

FYZIKA

Několik informací o projektu Fyzika je kolem nás

IVO VOLF

Přírodovědecká fakulta UHK, Univerzita Hradec Králové

Letos uplyne právě padesát let od chvíle, kdy jsem nastoupil do svého prvního zaměstnání na tehdejší Střední všeobecně vzdělávací školu J. K. Tyla v Hradci Králové. Rok po zahájení své učitelské dráhy jsem byl pověřen vyučovat matematiku a fyziku ve výběrové, matematicko-fyzikální třídě, později současně s touto třídou jsem vyučoval i ve speciální, tzv. krajské výběrové třídě, kde jsem byl pověřen také vyučovat fyziku. Do těchto tříd byli soustředěni středoškoláci se zvýšeným zájmem o tyto vyučovací předměty, kteří se snažili proniknout hlouběji do této problematiky, účastnili se matematické a fyzikální olympiády a každým rokem se jich několik účastnilo i ústředního kola těchto soutěží. Jejich zájem byl tak velký, že např. v první takto zaměřené třídě jsme se setkávali šestkrát týdně na hodinu matematiky a pětkrát týdně na hodinu fyziky (vyučovalo se tehdy ještě v sobotu). Kromě toho si zájemci vyžádali ještě navíc matematicko-fyzikální kroužek, v němž jsme se zabývali tenkrát ještě nezařazenou matematickou logikou a tzv. množinovou matematikou, v části fyzikální jsme pak dělali řadu dalších laboratorních experimentů. Mezi zájemci se tak vytříbili i ti, kteří pěstovali v rámci povinné i nepovinné výuky své nadání, a později odešli studovat na matematicko-fyzikální fakultu Univerzity Karlovy, na fakultu jadernou či elektrotechnickou fakultu ČVUT v Praze.

Během let se zájem o tyto předměty pomalu zmenšoval, i když v letech osmdesátých, která nazývám „zlatým věkem školské fyziky“, bylo dosaženo toho, že byly vytvořeny obsáhlé učebnice fyziky pro gymnázia, k nim

dodatky pro práci ve speciálních, matematicko-fyzikálních třídách, pro fakultativní výuku další učebnice cvičení z fyziky pro všechny ročníky a pro maturitní ročník ještě studijní materiály pro tříhodinový fyzikální seminář, dokonce s několika možnými variantami.

S velkými společenskými změnami začátkem devadesátých let se objevila nutnost některých zásadních změn ve středním školství, včetně gymnázia. Byla posílena jazyková výuka, důraz se začal klást na humanizaci školství (bez ohledu na to, že existuje i humanistický přístup v přírodovědných předmětech) a tedy důsledkem bylo určité „utlačování“ fyziky – zejména počtem vyučovacích hodin, dále obsahovou stránkou, ale bohužel i tím, že z těchto důvodů vytrácely z výuky postupně ty části, které dělají t fyziky zajímavou a užitečnou disciplínu přírodovědnou: nezbýval čas na demonstrační experimentování ve vyučování, pomalu se vytrácely laboratorní práce, snížila se možnost zařazování historických poznámek do hodin, ale nedostatek času ovlivnil i možnosti zařadit do výuky dostatečný počet fyzikálních problémů, které mohly ukázat možnost aplikace teoretické části výuky. Abychom to nazvali zcela učitelsky – začala se probírat látka namísto toho, aby se vyučovalo a vychovávalo.

Po svém nástupu na Pedagogickou fakultu jsem s velkým zájmem převzal výuku didaktických předmětů a s postupem času jsem se zasadil i o to, že tzv. didaktika fyziky se stala ve vyšších ročnících opravdu předmětem, který studenty bezprostředně připravoval na jejich profesní dráhu. Kromě tzv. obecné didaktiky fyziky, ukazující, jak pedagogických a psychologických znalostí je možno (a také je potřeba) využívat při výuce fyziky, jsme se věnovali tzv. speciální didaktice fyziky, a to v zaměřeních pro základní a pro střední školu, dále byl zařazen tří-semestrální předmět metody řešení fyzikálních úloh (také ve dvou mutacích), tři semestry se studenti věnoval školnímu fyzikálnímu pokusu (pro základní i pro střední školu). Příprava na profesi učitele fyziky byla doplněna i předmětem Dějiny fyziky, v němž měli získat studenti učitelství náměty pro motivaci výuky fyziky. Podařilo se připravit obsah fakultativního předmětu Péče o fyzikální talenty, shrnujícího existující možnosti na základních a na středních školách, ale současně vycházejícího z konkrétní činnosti učitelů katedry v této oblasti.

Během doby bylo zadáno a obhájeno několik desítek diplomových prací, jež se zabývaly problematikou, vázající se k didaktice fyziky. Zajímavé práce byly z oblasti tvorby pracovních sešitů pro výuku fyziky, zájmové činnosti ve fyzice, práce rozvíjející mezipředmětové vztahy, hodnocení a klasifikaci žáků.

Již od počátku zavedení předmětu Přírodověda na 1. stupni základní školy se pracovníci katedry zapojili do přednáškové činnosti v části Fyzikální složka přírodovědy, připravovali studenty na jejich profesní činnosti v seminářích, kde se probíraly náměty pro práci ve vyučovacích hodinách a hodně se experimentovalo. Bylo zadáno a obhájeno několik desítek velmi zajímavých diplomových prací.

Mohu říci, že po celou dobu svého vysokoškolského působení jsem vycházel ze svých osobních zkušeností z práce středoškoláků, kteří byli nadšeni tím, že se zabývají matematikou a fyzikou. Po pětadvaceti letech svého působení na katedře, které bylo umocňováno tím, že po celou tuto dobu jsem se zapojoval do zájmové činnosti se žáky s hlubším zájmem o fyziku (pracoval jsem v ústředí, které se zabývalo nejen organizační činností v rámci Fyzikální olympiády, ale především jsem připravoval úlohy a studijní materiály pro tuto soutěž), jsem uvítal možnost alespoň na několik hodin týdně se vrátit na střední školu a nacházet další náměty pro didaktiku fyziky, avšak již v poněkud změněných, přesněji řečeno okleštěných podmínkách. Jak velké bylo moje překvapení, když jsem zjistil, že dnešní středoškoláci mají většinou jiné priority, mezi něž studium fyziky, jejíž potřeba pro každého člověka v civilizované společnosti se během let stále zvyšovala, bohužel nepatří. Musel jsem nacházet témata, která osobně považuji za zajímavá, abych své žáky alespoň částečně přesvědčil, že fyzikální poznání, jeho historie a především přírodovědné a technické aplikace jsou součástí lidské kultury. Protože jsem vyučoval zásadně v tzv. kvintách (první ročník vyššího stupně gymnázia), kde se pokládají základy k systematické výuce středoškolské fyziky, musel jsem bojovat s nedostatky žáků v matematické přípravě, s malým zájmem o fyzikální problematiku, ale také s malou pracovitostí, vytrvalostí, se schopnostmi překonávat překážky a s tím, že kromě naučených vědomostí je nutno pěstovat dovednosti.

