

Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích

Pedagogická fakulta – Katedra fyziky

Videosekvence a jejich využití při výuce fyziky na SŠ

Diplomová práce

Vedoucí práce: Paeddr.. Jiří Tesař, Ph. D.

Autor: Petra Blažková

Anotace

Videosekvence a jejich využití při výuce fyziky na SŠ

Hlavním tématem této diplomové práce je videosekvence, její tvorba a využití ve výuce fyziky na základních i středních školách. Výuka obohacená o krátká videa je dynamická a názorná. Žáci před sebou vidí situaci, o které jinak mohou jen číst ve strohém zadání příkladu v učebnici.

Základem je předpoklad, že názorná ukázka, jako doplnění výuky, je vhodným prostředkem pro získání i ověření teoretických znalostí. Pokud ji navíc vytvoří samy děti bude i vhodnou metodou k rozvíjení jejich schopností a tvořivosti, která je při učení stejně důležitá jako znalosti samotné.

Klíčová slova: videosekvence, tvořivost, pokus ve fyzice, samostatná práce

Abstrakt

Videosequences and their Application in the Lessons of Physics at the Secondary School Instruction

The main theme of the thesis is a video sequence, its production and use in physics education at primary and secondary schools. Teaching enriched of short videos is dynamic and illustrative. Students see a situation that could otherwise only read in an austere entry in a textbook example.

It is based on the assumption that the demonstration, in addition to teaching, is an appropriate means for obtaining and verification of theoretical knowledge. Moreover, if the children create it themselves, it will be suitable method to develop their skills and creativity, which is as important in the process of learning as knowledge itself.

Keywords: video sequences, creativity, experiment in physics, individual work

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracovala samostatně, pouze za použití uvedené literatury.

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své diplomové práce, a to v nezkrácené podobě fakultou elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách, a to se zachováním mého autorského práva k odevzdanému textu této kvalifikační práce.

Souhlasím dále s tím, aby toutéž elektronickou cestou byly v souladu s uvedeným ustanovením zákona č. 111/1998 Sb. zveřejněny posudky školitele a oponentů práce i záznam o průběhu a výsledku obhajoby kvalifikační práce. Rovněž souhlasím s porovnáním textu mé kvalifikační práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátů.

Datum:

Podpis:

Touto cestou bych ráda poděkovala vedoucímu práce p. PeadDr. Jiřímu Tesařovi za rady a trpělivost při zpracování mé práce. Dále bych ráda poděkovala žákům sedmého ročníku 1. základní školy v Sokolově za velmi ochotnou pomoc při vytváření videosekvencí a za nadšení, se kterým pracovali. Nakonec za pomoc při zpracování a ověřování patří mé díky Mgr. Jitce Březinové.

Obsah

1. Úvod	7
2. Audiovizuální technika.....	9
2.1. Dataprojektor.....	9
2.2. Interaktivní tabule.....	11
2.3. Videokamera.....	12
2.3.1. Použitá technika.....	13
2.4. Software.....	14
3. Pohyb tělesa.....	15
3.1. Didaktický rozbor.....	15
3.2. Běžně užívané pokusy a vhodné videosekvence.....	20
3.3. Realizovaná videosekvence.....	21
3.3.1. Řešení zadaných úloh.....	22
3.4. Ověření v praxi.....	24
3.4.1. Vytvoření videosekvence.....	24
3.4.2. Ověření videosekvence.....	24
4. Mechanika tuhého tělesa.....	27
4.1. Didaktický rozbor.....	27
4.2. Běžně užívané pokusy a vhodné videosekvence.....	30
4.3. Vytvořená videosekvence.....	31
4.3.1. Řešení zadaných úloh.....	32
4.4. Ověření v praxi.....	35
4.4.1. Vytvoření videosekvence.....	35
4.4.2. Ověření videosekvence.....	36
5. Pohyby v homogenním tíhovém poli Země.....	38
5.1. Didaktický rozbor.....	38
5.2. Běžně užívané pokusy a vhodné videosekvence.....	43
5.3. Realizované videosekvence a jejich ověření.....	43
5.4. Ověření videosekvence v praxi.....	48
5.4.1. Vytvoření videosekvence.....	48
5.4.2. Ověření videosekvence.....	48
6. Matematické kyvadlo.....	50
6.1. Didaktický rozbor.....	50
6.2. Obvyklé pokusy a zařazení videosekvencí.....	52
6.3. Realizované videosekvence.....	53
6.4. Ověření videosekvence v praxi.....	56
6.4.1. Vytvoření videosekvence.....	56
6.4.2. Ověření videosekvence.....	56
7. Rázy těles.....	58
7.1. Didaktický rozbor.....	58
7.2. Natočená videosekvence a její zařazení do výuky.....	60
8. Změny skupenství látek.....	62
8.1. Didaktický rozbor.....	62
8.2. Pokusy a návrhy videosekvencí.....	63

8.3. Realizovaná videosekvence.....	64
9. Ověření použitelnosti videosekvencí – shrnutí.....	66
9.1. Výsledky testovaných žáků.....	67
9.1.1. Slovní hodnocení.....	67
9.1.2. Výsledky testů.....	67
10. Závěr	72
Použitá literatura.....	73
Seznam příloh.....	74

1. Úvod

V každodenním školním životě se žáci a studenti často setkávají s tištěnými „praktickými“ ukázkami ze života. Ačkoli autorům těchto textů přijdou naprosto v pořádku a dostačující, děti to tak mnohdy nevidí. Velmi často slychávám stále oblíbenější věty: „a k čemu to tedy vlastně potřebuji?“ , „k čemu mi to bude?“ nebo „tohle určitě umět nemusím, stejně to nevyužiji“.

Na druhou stranu bychom měli děti naučit, jak plně využít svých schopností. Ve školních vzdělávacích programech je tato skutečnost schovaná pod souslovím KLÍČOVÉ KOMPETENCE. Je to soubor schopností, postojů a vědomostí, které mají pomoci dětem k plnohodnotnému začlenění do společnosti. Žák opouštějící základní školu by měl být schopen se samostatně učit, získávat si informace a určit, které z těchto informací jsou potřebné. Dále by měl být schopen pracovat v kolektivu, dodržovat pravidla a hledat řešení daných problémů. Bohužel, na činnosti podporující tento vývoj nezbývá mnoho času a děti jsou tedy nuceny využívat učebnic, které jsou jim předkládány. Místo vlastních úvah o látce jim jsou předkládány hotové výpisky a teoretické situace. Student prvního ročníku střední školy je tedy schopen opisovat z tabule, číst v učebnici a nechávat si své nápady spíše pro sebe.

Proto bych se ráda zaměřila na videosekvence, které může vytvořit učitel i dítě. Proč používat neosobní pomůcky, když mohou děti koukat na krátký film vytvořený jedním z nich? Proč ukazovat dětem jednoduchý pokus u katedry, když si ho mohou vyzkoušet sami a získat tak představu o tom, co dokáží?

Nemyslím si, že bychom měli vynechat při výuce fyziky pokusy, právě naopak. Děti pokusem získají první představu o problému. Při některých tématech je experiment také nejvhodnější způsob výkladu. Jen chci říci, že můžeme pokus doplnit o další možnost. Natočit krátké video na zadané nebo vymyšlené téma je vhodný způsob jak rozvíjet tvořivost a podpořit spolupráci mezi dětmi. Na videu totiž bude vidět, kdo se na něm podílel a kdo ne, proto se děti musí naučit dohodnout se a samozřejmě také zapojit do práce ostatních. Navíc získají zcela jednoznačnou představu o využití dané látky.

Vhodná vyučovací metoda by tedy měla obsahovat teorii, která je nezbytná, informace potřebné k pochopení teorie, dále by měl napomoci pokus volený podle možností a schopností žáků (pokud je to možné, měli by být žáci schopni provést pokus sami) a jako doplnění názorná ukázka. Touto ukázkou může být videosekvence. Nejprve tvořená učitelem a postupně nahrazená výtvary samotných dětí. Cílem tohoto postupu je zaujmutí třídy a rozvíjení schopností jednotlivce i celého kolektivu. Navíc v naší technické době rozvíjí děti žádané schopnosti, učí se odvádět kvalitní práci využíváním svých vlastních nápadů.

2. Audiovizuální technika

Můžeme mít jakýkoli nápad na video pro žáky, studenty nebo pro sebe. Jenže žádný nápad nemůžeme realizovat bez potřebné techniky. Proto se budu v následující kapitole zabývat potřebnými zařízeními. Mezi nejčastěji používané promítací zařízení na našich školách patří dataprojektor a interaktivní tabule, k natočení videa je ovšem také zapotřebí videokamera a bez vhodného počítačového programu na střih nahraného materiálu by to také nešlo.

2.1. Dataprojektor

V mnoha dnešních školách je dataprojektor společně se zpětným projektorem nebo tento projektor zcela nahradil. Ačkoliv má zpětný projektor mnoho výhod a je vhodný i k prezentaci některých pokusů, lze na něm promítat pouze předem připravené folie nebo reálné předměty.

Dataprojektor je naopak zařízení sloužící k promítání připravených materiálů v elektronické podobě. Na připravené plátno zprostředkuje projekci z počítačového výstupu. Na dataprojektor můžeme připojit počítač, notebook, přenosné DVD a jiná videozařízení.

Podle možnosti využití jsou dataprojektory rozděleny do čtyř skupin. V první skupině jsou ultralehké datové projektory. Hmotnost těchto zařízení obvykle nepřesáhne 1,5kg a jeho rozměry jsou velmi podobné formátu A5. Přestože má tento projektor slušné rozlišení i zobrazovací schopnosti nehodí se do školní třídy, je vhodný spíše pro cestující lektory, kteří vykládají omezenému počtu posluchačů.

Na ultralehký dataprojektor navazuje osobní. Tento přístroj je o něco větší, přesto je také vhodný na přenášení a cesty. Jelikož obsahuje automatické nastavení obrazu a je jednoduchý na ovládání, je ideálním přístrojem pro soukromé lekce. Bohužel, ani tento se do třídy nehodí.

Třetí kategorií jsou mobilní dataprojektory. Tyto už jsou vhodné k prezentaci před větším počtem žáků. Jeho vlastnosti zajišťují dostatečné zobrazení i v místnosti s umělým osvětlením. Tyto projektory se vyskytují na školách, kde využívá jeden projektor více kantorů a potřebují ho přenášet z učebny do učebny.

Posledním datovým projektorem je konferenční. Tento přístroj je obvykle pevně ukotven v místnosti. V učebnách je nejčastěji připevněn ke stropu pomocí držáku. Toto umístění sice znemožňuje přímé ovládání, ale zajišťuje datovému projektoru delší životnost (je z dosahu zvědavých dětí).[1]

Dále se datové projektory liší použitou výrobní technologií. Nejdůležitější rozdíly jsou v zobrazovacím mechanismu. Nejčastěji je užíváno pět různých zobrazení. Jedná se o následující technologie [2]:

- DLP (Digital light processing) – přístroj obsahuje lampu a několik čipů se zrcátky. Obraz vytváří pomocí složité soustavy čoček a zrcátek.
- LED – projektory s touto technologií pracují na principu velmi podobném předcházejícímu. Jen je zde lampa nahrazena LED diodami. Tento přístroj má nižší spotřebu a malé rozměry. Na úkor výhodám je velmi nízká světelnost.
- LCD (Liquid Crystal Display) – uvnitř těchto projektorů bychom našli dichroická zrcátka a LCD panely. K zobrazení jsou použity tekuté krystaly. Velkou nevýhodou této techniky je rychlé stárnutí a vypalování displejů, se zvyšující se dobou používání také klesá kvalita obrazu. Přesto je jeho výhodou kvalita a ostrost obrazu.
- LCoS (Liquid Crystal on Semiconductor) – tato technologie je poměrně drahá. Přístroj obsahuje lampu, hranol a skupinu LCoS displejů. Přes veškeré výhody týkající se obrazu z tohoto dataprojektoru, je jeho nevýhodou hlavně cena.
- CRT (Cathod Ray Tube) – konečný obraz se zde skládá pomocí tří projekčních obrazovek. Tato technologie je již poměrně stará a nalezneme ji hlavně u starších pevně připevněných projekčních zařízení.

Jednotlivé dataprojektory se také liší svými parametry. Což může být rozlišení, světelný výkon, kontrast, životnost nebo zabudovanými konektory.

2.2. Interaktivní tabule

Do našich škol v současné době pronikají nové učební pomůcky. Mezi ty nejpreferovanější patří interaktivní tabule. Jedná se o soustavu počítače, datového projektoru a velké interaktivní plochy. V podstatě můžeme říci, že se jedná o velkoplošnou dotykovou obrazovku. Z počítače je pomocí dataprojektoru na tabuli promítnut obraz, který lze přímo upravovat. K úpravě a ovládání obrazu na tabuli se používá speciální fixa, u některých modelů stačí pouze prst, záleží na druhu dotykového displeje.

Velkou předností této pomůcky je její schopnost komunikovat s připojeným počítačem. Pomocí dotyku můžeme ovládat jakýkoli software v počítači. Pokud máme vhodný program je možné uložení i tisk poznámek napsaných na tabuli.

Existuje několik druhů tabulí, které se liší několika technickými skutečnostmi. Mohou se odlišovat funkčním principem tabule nebo například druhem zobrazení projektoru.

Rozlišujeme šest druhů snímání tabule [3]:

- Měření odporu – tato tabule je ze dvou vrstev elektricky vodivých ploch mezi nimiž je volná vzduchová vrstva. Při tlaku na plochu se obě spojí a uzavřou obvod. Pomocí velikosti vzniklého odporu je poté určena poloha kurzoru. U této tabule není zapotřebí speciální fixy.
- Elektromagnetická – zobrazení pohybu na tabuli je zajištěno pomocí soustavy drátů za tabulí a cívky uvnitř fixy. Na tabuli není možné psát ničím jiným.
- Kapacitní – velmi podobný princip jako v předchozím případě. Navíc tato tabule registruje i pouhý prst.
- Laserová – přes plochu této tabule jsou vysílány laserové paprsky, poloha kurzoru je poté určována pomocí odraženého paprsku.

Tato plocha není citlivá na dotek, má dlouhou životnost a je nejlepší na údržbu.

- Ultrazvuková a infračervená – tabule není citlivá na tlak. Polohu fixu určuje pomocí prodlevy mezi zvukovým a světelným signálem.
- Optická a infračervená – při stisknutí plochy je objekt zaměřen a jeho poloha je poté přepočítána.

Podle umístění dataprojektoru je používána přední nebo zadní projekce. Při přední projekci není samotná tabule příliš hluboká a snadno se umísťuje na stěnu. Nevýhodou tohoto umístění projektoru je možnost stínění tabule přednášejícím. Tento problém je často řešen krátkou projekcí, kdy je projektor umístěn blízko tabule a obraz je zobrazován pod úhlem 45° [3].

2.3. Videokamera

Nepostradatelné zařízení pro výrobu videosekvencí je bezpochyby videokamera. Jednotlivé přístroje se od sebe liší v mnoha směrech, pro nás je nejdůležitější v jakém formátu a na co se natočený materiál ukládá a zda se dá propojit s počítačem.

Podle principu jsou videokamery rozděleny na analogové a digitální. První typ je dnes již v pozadí a pomalu mizí.

Digitální videokamery jsou dnes běžnou záležitostí v mnoha rodinách, proto jsou zvyklé s nimi pracovat studenti základních i středních škol. Tyto přístroje ukládají získaná data na videokazety, disky (přenosné i pevné) a paměťové karty. V novějších kamerách je záznam nejčastěji ve formátu MPEG-4, ale mohou se vyskytnout i jiné formáty, záleží na stáří a modelu kamery. U mnoha přístrojů i na výrobci.

Podle rozsahu uživatelů se kamery rozdělují na profesionální, poloprofesionální a amatérské [4]. V první skupině jsou přístroje vhodné zvláště pro velké televizní stanice a filmové štáby. Poloprofesionální zařízení používají v regionálních televizích nebo u živnostníků. Největší skupinu tvoří amatérské

video kamery, které jsou určeny pro širokou veřejnost a hlavně jsou cenově dostupné.

2.3.1. Použitá technika

K natočení videosekvencí přiložených k této diplomové práci bylo použito dvou videokamer: Panasonic NV-GS90 a SONY HD-VX50.

