změny skupenství

6.1 Vypařování

6.1.1 Teoretická část k audiovizuální prezentaci

Vypařování známe všichni z každodenní praxe. Ponecháme-li slabou vrstvu vody na táčku, za nějakou dobu se voda vypaří a tácek zůstane suchý. Vypařováním nazýváme přechod látky ze skupenství kapalného do skupenství plynného. K tomuto přechodu dochází při **libovolné teplotě kapaliny**, a to z jejího **volného povrchu**. Soubor molekul vyletujících z kapaliny při vypařování nazýváme **pára kapaliny**. [23]

Nejprve si rozebereme vypařování z hlediska vnitřní energie a tepelné výměny. Na dlaň si kápneme několik kapek éteru. Na dlani pocítujeme prudké ochlazení a po chvílce se éter vypaří do okolí. Je to způsobeno, že částice kapaliny vykonávají neustálý neuspořádaný pohyb, jehož rychlost se neustále mění. Některé částice dosáhnou v určitém okamžiku takové polohy a rychlosti, že překonají přitažlivé síly ostatních částic a opouštějí volný povrch kapaliny. Při vypařování opouštějí kapalinu nejrychlejší molekuly, zmenšuje se střední kinetická energie připadající na molekulu kapaliny, což má za následek **pokles teploty vypařující se kapaliny**, proto **přijímá teplo ze svého okolí**.

Co tedy ovlivňuje proces vypařování:

- **Druh kapaliny.** Kápneme-li na malou misku několik kapek éteru a na stejnou druhou misku stejné množství vody. Z pozorování zjistíme, že různé látky se vypařují za stejných podmínek různě. Je to způsobeno různými rychlostmi částic a různými velikostmi přitažlivých sil mezi částicemi různých látek.

- **Větší povrch kapaliny.** Rozlijeme-li litr vody na podlahu a pomocí stěrky ji roztáhneme na co největší plochu a vedle této rozlité vody postavíme litr vody nalitý v nádobě, zjistíme, že voda rozlitá na velké ploše, se během krátké doby vypaří, na rozdíl od vody v nádobě, jejíž množství se za stejnou dobu téměř nezmění. Můžeme říci, že čím je větší povrch kapaliny, tím rychleji dochází k jejímu vypařování.

- **Odvod vzniklých par nad kapalinou.** Rychlost vypařování rovněž ovlivňuje okolí kapaliny. Přivedeme-li na mokré papír proud chladného vzduchu,

proces vypařování se u papíru urychlí odvodem vzniklých par nad kapalinou. Odváděním vzniklých par se snižuje jejich koncentrace v okolí kapaliny, a tak mohou další částice kapaliny snáze vyletovat z jejího povrchu.

▪ **Zahřátí kapaliny.** Nalijeme-li do dvou misek stejný objem kapaliny a jednu z nich zahřejeme nad kahanem, bude se kapalina z této misky vypařovat rychleji. Částice zahřáté kapaliny mají větší vnitřní energii, tj. jejich neuspořádaný pohyb je rychlejší a snadněji opouštějí volný povrch kapaliny než u kapaliny chladné. [11]

Chceme-li kapalinu dané hmotnosti m přeměnit na páru téže teploty, musí kapalina přijmout skupenské teplo vypařování L_v . Veličina l_v definována vztahem

$$l_v = \frac{L_v}{m} \quad (6.1.1)$$

je **měrné skupenské teplo vypařování** s hlavní jednotkou je $[\text{J.kg}^{-1}]$. Často používáme násobnou jednotku MJ.kg^{-1} . Z měření vyplývá, že l_v s rostoucí teplotou klesá. Např. pro vodu teploty 0°C má tato veličina hodnotu $l_v = 2,51 \text{ MJ.kg}^{-1}$; má-li voda teplotu 100°C , je $l_v = 2,26 \text{ MJ.kg}^{-1}$ (při tlaku $0,1 \text{ MPa}$). [23]

