

Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích

Pedagogická fakulta – Katedra fyziky

Diplomová práce

České Budějovice 2008

Veverková Klára

Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích

Pedagogická fakulta – Katedra fyziky

Projekt jako vyučovací metoda při výuce fyziky
Diplomová práce

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

Autor: Veverková Klára

Anotace

Tato diplomová práce se snaží poskytnout čtenáři základní informace o projektové metodě. Je možné nalézt zde historii projektové metody, její nejvýznamnější osobnosti, náležitosti projektu a způsob zpracování projektu. Z této diplomové práce je možné čerpat jak teoretický popis projektu, tak motivaci k zapojení projektů do výuky. V závěru práce jsou navíc ukázky konkrétních dvou projektů.

Abstract

This diploma thesis tries to give to the reader basic informations about project method. It's possible to find here the history of project method, most distinguished personalities of this method, appurtenances of project and the way of processing the project. From this diploma thesis it's possible to draw both theoretical description and motivation to involvement teh projects into the education. In the end of the thesis there are additionally exemplifications of two concrete projects.

Prohlášení:

Prohlašuji, že svoji diplomovou práci jsem vypracovala samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované 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 elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách.

25.4.2008

Poděkování:

Děkuji svému konzultantovi panu PaedDr. Jiřímu Tesařovi, Ph.D. za odborné vedení a užitečné rady při tvorbě mé diplomové práce.

Děkuji paní Mgr. Marii Papíkové (učitelce fyziky na SOŠ elektrotechnické a strojní a SOU v Pardubicích) za pomoc s přípravou a realizací projektu a za vstřícný přístup.

Obsah:

1. Úvod.....	8
2. Historický vývoj projektové metody.....	10
2.1 Koncentrace ve výuce.....	10
2.1.1 Možnosti koncentrace ve vztahu k systému předmětového vyučování.....	11
2.1.2 Zdroje a typy koncentračních jader.....	11
2.2 Počátky projektové metody.....	12
2.3 Významné osobnosti projektové metody.....	12
3. Projekt.....	16
3.1 Definice projektu.....	16
3.2.1 Co by měl projekt zohledňovat.....	17
3.2.2 Struktura projektu.....	18
3.2.3 Charakteristické rysy projektové metody dle Stevensonova.....	19
4. Projekt a jeho význam.....	20
4.1 Žákovský projekt.....	20
4.2 Přejchod od myšlenky k činu.....	20
4.3 Kooperativní vyučování.....	21
5. Projekt, problém, učební úloha.....	23
5.1 Projekt a problém podle Killpatricka a Deweye.....	25
5.1.1 Problém.....	25

5.1.2 Části projektu.....	26
5.1.3 Dělení projektů dle Kilpatricka z hlediska látky.....	26
5.1.4 Dělení projektů dle Kilpatricka z hlediska účelu.....	26
5.2 Dělení projektů dle Hosice.....	27
5.3 Další dělení projektů.....	27
5.3.1 Dělení projektů dle navrhovatele.....	27
5.3.2 Dělení projektů dle místa.....	27
5.3.3 Dělení projektů dle počtu žáků.....	27
5.3.4 Dělení projektů podle času.....	28
5.3.5 Dělení projektů dle organizace a vztahu ke koncentraci.....	28
6. Klady a zápory projektové metody.....	29
6.1 Klady projektové metody.....	29
6.1.1 Klady projektové metody dle V. Příhody.....	29
6.1.2 Klady projektové metody dle J. Henry.....	30
6.1.3 Klady projektové metody ve 4 základních dimenzích.....	30
6.2 Zápory projektové metody.....	33
6.2.1 Zápory projektové metody dle V. Příhody.....	33
6.2.2 Zápory projektové metody dle J. Henry.....	33

6.2.3 Zápory projektové metody ve 4 základních dimenzích.....	34
6.3 Kompenzace záporů projektové metody.....	35
7. Projekty a vyučování.....	37
7.1 Školská reforma a projekt.....	38
7.2 ŠVP, RVP.....	41
7.3 Mezipředmětové vztahy a souvislosti.....	44
7.4 Projekty - cesta k integrované výuce.....	45
7.5 Integrace vzdělávacích obsahů.....	45
8. Realizace projektu.....	46
9. Vlastní projekty.....	51
9.1 Automobil a fyzika.....	51
9.2 Základy fyziky létání.....	55
10. Závěr.....	60
11. Seznam použité literatury.....	61
12. Přílohy.....	63

„Motto:

Vaše děti nejsou vaše děti.

Jsou synové a dcery života toužící po sobě samých.

Pocházejí z vás, ne od vás

a ačkoli u vás jsou, nenáleží vám.

Smíte jim dát svou lásku, ale nikoli vaše myšlenky,

neboť oni mají své vlastní myšlenky.

Smíte otesávat jejich život, ale ne jejich nitro

neboť jejich nitro bydlí v domě zítřka,

kam Vy nejste schopni vstoupit

ani ve svém snění.

Můžete usilovat, aby se stali stejní,

přesto nečekejte, že to budou realizovat.

Neboť životy neběží zpět,

ani nedlí u včerejšího dne.“

(Khalil Gibran)

1. Úvod

Stojíme na prahu nového tisíciletí a stále více pedagogů si uvědomuje, že nelze donekonečna vyučovat zaběhnutým způsobem. I když se samozřejmě stále najdou krajní příznivci zaběhnutého systému, kteří z důvodu své vlastní pohodlnosti tvrdí, že reformu nelze realizovat a že stejně nebude mít úspěch. Postupně se však před tabule dostávají noví absolventi, kteří jsou přístupní i novým metodám. A tak na školách probíhá období reformy. Objevuje se snaha přejít od biflování kvant informací, které žáci a studenti nejsou schopni prakticky uplatnit, k výuce praxí.

Je třeba změnit nejen školu, ale především přístup pedagogů a vyučovací metody. My jako učitelé fyziky bychom se především měli snažit vést studenty k aktivitě a zájmu o danou problematiku. Neboť ve všem, co nás obklopuje, lze objevit fyzikální zákonitosti. A k probuzení zájmu o fyziku a snad i určitého nadšení u našich studentů nám velmi dobře poslouží projektová metoda .

Já sama jsem se s projektovou metodou poprvé setkala na pedagogické fakultě. Zpočátku jsem měla problém s pochopením toho, o co se vlastně jedná, jelikož neexistuje přesná a jasná definice. Ovšem hned jak jsem překonala tuto počáteční fázi, projektová metoda mě zcela pohltila a nadchla. S politování musím konstatovat, že jsem neměla možnost účastnit se nějakého projektu v průběhu své základní a střední školní docházky. A myslím, že ani zanedbatelná část dnešních žáků a studentů neměla nikdy možnost zažít projektové vyučování „na vlastní kůži“, což je škoda.

Samozřejmě je mi jasné, že nelze vystavět celou výuku pouze na projektech. Ale tuto metodu považuji za příjemné zpestření tradiční výuky, kdy musí jen mlčky sedět a přijímat mnohdy nesrozumitelné a nezajímavé informace. Projektová metoda naproti tomu dává studentům možnost projevit svou kreativitu, motivuje je a umožňuje zapojení opravdu všech, čímž přispívá také k upevnění kolektivu.

Ve své diplomové práci jsem se snažila postihnout základní rámec projektové metody a v příloze jsou i ukázky dvou projektů, na kterých jsem pracovala se studenty v rámci své souvislé praxe.

Věřím, že případnému čtenáři poskytne tato práce základní přehled o tom, co to tedy ta projektová metoda je, jak takový projekt vypadá a jaké má náležitosti. Zároveň zde zjistí, že projektová metoda nemá pouze pozitiva, ale skrývá i mnohá úskalí a že se rozhodně nejedná o metodu zcela novou. Pro některé čtenáře bude možná překvapením, když zjistí kam až sahají počátky projektové metody.

2. Historický vývoj projektové metody:

Počátky projektové metody se objevují koncem 19. a počátkem 20. století, kdy se projevují snahy o obnovu školství a pragmatičtí pedagogové hledají způsob, jak proměnit ideje ve skutky. Školští reformátoři vytýkali (a dodnes vytýkají) „tradiční“ škole, že omezuje svobodu žáka, jeho aktivitu, nerespektuje zájmy dítěte ani jeho osobní zkušenosti, opomíjí učení sociálním dovednostem, nereaguje na individuální předpoklady a motivy žáka, opomíjí prožitky dítěte, podává učivo tak, že kopíruje spíše jednotlivé vědní obory, než reálné životní situace. Tento stručný výčet „nedostatků“ tradiční školy samozřejmě nepokrývá všechny body, které jí reformátoři 19. a 20. století vytýkali, avšak právě snaha zlepšit nedostatky shrnuté v těchto bodech nejvíce přispěla ke vzniku projektové metody.

2.1 Koncentrace ve výuce

Definice koncentrace: koncentrace učiva je soustředění látky kolem určitého ústředního motivu, jádra, či základní ideje.

Koncentrace je základní ideou všech projektů a jde v podstatě o stanovení společných jader, neboli jednotlicích myšlenek, kolem nichž by se mělo učivo koncentrovat. Koncentrace zároveň určuje i nové kritérium strukturace učiva. Zde vyvstává otázka, proč bychom vlastně měli hledat toto nové kritérium, když kritérium dělící realitu do „škatulek“ věd je historicky prověřené. Jde vlastně o vzájemnou reakci bipolarit, neboli o reakci parciálního (díličního) a globálního (celostního) pohledu.

Z hlediska parciálního pohledu dochází k rozpadu jednoty světa do různých oblastí na základě lidského poznání. Jednotlivé oblasti jsou označovány jako vědy a jednotlivé poznatky lze v rámci těchto věd velmi dobře logicky třídit. To vede ke vzniku vyučovacích předmětů a diferenciaci učiva podle jednotlivých věd.

Naopak z hlediska globálního pohledu není důležité analytické zkoumání jevů, ale spíše je kladen důraz na hodnotu celistvosti těchto jevů. Měli bychom si všimnout, že životní realita není složena ze systematizovaných řad logicky uspořádaných struktur vědy, ale z celistvých jevů situací. Životní realita je tedy interdisciplinární a učivo by mělo být koncentrováno dle určité jednotlicí ideje bez ohledu na třídění věd.

V současných školách bývá stále ještě ve výuce uplatňován pohled parciální. Základ tohoto přístupu k učivu je možno nalézt v období konce středověku a začátku novověku, kdy se již nedal uplatňovat původní postup (učení dané látky až do úplného vyčerpání poznatků a teprve potom začít s výukou dalšího předmětu), ale v důsledku přibývání poznatků bylo nutno rozšířit počet vyučovaných předmětů a tak docházelo k tomu, že se různé učivo probíralo prakticky paralelně. S tím souvisí také objevení akademismu a tvrzení „Non scholae, sed vitae dictimus“ (ne škola, ale život učí) zůstává již jen pouhou ideou. Jako opak k akademismu se objevuje i jiná idea-takzvaný utilitarismus, neboli sledování principu užitečnosti.

Kdesi na pomezí mezi akademismem a utilitarismem stojí koncentrační teorie. Princip koncentrace bývá využíván k „modernizaci“ školství a určitým způsobem směřuje cestu k projektové metodě.

2.1.1 Možnosti koncentrace ve vztahu k systému předmětového vyučování:

1. nahrazení existence více předmětů svedením určitých částí látky kolem ústředního motivu
2. využití v rámci jednoho předmětu-rozrušení struktury témat a následná koncentrace kolem určitého jádra
3. orientace učiva k jednomu ústřednímu tématu (při zachování předmětů)
4. korelace-opření se o hledání mezipředmětových vztahů

2.1.2 Zdroje a typy koncentračních jader:

Koncentrační jádra jsou čerpána z životní reality, předepsané učební látky a propojení obou.

Koncentrační jádra lze dělit takto:

1. obecné téma-pojem vystupuje jako zobecnění skutečnosti, jejíž osvojení má obecný význam
2. konkrétní podnět-jádro vyrůstá z existence konkrétních jevů a k nim vázaných potřeb a zájmů konkrétních osob
3. problém-jádrem je neznámá (obtíž), kterou je nutno překonat

4. výchovně vzdělávací cíl-primární je změna osobnosti žáka a teprve sekundárně se uvažuje o obsahu a tematizaci

2.2 Počátky projektové metody:

Počátky projektové metody nalézáme již v roce 1809, kdy R.W.Stimson na vyšší zemědělské škole v Massachusetts poprvé použil označení „home project“ pro mimoškolní práci studentů. V roce 1918 píše profesor W.H. Killpatrick svůj článek: „The Project Method“ a projektová metoda zažívá rozkvět.

Využívání projektů ve vyučování dovoluje učiteli rozvíjet široké spektrum dovedností jeho žáků. Na rozdíl od mnoha jiných činností dávají (do vyučování vhodně zařazené) projekty žákům možnost využívat intelektuální dovednosti vyššího řádu (např. tvořivost, laterální myšlení, hodnocení, analýzu a syntézu). Přitom se posilují jejich další schopnosti, jako je např. samostatnost, schopnost učit se z různých zdrojů, řešit problémy běžného života apod. a pěstují manuální dovednosti. Přirozenou cestou se spolu s kognitivními dovednostmi rozvíjejí také sociální dovednosti žáků a vyučování získává výrazný aktivizující ráz.

Projektová metoda je metodou vysokého stupně integrace učiva z jednotlivých předmětů do jedné činnosti a maximální přiblížení této činnosti reálnému životu. Východiskem klasického projektu je problém vycházející ze zkušenosti dětí; něco, nač děti narazí a co potřebují pochopit, čemu by rády porozuměly.

2.3 Významné osobnosti projektové metody

J. Dewey (1859 – 1952) bývá označován jako „Kopernik pedagogiky“. Chtěl zbavit učitele jeho centrálního postavení ve výchově a nahradit jej dítětem.

Filosofickým základem Deweyovy pedagogiky byl *pragmatismus*. Ústředním pojmem této filosofie je pragma (čin) a míra jeho hodnoty a užitečnosti.

Dewey však aktivní charakter poznávacího procesu přeceňoval do té míry, že vlastní předmět poznání v něm ztrácí svou reálnost. V jeho pojetí se nejen to, co se má konat, ale i to, co se má vědět, má učit konáním. Což je někdy možné i žádoucí, ale někdy také nežádoucí a dokonce i nemožné. Proto Dewey, aby neporušil své dogma, musel mnohé z obsahu tradiční výuky vyloučit a tím až příliš zúžil obsah získávaného poznání.

Jádrum Deweyho učení je pedocentrický princip, který staví do popředí zájem dítěte a jeho zkušenost. Škola na ni má navazovat organizováním činností, které by dětem

umožňovaly žít ve škole plně - tvořit skupinu organicky integrovanou do života společnosti a neustále rekonstruovat vlastní zkušenosti v procesu mentálního růstu. Ačkoli Dewey sám neužíval termínu „projektová metoda“, dal k ní teoretický základ a může být považován za iniciátora této koncepce. Podle ní se učivo nečlení do jednotlivých předmětů z hlediska věd. Komplexní projekty, soustředěné na určitá, žákům blízká témata, seskupují učební látku z různých předmětů podle konkrétních úkolů. Logický princip oborů je nahrazen psychologickým principem přirozené rekonstrukce zkušenosti vlastní aktivitou dítěte.

W. H. Kilpatrick (1871 – 1965) nebyl objevitelem projektové metody, ale byl jejím prvním teoretikem. Propracoval její koncepční základ a zobecnil její význam a funkci. Roku 1918 napsal knihu „The Project Method“.

Kilpatrickovo pojetí vyučování se zakládalo na myšlence o rozvoji dispozic, postojů, dovedností a hodnot, které ve své souhrnné jednotě tvoří charakter autentického člena demokratické společnosti. Tyto vlastnosti lze získat cestou kooperace, kritického myšlení a tolerance. Proto se mu jevila účinnější metoda projektů, stimulujících zájem žáků uplatňovat soustředěnou tvůrčí aktivitu podle vlastního plánu, mířícího k určitému cíli, která by obohacovala jeho osobnost o nové poznatky a dovednosti a přispívala tak k jeho komplexnímu rozvoji. Metoda vycházela z názoru, že život člověka, má-li být hodnotným, smysluplným a důstojným životem, nutně pozůstává z plánovaného záměrného jednání, nikoli jen z pouhého improvizovaného tápání.

L. N. Tolstoj (1828 – 1910) uznával J.J. Rousseaua („*Emil*“), který ve své práci srovnává Emila (vzor dítěte) s dospělým a zastává názor, že nejlepší je žádná výchova – tedy výchova přírodou.

Hájil požadavek, aby výchova nezasahovala násilím do dětského života, ale dala průchod spontánní duševní i tělesné aktivitě dítěte. **Kladl důraz na citovou a mravní stránku výchovy.** Usiloval o svobodnou výchovu dětí z lidu s tím, že respektuje přirozenou moudrost tohoto lidu, a nechce, aby vesnické děti byly spoutávány formalismem nucené výuky a vnější školní kázně. Považuje děti za individuality. Zastává názor, že nejlepší metoda je žádná metoda nebo všechny dohromady s možností výběru. Ve své svobodné škole děti nebil, jako učitele zaměstnával vyhozené studenty (za politické nepokoje) a ne vojáky a duchovní. Čtyřicet žáků bylo rozděleno do dvou tříd. Děti mohly přijít a odejít kdykoli a i jejich chování během vyučování nebylo nijak omezováno. Jediný prostředek k udržení

pozornosti bylo vyvolání zájmu žáků. Ve výuce kladl důraz na sloh. Slohové práce dětí vydával jako přílohy ke svému časopisu.

Zastával názor, že: „Učitel vždy mimoděk směřuje k tomu, aby zvolil pro sebe nejpohodlnější způsob vyučování. Čím je způsob vyučování pohodlnější pro učitele, tím je nepohodlnější pro žáka. Jenom ta podoba vyučování je správná, s níž jsou spokojeni žáci.“

N. K. Krupská¹ (1869 – 1939) viděla v dobře organizované pracovní výchově možnost bojovat proti sebevraždám žáků. Projektovou výuku považovala za vhodnou cestu. Ve svém díle „Sebevraždy mezi žáky a svobodná pracovní škola“ zdůrazňuje, jaká má být výuka: „práce musí být pro žáky zajímavá, musí být uplatněním znalostí a dovedností získaných dítětem, fyzická i duševní, dítě musí vidět a chápat výsledek své práce, dětská práce se musí provádět nejen ve škole, ale i mimo ni.“

Krupská podporovala tzv. komplexní osnovy, překračující hranice jednotlivých předmětů a soustřeďující učební látku do přirozených celků. Podporovala pracovní a polytechnickou výchovu.

Václav Příhoda (1889 – 1979) zaváděl *globální metodu učení*.

Příhoda zastává názor, že místo propadání žáků a opakování ročníků je vhodnější jejich diferenciaci a individualizaci. Přišel s myšlenkou pracovních družstev, které by podporovaly aktivitu a práci žáků. Opouští encyklopedickou systematičnost a kloní se k výběru látky dle její použitelnosti pro život. Všeobecné vzdělání považuje za povrchní. Podle jeho názoru by mělo vést k výchově specialistů.

Edward Lee Thorndike (1874 – 1949) je považován za otce *kvantitativní pedagogiky*, která jde cestou žebříčků vyhodnocování znalostí žáků, metodami testů apod. Požadoval praktičtější přípravu pro život než výuku latiny.

McMarry prosazoval, aby se realizovali nejen drobné dětské projekty, ale aby byly děti zasvěcovány i do světa velkých projektů dospělých.

(v současnosti mají děti skutečně možnost účastnit se projektů spojených s prací dospělých – mezinárodní internetové projekty – počasí, astronomie a pod.)

¹ Naděžda K. Krupská - komunistická politička a pedagožka (1869 - 1939), manželka V.I.Lenina, uvedená jen pro dokreslení situace

E. Collins se pokusil zhodnotit přednosti projektové metody v letech 1917 – 21. Srovnával experimentální a kontrolní třídy. Je pravdou, že experimentální školy dosáhly lepších výsledků. Nutno podotknout, že experimentální třídy měly více naučných vycházek, ručních prací (jako pracovní činnosti všech typů), dramatické výchovy a her, povídek (vyprávění, písničky apod.). Experimentální školy měly lepší pomůcky, aktivnější učitele a časté hospitace – což jistě mělo nemalý podíl na lepších výsledcích.

Helena Parkhurstová (1881 – 1957) čerpala z myšlenek např.

M. Montessoriové, S. Hessena „Idea pracovní školy a daltonský plán“, Dr. Sickingenra – *mannheinský plán*.

Vytvořila a propagovala *daltonský plán* – individuální knižní studium, princip individualismu a současně kooperace žáků.

C. Washburn je spojován s tzv. *winmentskou soustavou*, což je v podstatě dvojče s daltonským systémem, vznikly však nezávisle na sobě. Obě metody prosazují individualizaci učení.

Vycházel z kritiky tradiční školy a z potřeby umožňovat dětem více svobody a lépe přizpůsobovat požadavky školy jejich individuálním schopnostem.

3. Projekt

„Nejdůležitějším a nejužitečnějším pravidlem veškeré výchovy není získat čas, nýbrž jej ztrácat.“

(J. J. Rousseau)

3.1 Definice projektu:

Ačkoli je projektová metoda v současnosti poměrně na vzestupu, pojem projekt není stále ještě přesně definovaný. Zde jsou uvedeny alespoň některé definice:

Killpatrick: „Projekt jest určitě a jasně navržený úkol, který můžeme předložit žákovi tak, aby se mu zdál životně důležitý tím, že se blíží skutečné činnosti lidí v životě.“

Hosic: „Výrazu projektová metoda lze užíti o učení tehdy, když individuum či skupina pojme záměr, jehož uskutečnění navozuje změny v jeho (jejich) vědění, zručnostech, zvycích i vztazích.“

R.Žanta: „Projekt je účelně organizovaný souhrn myšlenek, seskupených kolem důležitého střediska praktického vědění, směřující k určitému cíli.“

„Výzkum potvrdil, že nejefektivnějším způsobem učení je skutečný život, ne škola.“
[13]

„Děti se učí tím, že se pokoušejí něco dělat, chybují a dozvídají se o tom nebo napodobují nějakou činnost, která vede k lepším výsledkům. Tento pohled jasně naznačuje, že děti dávají přednost tomu něco dělat, před samotným přijímáním nových faktů. Jinými slovy, učí se tvořivou prací (learning by doing)“ [14]

Projektová metoda: „Vyučovací metoda, jíž jsou žáci vedeni k řešení komplexních problémů a získávají zkušenosti praktickou činností a experimentováním. Je odvozena z pragmatické pedagogiky a principu instrumentalistu, rozvíjené J. Deweyem, W. Kilpatrickem aj. V USA a dalších zemích jedna z nejvýznamnějších metod podporujících motivaci žáků a kooperativní učení. Projekty mohou mít formu integrovaných témat, praktických problémů ze životní reality nebo praktické činnosti, vedoucí k vytvoření nějakého výrobku, výtvarného či slovesného produktu.“ [1]

Uspořádání učiva v pedagogických dokumentech: „Projektové uspořádání učiva vychází z empiricky stanovených hlavních sfér společenského života (práce, sociální vztahy, životní prostředí, trávení volného času, výchova dětí aj.). Spojuje obsah vzdělání s různými oblastmi praktických činností.“ [2]

Organizační formy vyučování: „Projektové vyučování je založeno na řešení komplexních nebo praktických problémů na základě aktivní činnosti žáků. Ve svých koncepčních východiskách se projektové vyučování orientuje především na pojem zkušenosti žáka.“ [2]

Projektová metoda :“Projektem nazýváme koncentraci učiva kolem určitého ústředního motivu, jádra nebo základní ideje, kterým může být téma obecné, konkrétní podnět, problém, výchovně vzdělávací cíl. Projektová metoda navozuje cílenou vzdělávací činnost, promyšlenou a organizovanou, teoretickou, ale i ryze praktickou, která odpovídá potřebám předškolních dětí, ale i rozhodnutí pedagoga, koncentrovanou kolem dané základní myšlenky, zaměřenou činnostně a prožitkově a směřující k praktickému využití v životě, přinášející změny v osobnosti dítěte cestou vlastní zkušenosti, za kterou děti částečně přebírají svoji odpovědnost.“[16]

3.2.1 Co by měl projekt zohledňovat:

1. aktualizaci dětské potřeby aktivního střetávání se světem, nových zkušeností, poznatků a schopností i potřebu vlastní odpovědnosti, spoluodpovědnosti za práci,
2. aktuální situaci, která nastala nebo právě je v daném prostředí, komplexnější přirozené, tedy celistvé poznávání, nedělené na jednotlivé výchovné složky,
3. aktivní zapojení všech dětí, kde pedagog je rádcem, konzultantem, kdy děti částečně přebírají řídicí aktivity a učí se učit,
4. směřování činnosti co nejvíce k praktickému životu
5. rozvoj sociálních vlastností jedince – sociability, sociální učení ve skupině předškolních dětí, týmovou práci – komunikovat mezi sebou, dohodnout se, kooperovat, tolerovat odlišnosti druhého,
6. integraci – propojení se širším okolím (škola, rodina, obec, projekt dvou škol apod.), integraci – celostní vyučování, integraci – vnímání celou osobností, integraci – původní zkušenosti s novým poznáním, integraci – řízené činnosti se sebeřízením, integraci dětí ve společné činnosti, integraci dětí, pedagogů,

provozních pracovníků, rodičů i dalších aktérů projektu, integraci světa školy se světem školu obklopujícím,

7. návrat skutečného prožitku a pozitivního vztahu k poznání škole i dítěti a měl by rovněž zahrnovat i dokumentaci (výrobky dětí, výkresy, mapy, foto, video).