Výsledkem této první etapy byla sbírka úloh Fyzika je všude kolem nás (2001), obsahující 175 originálních fyzikálních úloh, v nichž vystupují většinou aktéři pojmenovaní křestními jmény, jež se mohou vyskytovat i mezi studujícími ve třídě, kde jsem vyučoval, připojeny jsou náměty pro domácí laboratorní experimenty s jednoduchými pomůckami (náměty jsou podrobně rozpracovány v další publikaci Experimenty na gymnáziu). Pozornost je věnována projektům z fyziky, a to nejenom po stránce návodu, jak projekt zpracovat a publikovat, ale je připojeno 32 námětů pro výběr.

Druhým krokem bylo zpracování podrobnějších pracovních listů, které jsem dával žákům každou vyučovací hodinu. V období, když absolventi

základní školy mají potíže se čtením textu, s porozuměním psanému, se ukázalo, že během výuky fyziky nejsou schopni současně zapisovat zkratkovitě náměty pro myšlenkové zpracování problematiky a současně naslouchat vyučujícímu. Tak bylo pro každou vyučovací hodinu zpracováno několik fyzikálních úloh, jejichž řešení jsme se věnovali ve výuce a na nichž bylo školní učivo nejen vyloženo, ale především měly motivační a aplikační význam. Tak vzniklo asi 60 pracovních listů k výuce mechaniky v kvintě; každý list představuje dvoustranu se stručným shrnutím na počátku a většinou z 5 až 8 námětů pro řešení. Texty zadávaných úloh jsou stručně formulovány, takže žáci do vyznačeného prostoru si mohou dělat poznámky k řešení, které se odvíjí na vyučovací hodině, a současně vždy zbyla nějaká úloha pro procvičení v domácím prostředí. Žáci tak sami si postupně vypracovávali vlastní učebnici fyziky. Je nutno říci, že i tady šlo o chtění: když měl žák zájem, měl před sebou prostředky k činnosti i návody pro práci jednak ve vyučovací hodině, jednak i v domácím prostředí. Tato část mé osobní přípravy byla pak vyzkoušena i dalšími vyučujícími.

Začátkem století pak vznikl nápad vytvořit soustavu poněkud jiných, neučebnicových textů, založených na krátkém vysvětlení teoretického základu a na něj navazujících vyřešených fyzikálních příkladů a vždy několika úloh, jež jsou ponechány pro samostatné řešení. S touto formou jsme měli značné zkušenosti při vytváření tzv. studijních textů pro žáky, talentované pro fyziku, které již dlouhodobě připravujeme pro Fyzikální olympiádu. Tak začal projekt nazvaný FYZIKA JE KOLEM NÁS, soubor sešitových materiálů, z nichž každý je věnován určité problematice, která souvisí s tematickými oddíly výuky fyziky v kvintě (nebo obecněji v prvním ročníku vyššího stupně gymnázia). Studijní materiály vyšly jednak v „papírové“ formě ve vydavatelství MAFY Hradec Králové, jednak byly publikovány na webovské stránce Fyzikální olympiády (<http://fo.cuni.cz>). V dalším uvádím jednak přehled sešitů již publikovaných, ale také náměty, které chceme v dohledné době zpracovat. Kvůli stručnosti jsou jednotlivé brožurky uvedeny pouze podtitulkem; pro orientaci čtenáře uvádíme stručně obsah těchto materiálů.

Poloha a její změny – jednorozměrný a dvojrozměrný prostor, kartézské souřadnice, zeměpisné souřadnice, jak čas závisí na poloze předmětu. Změny polohy a čas – průměrná rychlost, jednoduchý model jednorozměrného pohybu, několik problémů kolem rychlosti, rovinný nerovnoměrný pohyb, problém skládání pohybů. Grafy rychlosti a dráhy jako funkce času. Zařazeno celkem 16 řešených příkladů a 26 úloh s výsledky.

Pohyb a síla – v úvodu se opakují stručně Newtonovy pohybové zákony, na což navazuje přehled kontaktních sil různého původu. Důraz je kladen na gravitační a tíhovou sílu, na pojem tíha, dále na síly kolmé ke směru pohybu. Jsou zváženy odporové síly působící proti pohybu. Do brožury je zařazeno 16 vyřešených příkladů a 18 úloh s výsledky.

Práce – výkon – energie – seznámení s mechanickou prací, výkonem a s prací určenou ze známého výkonu. Vysvětluje se pojem polohové a pohybové energie, zákon o zachování mechanické energie. Na závěr jsou zařazeny komplexní úlohy. V brožuře je 20 vyřešených příkladů a 25 úloh pro samostatné řešení s výsledky.

Pohyby těles v planetární soustavě – kinematika pohybu těles, založená na znalosti Keplerových zákonů, dynamika pohybu těles opírající se Newtonům gravitační zákon, problematika gravitační potenciální energie a komplexní úlohy. Zařazeno 23 vyřešených příkladů a 19 úloh pro samostatné řešení s výsledky.

Hydrostatika – aerostatika – pojem tlaku v kapalinách, Archimédův zákon a jeho užití v praxi, atmosférický tlak a jeho měření, Archimédův zákon v plynech a závěrem informace o zemské atmosféře, včetně meteorologie. Bylo zařazeno 11 vyřešených příkladů, 14 úloh pro samostatné řešení s výsledky, dále 7 námětů pro praktické cvičení v domácím prostředí.

V současné době se pracuje na dvou dalších studijních materiálech – jednak brožura *Síly a momenty sil*, která se bude zabývat řešením problémů spojených sice s velmi známou fyzikální veličinou síla, která je však ne zcela srozumitelným pojmem pro kvintány, a závěrečná brožura *Komplexní úlohy z mechaniky*; v této publikaci se budou vyskytovat problémy, při jejichž řešení bude nutno spojovat znalosti z různých částí mechaniky. Tento přístup je velmi důležitý, ale většinou na něj nezbývá dostatek času.

Kromě toho jsme připravili pro učitele fyziky, kteří se chtějí věnovat práci s výrazně nadanými žáky, metodický materiál nazvaný *Fyzikální úlohy řešené kvalifikovaným odhadem*, který obsahuje padesátku náročnějších úloh, při jejichž řešení je nutno doplňovat informace studiem literatury nebo hledáním na internetu, u nichž je třeba odhadovat vstupní údaje a analyzovat výsledky, k nimž řešitel dospěl.

Učitel fyziky a jeho žáci, zejména ti se zvýšeným zájmem o fyziku, jichž je podle různých výzkumů v dnešní době opravdu velmi málo, potřebují opravdovou pomoc při své metodické činnosti. Jedinou cestou v současnosti je vybavit učitele fyziky vhodnými náměty, které vycházejí z reálného života a umožňují tak žákům chápat jejich okolí.