S digitální videokamerou od firmy Panasonic je bezpochyby jednoduchá práce. Mezi její další výhody patří 42 násobný zoom a optický stabilizátor obrazu, takže při krátkém natáčení není potřeba stativ. Její nevýhodou je zápis na Mini DV kazety a skutečnost, že počítač se s ní nedomluví. Ačkoliv má videokamera USB konektor a samozřejmě také příslušný kabel, slouží pouze jako webkamera. Jedná se tedy pouze o USB vstup. Navíc kamera neobsahuje FireWire, takže nepomůže ani koupě jiného kabelu. Nakonec bylo jedinou cestou vypálit vše přes DVD přehrávač. Také výsledná kvalita obrazu není vysoká, videa z této kamery jsou neostrá a chvílemi rozmazaná. Jelikož nešlo materiál přetáhnout přímou cestou, ale přes DVD rekordér, bylo výsledné video ve formátu .vob. S tímto formátem ovšem neumí pracovat program Windows Live Movie Maker.

Práce s druhou kamerou měla jednu velkou výhodu. Tato digitální kamera ukládá data na paměťovou kartu, takže se nevyskytl problém s přenosem materiálu do počítače. Data byla také ve formátu .avi, se kterým se dobře pracuje. Jako nevýhoda se jeví skutečnost, že kamera se v České republice neprodává a tudíž neovládá češtinu. Materiál natočený tímto přístrojem má ostřejší obraz. A také se po každém vypnutí nahrávání uloží scéna samostatně, nebyl tedy problém se zpracováním.

2.4. Software

Ke zpracování materiálu v počítači jsem použila dvou programů: Pinnacle studio 14 a Microsoft Live Movie Maker.

Patnáctidenní verze prvního programu je volně stažitelná na internetu. Jedná se o vcelku jednoduchý program na střih videa i zvuku, opravu nedokonalostí videa i vkládání titulků. Program dokázal rozlišit jednotlivé scény videa, což bylo velké plus, protože DVD přehrávač vypálil jedno souvislé video. Program ve své zkušební verzi hovoří česky, dobře se v něm pracuje a výsledné video je možné uložit v několika různých formátech.

První velkou chybu tohoto programu jsem objevila v titulcích. Ačkoliv program češtinu ovládá, písemný fond titulků neobsahuje specifické znaky pro češtinu jako je ů, ě nebo ž. Slova obsahující tyto hlásky jsem musela nahrazovat jinými. Mnohdy byl výsledek značně kostrbatý a slovo vzhůru se mi nahradit nepodařilo (muselo být vypuštěno). Druhou podstatnou závadu jsem odhalila, když jsem do videosekvence potřebovala vložit čas. Aby mohli být zobrazeny stopky musela jsem nejprve najít a stáhnout plugin. Po jeho nainstalování bylo možné do obrazu vložit stopky i datum. Následně se vyskytl druhý problém. Po vložení času do jiné scény v jedné videosekvenci nezačínali stopky na nule, ale pokračovali v počítání času od svého prvního vložení.

Při přechodu na jiný počítač již nešlo Pinnacle studio nainstalovat. Z tohoto důvodu jsem byla nucena použít program společnosti Microsoft. Hned první problém nastal při spuštění již natočeného materiálu. Původní video je vypáleno ve formátu .vob, se kterým Movie Maker neumí pracovat. Takže další videosekvence z prvního materiálu nešlo vytvářet.

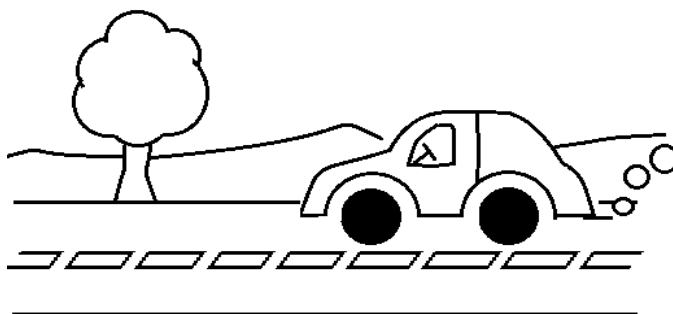
Po natočení zbývajících scén jsem zjistila, že si program neumí poradit s rychlostí videa. Obraz byl sekaný a špatně se s ním pracovalo. A největší chybou většiny programů od Microsoftu je jejich časté samovolné vypínání.

3. Pohyb tělesa

3.1. Didaktický rozbor

S tímto tématem se děti poprvé setkávají v sedmém ročníku na základní škole. Jsou zde zavedeny některé základní pojmy, ale vzhledem k věku žáků není zaveden hmotný bod.

Klid i pohyb je definován vzhledem k jinému tělesu. Pohyb je chápán jako změna polohy tělesa vzhledem k tomuto skutečnému objektu. Přesto poloha není přesně definována. Děti určují, zda se automobil pohybuje vzhledem ke stromu nebo k silnici. Jestli se řidič pohybuje, pokud je určujícím tělesem volant nebo policista. Úlohy na toto téma jsou často zadávány formou jednoduchých obrázků, jednou jejich ukázkou je obr.1.



Obr.1 relativnost pohybu

Dalším pojmem zavedeným již na základní škole je trajektorie tělesa. Ta je definována jako geometrická čára opisující pohyb tělesa. Aby byla tato věta přeci jenom reálnější, je dobré dětem říci, že je to stejné, jako kdyby šli a táhli za sebou pastelku. To co by po nich na zemi zbylo by byla trajektorie jejich vlastního pohybu.

Podle trajektorie je pohyb rozdělen na dva druhy: přímočarý a křivočarý. Přímočarým pohybem je rozuměn každý pohyb, jehož trajektorií je přímka nebo její část. Křivočarý je každý pohyb, který není přímočarý.

V návaznosti na trajektorii je zavedena dráha. Dráha je délkou trajektorie. Její přímá závislost na čase není zmíněna a grafy jsou probírány zvlášť.

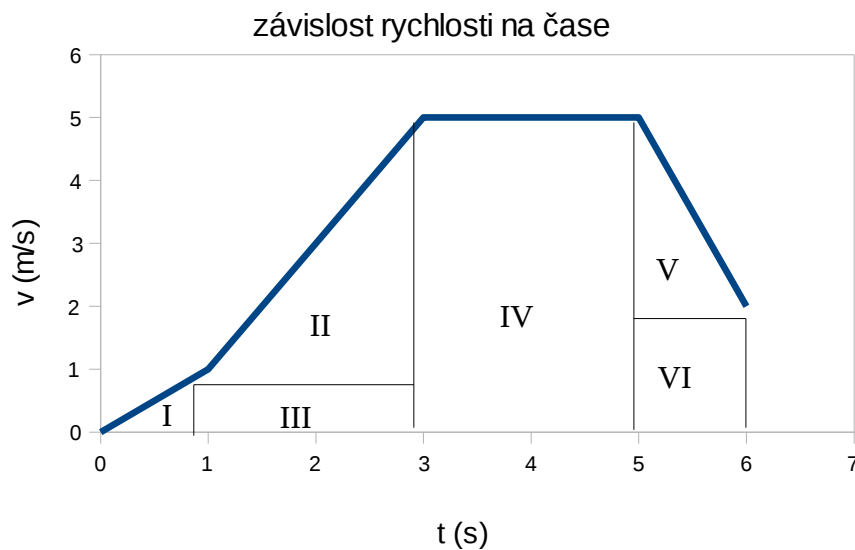
Ještě před zavedením rychlosti je pohyb rozdělen na posuvný a otáčivý. Posuvný je každý pohyb, při kterém všechny body tělesa opíší stejné trajektorie a urazí stejnou dráhu. Při otáčivém pohybu putují body po kružnicích o různých poloměrech, jejichž středy jsou body náležící pevné ose otáčení [5]. Nakonec je zmíněno, že většina pohybů je výsledkem složení předchozích dvou.

Jako poslední je definována rychlost. Aby nedošlo k čistě formálnímu naučení vzorce, snažíme se využít zkušenosti dětí a dospět k jednotkám i vzorci rychlosti diskusí. Ptáme se, co je napsáno v autě na tachometru. Jakou jeli rychlostí, když za dvě hodiny urazili 100 kilometrů, atd. Naším cílem je dospět ke vztahu průměrné rychlosti:

$$v = \frac{s}{t} , \quad (1)$$

kde s je dráha a t je doba pohybu. Jednotkou rychlosti je metr za sekundu ($\frac{m}{s}$).

Dnes se žáci učí i o okamžité rychlosti. Říkají si, že je to rychlost, kterou měří radar, vidí ji na tachometru nebo přístrojích GPS [5]. Jedná se o rychlost, když používáme jen velmi malý časový úsek. Následně je pohyb rozdělen podle rychlosti na rovnoměrný a nerovnoměrný. Jestliže těleso urazí za stejné časové úseky stejné dráhy, jedná se o pohyb rovnoměrný. Všechny ostatní pohyby jsou nerovnoměrné. Tyto pohyby se učí děti rozeznávat i z grafu závislosti rychlosti na čase. Grafem rovnoměrného pohybu je přímka rovnoběžná s časovou osou, pokud má přímka sklon, nebo se jedná o křivku, je pohyb nerovnoměrný. Grafy jsou využity k zavedení výpočtu dráhy nejprve rovnoměrného a následně i nerovnoměrného pohybu. U rovnoměrného pohybu se jedná o výpočet obsahu obdélníka, který v grafu vznikne. U nerovnoměrného případu si nejprve musí vzniklý obrazec rozdělit na části, jejichž obsah děti umí spočítat (jako u obr.2). Objevuje se definice, která říká, že dráha se rovná obsahu plochy pod křivkou grafu [5]. Ze zkušenosti vím, že děti této větě příliš nerozumí, ale procvičováním lze částečně objasnit.



Obr. 2: rozdělení grafu pro výpočet dráhy

Dříve byla uváděna průměrná rychlost. Jedná se o podíl celkové dráhy a celkového času. Vztah v této podobě se zavádí pro výpočet rychlosti nerovnoměrného pohybu:

$$v_p = \frac{\text{celková dráha}}{\text{celkový čas}} \quad (2)$$

Z těchto znalostí bychom měli vycházet v prvním ročníku střední školy, kde je navíc zaveden hmotný bod, vztažná soustava a polohový vektor.

Hmotný bod je náhrada pohybujícího se tělesa. Obvykle je umístěn do těžiště tělesa a ačkoli nemá rozměry, je mu přiřazena hmotnost daného tělesa. [6]

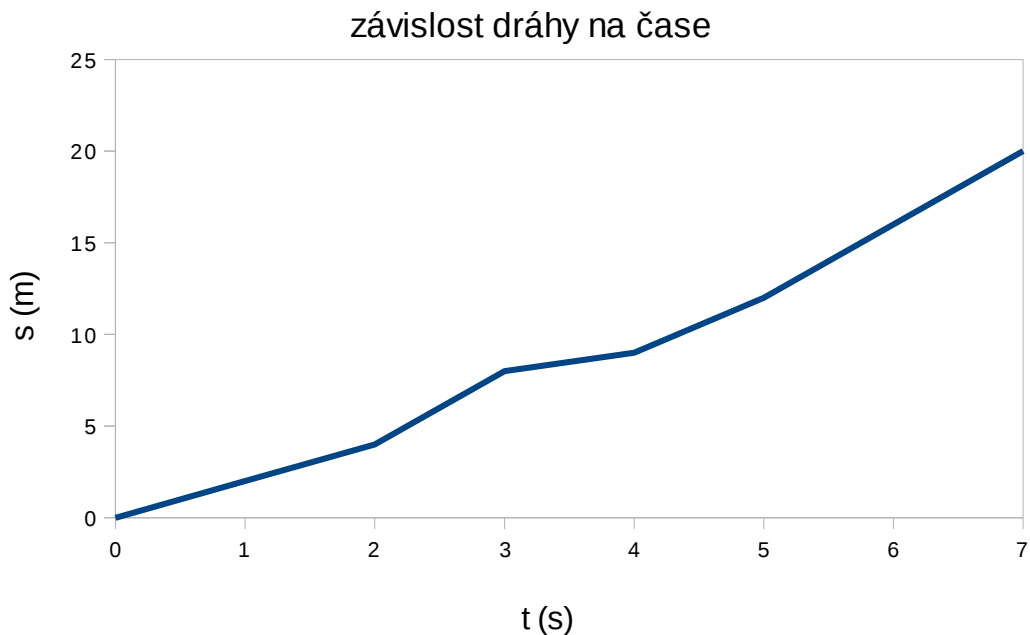
Studenti si musí uvědomit, že absolutní klid neexistuje a pohyb je vždy relativní. Abychom o pohybu mohli mluvit bez pochybností zavádíme vztažnou soustavu. Jedná se o skupinu těles, která jsou navzájem v klidu. Na volbě této skupiny závisí popis pohybu hmotného bodu.

Ke vztažnému tělesu připojíme soustavu souřadnou, definujeme měření času a zavedeme polohu hmotného bodu [6]. Jelikož studenti již znají pojem

vektorové veličiny je definován i polohový vektor \vec{r} . Velikost tohoto vektoru je vzdálenost hmotného bodu od počátku soustavy souřadnic.

Definice trajektorie i dráhy zůstává stejná, jen je pojem těleso nahrazen hmotným bodem. Navíc je dráha zavedená jako funkce času.

Graf závislosti dráhy na čase je probírán již na základní škole (obr.3). Bohužel předbíhá matematické znalosti o dva roky. Funkce jsou probírány až v deváté třídě. Z této skutečnosti vyplývá mnoho problémů při odečítání z grafů i při jejich sestrojování na základní i střední škole. V novějších učebnicích základní školy je tvorba grafů probírána krok po kroku, přesto dělá dětem vytvoření problému.

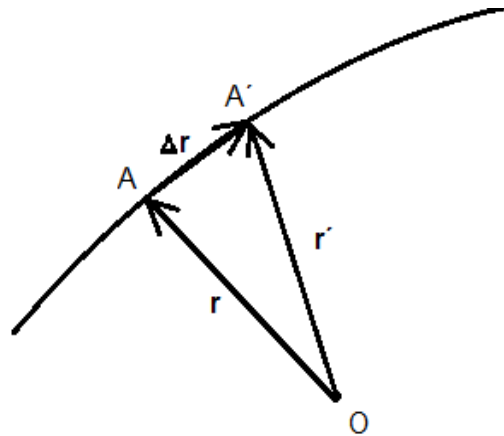


obr.3: ukázka grafu

Způsob zavedení rychlosti se od základní školy velmi liší. Rychlost hmotného bodu je veličina, která má velikost i směr. Jedná se tedy o vektor. Rychlost je definována pomocí změn polohového vektoru. Změna tohoto vektoru $\Delta \vec{r}$ je rozdílem dvou polohových vektorů, jak je patrné z obr.4 [6]. Tento rozdíl je dán vztahem (3):

$$\Delta \vec{r} = \vec{r}' - \vec{r} \quad (3)$$

kde \vec{r} a \vec{r}' jsou polohové vektory příslušné bodům A a A'.

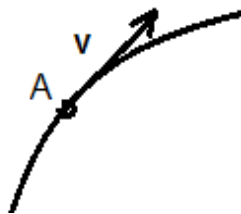


obr.4 změna polohového vektoru při změně polohy hmotného bodu [6]

V tuto chvíli by měla být zavedena rychlost jako derivace polohy podle času. Bohužel, znalosti studentů na tuto definici nestačí. Derivace je nahrazena podílem, kde jmenovatelem je velmi malý časový úsek. V čitateli je změna polohového vektoru také velmi malá (viz. vztah 4). Body přiřazené na kraje vektoru (A, A') tak určují tečnu k trajektorii (obr.5 [6]).

$$\vec{v} = \frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t}, \quad (4)$$

kde $\Delta \vec{r}$ je změna polohového vektoru a Δt změna času.



Obr.5 tečna k trajektorii [6]

Na základě tohoto odvození je zavedena okamžitá rychlost jako vektorová veličina, mající směr tečny k trajektorii. Tento směr je orientován směrem změny polohového vektoru.

Velikost okamžité rychlosti je poté podíl velikosti změny polohového vektoru a příslušného času.

$$|\vec{v}| = v = \frac{|\Delta \vec{r}|}{\Delta t} \quad (5)$$

kde $\Delta \vec{r}$ je změna polohového vektoru a Δt změna času.

Jelikož při skutečných situacích se velikost rychlosti pohybu obvykle mění, je i zde zavedena průměrná rychlost.

$$v_p = \frac{\Delta s}{\Delta t} \quad (6)$$

kde Δs je určitý úsek dráhy a Δt je k příslušný časový úsek.