Páry vzniklé vypařováním benzínu nebo jiných hořlavých látek (éter, sirouhlík, ředidla apod.) mohou při určité koncentraci se vzduchem vytvořit výbušnou směs. Malá jiskra stačí ke vzniku výbuchu a následného požáru. Proto při práci s těmito látkami musíme neustále větrat, aby nedocházelo k zvyšování jejich koncentrace na nebezpečnou míru. Provozy, ve kterých vzniká velká koncentrace hořlavých látek ve vzduchu, např. benzinová čerpadla, musí být opatřeny odsávacím zařízením, které nebezpečné páry odvádí zpět do nádrže. V těchto prostorech je zakázáno kouřit a jakkoliv manipulovat s otevřeným ohněm.

6.1.2 Audiovizuální prezentace č. 11 - praktická část

(viz. příloha č. 11)

Otázka:

Proč kapka vody na rozžhavené ploténce skáče a pomalu se vypařuje?

Jednoduché objasnění:

Pod kapkou se vytvoří vrstvička páry, která ji nadzvedává a současně tepelně izoluje od zahřáté plochy vařiče. [16]

Když jsme byli malí, tak nás naši rodiče napomínali: „Nesahejte na ta kamna nebo se spálíte! Nejedna z nás si sáhnul a spálil se. V pozdějším věku, kdy už jsme věděli, že kamna pálí, tak nás nelákala z důvodu neznámého předmětu, ale protože jsme na ně cákali vodu a pozorovali jsme, jak kapky vody na ploténce kamen poskakují a tancují, dokud z kamen neodskočí nebo se nevypaří.

Tenkrát nás ani nenapadlo, čím to může být, že se takové malé množství kapaliny ihned nevypaří, i když je ploténka rozžhavená téměř do červena. Dnes nám naopak tento jev připadá jasný a jednoduchý. Proto jsme i tento jev natočili a zpracovali jako audiovizuální prezentaci č. 11. Přejeme si jev představit a objasnit již žákům na základní škole. Doufáme totiž, že tak jako ve nás, i v žácích vybudí zvědavost a chuť objevovat a objasňovat další známé i neznámé jevy.

Jev, při kterém dochází k vypařování kapaliny, jsme demonstrovali pomocí vysoce zahřáté ploténky na plynovém vařiči, ale i ploténky zahříváné pomocí topné elektrické spirály. Nejprve jsme rozpálili ploténku na velmi vysokou teplotu a poté na ní kapali vodu mokrou rukou. Ze záznamu je velmi patrné chování dopadajících vodních kapek na rozžhavenou ploténku. Kapky po ploténce neuspořádaně poskakují a tancují, dokud se nevypaří či neodskočí mimo ploténku.

Tento jev lze poměrně jednoduše objasnit. Dopadající kapka ve chvíli střetu s ploténkou získá od ploténky tepelnou výměnou určitou energii, díky níž opouštějí částice kapalinu a přecházejí do skupenství plynného. Kolem kapky se vytvoří tenká vrstvička vodní páry, která ji nadzvedává a tepelně izoluje od další tepelné výměny s ploténkou. Kapička takto vydrží poskakovat až několik vteřin. Jakmile není ploténka dostatečně zahřátá, neuvolní se najednou dostatečné množství částic tvořících vrstvičku páry a kapka se rozlije po ploténce do tenké vrstvy, která se snadno díky velké výparné ploše odpaří.

Snímek je nejvhodnější prezentovat na základní škole v deváté třídě ve chvíli, kdy se žáci učí o změnách skupenství. Cílem prezentace je opět motivovat žáky k samostatnému zamyšlení nad fyzikálními jevy.