Literatura

- [1] Volf, I.: Pracovní listy k výuce mechaniky v 1. ročníku gymnázia (rukopis).
- [2] Volf, I.: Fyzika je všude kolem nás. Hradec Králové, MAFY 2001. 43 s.
- [3] Volf, I. –Jarešová, M.: Fyzika je kolem nás. Soubor sešitů: *Poloha a její změny*. Hradec Králové, MAFY 2008. 40 s. *Pohyb a síla*. Hradec Králové, MAFY 2007. 32 s. *Práce – výkon – energie*. Hradec Králové, MAFY 2007. 36 s. *Pohyby těles v planetární soustavě*. Hradec Králové, MAFY 2009. 48 s. *Hydrostatika – aerostatika*. Hradec Králové, MAFY 2009. 48 s. Uvedené části přístupné na webovské stránce FO <<http://fo.cuni.cz>>
- [4] Volf, I. – Jarešová, M.: Fyzikální úlohy řešené kvalifikovaným odhadem (zatím publikováno a přístupno na webovské stránce <<http://cental.uhk.cz>>), 48 s.
- [5] Volf, I. – Kubištová, M.: Experimentální cvičení pro 1. ročník gymnázia. Hradec Králové, MAFY 2002.

Měření momentu setrvačnosti pomocí přístroje „DYNROP“

JAN NOVOTNÝ

Fakulta výrobních technologií a managementu UJEP, Ústí nad Labem

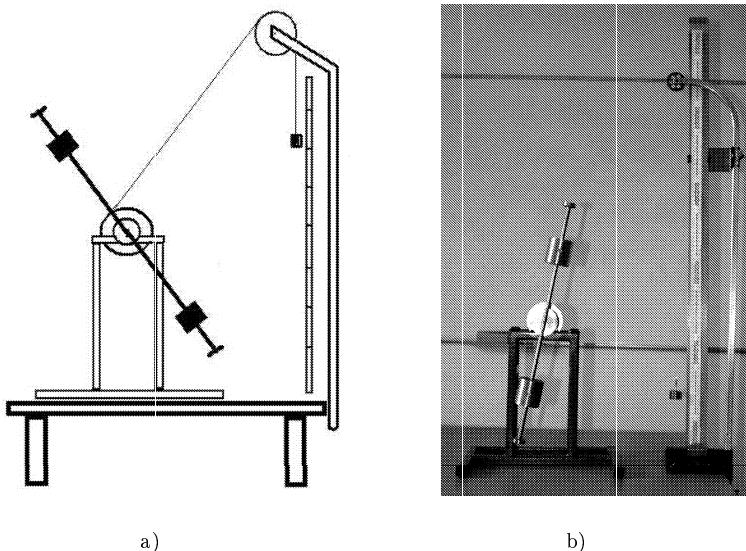
Moment setrvačnosti J je fyzikální veličina, s níž by se studenti měli dobře seznámit již v době středoškolských studií. Student, který se vydá studovat na vysokou školu technického nebo přírodovědného zaměření, má velkou naději, že se s těmito poznatky opět setká. Záleží tedy na tom, jakým způsobem je látka probírána. Většina z nás z vlastní zkušenosti ví, že pokud je teoretické učivo dostatečně podloženo praktickou demonstrací nebo laboratorním měřením, je efekt zapamatování si učiva podstatně vyšší. Na pochopení celé problematiky má výrazný vliv zejména praktické ověření si zákonitostí daného učiva.

Popisovaná laboratorní úloha byla sestavena pro výuku tematického celku Dynamika rotačního pohybu na Fakultě výrobních technologií a managementu Univerzity Jana Evangelisty Purkyně. Laboratorní úloha zde vznikla jako kompletní celek. To znamená od vlastního teoretického se-

stavení úlohy, až po konstrukci a výrobu měřicího přístroje „DYNROP“. Tento přístroj vznikl v rámci výuky předmětu Dílenské praxe. Studenti tak mají možnost si důkladně prověřit zákonitosti probírané látky na přístroji, který si sami vyrobili.

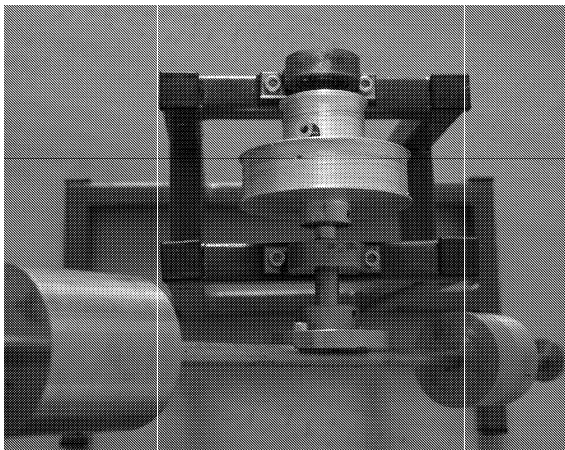
Přístroj „DYNROP“ a jeho konstrukce

Název přístroje vznikl složením zkrácených slov **D**ynamika **r**otačního **p**ohybu. Kompletní sestavený přístroj, připravený k měření je znázorněn na obr. 1.



Obr. 1 Sestavený přístroj DYNROP připravený k měření a) nákres, b) reálný přístroj

Samotný přístroj se skládá ze středové řemenice dvou různých průměrů (obr. 2). Řemenice je uchycena k tělu přístroje pomocí dvou kuličkových ložisek a slouží k navinutí silonového vlákna. Závaží zavěšené na silonovém vlákne vedeném přes kladku uvádí přístroj do pohybu. K hřídeli poháněné kladkou je připevněna distanční tyč se dvěma posuvnými závažími. Každé na jedné straně tyče. Závaží se dají libovolně posouvat a zafixovat v požadované poloze. K přesnému vymezení polohy závaží mohou posloužit například distanční měřky zhotovené z ohnutého plechového pásu.



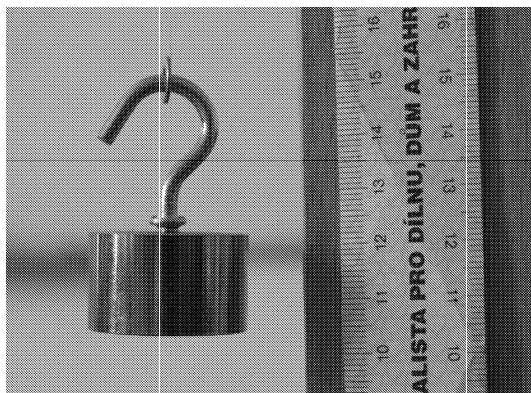
Obr. 2 Detailní pohled na řemenici přístroje DYNROP

Příprava měření

Nezbytné pomůcky k provedení měření: přístroj Dynrop, silonové vlákno, závěsná závaží hmotnosti m (50 g, 75 g, 100 g), stojan s kladkou a délkovým měřidlem, stopky, posuvné měřidlo.