Je třeba ještě zmínit jednotku rychlosti a její převod na obvykle užívanou variantu: jednotkou rychlosti je jeden metr za sekundu, v běžném životě je pak používán jeden kilometr za hodinu:

$$1 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 3,6 \frac{\text{km}}{\text{h}} \quad (7)$$

Podle rychlosti je pohyb i zde rozdělen na rovnoměrný a nerovnoměrný, kdy rovnoměrný je každý pohyb s konstantní rychlostí.

3.2. Běžně užívané pokusy a vhodné videosekvence

Při demonstrování rychlostí je dnes používána vzduchová dráha. Jedná se o soustavu propojitelnou s počítačem a jinými fyzikálními přístroji. Pořizovací cena těchto souprav je vysoká a nevyskytuje se příliš často (setkala jsem se s ní pouze na souvislé pedagogické praxi). Jistou alternativou jsou jednoduše vytvořitelné pomůcky. Z těchto důvodů je tento tématický celek velmi vhodný k vytvoření videosekvence. V běžném životě se setkáváme se všemi pojmy, kromě hmotného bodu. Promítání se může stát náhradou chybějících pomůcek.

První velkou skupinou, kterou můžeme vytvořit, jsou výuková videa. Krátké video dětem snadno objasní základní pojmy. Navíc je toto téma pro žáky přístupné díky jejich vlastním zkušenostem. Obsahem může být téměř cokoliv, co se týká pohybu, od ukázky trajektorie až po zrychlení a zpomalení tělesa.

Druhou skupinou jsou nonverbální úlohy. Příklad může být ve fyzice zadán mnoha způsoby, přičemž tištěné slovo není vždy nejvhodnější. Názorné zadání je vhodné zvláště na začátku učiva nebo na základní škole, kde si ještě žáci se slovním zadáním neumí poradit. Z vlastní pedagogické praxe vím, že žáci v sedmé třídě neumí správně určit veličinu ze zadání. Stává se, že netuší, co mají vlastně počítat. Na videu je jasně vidět co je dráha a co je čas.

Jako úkol pro studenty bych volila následující problémy:

- Jaký je rozdíl mezi trajektorií a dráhou?
- Může se těleso pohybovat a zároveň být v klidu?
- Ukažte různá rozdělení pohybů na situacích z běžného života.
- Vymyslete příklad a natočte jeho zadání.

Z vlastní praxe vím, že tato témata děti zvládnou, i když zpočátku neumí natočené situace správně pojmenovat. Je to první setkání s fyzikou na střední škole a byla by škoda ho nevyužít.

3.3 Realizovaná videosekvence

K tomuto tématu jsem natočila zadání dvou početních úloh. Jsou spojeny do jednoho videa a druhý příklad je o málo složitější. Videosekvenci je možné zařadit do výuky hned po zavedení vzorců pro výpočet rychlosti. Jelikož ve videu není zobrazen ani jeden výsledek, je ho možné použít i jako zadání písemné práce. Pokud nebudeme brát ohled na zadané hodnoty, můžeme i diskutovat o rovnoměrnosti zobrazených pohybů a rychlosti, kterou je třeba spočítat.

Obtížností jsou příklady zařaditelné do sedmé třídy základní školy a prvního ročníku školy střední.

3.3.1. Řešení zadaných úloh

Zadání k první části je následující: Dvě dívky běží vedle sebe po dráze dlouhé 50m (obr.6). Od vyběhnutí po překročení cíle uběhne 7,42s. Jakou průměrnou rychlostí se obě dívky pohybují? Výsledek vyjádřete v metrech za sekundu i kilometrech za hodinu.



Obr.6: výpočet rychlosti

Zápis: $s = 50\text{m}$

$t = 7,42\text{s}$

$$v = ? \frac{\text{m}}{\text{s}} = ? \frac{\text{km}}{\text{h}}$$

K výpočtu použijeme vzorec (1): $v = \frac{s}{t}$

Po dosazení: $v = \frac{50}{7,42}$

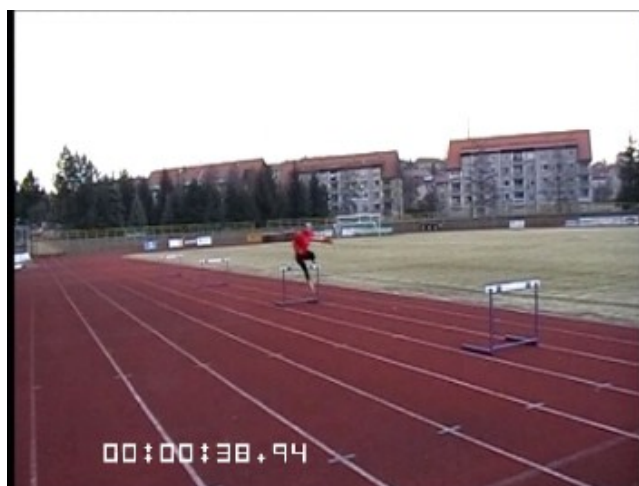
Výsledek: $v = 6,74 \frac{\text{m}}{\text{s}}$

Druhý požadovaný výsledek získáme vynásobením hodnotou 3,6:

$$v = 24,26 \frac{\text{km}}{\text{h}}$$

Obě děvčata běží rychlostí $24,26 \frac{\text{km}}{\text{h}}$.

Ve druhé části běží jedno z děvčat překážkový běh (obr.7). Na dráhu 40m vyběhne, když stopky ukazují 34,94s a doběhne v čase 40,58s. Také v tomto případě je úkolem vypočítat průměrnou rychlost děvčete.



Obr.7: překážkový běh

Zápis: $t_1 = 34,94\text{s}$

$t_2 = 40,58\text{s}$

$s = 40\text{m}$

$v = ? \frac{\text{m}}{\text{s}}$

Jelikož moment vyběhnutí běžkyně není počátkem odečítání času, je potřeba spočítat nejprve dobu pohybu.

$$t = t_2 - t_1$$

$$t = 40,58 - 34,94$$

$$t = 5,64\text{s}$$

K výpočtu nyní můžeme použít vzorec (1): $v = \frac{s}{t}$

Po dosazení:
$$v = \frac{40}{5,64}$$

Výsledek:
$$v = 7,09 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

I zde je vhodnější převést výsledek na kilometry za hodinu:

$$v = 25,53 \frac{\text{km}}{\text{h}} .$$

Přes překážky běžela dívka průměrnou rychlostí $25,53 \frac{\text{km}}{\text{h}}$.

3.4. Ověření v praxi

3.4.1. Vytvoření videosekvence

Tato videosekvence byla vytvořena ve spolupráci s žákyněmi z 1. základní školy v Sokolově. Obě žákyně navštěvují třídy, kde vyučují fyziku, proto je video samo součástí ověřování. Sportovní aktivity vybraly samy. Byly zvědavé, jak rychle dokáží běžet. Obě děvčata (a s nimi i skupina navštěvující fyzikální kroužek pod mým vedením) prokázala zlepšení v oblasti výpočtů rychlosti. V praxi si vyzkoušely, co jednotlivé pojmy znamenají. Dodnes prokazují výrazné zlepšení při určování veličin i ze slovního zadání.

3.4.2. Ověření videosekvence

Ověření proběhlo na 1. základní škole v Sokolově a gymnáziu ve Znojmě. V Sokolově byly zapojeny tři třídy sedmého ročníku (celkem 66 žáků), ve Znojmě byli zapojeni sedmáci základní školy, dále prváci a druháci školy střední.

Sokolov

V Sokolově proběhlo ověření ve třech třídách. Jelikož v těchto třídách vyučuji, byly úlohy zařazeny do běžné opakovací hodiny pokaždé jiným způsobem.

V **7.A** (23 žáků) proběhla hodina v následující posloupnosti:

- zahájení hodiny: zápis do třídní knihy, seznámení žáků s náplní hodiny
 - časová dotace: 3 minuty
- opakování vzorců a zákonitostí: pojmy trajektorie, dráha, rychlost, příslušné jednotky a vztahy
 - časová dotace: 10 minut
- ukázka vzorového řešení příkladu: součásti řešení (zápis, vzorec, výpočet, odpověď)
 - časová dotace: 7 minut
- procvičování úloh: příklady na výpočet rychlosti, dráhy a doby pohybu. Mezi řešenými úlohami se vyskytly i velmi podobné videosekvenci.
 - Časová dotace: 20 minut
- závěr hodiny: zopakování poznatků a postupu řešení fyzikální úlohy
 - časová dotace: 5 minut

Na počátku následující hodiny byla zadána písemná práce pomocí videosekvence. Výsledky této práce byly mírně lepší než při slovním zadání. Žáci jsou zvyklí na různé vyučovací metody. Videosekvence ve výuce je tudíž nepřekvapila. Reagovali na ni kladně.

Druhá hodina proběhla v **7.B** (22 žáků). Průběh hodiny byl velmi podobný, jen při procvičování úloh byla použita videosekvence. Žáci byli po procvičení jistější a zvládli bez problémů následující slovně zadané úlohy. Na začátku další hodiny byla zadána písemná práce obsahující příklady velmi podobné úlohám z videosekvence. Do opakování se zde zapojovali i žáci, kteří se obvykle drží v ústraní v důsledku vývojových poruch učení (většinou

dyslexie). Především tito žáci mívají problémy s písemným zadáním úloh a rozpoznáváním potřebných veličin.

Třetí třídou je **7.C** (21 žáků). U těchto žáků bylo procvičení i písemná práce zadány slovně. Úspěšnost se příliš nelišila. Děti navštěvující tuto třídu se do výuky obvykle nezapojují. Navíc je zde poměrně velká skupina dětí s učitelskými a výchovnými problémy.

Znojmo

Videosekvence byly vyzkoušeny také na znojemském gymnáziu v sekundě osmiletého gymnázia, prvním ročníku a také v druhém ročníku jako opakování. Průběh hodin se řídil již zmíněným rozvrhem.

Podle vyučující v dané sedmé třídě byla videosekvence pro děti velmi motivační. Oproti obvyklým hodinám byli žáci komunikativnější a prostředí ve třídě bylo příjemnější. Při následném testování se výsledky třídy výrazně nelišily od předchozích.

Během výuky v prvním ročníku byli studenti při použití videosekvence více zaujatí a lépe reagovali než paralelní třída, kde video použito nebylo. V písemné práci dopadli pak třídy podobně. Dle záznamů vyučující byly výsledky třídy s promítáním znatelně lepší než v předchozích testech a to i při porovnání s výsledky minulého roku.

4. Mechanika tuhého tělesa

4.1. Didaktický rozbor

Na základní škole je toto téma zařazeno jen okrajově do tématického celku zabývajícího se silami. Děti se nejprve seznamují se silou a definují si ji jako vzájemné působení těles. Následně se učí sílu měřit a seznamují se s jejím vektorovým charakterem. Ačkoli na základní škole není vektor zaveden, říkají si, že síla má nejen velikost, ale i směr. Také zjišťují, že síla je definována svou velikostí, směrem a také působištěm.

V souvislosti s těmito poznatky se učí síly skládat. Nejprve se jedná o síly rovnoběžné, které mají stejné působiště. Jako poslední se zavádějí síly různých směrů [5].

Jako první sílu, pro kterou je zaveden vzorec, poznávají sílu tíhovou F_G . V novějších učebnicích je vysvětlen rozdíl mezi silou tíhovou a gravitační. Je zde dokonce i odvození pomocí souvislosti se silou odstředivou [5]. Bohužel, takto pojatá látka je mnohdy mimo aktuální možnosti žáků. Přitom se jen okrajově seznámí s tíhovým zrychlením, které se objevuje v mnoha následujících vzorcích.

Tíhová síla je tedy zavedena vztahem:

$$F_G = m \cdot g \quad , \quad (8)$$

kde m je hmotnost tělesa a g je tíhové zrychlení. Na základní škole se používá tato konstanta s hodnotou $g = 10 \frac{\text{N}}{\text{kg}}$, na střední škole je pro větší přesnost používána číselná hodnota $9,81 \frac{\text{N}}{\text{kg}}$.

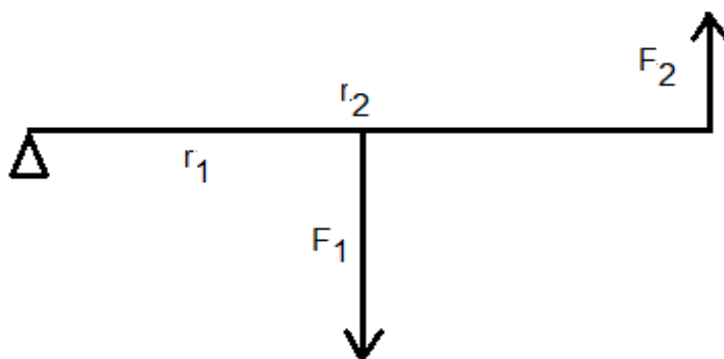
Na konci učiva o síle je zavedeno těžiště tělesa. Děti se dozví, že se jedná o hmotný střed tělesa a naučí se určovat jeho polohu. Zjišťují, co je to rovnováha tělesa.

Zaveden je také moment sil M , jako veličina popisující míru otáčivého účinku síly. Dozví se, že tato veličina závisí na velikosti síly F a poloze jejího působíště. Rameno síly r je určeno jako velikost kolmice z osy otáčení na přímkou obsahující uvažovanou sílu. V příkladech je počítána pouze páka, kde je síla kolmá na rameno. Je zaveden vzorec:

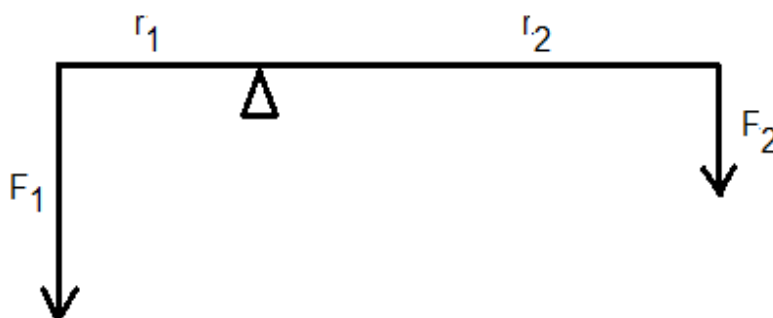
$$M = F \cdot r \quad , \quad (9)$$

kde F je velikost působící síly a r velikost ramene síly.

Páka je uvedena jednozvratná i dvojitá. U jednozvratné páky je osa otáčení na jednom z jejích konců a všechny působící síly jsou na jediném rameni (obr.8a). Dvojitá páka má síly na opačných ramenech a osa otáčení je mezi nimi (obr.8b).



a: jednozvratná páka

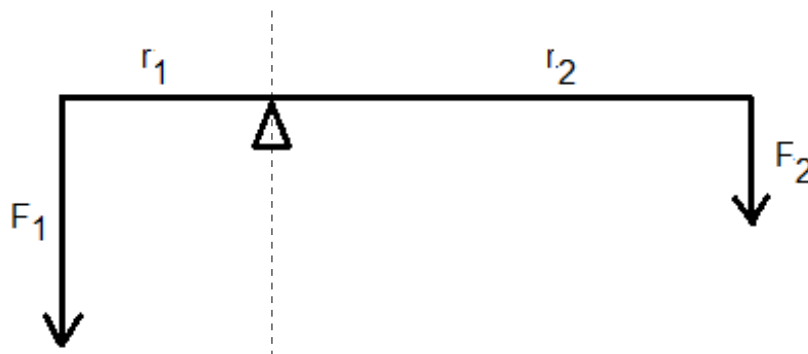


b: dvojitá páka

obr.8: druhy páky

Pro jednoduchost a snadné počítání jsou obvykle zadány pouze dvě síly. U jednozvrtné páky jsou opačného směru, u dvojitvrtné jsou stejného směru na opačných koncích páky. V obou případech je nejčastějším úkolem zjistit, zda je uvedená páka v rovnováze, popř. dopočítáváme některý z chybějících údajů tak, aby rovnováha nastala. K výpočtu je potřeba znát podmínky rovnováhy sil: výslednice i moment sil musí být nulové [5].

Při výpočtu postupujeme podle obr.9:



$$M_1 = M_2$$

$$F_1 \cdot r_1 = F_2 \cdot r_2$$

obr.9: výpočet hodnot na dvojitvrtné páce

Na střední škole je již toto učivo probíráno samostatně v tématickém celku mechanika tuhého tělesa.