Otázky a úkoly k tématu:

- Co je to vypařování?
- Jak se mění vnitřní energie kapaliny při vypařování?
- Při jaké teplotě se začíná vypařovat voda?
- Co ovlivňuje vypařování?
- Jak se mění teplota kapaliny při vypařování?
- Jaký význam má pocení v letním horkém počasí?
- Proč psy vyplazují jazyk, když je jim horko?
- Uschne nám mokré prádlo dříve za slunného dne, na větru nebo za úplného bezvětří?
- Co je vodní pára a jaké má vlastnosti?
- Vyhledejte skupenské teploty vypařování v tabulkách pro různé kapaliny při různých tlacích.

Jiné příklady stejného jevu:

- V exotických zemích domorodí obyvatelé při rituálních obřadech chodí bosí po rozžhavených uhlících. Díky výše popsanému jevu si kůži na chodidlech nespálí. Nejprve si totiž máčí chodidla ve vodě či vodou nasáklém mechu. Poté mohou bez většího rizika přejít po uhlících. Mezi plochou uhlíků a plochou chodidel se vytváří tenká vrstva páry, která nohy izoluje od rozžhaveného povrchu.
- Při zjišťování směru větru si nasliníme prst a zvedneme ho nad hlavu. Ze směru vanutí větru cítíme chlad, vlivem zvýšeného odpařování slin z prstu.

Příklady jiných jevů v této prezentaci:

- **Povrchové napětí.** Díky povrchovému napětí vody mají malé vodní kapky kulatý tvar. Částice s největší energií, které nalezneme na povrchu kapaliny, mají snahu zaujmout nejmenší možnou plochu kolem kapaliny.
- **Přeměna energie.** Součet jednotlivých povrchů více malých kapek je větší, než-li povrch jedné kapky vzniklé jejich spojením. Součet jednotlivých objemů více malých kapek je ale stejný, jako objem jedné kapky vzniklé

jejich spojením. Spojí-li se více malých vodních kapek v jednu větší, dochází k uvolňování energie od přebytečných povrchových částic majících větší energii. Uvolněná energie se přemění v teplo, které ohřeje vodu a následně okolní prostředí.

- V místech, kde voda přilnula k ploténce, je možné pozorovat různé skvrny. Voda obsahuje minerály a nečistoty, které se nevypařují, ale zůstávají v místech, odkud se voda vypařila.

7. Akustika

7.1 Dopplerův jev

7.1.1 Teoretická část k audiovizuální prezentaci

Christian Andreas Doppler se narodil 29. listopadu 1803 v Salzburgu (Rakousko) a zemřel 17. března 1853 v Benátkách (Itálie). Během působení v Praze Doppler publikoval v roce 1843 článek *Ueber das farbige Licht der Doppelsterne und einiger anderer Gestirne des Himmels* (O barevném světle dvojhvězd a určitých jiných hvězdách na nebesích). V tomto článku byl poprvé formulován **Dopplerův jev**. Doppler navrhl využít tohoto jevu pro měření vzdálenosti a pohybu hvězd. V Dopplerově době se jev uplatňoval především v akustice. Ve 20. století však Dopplerův jev přinesl revoluci v astrofyzice. V roce 1845 Doppler uskutečnil známý pokus se zvukem, kdy využil hudebníky hrající v jedoucím vlaku a pozorovatele stojící v klidu na zemi. Při pokusu byla posuzována výška hraných tónů. V roce 1846 Doppler publikoval další verzi své teorie. V ní uvažoval také pohyb pozorovatele. Dopplerův jev našel v polovině 19. století řadu odpůrců. Uznání se Dopplerovi dostalo až objevem spektrální analýzy v roce 1859, šest let po jeho smrti. Doppler se věnoval množství vědeckých oborů, mj. matematice, elektřině a magnetismu, astronomii, optice a akustice. Byl vynikající experimentátor, sestrojil nebo zdokonalil mnoho optických přístrojů. Mimo jiné sestrojil optický dálkoměr. Dopplerův princip nebo také Dopplerův posun popisuje změnu vlnové délky vlnění v závislosti na vzájemném pohybu pozorovatele a zdroje vlnění.