3.2.2 Struktura projektu

Základními kroky projektů jsou záměr, plán, provedení a hodnocení.

Zvolíme téma projektu – čím se konkrétně budeme zabývat. Na této volbě se podílejí učitelky, děti, popřípadě rodiče, i další partneři. Určíme pravidla spolupráce (kompetence, odpovědnost) učitelek, dětí i dalších partnerů. Zvážíme, jak můžeme s tématem pracovat mimo školu a kdo nám v tom může pomoci, jak zapojíme další spolupracovníky (rodiče, provozní pracovníky, ZŠ). Analyzujeme výchozí situaci – jaké informace děti o tématu mají, co už vědí, znají, dovedou, na jaké úrovni schopností, dovedností, návyků, vědomostí a poznatků děti jsou. Na základě analýzy stanovíme cíle projektu. K jakým cílům chceme děti svým pedagogickým záměrem dovést, v čem chceme dosáhnout pokroku, co je naučíme, jaký očekáváme posun (postupné naplňování dílčích cílů z pěti rozvojových oblastí formou přirozených činností dětí, které nemusí být vždy rovnoměrně vybrané).

Do projektu začleníme případné individuální plány jednotlivých dětí. Zvážíme zdroje informací, které potřebujeme, jakým způsobem budeme děti pro činnosti získávat, jak je budeme motivovat, jak jim téma představíme. Vytvoříme podmínky – příprava motivujícího prostředí, pomůcek, materiálů, které budeme potřebovat. Zvolíme formy a metody – jakým způsobem, jakými činnostmi budeme zvolené cíle postupně naplňovat a organizaci – do kterých činností se projekt může prolínat. Určíme délku trvání projektu. Tu aktuálně přizpůsobujeme zájmu a potřebám dětí, měnící se situaci, úspěšnosti projektu. Případně měníme i obsah projektu. Jestliže se realizace vyvíjí jiným než původně zamýšleným směrem, projekt můžeme i předčasně ukončit. Doba trvání může být různá, projekt může trvat tři týdny (např. advent), jiný jen několik málo dnů.

Téma i cíle projektu zveřejníme – nástěnka, ale i jiné netradiční způsoby informací (obrázky dětí, dopis, leták). Projekty mohou mít různou podobu a grafickou úpravu – tradiční, nebo mohou být znázorněné graficky (forma rozvětveného stromu, děleného kruhu, bublin, květů apod.). Můžeme si založit sešit – knihu projektů. V průběhu realizace projektů aktuálně

vyhodnocujeme – děláme stručné písemné poznámky (hodnotí a sebehodnotí se učitelka, podle příkladu učitelky hodnotí a sebehodnotí se i děti) a upravujeme, přizpůsobujeme vzniklé situaci.

Po ukončení projekt vyhodnocujeme – porovnáváme se stanovenými jednotlivými cíli míru úspěšnosti. Jde o několik druhů hodnocení všech zúčastněných – hodnocení a sebehodnocení učitelkou (sebereflexe, co se jí povedlo, líbilo, co naopak), hodnocení i sebehodnocení samotnými dětmi, jejich pocitů a prožitků (musí se tomu postupně učit), hodnocení úspěšnosti učitelkami vzhledem k jednotlivým dětem (čeho dosáhly, co se naučily, včetně výsledků sociálního učení), evaluace vzhledem k cíli – úspěšnosti projektu samého. Hodnocení zaznamenáme písemně. Nezapomínáme ani na hodnocení rodiči, popřípadě dalšími účastníky projektu.

3.2.3 Charakteristické rysy projektové metody dle Stevenson:

1. v metodě projektů se navrhuje pasivní nabývání vědomostí, nezbytnou podmínkou je, aby se žáci podíleli na stanovení cíle a na výběru a promyšlení způsobu činnosti
2. nastávají situace problémového charakteru vyžadující přiměřenou rozumovou aktivitu
3. teoretické zásady a fakta se žákům podávají v míře potřebné pro realizaci projektu, nikoli do zásoby projekty musí mít „přirozený základ“ – nemají se zásadně lišit od života

4. Projekt a jeho význam

Význam slova projekt je odvozen z latinského slova proicio (*hodit, vrhnout vpřed, napřáhnout, ...*).

4.1 Žákovský projekt:

1. je část učiva, jejíž osvojení směřuje k dosažení určitého cíle,
2. se vyznačuje otevřeností v procesu učení,
3. je sestaven tak, že program učení není před prováděním projektu do všech jednotlivostí pevně stanoven, takže žáci nemohou projektem projít jako programem fixním a shora daným,
4. vzniká a je realizován na základě žákovské zodpovědnosti,
5. souvisí s mimoškolní skutečností, vychází z prožitku žáků,
6. vede ke konkrétním výsledkům.

4.2 Přejchod od myšlenky k činu

Velmi stručně bychom mohli projekt definovat jako *"přejchod od myšlenky k činu, který se uskutečňuje na žákovu zodpovědnost a má zcela konkrétní výstup"*. Projekt je tedy úkol pro žáka nebo pro skupinu žáků.

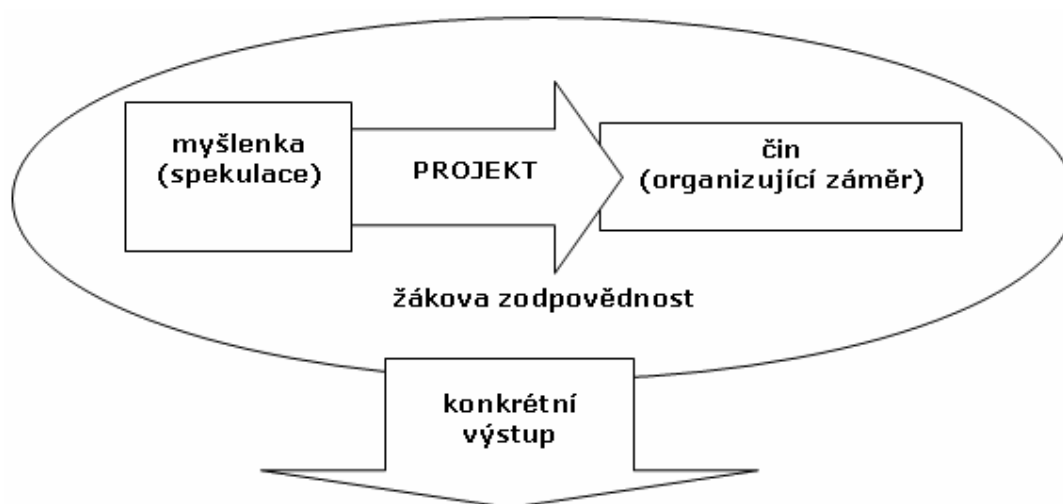


Schéma 1: přechod od myšlenky k činu

4.3 Kooperativní vyučování

Projektové vyučování nelze považovat za jedinou alternativní možnost k vyučování, které probíhá v tradiční škole. Různé pedagogické směry se snaží vyložit z mnoha hledisek základní principy výchovy a vzdělávání v horizontu příštích desetiletí. Jedním ze spojujících článků všech snah o moderní přístupy ke vzdělávání je jistě důraz na kooperaci. Moderní škola by měla být inkluzivní, založená na respektu k osobnosti žáka a maximálním využívání jejich vzájemných odlišností.

Základními principy kooperativního učení jsou:

1. individuální viditelnost a zodpovědnost (nikoli skrytí se ve skupině)
2. zodpovědnost za ostatní (nikoli pouze zodpovědnost za sebe sama)
3. sdílené vedení týmu (nikoli existence jednoho zvoleného či určeného vedoucího)

Kooperativní vyučování znamená, že učitel je partnerem, pozoruje dění ve třídě a pomáhá tam, kde je potřeba. Svým osobním příkladem, empatií, starostlivostí vytváří pocit bezpečného a neohrožujícího prostředí. Důležitý je nejen výsledek, ale také samotný průběh kooperativního učení a jeho kvalita, neboť přímo v jeho průběhu se žáci učí sociálním dovednostem. Kooperativní vyučování je účinné tehdy, podaří-li se propojit poznávací cíle s kooperativními způsoby práce.

Jen stěží lze vyučování založené na kooperaci realizovat v tradičně organizované škole, kde je zodpovědnost za předávání poznatků dána učiteli a komunikace se uskutečňuje ve schématech:

učitel → skupina žáků (nejčastěji ovšem všichni žáci ve třídě)

učitel → jednotlivý žák

Příznivějším prostředím pro uplatňování kooperace ve vyučování je škola založená na konstruktivistických přístupech k vyučování, jejímiž principy jsou:

1. Dítě se nezačíná učit teprve, když přijde do školy. Učitel musí vycházet z toho, že dítě si přineslo poznání uspořádané do nějakých schémat a koncepcí, jde o to, tyto koncepce vyvolat, zachytit, spojit s novou zkušeností, prohloubit je, obohatit, rozvinout a nově je uspořádat.
2. Proces osvojování může efektivně pokročit teprve tehdy, jsou-li stávající koncepty vystaveny konfrontaci a na základě této konfrontace se „staví“ – konstruuje (nepředává) nové poznání.

3. Učitel není garantem pravdy, jediným, kdo má právo předávat; učitel je garantem metody – zajišťuje, aby každý žák mohl dosáhnout co nejvyšší možné úrovně kognitivní, sociální, operační, a to za účasti a přispění všech.
4. Inteligence dítěte není „prázdná nádoba“, kterou je třeba naplnit, ale určitá oblast, která se modifikuje a obohacuje.

Porovnáme-li principy, na kterých je založena konstruktivistická škola, s principy tzv. činné školy, vidíme přímou souvislost konstruktivistické školy s činnou školou, kooperačními strategiemi i s principem inkluзивity. Pracují-li v takovéto škole žáci na projektu, má jejich práce konkrétní cíl a zvyšuje se motivace žáků pro provádění výukových činností, které k naplnění výukového cíle směřují.

Žákovské projekty nalézají svůj smysl snadněji v prostředí konstruktivní školy, která podporuje kooperaci mezi jednotlivými subjekty a vícesměrnou komunikaci. Umožňují vytvořit ve škole takové prostředí, které se více blíží reálnému světu, který není rozdělen na jednotlivé disciplíny a je uspořádán podle specializací.

5. Projekt, problém, učební úloha

Nejtypičtějším základem, koncentračním jádrem projektového vyučování, je problém. Většinou je formulován v podobě otázek a žáci se s ním musí vyrovnat pomocí různých aktivit, které mají různorodé formy. V tomto případě představuje problém určitou koncentraci učiva, které má být osvojeno pomocí projektové metody. Projektovou metodu můžeme považovat za jistou variantu problémové metody.

Učební úloha, tvoří určitý požadavek na aktivní teoretickou nebo praktickou činnost žáků ve formě příkladů, cvičení, otázek apod. Učební úlohy mohou mít různou obtížnost, ale jejich splnění není založeno na hledání a objevování něčeho nového. Učební úlohy mohou být formulovány jako problémové tak, že na různých úrovních stavějí žáka před potíže a rozpory a vyžadují přitom od něj zvýšené myšlenkové úsilí.

Žáci se učí mnoha různými způsoby. Často jsou učitelé záměrně stavěni do situací, v nichž narážejí na překážky, dostávají se do střetu s problémem. Problém zde potom můžeme chápat jako rozpor mezi aktuální situací, ve které se právě žáci nachází a cílem, kterého mají dosáhnout. Pedagogické pojmy problém a projekt nejsou obecně zcela disjunktní. V mnoha případech je dokonce problém považován za základ projektu. Obdobně jako pojem projekt je v pedagogických souvislostech také pojem problém chápán v různé šíři. Problém je druh jádra typický pro projektovou metodu. Problém je určitá obtíž, se kterou je třeba se vyrovnat. Problém je tedy místem koncentrace učiva, které má být osvojeno při projektu. Ve většině projektů není problém osamocen, ale obklopen řadou dílčích problémů (kroků), jejichž vyřešení je klíčové pro vyřešení problému základního. Projektovou metodu lze tedy chápat také jako jednu z variant metody problémové. Ve starší literatuře se můžeme setkat s vysvětlením, že problém je spíše myšlenkovou a teoretickou záležitostí, zatímco projekt je činností praktickou. Postupem času se však rozdíl mezi problémem a projektem téměř setřely a to převážně díky variabilitě jejich typů.

Souvislosti a rozdíly projektu, problému a učební úlohy ukazuje tabulka:

	Projekt	Problém	Učební úloha
Základní znaky	odhodlání k produkci	výzva k odpovědi	pokyn k provádění činnosti
	více zaměřen na praktické činnosti	více zaměřen na intelektuální činnosti	zaměřena především na nácvik dovedností
Koncentrace na	žáka a jeho prožitky	osvojování učiva formou objevování něčeho nového	prosté osvojování předem daného učiva
Vztah k žákovi	vychází z žákových potřeb a má subjektivní ráz	stojí mimo žáka a má objektivní ráz	stojí mimo žáka a má objektivní ráz
Motivace žáka	vnitřní, vychází z potřeb žáka a konkrétní naléhavosti jejich řešení	převažuje vnější	vnější
Příprava	společně učitel a žáci	učitel	učitel
Zpracování učiva v podobě, která poskytuje žákovi	příležitosti k praktickým i intelektuálním činnostem, jejichž výsledek je "zhmotněn"	mnoho příležitostí k přemýšlení, nutí ho k uvažování, hodnocení, třídění a vyvozování závěrů	jen málo příležitostí k přemýšlení, hodnocení, třídění a vyvozování závěrů
Učivo je žákovi předkládáno	v rámcové podobě	v předem dané posloupnosti kroků	v hotové podobě
Proces učení	otevřený	otevřený	uzavřený
	založený na skutečné životní zkušenosti	zpravidla není založený na skutečné životní zkušenosti, ale na zkoumání a vlastní úvaze žáka	izolovaný od skutečné životní zkušenosti
	dynamický	dynamický	statický

Postup při osvojování učiva	naráží na překážky, možnosti jejich odstranění jsou žákovi vesměs k dispozici, ale musí hledat pomoc i mimo daný okruh učiva	naráží na překážky, postup při překonávání některých z nich může být žákovi známý (algoritmy apod.)	je standardní a žákovi předem k dispozici
	není podrobně dán shora (učitelem, učebnicí), je variabilní v posloupnosti kroků i v čase	je rámcově dán shora (učitelem, učebnicí), není příliš variabilní v posloupnosti kroků	je zpravidla dán shora (učitelem, učebnicí), je fixní v posloupnosti kroků i v čase
Výsledek práce žáka	konkrétní příspěvek k řešení sledované problematiky (skryté osvojení kurikula)	osvojení vědomostí a dovedností předepsaných kurikulem	osvojení vědomostí a dovedností předepsaných kurikulem
Vazba na sociální učení	maximální	minimální	minimální

5.1 Projekt a problém podle Killpatricka a Deweye:

5.1.1 Problém:

1. problém je učivo upravené tak, aby poskytovalo mnoho příležitostí k myšlení, nutilo k uvažování, hodnocení, třídění a vyvozování závěrů
2. zaměření na intelekt žáka, ale stojí mimo žáka
3. výzva k odpovědi
4. řešení pro problém sám, nezdůrazňuje se jeho užití

5.1.2 Části projektu:

1. Záměr – u záměru rozlišujeme dvě roviny a to jak samotný podnět, který hraje u spontánních i učitelských projektech významnou roli, tak formulaci problému, tedy o co vlastně půjde
2. Plán – plán zahrnuje vytyčení základních otázek a témat, určení typu činností a prostředků vztahujících se k vyřešení problémů, dělení do skupin, provedení časového plánu atd. Plány by měly provádět převážně studenti, učitel již jen sleduje, zda plány odpovídají možnostem studentů, ukazují cestu k novým problémům, motivují a podněcují zájem, souvisejí s praxí, podněcují rozvoj schopností a poskytují užitečné vědomosti, dovednosti a návyky
3. Provedení – učitel stojí spíše v pozadí, ale v případě potřeby může hrát roli organizátora, předsedy, mluvčího, prostředníka, autority, rádce i soudce atd.
4. Hodnocení – při hodnocení se rovnocenně uplatňuje ocenění celé akce jak ze strany studentů, tak ze strany učitele

5.1.3 Dělení projektů dle Kilpatricka z hlediska látky

1. Projekty, které sledují uskutečnění nějaké myšlenky nebo plánu (např. stavba člunu). Při jejich realizaci musí žáci projít těmito fázemi: *zamýšlení – plánování – provedení – posouzení*. Úlohou učitele je taktně dítě vést proti nežádoucím účinkům nezdaru.
2. Projekty s plánovaným záměrem najít nějakou (estetickou) zkušenost (např. poslech hudby)
3. Projekty, jejichž náplní je řešení nějakého intelektuálního problému (např. proč padá mlha)
4. Projekty, při nichž si žáci mají osvojit nějaký předmět nebo stupeň znalostí či dovedností (např. naučit se nepravidelná slovesa)

5.1.4 Dělení projektů dle Kilpatricka z hlediska účelu

1. projekt, který se snaží vtělit myšlenku či plán do vnější formy; konstruuje se zde určitá skutečnost (výlet do hvězdárny, fyzikální pokus,...)
2. projekt mající za cíl estetickou zkušenost (pantomimizace obrazu)
3. projekt usilující o řešení problému (Proč se tvoří námraza?)

4. projekt vedoucí k získání dovedností (kladení otázek)

5.2 Dělení projektů dle Hosice:

1. problémové (Proč se Země točí?)
2. konstruktivní (stavba modelu větrné elektrárny)
3. hodnotící (srovnání jaderné a tepelné elektrárny)
4. drilové (určování značek elektronických součástek, řešení příkladů)

5.3 Další dělení projektů

5.3.1 Dělení projektů dle navrhovatele:

1. spontánní projekty-vznikají z potřeb a zájmů studentů
2. projekty uměle připravené učitelem
3. projekty částečně spontánní a částečně uměle připravené učitelem

5.3.2 Dělení projektů dle místa:

1. školní: podstatná část práce na projektu se odehrává:
 - a) v průběhu vyučování fyziky
 - b) v průběhu vyučování jiného předmětu než je fyzika
 - c) v několika vyučovacích předmětech současně ve škole, ale mimo běžné vyučování
2. mimoškolní (domácí): podstatná část práce na projektu se odehrává mimo školu
3. spojitě-oba typy na sebe navazují

5.3.3 Dělení projektů dle počtu žáků:

1. individuální: na projektu pracují jednotliví žáci a podle svého uvážení (ne)spolupracují navzájem
2. kolektivní: skupinové, třídní, ročníkové, víceročníkové, celoškolní

Skupinové projekty: při práci na projektu jsou žáci rozděleni do skupin, kooperují uvnitř těchto skupin, ale celé skupiny mezi sebou nekooperují.

Třídní projekty: projektu se účastní celá třída (několik tříd), žáci spolu uvnitř

jednotlivých tříd různými způsoby kooperují, zprávu o výsledcích práce podává pověřený mluvčí za celou třídu

Celoškolní projekty: mají jednotné téma a podílejí se na nich učitelé všech výukových předmětů. Například jeden den v měsíci se nekoná běžná výuka a žáci pracují dle svého zájmu ve vybraných projektových skupinách. V závěru bývají celoškolní konference, kde jednotlivé skupiny prezentují svoji práci.

3. hybrid umožňující spojení kolektivních a individuálních aktivit: kooperace při práci na projektu se odehrává na různých úrovních

5.3.4 Dělení projektů podle času:

1. krátkodobé: trvají několik vyučovacích hodin nebo jeden či více dní
2. dlouhodobé: trvají několik týdnů, měsíců, či dokonce let

5.3.5 Dělení projektů dle organizace a vztahu ke koncentraci:

1. jednopředmětové (jako součást systému výuky nebo jako výhradní metoda výuky)
2. víceředmětové: jako součást systému výuky nebo jako výhradní metoda výuky, sem patří projekty v rámci 2-3 předmětů, kdy se dohodnou dva učitelé mezi sebou, nebo jeden vyučující propojí svoje aprobační předměty společnou tematikou.
3. mimo výuku předmětů
4. místo předmětů (jako „likvidace“ předmětové struktury ve škole)

6. Klady a zápory projektové metody

Užívání projektové metody klade vysoké nároky na školu – na ředitele, učitele, žáky, jejich rodiče i bezprostřední okolí. I přes tyto nároky jsou však někteří učitelé ochotni s žáky pracovat na řešení projektů. Je-li tomu tak, pak si musíme klást otázku: „Proč v dnešní době dochází v některých našich školách k oživení projektové výuky a metody? Proč tomu tak není ve všech školách?“ Tyto otázky nás zákonitě vedou k zamyšlení se nad klady a zápory projektové výuky.

S přednostmi a stinnými stránkami projektů se zabýval také R. Žanta.[8] Za zvláštní pozornost ve výčtu jeho pozitiv stojí možnost lepšího sblížení učitele s žákem – tzv. »zteplení vztahů« mezi učitelem a žákem a dále myšlenka, že projekt spojuje požadavky individualismu a smyslu pro kolektiv v harmonický celek. Pro R. Žantu byl také požadavek pečlivé přípravy – shánění pomůcek, promyšlení plánu... vnímán jako pozitivum. Dnes je pedagogy náročnost pečlivé přípravy brána naopak jako negativum projektové výuky. R. Žanta však rovněž upozorňuje na nebezpečí projektové metody, o níž rovněž říká, že není všelékem nebo kouzelným proutkem, jímž by bylo možné odstranit potíže nynější školské soustavy.

6.1 Klady projektové metody:

1. motivace
2. souvislost s životní realitou
3. formování osobnosti
4. diferenciací a individualizací ve vzdělání
5. spolupráce
6. diskuse a formování názorů
7. řešení problémů
8. podněcování intuice a fantazie
9. mravní dimenze

6.1.1 Klady projektové metody dle V. Příhody [10]:

1. Projekt osvobozuje od učebnic, vede k pozorování faktů a k četbě speciálních děl.
2. Osvobozuje od systému abstraktně logického a vede k tvoření zdravých úsudků na základě experimentace s věcmi.

3. Zdůrazňuje hlavní myšlenku problému a podřizuje drobné fakty myšlenkám, jež řídí lidské chování i vědění.
4. Dává možnost silné motivace, podle které se organizuje učení jako žákovský podnik.
5. Projektem je možné zažít opravdu určitou zkušenost a vyčerpat určitý problém, neboť místo systému jednotlivostí běží v projektu o celkové pochopení životní otázky.
6. Je možné organizovat učení ve velkých jednotkách, v nichž jsou podřizena drobná fakta pracovnímu cíli.
7. Projekty zjednodušují učení; drobná fakta se odvozují z velkých a dává se jim místo v pracovním pochodu i v soustavě žákovského vědění.

6.1.2 Klady projektové metody dle J. Henry[10]:

1. Učí se vyšším kognitivním dovednostem – dovednosti pro organizování, analýza, syntéza, hodnocení.
2. Projekt je přípravou pro svoji profesi.
3. Projekt nabízí studentům autonomii a podporuje vědomí zodpovědnosti.
4. Projekt motivuje vhodně zvolenými aktivitami.
5. Projekt učí studenty hodnocení.

6.1.3 Klady projektové metody ve 4 základních dimenzích:

Dimenze učitele

1. Učí se nové roli – poradce.
2. Učí se vnímat dítě jako celek, dochází ke změně v pojetí dítěte a jeho vnímání, prožívání a myšlení o žácích.
3. Rozšiřuje svůj repertoár vyučovacích strategií a reflexi myšlení a rozhodování o výuce.
4. Učí se pracovat s různými informačními zdroji, oprošťuje se od učebnic jako jediného zdroje pro učení.
5. Užívá nových možností hodnocení a sebehodnocení.
6. Rozšiřuje své dovednosti organizační i plánování do budoucnosti.