Nejprve je zaveden pojem tuhého tělesa, jako ideálního modelu. Je to těleso, u kterého nedochází k deformaci tvaru ani objemu při působení libovolně velkých sil [6]. Toto těleso na silové působení reaguje posuvným pohybem (translací) nebo otáčivým pohybem (rotací), popř. jejich kombinací.

Dále se zabýváme jen pohybem otáčivým kolem pevné, nehybné osy. Studenti mají zavedenu veličinu, o které již slyšeli na základní škole, moment síly M vzhledem k ose otáčení. Také na střední škole uvažujeme síly kolmé k ose otáčení. Moment síly je přiřazen k vektorovým veličinám. Velikost závisí na velikosti, směru a působišti dané síly. Určuje otáčivý účinek této síly

na těleso. Vztah pro výpočet velikosti momentu síly zůstává ve tvaru $M = F \cdot d$, kde F je velikost působící síly a d je rameno síly.

Děti se poprvé na střední škole setkávají s pravidlem pravé ruky. V tomto případě určuje směr momentu síly a říká: přiložíme-li pravou ruku k otáčejícímu se tělesu tak, aby prsty ukazovali směr otáčení. Poté ukazuje vztyčený palec směr momentu sil.[6]

Na střední škole se již nemusíme omezovat jen na působení dvou sil na různých ramenech. Sil může působit i více. Studenti si říkají, že výsledný moment sil \vec{M} je vektorovým součtem momentů všech sil působících na těleso vzhledem k dané ose [6]. Vztah je zapsán ve tvaru

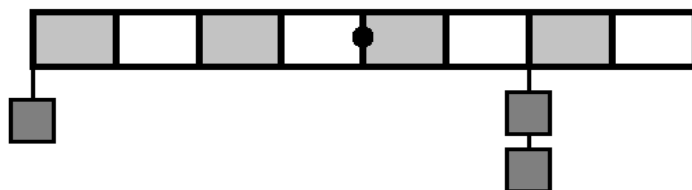
$$\vec{M} = \vec{M}_1 + \vec{M}_2 + \dots + \vec{M}_n, \quad (10)$$

kde $\vec{M}_1, \vec{M}_2, \dots, \vec{M}_n$ jsou momenty jednotlivých sil $\vec{F}_1, \vec{F}_2, \dots, \vec{F}_n$. Síly mohou mít různý směr, který je vektorový součet schopen zohlednit. Platí také momentová věta: Tuhé těleso otáčivé kolem pevné osy je v rovnováze, je-li vektorový součet momentů všech působících sil vzhledem k ose otáčení nulový (vztah 11).

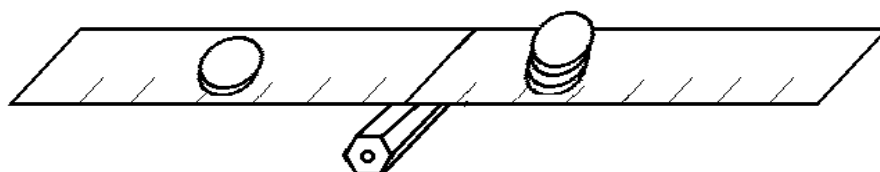
$$\vec{M} = \vec{M}_1 + \vec{M}_2 + \dots + \vec{M}_n = 0 \quad (11)$$

4.2. Běžné užívané pokusy a vhodné videosekvence

Souprava pro demonstraci pokusů obsahující momentový kotouč a páky všech možných rozměrů se nachází v kabinetu téměř každé školy. Tato souprava je velmi přehledná. Děti jasně vidí, jak dlouhé je rameno páky a kolik závaží bylo na pomůcku zavěšeno (obr.8a). Při demonstraci rovnováhy na páce je možné použít i pomůcky z batohů dětí. Stačí pravítko, tužka a několik mincí pro zajímavě vypadající pokus [8], který zvládnou snadno i samy děti (obr.11b).



a.: demonstrace pomocí soupravy



b: demonstrace pomocí pravítka a mincí

obr.11: demonstrace rovnováhy na páce

Další vhodnou pomůckou je momentový kotouč, kde můžeme dětem ukázat, co je to dvojice sil.

V tomto případě jsou videosekvence vhodné jen jako doplnění učiva. Vytvořit pomůcku, na kterou si mohou děti sáhnout, je jednoduché a účinné. Proč používat video, když mohou studenti zavěšovat závaží nebo posunovat mince. Problém nastane ve chvíli, kdy začneme počítat příklady. Ačkoliv s výpočty nemají děti velký problém, neumí nakreslit správný obrázek.

Volila bych videosekvenci trochu jiného charakteru. Na natáčení by se měli podílet studenti i vyučující. Zvláště u mladších dětí se mi tento postup osvědčil. Problém zní: najděte jakoukoliv páku a zkuste jí vyvážit.

4.3. Vytvořená videosekvence

Videosekvence patří k této kapitole je natočena na dětském hřišti. Jedná se o zadání příkladů. Na dětské houpačce sedí dvě nebo tři děti v různých vzdálenostech od středu a úkolem je spočítat pokaždé jeden

chybějící údaj. Na začátku je krátce zopakováno: páka je v rovnováze, pokud se momenty sil na jejích ramenech rovnají.

Jedná se o video vhodné k opakování páky na základní škole nebo v nižším ročníku víceletého gymnázia. Na střední školu bych ho zařadila k momentu sil vzhledem k ose otáčení jako opakování látky ze základní školy nebo jednoduché příklady momentové věty. Jelikož materiál obsahuje výsledky není vhodný k zadání písemné práce, ale k samostatné práci nebo práci ve dvojicích.

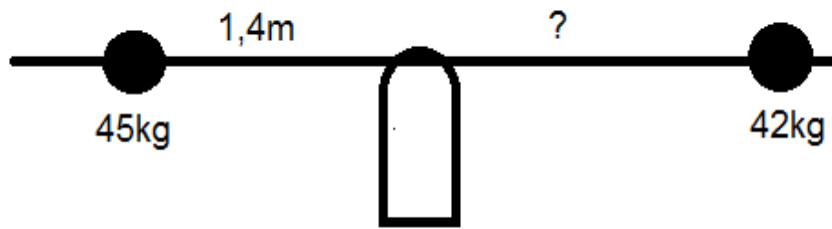
4.3.1. Řešení zadaných úloh

1. na houpačce tvořené kulatinou podepřanou v půlce sedí děti (obr.12). První dívka je od středu vzdálená 1,4m a váží 45kg. Druhá dívka váží 42kg. Jak daleko od středu sedí druhá dívka?



Obr.12: rovnováha na páce

Náčrt:



Zápis: $m_1 = 45\text{kg}$

$r_1 = 1,4\text{m}$

$m_2 = 42\text{kg}$

$r_2 = ? \text{ m}$

Použitý vztah a jeho odvození:

$$M_1 = M_2$$

použijeme vztah (9)

$$F_1 \cdot r_1 = F_2 \cdot r_2$$

zde využijeme vztah (8)

$$m_1 \cdot g \cdot r_1 = m_2 \cdot g \cdot r_2 \quad /: g$$

$$m_1 \cdot r_1 = m_2 \cdot r_2$$

$$r_2 = \frac{m_1 \cdot r_1}{m_2}$$

Po dosazení: $r_2 = \frac{45 \cdot 1,4}{42}$

Výsledek: $r_2 = 1,5 \text{ m}$

Druhá dívka si musí sednout 1,5m od místa podepření houpačky.

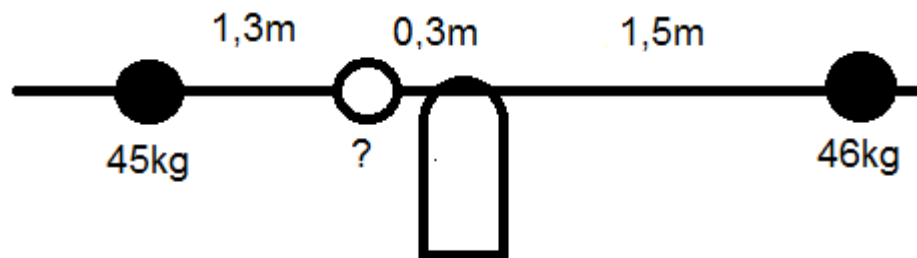
2. Na jedné straně houpačky sedí dvě děvčata, první sedí ve vzdálenosti 1,3m od středu a váží 45kg, druhé na stejné straně 0,3m od středu a jeho hmotnost neznáme. Na druhé straně sedí třetí dívka o hmotnosti 46kg ve vzdálenosti 1,5m (obr.13).

Jaká je hmotnost druhé dívky?



Obr.13: momentová věta

Náčrt:



Zápis: $m_1 = 45\text{kg}$
 $r_1 = 1,3\text{m}$
 $m_2 = ? \text{ kg}$
 $r_2 = 0,3\text{m}$
 $m_3 = 46\text{kg}$
 $r_3 = 1,5\text{m}$

Použitý vztah a jeho odvození: na jedné straně sedí děvčata dvě, proto momenty jejich tíhových sil musíme sečíst. Tento součet se musí rovnat momentu tíhové síly třetí dívky.

$$M_1 + M_2 = M_3$$

použijeme vztah (9)

$$F_1 \cdot r_1 + F_2 \cdot r_2 = F_3 \cdot r_3$$

nyň vztah (8)

$$m_1 \cdot g \cdot r_1 + m_2 \cdot g \cdot r_2 = m_3 \cdot g \cdot r_3$$

$$g \cdot (m_1 \cdot r_1 + m_2 \cdot r_2) = g \cdot m_3 \cdot r_3$$

$$m_1 \cdot r_1 + m_2 \cdot r_2 = m_3 \cdot r_3$$

$$m_2 \cdot r_2 = m_3 \cdot r_3 - m_1 \cdot r_1$$

$$m_2 = \frac{m_3 \cdot r_3 - m_1 \cdot r_1}{r_2}$$

Po dosazení:
$$m_2 = \frac{46 \cdot 1,5 - 45 \cdot 1,3}{0,3}$$

Výsledek:
$$m_2 = 35 \text{ kg}$$

Dívka sedící nejbliže ke středu houpačky má hmotnost 35kg.

4.4. Ověření v praxi

4.4.1. Vytvoření videosekvence

Videosekvence vznikla jako výsledek nápadu dětí sedmého ročníku základní školy. Jelikož nerozuměli zadání slovních úloh zabývajících se rovnováhou na páce, chtěli si to jít vyzkoušet. Na začátku nejprve změřili houpačku (častá formulace v příkladu: houpačku tvoří prkno 4m dlouhé, podepřené uprostřed) a poté se jí v různých skupinkách snažili vyvážit.

V praxi si tak vyzkoušeli, že těžší se musí posunout blíže středu. Ačkoliv jsme měli napočítáno spoustu příkladů a všechno jsme několikrát vysvětlovali, trvalo natáčení tohoto videa nejdéle ze všech. Ovšem při dalším zkoušení znalostí měla skupina, která natáčela na hřišti, znatelně lepší výsledky než při předchozí písemné práci.

4.4.2. Ověření videosekvence

Sokolov

Videosekvence byla vyzkoušena ve dvou třídách sedmého a dvou třídách osmého ročníku. Postup při průběhu hodiny:

- zahájení hodiny: zápis do třídní knihy, seznámení žáků s náplní hodiny
 - časová dotace: 4 minuty
- opakování základních vztahů a zákonitostí: rovnováha, moment síly, tíhová síla, páka, příslušné vztahy a vzorce
 - časová dotace: 15 minut
- procvičování příkladů a slovních úloh: ukázka postupu řešení fyzikální úlohy, procvičení pomocí slovního zadání, popř. videosekvence
 - časová dotace: 20 minut
- zopakování poznatků a postupu řešení, závěr hodiny
 - časová dotace: 6 minut

Videosekvence byla zařazena do výuky dvou ročníků. V sedmé třídě navazovala přímo na probrání příslušné látky, osmou třídu čekalo opakování znalostí.

V každém ročníku vždy jedna třída opakovala za použití natočeného materiálu a druhá zkoušela jen slovní zadání. Promítání proběhlo v 7.A a 8.B. Druhá úloha videosekvence byla použita jako doplňková, jelikož momentová věta není na základní škole probírána.

Ve třídách, kde proběhlo promítání, byla úspěšnost následného testu vyšší, žáci se snažili více spolupracovat a neměli výrazný problém s příslušným obrázkem.

Znojmo

Na gymnáziu ve Znojmě byla videosekvence zařazena do výuky sedmého a osmého ročníku ZŠ a druhého ročníku SŠ.

Žáci sedmého ročníku měli při probírání látky s tématem problémy. Dle jejich vlastního pocitu byla výuka s videosekvencí zajímavější a mnohem názornější než kreslení obrázků na tabuli. V následném testování prokázali větší porozumění látce než v předchozích testech.

V osmé třídě byli žáci při opakování komunikativní a v látce se dobře orientovali, což potvrdil i následující test. Po použití videosekvence se je jejich úspěšnost mírně zlepšila.

Studenti druhého ročníku reagovali na videosekvenci také kladně, jen do opakování se zapojovali pomalu a bez velkého nadšení. Při písemné práci dosáhli přibližně stejných výsledků jako při probírání látky.

5. Pohyby v homogenním tíhovém poli Země

5.1. Didaktický rozbor

Jelikož tato látka patří mezi téma zabývající gravitačním polem, je třeba říci, že se budeme zabývat jen těmi pohyby, které mají vzhledem k rozměrům Země zanedbatelně velkou trajektorii. V těchto případech můžeme tíhové pole považovat za homogenní. Dále budeme uvažovat, že nepůsobí žádná odporová síla vzduchu. Zabývat se budeme jen tíhovou silou \vec{F}_G .

Mezi těmito pohyby je nejjednodušší volný pád. Studenti se s ním seznamují ve stejném ročníku v učivu o pohybech těles, proto je zde nejvhodnější navázání. Jedná se o pohyb rovnoměrně zrychlený s nulovou počáteční rychlostí a tíhovým zrychlením g . Pohyb tělesa končí dopadem na zem a jeho další pohyb zde neuvažujeme. Děti odvozují vzorec pro okamžitou rychlost a dráhu tohoto pohybu podle vzorců patřící ke zrychlení. Pro velikost okamžité rychlosti platí vztah:

$$v = g \cdot t, \quad (11)$$

kde g je velikost tíhového zrychlení (na střední škole je většinou užívaná

hodnota $9,81 \frac{\text{N}}{\text{kg}}$) a t je doba pohybu tělesa.

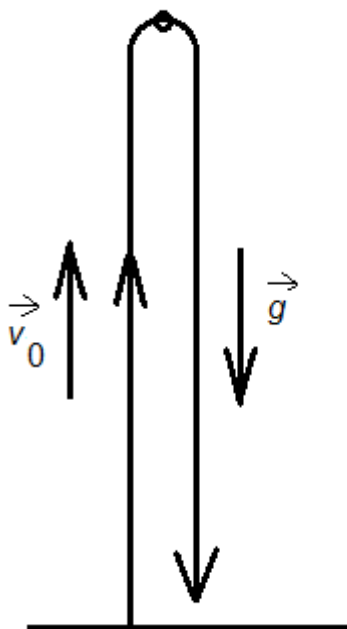
Dráha tělesa se poté určí pomocí vztahu obsahujícího stejné veličiny:

$$s = \frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2. \quad (12)$$

Následně je tělesu udělena počáteční rychlost \vec{v}_0 . Těleso tak začne konat dva pohyby zároveň. Jedním z nich je vždy volný pád, jelikož k zemi jsou všechna tělesa přitahována. Druhým pohybem je rovnoměrný přímočarý pohyb ve směru rychlosti \vec{v}_0 . [6] Složením těchto dvou pohybů vzniká nový, kterému říkáme vrh tělesa. S tímto zavedením se běžně seznamují studenti v prvním ročníku čtyřletého nebo v kvintě osmiletého gymnázia.

Vrhy se v prvním ročníku na střední škole probírají tři: svislý vrh vzhůru, vodorovný vrh a šikmý vrh vzhůru.

Prvním probíraným a také nejjednodušším vrhem je svislý vrh vzhůru.