Dopplerův jev

Při relativním pohybu zdroje zvuku nebo pozorovatele vnímá pozorovatel zvuk jiné frekvence, než je frekvence zdroje. Nejdůležitější případy Dopplerova jevu nastávají při vzájemném pohybu zdroje zvuku Z a přijímače zvuku P. Jsou to případy, kdy:

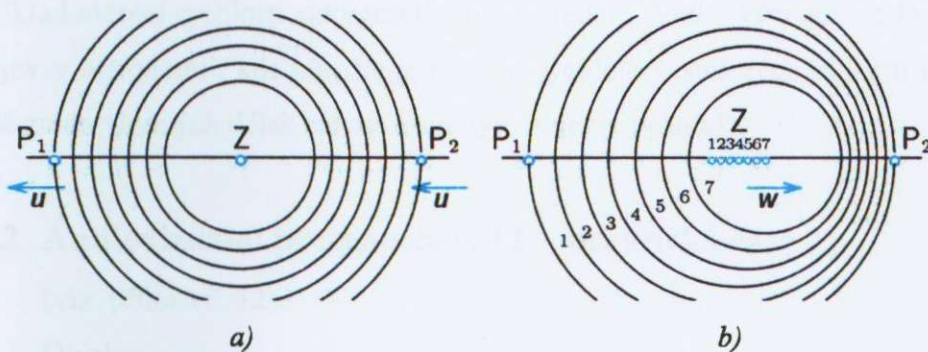
1. Zdroj zvuku je v klidu a přijímač zvuku se pohybuje po vzájemné spojnici konstantní rychlostí $\vec{u}$, která je menší než rychlost zvuku $\vec{v}$ ($u < v$). Zdroj Z vysílá zvukové vlnění o vlnové délce $\lambda = \frac{v}{f}$ jejíž jednotka je [m], kde f je frek-

vence zdroje vlnění, které je na (obr. 7.1.1 a)) znázorněno soustavou soustředných vlnoploch. Jestliže jsou přijímače zvukového vlnění P_1 a P_2 v klidu, dospěje k nim za jednotku času stejný počet vlnoploch a přijímače registrují zvukové vlnění stejné frekvence. Jestliže se přijímač P_1 rychlostí $\vec{u}$ od zdroje vzdaluje, dospěje k němu za jednotku času menší počet vlnoploch a přijímač registruje nižší frekvenci

$$f_1 = \frac{v-u}{\lambda} = \frac{v-u}{v} \cdot f. \quad (7.1.1)$$

Jednotkou frekvence je Hertz [Hz]. Přijímač, který se ke zdroji zvuku přibližuje rychlostí $\vec{u}$, zachytí více zvukových vln a registruje vyšší frekvenci

$$f_2 = \frac{v+u}{\lambda} = \frac{v+u}{v} \cdot f. \quad (7.1.2)$$



Obr. 7.1.1 a) Zdroj v klidu; b) Zdroj v pohybu

2. Přijímač je v klidu a zdroj vlnění se pohybuje rychlostí $\vec{w}$ ($w < v$) od přijímače P_1 k přijímači P_2 (obr. 7.1.1 b)). Zdroj vlnění se od přijímače P_1 vzdaluje a to se projevuje jako zvětšení vlnové délky zvukového vlnění (zvětšuje se vzdálenost mezi jednotlivými vlnoplochami). Vlnová délka $\lambda_1 = \frac{v+w}{f}$ a přijímač

P_1 registruje frekvenci

$$f_1 = \frac{v}{\lambda_1} = \frac{v}{v+w} \cdot f, \quad (7.1.3)$$

kteřá je nižší než frekvence zdroje ($f_1 < f$). Obdobně v místě přijímače P_2 , kde je vlnová délka zvukového vlnění kratší $\lambda_2 = \frac{v-w}{f}$ a přijímač tak registruje frekvenci

$$f_2 = \frac{u}{\lambda_2} = \frac{v}{v-w} \cdot f, \quad (7.1.4)$$

kteřá je vyšší než frekvence zdroje ($f_2 > f$).