Zde je třeba si uvědomit, že za učitele projektové výuky vnímáme především učitele, který vychází z nového pojetí dítěte jako osobnosti a s tím přijímá i jinou roli učitele a tomu odpovídající procesy školní edukace. V opačném případě by se to, co zde uvádíme jako pozitiva, stávalo pro mnohé učitele nevýhodou a zátěží.

Dimenze žáka

Roviny možností rozvoje dítěte	Pozitivní vlivy projektové výuky na osobnost dítěte a kvalitu života žáků
Rovina možností biosomatického růstu a respektování zrání	Umožňuje zapojení žáka dle jeho individuálních možností.
Rovina možností duševního rozvoje – v oblasti kognitivního, emocionálního, volního, motivačního vývoje	<p>Žák získává silnou motivaci k učení.</p> <p>Přebírá zodpovědnost za výsledek práce.</p> <p>Rozvíjí se samostatnost žáka, jeho autonomie.</p> <p>Získává zkušenosti praktickou činností a experimentováním.</p> <p>Intenzivně prožívá proces učení se – proces je doprovázen emocemi radosti.</p> <p>Učí se pracovat s různými informačními zdroji.</p> <p>Učí se řešit problémy.</p> <p>Žák konstruuje své poznání.</p> <p>Využívá svých již nabytých znalostí a dovedností, získává znalosti a dovednosti nové.</p> <p>Získává dovednosti organizační, řídicí, plánovací, hodnotící.</p> <p>Prožívá smysluplnost svého konání.</p> <p>Získává celkový globální pohled na řešený problém.</p>
Rovina možností sociálního rozvoje	<p>Učí se spolupracovat, kooperovat.</p> <p>Rozvíjí svoje komunikativní dovednosti.</p> <p>Učí se vzájemnému respektu.</p> <p>Učí se skloubit individuální zájmy se zájmy společnými.</p>
Rovina možností seberozvoje dětského JÁ	Učí se autoregulovat své učení – rozvoj sebepoznání, sebehodnocení, sebeúcty.

	Uvědomuje si své místo, svoje hodnoty.
Rovina duchovního rozvoje v oblasti axiologické, estetické, etické a kreativizační	Zažívá estetický prožitek. Prožívá duchovní rozvoj – radost z objevování a tvorby, hodnoty krásy, dobra, ocenění... Rozvíjí svoji tvořivost, aktivitu, fantazii...

Dimenze procesu učení se

1. Učení má nejen teoretickou, ale i činnostní povahu, zaměstnává ruce i hlavu žáka; vybavuje žáka znalostmi, dovednostmi, ale také určitými postoji a hodnotami.
2. Učení integruje vědomosti a dovednosti z různých oborů – koncentruje se kolem určitého jádra, má celostní povahu.
3. Jde o přirozený nenásilný proces podpořený zájmem žáka, cestou autonomní zkušenosti; konstruuje se žákovo poznání.
4. Proces učení respektuje individualitu dítěte – jeho potřeby, ale i možnosti; umožňuje diferenciaci a individualizaci vyučování.
5. Učení zaměstnává a rozvíjí celou osobnost dítěte.
6. Vyžaduje pestrou organizaci vyučování.
7. Navozuje partnerský vztah a komunikaci mezi učitelem a žákem.
8. Orientuje se na lidské potřeby a život, umožňuje kontakt s okolím.

Dimenze okolního prostředí

1. Propojuje život školy s okolím, obě prostředí se vzájemně obohacují.
2. Zvyšuje zájem rodičů o dítě, vyučování a školu jako takovou.
3. Vede k zapojení rodičů a okolí do vyučování.
4. Výstupy projektů jsou prospěšné nejen žákům, škole, ale i okolí.

Projektová výuka má v dnešním procesu výchovy a vzdělávání svoje opodstatnění. Práce s projekty se velkou měrou podílí na naplňování všech obecných cílů a klíčových kompetencí RVP.

6.2 Zápory projektové metody:

1. organizace (naprosto liberální projekt ztrácí smysl)
2. odhad odpovědnosti studentů
3. neexistence vyučovací posloupnosti v životní realitě

4. nedostatek času ve výuce

6.2.1 Zápory projektové metody dle V. Příhody:

1. Neplánovitost a podléhání dětským vrtochům.
2. Nezdařilá socializace vyučování, nedostatečná kooperace (podotýkáme, že tento jev byl způsoben především zaměřeností na projekty individuální).
3. Vyučování snadno ztrácí soustavnost a důkladnos
4. Specifické návyky se často při projektech nevyskytly, žáci nemají příležitost k ovládnutí nástrojů lidského poznání.
5. Nepočítalo se s tím, že dítě musí vybavovat zvykově některé dovednosti a vědomosti (při čtení, psaní, v počtech...).
6. Projekty odporovaly zákonům učení, aby byla opatřena nejen náležitá motivace, ale aby byla příležitost k opakování a zakončení důsledků učení.

6.2.2 Zápory projektové metody dle J. Henry:

1. Náročnost požadavků na studenta.
2. Časovou náročnost na zpracování projektů.
3. Potřebu dohledu nad projektem.
4. Potřebu propracovaného návrhu na zdárný průběh projektu.
5. Přípravná cvičení – průpravu pro projekt.
6. Obtíže spjaté s hodnocením projektů.
7. Časová náročnost hodnocení.
8. Zvláštní výdaje spojené s realizací projektu.

6.2.3 Zápory projektové metody ve 4 základních dimenzích:

Dimenze učitele

1. Časová náročnost přípravy na projekt.
2. Náročnost na hodnocení projektu – z hlediska časového i z hlediska způsobů hodnocení.
3. Nesystematičnost a nesoustavnost projektové výuky vyvolává dojem nesplnění vzdělávacího obsahu platného kurikula.
4. Při častější realizaci projektů se objevuje únava, pokles zájmu, ztráta motivace učitele.
5. Projektová výuka vyžaduje zpravidla spolupráci učitelů, podporu kolegů, vedení školy, rodičů i okolí, které se mnohdy učitel nedostává a učitel zůstává ve svých inovativních snahách osamocen.
6. Projektová výuka vyžaduje určitou teoretickou vybavenost učitele, i jeho praktické zkušenosti s projekty.
7. Projektová výuka vyžaduje po učiteli jiný způsob plánování.
8. Projektová výuka klade nároky na spolupráci učitele s okolím.

Dimenze žáka

1. Časová náročnost na řešení projektu.
2. Žák není mnohdy vybaven potřebnými kompetencemi (např. dovednost čtení...) Žák si není schopen opatřit adekvátní zdroje informací.
3. Žák není schopen splnit stanovené cíle projektu.

Dimenze procesu učení se

1. Není respektován princip postupnosti a systematičnosti vzdělávání.
2. Proces učení opomíjí některé fáze, zejména fázi procvičování a opakování.
3. Je náročnější na prostředí a materiální vybavení – mnohdy vyžaduje zvláštní finanční náklady.
4. Proces učení je rušnější a živější.
5. Vyžaduje různé zdroje informací.

6. Zpravidla požaduje úpravu organizace vyučování – změna rozvrhu, bloková výuka..., promyšlenou organizaci vyučování.
7. Proces učení je náročný na flexibilní jednání učitele i žáka.

Dimenze okolního prostředí

1. Projektová výuka může své okolí obtěžovat.
2. Dostatečně neinformované okolí chápe projektovou výuku jako hru, nikoliv jako vyučovací proces.

6.3 Kompenzace záporů projektové metody:

Z výčtu základních obtíží s projektovou výukou vyplývá, že její klady výrazně převažují nad zápory. Dále je nutné si uvědomit, že obtíže vycházejí často z nepostačující teoretické vybavenosti učitelů i žáků k řešení projektů a nesprávné informovanosti okolí, které pak aktivity spojené s řešením projektů nevnímá pozitivně. Z tohoto důvodu je nutné stále si uvědomovat, že nedostatky projektové metody můžeme kompenzovat:

1. Profesní přípravou učitelů na projektovou výuku
2. Zvyšováním povědomí okolí o projektech a jejich řešení.
3. Využíváním mnoha dalších vyučovacích metod, které kompenzují právě nedostatky metody projektové.
4. Vytvářením vhodných podmínek pro projektovou výuku:
 - a. Poskytnutí učitelské autonomie v oblasti organizace výuky, řízení vyučovacího procesu a jistým způsobem i obsahu vzdělávání.
 - b. Kvalitní profesní příprava budoucích učitelů v řešení projektů.
 - c. Možnosti dalšího vzdělávání pedagogických pracovníků.
 - d. Podpora vedení školy, pedagogů, rodičů a okolí.
 - e. Dobrá spolupráce s okolím školy.
 - f. Pečlivá příprava pedagoga.
 - g. Materiální a prostorové zajištění.
 - h. Dostatečný přístup k informačním zdrojům.
 - i. Výměna zkušeností.

- j. Zájem dětí, jejich aktivita.
- k. Nadšení a vlastní přesvědčení.

Zde tedy vidíme, že projektová metoda má i své zápory. Z porovnání s tradičním školním vzděláváním však vychází přece jen lépe, jak e patrné z tabulky:

	Tradiční školní vzdělávání	Projekt jako vzdělávací strategie
Poznání	předáváno jako hotový soubor pokud možno předem utříděných poznatků a dovedností, založené na transmisi a instrukci směrem od učitele k žákovi	konstruováno a rekonstruováno, poznávací struktury se během učení mění, založené na experimentování a objevování, které řídí žák
Žák	pasivní přijímání a reprodukce hotových poznatků, vyžaduje minimální aktivitu	aktivní, neboť musí využívat existující kognitivní struktury a to, co je mu zprostředkováno ve škole ke konstrukci nových struktur nebo přebudování starých
Učitel	dominantní postavení učitele, určuje rozsah a tempo vyučování	ovlivňuje průběh vyučování pouze implicitně
Školní a mimoškolní svět	navzájem separovány	snahy o integraci
Rozvíjení individuálních vzdělanostních předpokladů žáků	potlačováno (zdůvodňováno nutností zachovat rovné podmínky pro všechny učící se žáky)	preferováno
Vzdělávací trajektorie	určována učitelem	určována žákem pod vedením učitele
Motivace	formální a jednostranná	vnitřní, individualizovaná, založená na sebepoznávání a přijímání osobní odpovědnosti
Schéma vyučovacího procesu	uniformní, založené na frontálních metodách práce	různorodé, reagující na individuální potřeby žáků, aktuální stav jejich poznání a poskytující jim účinnou podporu, pokud to potřebují
Hodnocení	založené na hodnocení okamžitého výkonu žáka	respektující osobnost žáka
Vztahy mezi učiteli a žáky	neosobní, poznamenané pasivitou a kompeticí	založené na partnerství

7. Projekty a vyučování

„Výzkum potvrdil, že nejefektivnějším způsobem učení je skutečný život, ne škola.“

Lewis J. Perelman [10]

Ačkoli mnozí mají nejrůznější výhrady k pedagogickým dokumentům, určujícím současné vyučování na školách, lze zde najít dostatek prostoru pro podporování a rozvoj přirozené touhy každého žáka poznávat a objevovat vše nové a krásné. Předpokládá to ale, že učitel:

1. přestane vyučovat své žáky tak, že jim pouze předá hotové poznatky a uvědomí si svou pozměněnou roli ve vyučování - roli konzultanta, který vede žáky k aktivnímu přístupu k jejich vlastnímu učení,
2. bude ve vyučování vytvářet takové situace, aby jeho žáci sami pociťovali potřebu objevit ukrytý jev, poznat něco nového, měli dostatek prostoru k rozvoji vlastních učebních strategií i času k řešení problémů a získání jejich výsledků.

Zvláště pak ve fyzice je podstatné rozvíjet poznání a pozorování každodenních jevů, se kterými se žák setká. Fyzika bývá žáky i jejich rodiči často vnímána jako vyučovací předmět nadmíru obtížný, vyžadující mimo pochopení látky také "matematické" nadání. Někdy bývá proto se někteří snaží naučit fyziku nazpaměť, ovšem bez pochopení a bez zájmu. Což je velká škoda, protože fyzikální zákonitosti lze nalézt téměř v každé lidské činnosti. Ve výuce fyziky mají mít významné místo praktické činnosti, především experimentování, názorné modelování, shromažďování, třídění a vyhodnocování informací a dat. Žáci by měli být směřováni k tomu, aby daný problém řešili s využitím předchozích zkušeností, různými metodami, aby hledali optimální řešení a optimální cestu k němu. Výrazně uplatňují také vazby na další vyučovací předměty, především z oblasti přírodních věd a estetické výchovy. Pro žáky je pak taková výuka příležitostí poznat nejen možnosti fyziky, ale i své vlastní a navíc jsou žáci vedeni k samostatné práci, ke kultivovanému obhajování vlastního názoru, učí se vypořádávat s nezdary v práci, odhalovat jejich příčiny, uplatňovat výsledky své práce i mimo vyučování, spolupracovat s ostatními a hledat prostředky k řešení problémů i mimo školu a učitele. Krátce řečeno, je vytvořen dostatečný prostor pro rozvoj kompetencí a kapacit žáka, což je v dnešní době také velice důležité.

Znamená to však, že zdrojem poznání není pro žáka jenom učebnice nebo učitel, ale "život sám", a že je třeba hledat vhodné vzdělávací strategie, které tento zásadní posun ve vyučování umožní.

Každý učitel má ve vyučování k dispozici mnoho metod, prostředků a forem práce, které mu poskytují obrovský prostor pro aktivizaci žáků, pro rozvoj jejich kompetencí a kapacit. Jednou z takových metod by mohla být právě projektová metoda založená na využití projektů ve vyučování.

7.1 Školská reforma a projekt

Současná škola se i přes snahy o transformaci setkává stále s kritikou z řad veřejnosti, ale také z řad vlastních. Mnohým mladým učitelům (ale i některým starším) již nevyhovuje transmisivní, herbartovské, slovně názorné pojetí vyučování, které stále na mnohých školách přetrvává. Snaží se o vlastní změnu přístupu k učivu i k žákům a pokud nejsou odrazeni vedením školy, kolegyňemi či rodiči žáků, mohou nastartovat vnitřní reformu našich škol. Co je však potřeba reformovat? Co je tedy nejčastějším předmětem kritiky současné školy?

1. uniformní charakter škol, nerespektujících individualitu žáka, jeho potřeby, zájmy, rozdíly ve schopnostech, způsobech učení, tempu práce, netolerance ke všemu, co se odchyľuje od „normy“
2. centralistické řízení školství
3. předimenzování obsahu vzdělání
4. encyklopedický charakter vzdělání, žák nechápe souvislosti mezi jevy v celku, nechápe tak ani celek, ztrácí smysl vzdělávání
5. špatná komunikace mezi učitelem a žákem, autoritativní, direktivní přístup k dítěti
6. důraz na vnější disciplínu (poslušnost, podřízení se, přizpůsobení se), učitelé se mylně domnívají, že tak vybudují vnitřní kázeň žáka
7. nadřazování intelektuálního rozvoje nad rozvojem sociálním, morálním, emocionálním, volním
8. školy jsou pasivní, chybí proces objevování, vlastního konstruování poznatků, žákům jsou předkládány informace jako dané, nemohou je sami zjišťovat, chybí hrové činnosti, skupinová práce, řešení problémových úloh

9. přeceňování klasifikace vede k posunu od vnitřní motivace (učení se pro poznání nového) k vnější motivaci (učení se pro známku)
10. zkoušení a klasifikace zaměřená hlavně na zjišťování znalostí (hlavně vzhledem k ostatním žákům)
11. neúměrný přístup k chybám žáka
12. izolace škol vzhledem k veřejnosti
13. „degradace,, učitele na úředníka vykonávajícího slepě a pod přísným dohledem příkazy (omezení kreativity, ale i vlastního sebevědomí učitelů)

Jako možná východiska lze definovat tyto body:

motivace – pojem motivace bývá devalvován do dobrých a špatných známek, které řadíme do motivace vnější; primární by měla být ale motivace vnitřní, která je jistě efektivnější (dělám to či ono, neboť to potřebuji, chci)

prostor pro kreativitu – tvořivost (kreativita) je hnací silou člověka, jeho konání i vlastního bytí; prostor musí být dán žákům i učitelům; jedná se zde tedy o velmi široký pojem; v zásadě nesmí učitel ubíjet žakovu fantazii a snění, stejně by neměla být ubíjena tvořivost učitele z „vyšších,, míst

změna vztahu a komunikace učitel - žák – je třeba se na dítě dívat jako na rovnoprávnou, plně rozvinutou bytost; základem komunikace by měla být důvěra a oboustrannost; také vztah rodiče - škola musí zaznamenat změnu; učitelé a rodiče jsou partneři, kterým jde ze svých pohledů o stejnou věc - dobro dítěte

pestrost metod výuky – bohužel stále přetrvává dojem, že pouze výklad vede k vědomostem žáka, čímž jednoznačně odbouráváme individualitu jedince; výzkum říká jasně, co se učíme a co si zapamatujeme (podle S. Kovalikové, 1995):

10 procent toho, co slyšíme
15 procent toho, co vidíme
20 procent toho, co současně vidíme i slyšíme
40 procent toho, o čem diskutujeme
80 procent toho, co přímo zažijeme nebo děláme
90 procent toho, co se pokoušíme naučit druhé

Nyní tedy začíná v českých školách období reformy. Cesta k „nové“ škole však nebude jednoduchá. Zvláště v oblasti fyziky by mělo dojít především k probuzení zájmu v žácích a studentech a odpoutání se od přílišné vědeckosti. Vhodnou metodou pro tvorbu třídních programů, která odpovídá požadavkům stanoveným v Rámcovém programu pro předškolní vzdělávání, je především metoda projektová. Měli bychom se méně zaměřovat na detaily a vést žáky a studenty k touze po poznání. Těžištěm nynějšího fyzikálně didaktického výzkumu je zlepšení fyzikálního vyučování. K tomu je však především třeba zlepšení, změna a nové myšlení. Ovšem fyzika se mění jen velice pomalu a stěží a zatím se najde jen málo takových učitelů, kteří by přijali koncepci nové mysli.

Četné pokusy o změnu již v minulých letech ztroskotaly a fyzika byla a je stále hodnocena jako předmět neoblíbený, málo efektivní a nudný. A právě proto bychom o změnu měli všichni usilovat, protože co když za pár let nebude již mezi mladou generací nikdo, kdo by se o fyziku zajímal?

Fyzika bývá vyučována systémem izolovaného pozorování, které je však v komplexnímu systému školství málo duchaplný. K novému myšlení a způsobu výuky fyziky musí být nakloněna také škola. Podstatnou otázkou při vytváření reformy školství je také to, zda máme žáky a studenty převážně vychovávat, nebo vzdělávat, jelikož věnovat se obojímu naplno, nebývá vždy jednoduché. A také je zde otázka, k čemu by měla současná škola sloužit-jestli k získávání vědomostí ze všech oblastí vědy a poznání, nebo k tomu, aby mladým lidem ukázala cestu ke svobodě a formování odpovědnosti za vlastní činy a názory. Nejlepší by bylo naplnění všech těchto požadavků, což se však zatím nedaří.

Velmi rozšířený je také názor, že škola by měla připravovat na budoucí povolání a současnému školství bývá vytýkáno, že se tak neděje. To by reforma měla také změnit. Nastává „škola budoucnosti“. Na jejím vzniku se podílela řada vědců i vychovatelů. aby žáci byli aktivními činiteli v procesu poznávání. Žáci by se ve škole měli alespoň částečně vrátit k tomu, co dělali jako malé děti– pomocí vlastní aktivity objevovat svět kolem sebe, nebýt pouze objektem vyučování.

My jako učitelé bychom měli žáky vést k tomu, aby si fyzikální jevy a zákonitosti objevovaly samy – pomocí vlastních či demonstračních experimentů a řešení problémů.

K objevování fyzikálních jevů a zákonitostí však často nestačí poznatky pouze z fyziky a je třeba objevit souvislosti s poznatky i z jiných předmětů s čímž je však mnohdy také problém.

Projektové vyučování se nám nabízí jako jedna z možných alternativ při reformě současné školy, vycházíme-li z toho, že tato reforma by měla ze škol odstranit tradiční receptivní učení odtržené od žáka a hromadění extrémního množství poznatků. Volbu projektového vyučování mohou v těchto souvislostech podpořit následující důvody:

1. *historické* : v naší škole přetrvávají stále silné kořeny autoritářské tereziánské školy, ideje projektového vyučování byly již v minulosti (Příhoda, Vrána) rozpracovány na podmínky naší školy,
2. *koncepční*: východiska projektového vyučování jsou orientována především na pojem zkušenosti žáka. Žák si v průběhu práce na projektu neosvojuje již hotové, předem uspořádané poznatky, ale je uváděn do takových situací, které umožňují, aby poznatky v jemu známých souvislostech konstruoval. Projektové vyučování je činnostní, vychází z předpokladu, že nelze od sebe odtrhávat poznání a činnost, svým badatelsko-výzkumným charakterem umožňuje učit žáky metodám poznávání, což je přinejmenším stejně důležité jako samo osvojování poznatků. Projektové vyučování má silný motivační charakter, protože svou podstatou dovoluje žákům, aby šli za cíli svými vlastními cestami, projektové vyučování dovoluje žákům spojit poznání s prožitkem a smyslovým vnímáním, poznání skutečnosti se děje přirozenou cestou a na základě autonomní zkušenosti žáka, projektové vyučování je významným prostředkem pro utváření sebepojetí žáka, působí pozitivně na utváření jeho osobnosti

7.2 ŠVP, RVP

Cílem nové školy není sumář znalostí, ale získaných dovedností. Takhle by se mělo k výuce od loňského září přistupovat na všech základních školách. Nepružné osnovy vystřídaly školské vzdělávací programy. V příštím čeká tato změna gymnázia a následně další střední školy. Nejde to však všude hladce. Reformě chybí masivní podpora vlády, tradice má tuhé kořínky a bez tvořivých učitelů se úspěch nedostaví. Letos se změna dotýká také přijímaček na vysokou školu. Už 46 fakult při nich bude využívat Národní srovnávací testy, které prověřují studijní předpoklady, nikoli znalosti faktografie.

Ke změně výuky tlačí školy i nabídky EU. Bruselské granty začínají na 400 000 a končí na 25 milionech korun. Školy na ně mohou dosáhnout například tehdy, když vypracují program na zvýšení počítačové gramotnosti, na tvorbu učebních materiálů či na podporu týmové spolupráce

RVP (Rámcové vzdělávací programy) vycházejí z nové strategie vzdělávání, která zdůrazňuje klíčové kompetence, jejich provázanost se vzdělávacím obsahem a uplatnění získaných vědomostí a dovedností v praktickém životě; vycházejí z koncepce celoživotního učení; formulují očekávanou úroveň vzdělání stanovenou pro všechny absolventy jednotlivých etap vzdělávání; podporují pedagogickou autonomii škol a profesní odpovědnost učitelů za výsledky vzdělávání.

Vzdělávací obsah je v RVP G orientačně rozdělen do osmi vzdělávacích oblastí. Jednotlivé vzdělávací oblasti jsou tvořeny jedním *vzdělávacím oborem* nebo více obsahově blízkými *vzdělávacími obory*:

1. Jazyk a jazyková komunikace (*Český jazyk a literatura, Cizí jazyk, Další cizí jazyk*)
2. Matematika a její aplikace (*Matematika a její aplikace*)
3. Člověk a příroda (*Fyzika, Chemie, Biologie, Geografie, Geologie*)
4. Člověk a společnost (*Občanský a společenskovědní základ, Dějepis; Geografie*)
5. Člověk a svět práce (*Člověk a svět práce*)
6. Umění a kultura (*Hudební obor, Výtvarný obor*)
7. Člověk a zdraví (*Výchova ke zdraví, Tělesná výchova*)
8. Informatika a informační a komunikační technologie (*Informatika a informační a komunikační technologie*)

Důležitou částí RVP jsou také průřezová témata:

1. osobnostní a sociální výchova
2. výchova demokratického občana
3. výchova k myšlení v evropských a globálních souvislostech
4. multikulturní výchova
5. environmentální výchova
6. mediální výchova

Tato průřezová témata reprezentují v RVP aktuální okruhy problémů současného i budoucího světa a stávají se povinnou součástí základního vzdělávání; jsou důležitým formativním prvkem základního vzdělávání a pomáhají rozvíjet osobnost žáka především v oblasti postojů a hodnot; stávají se příležitostí pro individuální uplatnění žáků i pro jejich vzájemnou spolupráci.