Jeho reálnou ukázkou je vyhození míče přímo nad hlavu nebo, což je náš případ, některé prvky v sestavách mažoretek. Směr počáteční rychlosti \vec{v}_0 je u tohoto pohybu opačný ke směru tíhového zrychlení (viz. obr.14). V první části pohybu bude těleso stoupat vzhůru, okamžitá rychlost se postupně zmenší až na nulu. Zde se jedná o pohyb rovnoměrně zpomalený. Při nulové okamžité rychlosti bude těleso v nejvyšším bodě své trajektorie, následně se těleso vrací zpět volným pádem.

obr.14 vodorovný vrh vzhůru

Snažíme se, aby vzorce odvodili sami studenti. Jestliže se těleso pohybuje směrem vzhůru, je velikost jeho počáteční rychlost zmenšována v závislosti na čase a tíhovém zrychlení:

$$v = v_0 - g \cdot t \quad , \quad (13)$$

kde v_0 je počáteční rychlost, g tíhové zrychlení a t doba pohybu tělesa.

U pohybu nás také zajímá, jak vysoko se těleso aktuálně nachází. Studenti jsou si schopni ze svých znalostí a předešlého vzorce určit vztah pro okamžitou výšku vrhu:

$$y = v_0 \cdot t - \frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2 \quad , \quad (14)$$

kde v_0 je počáteční rychlost, g tíhové zrychlení a t doba pohybu tělesa. První část vzorce odpovídá dráze tělesa, které se pohybuje rovnoměrným pohybem, druhá část je poté dráha volného pádu.

Ve chvíli, kdy se těleso dostane do své maximální výšky, je počáteční rychlost \vec{v}_0 nulová. Odtud lze odvodit dobu výstupu, po dosažení do předchozího vzorce i výšku vrhu:

$$t_h = \frac{v_0}{g} \quad \dots \text{doba výstupu} \quad (15)$$

$$h = \frac{v_0^2}{2 \cdot g} \quad \dots \text{výška vrhu} , \quad (16)$$

kde v_0 je počáteční rychlost a g tíhové zrychlení.

Následně se děti seznamují s vodorovným vrhem. Zde je směr počáteční rychlosti \vec{v}_0 rovnoběžný s podložkou. V běžném životě se s tímto vrhem setkáme ve sportu (např. tenisové podání) nebo i nádrže na vodu (při jejím vypouštění).

Tento vrh se neskládá ze dvou rovnoběžných pohybů opačného směru jako v předešlém případě. Zde se volný pád skládá s pohybem k němu kolmým. Výsledný pohyb opisuje druhou část paraboly, vrchol této křivky je v místě vrhu. Chceme-li znázornit tento pohyb grafem (obr.10), budeme na osu x nanášet aktuální délku vrhu (těleso se pohybuje rovnoměrným pohybem), tedy:

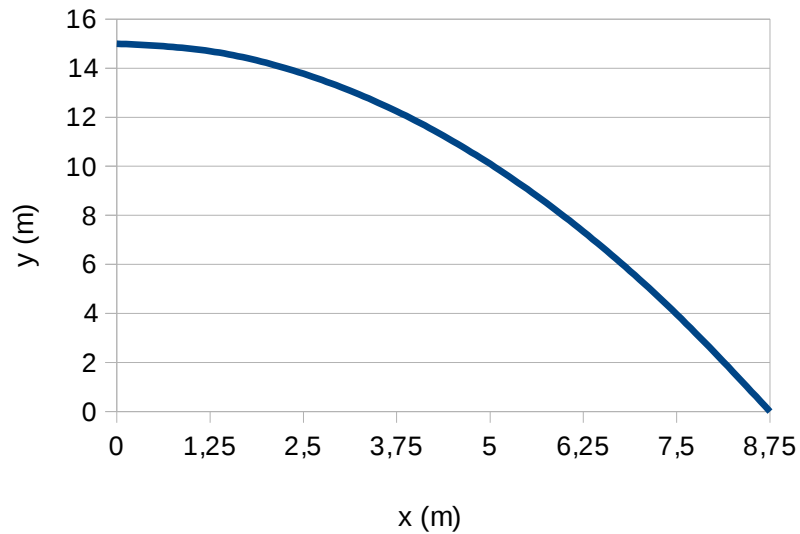
$$x = v_0 \cdot t , \quad (17)$$

kde v_0 je počáteční rychlost a g tíhové zrychlení. Na ose y zobrazíme okamžitou výšku vrhu, jako rozdíl počáteční výšky h a dráhy volného pádu vykonaného tělesem:

$$y = h - \frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2 , \quad (18)$$

kde v_0 je počáteční rychlost, g tíhové zrychlení a h počáteční výška. Na obr.15 je tento graf vytvořen pro počáteční výšku $h = 15\text{m}$ a počáteční

rychlost $v_0 = 5 \frac{\text{m}}{\text{s}}$.



obr.15 poloha tělesa při vodorovném vrhu

Celkovou délku vrhu určíme ve chvíli, kdy těleso dopadne na zem. Okamžitá výška klesne na nulovou hranici. Odtud můžeme odvodit vztah pro délku vrhu:

$$0 = h - \frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2$$

$$h = \frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2$$

$$t_d = \sqrt{\frac{2 \cdot h}{g}} \quad , \quad (19)$$

kde h je počáteční výška a g tíhové zrychlení. Dosazením do vzorce pro x získáme vztah pro délku vrhu d :

$$d = v_0 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot h}{g}} \quad . \quad (20)$$

Posledním z probíraných vrhů je šikmý vrh vzhůru. Směr udané rychlosti \vec{v}_0 svírá s vodorovnou podložkou elevační úhel α . Tento úhel uvažujeme v intervalu $(0^\circ; 90^\circ)$. Jestliže se úhel rovná dolní hranici, jedná se o vrh vodorovný. V horní hranici probíhá vrh svislý vzhůru. Z tohoto důvodu jsou krajní hodnoty z intervalu vyřazeny.

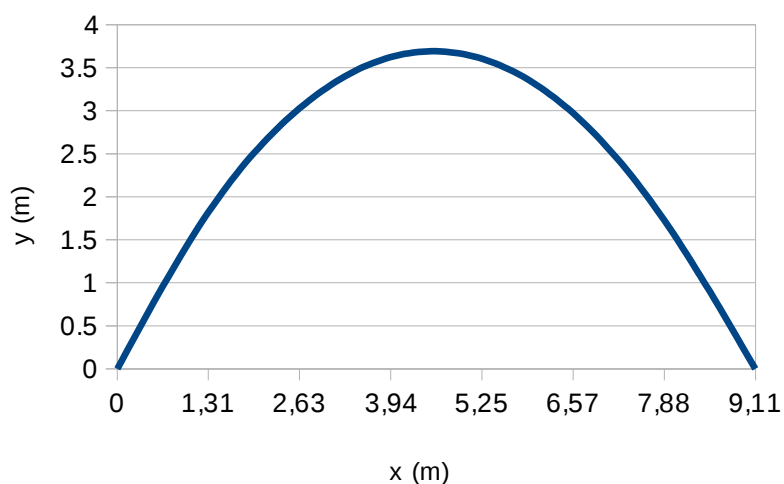
Výsledným pohybem tohoto vrhu je parabola, jejíž vrchol je v nejvyšším bodě trajektorie. Ve vztazích pro délku a výšku vrhu musíme zohlednit elevační úhel α :

$$x = v_0 \cdot t \cdot \cos \alpha \quad (21)$$

$$y = v_0 \cdot t \cdot \sin \alpha - \frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2 \quad (22).$$

kde v_0 je počáteční rychlost, g tíhové zrychlení, t doba pohybu tělesa a α elevační úhel. Okamžitou polohu hmotného bodu poté můžeme určit z grafu. Na

obr.16 je tento graf vytvořen pro počáteční rychlost $v_0 = 5 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ a elevační úhel $\alpha = 45^\circ$.



obr.16 poloha tělesa při šikmém vrhu vzhůru

Následně jsou dříve spíše napsány než odvozeny vztahy pro dobu vrhu a délku vrhu:

$$t_d = 2 \cdot v_0 \cdot \frac{\sin \alpha}{g} \quad (23)$$

$$d = \frac{v_0^2 \cdot \sin 2\alpha}{g} \quad (24)$$

kde v_0 je počáteční rychlost, g tíhové zrychlení, t doba pohybu tělesa a α elevační úhel.

Tento vrh je v běžném životě nejběžnějším, ovšem jeho trajektorie je působením odporových sil více zakřivena. Jedná se o tzv. Balistickou křivku.

5.2. Běžně užívané pokusy a vhodné videosekvence

Demonstraci těchto pohybů můžeme provést jednoduše pomocí injekční stříkačky s obarvenou vodou. Postavíme se k tabuli, nastavíme stříkačku požadovaným směrem a stiskneme píst. Voda zanechá na tabuli stopu odpovídající požadovanému vrhu.

Ačkoli toto téma vypadá v mnoha bodech složitě, není těžké natočit vhodná videa. Reálné obrazy probírané látky znají děti z běžného života a tudíž je vhodným návrhem i pro ně. Natočený materiál může vzniknout jako odpověď na některou z následujících otázek:

- Jaký je vizuální rozdíl mezi probíranými vrhy?
- Jak se odlišuje svislý vrh vzhůru a volný pád?
- Je doba výstupu svislého vrhu vzhůru stejná jako doba následného pádu?
- Kde kolem sebe můžete nalézt příklady vrhů? Dokážete je od sebe odlišit?
- Při jakém elevačním úhlu je vzdálenost k místu dopadu nejdelší?

5.3. Realizované videosekvence a jejich ověření

K tomuto tématickému celku náleží 3 videosekvence. Jedna z nich je výuková a jejím úkolem je rozlišení vrhů na základě jejich elevačních úhlů (obr.17). Jedná se o tři různé situace z nichž dvě jsou z tenisového prostředí, třetí je zobrazením cvičebního prvku mažoretek. V tenise jde o dva různé způsoby podání: šikmý vrh vzhůru a vodorovný vrh. Mažoretka předvádí svislý vrh vzhůru. Ve všech případech je snímek zastaven a zobrazen příslušný úhel. Tato videosekvence má praktické využití při probírání nebo opakování daných vrhů. Na pohled je srozumitelná a názorná.



Obr.17: tenisové podání

Druhou videosekvencí je výpočet odrazové rychlosti při skoku do dálky. Slovní zadání úlohy: Skokanka do dálky se po rozběhu odrazila pod úhlem 30° . Určete její odrazovou rychlost, víte-li, že doskočila do vzdálenosti 3,5m.(obr.18)



obr.18: skok do dálky

Zápis: $d = 3,5\text{m}$

$\alpha = 30^\circ$

$v_0 = ? \frac{\text{m}}{\text{s}}$

Potřebný vzorec (24):
$$d = \frac{v_0^2 \cdot \sin 2\alpha}{g}$$

Požadovanou veličinu v_0 si musíme nejprve vyjádřit pomocí několika jednoduchých matematických úprav. Dostaneme vztah:

$$v_0 = \sqrt{\frac{d \cdot g}{\sin 2\alpha}}$$

Po dosazení:
$$v_0 = \sqrt{\frac{3,5 \cdot 9,81}{\sin 2 \cdot 30^\circ}}$$

Výsledek:
$$v_0 = 6,30 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

pro lepší názornost

$$v_0 = 22,68 \frac{\text{km}}{\text{h}}$$

Počáteční rychlost skokanky byla $22,68 \frac{\text{km}}{\text{h}}$.

Tento materiál je vhodné zařadit do jakékoliv části výuky po probrání příslušných vzorců. Jelikož videosekvence neobsahuje výsledek úlohy, je možné ji použít jako rychlé zadání písemky.

Třetí videosekvence je rozdělena na dvě části. Jedná se o zadání dvou příkladů na stejné téma. V obou případech potřebujeme stejný vzorec, proto je vhodné ho nejprve odvodit:

K odvození potřebujeme dva vzorce, se kterými se děti běžně seznamují při probírání svislého vrhu vzhůru, jedná se o výšku výstupu (16) a dobu výstupu (15):

$$h = \frac{v_0^2}{2 \cdot g} \qquad t_h = \frac{v_0}{g}$$

v obou vztazích je v_0 počáteční rychlost a g velikost tíhového zrychlení.

Ve videu se jedná o výpočet doby výstupu tyče, proto je třeba mít známé hodnoty ve vzorci pro výpočet t_h . Počáteční rychlost není známá, proto ji úpravami odstraníme:

ze vzorce (16) pro výšku výstupu si vyjádříme počáteční rychlost

$$v_0^2 = 2 \cdot h \cdot g$$

$$v_0 = \sqrt{2 \cdot h \cdot g}$$

a do potřebného vzorce dosadíme

$$t_h = \frac{\sqrt{2 \cdot h \cdot g}}{g}$$

$$t_h = \sqrt{\frac{2 \cdot h \cdot g}{g^2}}$$

$$t_h = \sqrt{\frac{2 \cdot h}{g}}$$

K výpočtu zadaných příkladů budeme používat poslední uvedený tvar vzorce.

K prvnímu z příkladů patří následující slovní zadání: Mažoretka při své sestavě vyhazuje tyč pod kolenem (obr.19). Ta vystoupí do výšky 2,5m a následně padá k zemi. Urči dobu výstupu tyče.



Obr.19: mažoretka 1

Zápis: $h = 2,5\text{m}$
 $t_h = ?\text{s}$

Použitý vzorec: $t_h = \sqrt{\frac{2 \cdot h}{g}}$

Po dosazení: $t_h = \sqrt{\frac{2 \cdot 2,5}{9,81}}$

Výsledek: $t_h = 0,71 \text{ s}$

Tyč stoupala 0,71s.

Bohužel, vzhledem k hodnotě výsledku ho není možné ověřit pomocí stopek.

V druhé části vyhazuje mažoretka tyč nad hlavou (obr.20) a tyč dosáhne výšky 3,5m. Jak dlouho stoupala tyč v tomto případě?



Obr.20: mažoretka

Zápis: $h = 3,2\text{m}$
 $t_h = ?\text{s}$

Použitý vzorec: $t_h = \sqrt{\frac{2 \cdot h}{g}}$

Po dosazení:

$$t_h = \sqrt{\frac{2 \cdot 3,2}{9,81}}$$

Výsledek: $t_h = 0,81 \text{ s}$

V tomto případě stoupala tyč 0,81s.

Při použití této videosekvence je pro děti nejtěžší vytvořit si potřebný vzorec. Tuto skutečnost potvrdilo i ověření videa u studentů. K výpočtu je jim poskytnuto jen jedno číslo. Což, jak jim říká zkušenost, je trochu málo.

Obě tyto skutečnosti zařazují příklady do výuky až jako opakování probraného učiva.

5.4. Ověření videosekvence v praxi

5.4.1. Vytvoření videosekvence

V tomto případě nevznikla videosekvence jako výsledek nápadu žáků, ale přesto se podíleli na jejím natočení. Při tenisovém tréninku jsme zkusili změny elevačního úhlu α při různém nastavení tenisové rakety při podání. Vzhledem k věku žáků nemělo natáčení velký vliv na jejich aktuální znalosti.

5.4.2. Ověření videosekvence

Toto téma bylo zařazeno do výuky pouze na gymnáziu ve Znojmě. V prvním ročníku střední školy bylo použito k výkladu příslušných vrhů a v druhém ročníku proběhlo opakování dané látky.

V prvním ročníku byly videosekvence použity ve dvou hodinách. V první studenti probírali a opakovali příslušné vrhy, druhá hodina se zabývala početními úlohami. V první hodině bylo zřejmé, že se studenti v probírané látce dobře orientují. Při použití videosekvence dokázali sami doplňovat další

zákonitosti a početní vztahy. V počítání příkladů byli zpočátku nejistí a na videosekvenci obsahující úlohy na svislý vrh vzhůru reagovali zpočátku velmi negativně. Přesto byli zadané úlohy správně vyřešeny. V následné diskusi děti ocenily názornost videí, přesto se pozastavili nad obtížností některých úloh.

V druhém ročníku proběhly opakovací hodiny zcela v pořádku a studenti spočetli všechny zadané úlohy. Třída bez promítání zprvu reagovala pomaleji, čtení a rozebrání úloh je zdrželo. V testování dosáhly obě třídy velmi podobných výsledků, v diskusi videosekvence ocenili a vyjádřili přání také něco takového zkusit.

6. Matematické kyvadlo

6.1. Didaktický rozbor

Na základní škole se kyvadlo ani oscilátor neprobírají. Děti se setkávají s kmitáním a vlněním v osmé třídě při probírání zvuku. S periodou a frekvencí se seznámí v devátém ročníku u střídavého proudu.