Dopplerův jev nastává obecně v každém případě, kdy se zdroj zvuku a jeho přijímač navzájem přibližují, popř. vzdalují. Přitom se mohou pohybovat i po mimoběžkách nebo po křivkách. V těchto případech se však frekvence mění podle složitějších vztahů. [7]

Dopplerův jev vzniká i u elektromagnetického vlnění a je na něm založeno například měření rychlosti automobilů pomocí radaru. Velký význam má Dopplerův jev v astronomii, kde umožňuje určovat rychlost vesmírných objektů na základě změn vlnových délek záření, které tyto objekty vyzařují.

7.1.2 Audiovizuální prezentace č. 12 - praktická část

(viz. příloha č. 12)

Otázka:

Vysvětlete změnu výšky zvuku troubícího automobilu, který kolem nás projíždí?

Jednoduché objasnění:

Přibližuje-li se zdroj zvuku k pozorovateli, registruje pozorovatel kratší vlnovou délku a vyšší frekvenci. Při vzdalování je tomu naopak. Jde o tzv. Dopplerův jev. [16]

Audiovizuální prezentace č. 12 zachycuje fyzikální jev, který není v podvědomí veřejnosti příliš známý, i přes to, že se s ním setkáváme bez mála denně. Tento záznam jako jediný není dokreslen vážnou hudbou, na rozdíl od ostatních prezentací. Důvod je prostý. Dopplerův jev se totiž týká akustiky. Z pozorování Dopplerova jevu v běžném životě jsme zjistili, že je nejlépe pozorovatelný u pohybujícího se zdroje, vydávajícího melodický zvuk. Mezi takové patří

známý pojízdný obchod s mraženými výrobky a jeho typická znělka. Dalším vhodným zdrojem pro pozorování Dopplerova jevu jsou automobily se sirénou, mezi něž patří ambulance, hasiči, policie atp. V neposlední řadě je možné slyšet změnu výšky zvuku i u troubících vozidel či houkajících vlaků.

Pro tuto prezentaci jsme zvolili pro natočení Dopplerova jevu, vzhledem k dostupnosti zdrojů, známý pojízdný mrazicí obchod a troubící osobní automobil. V okamžiku, kdy se k nám přibližuje osobní automobil, slyšíme zvyšující se tón zvuku jím vydávaný a ve chvíli, kdy kolem nás projede poměrně vysokou rychlostí, slyšíme okamžité snížení tónu zvuku, z důvodu snížení frekvence a prodloužení vlnové délky. Jak jsme se již zmínili, mnohem jasněji je Dopplerův jev pozorovatelný u melodie vydávané dodávkovým vozidlem. Při přibližování zdroje zvuku slyšíme hudbu z reproduktorů zrychleně a po projetí automobilu slyšíme hudbu poněkud rozladěně, což je způsobeno opět zvětšením vlnové délky a snížením frekvence.

V devátém ročníku základní školy je probírán tématický celek – akustika. Mezi nejdůležitější veličiny tohoto tématu patří vlnová délka a frekvence zvuku. Dopplerův jev popisuje a ukazuje vztah mezi těmito veličinami, proto si myslíme, že je vhodné tento snímek při probírání učiva o šíření zvuku použít, i když do osnov základního učiva základní školy nespadá.

Otázky a úkoly k tématu:

- Vysvětlíte Dopplerův jev.
- Uveďte další příklady Dopplerova jevu.
- Jak se mění vlnová délka, jestliže se od nás zdroj vzdaluje?
- Jak se mění frekvence, pohybujeme-li se směrem ke zdroji?
- V jakých fyzikálních odvětvích se Dopplerova jevu využívá?
- Jak poznáme, jestli se k nám automobil či vlak přibližuje nebo vzdaluje, stojíme-li poblíž vozovky či železničních kolejí?
- Jaký je vztah mezi frekvencí a vlnovou délkou?
- Popište na jakém principu je založen radar, kterým měří policisté rychlost projíždějících vozidel?