Zamyslíme-li se nad tím, jak naplnit průřezová témata ve výuce, zjistíme že výuka fyziky může celkem dobře postihovat téma environmentální výchovy (např. úspora energie). Dále je možné vysledovat u fyziky, jakož i u dalších předmětů, naplnění průřezového tématu Osobnostní a sociální výchova, a to veškerá témata osobnostního, sociálního a morálního rozvoje.

Z podstaty fyziky jako exaktní vědy plyne naplnění těchto tematických okruhů:

1. rozvoj schopností poznávání
2. kreativita
3. kooperace (frontální experimenty a laboratorní práce) a kompetice
4. řešení problémů a rozhodovací dovednosti

V ŠVP (školní vzdělávací plán) bude obsah vzdělávacích oborů rozpracován v podobě učebních osnov vyučovacích předmětů. Vyučovací předmět může převzít celý vzdělávací obsah jednoho oboru vymezeného v RVP, ale vzdělávací obsah jednoho vzdělávacího oboru může být také rozdělen mezi více vyučovacích předmětů nebo je možné vzdělávací obsah více oborů spojovat (integrovat) do jednoho předmětu. V ŠVP je také možné integrovat tematické okruhy, celky a témata různých vzdělávacích oborů v RVP tak, aby byly maximálně podpořeny mezioborové (mezipředmětové) vztahy.

ŠVP na gymnáziích jsou zatím ve fázi příprav. Například na gymnáziu tř.Kpt.Jaroše v Brně už druhým rokem probíhá pilotáž Školního vzdělávacího programu Zavedením ŠVP zde došlo ve výuce fyziky k několika změnám. Obsah učiva zůstal ve standardech

definovaných klasickou řadou učebnic. Jedinoučasovou změnou se stalo přesunutí „struktury atomu“ a „elektrostatiky“ do tercie před „elektrické obvody“. Hodinová dotace klesla na 2 nepůlené hodiny ve všech třídách a ročnících (dříve měly všeobecné třídy dotaci 3-2-2-2 s jednou půlenou hodinou v primě, matematické třídy 3-3-3-2 s jednou půlenou hodinou v každém ročníku). [21]

7.3 Mezipředmětové vztahy a souvislosti

V tradiční škole je učivo rozděleno do vyučovacích předmětů, což souvisí s vývojem vědních oborů a narůstáním objemu poznatků. Systém rozčlenění obsahu vzdělávání do oddělených „předmětů“ je sice přehledný, avšak skrývá riziko. Žákům se totiž obsah vzdělávání nabízí jakoby v samostatných nádobách a očekává se, že si potřebnou syntézu vědění vytvoří každý sám.

Navíc v jednotlivých předmětech není většinou ani zachována stejná posloupnost probírané látky, což ještě více brání objevení podobnosti, souvislosti a mezipředmětových vazeb.

Aby škola pomohla dětem orientovat se ve složitém světě přesyceném informacemi a vedla k pochopení souvislostí, měla by výuka místo probírání jednotlivých více či méně izolovaných témat směřovat k integraci vzdělávacích obsahů.

A právě poznatky z jednotlivých předmětů dávají velmi dobře do souvislosti projekty; zvláště pak projekty většího rozsahu, protože zde se pojímá edukační proces integrovaně. Obsahem vyučování přestává být pouze izolované téma „předmětu“. Stávají se jím určité problémy, které je třeba při projektu vyřešit. Výuka vedená klasickým stylem výkladu učitele samozřejmě zcela nezmizí, spousta věcí je třeba dětem vysvětlit. Těžiště se však přesouvá do řešení úkolů v rámci projektu. Přitom si žáci znalosti ještě doplňují a upevňují. Podstatné je, že si poznatky vkládají do širších souvislostí, aby je mohli později využít.

7.4 Projekty - cesta k integrované výuce

Při projektové metodě se pojímá edukační proces integrovaně. Obsahem vyučování přestává být izolované téma „předmětu“. Stávají se jím určité problémy, které je třeba při

projektu vyřešit. Výuka vedená klasickým stylem výkladu učitele samozřejmě zcela nezmizí, spousta věcí je třeba dětem vysvětlit. Těžiště se však přesouvá do řešení úkolů v rámci projektu. Přitom si žáci znalosti ještě doplňují a upevňují. Podstatné je, že si poznatky vkládají do širších souvislostí, aby je mohli později využít.

Při práci na projektech je úkolem učitele naplnit vyučovací dobu činnostmi s takovým obsahem, aby byla probírána a procvičována témata z jednotlivých oblastí rámcového vzdělávacího programu. Pro pedagoga, který je zvyklý tradičním způsobem probírat látku a postupovat podle učebnice, je to velice obtížný úkol. Dosavadní úspěchy s projektovou výukou v mnoha třídách a školách dokazují, že si nové způsoby školní práce získávají oblibu. V zemích EU se v oblasti primárního vzdělávání projekty stávají běžnou metodou práce ve škole. Předchozí „tradiční – klasická“ výuka je posuzována jako překonaná záležitost 19. a 20. století.

7.5 Integrace vzdělávacích obsahů

Školní vzdělávací program (školní kurikulum) je možné alespoň pro nižší ročníky prvního stupně založit na integrované výuce. Podstatou integrované výuky je hledání a nalezení určitých témat učiva, která je možné spojovat bez ohledu na jejich původní začlenění do tradičních předmětů. Na prvním stupni základní školy má integrovaný charakter například prvouka. Integraci je však možné prohlubovat a uvažovat o propojení čtení, psaní (seznamování s gramatickými pravidly), matematiky, vlastivědy, přírodovědy, jednotlivých výchov apod.

Při integraci výuky jde o to, jak naplnit vyučovací dobu, aby v ní byla obsažena jednotlivá témata a činnosti ze všech oblastí uvedených v rámcovém vzdělávacím programu. I když realizaci integračních záměrů může naznačovat školní vzdělávací program, zůstane nakonec na každém učiteli a učitelce, aby sami při výuce požadavky na integraci uskutečnili.

8. Realizace projektu:

Při realizaci samotného projektu bývá někdy využívána následující tabulka, která poskytuje základní rámec projektu:

Téma	
Po absolvování vyučovací hodiny	
Cíl hodiny	
Vyučovací metody	<p>Vyučovací metoda – didaktické metody</p> <p>metody slovní</p> <p>monologické metody(vysvětlování,výklad, přednáška), dialogické metody (rozhovor, dialog, diskuze), metody práce s učebnicí, knihou, textovým materiálem</p> <p>metody názorně demonstrační</p> <p>pozorování předmětů a jevů, předvádění (činností, pokusů, modelů), demonstrace statických obrazů</p> <p>projekce statická a dynamická</p> <p>metody praktické:</p> <p>nácvik pohybových a pracovních dovedností, laboratorní činnosti žáků, pracovní činnosti (dílňy, pozemky)</p> <p>Aktivizující metody-aspekt interaktivní</p> <p>diskusní metody</p> <p>situační metody</p> <p>inscenační metody</p> <p>didaktické hry</p> <p>specifické metody</p>
Organizační formy	Organizační formy vyučování

	<p>frontální vyučování v systému vyučovacích hodin</p> <p>skupinové a kooperativní vyučování</p> <p>individualizované a diferencované vyučování</p> <p>system různých organizačních forem uplatňovaný při realizaci projektů a integrovaných učebních celků</p> <p>domácí učební práce</p>
Použité pomůcky a materiály	
Obsah projektu	<p>Zahájení projektu a určení cíle</p> <p>Motivační úvod k tématu automobil</p> <p>Probírání učiva potřebného k realizaci projektu</p> <p>Kontrola a diagnóza stavu rozvoje vědomostí a dovedností</p> <p>Zpětná vazba</p>
Časová dotace	

Vyučovací metody a organizační formy uvedené v tabulce nemusíme užívat všechny, je vhodné tabulku přizpůsobit vlastním potřebám.

Následující tabulky je vhodné použít pro přehlednost – jsou rozděleny podle jednotlivých fází projektu a lze si do nich postupně připisovat postřehy z projektu, tak abychom při opětovném čtení našli inspiraci, co je třeba zlepšit v projektu příštím.

PŘÍPRAVA PROJEKTU					
			Typ projektu: <input type="checkbox"/> motivační <input type="checkbox"/> diagnostický <input type="checkbox"/> expoziční <input type="checkbox"/> aplikační <input type="checkbox"/> fixační <input type="checkbox"/> jiný		
Školní rok:		Termín konání:		Třída:	
Poznámky:					
Cíle projektu:					
Doba trvání projektu:			Místo realizace projektu:		
Krátkodobý <input type="checkbox"/> počet vyučovacích hodin <input type="checkbox"/> počet dnů Dlouhodobý <input type="checkbox"/> počet týdnů <input type="checkbox"/> počet měsíců <input type="checkbox"/> jiné			<input type="checkbox"/> ve vyučování fyziky <input type="checkbox"/> v jiném předmětu <input type="checkbox"/> ve více předmětech společně <input type="checkbox"/> mimo školu <input type="checkbox"/> ve škole, ale mimo vyučování		
Téma: (dáno předem - explicitně)			Návaznost na projekt:		
Návrh:	<input type="checkbox"/> žáci	<input type="checkbox"/> učitel	<input type="checkbox"/> jiná osoba		
Mapování tématu:					
Formulace zadání projektu pro žáky: (relativně uzavřený)					
První postřehy, poznámky:					

KOSTRA PROJEKTU					
			Typ projektu:		
			<input type="checkbox"/> motivační	<input type="checkbox"/> diagnostický	
			<input type="checkbox"/> expoziční	<input type="checkbox"/> aplikační	
			<input type="checkbox"/> fixační	<input type="checkbox"/> jiný	
Školní rok:		Termín konání:		Třída:	
Kostra:					
První postřehy, poznámky:					

REALIZACE PROJEKTU					
			Typ projektu:		
			<input type="checkbox"/> motivační	<input type="checkbox"/> diagnostický	
			<input type="checkbox"/> expoziční	<input type="checkbox"/> aplikační	
			<input type="checkbox"/> fixační	<input type="checkbox"/> jiný	
Školní rok:		Termín konání:		Třída:	
Přípravná fáze:					
Vlastní realizace:					
První postřehy, poznámky:					

VYHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ PROJEKTU					
			Typ projektu:		
			<input type="checkbox"/> motivační	<input type="checkbox"/> diagnostický	
			<input type="checkbox"/> expoziční	<input type="checkbox"/> aplikační	
			<input type="checkbox"/> fixační	<input type="checkbox"/> jiný	
Školní rok:		Termín konání:		Třída:	
Přímé:					
Nepřímé:					

9. Vlastní projekty:

Pro účely této diplomové práce vznikly dva projekty ve spolupráci s Mgr. Papíkovou (učitelkou fyziky na SOŠ elektotech. A strojní a SOU v Pardubicích).

9.1 Automobil a fyzika

Tento projekt byl realizován v prvním ročníku SOŠ jako skupinový krátkodobý projekt. Projekt byl zahájen ve výuce fyziky, kde bylo prodiskutováno, na co by se mohli žáci při zkoumání zaměřit (výpočet rychlosti, zrychlení, třecí a odstředivé síly). Dále byl projekt z nedostatku prostoru ve výuce rozvíjen jako mimoškolní aktivita skupiny žáků, kteří projevíli o projekt zájem.

Téma	Automobil a fyzika
Po absolvování projektu	Umět řešit úlohy z mechaniky a blíže poznat automobil – nejen jako konzumní prostředek dopravy, ale i jako objekt podléhající fyzikálním zákonům.
Cíl projektu	Objevení fyzikálních zákonů s automobilem souvisejících
Vyučovací metody	Vyučovací metoda – didaktické metody: metody slovní: monologické metody (vysvětlování, výklad, přednáška) pouze v omezeném rozsahu dialogické metody (rozhovor, dialog, diskuze, brainstorming) po skončení projektu-hodnotící prvek metody práce s učebnicí, knihou, textovým materiálem + metody práce s internetem
Organizační formy	Organizační formy vyučování v průběhu projektu: skupinové a kooperativní vyučování

	<p>individualizované a diferencované vyučování</p> <p>systém různých organizačních forem uplatňovaný při realizaci projektů a integrovaných učebních celků především jako domácí učební práce</p>
Použité pomůcky a materiály	Individuální dle možnosti žáků
Obsah projektu	<p>Zahájení projektu a určení cíle</p> <p>Motivační úvod k tématu automobil</p> <p>Probírání učiva potřebného k realizaci projektu- mechanika</p> <p>Kontrola a diagnóza stavu rozvoje vědomostí a dovedností-test, ústní zkoušení</p> <p>Zpětná vazba-vytvoření studijního materiálu o automobilu</p>
Časová dotace	.14 dní

PŘÍPRAVA PROJEKTU					
Automobil a fyzika			Typ projektu: <input checked="" type="checkbox"/> motivační <input type="checkbox"/> diagnostický <input type="checkbox"/> expoziční <input type="checkbox"/> aplikační <input type="checkbox"/> fixační <input type="checkbox"/> jiný		
Školní rok:	2007/2008	Termín konání:	září	Třída:	ME1A
Poznámky:	Téma projektu bylo navrženo žáky – ve třídě je 100% zastoupení chlapců a automobily vzbuzují jejich zájem.				
Cíle projektu: Objevení souvislostí fyzikálních zákonů při jízdě automobilu.					
Doba trvání projektu:		Místo realizace projektu:			
Krátkodobý <input type="checkbox"/> počet vyučovacích hodin <input checked="" type="checkbox"/> počet dnů (14) Dlouhodobý <input type="checkbox"/> počet týdnů <input type="checkbox"/> počet měsíců <input type="checkbox"/> jiné		<input type="checkbox"/> ve vyučování fyziky <input type="checkbox"/> v jiném předmětu <input type="checkbox"/> ve více předmětech společně <input checked="" type="checkbox"/> mimo školu <input type="checkbox"/> ve škole, ale mimo vyučování			
Téma: (dáno předem – explicitně) Automobil a fyzika			Návaznost na projekt:		
Návrh:	<input checked="" type="checkbox"/> Žáci <input type="checkbox"/> učitel <input type="checkbox"/> jiná osoba				
Mapování tématu: mechanika					
Formulace zadání projektu pro žáky: (relativně uzavřený)					
Objevení fyzikálních zákonitostí (převážně z mechaniky) souvisejících s automobilem					
První postřehy, poznámky:					
Práci na projektu je třeba zahájit dříve, než opadne zájem žáků.					

KOSTRA PROJEKTU					
Automobil a fyzika			Typ projektu: <input checked="" type="checkbox"/> motivační <input type="checkbox"/> diagnostický <input type="checkbox"/> expoziční <input type="checkbox"/> aplikační <input type="checkbox"/> fixační <input type="checkbox"/> jiný		
Školní rok:	2007/2008	Termín konání:	září	Třída:	ME1A
Kostra:					
Žáci se rozhodli pro skupinovo práci a v rámci skupiny si rozdělili úkoly (popis teorie, získání a popis vhodných obrázků, nalezení vhodných příkladů a jejich řešení, kontrolu jazykové správnosti).					
První postřehy, poznámky:					
O projekt projevíli zájem i slabší žáci, kteří byli motivováni zlepšením znalostí z fyziky a pochopením souvislostí fyzikálních vztahů s praktickými a reálnými situacemi.					

REALIZACE PROJEKTU					
Automobil a fyzika			Typ projektu:		
			<input checked="" type="checkbox"/> motivační	<input type="checkbox"/> diagnostický	
			<input type="checkbox"/> expoziční	<input type="checkbox"/> aplikační	
			<input type="checkbox"/> fixační	<input type="checkbox"/> jiný	
Školní rok:	2007/2008	Termín konání:	září	Třída:	ME1A
Přípravná fáze:					
Byla dohodnuta spolupráce s učiteli informatiky a odborné praxe. Pro zpracování projektu byl žákům umožněn přístup k internetu a v rámci odborné praxe měli možnost prozkoumat jednotlivé části automobilu.					
Vlastní realizace:					
Samostatná práce žáků bez zásahu učitele fyziky a informatiky- – žáci si rozdělili úkoly a zpracovávali projekt z větší části doma. Diskuse o projektu v rámci občanské výchovy.					
První postřehy, poznámky:					
Projekt pozitivně motivoval žáky dokonce i k výpočtu příkladů souvisejících s tématem					

VYHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ PROJEKTU					
Automobil a fyzika			Typ projektu:		
			<input checked="" type="checkbox"/> motivační	<input type="checkbox"/> diagnostický	
			<input type="checkbox"/> expoziční	<input type="checkbox"/> aplikační	
			<input type="checkbox"/> fixační	<input type="checkbox"/> jiný	
Školní rok:	2007/2008	Termín konání:	září	Třída:	ME1A
Přímé:					
Diskuse nad projektem v hodinách fyziky s důrazem na zopakování použitých jevů a vztahů. Ocenění práce žáků (známka se stejnou vahou jako referát).					
Nepřímé:					
Žáci prokázali schopnost samostatné práce při sběru informací, slabší žáci se také podíleli, čímž se zlepšilo jejich sebehodnocení a stmelil se kolektiv žáků, kteří se vzájemně ještě příliš neznali.					

9.2 Základy fyziky létání

Tento projekt byl realizován v prvním nastavbovém ročníku SOŠ (navazuje na SOU) jako skupinový krátkodobý projekt. Projekt byl zahájen ve výuce fyziky, kde bylo prodiskutováno, na co by se mohli žáci při zkoumání zaměřit (výpočet rychlosti, obtékání křídel letadel, pohonné směsi v balónu). Dále byl projekt z nedostatku prostoru ve výuce rozvíjen jako mimoškolní aktivita skupiny žáků, kteří projevíli o projekt zájem.

Téma	Základy fyziky létání
Po absolvování projektu	Umět řešit úlohy z mechaniky, molekulové fyziky a blíže poznat letadlo, balón a padák
Cíl projektu	Objevení souvislosti příkladů ze sbírek fyziky a praktických úloh ze života.
Vyučovací metody	Vyučovací metoda – didaktické metody: metody slovní: monologické metody (vysvětlování, výklad, přednáška) v omezené míře na úvod projektu dialogické metody (rozhovor, dialog, diskuze, brainstorming) převážně po dokončení projektu metody práce s učebnicí, knihou, textovým materiálem + metody práce s internetem
Organizační formy	Organizační formy vyučování: skupinové a kooperativní vyučování individualizované a diferencované vyučování systém různých organizačních forem uplatňovaný při realizaci projektů a integrovaných učebních celků uplatněný na domácí učební práce

Pomůcky a použité materiály	Převážně internet, encyklopedie, sbírka úloh
Obsah projektu	Zahájení projektu a určení cíle Motivační úvod k tématu Opakování učiva-mechanika a probírání učiva-molekulová fyzika potřebného k realizaci projektu Kontrola a diagnóza stavu rozvoje vědomostí a dovedností-test Zpětná vazba-studijní a zájmový materiál o základech fyziky létání
Časová dotace	.14 dní

PŘÍPRAVA PROJEKTU					
Základy fyziky létání			Typ projektu:		
			<input checked="" type="checkbox"/> motivační	<input type="checkbox"/> diagnostický	
			<input type="checkbox"/> expoziční	<input type="checkbox"/> aplikační	
			<input type="checkbox"/> fixační	<input type="checkbox"/> jiný	
Školní rok:	2007/2008	Termín konání:	září	Třída:	PET1
Poznámky:	Téma projektu bylo navrženo žáky – ve třídě je 100% zastoupení chlapců a zajímají se o létání				
Cíle projektu: Objevení souvislostí fyzikálních zákonů při jízdě automobilu.					
Doba trvání projektu:			Místo realizace projektu:		
Krátkodobý			<input type="checkbox"/> ve vyučování fyziky		
<input type="checkbox"/> počet vyučovacích hodin			<input type="checkbox"/> v jiném předmětu		
<input checked="" type="checkbox"/> počet dnů (14)			<input type="checkbox"/> ve více předmětech společně		
Dlouhodobý			<input checked="" type="checkbox"/> mimo školu		
<input type="checkbox"/> počet týdnů			<input type="checkbox"/> ve škole, ale mimo vyučování		
<input type="checkbox"/> počet měsíců					
<input type="checkbox"/> jiné					
Téma: (dáno předem – explicitně)			Návaznost na projekt:		
Automobil a fyzika					
Návrh:	<input checked="" type="checkbox"/> žáci <input type="checkbox"/> učitel <input type="checkbox"/> jiná osoba				
Mapování tématu: mechanika, molekulová fyzika					
Formulace zadání projektu pro žáky: (relativně uzavřený)					
Objevení fyzikálních zákonitostí (převážně z mechaniky a molekulové fyziky) souvisejících s létáním.					
První postřehy, poznámky:					
Práci na projektu je třeba zahájit dříve, než opadne zájem žáků.					

KOSTRA PROJEKTU					
Základy fyziky létání			Typ projektu:		
			<input checked="" type="checkbox"/> motivační	<input type="checkbox"/> diagnostický	
			<input type="checkbox"/> expoziční	<input type="checkbox"/> aplikační	
			<input type="checkbox"/> fixační	<input type="checkbox"/> jiný	
Školní rok:	2007/2008	Termín konání:	září	Třída:	PET1
Kostra:					
<p>Žáci se rozhodli pro skupinovo práci a v rámci skupiny si rozdělili úkoly (popis teorie, získání a popis vhodných obrázků, nalezení vhodných příkladů a jejich řešení, kontrolu jazykové správnosti).</p>					
První postřehy, poznámky:					
<p>O projekt projeví zájem i slabší žáci, kteří byli motivováni zlepšením znalostí z fyziky a pochopením souvislostí fyzikálních vztahů s praktickými a reálnými situacemi.</p>					

REALIZACE PROJEKTU					
Základy fyziky létání			Typ projektu:		
			<input checked="" type="checkbox"/> motivační	<input type="checkbox"/> diagnostický	
			<input type="checkbox"/> expoziční	<input type="checkbox"/> aplikační	
			<input type="checkbox"/> fixační	<input type="checkbox"/> jiný	
Školní rok:	2007/2008	Termín konání:	září	Třída:	PET1
Přípravná fáze:					
<p>Byla dohodnuta spolupráce s učiteli informatiky a odborné praxe. Pro zpracování projektu byl žákům umožněn přístup k internetu a v rámci odborné praxe měli možnost vyrobit model letadla, návštěva letiště nebyla z časových důvodů možná.</p>					
Vlastní realizace:					
<p>Samostatná práce žáků bez zásahu učitele fyziky a informatiky.</p> <ul style="list-style-type: none"> - žáci si rozdělili úkoly a zpracovávali projekt z větší části doma. <p>Diskuse o projektu v rámci občanské výchovy.</p>					
První postřehy, poznámky:					
<p>Projekt pozitivně motivoval žáky dokonce i k výpočtu příkladů souvisejících s tématem.</p>					

VYHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ PROJEKTU					
Základy fyziky létání			Typ projektu:		
			<input checked="" type="checkbox"/> motivační	<input type="checkbox"/> diagnostický	
Školní rok: 2007/2008			Termín konání:		
			<input type="checkbox"/> expoziční	<input type="checkbox"/> aplikační	
			zří		
			<input type="checkbox"/> fixační	<input type="checkbox"/> jiný	
			Třída:	PET1	
Přímé:					
Diskuse nad projektem v hodinách fyziky s důrazem na zopakování použitých jevů a vztahů					
Ocenění práce žáků (známka se stejnou vahou jako referát).					
Nepřímé:					
Žáci prokázali schopnost samostatné práce při sběru informací, slabší žáci se také podíleli, čímž se zlepšilo jejich sebehodnocení					

10. Závěr

V celé této práci jsem se snažila osvětlit význam projektové metody a vhodnost jejího uplatnění při výuce fyziky.

Projekty, které nakonec vznikly, nejsou dokonalé, jelikož jsem je realizovala se studenty pouze v rámci své souvislé praxe a nemohla jsem jimi tedy příliš narušovat výuku.

Tato práce tedy není ukázkou toho, jak by takový projekt vypadat měl, ale jak by také vypadat mohl. Případný čtenář zde nenalezne univerzální recept na tvorbu projektu, jen základní návod.

Domnívám se, že pro zvládnutí projektové metody, je třeba nejprve několik projektů vyzkoušet a realizovat. A já jsem v rámci této diplomové práce učinila v tomto ohledu první krok.

Projekty jsem realizovala se studenty v době, kdy se teoretická část mé diplomové práce teprve rodila a dnes bych při realizaci postupovala asi trochu jinak.

Přesto si myslím, že pro někoho, kdo o projektové metodě vůbec nic neví, může být tato práce přínosem.