Na střední škole se jedná o obsáhlý celek kmitání a vlnění zařazený do třetího ročníku. U kmitání se dozví, že se jedná o periodický děj, u kterého sledujeme časový průběh. Příslušné grafy se učí rýsovat a zjišťují, že časový průběh kmitavého pohybu má podobu sinusoidy.

Dále si kmitání rozdělí na tlumené a netlumené. U druhého jmenovaného nedochází ke ztrátám energie při pohybu tělesa. U tlumeného kmitání působí síla odporu prostředí proti pohybu tělesa. V běžném životě se jedná převážně o tlumené pohyby. Pro dosažení netlumeného pohybu je třeba dodávat tělesu energii, jedná se o tzv. budící sílu.

Kmitavý pohyb je přirovnáván k pohybu po kružnici. Je zde zavedena úhlová frekvence ω , která má u pohybu po kružnici význam úhlové rychlosti.

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi f, \quad (25)$$

kde T je doba kmitu a f frekvence. Jednotkou úhlové frekvence je radián za sekundu ($\text{rad}\cdot\text{s}^{-1}$).

Doba kmitu T je rovna jednomu oběhu kružnice rovnoměrným pohybem. Tato doba se udává v sekundách. Přičemž jeden kmit je pohyb z jedné krajní výchylky kmitajícího tělesa do druhé a zase zpět. Ačkoliv kyv nemá fyzikálně žádný význam, znají studenti tento pojem z běžného života a je dobré zmínit rozdíl mezi kyvem a kmitem. Zatímco jeden kmit je uzavřená perioda, tedy pohyb od nuly do obou mezních výchylek a zase zpět k nule, jeden kyv je pohyb pouze z jedné krajní výchylky do druhé. V praxi používáme věty typu: maminka kmitá po pokoji sem a tam nebo kývni hlavou. Je tedy vhodné, aby děti znaly i fyzikální obraz těchto slov.

Dalším zavedeným pojmem je frekvence f neboli kmitočet. Udává kolik period (kmitů) udělá těleso za jednotku času.

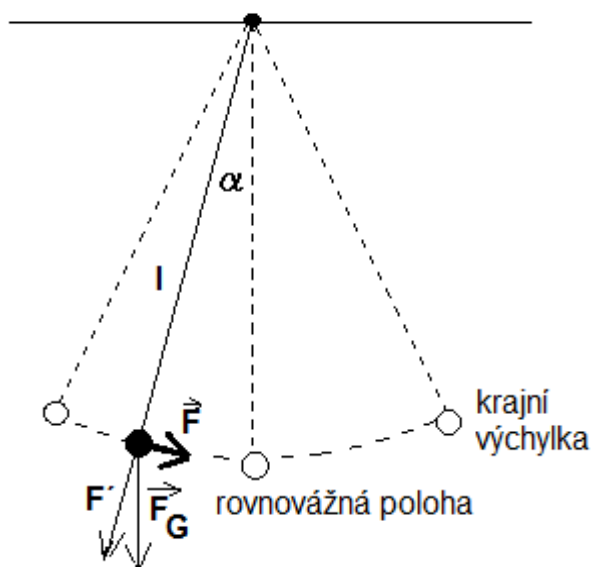
$$f = \frac{1}{T} , \quad (26)$$

kde T je doba kmitu tělesa. Jednotkou frekvence je hertz (Hz).

Následuje počáteční fáze kmitání, rychlost a zrychlení kmitavého pohybu. Poté se studenti učí kmity skládat a nakonec přechází k dynamice kmitavého pohybu.

Po probrání příslušné teorie jsou žáci seznámeni s modely kmitajících těles. Nejznámějšími jsou: těleso na pružině (oscilátor) a těleso zavěšené na niti (kyvadlo). Oscilátor kmitá v důsledku síly, která směřuje stále do rovnovážné polohy a jejíž velikost je přímo úměrná okamžité výchylce oscilátoru.

V případě kyvadla se jedná o hmotný bod zavěšený nad těžištěm



obr.21 kyvadlo

na pevném vlákně délky l a zanedbatelné hmotnosti, který je volně otočný kolem vodorovné osy, procházející bodem závěsu kolmo k rovině kmitání. Přitom je uvažován úhel vychýlení $\alpha = \max. 5^\circ$ (omezení je nutné, abychom trajektorii pohybu tělesa mohli považovat za úsečku). Po vychýlení kyvadla z rovnovážné polohy vzniká složka F tíhové síly F_G .

Tato složka směřuje vždy do rovnovážné polohy kyvadla a

je příčinou jeho kmitavého pohybu (obr.21). Po několika úpravách získají studenti vztahy pro periodu a frekvenci pohybu kyvadla: pro dobu kmitu (periodu)

$$T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}, \quad (27)$$

kde g je tíhová konstanta a l je délka závěsu kyvadla. Pro frekvenci dostáváme vzorec

$$f_0 = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{g}{l}}, \quad (28)$$

což je obrácená hodnota předešlého vztahu.

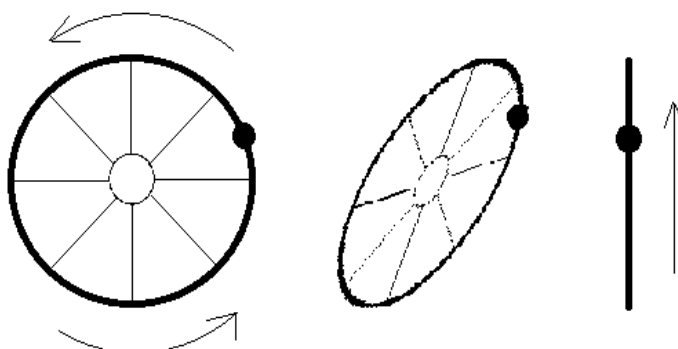
Z těchto dvou vzorců je patrné, že úhlová frekvence je $\omega_0 = \sqrt{\frac{g}{l}}$.

Na toto učivo navazují přeměny energií v mechanickém oscilátoru a vlnění. Tato témata již nejsou předmětem této diplomové práce.

6.2. Obvyklé pokusy a zařazení videosekvencí

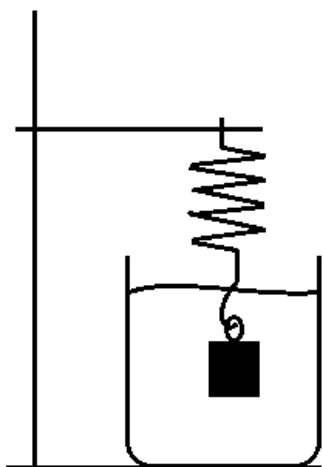
Pokusů je pro tento tématický celek mnoho. Následující dva pokusy jsou zde vybrány pro svou jednoduchost a snadnou realizovatelnost. Přesto na ně mnohdy nezbyvá čas. Z toho důvodu jsou vhodné i k vytvoření videosekvence. Díky své nenáročnosti jsou vhodné i jako úkol pro studenty. Mezi takovéto jednoduché pokusy tématického celku kmitání patří ukázka podobnosti mezi kmitavým pohybem a rovnoměrným pohybem po kružnici.

Na kolo připevněné tak, aby se mohlo otáčet, vyznačíme zřetelně bod. Kolo necháme otáčet bokem k dětem, aby jasně viděli pohyb bodu po kružnici. Postupně otáčející se kolo natáčíme, až je z kola vidět jen úsečka (viz. obr.22).



obr.22 Otáčivý a kmitavý pohyb

V tuto chvíli se pohybující bod nepohybuje jednoznačně po kružnici, ale jen nahoru a dolů .



obr. 23 Tlumené kmity

Dalším experimentem užívaným při výkladu kmitů je tlumené kmitání oscilátoru. Sestavíme oscilátor pomocí pružiny a závaží, umístíme ho na stojan. Do kádinky nalijeme vodu a umístíme pod oscilátor tak, aby bylo závaží zcela ponořeno do vody (obr.23). Poté pružinu rozkmitáme, ale ne příliš, aby závaží nevyskakovalo nad hladinu vody. Jelikož má voda asi tisíckrát větší hustotu než vzduch, je odpor prostředí mnohem větší. Tlumení kmitů je velmi zřetelné[9].

V návaznosti na předchozí pokusy je často realizována laboratorní práce zaměřená na měření a výpočet doby kmitu kyvadla. Cílem je také určit nezávislost na hmotnosti závaží.

Jak jsem již zmínila, mnohdy na provedení pokusů nezbývá čas a je ho vhodnější pustit na videu. Proto bych videosekvence použila na ukázkou experimentů. Dále je možné nechat studenty vytvořit materiál na témata:

- Najdi kmitavý pohyb kolem sebe
- Vymysli a proved' pokus ukazující tlumené kmitání
- Je doba kmitu kyvadla závislá na hmotnosti závaží?

Zvláště k poslednímu úkolu je velmi vhodná provazová houpačka pro děti.

6.3. Realizované videosekvence

K tomuto tématu jsou vytvořeny dvě videosekvence. Jedna teoretická a jedna početní. V prvním videu je položena otázka: jaký je rozdíl mezi kyvem a kmitem? Přestože fyzikálně nemá kyv význam (jedná se jen o půl periody),

děti se s tímto pojmem běžně setkávají. Studenti ví, že se kyvadlo kývá a kmit zní trochu nepatříčně. Z tohoto důvodu jsem zmíněné téma vybrala.

Ve videu jsou vyřčeny vždy dvě varianty definice:

- Jeden kyv je pohyb z jedné krajní výchylky do druhé nebo z rovnovážné polohy do jedné mezní výchylky a zpátky.
- Jeden kmit je pohyb z jedné krajní výchylky do druhé a zpátky. Druhou variantu mají formulovat studenti sami, ale jelikož je odpověď v titulcích napsána, je třeba video zastavit (kmit je pohyb z rovnovážné polohy do obou výchylek a zpátky).
- Nakonec jsou děti vyzvány, aby spočetly počet kyvů a kmitů daného pohybu.

Jako model kyvadla jsem vybrala dívku na houpačce (obr.24).



Obr.24: dívka na houpačce

Druhou videosekvencí je výpočet doby kyvu a kmitu kyvadla, v našem případě provazové houpačky. Kyv se objevuje i v tomto případě hlavně proto, aby si studenti uvědomili, jaký je mezi oběma pojmy rozdíl. V úvodu měří dívky délku provazu, hodnota je zvolena trochu vyšší z důvodu prohnutí sedáku. Předpokládáme, že poloha těžiště slečny se nebude příliš lišit od délky závěsů. Slovní znění příkladu: spočtete dobu kyvu a kmitu houpačky, jejíž závěs má délku 1,64 m (obr.25).



Obr.25: měření délky závěsu

Zápis: $l = 1,64\text{m}$

$g = 9,8 \frac{\text{N}}{\text{kg}}$ (z důvodu rychlejšího výpočtu)

Potřebný vztah pro výpočet doby kmitu:

$$T_0 = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{l}{g}}$$

Po dosazení:

$$T_0 = 2 \cdot 3,14 \cdot \sqrt{\frac{1,64}{9,8}}$$

Výsledek:

$$T_0 = 2,5 \text{ s}$$

Výsledek je přibližný a je v něm zohledněno zaokrouhlování mezivýsledků.

Doba kyvu je polovinou doby kmitu:

$$T_k = \frac{T_0}{2} = 1,25\text{s}$$

Na konci videa jsou studenti vyzváni, aby svůj výpočet ověřili pomocí stopek. A přestože jim to při ověřování tohoto videa příliš nešlo, podle časové osy při stříhu materiálu je výpočet správný.

Z natočeného materiálu se nabízí ještě jedna velmi zajímavá videosekvence. Při natáčení měla dívka zakázáno se hýbat, což znamená, že vzniklé kmity měly být tlumené. Přesto je na videu patrné jen minimální tlumení, jak je to možné? Aby mohlo kyvadlo kmitat netlumeně, je třeba dodávat mu energii, kterou ztrácí v důsledku odporu prostředí. Jestliže je pohyb houpačky netlumený, je mu dodávána energie nějakým vnějším zdrojem. Ačkoliv měla slečna zakázáno se hýbat, přirozenou tendenci vyrovnávat pohyb potlačit nedokázala. Při prozkoumání materiálu jsem zjistila, že k vyrovnání odporu prostředí stačí jen drobný pohyb. energii dodával houpačce pohyb rukou v loktech.

6.4. Ověření videosekvence v praxi

6.4.1. Vytvoření videosekvence

Na vytvoření této videosekvence se podílelo několik žákyň sedmého ročníku. Ačkoliv je téma prozatím mimo jejich znalosti, velmi se o problém zajímaly. Vyzkoušely nezávislost kmitu kyvadla na hmotnosti, když pomocí stopek ověřovaly dobu kmitu houpačky.

6.4.2. Ověření videosekvence

Tato videosekvence není vhodná pro žáky základní školy, proto byla ozkoušena na gymnáziu ve Znojmě. Také jsem ji použila při procvičování práce se stopkami u žáků šestého a sedmého ročníku základní školy.

Tito mladší žáci vysvětlení ve videosekvenci snadno pochopili (jediné problematické slovo byla výchylka, o rovnovážné poloze se učili při probírání

těžiště). Hodina proběhla v počítačové učebně, kde u každého přístroje seděli vždy dva žáci. Přes prvotní nezdary manipulaci se stopkami zvládli a dobu pohybu houpačky dokázali změřit. Druhou překážkou bylo dělení naměřené hodnoty na jednotlivé kyvy a kmity.

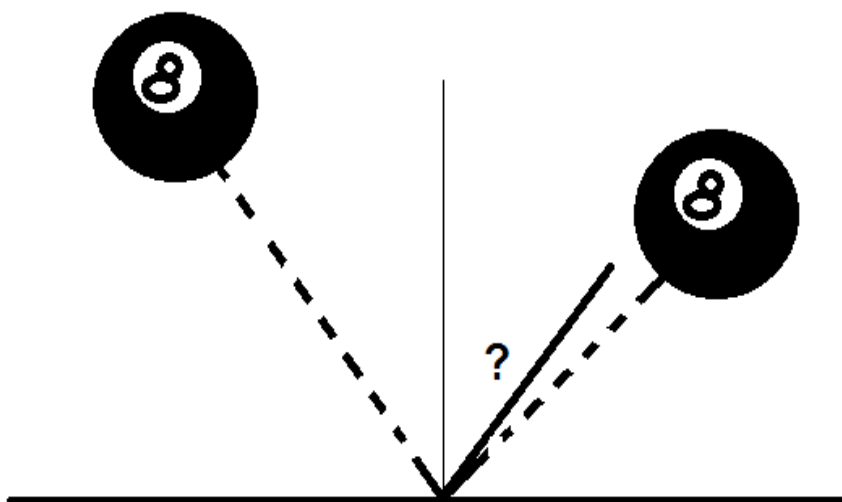
7. Rázy těles

7.1. Didaktický rozbor

Úhel odrazu rovná se úhlu dopadu. Tato věta je poprvé vyřčena na základní škole při tématickém celku optika. Je to zákon odrazu světelného paprsku. Je běžným omylem vztahovat tento zákon i na skutečná tělesa. Přesto to tak mnohdy bývá. Ve skutečnosti se jedná o jev, jehož název zní: šikmý ráz těles.

Rázy těles se na základní škole neprobírají, dokonce i na střední škole se s nimi setkáme jen vzácně. Obvykle jen na školách s několikaletou výukou fyziky nebo jen ve výběrových seminářích.

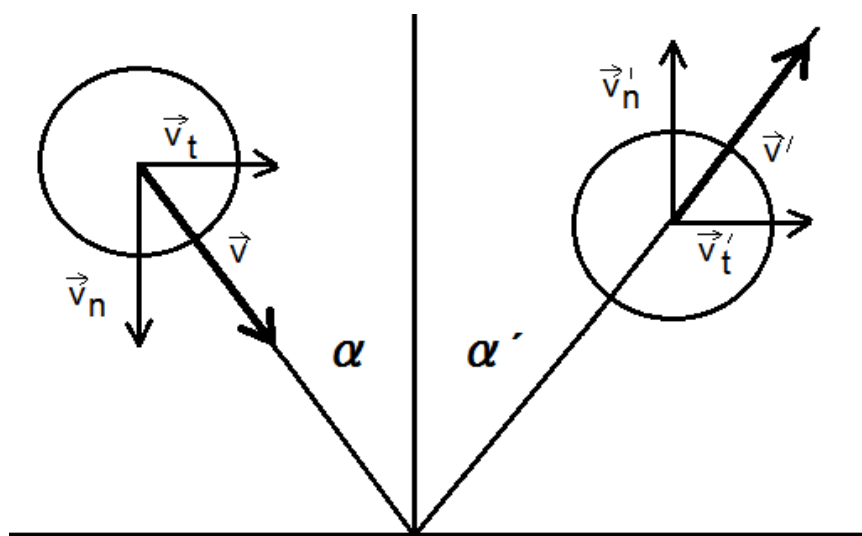
Ráz dvou těles je v podstatě jejich srážka. V této kapitole se dále omezíme jen na srážku koule a pevné, hladké stěny. Jedná se například o odrazy tenisového míčku od kurtu, kulečnickové koule od stěny (obr.26) nebo hokejového puku od mantinelu.