Jiné příklady stejného jevu:

- Snímač reaguje na pohyb v hlídaném prostoru. Vysílá ultrazvukový signál, který po odrazu vyhodnocuje. Pohybující se předmět mění frekvenci odraženého signálu (Dopplerův jev) a tím vyvolá poplach.
- Plaveme-li od břehu vstříc vlnám přicházejícím ze širého moře, potkáváme vlny častěji, s větší frekvencí. Naopak plaveme-li ke břehu, převalí se přes nás méně vln, což se projeví menší frekvencí.
- V astrofyzice určujeme rychlost hvězd nebo mlhovin ve směru spojnice se Zemí. Změříme vlnovou délku jisté spektrální čáry, kterou vysílá hvězda. Je-li vlnová délka světla hvězdy delší než světla z pozemského zdroje, hvězda se od nás vzdaluje a naopak.

Příklady jiných jevů v této prezentaci:

- **Šíření světla.** Při pečlivém sledování prezentace si můžeme všimnout, že při natáčení proti směru šíření světla ztmavnou natáčené objekty a naopak. Z toho plyne ponaučení, že při natáčení a fotografování vznikají prokreslenější a barevnější snímky pořizované po směru šíření světla. Míříme-li tedy objektivem proti světlu, je negativ příliš osvětlen a pozitiv poté tmavý a málo barevný.

Závěr

Předmětem této diplomové práce bylo prozkoumat, nastudovat a pochopit fyzikální jevy z běžného života a na základě získaných vědomostí vytvořit audiovizuální prezentace vybraných fyzikálních jevů. Myslíme si, že se nám podařilo natočit a zpracovat dostatečně kvalitní fyzikální pomůcky nejen pro výuku na základní škole či vyšších vzdělávacích institucích, ale i pro širší veřejnost.

Jedním z cílů audiovizuálních prezentací bylo vyvolat v žákovi takový vizuální zážitek, který zanechá v jeho paměti stopu spojenou s fyzikálním jevem. Pro zdůraznění zážitku jsme prezentace podbarvili vážnou hudbou, která, jak je prokázáno, má kladné účinky při přijímání informací za účelem jejich uchování v naší paměti.

Dalším neméně důležitým cílem byla motivační stránka fyzikálních prezentací. S ohledem na tuto stránku, z vlastních zkušeností považujeme za nejvhodnější užití audiovizuálních prezentací na úvod látky související se zpracovávaným jevem. Vzhledem k jejich motivačnímu charakteru není možné považovat prezentace za jakousi náhradu učitelova výkladu. Slouží především k prezentování, zobrazení a prozkoumání vybraných fyzikálních jevů. Mají vybudit v žákovi dostatečnou míru motivace, jak vnější, tak vnitřní. Vnější motivace vzbudí v žákovi chuť a zájem spolupracovat v hodině na dané téma. Vnitřní motivaci následně získá po uvědomění si všech souvislostí mezi fyzikou a životem kolem nás.

Rozhodne-li se učitel některou prezentaci použít ve své hodině, měl by ji mít dostatečně pod kontrolou. V hodnou dobu ji spustit, podle reakcí žáků ovládat její průběh a na závěr správně vyhodnotit. Prezentace lze kdykoli pozastavit, posunout či znovu spustit. V těchto okamžicích lze vysvětlit běžný jev z pohledu fyziky, položit problémové otázky a prozkoumat mnohé další příklady.

Jakým způsobem a v kterých okamžicích použít prezentace v procesu vyučování fyziky ponecháme na individuálním zvážení každého z nás, ať učitele či laika. Rádi bychom upozornili na možnost rozšíření a obohacení výuky fyziky pro neslyšící o tyto audiovizuální prezentace. Věříme, že naše prezentace napomohou nejen učitelům obohatit vlastní výuku fyziky o zajímavé a na více smyslů působící

pomůcky, ale otevřou i žákům brány mezi fyzikou teoretickou, abstraktní a fyzikou praktickou, z běžného života.