Stojan s kladkou a měřidlem upevníme ke stolu. Silonové vlákno z první řemenice přístroje (poloměru r) odvineme a po zavěšení závaží m ho vedeme přes kladku. (Druhý konec vlákna je upevněn k navijákové řemenici). Dynrop umístíme do takové vzdálenosti od stojanu, aby při zcela odvinutém vláknu byla horní ploška visícího závaží ve výši asi 7 cm až 9 cm stojanového měřidla. Tuto klidovou výšku budeme označovat h_0 (obr. 3).

Stojan přístroje posuneme na stole do takové polohy, aby navijáková řemenice, silonové vlákno a kladka na stojanu byly v jedné rovině. Pokusně zjistíme správnou vzájemnou polohu stojanu a dynropu: Otáčením rotoru navineme silonové vlákno a tím zvedneme závaží do výše h_1 (asi 80 cm). Po uvolnění rotoru závaží volně klesá a roztáčí rotor. Až závaží dosáhne dolní polohy, začne se silonové vlákno navíjet na řemenici a závaží začne stoupat. Důležité je, aby se vlákno navíjelo správně, nesouvalo se na řemenici do strany. (Případně polohu dynropu zkorigujeme.) Pohyb vzhůru se zpomaluje. Až se závaží zastaví, bude ve výši h_2 ($h_2 < h_1$). Tím je přístroj připraven k měření.



Obr. 3 Stanovení klidové výšky závaží

Postup měření

1. Upravíme polohu posuvných závaží dle pokynu vyučujícího. Připravíme přístroj dle výše uvedeného návodu. Připravíme a vyzkoušíme si ovládání stopek. Změříme a zaznamenáme výšku h_0 a poloměr řemenice r .
2. Otáčením rotoru navineme vlákno na řemenici poloměru r tak, aby poloha horní plošky závaží byla ve výšce $h_1 = 750$ mm až 850 mm. Výšku h_1 si zaznamenáme.
3. Současně s uvolněním rotoru spustíme stopky a změříme dobu t klesání závaží z horní polohy h_1 do polohy h_0 .
4. Po dosažení dolní polohy se začne silonové vlákno na navijákovou řemenici roztočeného rotoru opět navíjet a závaží bude stoupat. V okamžiku, kdy se rotor zastaví, podržíme rotor a zjistíme výšku h_2 do které závaží vystoupilo. Tento údaj zaznamenáme.

Ze zjištěných údajů: h_0 ; h_1 ; h_2 ; t ; m ; r a hodnoty tíhového zrychlení g vypočítáme moment setrvačnosti J .

Doporučení pro měření doby klesání závaží t : Přesný okamžik, kdy závaží dosáhne nejnižší polohy, lze nejlépe určit při sledování odvíjení vlákna z řemenice. V okamžiku, kdy je vlákno kolmé k válcovému povrchu řemenice, je závaží v nejnižší poloze.

Teorie měření, zjištění výsledné hodnoty J

Závaží má v horní poloze potenciální energii, která se při klesání závaží mění na kinetickou energii postupného pohybu závaží $1/2mv^2$, a kinetickou

energii rotoru $1/2J\omega^2$. Přitom se současně část mechanické energie ztrácí; protože se působením brzdných odporových sil F_b , mění na teplo.

Tuto ztracenou energii můžeme vyjádřit jako práci brzdných sil F_b podél uražené dráhy $h_1 - h_0$. Na teplo se tudíž přeměnila energie $F_b(h_1 - h_0)$.

Kinetická energie závaží je velice malá ve srovnání s kinetickou energií rotoru $1/2mv^2 \ll 1/2J\omega^2$, proto ji můžeme zanedbat. Za těchto předpokladů použijeme zákon zachování energie.

Pro etapu klesání závaží platí rovnice:

$$mg(h_1 - h_0) = \frac{1}{2}J\omega^2 + F_b(h_1 - h_0) \quad (1)$$

V okamžiku, kdy je závaží v dolní úvratí, je veškerá mechanická energie soustavy v otáčejícím se rotoru. Rotor setrvačností pokračuje v otáčivém pohybu, vlákno se navíjí, závaží stoupá. Zastaví se ve výšce h_2 ($h_2 < h_1$).

Kinetická energie rotoru $1/2J\omega^2$ se proměnila na potenciální energii závaží $mg(h_2 - h_0)$ a teplo $F_b(h_2 - h_0)$.

Pro etapu stoupání závaží m do výše h_2 platí rovnice:

$$\frac{1}{2}J\omega^2 = mg(h_2 - h_0) + F_b(h_2 - h_0) \quad (2)$$

Řešením soustavy rovnic (1), (2) vyjádříme velikost brzdné síly:

$$F_b = mg \frac{h_1 - h_2}{h_1 + h_2 - 2h_0} \quad (3)$$

Závaží klesá pohybem rovnoměrně zrychleným

$$v = at \quad (4)$$

a jeho rychlost je stejně velká jako obvodová rychlost navijákové řemenice

$$v = \omega r. \quad (5)$$

Maximální rychlosti dosáhne v čase t , když závaží urazilo dráhu $(h_1 - h_0)$. Pro dráhu rovnoměrně zrychleného pohybu při klesání platí:

$$(h_1 - h_0) = \frac{1}{2}at^2 \quad (6)$$

Do rovnice (6) dosadíme postupně za a z rovnice (4) a za v z (5). Úpravou dostaneme:

$$\omega = \frac{2(h_1 - h_0)}{rt} \quad (7)$$

Když do rovnice (1) dosadíme za F_b z (3) a za ω z (7) a upravíme, dostáváme výsledný vztah pro výpočet momentu setrvačnosti J . Stačí dosadit správně naměřené hodnoty a vyčíslit.

$$J = mg \frac{h_2 - h_0}{(h_1 - h_0) \cdot (h_1 + h_2 - 2h_0)} r^2 t^2 \quad (8)$$

Závěr

Uvedený experiment je dostatečně efektní, aby vzbudil zájem studentů. Tím je přijatelný prakticky pro všechny studenty středních i vysokých škol, např. technického charakteru. Fyzikální obsah je dobře sdělitelný a tedy jednoduše zařaditelný do výuky s tím, že pro studenty jednoznačně povede k lepšímu osvojení si dané problematiky. Využívání metod výuky, kdy se kromě klasického teoretického rozboru učiva zařadí i praktické ověření vede u studentů k lepšímu osvojení si poznatků z dané problematiky. Studenti, kteří se aktivně podílejí na výuce a při řešení problémů zdokonalují své vědomosti. Je prakticky jedno, zda pedagog zvolí formu laboratorní úlohy, nebo z časových důvodů zařadí využití přístroje pouze jako frontální demonstraci dané problematiky. Při rozhodování se, jakou formou dané téma a využití přístroje Dynrop prezentovat, je nutné přihlídnout k časovým, prostorovým podmínkám apod.

Úkolem tohoto textu je upozornit na možnosti využití a sestavení si vlastního přístroje k názorné prezentaci problematiky Dynamiky rotačního pohybu a jeho praktického ověření si daných zákonitostí při výuce. Výhody obojího, tzn. sestavení přístroje i jeho využití, jsou nasnadě. I při omezených časových dotacích lze tento přístroj úspěšně a efektivně využít.