Obr.26 odraz kulečnickové koule

Podle deformace těles dělíme rázy na pružné (elastické) a nepružné (polopružné). S elastickou srážkou se setkáme hlavně při školním výkladu, většina rázů v běžném životě je polopružná.

Máme-li dvě ideálně hladká tělesa, jedná se o elastickou srážku bez jakýchkoli tečných sil. Mějme tedy ideálně hladkou kouli a pevnou, hladkou stěnu, ke které se koule přibližuje. Směr rychlosti koule svírá s normálou stěny úhel dopadu α . Vektor rychlosti této koule můžeme rozložit na dvě navzájem kolmé složky. Složka rovnoběžná se stěnou se nazývá tečná, druhá je kolmá na stěnu a říkáme jí normálová. Jelikož nemáme žádné tečné síly, zůstane rovnoběžná složka zachována v původním směru i velikosti. Jenže druhý směr koule je změněn, místo ke stěně se nyní koule pohybuje od stěny. U normálové složky se tedy určitě změní její směr. Protože se jedná o ideální případ, zůstane zachována její velikost. A úhel odrazu α' zůstane stejný jako úhel dopadu (obr.27).[10]

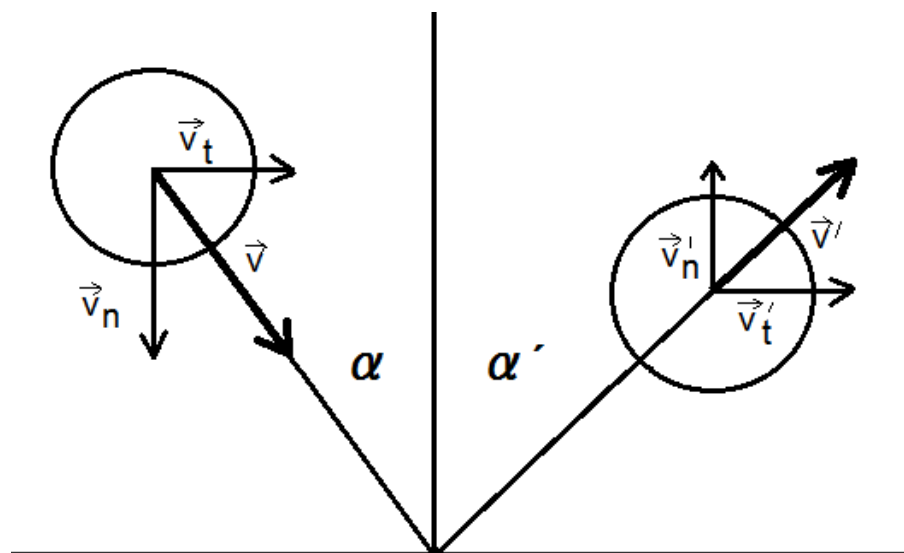


obr.27: Pružná srážka

V běžném životě se ovšem o ideální případ nejedná. Opět vynecháme všechny tečné síly, které mohou na kouli působit. Budeme nyní uvažovat tenisový míček a jeho odrazy od kurtu. Míček určitě není ideálně pružné těleso, při jeho odrazu se vlivem této nedokonalosti změní velikost normálové složky rychlosti:

$$v'_n = k \cdot v_n, \quad (29)$$

kde k je koeficient vzpružnosti (restituce). Tento koeficient je vždy menší než 1, proto je nová normálová složka menší. Výsledný směr rychlosti bude jiný a úhel odrazu bude větší než úhel dopadu (obr.28). Tečná složka rychlosti se při srážce opět nezmění.[11]



obr.28: Polopružná srážka

7.2. Natočená videosekvence a její zařazení do výuky

Jelikož není toto téma běžně probíráno nevztahují se k němu speciální pokusy, při experimentech s míčkem se poloha mění velmi rychle a mnohdy není snadné ji pozorovat.

Realizovaná videosekvence je z tenisového prostředí. Je na ní natočen trénink začínajících tenistek a jednoho tenisty. Jejich úkolem bylo počkat, až se míček jednou odrazí a odpinknout ho zpět na druhou stranu hřiště.

Vzhledem k nepříznivému počasí jsme museli natáčet v hale, která je jistě vhodnější. Jejím velkým nedostatkem byla velká bílá stěna, proti které nebyl míček dobře vidět. Záběry jsou z tohoto důvodu trochu zkreslené (obr.29).

Video je zpracováno záměrně jako výklad zákona odrazu. Je ukázán úhel dopadu i úhel odrazu, každý zvlášť a se stejnou hodnotou. Po shlédnutí videosekvence musí následovat otázka směřovaná k dětem: je pravda, co jste teď viděli? nebo věříte tomuto videu?



Obr.29: tenis

Z vlastní zkušenosti vím, že žáci intuitivně chápou, že to tak být nemůže. Jejich znalosti ovšem nestačí k vysvětlení, proč tomu tak je. Zkusila jsem videosekvenci zcela vážně pustit v sedmé a osmé třídě základní školy a ptala jsem se jich zda tomu věří. Byla jsem velmi překvapena, když tvrdili, že to tak být nemůže. Většinou se vysvětlení snažili nahradit pozorováním a usoudili, že to tak být nemůže, protože míček přece nevyskočí stejně vysoko jako předtím.

Ačkoli toto téma nebývá často probíráno, doporučovala bych nechat dětem natočit materiál, který může být následně vysvětlen ve třídě. Zadaný problém by mohl znít:

- natočte z bočního pohledu několik za sebou jdoucích odrazů míče
- natočte odraz kulečnickové koule od stěn stolu z horního pohledu.

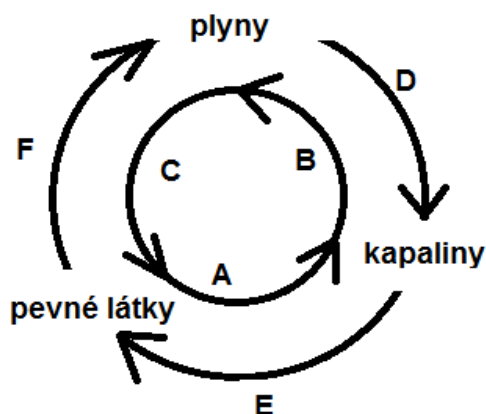
8. Změny skupenství látek

Do této diplomové práce je zařazena videosekvence vytvořená žákyněmi sedmé třídy. Pomocí videa se snažily dokázat, že hmotnost se změnou skupenství nemění. Při natáčení se dopustily jedné chyby, když namočený kapesník nedaly do misky nebo sáčku a nesly ho do mrazáku v ruce. Tímto postupem vytrousily vodu, která odpovídala jednomu gramu.

8.1. Didaktický rozbor

S pojmem skupenství látek se setkávají žáci hned v úvodu svého studia fyziky. Je zařazeno mezi prvními informacemi v šesté třídě základní školy. Děti se dozvídají, že rozlišujeme tři skupenství: pevné, kapalné a plynné. Dané formy látky se učí rozlišovat podle určitých vlastností: pevné látky nemění snadno svůj tvar, kapalné mají tvar stejný jako nádoba a plyny vyplní celou místnost.

Podruhé se s látkami a jejich strukturou setkávají v osmé třídě. Tentokrát je tématem změna těchto skupenství. Za jakých podmínek a jakým způsobem se mění různé formy látky. Změny skupenství a jejich jednotlivé názvy uvádí obrázek č.30. Děti se učí s podobnými diagramy pracovat a správně jednotlivé změny pojmenovat.



- A... tání
- B... vypařování
- C...desublimace
- D... kapalnění
- E... tuhnutí
- F... sublimace

obr.30: změny skupenství

V šesté třídě se žáci dozvídají také skutečnost, že všechno se skládá z molekul a následně z atomů. V sedmé a osmé třídě si říkají, čím se liší struktura jednotlivých skupenství.

V pevných krystalických látkách jsou molekuly uspořádány pravidelně, přitažlivé síly jsou veliké a molekuly jen kmitají kolem svých stálých poloh. U kapalných látek již není uspořádání pravidelné a molekuly nejsou drženy na jednom místě. Pohybují se v kapalině volně, přesto jsou přitažlivé síly mezi nimi natolik velké, aby udržely molekuly uvnitř kapaliny. U plyných látek jsou již tyto síly zanedbatelné a molekuly plynu si létají, kam chtějí.

Následně jsou probírány jednotlivé změny. Tání a tuhnutí jsou probírány spolu, jelikož jejich teplota i podmínky jsou stejné. V této části je také zmínka o tání amorfních látek a teplotní anomálii vody. Žáci se také dozvídají, že hmotnost látky se táním ani tuhnutím nemění, ale objem ano. Poté je probíráno vypařování. Zde je nejčastější problém s tím že se kapalina vypařuje za každé teploty. Naproti tomu var potřebuje určitou teplotu. Nakonec je probíráno kapalnění a tím je téma uzavřeno.[12]

Na střední škole jsou k modelům struktur látek připojeny střední vzdálenosti a studenti se zabývají také potenciální a kinetickou energií molekul a atomů. Přesto je toto téma probíráno jen jako součást úvodu do molekulové fyziky a termiky. Na toto téma navazuje rovnovážný stav soustavy[13].

8.2. Pokusy a návrhy videosekvencí

K tomuto tématu se obvykle mnoho pokusů neprovádí, předpokládá se, že děti znají var z domova, navíc nechat zmrazit nebo rozmrazit kapalinu je časově náročné. Dětem se obvykle ukazuje, že různé látky mají různé teploty varu, popř. jak probíhá var za sníženého tlaku pomocí vývěvy.

Var za sníženého tlaku je experiment velmi efektní, pokud je zařízení funkční. Pod poklop se umístí nádobka s vodou o teplotě asi 60°C. Pomocí pumpičky se z přístroje vysává vzduch a tlakoměr přitom ukazuje

aktuální hodnotu tlaku pod poklopem. Při dostatečně nízkém tlaku začne voda vřít.

Jedná se tedy o téma velmi vhodné k videosekvencím. Ukázat dětem, že voda a vosk mění tuhnutím svůj objem odlišně, není za katedrou technicky možné. Při zavádění rovnovážného stavu soustavy nám také nezbývá, než ukázat dětem předem připravenou soustavu. Jak se mění rovnovážný stav s teplotou již není tak snadné předvést.

Návrhy na videosekvence:

- natočte tání a tuhnutí svíčky
- natočte, jak se mění objem vody při přeměně v led
- jak se vytváří rovnovážný stav v uzavřené lahvi vody? A jak závisí na teplotě?

8.3. Realizovaná videosekvence

Videosekvence přiložená k této diplomové práci je dílem žákyň sedmé třídy základní školy. Dívky vytvořily materiál na téma, které si samy zvolily. Mé pomoci využily při realizaci, se kterou si nevěděly úplně rady. Přesto se dopustily drobné chyby.



Obr.31: vážení kapesníku

Děvčata se snažila zjistit, zda se při změně skupenství mění i hmotnost kapaliny. Nejprve vzaly suchý kapesník a zvažily ho na digitální kuchyňské váze (obr.31). Následně kapesník namočily a opět zvažily. Po několika hodinách v mrazáku byl kapesník zvážen znovu. Počtvrté byl vážen po rozmrznutí a nakonec ještě jednou po uschnutí. Naměřené hmotnosti ukazuje následující tabulka 1:

Stav kapesníku	Hmotnost (g)
suchý	4
namočený	16
zmrzlý	15
rozmrzlý	15
uschlý	4

Tabulka 1: hmotnosti kapesníku

Z tabulky 1 je patrné, kde udělala děvčata chybu. Místo, aby namočený kapesník daly do sáčku nebo misky, přenášely ho v ruce. Tímto vznikla chyba jednoho gramu, což je přibližně 8,3%.

Přesto se jedná o zdařilé video, které ukazuje, že i žáci sedmého ročníku jsou schopni sami a téměř bez pomoci vytvořit velmi pěknou práci. Ačkoli děti odevzdaly svých videosekvencí více, uvádím zde pouze tuto. V ostatních případech se jednalo hlavně o natočení jednoduchých domácích pokusů nebo o nápady dalece přesahující aktuální znalosti dětí.

9. Ověření použitelnosti videosekvencí – shrnutí

Videosekvence byly použity při výuce na dvou školách v různých ročnících. Na 1. základní škole v Sokolově se do testování zapojili převážně žáci sedmého a osmého ročníku. Na gymnáziu ve Znojmě zkoušeli videosekvence ve třídách odpovídajících stejným ročníkům. Navíc byly testovány první dva ročníky střední školy, vždy minimálně ve třech třídách.

Celkově lze říci, že práce s videosekvencí byla snadná a pro děti přitažlivá. Ve třídách bylo klidnější prostředí (oproti obvyklým hodinám). Žáci v Sokolově i ve Znojmě jsou zvyklí na práci s interaktivními pomůckami a počítačová prezentace je zde často používána. Také proto neměli děti problémy s hodinou obsahující videosekvence.

Při následném opakování byly použity úlohy svým zadáním velmi podobné videosekvenci. Jednalo se o krátké písemné práce obsahující vždy dvě nebo tři fyzikální úlohy. Studenti opakující pomocí promítání dosáhli v testech lepších výsledků než dříve. Úspěšnost byla většinou větší než ve třídách, které videosekvence nepoužily.

Jedním z cílů této diplomové práce je ukázat schopnost studentů vytvářet vlastní videa. Téměř všechna videa v příloze 1 jsou natočena podle návrhů mých žáků. Navíc videosekvence č.9 je samostatným dílem žákyň sedmého ročníku 1. základní školy v Sokolově. Spolupráce na tomto projektu se u dětí odrazila v chování při vyučování i mimo něj. V hodinách jsou komunikativnější a nebojí se zeptat, pokud něčemu nerozumí (s čímž měly dříve někteří z nich problémy). Při diskusi nad natočeným materiálem se o použité fyzikální vztahy zajímali a při opakování látky se snažili poznatky použít.

Z mého pohledu je tedy práce na videosekvencích pro děti přínosná. V počátcích bych volila společnou práci studentů a vyučujícího, kdy děti získají představu o očekávaném výsledku a navíc je posílen vzájemný vztah a důvěra směrem k vyučujícímu. Na tuto práci by měla postupně navázat samostatná díla studentů, nejprve na zadané téma.

9.1. Výsledky testovaných žáků

9.1.1. Slovní hodnocení

Ve třídách základní školy bylo zjevné zlepšení dětí po použití videosekvence, mezi těmito dětmi se vyskytují i žáci s vývojovými poruchami učení (dyslexie). Jejich problémy se slovním zadáním úlohy a orientací v ní byly videosekvencí zmírněny a v testování dosáhli znatelně lepších výsledků.

Ve Znojmě byla videosekvence vyzkoušena u dětí základní i střední školy. Navíc byla puštěna i v šesté třídě, kterou navštěvují nadaní žáci. I zde se video uplatnilo. Žáci úlohy přímo nepočítali, ale ve videu se orientovali a dokázali správně pojmenovat zobrazené veličiny. U studentů střední školy bylo video použito k výkladu i jako opakování a výsledky byly uspokojující. Ačkoliv byly dosažené výsledky podobné předchozím, studenti se cítili jistější a písemné testy odevzdávali dříve než obvykle.