- [3] Backe, H.: *Elektrický proud* (Průtoky), SPN, Praha 1979.
- [4] Backe, H.: *Zeměpisná fyzika* (Přírodní vědy), Mladá Boleslav, Vydavatelství učebních textů technické a odborné literatury, Brno 1982.
- [5] Čáp, J.: *Střední fyzika* (Průtoky), Mladá Boleslav 1989.
- [6] Čížek, J.: *Fyzika* (Průtoky), Mladá Boleslav, Vydavatelství učebních textů technické a odborné literatury, Brno 1982.
- [7] Fendlová, J.: *Fyzika* (Průtoky), Mladá Boleslav, Vydavatelství učebních textů technické a odborné literatury, Brno 1982.
- [8] Horáček, Z.: *Fyzika* (Průtoky), Mladá Boleslav, Vydavatelství učebních textů technické a odborné literatury, Brno 1982.
- [9] Horáček, M.: *Fyzika* (Průtoky), Mladá Boleslav, Vydavatelství učebních textů technické a odborné literatury, Brno 1982.
- [10] Jáchim, F.: *Fyzika* (Průtoky), Mladá Boleslav, Vydavatelství učebních textů technické a odborné literatury, Brno 1982.
- [11] Jáchim, F.: *Fyzika* (Průtoky), Mladá Boleslav, Vydavatelství učebních textů technické a odborné literatury, Brno 1982.
- [12] Jáchim, F.: *Fyzika* (Průtoky), Mladá Boleslav, Vydavatelství učebních textů technické a odborné literatury, Brno 1982.
- [13] Jáchim, F.: *Fyzika* (Průtoky), Mladá Boleslav, Vydavatelství učebních textů technické a odborné literatury, Brno 1982.
- [14] Jáchim, F.: *Fyzika* (Průtoky), Mladá Boleslav, Vydavatelství učebních textů technické a odborné literatury, Brno 1982.
- [15] Macháček, M.: *Fyzika* (Průtoky), Mladá Boleslav, Vydavatelství učebních textů technické a odborné literatury, Brno 1982.
- [16] Macháček, M.: *Fyzika* (Průtoky), Mladá Boleslav, Vydavatelství učebních textů technické a odborné literatury, Brno 1982.
- [17] Macháček, M.: *Fyzika* (Průtoky), Mladá Boleslav, Vydavatelství učebních textů technické a odborné literatury, Brno 1982.
- [18] Macháček, M.: *Fyzika* (Průtoky), Mladá Boleslav, Vydavatelství učebních textů technické a odborné literatury, Brno 1982.
- [19] Macháček, M.: *Fyzika* (Průtoky), Mladá Boleslav, Vydavatelství učebních textů technické a odborné literatury, Brno 1982.
- [20] Macháček, M.: *Fyzika* (Průtoky), Mladá Boleslav, Vydavatelství učebních textů technické a odborné literatury, Brno 1982.
- [21] Macháček, M.: *Fyzika* (Průtoky), Mladá Boleslav, Vydavatelství učebních textů technické a odborné literatury, Brno 1982.