Literatura

- [1] *Horák, Z., Krupka, F.*: Fyzika, Praha, SNTL 1976.
- [2] *Kvasnica, J.*: Matematický aparát fyziky, Praha, Academia 1997.
- [3] *Macháček, M.*: Encyklopedie fyziky, Praha, Mladá fronta 1995.
- [4] *Svoboda a kol.*: Přehled středoškolské fyziky, Praha, Prometheus 1996.

Generátory harmonických a tvarových kmitů pro studium elektroniky

JIŘÍ KULIČKA – MIROSLAV TOBYŠKA

Univerzita Hradec Králové

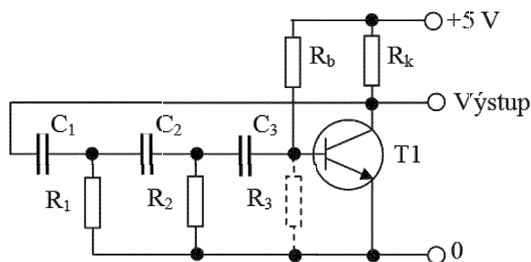
Pro výuku elektroniky jsme vyrobili základní generátor harmonických a tvarových kmitů. Pro lepší pochopení souvislostí jsme se snažili použít „základní“ součástky: rezistor, kondenzátor, cívku a tranzistor. V jednom zapojení jsme využili i integrovaný obvod 555, který jednoduchým vnitřním zapojením umožní pochopit jeho funkci.

Návrhy zapojení jsme zkoušeli modelovat v programu Micro-Cap9 a v programu Multisim. Po skončení modelování jsme vyrobili skutečné zapojení, kde jsme se snažili ověřit funkčnost návrhu. V této části musíme přiznat, že to, co funguje v simulaci, nemusí být funkční v reálném zapojení – anebo opačně. Při návrhu v simulačním programu je nutno dbát na hodnoty součástek, aby byly z výrobní řady. Jinak se může stát, že navržený obvod nebude možné reálně sestavit.

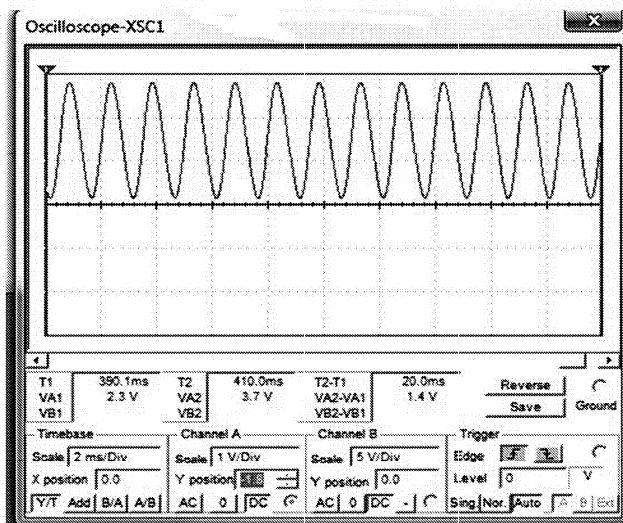
Jako první obvod jsme navrhli harmonický RC oscilátor s frekvencí 700 Hz, schéma zapojení je na obr. 1.

Seznam součástek: R_k (2,2 k Ω), R_1 (2,2 k Ω), R_2 (2,2 k Ω), R_b (1,5 M Ω), $C_{1,2,3}$ (22 nF), T1 (BC548)

Jedná se o oscilátor, kde je jako základ využit zesilovač (v zapojení se společným emitorem) s kladnou zpětnou vazbou, která přivádí signál z výstupu zesilovače na jeho vstup a obvod se rozkmitá. Výhodné pro správnou funkci je, aby výstupní odpor R_k byl stejný jako R_1 a R_2 . Rezistor



Obr. 1 Schéma zapojení oscilátoru 700 Hz



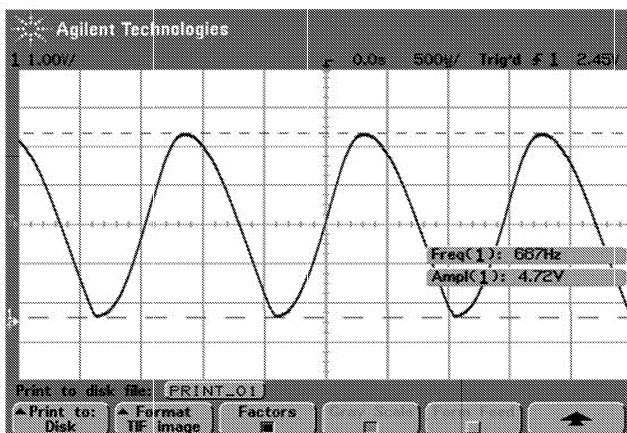
Obr. 2 Výsledek simulace v programu Multisim

R_3 ve skutečném zapojení není; jeho funkci zastupuje odpor báze-emitor použitého tranzistoru. Rezistor R_b slouží pro nastavení pracovního bodu tranzistoru T_1 .

Po připojení zdroje roste kolektorový proud a klesá napětí U_{ke} . Záporný signál je přiveden na řetězec R_1C_1 , R_2C_2 , R_3C_3 , který postupně změní fázi signálu o 180° . Tento signál je přiveden na bázi tranzistoru T_1 . Kladná zpětná vazba vede k rozkmitání obvodu. Jsou-li v RC řetězci

stejné odpory a stejné kapacity, dojde k fázovému posunu o 180° na frekvenci $f = \frac{1}{2\pi\sqrt{6}RC}$ a poměr amplitudy napětí signálu na kolektoru a na bázi je 29:1.

Schéma na obr. 1 jsme vytvořili v simulačním programu Multisim (obr. 2). Po simulacích jsme vytvořili reálné zapojení nejprve na nepáživém poli a poté i na kuprexitové destičce, kde jsme pomocí osciloskopu ověřili funkčnost zapojení (obr. 3).



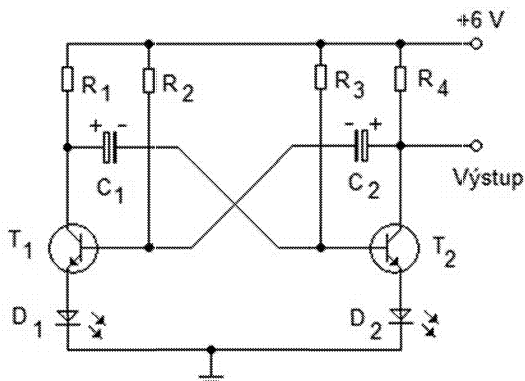
Obr. 3 Skutečný průběh kmitů oscilátoru s RC řetězcem

Frekvence vypočtená podle výše uvedeného vzorce je 1 343 Hz. Jak vidíme na obr. 4, je výsledná frekvence je 687 Hz. Program Multisim došel k frekvenci 700 Hz. Simulační programy nabízejí analýzu pasivních obvodů. Zde jsme použili program Micro-Cap9 (demoverzi) a sledovali závislost fázového posunu na frekvenci. Zadány byly hodnoty $R_1 = R_2 = 2,2 \text{ k}\Omega$, $C_{1,2,3} = 22 \text{ nF}$ a změnou R_3 byla dosažena hodnota fázového posunu 180° . Tak byl nalezen odpor, odpovídající vstupnímu odporu báze-emitor daného tranzistoru. Výsledek byl $R_3 = 15 \text{ k}\Omega$.