V závěru doufám, že se naše školství dočká naplnění reformy. Snad už příští generace studentů bude schopna vidět vztahy a souvislosti mezi jednotlivými předměty a souvislost teorie s praxí, čímž se zvýší zájem studentů o fyziku.

11. Seznam použité literatury

- [1] PRŮCHA, J. - WALTEROVÁ, E.- MAREŠ, J. Pedagogický slovník.
1. vyd. Praha:Portál 1995.
- [2] SKALKOVÁ, J. Obecná didaktika. 1.vyd. Praha: ISV nakladatelství 1999
- [3] NAVRÁTIL, V. - NOVOTNÁ, J. - SOLDÁN, M. Projektová výuka
fyziky, matematiky a chemie na PdF MU Brno
- [4] VALENTA, J. Pohledy: Projektová metoda ve škole a za školou, Praha-
Artama:Sdružení pro tvořivou dramaturgii 1993
- [5] BŘEZINA, F. Problémové vyučování a problémové úlohy ve fyzice, Praha,
SPN 1982
- [6] Sborník z konference "Projekty v teorii a praxi vyučování fyzice" Telč 15. - 16. září
2005, editor D. Nezvalová, UP Olomouc 2005
- [7] NYKL, J.-ROTOVÁ, M.: Projektová metoda v přírodovědné praxi, In Komenský
1932
- [8] ŽANTA, R. Projektová metoda, Praha 1934
- [9] PINKAVOVÁ, Z.: Projekty - Jedna z cest k zábavné fyzice, In: „Sborník
Vlachovice " .. aby fyzika žáky bavila.. " 8.–11. 10. 2003
- [10] KRATOCHVÍLOVÁ, J.: Teorie a praxe projektové výuky, Brno : MU Brno, 2006
- [11] KAŠOVÁ, J. a kol.: Škola trochu jinak. Projektové vyučování v teorii i v praxi.
Kroměříž 1995
- [12] MIE, K.-FREY, K. : Physik in Projekten, IPN Kiel 1998 (Aulis 2004)
- [13] PERELMAN, L. J. (zakladatel a prezident firmy Kanbrain). Would you send
your kid to a Soviet collective?: Wired Digital Inc. 1997
- [14] NAVRÁTIL, V. - NOVOTNÁ, J.- SOLDÁN, M. Projektová výuka fyziky, matematiky a
chemie na PdF MU Brno. In *Moderní trendy v přípravě učitelů fyziky*. Vyd. I. Plzeň :
Západočeská Univerzita v Plzni, 2003
- [15] KUBÍNOVÁ, M. Projekty (ve vyučování matematice) - cesta k tvořivosti a
samostatnosti. Praha: Univerzita Karlova - Pedagogická fakulta, 2002
- [16] Mgr. BEČVÁŘOVÁ, Zuzana. Třídní vzdělávací program-electronic information.
URL: <<http://obchod.studovna.cz/scripts/detail.asp?id=1039>> [cit. 2002-3-13]
- [17] CIPRO, M.: Galerie světových pedagogů (encyklopedie prameny výchovy), Praha
2002
- [18] BRAUN, J. P.: Physikunterricht neu denken, Harri 1998
- [19] Sborník ze semináře Projektová výuka fyziky ve ŠVP, Vlachovice 17.-20.10. 2007

[20] TONUCCI, F.: Vyučovat nebo naučit?, Praha: Univerzita Karlova - Pedagogická fakulta, 1991

[21] URL: <http://www.-pilot-gp.cz/index.php?p=profil&site=brno_jar>

12. Přílohy

12.1 Projekt: Automobil a fyzika

Automobil a Fyzika

Automobil,



dopravní prostředek, který se stal více než součástí života a u kterého se setkáváme s mnoha praktickými aplikacemi mechaniky jako jsou: **Průměrná rychlost, Zrychlování a zpomalování, Předjíždění, Sklon silnice v zatáčce, Stoupání a klesání silnice, Odpor prostředí, Valivý odpor** apod.

Automobil ke svému pohonu využívá různé druhy motorů například:

Čtyřdobý zážehový motor:

vyvinutý v devatenáctém století. Palivem bývá většinou benzín, ale tyto motory mohou po úpravě spalovat také alkohol nebo plyn (LPG, CNG).

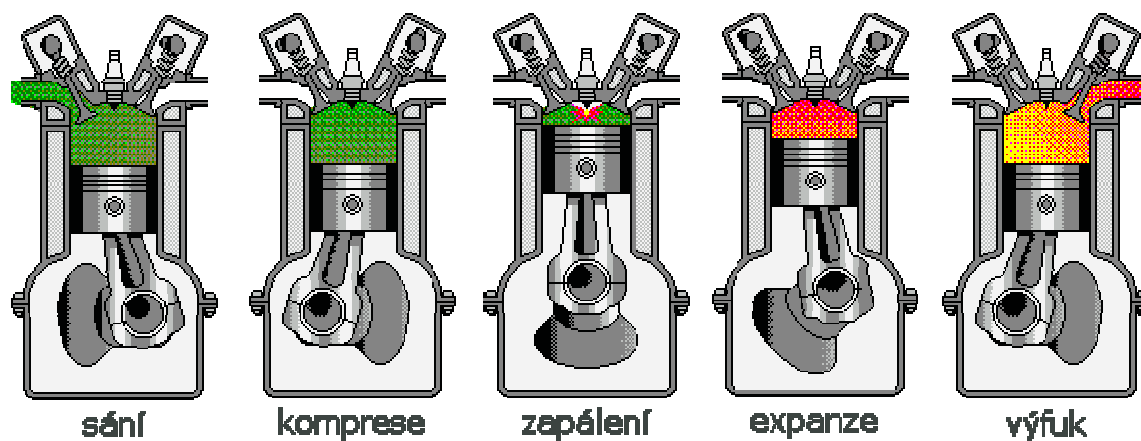
Čtyřdobý (čtyřtaktní) motor má čtyři základní fáze činnosti:

Sání - do válce je nasávána směs vzduchu s palivem, píst se pohybuje dolů.

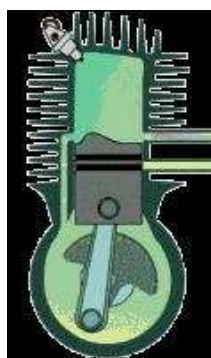
Komprese - píst se pohybuje vzhůru a stlačuje zápalnou směs paliva se vzduchem.

Expanze - stlačená směs je zapálena zapalovací svíčkou, exploduje a svým roztahováním tlačí píst dolů.

Výfuk - spaliny jsou vytlačeny z válce, píst se pohybuje nahoru.



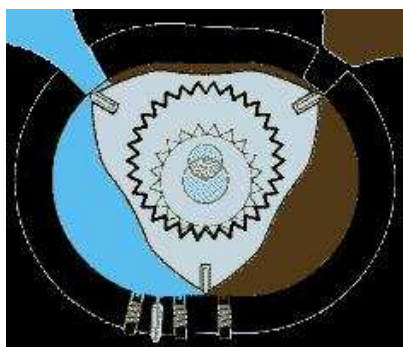
Dvoudobý zážehový motor:



Dvoudobý motor je jednodušší, nemá ventilový rozvod a kombinuje vždy dvě doby dohromady. Při zdvihu pístu dochází ke kompresi a sání, při expanzi je píst tlačěn dolů a souběžně probíhá fáze výfuku. Na animovaném obrázku je dvoudobý vzduchem chlazený motor, má píst s tzv. deflektorem. Na pravé straně je dole sací a nahoře výfukový kanál, po levé straně válce je přepouštěcí kanál.

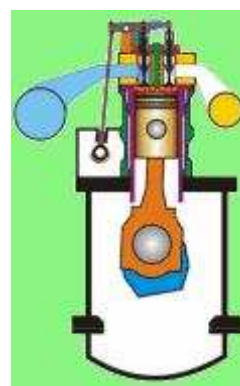
Zážehový motor Wankel:

V šedesátých letech dvacátého století se na trhu objevily první automobily s motorem s rotujícími písty. Motor vyvinul Felix Wankel.



Vznětový motor:

Stále větší oblibě se těší vznětové motory, které používají palivo naftu. Pracují se čtyřdobým pracovním cyklem a nasávají



jako

pouze vzduch. Po jeho stlačení se do válce vstříkne nafta a dojde k jejímu samovznícení. Používá se buď nepřímé vstřikování do kumůrky v hlavě nebo přímé vstřikování do válce. Pro studený start se používají žhavicí svíčky. Motor musí mít pevnější konstrukci, kompresní poměr bývá dvojnásobný proti motorům benzínovým.

Aplikace výpočtů

Uvažujme situaci, kdy traktor a osobní automobil vyjedou ve stejný okamžik z téhož místa a jedou po stejné silnici do místa vzdáleného 20 km. Do cíle dorazí osobní automobil dříve než traktor.

Veličina, která by odlišila oba pohyby se nazývá **průměrná rychlost**. Průměrná

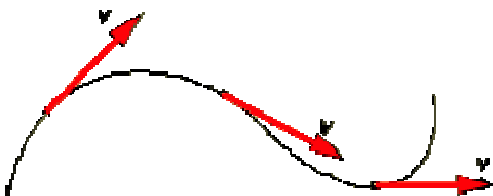
rychlost se vypočítá jako: $v_p = \frac{\Delta s}{\Delta t}$

Jednotkou rychlosti je $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$, často se však používá jednotka $\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$. K převodu těchto jednotek můžeme použít tyto vztahy:

$$1 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1} = \frac{1 \text{ km}}{1 \text{ h}} = \frac{1000 \text{ m}}{3600 \text{ s}} = \frac{1}{3,6} \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$$

$$1 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1} = \frac{1 \text{ m}}{1 \text{ s}} = \frac{\frac{1}{1000} \text{ km}}{\frac{1}{3600} \text{ h}} = \frac{3600}{1000} \text{ km}\cdot\text{h}^{-1} = 3,6 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$$

Jestliže zvolíme časový interval velmi malý, pak rychlost, kterou v tomto intervalu naměříme se nazývá **okamžitá rychlost**, kterou hmotný bod v daném časovém okamžiku má na daném místě trajektorie.



Dosud jsme uvažovali jen o velikosti rychlosti. K určení rychlosti potřebujeme kromě její velikosti znát i její směr. Je to tedy veličina vektorová. Okamžitá rychlost má vždy směr tečny k trajektorii v daném místě.

Zrychlování a zpomalování:

Jistě každý zná situaci kdy uvízne v dopravní zácpě a jen pomalu „skáče“ (zrychluje a zpomaluje) ke svému cíli:

Zrychlení:

je charakteristika pohybu, která nám sděluje, jakým způsobem se mění rychlost tělesa (hmotného bodu) v čase.

Zrychlení je vektorová fyzikální veličina, neboť udává jak velikost změny, tak i její směr

Mějme dva běžce závodící na stejné trati, pohybují se tedy po stejné trajektorii. Tito dva běžci vyběhnou ve stejný okamžik a do cíle dorazí také současně. Lze tedy říci, že průměrná rychlost obou běžců byla stejná. Pokud však v komentáři k závodu uslyšíme, že v půli tratě vedl jeden z běžců, pak pohyby obou závodníků stejné určitě nebyly. První závodník běžel první polovinu tratě rychleji než druhý (a byl tedy v polovině dráhy dříve), zatímco druhý závodník běžel rychleji ve druhé polovině tratě a to tak, že do cíle dorazili současně. V polovině tratě tedy došlo k nějaké změně. Druhý závodník totiž zrychlil, tj. změnil svou rychlost. Charakteristikou této změny je právě zrychlení.

Rozlišujeme **okamžité zrychlení** a **průměrné zrychlení**.

Okamžité zrychlení je zrychlení v daném časovém okamžiku, jelikož je časový úsek nekonečně krátký vypočte se okamžité zrychlení jako nepřímá úměra rychlosti a času:

$$a = \frac{v}{t}$$

Průměrné zrychlení je zrychlení, které se určuje jako podíl změny rychlosti Δv za

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

daný časový interval Δt a tohoto časového intervalu:

Příklad:

Jaká je velikost zrychlení rovnoměrně zrychleného pohybu auta, když z klidu, dosáhne za 12s rychlosti 32,4 km/h ?

Řešení:

$$t = 12\text{s}; v_2 = 32,4\text{km/h} = 9\text{m/s}; v_1 = 0\text{m/s}; a = ?$$

$$a = \frac{\Delta v}{t}$$

$$\Delta v = v_2 - v_1$$

$$a = \frac{v}{t} = \frac{9}{12} = 0,75 \text{ m/s}^2$$

Předjíždění :



Zde lze uvést tento příklad:

Příklad:

Nákladní automobil o délce 6 m jede rychlostí 66km/h předjíždí ho motocykl, který jede rychlostí 72 km/h, předjíždění začíná 16 m za automobilem a končí 18 m před automobilem: jak dlouho předjíždění trvá a jakou dráhu přitom motorka urazí ?

Řešení:

$$v_1 = 66 \text{ km/h} = 18,3 \text{ m/s}; \quad v_2 = 72 \text{ km/h} = 20 \text{ m/s}$$

motocykl musí při předjíždění urazit dráhu o 40m (6m+16m+18m) delší než automobil, platí tedy:

$$s_1 + 40 = s_2$$

$$v_1 t + 40 = v_2 t$$

$$18,3t + 40 = 20t$$

$$1,7t = 40$$

$$t = 23,5 \text{ s}$$

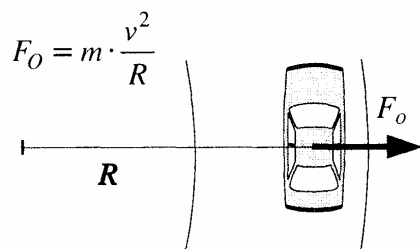
$$s_2 = v_2 t$$

$$s_2 = 20 \cdot 23,5 = 470 \text{ m}$$

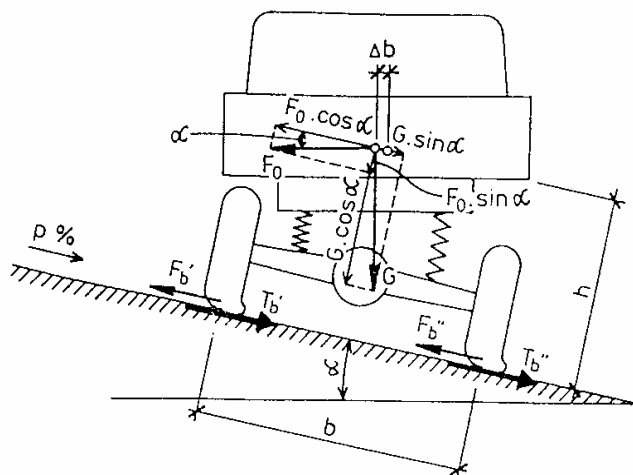
Sklon silnice v zatáčke a stoupání a klesání silnice:

Sklon silnice v zatáčke:

Odstředivá síla je dána v zatáčke na vodorovné vozovce vztahem :



Působení odstředivé síly F_o na vozidlo, projíždějící směrovým obloukem



Síly působící na vozidlo při průjezdu směrovým obloukem – rozklad sil

Na automobil při jízdě po směrovém oblouku bude působit v těžišti vozidla O ve svislém směru tíha vozidla G a ve vodorovném směru kolmém ke směru jízdy odstředivá síla F_o v těžišti vozidla. Silniční komunikace má kvůli odstranění vlivu odstředivé síly příčný sklon $p = \text{tg } \alpha$

Vzhledem k tomu, že hmotnost automobilu je konstantní, lze z rovnováhy obou sil k možnému bodu převrnutí (vnější kola) stanovit pro danou návrhovou rychlost V_n minimální hodnotu poloměru směrového oblouku a to z rovnováhy momentů obou sil.

Bezpečnost proti usmýknutí je dána z hlediska limitní hodnoty bočního smykového tření T_b , tj. reakce maximální příčné síly vyvozené kolem pneumatiky na vozovce.

Proti výslednici sil F_b , působí tření v příčném směru T_b . Aby nenastal smyk automobilu vně oblouku, musí platit:

$$F_b \leq T_b$$

$$R = 0,36 \cdot \frac{v_{n(s)}^2}{p} \quad \text{pro } v_{n(s)} > 80 \text{ km.h}^{-1}$$

$v_{n(s)}$ rychlost návrhová (směrodatná) [km.h⁻¹]

p dostředný sklon směrového oblouku [%]

kterému při odvozování předchází vztah

$$R_{\min} \geq \frac{v_{n(s)}^2}{g \cdot (f_b \pm p)}$$

g hodnota tíhového zrychlení

f_b součinitel příčného tření

Maximální dostředný sklon je omezen vzhledem k možnosti usmýknutí dovnitř zatáčky vozidla při nízké rychlosti či zastavení. Odstředivá síla vyvolává v příčném směru klopný moment, který způsobuje odlehčení vnitřních kol a přitížení kol vnějších. V hraničním případě může dojít i k úplnému odlepení vnitřních kol od vozovky, případně k převrácení.

Při dosažení hodnot rychlosti vyšší než 130 km.h⁻¹ vychází vyšší dostředný sklon vozovky než 7 %, což při vyhodnocení výsledných sklonů m vede k požadavku na snížení podélných sklonů s komunikace.

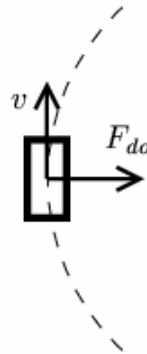
Příklad:

Jaká je třecí síla mezi silnicí a pneumatikami dodávky o hmotnosti $m = 2000$ kg, která projíždí zatáčkou o poloměru $R = 100$ m ? Rychlost dodávky je $v = 72$ kmh⁻¹.
Dodávka nedostala smyk.

Řešení:

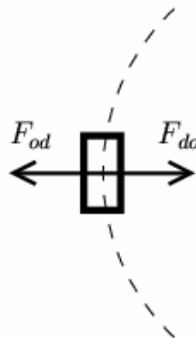
Tuto úlohu lze řešit dvěma způsoby:

1. *způsob:*



Řešení z hlediska inerciálního systému spojeného se silnicí. V tomto systému je trajektorie auta zakřivována dostředivou silou velikosti $F_{do} = m \frac{v^2}{R} = 800$ N. Aby se auto udrželo v zatáčce a nezačalo se pohybovat jinak než po kružnici, musí být třecí síla větší než 800 N.

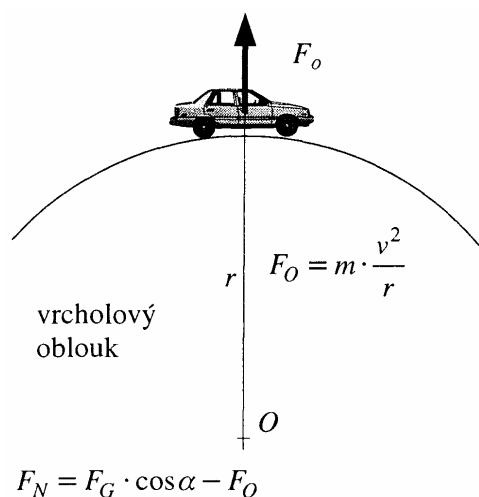
2. *způsob:*



Řešení z hlediska neinerciálního systému spojeného s autem. Jde o systém rotující kolem středu křivosti (viz obr.) V tomto systému auto stojí, takže podle 1. Newtonova zákona výsledná síla na něj působící musí být nulová. Dostředivá síla F_{do} , která zakřivuje jeho dráhu, se musí rovnat síle odstředivé F_{od} . Proto: $F_{od} = F_{do} = m \frac{v^2}{R} = 800$ N. Aby se auto udrželo v zatáčce a neodletělo z ní, musí být třecí síla mezi pneumatikami a silnicí větší než 800 N.

Stoupání a klesání silnice :

Obdobně působí na vozidlo svislá odstředivá síla při jízdě po vrcholovém oblouku zmenšuje normální sílu, („odlepuje“ vozidlo od vozovky). Opačně v údolnicovém oblouku způsobuje vyšší normální sílu.



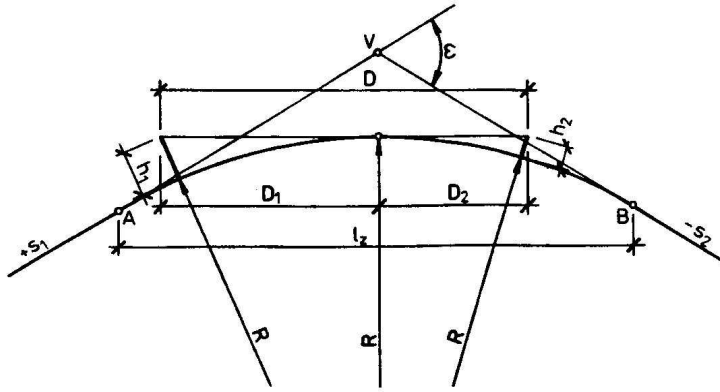
Odstředivá síla působící na vozidlo ve vrcholovém (vypuklém) oblouku

Pro zajímavost:

Z hlediska **délek rozhledu** pro zastavení a předjíždění (i s ohledem na snížení výšky oka řidiče) pro křižovatky, svodidla, stojící automobily, cyklisté, chodci i ležící, předměty by bylo třeba zvětšit poloměry výškových oblouků a prodloužit délku osvětlení komunikace a jejího okolí reflektory vozidel. Charakteristiky kuželu světlometů závisí na typu zdroje, výšce světlometu nad vozovkou a úhlu mezi horním okrajovým paprskem světelného kužele světlometu a jeho osou.

Ve **vypuklých výškových obloucích** se podle možností zajistí rozhled pro předjíždění a bezpodmínečně rozhled pro zastavení (podmíněno délkou osvětlení vozovky).

Nejmenší poloměr **vydutých výškových oblouků** je stanoven tak, aby kužel světlometů automobilu osvětloval jízdní pás vozovky na délku rozhledu pro zastavení.



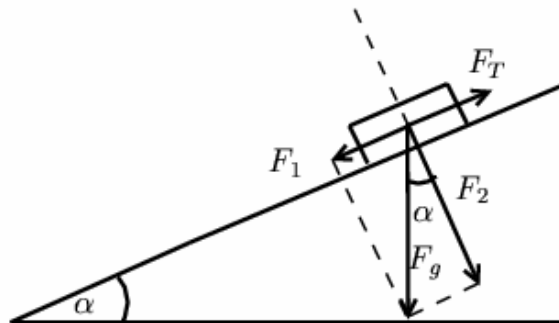
Délka rozhledu ve vypuklém výškovém oblouku. V tomto případě je délka požadovaného rozhledu D menší jak délka zakružovacího oblouku

Příklad

Auto o hmotnosti $m = 1200$ kg má motor o výkonu $P = 33$ kW.

V jakém největším stoupání je schopno udržet rychlost $v = 72$ kmh⁻¹ ?

Řešení



Auto se do kopce musí pohybovat aspoň rovnoměrně, proto: $F_1 = F_T$, F_T je tahová síla motoru.

Pro výkon platí vztah: $P = F_T v$, z toho: $F_T = \frac{P}{v}$.

$F_1 = F_g \sin \alpha = mg \sin \alpha$.

Po úpravě: $\sin \alpha = \frac{P}{vmg} = 0,14$. Z toho $\alpha = 8,1^\circ$. To dělá stoupání 14 %.

Poznámka: Stoupáním myslíme hodnotu $\tan \alpha$ přepočtenou na procenta.

Jiný způsob řešení:

Za čas t ujede auto dráhu $v \cdot t$, vystoupí tedy do výšky $h = vt \sin \alpha$.

Jeho potenciální energie se tedy zvýší o $\Delta E_p = mgh = mgvt \sin \alpha$.

Zvýšení energie se rovná práci, kterou za čas t vykoná motor: $W = Pt$.

Je tedy: $\Delta E_p = W \Rightarrow mgvt \sin \alpha = Pt$. Odtud: $\sin \alpha = \frac{P}{mgv}$.

Odpor prostředí:

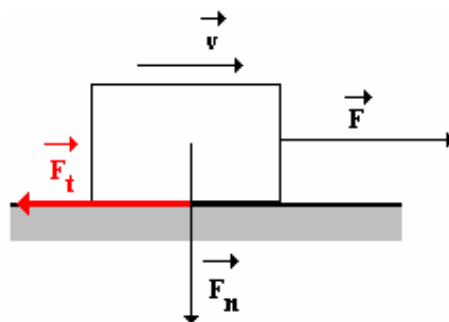
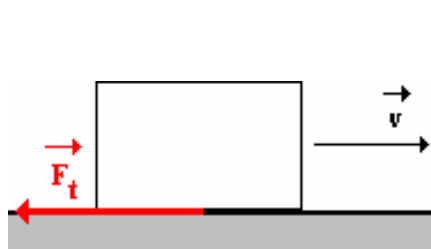
Síly brzdící pohyb:

Z praxe víme, že pokud uvedeme nějaké těleso do pohybu a přestaneme na něj působit silou, těleso se za nějakou dobu zastaví. Má-li zůstat první Newtonův zákon (zákon setrvačnosti) v platnosti, musí existovat nějaké vysvětlení, proč se těleso zastaví. Vysvětlení je jednoduché: během pohybu tělesa na těleso působí třecí a odporové síly, které brzdí jeho pohyb.