9.1.2. Výsledky testů

V tabulkách a grafech jsou použity následující zkratky:

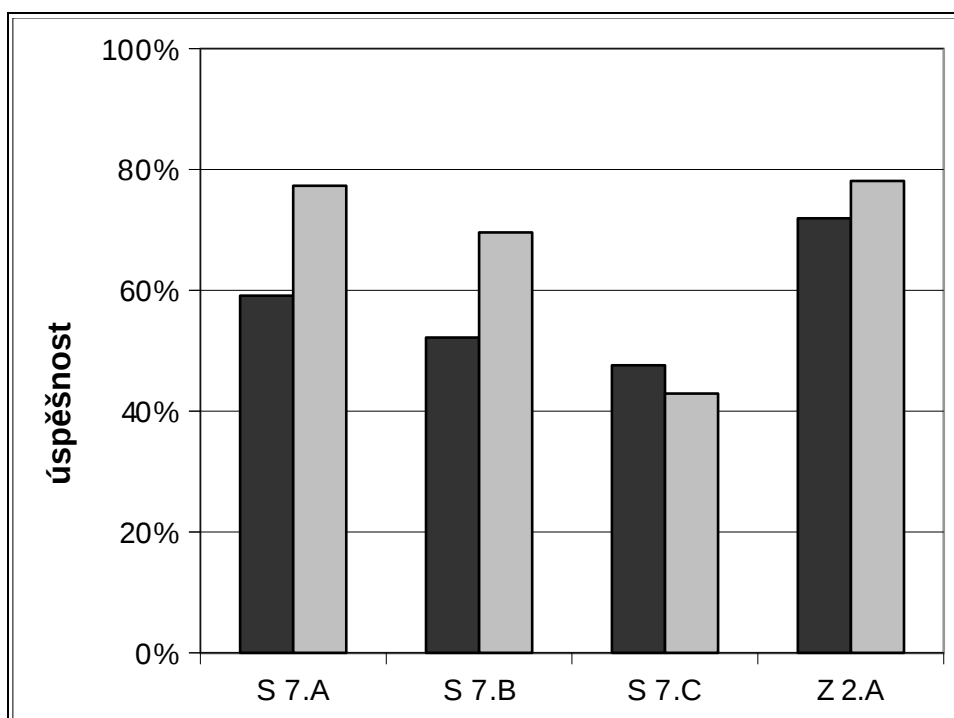
- rozlišení škol: S- Sokolov, Z- Znojmo
- rozlišení tříd: 7.A, 7.B, 7.C – sedmý ročník základní školy
8.A, 8.B – osmý ročník základní školy
2.A – druhý ročník osmiletého gymnázia (7. třída)
1.B – první ročník šestiletého gymnázia (8. třída)
1.E – první ročník čtyřletého gymnázia
2.D, 2.E – druhý ročník čtyřletého gymnázia
- rozdělení grafu: první (černý) sloupec – před opakováním
druhý (šedý) sloupec – po opakování

Pohyb tělesa

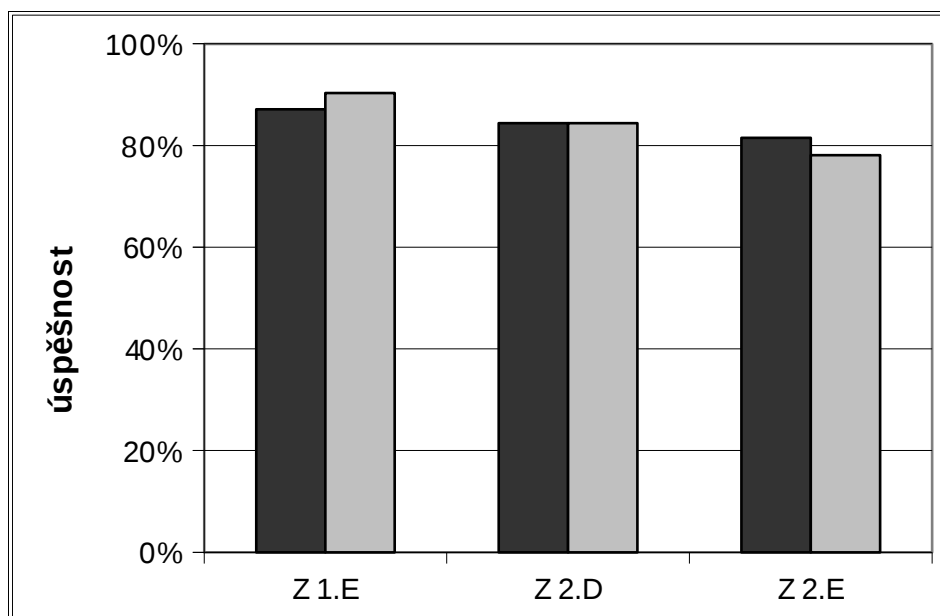
Tabulka 2:

Třída	Počet žáků	Video	Úspěšnost [počet žáků / procenta]	
			Před opakováním	Po opakování
Základní škola				
S 7.A	22	Ano	13 / 59,1%	17 / 77,3%
S 7.B	23	Ano	12 / 52,2%	16 / 69,6%
S 7.C	21	Ne	10 / 47,6%	9 / 42,9%
Z 2.A	32	Ano	23 / 71,9%	25 / 78,1%
Střední škola				
Z 1.E	31	Ano	27 / 87,1%	29 / 90,3%
Z 2.D	32	Ano	27 / 74,4%	27 / 74,4%
Z 2.E	32	Ne	26 / 81,5%	25 / 78,1%

Graf 1: výsledky- základní škola



Graf 2: výsledky- střední škola

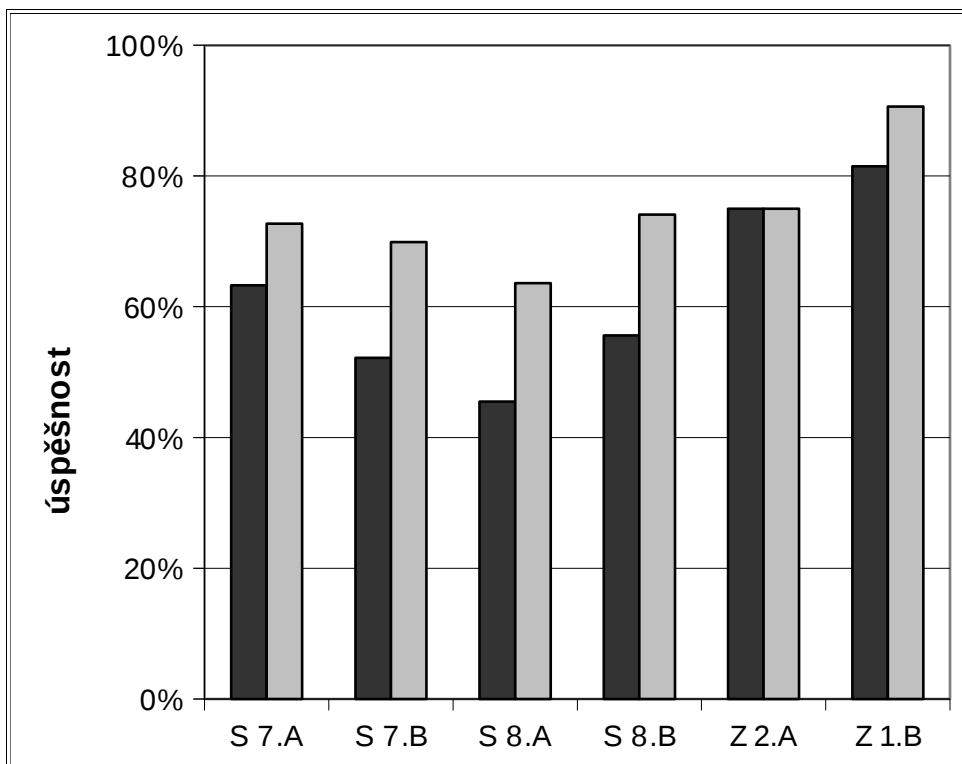


Mechanika tuhého tělesa

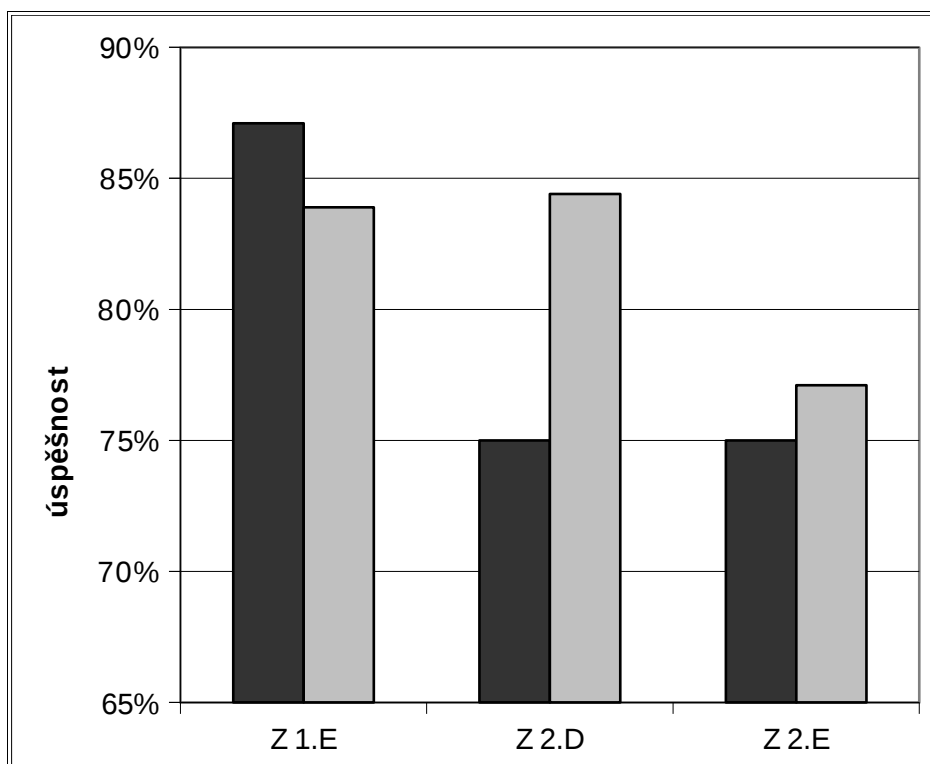
Tabulka 3:

Třída	Počet žáků	Video	Úspěšnost [počet žáků / procenta]	
			Před opakováním	Po opakování
Základní škola				
S 7.A	22	Ne	14 / 63,3%	16 / 72,7%
S 7.B	23	Ano	12 / 52,2%	16 / 69,6%
S 8.A	22	Ne	10 / 45,5%	14 / 45,5%
S 8.B	27	Ano	15 / 55,6%	20 / 74,1%
Z 2.A	32	Ano	25 / 75,0%	25 / 75,0%
Z 1.B	32	Ano	26 / 81,5%	29 / 90,6%
Střední škola				
Z 1.E	31	Ne	27 / 87,1%	26 / 83,9%
Z 2.D	32	Ano	25 / 75,0%	27 / 84,4%
Z 2.E	32	Ne	24 / 75,0%	25 / 77,1%

Graf 3: výsledky- základní škola



Graf 4: výsledky- střední škola

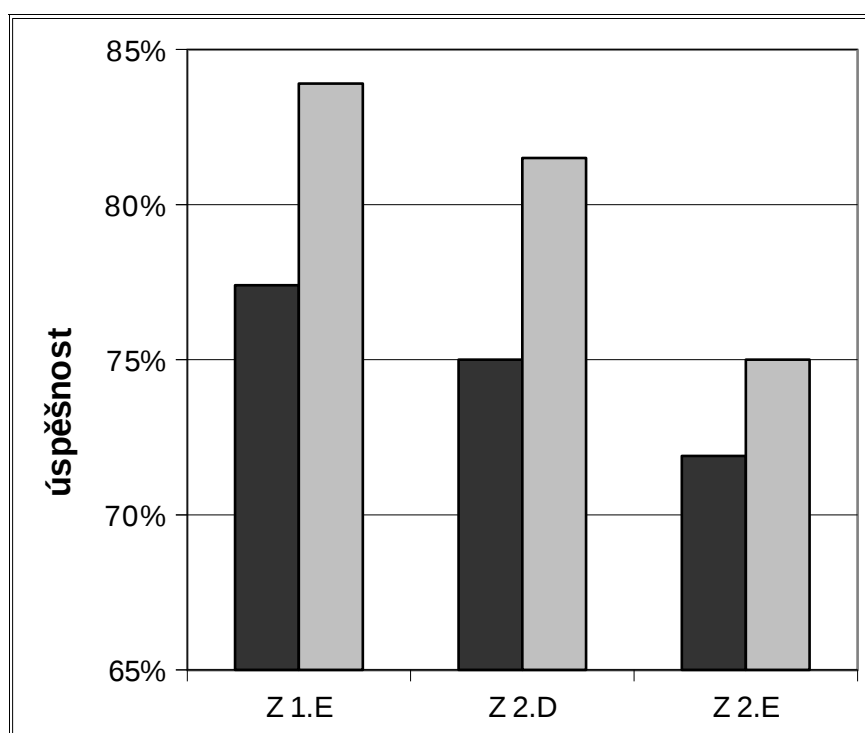


Pohyby v homogenním tíhovém poli Země

Tabulka 4:

Třída	Počet žáků	Video	Úspěšnost [počet žáků / procenta]	
			Před opakováním	Po opakování
Střední škola				
Z 1.E	31		24 / 77,4%	26 / 83,3%
Z 2.D	32		23 / 71,9%	25 / 75,0%
Z 2.E	32		24 / 75,0%	26 / 81,5%

Graf 5: výsledky- střední škola



10. Závěr

Při tvorbě této diplomové práce jsem vyzkoušela mnoho pohledů na daný problém. Nakonec jsem se zeptala dětí, co by dělaly ony. Co by chtěly natáčet a jak. K mému velkému překvapení se žáci pro natáčení nadchli. Nosili i svá vlastní videa, z nichž jedno je přiloženo k diplomové práci. Téměř všechny materiály vznikly podle návrhů mých žáků (jedná se o žáky sedmé třídy základní školy). Všechny děti, vyskytující se ve videosekvencích, jsou tvůrci původního nápadu.

Z tohoto důvodu jsem se zaměřila hlavně na oblast mechaniky, která je pro děti nejnázorněji pochopitelná. S touto oblastí se také setkávají nejdéle na základní škole. Na střední škole se zase jedná o první tematický celek vůbec. Studenti si mohou své závěry ověřit snadno ve svém okolí. Zároveň není potřeba složitých a nesrozumitelných vzorců. V návrzích na videosekvence jsem také zohlednila možnosti dětí.

Z mé vlastní zkušenosti mohu říci, že děti mají zájem o netradiční úkoly. Jsou nadšeny, když vidí výsledek své práce. Navíc jsem zaznamenala zlepšení prospěchu u dětí, které se zabývali natáčením probíraného učiva.

Použitá literatura

- [1] <http://www.uspesnaprezentace.cz/pomucky-a-technika/dataprojektor/> , 2.3.2011
- [2] <http://cs.wikipedia.org/wiki/Dataprojektor> , 2.3.2011
- [3] http://cs.wikipedia.org/wiki/Interaktivní_tabule, 3.3.2011
- [4] <http://cs.wikipedia.org/wiki/Videokamera>, 3.3.2011
- [5] Rauner, Karel, Doc. Dr. Ing. a kolektiv. FYZIKA 7, učebnice pro základní školy a víceletá gymnázia. Plzeň: Nakladatelství Fraus, 2005. ISBN 80-7238-431-7
- [6] Bednařík, M., Šíroká, M., Bujok, P.. Fyzika pro gymnázia – mechanika. Praha: Prometheus, 1997. ISBN 80-7196-068-3
- [7] <http://www.kof.zcu.cz/ak/veletrhy/1/spulak.html>, 21.4.2011
- [8] Kolářová, R., Bohuněk, J.. Fyzika pro 7. ročník základní školy. Praha: Prometheus, 2006. strany 71-72.
- [9] Janás, J., Trna, J.. Konkrétní didaktika fyziky II.. Brno: Masarykova univerzita v Brně 2005. ISBN 80-210-3624-9 , str.45.
- [10] http://fyzweb.cz/materialy/srazky_a_rotace/k13.php, 10.4.2011
- [11] http://cs.wikipedia.org/wiki/Šikmý_ráz, 10.4.2011
- [12] Kolářová, R., Bohuněk, J.. Fyzika pro 8. ročník základní školy. Praha: Prometheus, 2006. ISBN 80-7196-149-3
- [13] Bartuška, K., Svoboda, E.. Fyzika pro gymnázia- molekulová fyzika a termika. Praha: Prometheus, 1999. ISBN 80-7196-052-7

Seznam příloh

Příloha 1: DVD s videosekvencemi

1. výpočet rychlosti
2. rovnováha na páce
3. rozdělení vrhů
4. skok daleký
5. mažoretka
6. kmit a kyv
7. doba kmitu houpačky
8. srážka s pevnou podložkou
9. změny skupenství