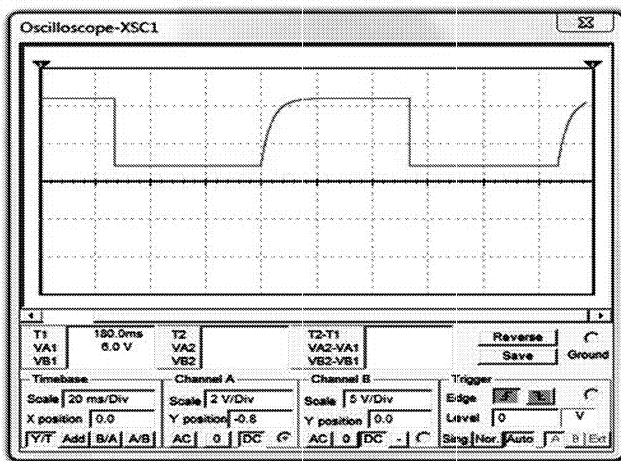
Dále jsme sestavili klopný obvod pro získání obdélníkového průběhu. Jedná se o klasický astabilní klopný obvod. Navíc jsme do něho zapojili dvě LED diody: žáci znají blikáče, které mají zlepšit bezpečnost cyklistů. Schéma zapojení je znázorněno na obr. 4.

Při připojení napájecího napětí se vlivem náhodných okolností jeden tranzistor uvede do vodivého stavu. Řekněme, že to bude T_1 , potom na-

pětí na jeho kolektoru se zmenší téměř k nule. Kladný pól kondenzátoru C_1 se tím připojí k zemi a na bázi T_2 se objeví záporný náboj, který je na kondenzátoru C_1 . Tím se uzavře tranzistor T_2 a napětí na jeho kolektoru se během krátké doby, dané nabíjením C_2 přes rezistor R_4 , zvětší na velikost napětí zdroje napětí. Nyní je celý obvod v jednom ze dvou stavů – tranzistor T_1 je otevřen a na jeho kolektoru je nulové napětí, tranzistor T_2 je uzavřen, na jeho kolektoru je maximální napětí.



Obr. 4 Schéma zapojení astabilního klopného obvodu



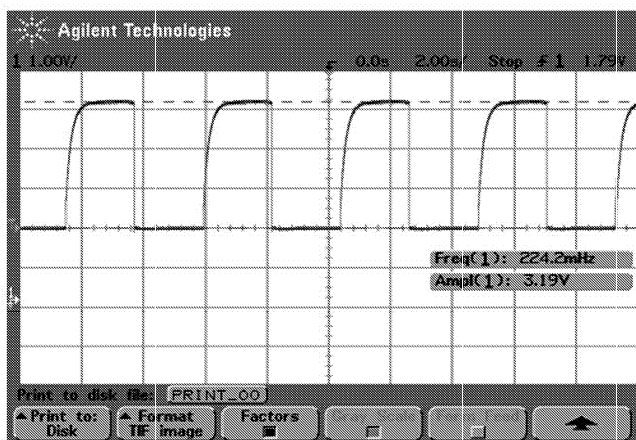
Obr. 5 Výstupní signál v programu Multisim

Mezi tím se však kondenzátor C_1 vybíjí přes rezistor R_3 a záporné napětí na bázi T_2 se postupně zmenšuje. Jakmile bude kladné, tranzistor T_2 se otevře. Napětí na jeho kolektoru se zmenší k nule, kondenzátor C_2 je tím připojen mezi bázi T_1 a zem a svým nábojem, který je vzhledem k napětí báze záporný, uzavře tranzistor T_1 .

Napětí na kolektoru T_1 se během krátké doby dané nabíjením kondenzátoru C_1 přes rezistor R_1 zvětší na napětí zdroje. Obvod přešel do druhého stavu – tranzistor T_1 je uzavřen, na jeho kolektoru je maximální napětí, na jeho kolektoru je nulové napětí.

Seznam součástek: $R_{1,4}$ (800 Ω), $R_{2,3}$ (15 K Ω), $C_{1,2}$ (4,7 mF), $T_{1,2}$ (BC238), $D_{1,2}$ LED

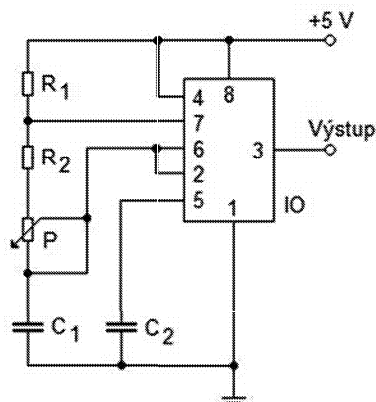
V programu Multisim jsme získali průběh kmitů (obr. 5). Po úspěšné simulaci jsme vytvořili reálné zapojení na nepájivém poli.



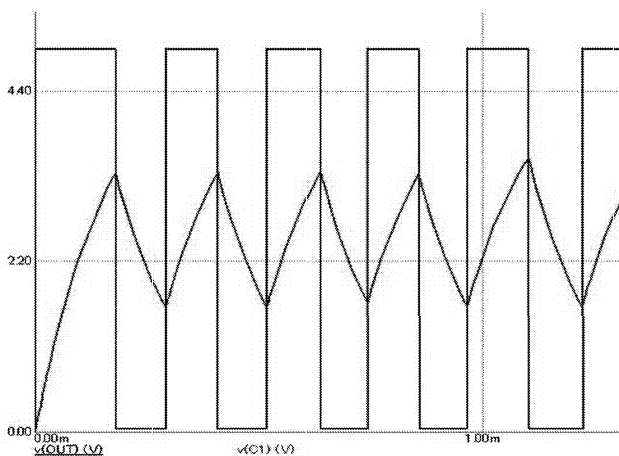
Obr. 6 Skutečný signál astabilního obvodu-blikače

Dokonalejší obdélíkový signál dává zapojení s integrovaným obvod 555 v zapojení se změnou střídy. Schéma zapojení je znázorněno na obr. 7.