Smykové tření:



je fyzikální jev, který vzniká při posouvání (smýkání) jednoho tělesa po povrchu jiného tělesa. Jeho původ je především v nerovnosti obou styčných ploch, kterými se tělesa vzájemně dotýkají. Nerovnosti povrchů při posouvání těles na sebe vzájemně narážejí, deformují se a obrušují. Tak vzniká třecí síla \vec{F}_t , jejíž působiště je na stykové ploše obou těles a jejíž směr míří vždy proti směru rychlosti tělesa.



V
last
nost
i
třec
í
síly

Ize určit pokusně: vezmeme dřevěný kvádr, na který připevníme siloměr. Potáhneme-li za

siloměr silou $\vec{F}_t \geq \vec{F}_t$, uvedeme kvádr do pohybu. Bude-li velikost působící síly přesně rovna velikosti třecí síly, bude výslednice sil působících na kvádr rovna nule a kvádr se bude tedy pohybovat rovnoměrným přímočarým pohybem. V případě, že velikost působící síly bude větší než velikost síly třecí, bude se kvádr pohybovat rovnoměrně zrychleným pohybem.

vlastnosti třecí síly:

1. velikost třecí síly **nezávisí na obsahu styčných ploch**
2. její velikost podstatně **nezávisí na rychlosti**
3. její velikost je přímo úměrná velikosti tlakové (normálové) síly \vec{F}_n kolmé k podložce, po níž se těleso pohybuje: $F_t = f \cdot F_n$, kde **f je součinitel smykového tření.**

○ **Normálová síla** (síla kolmá k podložce) je v případě vodorovné podložky totožná se silou tíhovou. Pokud se bude nacházet těleso na nakloněné rovině, bude normálová

síla složkou tíhové síly.

○ **Součinitel klidového tření** je fyzikální veličina, která udává poměr třecí síly a kolmé tlakové síly mezi tělesy při klidovém tření.

Hodnoty součinitele klidového tření závisí na konkrétní dvojici látek na povrchu těles, mezi kterými je klidové tření. Součinitel klidového tření bývá větší než součinitel smykového tření pro stejná tělesa.

Příklady hodnot součinitele smykového tření

Rozhraní	Součinitel tření
ocel-ocel	0,1
ocel-dřevo	0,35
dřevo-dřevo	0,3
ocel-led	0,027
dřevo-led	0,035

Síla potřebná k uvedení tělesa do pohybu je větší než síla, která těleso udržuje v rovnoměrném přímočarém pohybu. Mezi tělesem a podložkou působí za klidu klidové tření. Z pokusů a zkušeností z praxe plyne, že součinitel smykového tření f_0 v klidu je za jinak stejných podmínek větší než součinitel smykového tření f v pohybu. Součinitele smykového (resp. klidového) tření lze nalézt pro různé kombinace materiálů v tabulkách.

Příklad hodnot součinitele klidového tření

Rozhraní	Součinitel tření
ocel-ocel	0,15
ocel-dřevo	0,65
guma-led	0,15
guma-mokrý asfalt	0,35
guma-suchý asfalt	0,55

Tření může být užitečné i nežádoucí.

○ Užitečné tření: pohodlná chůze, brzdění pohybu, používání pilníků, brusek, řemenic...

○ Nežádoucí tření: brzdění pohybu, opotřebovávání pneumatik a obuvi, nežádoucí zahřívání částí strojů, ...

Příklad:

Auto o hmotnosti $m = 1000$ kg jede po vodorovné silnici rychlostí $v_0 = 72 \frac{\text{km}}{\text{h}}$.

Na jaké nejkratší vzdálenosti může auto zastavit, jestliže součinitel smykového tření je $f = 0,25$?

Řešení:

$$v_0 = 72 \frac{\text{km}}{\text{h}} = 20 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Třecí síla: $F_t = f \cdot F_g = fmg$ (Toto je třecí síla při maximálním brzdění).

Platí také: $F_t = ma$

Z toho vyjádříme zrychlení: $a = fg$

Konečná rychlost: $v = v_0 - at$, auto má zastavit, takže konečná rychlost bude nulová.

Vyjádříme z tohoto vztahu čas: $t = \frac{v_0}{a} = \frac{v_0}{fg}$

Dráha L , na které auto zastaví: $L = v_0 t - \frac{1}{2} at^2 = \frac{1}{2} \frac{v_0^2}{fg} \doteq 82$ m

Alternativní řešení přes energii: $\frac{1}{2} m v_0^2 = mfgL$ - kinetická energie auta na začátku brzdění se „spotřebuje“ na práci, kterou vykoná třecí síla, aby auto zastavilo.

Z toho vyjádříme dráhu L : $L = \frac{v_0^2}{2gf} \doteq 82$ m.

Valivý odpor:

Valivý odpor (valivé tření) je druh tření, které vzniká mezi tělesem kruhového průřezu při jeho valivém pohybu a podložkou.

Velikost valivého odporu F_t má velikost:

$$F_t = \xi \frac{F_n}{R},$$

kde ξ (ksí) je rameno valivého odporu, F_n je kolmá tlaková síla mezi tělesy (např. tíha tělesa), R je poloměr průřezu tělesa

Valivý odpor je pro stejnou přítláčnou sílu F_n výrazně menší než smykové tření.

Rameno valivého odporu

Rameno valivého odporu (součinitel valivého tření) je fyzikální veličina, která udává poměr velikosti valivého odporu a kolmé tlakové síly mezi tělesy (podložkou a kolem) při jednotkovém poloměru kola. Hodnoty ramena valivého odporu závisí na konkrétní dvojici látek těles, mezi kterými je valivý odpor.

Příklad hodnot součinitele valivého tření

Rozhraní	Součinitel tření
dřevo-dřevo	0,0008 m
ocel-ocel	0,00003 m
gumové kolo-asfalt	0,0016 m
ocelové kolo-kolejnice	0,0005 m

Souvislost tlaku v pneumatikách s valivým odporem:

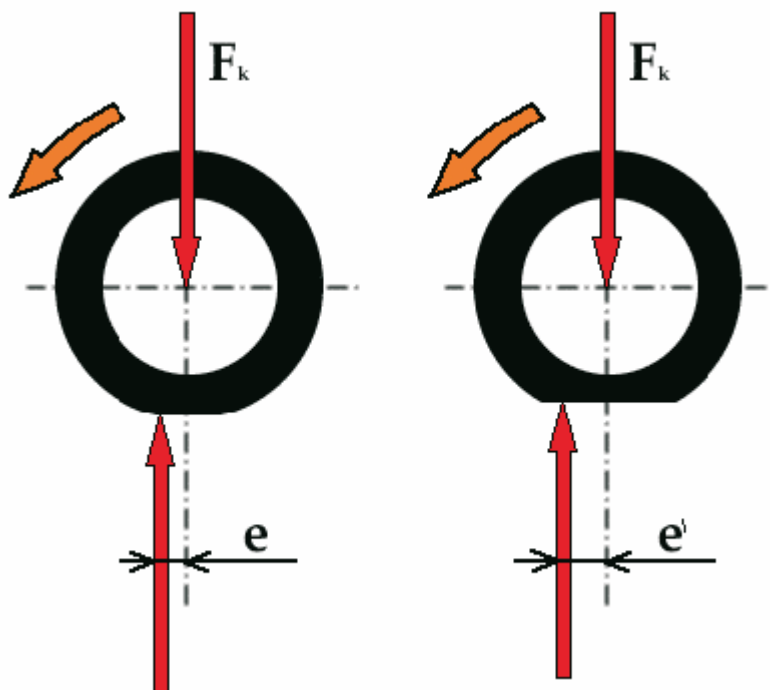


Výrazný podíl na ovladatelnosti a hospodárném provozu automobilu mají správně nahuštěné pneumatiky. Jaký vliv na velikost valivého odporu má vlastně snížený tlak v pneumatikách?

V praxi se můžeme setkat se situací, kdy se nám kola vozu jeví na vozovce jako poněkud "usedlá". Jednou z příčin může být "sfouklá" neboli podhuštěná pneumatika.

Obyčejně bývá pokles tlaku pozvolný a lze jej přičítat drobným netěsnostem a prostupu vzduchu pneumatikou. Logickým důsledkem snížení tlaku v pneumatice je zvětšení stykové plochy. Ta může za určitých podmínek (sníh, písek apod.) být žádoucí, ovšem ve většině případů vede ke zvýšení součinitele valivého odporu kola (tento pojem bude vysvětlen dále v textu). Mechanismus změny součinitele valivého odporu je znázorněn na obrázku 1.

SOUČINITELE VALIVÉHO ODPORU



(1) Změna působíště reakce na sílu zatížení kola při změně tlaku v pneumatice (při ustáleném pohybu kola).

Jak je z obrázku 1 patrné, u podhuštěné pneumatiky (vpravo) dojde k posunutí reakce na radiální zatížení kola a tím ke zvětšení vzdálenosti e na e' . Součinitel valivého odporu je vyjádřen vztahem A:

$$(-) f = \frac{e}{r_d}$$

kde f značí součinitel valivého odporu (-), e označuje posunutí reakce (m) a r_d znamená dynamický poloměr kola (m). Konkrétní hodnota součinitele valivého odporu závisí

zejména na povrchu vozovky; uplatní se také vliv deformace pneumatiky a rovněž rychlosti odvalujícího se kola.

Velikost deformace je dána tlakem vzduchu v pneumatice, přičemž s jeho poklesem roste velikost deformační práce. Navíc, pokud budeme uvažovat otáčení kola při vysokých rychlostech, dojde k tomu, že se v náběžné části stykové plochy nestačí účinky deformace pneumatiky vyrovnat (kvůli „nedostatku času“ při vysoké rychlosti). Tím, že se průběžně vznikající zmíněné deformace nemohou vyrovnávat, dojde ke snížení přitlaku mezi kolem a vozovkou v úběžné části pneumatiky. To vede k výraznému posunutí/zvětšení e a tím pádem se zvýší i součinitel valivého odporu kola f (vyplývá to ze vztahu pro f).

CELKOVÝ JÍZDNÍ ODPOR

Na automobil při jízdě ovšem kromě valivých odporů působí také další složky celkového jízdního odporu, které lze vyjádřit pohybovou rovnicí B:

$$F_h = f \cdot G + \frac{\rho}{2} \cdot c_x \cdot S_x \cdot v^2 + G \cdot s + G \cdot v \cdot \frac{a}{g}$$

kde F_h je hnací síla (N); f součinitel valivého odporu (-); G tíha vozidla (kg); ρ hustota vzduchu ($\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$); c_x součinitel odporu vzduchu (-); S_x čelní plocha vozidla (m^2); v je rychlost proudění vzduchu okolo vozidla ($\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$), s stoupání (-); v součinitel vlivu rotačních součástí (-); a zrychlení vozidla ($\text{m} \cdot \text{s}^{-2}$) a g tíhové zrychlení ($\text{m} \cdot \text{s}^{-2}$).

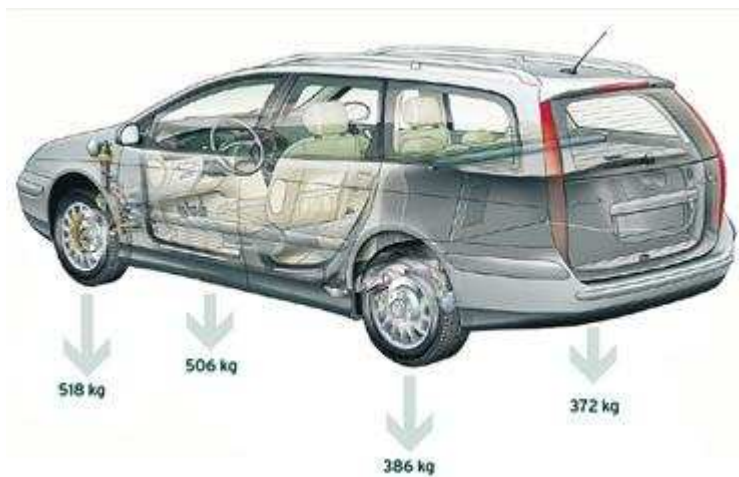
První část vztahu je nám již známa a určuje velikost valivého odporu. Druhý člen rovnice určuje velikost odporu vzduchu, ve třetím je skryt odpor stoupání a čtvrtý v sobě zahrnuje odpor proti zrychlení posuvných a rotačních hmot. Kromě jmenovaných čtyř odporů bychom mohli jmenovat i další; ty, které vznikají ztrátami při přenosu hnací síly z motoru na vozovku (např. třením a vířením ozubených kol v převodovce či valivým odporem pneumatik), nazveme souhrnně pasivními ztrátami.

ZJIŠŤOVÁNÍ VALIVÉHO ODPORU

Nyní se tedy blíže podívejme, jaký vliv má huštění pneumatik na jízdní výkon. Poslouží nám praktický experiment, při němž byl zjišťován valivý odpor různě nahuštěných pneumatik. Celý experiment vycházel z podmínky, že pokles tlaku v pneumatikách bude "na

hranici", kdy lze pohledem určit, že jde o podhuštěné pneumatiky (vyhneme se extrémům prázdných pneumatik). U zkoušeného vozidla Citroën C5 Break byla míra podhuštění zřetelná již při tlaku 200 kPa na přední nápravě. Vozidlo bylo "obuto" pneumatikami Michelin Energy o rozměru 205/65 R15 94H, výška vzorku činila 4 mm. Měření pasivních ztrát probíhalo na válcovém dynamometru Mendelovy zemědělské a lesnické univerzity v Brně. Tato instituce je vybavena laboratorní válcovou zkušebnou se stejnosměrnými pohony a válci o průměru 1,2 m; díky této konstrukci lze předejít nepřesnostem pasivních válcových dynamometrů, které valivý odpor určují z dobehové zkoušky.

PRINCIP MĚŘENÍ



(3) Rozložení hmotnosti Citroënu C5 Break 2.0 HDi.

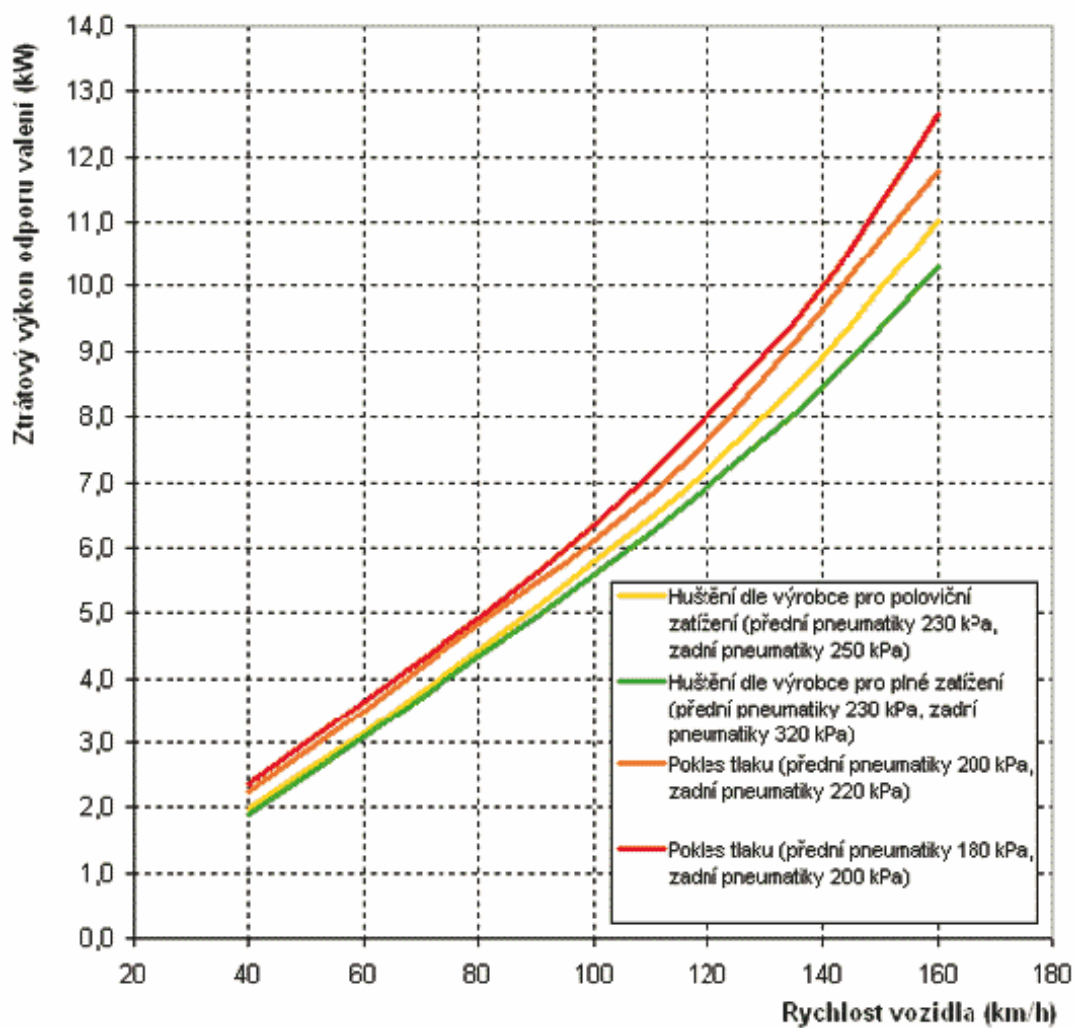
Princip měření zmíněné zkušebny je založen na protáčení kol vozidla zkušebními válci (či přesněji jejich elektromotory), a následně je určena síla (výkon) potřebná na udržení konstantní rychlosti vozidla (resp. rychlosti jeho otáčejících se kol). Po odečtení ztrát zkušebny (které předem známe) se pak dočkáme kýženého výsledku, kdy získáme velikost pasivních ztrát zkoušeného vozidla. Vzhledem k vysoké přesnosti zkušebny, která činí ± 5 N (což při rychlosti 200 km/h činí toleranci výkonu pouhých 0,28 kW), muselo být každé měření třikrát opakováno. Zároveň mezi jednotlivými kroky (po změně tlaku v pneumatikách) bylo navíc měření také třikrát provedeno, aby se vyloučila chyba měření daná změnou teploty celé soustavy vozidla i dynamometru. Teplota pneumatik byla sledována infrateploměrem, aby byla dodržena podmínka „studeného“ huštění, přičemž teplota běhounu pneumatiky byla v celém testu přibližně 22 °C. Parametry huštění pro jednotlivé zkoušky jsou uvedeny v tabulce.

Test č.	Huštění (kPa)		Poznámka
	Přední	Zadní	
1	230	250	výrobce udávané huštění pro poloviční zatížení
2	230	320	výrobce udávané huštění pro plné zatížení
3	200	220	pokles tlaku (viditelný na přední nápravě)
4	180	200	pokles tlaku (viditelný na obou nápravách)

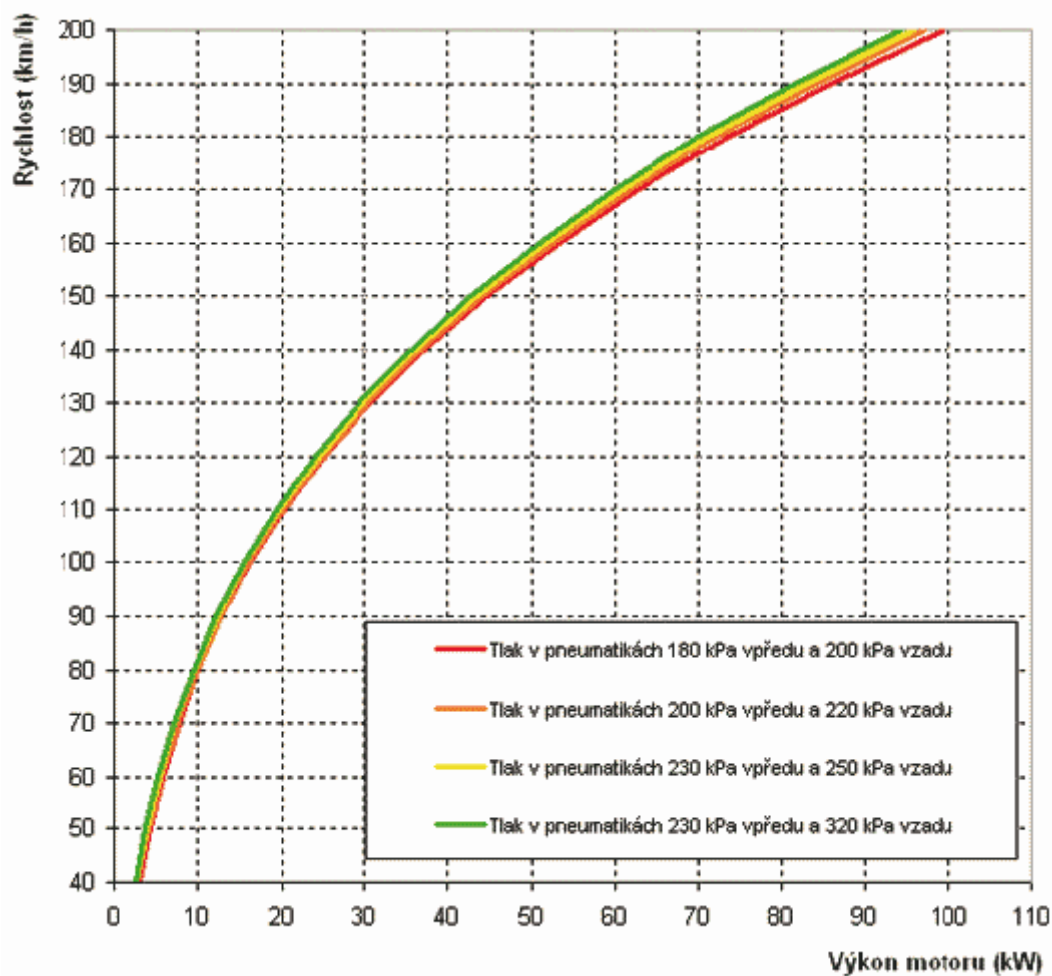
VLIV NA SPOTŘEBU PALIVA

Jak vyplývá z rovnice **B**, velikost valivého odporu je závislá na součiniteli valivého odporu a tíze automobilu. Rozdělení hmotnosti na jednotlivá kola je zakresleno na obrázku **3**. Výše popsany experiment probíhal v rozmezí rychlostí 40 až 160 km/h s krokem 10 km/h. Minimální rychlost (40 km/h) je dána skutečností, že v nízkých rychlostech se součinitel odporu valení téměř nemění (křivka by rostla lineárně). Srovnáme-li průběhy křivek, které jsou uvedeny v grafu **4**, dospějeme k závěru, že očekávaný nárůst ztrátového výkonu způsobený odporem valení se zvýšil.

Největší rozdíl lze pozorovat mezi podhuštěnými pneumatikami a huštěním pro plné zatížení (předepsaném výrobcem vozidla). Rozdíl mezi těmito stavy činí cca 2,3 kW.



(4) Křivky ztrátového výkonu odporu valení pro různé huštění.



(5) Závislost maximální rychlosti na výkonu

Na první pohled jde o poměrně malý rozdíl, který by mohl být zanedbán. Ale uvažujme v těchto souvislostech: Pokud pojedeme ustálenou rychlostí 160 km/h (v cé pětce) na pátý rychlostní stupeň (celkový převodový poměr činí 2,403), pak otáčky motoru budou cca 3390 min^{-1} . V tomto režimu motoru uvažujme měrnou spotřebu paliva přibližně 235 g/kWh. Rozdíl spotřeby paliva mezi uvedenými způsoby huštění bude činit $2,3 \cdot 235$, což je 540,5 gramu nafty za hodinu (objemově zhruba 0,65 litru za hodinu) - tedy spotřeba se od optimální hodnoty navýší o 0,4 litru na každých 100 km!

TEORIE V PRAXI

Výsledky měření valivého odporu můžeme ověřit zpětně také z hodnot uvedených v technickém průkazu, pokud se trochu zahlubáme do rovnice **B**. Citroën u tohoto modelu vozu udává maximální rychlost 187 km/h, přičemž výkon je 80 kW. Podíl výkonu a rychlosti nám vyčíslí maximální hnací sílu, která musí být v rovnováze s jízdními odpory. V tomto

případě tedy pouze s odporem valivým a zejména s odporem vzduchu, který roste s kvadrátem (druhou mocninou) rychlosti.