Literatura

- [1] Aisberg, E.: Fyzika všude kolem nás, SPN, Praha 1975
- [2] Backe, H.: Fyzika z vlastních pozorování, SPN, Praha 1973
- [3] Baník, R.; Zámečník, J.: Fyzika netradičně – MECHANIKA, Vydavatelstvo technickej a ekonomickej literatúry, Bratislava 1989
- [4] Čáp, J.; Mareš, J.: Psychologie pro učitele, Portál, Praha 2001
- [5] Čermák, J. a kol.: Fyzika v otázkách a odpovědích I., VŠCHT Pardubice 1982
- [6] Fenclová, J.: Fyzikální vědomosti našich studentů, Academia, Praha 1980
- [7] Hlavička, A. a kol.: Fyzika pro pedagogické fakulty 1. díl, SPN, Praha 1978
- [8] Hložánek, M.: Fyzika pro 9. ročník základní školy pro neslyšící a základní školy pro žáky se zbytky sluchu, SPN Praha 1991
- [9] Jáchim, F.; Tesař, J.: Fyzika pro 6. ročník základní školy, SPN, Praha 2000
- [10] Jáchim, F.; Tesař, J.: Fyzika pro 7. ročník základní školy, SPN, Praha 2001
- [11] Jáchim, F.; Tesař, J.: Fyzika pro 9. ročník základní školy, SPN, Praha 2001
- [12] Jáchim, F.; Tesař, J.: Sběrka úloh z fyziky pro 6.-9. ročník základní školy, SPN, Praha 2004
- [13] Jáchim, F.; Tesař, J.: Seminář a praktikum z fyziky pro 2. stupeň základní školy, SPN, Praha 2001
- [14] Macháček, M.: Fyzika pro 9. ročník zvláštní školy, Septima, Praha 1996
- [15] Mechlová, E.: Fyzikální pojmy, Pedagogická fakulta Ostrava 1990
- [16] Nahodil, J.: Fyzika v běžném životě, Prometheus, Praha 1996
- [17] Nakonečný, M.: Motivace lidského chování, Academia, Praha 1996
- [18] Oxlade, CH.; Stockley, C.; Werheim, J.: Ilustrovaný přehled fyzika, Blesk, Ostrava 1994
- [19] Pavelková, I.: Motivace žáků k učení, Univerzita Karlova, Praha 2002
- [20] Rheinberg, F.; Man, F.; Mareš, J.: Ovlivňování učební motivace, časopis Pedagogika roč.51, 2001, str.(155-184)
- [21] Sládek, P.: Fyzika a didaktika fyziky 2, Masarikova univerzita v Brně 1996

- [22] Svoboda, E. a kol.: Fyzika pro technické obory středních odborných škol, SPN, Praha 1991
- [23] Svoboda, E. a kol.: Přehled středoškolské fyziky, Prometheus, Praha 2001
- [24] Šmihula, J. F.; Macalová, M.: Fyzika pro 7. ročník základní školy pro neslyšící a základní školy pro žáky se zbytky sluchu, SPN Praha 1985
- [25] Varikaš, V. M.; Varikaš, I. M.; Kimbar, B. A.: Fyzika v živé přírodě, SPN, Bratislava 1990
- [26] Veselá, E.: Co nám příroda nedovolí, Panorama, Praha 1988
- [27] Wattová, F.; Wilson, F.: Energie přírody – poznej a proved' pokus, Fragment, Havlíčkův Brod 1998

Internetové odkazy:

<http://stoplusjedna.newton.cz/>
<http://www.quido.cz/fyzika/uvod.htm>
<http://cs.wikipedia.org/wiki/Fyzika>
<http://fyzweb.mff.cuni.cz/>
<http://jermar.cz/videopokusy/CD1/index.htm>

Seznam příloh

Obsah přiloženého DVD:

- 1) 01-Vlaky/Klid a pohyb tělesa.mpg
- 2) 02-Sekyra/Zákon setrvačnosti.mpg
- 3) 03-Lod'ka/Zákon zachování hybnosti.mpg
- 4) 04-Oklepávající se pes/Dostředivá a odstředivá.mpg
- 5) 05-Labutě/Těžiště.mpg
- 6) 06-Kláda ve vodě/Vzájemné působení sil.mpg
- 7) 07-Houpačka/Těžiště a práce.mpg
- 8) 08-Brzdící automobil/Moment setrvačné síly.mpg
- 9) 09-Krasobruslařka/Moment setrvačnosti.mpg
- 10) 10-Vlajka/Proudění vzduchu.mpg
- 11) 11-Ploténka/Vypařování.mpg
- 12) 12-Troubící automobil/Dopplerův jev.mpg