V tomto zapojení generuje pravidelné kmity obdélíkového průběhu. Po připojení napájecího napětí se začne kondenzátor C nabíjet přes rezistory R_1 , R_2 a potenciometr P , během tohoto procesu je na výstupu (3) logická úroveň H (logická „1“). Spojené vstupy 2 a 6 snímají napětí na kondenzátoru C a jakmile dosáhne 2/3 napájecího napětí, obvod překlápí, na



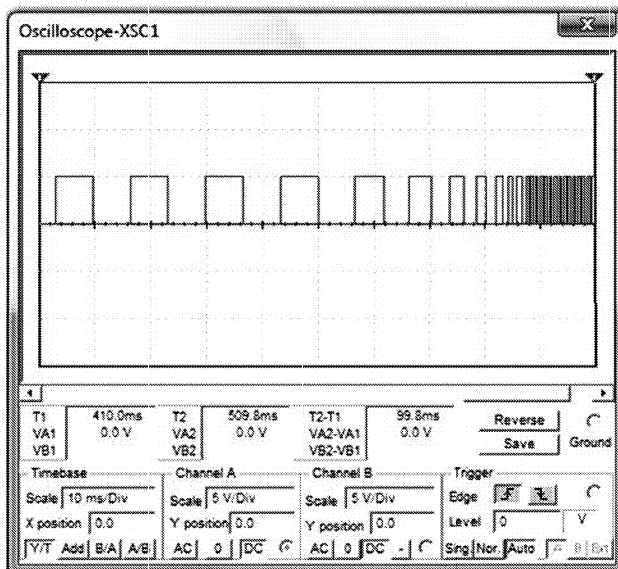
Obr. 7 Schéma zapojení s IO 555



Obr. 8 Výstupní průběh v programu Micro-Cap9

výstupu se objeví úroveň L (logická „0“) a kondenzátor se začne vývodem vybíjení (7) přes rezistor R_2 vybíjet.

To trvá tak dlouho dokud, jeho napětí nedosáhne $1/3$ napájecího napětí. V ten okamžik se obvod opět překlápí, tranzistor na vývodu 7 se zavře (přestane vybíjet kondenzátor) a kondenzátor se znovu nabíjí přes R_1 a R_2 .



Obr. 9 Výstupní průběh v programu Multisim-generátor s IO 555

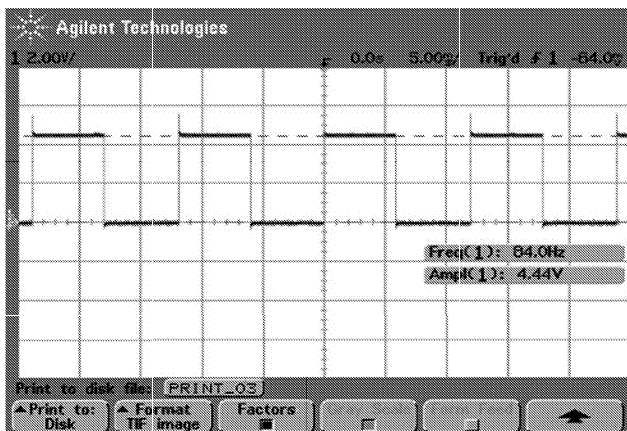
Celý děj se opakuje, dokud je přítomno napájecí napětí. Změnu střídy (šířku impulsů) je možno měnit pomocí potenciometru P.

Seznam součástek: R1 (1 kΩ), R2 (10 kΩ), P (1 MΩ), C1 (10 nF), C2 (10 nF), IO (NE555)

Schéma jsme opět modelovali v programu Micro-Cap9 a Multisim, výsledky jsou znázorněny na obr. 8 a 9. Na obr. 8 je dobře vidět průběh logických úrovní. Po simulaci jsme opět sestavili obvod na nepájivém poli a kmity sledovali osciloskopem. Snímek z osciloskopu je na obr. 10.

Závěrem lze říci, že výstupy simulačních programů a reálný obvod mají společné tvary průběhů. Současně je třeba si všimnout rozdílů – např. simulace oscilátoru s IO 555 (obr. 9) zkracuje periodu kmitů. Simulační programy lze využít jako vhodný prostředek pro výuku elektroniky na odborné škole nebo využít v semináři z fyziky na gymnáziu a práce s nimi je rychlá, levná a bezpečná. Současně je třeba konfrontovat skutečný obvod se simulací, aby nedošlo k omezení práce se skutečnými obvody a vytváření nekritické důvěry v počítačovou simulaci. Upozorněním na rozdíly v simu-

laci a skutečném obvodu stavíme studenta do problémové situace, která může přispět k aktivizaci jeho duševní práce a zlepšit výsledek studia.



Obr. 10 Skutečný průběh kmitů generátoru s IO 555

Literatura

- [1] Vachala, V. – Křišťan, L.: Oscilátory a generátory. 1. vyd. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1974. 242 s.
- [2] Hájek, J.: Časovač 555 = Timer 555: praktická zapojení. Praha: BEN, 1996. 128 s. ISBN 80-901984-1-4.
- [3] Hoffner, V.: Směšovače a oscilátory. 1. vyd. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1964. 178 s.
- [4] Humlhans, J.: Zajímavá zapojení 2 díl: Generátory, přístrojové zesilovače, měřicí přípravky a testery. 1. vyd. Praha: BEN, 2005. 151 s. ISBN 80-7300-151-9.
- [5] Bezděk, M.: Elektronika I. 3. vyd. České Budějovice: Kopp, 2008. 314 s. ISBN 978-80-7323-3654-4
- [6] Sobotka, B. – Baumruk, E. – Šprdlík, Z., aj.: Dílenská příručka: elektronika I. Plzeň: SOUE a U.

K výuce meteorologie na gymnáziu

OLGA KOUŘIMSKÁ – ZDENĚK KLUIBER

Pedagogická fakulta UHK, Hradec Králové

Meteorologie je dosud poněkud opomíjenou oblastí učiva v základním kurzu gymnazijní fyziky. Na druhé straně však představuje velmi zajímavou problematiku a je pro žáky výrazně motivující. Většina učitelů fyziky na gymnáziu začíná se školním vzdělávacím programem v době, kdy se zmenšila hodinová dotace fyziky a je nezbytné obsah učiva redukovat podle základních požadavků rámcového vzdělávacího plánu (RVP).

Kde tedy rozvíjet u žáků zájem o přírodní vědy? Jak vést žáky k rozvoji racionálního myšlení? Jak žákům umožnit něco nového objevit? Jak dát žákům šanci se něco skutečně nového a přínosného naučit?

1. Meteorologický seminář

Jednou z možných variant, jak zpřístupnit žákům základní problematiku meteorologie, je zavedení samostatného meteorologického semináře nebo začlenění meteorologie do základního kurzu gymnazijní fyziky jako motivační prvek.

U žáků lze vzbudit zájem o meteorologii velmi rychle, protože si plně uvědomí provázanost meteorologických prvků v běžném životě. Každý den o nich žáci slyší v médiích. Ve společnosti je řada historicky zakořeněných zvyků vázajících se k meteorologii, o kterých žáci vědí, ale třeba je nikdy nenapadlo nad nimi přemýšlet nebo je nějak vysvětlit na základě fyzikálních zákonů. Pak jsou doslova překvapeni, když učitel jim pomůže pochopit podstatu meteorologických jevů pomocí již osvojených znalostí fyzikálních zákonitostí. Jen je třeba dát pozor na to, že řada žáků má mylné představy o meteorologických jevech, které pramení z pověr a pranostik přenášených z generace na generaci!