Pro vzorový výpočet vezměme hodnoty $c_x = 0,31$ (součinitel odporu vzduchu) a $S_x = 2,31 \text{ m}^2$ (čelní plocha vozidla) tak, jak je udává výrobce. Specialitou automobilky Citroën je hydropneumatické odpružení, které má u testovaného modelu navíc funkci, jež při rychlosti 110 km/h sníží světlost o 15 mm vpředu a 11 mm vzadu; tím se zmenší čelní plocha - ovšem při šířce vozu 1770 mm jen o $0,02655 \text{ m}^2$, což je velmi nízká hodnota, kterou můžeme zanedbat. Samozřejmě dojde i k změně c_x (koeficient daný obtékáním vzduchu), avšak tuto nepatrnou změnu můžeme zanedbat také.



Pro názornost jsou výsledky měření vyneseny do grafu **5**, kdy lze na svislé ose stanovit maximální rychlost pro tento typ vozu při známé hodnotě výkonu. Taktéž jsou v grafu **5** zakresleny průběhy pro určení maximální rychlosti pro jednotlivé tlaky huštění pneumatik. Vidíme, že hodnoty stanovené výpočtem, resp. naměřené plně korespondují s údajem výrobce (shoda výsledků mj. ukazuje, že měření proběhlo velmi přesně).

12.2 Projekt: Základy fyziky létání

Základy fyziky létání

Osnova :

1, Létání pomocí balónů

A, Prvopočátky+historie

B, Současnost+konstrukce

2, Princip bezmotorových i motorových letadel

3, Princip vrtulníku

1, létání pomocí balónů



A, Prvopočátky a historie

Balóny patří k leteckým strojům lehčím než vzduch. Aby **balón** mohl (letět) plout vzduchem, musí celá soustava dosáhnout nižší průměrné hustoty, než je hustota okolní atmosféry.

Z tohoto důvodu připevňují aeronauté (jak se vzduchoplavcům odborně přezdívá) nad koš obří textilní vak naplněný plynem lehčím než okolní vzduch. Tento pytel nazýváme obal balónu. Od chvíle, kdy bratři Montgolfierové z papíru slepili svůj první balón, se vyzkoušelo mnoho plynů, které měly schopnost vynést koš s posádkou do výšin. Dnes víme, že jsou dvě základní cesty. První z nich je naplnit plášť plynem lehčím vzduchu. Pláště se plnily vodíkem či svítiplynem vespod musely být důkladně utěsněné. Takovéto **balóny** mohly překlenout značné vzdálenosti. Když klesaly, usypalo se něco písku a aeronauti mohli plout vzduchem. Měly nicméně několik nevýhod. Oba uvedené plyny velmi ochotně hoří a není tedy vůbec příjemné letět s několika tisíci kubíky potenciální třaskaviny nad hlavou. Šlo tedy o

výhradně nekuřácké dopravní prostředky. Alternativou se ukázalo být netečné (inertní) helium, které nehoří o nic lépe než voda. Tento způsob plnění byl o hodně bezpečnější ale také o mnoho nákladnější jelikož se po každé ukončeném letu muselo helium vypustit a při novém startu znovu napouštět.

Historie:

V 18. století se zrodily první balony. V roce 1783 se *JOSEF a ENTIENNE MONTGOLFIEROVÉ*, rozhodli napustit do koule horký vzduch. Jednoho dne si totiž všimli, jak se sáček odhozený do krbu nad ohněm který se najednou vznesl. O podobný pokusech přemýšleli ještě dříve i jiní vynálezci, ale bratři Montgolfierové jako první vyrobili přístroj „LEHČÍ NEŽ VZDUCH“. Veřejnost se s ním seznámila **5.6. 1783** ve městě **Annoay**.

Poprvé montgolfiéru vyzkoušeli 19. září ovce, kohout a kachna, kteří se tak stali prvními vzduchoplavci na světě.

Aerostat(balon) bratří Montgolfiéru



B, Současnost+konstrukce

Horkovzdušné balóny jsou moderní alternativou helia,svítíplynu či vodíku a . Nebouchají a nikoho nemrzí ztráta pár tisíců hektolitrů teplého vzduchu. Jejich nevýhodou je ale menší dolet,protože vzduch je potřeba neustále ohřívat, a když už není čím, balón klesá.

Ohřívací systém se skládá z několika plynových bomb a hořáku, který vypadá, jako předimenzovaný plynový vaříč. Pilot řídí balón tím, že buď "přítápí" nebo "netopí". Když se déle "netopí", tak balon klesá.

Konstrukce současných balonu :

Horkovzdušný balón se skládá ze tří základních částí: obal, koš a hořáky.



Hlavním dílem balónu je obal. Pro všechny obaly, mimo obalů zvláštních tvarů, je charakteristické použití přírodního tvaru v horní části a kuželového tvaru ve spodní části obalu.

Obal balónu se skládá z těchto základních dílů:

1. Plášť obalu balónu
2. Zařízení k vypouštění vzduchu
3. Doplnky obalu balónu

Plášť obalu

Plášť obalu je ušit z neprodyšné polyesterové textilie. Přírodní tvar pláště je navržen tak, aby veškerá zatížení od hmoty koše přenášely svislé nosné lemovky. Textilie přenáší pouze horizontální síly od přtlaku. Plášť je sestaven z poledníků. Jednotlivé poledníky jsou sešity z textilních panelů. Tvar poledníku je proveden jako hladký nebo vyboulený. Pro hladký poledník (označován jako typ "N") je charakteristické, že je úzký, málo klenutý a nosná lemovka je našita jeho středem. Pro vyboulený poledník (typ "O") je charakteristické jeho viditelné vyboulení, větší šířka a nosná lemovka našitá v okrajích poledníku. Velikost vyboulenin obalu je stanovena tak, aby byly zajištěny dobré letové vlastnosti, dostatečná bezpečnost a životnost textilie. Svislé nosné lemovky vychází z korunového kruhu. V dolní části jsou zakončeny ocelovými lanky. Ke koši se připojují ocelovými karabinami se zámkem. Horizontální lemovky vyztužují všechny okraje a rozdělují velké plochy tak, aby se zabránilo vzniku a šíření velkých trhlin. Spodní okraj pláště obalu je ušit z textilie se sníženou hořlavostí.

Zařízení pro vypouštění vzduchu

Pro vypouštění vzduchu během letu a po přistání je u obalů standardně používán paraventil nebo trhací pás, případně jejich kombinace. U balónů větších objemů je instalován systém rychlého vypouštění vzduchu, například "Smart Vent".

1. **Paraventil** je vratný systém pro kontrolované vypouštění vzduchu. Po naplnění obalu je paraventil vnitřním přtlakem přitlačen zevnitř na nosné lemovky vypouštěcího ústí, které těsně uzavírá. Paraventil se otevírá tahem za ovládací ventilové lano. Po uvolnění tohoto lana se vrací do původní uzavřené polohy.
2. **Trhací pás** je částečně odnímatelný uzávěr vypouštěcího otvoru pro vypouštění vzduchu při přistávání. Před náhodným otevřením je chráněn jednou nebo více pojistkami a bezpečnostním uzávěrem. Trhací pás se otevírá tahem za ovládací lano. Po otevření již během letu nelze trhací pás znovu uzavřít.
3. **Rotační ventil** slouží ke kontrolovanému natáčení balónu za letu. Otevřením ventilu uniká vzduch vzniklou šterbinou a vytváří sílu potřebnou k natáčení obalu. Rotační ventil je ovládán pomocí ovládacích lan.
4. **Smart Vent** pracuje na stejném principu jako paraventil avšak je doplněn o ovládání centrovacích šňůr sloužících k jeho složení směrem ke středu. Zvětšením vypouštěcího

otvoru je umožněno rychlejší vypuštění vzduchu z obalu. Systém je vratný, pomocí ovládací šňůry je možno Smart Vent opět uzavřít.



Doplňky obalu

1. **Korunové lano** je lano nebo popruh, připojený ke korunovému kruhu. Používá se k zajištění polohy obalu při startu a přistání (plnění a vypouštění obalu).
2. **Zástěrka** (skůp) je trojúhelníková nebo kruhová plachta, zavěšená do poutek na ústí obalu. Zástěrka chrání plamen hořáku před účinkem větru.
3. **Přepravní brašna** je ušita ve tvaru pytle a slouží k přepravě a uložení obalu.

Koš nese a chrání osoby během letu a při přistání. Také nese láhve s palivem a výstroj.

Koš se skládá z těchto základních dílů:

1. Těleso koše
2. Nosná lana
3. Podpěry hořáku
4. Výstroj koše

Těleso koše je upleteno z rákosu. Dno koše je sestaveno z jasanového rámu a vodovzdorné překližky. Do proutěných stěn koše jsou, z důvodu ochrany nosných ocelových lan a zvýšení tuhosti tělesa, zapleteny trubkové výztuhy zakončené nádstavci pro nasunutí podpěr hořáku. Ve stěnách koše jsou otvory na provlečení poutacích řemenů pro uchycení palivových láhví. Ve stěnách jsou stupy pro usnadnění nastupování do koše. Horní okraj tělesa koše je vyztužen rámem z nerezových trubek a laminátových tyčí. Celý horní okraj je měkce očalouněn kůží. Spodní část koše je chráněna proti poškození silnou kůží. Na vnitřních stěnách koše jsou držadla z konopného lana používaná pro uvazování volných předmětů a pro držení posádky při přistání. Ve spodní části vnější strany jsou držadla usnadňující manipulaci s košem.

Nosná lana jsou vysoce pevná, ocelová lana s drátěnou duší. Jejich konce jsou zalisovány, nebo zapleteny do oka.

Podpěry hořáku jsou pružné tyče vyrobené z alkalického polyamidu, uchycené do kovových nádstavců koše. Podpěry jsou opatřeny měkkými koženými rukávy, které chrání posádku před zraněním, nosná lana a hadice hořáku před zachycením a poškozením při přistávání balónu.

Výstroj koše

Man
évro
vací
lano,
hasic
í
přístr
oj,
hasic
í rouška, lékárnička.



Hořák: zdrojem tepla je vysokotlaký, atmosférický, difuzní hořák, který je z důvodu bezpečnosti zálohován samostatně ovládaným tichým hořákem. Tyto spolu se zapalovacím hořákem tvoří hořákovou jednotku. Hořákové jednotky se sestavují do sad, podle typu balónu. Palivem pro horkovzdušné balóny je propan nebo propan-butan (LPG).

Hořák se skládá s těchto dílů:

1. Hlavní letový hořák
2. Zapalovací hořák
3. Tichý hořák
4. Rám hořáku

Hlavní letový hořák

Do hlavního letového hořáku je přiváděno palivo z kapalné fáze vysokotlakou hadicí přes letový ventil do výparníku. Výparník je spirála vyrobená z bežešvých nerezových trubek. Odtud palivo, již jako plyn, prochází přes trysky do spalovacího prostoru, kde se difúzně směšuje se vzduchem a hoří. Zapálení hlavního hořáku je zajištěno stále hořícím zapalovacím hořákem. Před účinkem ohně a kondenzátu je posádka chráněna ochrannými kryty, které současně tvoří těleso hořáku.

Zapalovací hořák

Zapalovací hořák je nízkotlaký atmosférický hořák, který spaluje plynnou fázi topného plynu z palivové láhve. Hadicí plynné fáze je plyn přiváděn přes uzavírací ventil (kulový kohout) do trysky zapalovacího hořáku. Tlak plynu je redukován stavitelným redukčním ventilem přímo na palivové láhvi nebo na vstupu do hadice. Plamen hořáku se zapaluje pomocí vestavěného piezozapalování nebo zápalkami.

Tichý hořák

Do tichého hořáku je kapalná fáze paliva přiváděna stejnou přívodní hadicí, jako do hlavního hořáku. Přes uzavírací kohout a trysku je kapalina vstříkována do spalovacího prostoru. Účinnost spalování a výkon je oproti hlavnímu hořáku snížen, ale intenzita hluku klesne asi na polovinu. Spektrum hluku se posune do oblasti nižších kmitočtů, které jsou člověkem i zvířím subjektivně vnímány mnohem lépe než vysoké. Tichý hořák slouží současně jako záložní v případě poruchy hlavního letového hořáku.

Rám hořáku

Rám hořáku je robustní trubková konstrukce z nerezové oceli, zachycující horizontální síly od nosných lanek obalu. V rámu hořáku je ve výkyvném uložení umožňujícím otáčení hořákem zavěšena sada hořákových jednotek. Rám hořáku se nasouvá na podpěry, nebo sklopné rámy koše.

Láhve na palivo - plyn

Zkapalněný plyn, potřebný pro provoz hořáku, je přepravován v tlakových palivových lahvích. Na lahvích jsou umístěny ventily (kohouty) pro odběr kapalné fáze i plynné fáze.

Všechny ovládací prvky jsou umístěny tak, aby byly chráněny ochranným límcem. Láhve jsou vybaveny ukazatelem množství paliva v láhvi.

Výstroj

Pro provoz balónu je předepsaná tato výstroj:

- Teploměr vzduchu v obalu
- Výškoměr
- Variometr, ukazatel rychlosti stoupaní a klesání
- Palivoměr, alespoň na jedné hlavní láhvi
- Tavná pojistka, oznamuje dosažení maximální přípustné teploty vzduchu v obalu

Veškerá výstroj musí být schválena pro použití v balónech!

2, princip létání

Profil nosných ploch (křídel) letadel má aerodynamický tvar a je konstruován tak, že nad křídlem dochází ke zhušťování proudnic (viz obr. A), což má za následek větší rychlost proudění vzduchu nad křídlem. To ale podle Bernoulliho rovnice vyjadřuje zákon zachování energie v proudící ideální kapalině. Po svém objeviteli se nazývá Bernoulliho rovnice:

$\frac{1}{2} \rho v_1^2 + p_1 = \frac{1}{2} \rho v_2^2 + p_2$. Pokud je $v_1 < v_2$, pak je $p_1 > p_2$. Člen $\frac{1}{2} \rho v^2$ se nazývá dynamický tlak, člen p tlak statický.) znamená, že nad křídlem vzniká vzhledem k atmosférickému tlaku podtlak.

Na obr. A je zakresleno křídlo při pohledu zepředu (tj. pozorovatel stojí vedle letadla a dívá se směrem na letadlo). Letadlo, jehož křídlo je zobrazeno na obr. A a obr. B, se pohybuje směrem vlevo.

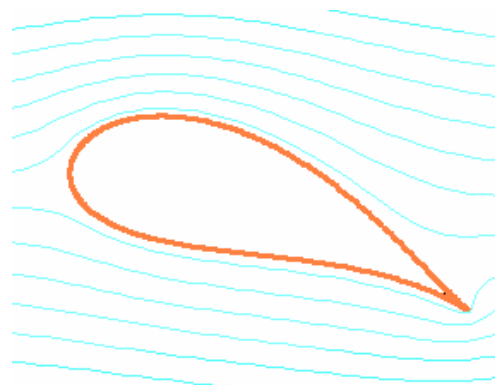
Pod křídlem naopak dochází ke zředění proudnic a tím pádem vzduch pod křídlem proudí pomaleji, což podle Bernoulliho rovnice znamená, že pod křídlem dochází k přetlaku vzhledem k atmosférickému tlaku. Přitom velikost podtlaku je větší než velikost přetlaku.

Aerodynamickou sílu \vec{F} lze rozložit do dvou složek: \vec{F}_1 a \vec{F}_2 (viz obr. B), kde \vec{F}_1 je odporová aerodynamická síla mířící opačným směrem než je směr relativní rychlosti

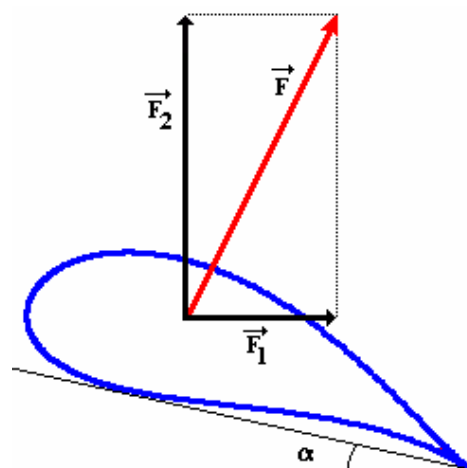
proudění (resp. letadla), kterou překonává tažná síla motoru, a \vec{F}_2 je vztlaková aerodynamická síla, která působí proti síle tíhové a udržuje letadlo ve vzduchu. Úhel α , který svírá tečná rovina spodní části křídla se směrem pohybu, se nazývá úhel náběhu. Pro

velikost odporové aerodynamické síly platí: $F_1 = \frac{1}{2} C_1 S \rho v^2$, kde C_1 je součinitel odporu, jehož velikost závisí na tvaru křídla, úhlu náběhu, charakteristice obtékání křídla, ... Pro velikost

vztlakové aerodynamické síly platí: $F_2 = \frac{1}{2} C_2 S \rho v^2$, kde C_2 je součinitel vztlaku. Křídla (a letadla vůbec) se konstruuje tak, aby součinitel odporu byl co možná nejmenší a součinitel vztlaku co největší.



obr. A



obr. B

Newtonův vztah pro velikost odporové síly $F = \frac{1}{2} C S \rho v^2$, kde ρ je hustota tekutiny, S příčný průřez tělesa a C bezrozměrný součinitel odporu, jehož velikost závisí na tvaru tělesa

platí pouze pro středně velké rychlosti proudění. Pro rychlosti větší než je rychlost [šíření zvuku](#) v daném prostředí, je $F \approx v^3$. V tomto případě vytváří těleso v prostředí [rázovou vlnu](#), která např. způsobuje při přeletu nadzvukových letadel silné zvukové třesky.

Obtékání těles reálnou tekutinou

Při [relativním pohybu](#) tělesa a tekutiny dochází k obtékání tělesa - k přemísťování jednotlivých částic kapaliny vzhledem k povrchu tělesa.

Voda v řece obtéká pilíře mostů, proudící [vzduch](#) obtéká tělesa na povrchu [Země](#), parašutista se pohybuje v klidném vzduchu, ... Je jedno jestli se pohybuje [tekutina](#) vzhledem k tělesu a nebo těleso vzhledem k tekutině - důležitý je relativní [pohyb](#) tekutiny a tělesa.

U reálných tekutin vznikají v důsledku [vnitřního tření](#) odporové síly, působící proti směru relativního pohybu tělesa v tekutině. U [kapalin](#) mluvíme o hydrodynamické odporové síle, u plynů u aerodynamické odporové [síle](#). Fyzikální jev vzniku odporových sil nazýváme odpor prostředí.

Při malých rychlostech (tj. při [laminárním](#) proudění) lze pro popis odporové síly pro těleso tvaru koule o poloměru r použít Stokesův vztah $F = 6\pi\eta r v$, kde η je dynamická viskozita charakterizující vnitřní tření tekutiny a v je [velikost rychlosti](#) obtékání.

Tento vztah je použitelný pro tělesa malých rozměrů - kapky kapaliny pohybující se v plynu, ... V běžné praxi se častěji používá dále uvedený vztah.

Při větších rychlostech se obtékání stává vírovým (turbulentním), za tělesem se tvoří víry a pro velikost odporové síly lze užít Newtonův vztah

Největší hodnotu součinitele odporu má dutá polokoule, jejíž dutina je obrácená proti směru [proudění](#), nejmenší hodnotu součinitele odporu má těleso proudnicového (aerodynamického) tvaru.

Tělesa s největší hodnotou C : padák, ... ; tělesa s nejmenší hodnotou C : těla ryb a ptáků, karosérie automobilů, ...

Uvažovaná aerodynamická odporová síla působí ve směru opačném ke směru pohybu tělesa pouze v případě, že se jedná o těleso souměrné vzhledem ke směru pohybu. Jedná-li se o těleso nesymetrické, je směr odporové síly odchýlen od směru pohybu, čehož se využívá při konstrukci letadel (hlavně jejich [křídla](#)).

A, princip bezmotorového létání

Abychom pochopili způsob bezmotorového létání, musíme se nejdříve seznámit s několika základními údaji:

Hydrostatický vztlak

Hydrostatický vztlak vzniká jako důsledek tíhové síly, rozdílem hydrostatických tlaků na spodní a horní části tělesa, neboť tlak na spodní části je větší (spodní část je ve větší hloubce).

Tato vztlaková síla se vyskytuje nejen v kapalinách, kde se označuje jako hydrostatická vztlaková síla, ale také v plynech, kde bývá označována jako **aerostatická vztlaková síla (aerostatický vztlak)**.

Hydrostatický vztlak směřuje vždy proti směru tíhové síly, tedy vzhůru. Jeho velikost závisí na objemu ponořené části tělesa a na hustotě kapaliny (a také na tíhovém zrychlení). Nezávisí na hloubce nebo celkovém objemu kapaliny, ani na hustotě nebo hmotnosti tělesa.

Výpočet :

Mějme v kapalině o hustotě ρ tuhé těleso ve tvaru hranolu s podstavou o obsahu S a výškou h . Toto těleso nechť je v kapalině ponořeno tak, že podstavy jsou vodorovné. Na všechny stěny tohoto tuhé tělesa působí kapalina tlakovou silou. Síly, které působí na boční stěny, jsou stejně velké, avšak opačného směru. Pokud neuvažujeme deformační účinek těchto sil na tuhé těleso, tak můžeme říci, že se tyto síly vzájemně vyruší.

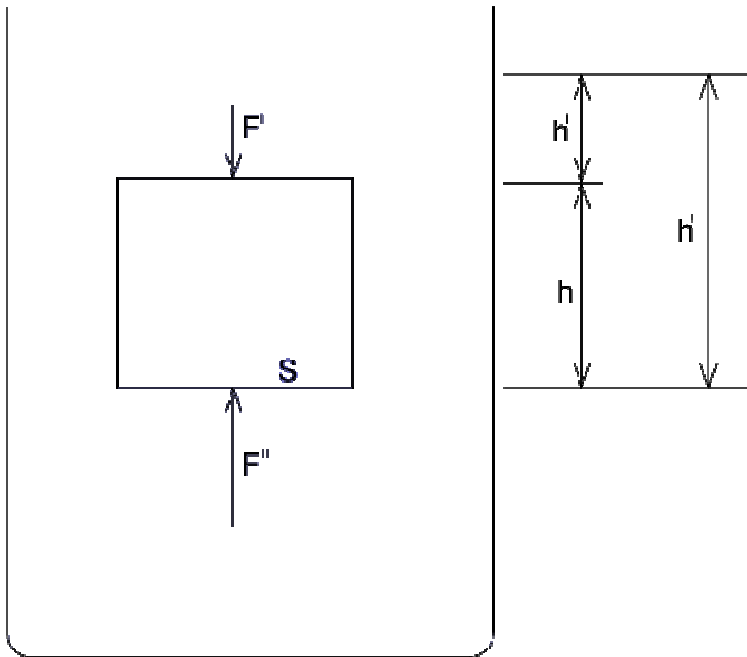
Horní podstava nechť se nachází v hloubce h' . Na tuto podstavu působí podle tlaková síla $F' = Sh'\rho g$, která směřuje dolů. Spodní podstava se nachází v hloubce $h'' = h' + h$. Tlaková síla, která působí na spodní podstavu, je $F'' = Sh''\rho g$ a směřuje svisle vzhůru.

Výsledná vztlaková síla je součtem síly působící na spodní podstavu a na horní podstavu, tzn.

$$F_{VZ} = F' + F'' = (h'' - h')\rho g S = hS\rho g.$$

Pro objem hranolu platí $V = Sh$. Dosazením do předchozího vztahu dostaneme výraz pro hydrostatickou vztlakovou sílu, který platí nejen pro hranoly, ale pro těleso obecného tvaru.

$F_{vz} = V \rho g$, kde ρ označuje hustotu kapaliny, V je objem ponořené části tělesa a g je gravitační zrychlení.



Využití

Díky hydrostatickému (či aerostatickému) vztlaku plavou lodě (rozdíl mezi vztlakovou silou a gravitační silou působící na těleso umožňuje popsat plování těles) a létají letadla lehčí vzduchu (tzv. aerostaty), např. balony či vzducholodě. Ryby jsou schopny pomocí vztlaku částečně řídit svůj pohyb vodou.

Hydrostatická vztlaková síla má důležitou roli při odvození Archimédova zákona.

Dynamický vztlak

Dynamický vztlak vzniká vzájemným dynamickým působením při pohybu tělesa tekutinou v důsledku odporu, který klade prostředí (tedy tekutina – plyn či kapalina) pohybu tělesa.