2. Rozšiřující učivo ve výuce meteorologie

Protože žáci se již seznámili s poznatky o ideálním plynu, o tuhém tělese, o změnách skupenství látek, o optických jevech, o elektřině a magnetismu, lze jim pomoci najít vztahy mezi nimi a ukázat jim, jak se vytvořené modely mohou aplikovat v meteorologických dějích.

Pro učitele i žáky lze doporučit knihy [1], [2], [3], velké množství názorných animací a obrázků lze najít na odkazu [4].

V následujícím odstavci je uveden přehled rozšiřujícího učiva ve výuce meteorologie.

Učivo	Výstup
Mechanika plynů a model ideálního plynu – tlak, atmosférický tlak, jednotky – torr, bar, pascal, měřicí přístroje – rtuťový tlakoměr, aneroid, barograf; tlaková výše a tlaková níže a jejich rozmištní na zemské kouli, jak ovlivňují počasí; izobary a čtení ze synoptických map, adiabatický děj, vratné a nevratné děje, proudění vzduchu dle tlakových rozdílů, tornádo, hurikán.	Definuje jednotku tlaku, napíše vztahy pro tlak plynu a to i stavovou rovnici, pojmenuje uvedené veličiny, vysvětlí funkci přístrojů a objasní princip měření, vysvětlí vznik tlakové výše a níže, vznik větru, z funkčních vztahů mezi p , V , T sestojí grafy a interpretuje jejich důsledky.
Teplota a její měření – jednotky a její měření, tepelná výměna, vedení tepla, sálání, vyzařování, teplotní rozvrstvení vzduchu, teplotní stabilita a instabilita,	Formuluje termodynamické zákony, používá je při vysvětlování průběhu tepelné výměny vedením, sáláním, zářením, podle zeměpisné šířky vysvětlí teplotní rozvrstvení vzduchové hmoty.
Skupenství látek, skupenské změny – vlastnosti látek různých skupenství, skupenské změny a skupenská tepla, diagramy fázových změn, sytá a přehřátá pára, srážky.	Klasifikuje látky podle skupenství, vystihne jejich podstatné znaky, aplikuje poznatky z fázových diagramů na meteorologických jevech.
Dynamika a gravitační pole – gravitační síla, tíhová síla, Coriolisova síla, všeobecné proudění atmosféry.	Vysvětlí všeobecné proudění atmosféry na základě silového působení na vzduchové hmoty, charakterizuje typy sil z hlediska působení, jejich směru a velikosti, tím potvrdí známé směry proudění pravidelných větrů, na modelu zeměkoule ukáže oblasti tlakových níží, tlakových výší, načrtne proudění větru (dokresluje slepé mapy).
Optika – optické jevy, absorpce, rozptyl, odraz, lom světla, Záření těles.	Uvede příčiny vzniku optických meteorologických jevů, halových prvků, používá zobrazovací metody, zákon lomu a odrazu.

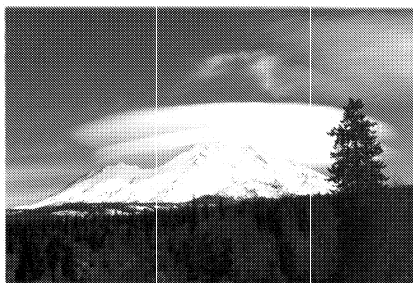
Elektrina – elektrické jevy v atmosféře.	Najde příčiny elektrických atmosférických jevů a zdůvodní je, při bouři se chová v souladu s bezpečnostními pravidly; vysvětlí rozložení náboje v atmosféře a na povrchu Země, při tom využívá poznatků o vedení elektrického proudu v plynech.
--	---

3. Návrh obsahu výukové hodiny meteorologie – příklad

Obsah: je zadána komplexní fyzikální úloha, při jejím řešení by se měly využívat poznatky z více oblastí fyziky a měly by být uplatněny i mezi-předmětové vazby.

Téma hodiny: Jak se pohybují a tvoří oblaka?

Výuková hodinu je zahájena ukázkou obrázku mraku halícího do mlhy vrchol hory (obr. 1). Pokyn žákům: povšimněte si, že mrak je situován pouze na vrchol, má ostré ohraničení.



Obr. 1

Pojmenujte a charakterizujte mrak podle atlasu oblaků. Využijte atlasů na internetu (doporučený zdroj [5], viz charakteristika níže).

Lenticularis

Oblaky v podobě čoček nebo mandlí, často velmi protáhlé, obvykle s výraznými obrysy. Někdy se u nich objevuje irizace (zbarvení okrajů oblaku do červena či zelena vlivem prosvítání Slunce). Oblaky tohoto tvaru jsou nejčastěji orografického původu, ale mohou se vyskytnout i v oblastech bez významné orografie. Užívá se u druhů: Cc, Ac, Sc

1. Vysvětlete výše užitě odborné výrazy, doplňte tabulku:

Lenticularis	
Orografie	
Cc, Ac, Sc	

2. Vysvětlete příčinu vzniku mraku?

Pomoc žákům: k vysvětlení lze použít obr. 2.



Obr. 2

Orografický mrak se tvoří na překážkách vystavených proudění větru, tedy vrcholech hor a na pohořích. Nasycená teplá vzduchová hmota je nucena rychle stoupat do vyšších výšek. Nestací se ohřívat od okolí, ve vyšších výškách je nižší tlak, a proto se rozpíná. To odpovídá adiabatickým dějům.

Takže s klesající teplotou a nízkým tlakem nasycená pára kondenzuje a vytváří se viditelný mrak. Za vrcholem studený vzduch padá do nižších vrstev a ohřívá se. Protože už je zbaven vlhkosti, projevuje se na závětrné straně jako teplý suchý vzduch – tzv. fén.

3. Jak ovlivňuje počasí nad daným územím?

Velký teplotní rozdíl mezi návětrnou a závětrnou stranou, místní lokální bouřky ve vyšších výškách a na návětrné straně, na závětrné straně je teplo s teplým prouděním.

Platnost stavové rovnice a fázových diagramů lze ukázat na diagramech p - V , p - T a fázových diagramech. Studované závislosti lze modelovat v programu DERIVE 6.

Literatura

- [1] Seifert; V.: 100+1 zásludných otázek – počasí. Praha, Aventinum 2004.
- [2] Kolektiv autorů: Člověk a příroda. Plzeň, Fraus 2005.
- [3] Astapačenko, P. D. – Kopáček, J.: Jaké bude počasí? Lidové nakladatelství, Praha 1987.
- [4] <www.weatherwizkids.com>
- [5] <<http://mraky.astronomie.cz/klasifikace.php>>
- [6] <<http://ipriroda.wz.cz>>