Při pohybu tělesa (v typickém případě křídla) se na základě 3. Newtonova zákona k síle, kterou těleso při pohybu působí na okolní vzduch, vytváří reakční síla, kterou okolní vzduch působí na těleso.

Využití

Díky aerodynamickému vztlaku mohou létat letadla těžší vzduchu (tzv. aerodyny), např. letouny či vrtulníky.

Hydrodynamického vztlaku využívají při svém pohybu některé typy lodí.

B. Využití bezmotorového létání

1. Padák

A, Princip

Padák je zařízení z jemné, lehké a pevné látky určené ke zpomalení objektu při jeho pohybu v atmosféře prostřednictvím odporu vzduchu. Používá se ke zpomalení pádu či zkrácení brzděné dráhy v letectví, kosmonautice či automobilismu. Nejčastěji je jeho užití spojováno s parašutismem - seskoky na padáku. Slovo parašutismus pochází z francouzského slova *para* - chránit, zaštitovat a *chute* - pád. Při parašutismu se zpravidla používají dva padáky - hlavní a záložní, většinou v tandemovém uspořádání (hlavní i záložní padák je uložen v postroji na zádech nad sebou).

B, Historie padáku :

V roce 852 kdy se lidé pokoušeli zkonstruovat první bezmotorové létající stroje (kluzáky) se v Córdobě pokusil o let i arabský učenec Armen Firman. Při pádu po jeho nepovedeném pokusu ho zbrzdila široká pláštěnka, kterou měl na sobě. Oděv do svých záhybů zachycoval vzduch a stal se tak vlastně prvním padákem. Jako první vyslovil princip padáku Leonardo da Vinci : „Proč bychom se nemohli opřít o vzduch, chceme- li zbrzdit klesání ?“

Prvním parašutistou se stal v roce 1797 Jacques Garnerin



(Jacques Garnerin – vyfotografován se svým prototypem padáku)

Jeho skok se vydařil ovšem padák byl nedokonalý vlivem proudění vzduchu se padák kýval a otáčel okolo své osy. Jacques Garnerin svůj padák zdokonalil tím , že do vrcholu kopule zhotovil otvor aby mohl vzduch proudit rovnoměrně.

Během Jacquesova prvního letu proběhl nespočet pokusů a zdokonalování. Avšak vynálezcem dokonale použitelného padáku byl až v roce 1941 Slovák Štefan Banič, který získal téhož roku v Americe patent na konstrukci leteckého padáku.

C, Současnost

V současné době se používají 2 základní typy padáků zde je jejich bližší specifikace:

Kruhové padáky

Kruhový padák má vůči novým padákům typu křídlo řadu nevýhod. Je málo ovladatelný, rychleji padá k zemi (přistání vyžaduje parakotoul), nebyl umístěn do tandemového uspořádání, takže neumožňoval v případě odhozu automatické otevření záložního padáku. Nejpoužívanějším padákem tohoto typu byl československý OSOBNÍ VÝSADKOVÝ PADÁK OVP- 68/76A je původně armádní padák zaváděný do výzbroje průzkumných útvarů od roku 1969, nahrazoval zastaralé ruské PD-47 (tzv. pédety). Umožňuje několik způsobů otevírání: „na lano“ - tedy s upoutaným vakem vrchlíku, tzv. „průběžku“, seskok se stabilizovaným pádem a seskok volným pádem.

Hlavní části padáku OVP-68 jsou: výtazné lano, výtazný padák, stabilizační padák, vak vrchlíku, spojovací lemovka, kuponový kroužek, vrchlík se šňurami a volnými konci nosného postroje, nosný postroj, obal padáku, pružidla, dvoulankový uvolňovač, tříjehlový uvolňovač, brašna.

Základní technické údaje OVP-68:

1. minimální bezpečná výška otevření - 150 metrů nad zemí
2. maximální hmotnost parašutisty i s padákem -120 kg
3. hmotnost padáku bez brašny - 14,5 kg
4. plocha vrchlíku - 73 m²
5. počet polí vrchlíku a počet nosných šňůr -28
6. prvky řízení -2 řídicí šňůry
7. rychlost klesání při hmotnosti 100 kg - 5,3 m/s
8. dopředná rychlost - 2 - 2,5 m/s
9. doba otočení o 360o. - 25 sekund
10. vertikální rychlost stabilizovaného pádu - 35 m/s



Padák typu křídlo

Jak již samotný název napovídá, padáky typu křídlo se ve vzduchu chovají jako křídlo letounu - tedy nejen brzdí pád dolů odporem vzduchu, ale také vytvářejí při pohybu vpřed podtlak nad svou vrchní stranou. Výsledná vztlaková síla pak způsobuje, že padák klouže vpřed. Padák je tak možno relativně dobře řídit, manévrovat, létat proti větru (na kulatém padáku jste větrem pasivně snášeni), lépe se také přistává (větší přesnost a menší vertikální propadání). Nevýhodou oproti kulatým padákům je o něco komplikovanější příprava. První padáky tohoto typu se objevily ve Spojených státech již v roce 1975 (konkrétně se jednalo o padáky typu Stratostar a Stratocloud) a od té doby úspěšně vytlačují kruhové padáky z parašutistického sportu.

Letové vlastnosti padáku (např. klouzavost, stabilita) závisí na profilu křídla. Tedy na poměru jeho délky, šířky, hloubky a na tvaru jeho průřezu. Dále také hraje roli materiál vrchlíku (nejen jeho kvalita, ale také jeho opotřebení, které zvyšuje propustnost látky a zhoršuje letové vlastnosti), stříh, počet a umístění nosných šňůr. Dále pak také počet a tvar komor a kanálů, které nafukují padák do výsledné podoby. Důležitým faktorem je také zatížení padáku - tedy hmotnost parašutisty ve vztahu k ploše padáku.

Padáky se z hlediska výkonu dělí do několika kategorií - nejzákladnější je studentský (školní, výcvikový) padák, který nemá nijak výrazné letové či jiné přednosti, zato je spolehlivý, dobře říditelný a stabilní - tedy odolný vůči některým nebezpečným letovým režimům (přebrždění, prudké negativní zatáčky,...).

Při parašutistickém sportu se pak používají padáky sportovní, zpravidla uzpůsobeny požadované sportovní disciplíně.

Padák versus padákový kluzák

Zařízení vzhledově podobného padáku typu křídlo se využívá také při paraglidingu. Paraglidingový padákový kluzák však připomíná padák typu křídlo jen vzdáleně, má jinou

konstrukci (klasický padák je kvůli náporům při zbrždění volného pádu jinak šitý, jsou použity jiné materiály, padák má navíc **slider** - brzdící plátno, jehož účelem je zpomalení otevření padáku a tím snížení dynamického nárazu) a jiné charakteristiky letu (např. klouzavost). Na klasickém padáku nemůžete odstartovat z kopce, paraglidingový kluzák zase nelze použít při výskoku z letadla.



2. Kluzák

Kluzák (ne vždy zcela přesně v lidové mluvě označovaný též slovem **větroň**) je bezmotorové letadlo těžší vzduchu, s pevnými nosnými plochami. Kluzáky startují za pomoci tažného letounu, katapultováním ze země (např. prostřednictvím gumového lana), z terénní vyvýšeniny nebo vytažením do výšky pomocí dlouhého lana a navijáku (na principu letu draku). Letovou výšku získávají ve vzestupných vzdušných proudech, které se tvoří buď nad svahem, proti kterému vane vítr, nebo nad prohřátým zemským povrchem (takzvané termiky). Polohu v termických stoupavých proudech udržuje pilot kluzáku kroužením - podobně, jako to dělají draví ptáci.

Konstrukce kluzáku se v mnoha směrech odlišuje od konstrukce motorových letounů. Kluzáky jsou relativně lehké (vzletová hmotnost se pohybuje většinou v rozmezí 300-700kg) a vyznačují se hlavně velkou štíhlostí křídel dosahovanou pomocí většího rozpětí křídel. Relativně nízké měrné zatížení nosné plochy a aerodynamická jemnost jim umožňuje efektivně využívat energie vzestupného proudění vzduchu pro získávání výšky, kterou pak klouzavým letem proměňují ve vzdálenost.



(
Větroň
DG808)

2.
princip
létání
motoro
vých
letadel

A.
Spalova
cí
motor

Spalovací motor je mechanický tepelný stroj, který vnitřním nebo vnějším spálením paliva přeměňuje jeho chemickou energii na energii tepelnou a na mechanickou energii působením na píst, lopatky turbíny, nebo s využitím reakční síly. Motor vykonává mechanickou práci a jako takový slouží coby pohon jiných strojních zařízení. Spalovací motory všech typů našly největší uplatnění zejména v dopravních a mobilních mechanizačních prostředcích všech druhů (nezávislá trakční vozidla, resp. lokomotivy, plavidla hladinová i ponorná neboli ponorky, motorová vozidla, letadla a vrtulníky, stavební a zemědělské stroje, vojenská speciální vozidla, nouzové generátory elektrického proudu atd.).

Účinnost spalovacího motoru lze odvodit z Carnotova cyklu. Díky teplotám a tlakům, kterých je možno technicky dosáhnout, je jeho účinnost menší než u motorů používajících přímo jiných druhů energie, jako je elektromotor nebo vodní motory. Na mechanickou práci je ve spalovacích motorech přeměněno 10–50 % chemické energie paliva. Nejnižší účinnost má parní stroj (do 12 %), benzínové a dieselové motory mají účinnost kolem 35 %, spalovací turbína může dosahovat účinnosti i přes 50 %.

B. Vrtulník

Vrtulník nebo též **helikoptéra** je letadlo těžší vzduchu s poháněnými horizontálně rotujícími nosnými plochami. Slovo *helikoptéra* pochází z řeckých slov *helix* (*spirála*) a *pteron* (*křídlo*).

Princip

Horizontálně se pohybující rotor poskytuje vrtulníku vztlak. Naklápění kolem horizontálních os se řídí změnou úhlu náběhu listů rotoru. Kroutící moment vzniklý pohybem hlavního rotoru musí být kompenzován pomocným rotorem "vrtulkou". Ten také řídí otáčení kolem svislé osy. Pomocný rotor je nejčastěji realizován jako vertikální vrtule umístěná na ocase stroje. V moderním provedení bývá ocasní vrtule nahrazována dmychadlem s vodícím prstencem. Moderní technologie NOTAR (No Tail Rotor), aplikovaná v běžném provozu zatím pouze na stroje Hughes. Točivý moment hlavního rotoru je kompenzován proudem vzduchu, usměrňovaným vertikálními řídicími plochami. Kroutící moment lze také eliminovat použitím druhého horizontálního rotoru otáčejícího se opačným směrem než první horizontální rotor. Tento rotor může být umístěn jak v ose prvního rotoru, tak i mimo osu. Jen je třeba zajistit aby se listy obou rotorů nestřetly.

Vrtulník se pilotuje z levého i předního postu. Záleží na smyslu otáčení hlavního rotoru. Pravotočivé stroje se pilotují zleva a naopak. tato skutečnost je daná technikou startu - takzvaným bočením, při kterém se k rozběhnutí vrtulníku užívá tahu vyrovnávacího rotoru a pilot musí vidět do osy vzletu. Ovládání vrtulníku - Páka cyklíky, ovládá klopení a klonění, páka sduženého ovládání listů rotoru - kolektivu, ovládá stoupání a klesání a rovněž obsahuje řídicí prvky pohonné jednotky (především plynová přípušť) nožní řízení, ovládá bočení.

Na podobném principu pracuje též vírník (autogyra) (nepoháněná rotující nosná plocha a tlačná vrtule).

V souvislosti s letovými vlastnostmi vrtulníku se vyskytuje výraz „autorotace“. Jedná se o stav, kdy v důsledku vysazení nebo vypnutí pohonné jednotky (motoru) začne vrtulník klesat, vlivem tlaku vzduchu protékajícího rotorem na listy nosného rotoru se tento roztáčí a pilot je schopen s vrtulníkem v omezené míře manévrovat a poté úspěšně přistát. To je ostatně i základní princip fungování vírníku a autogyry. Stroj ale musí mít dostatečnou výšku a letovou rychlost.

Historie

Hračka s rotujícími plochami je známa už od 4. století př. n. l. z Číny, ve 4. století byl v Číně popsán i obecný princip vrtulníku. Ten na svých nákresech popsal také Leonardo da Vinci. Stroje podobné vrtulníkům se vyskytovaly i románech Julese Vernea (Robur Dobyvatel, Podivuhodná dobrodružství výpravy Barsacovy).

První plně funkční vrtulník byl představen v roce 1938 v Berlíně. Průkopníkem v oblasti letadel s rotující nosnou plochou se stalo Německo před druhou světovou válkou, hlavně pak firmy Flettner a Focke Achgelis. Po jejím skončení převzaly iniciativu v této oblasti hlavně SSSR a USA.

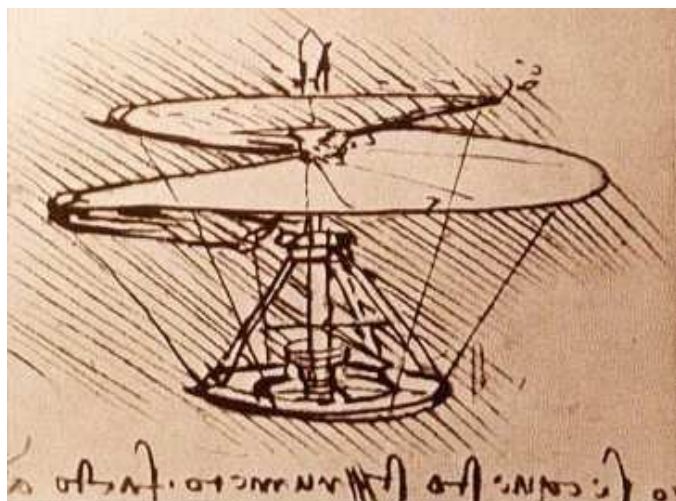
V Sovětském Svazu se konstrukcí vrtulníků zabývalo několik konstrukčních kanceláří. Mezi nejdůležitější patřily OKB (Opytno konstrukčonoje bjuro) Mil, Kamov a Jakovlev. Třetí jmenovaný ale brzy s pokusy skončil. Mil se stal hlavním dodavatelem vrtulníků pro pozemní armádní síly, Kamov pro námořní letectvo. Obě konstrukční kanceláře vyprodukovaly několik typů vrtulníků. Mil se vydal klasickou cestu, využíval osvědčené kombinace nosného a vyrovnávacího rotoru. Kamov začal využívat dva souosé protiběžné rotory nad sebou. Mezi nejznámější Milovy bitevní výrobky patří lehké spojovací Mi-1 a Mi-2, střední Mi-4 a těžké Mi-8 a modernizovaný Mi-17 (v Rusku značen Mi-8M). Pro potřeby armády vzniklo mnoho bitevních modifikací transportního vrtulníku Mi-8/17, například Mi-8TB, MTB, exportní TBK a podobně.

Vedení sovětského letectva ale bylo jasné, že ozbrojený transportní vrtulník není ideálním řešením. Zadalo tedy požadavky na vývoj nového bitevního vrtulníku pro potřeby sovětské armády. Výsledkem se stal vynikající bitevní vrtulník Mi-24, v exportních variantách značen Mi-25/35. V osmdesátých letech začal Mil pracovat na nástupci Mi-24, novém Mi-28, který je kvůli nedostatku financí jen velmi pozvolně zaváděn do výzbroje ruské armády. Mezi velmi známé Milovy projekty patří obří vrtulníky Mi-6, Mi-10, pokusný Mi-12 (největší vrtulník na světě) a Mi-26.

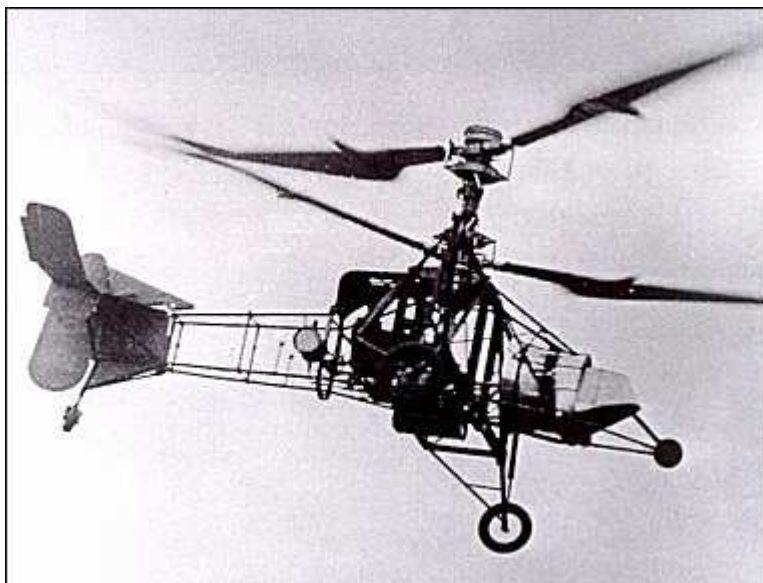
Kamov vyvinul lehké typy Ka-15 a Ka-18. Následovaly střední vrtulníky Ka-25 a Ka-27, které výrobce dodával i v protiponorkové verzi. Z Ka-27 později konstruktéři vyvinuli civilní Ka-32 a bitevní/transportní Ka-29. Kamov se se svým Ka-50 v osmdesátých letech

zúčastnil poněkud netradičně tendru na výběr nového bitevního vrtulníku pro pozemní složky. Soupeřil zde s Milovým konceptem Mi-28. Komise několikrát změnila stanovisko a nakonec jsou do výzbroje přibírány i Mi-28, tak i Ka-50. Ka-50 je naprosto ojedinělým téměř ve všech směrech. Posádku tvoří díky pokročilé avionice jen jedna osoba. Vrtulník může působit dlouhodobě mimo oblast své mateřské základny. Použití souosých rotorů eliminovalo potřebu instalovat ocasní rotor. Tím Kamov vyřešil hlavní slabinu všech vrtulníků, většina ztrát v boji totiž připadá právě na zásah do ocasního rotoru. V současné době se snahy obou výrobců soustřeďují hlavně na modernizační úpravy stávajících zavedených typů používaných jako dopravní prostředek i jako zbraň.

(Helikoptéra Leonarda Da Vinciho)



(První plně říditelný a letuschopný vrtulník Breguet-Dorand Gyroplane Laboratoire)



(Supermoderní vrtulník Kamov Ka-50)



Teorie -
 Aerodyn
 amika
 nízkých
 rychlostí
 Základn
 í pojmy
 používa
 né nejen
 v
 aerodyn
 amice

Pojem	Vysvětlení
A	

aerodynamické zkroucení	změna úhlu nulového vztlaku podél rozpětí křídla
autostabilní profil	profil s takovou změnou polohy působíště vztlaku, že při změně úhlu náběhu vzniklý moment vrací profil směrem k původnímu úhlu náběhu
aerodynamický vztlak	složka výsledné aerodynamické síly ve směru vztlakové osy
B	
bod přechodu	místo, v němž laminární mezní vrstva přechází do turbulentní
C	
centráž	vzdálenost těžiště letadla za náběžnou hranou, vyjádřená zpravidla v procentech délky střední aerodynamické tětivy
D	
drak letadla	konstrukce letadla bez pohonných jednotek, příslušenství a výstroje
G	
geometrická štíhlost křídla	poměr rozpětí křídla k jeho střední hloubce, popř. poměr druhé mocniny rozpětí k ploše křídla
geometrické zkroucení	změna úhlu, který svírají tětivy jednotlivých profilů podél rozpětí křídla
H	
hloubka profilu	vzdálenost průmětů náběžné a odtokové hrany na tětivu profilu
hloubka křídla	vzdálenost průmětů náběžné a odtokové hrany na tětivu profilu v rovině rovnoběžné s rovinou souměrnosti křídla
I	
indukovaný odpor	část odporu související se vznikem vztlaku a křídle konečného rozpětí

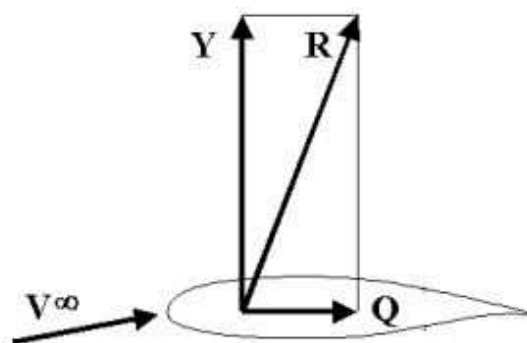
K	
kýlovka	nepohyblivá část svislých ocasních ploch
L	
laminární mezní vrstva	mezní vrstva, v níž je proudění tekutiny laminární
laminární profil	profil, při jehož obtékání se v důsledku jeho tvaru vytváří po značné části potrchu laminární mezní vrstva
N	
nosná plocha	část draku vytvářející při letu rozhodující podíl vztlaku
M	
mezní vrstva	tenká vrstva tekutiny přiléhající k povrchu tělesa, v níž mají na pohyb tekutiny výrazný vliv viskózní síly
P	
plocha křídla	plocha průmětu obrysu křídla do roviny těživ profilů
polára	grafické znázornění závislosti součinitele vztlaku na součiniteli odporu
profilový odpor	celkový odpor křídla zmenšený o indukovaný odpor
prohnutí střední křivky	maximální vzdálenost střední křivky od tětivy profilu, měřená v procentech jeho hloubky
působíště vztlaku	průsečík výsledné aerodynamické síly s přímkou totožnou se vztažnou tětivou
R	
Reynoldsovo číslo	poměr součinu rychlosti proudění a vztažné délky obtékaného tělesa ke kinematické vazkosti prostředí
rozpětí křídla	vzdálenost průmětu nejvzdálenějších konců křídla do vodorovné roviny
S	
stabilizátor	pevná část vodorovných ocasních ploch

střední křivka profilu	křivka určující prohnutí profilu
svislé ocasní plochy	SOP, svislé plochy, jak nepohyblivé tak i pohyblivé (kormidla)
směrovka	pohyblivá část svislých ocasních ploch
T	
tětiva profilu	základní vztažná úsečka, která určuje souřadný systém definující geometrické tvary profilu a základní směr pro určení úhlu náběhu
turbulentní mezní vrstva	mezní vrstva, v níž je proudění tekutiny turbulentní a vyznačuje se příčnými pohyby nahodilého charakteru
U	
úhel nastavení křídla	úhel mezi vztažnou tětivou křídla a směrem podélné osy letounu
úhel náběhu letadla	úhel mezi podélnou osu letadla a směrem vektoru rychlosti
úhel náběhu profilu	úhel mezi tětivou profilu a vektorem rychlosti
úhel nulového vztlaku	úhel náběhu křídla, při němž vztlak je roven nule
úhel přetažení	úhel náběhu, při němž vzniká intenzivní odtržení proudu na křídle nebo na profilu
úhel šípu	úhel mezi danou vztažnou čarou podél rozpětí křídla a kolmicí na rovinu souměrnosti křídla, jako vztažná čára se obvykle užívá spojnice čtvrtinových bodů
úhel vzepětí	úhel, který svírá příčná osa letadla s průmětem aerodynamické osy křídla do roviny kolmé na podélnou osu letadla

úplav	oblast zviření tekutiny za tělesem, ve které se změnil celkový tlak
V	
vztlková čára	grafické znázornění závislosti součinitele vztlaku na úhlu náběhu
vztlak	síla působící proti směru tíhové síly
vzepětí	vzdálenost aerodynamického středu koncového a kořenového profilu měřená ve směru normální osy letadla
vodorovné ocasní plochy	VOP, vodorovné plochy, jak nepohyblivé tak i pohyblivé (kormidla)
výškové kormidlo	pohyblivá část vodorovných ocasních ploch
Z	
zúžení křídla	poměr hloubky křídla v rovině souměrnosti k hloubce na konci rozpětí

Aerodynamické síly a součinitelé aerodynamických sil

Aerodynamická síla je síla, kterou proud tekutiny působí na tělesa v něm ponořená. Rozkládáme ji obvykle na složku, působící ve směru proudu **Q** (odpor) a na složku, působící kolmo ke směru proudu **Y** (vztlak) (obr. 1).



Obr.1

Newton se zajímal o velikost odporu desky postavené kolmo k proudu a předpokládal, že přitékající proud tekutiny se o desku zastaví. Odpor by se pak rovnal změně hybnosti hmoty proudu za jednotku času. Odpor byl však menší než udával výpočet a tak Newton poopravil tak, že proud se nezpomalí na nulovou rychlost, ale na určitou rychlost, která je menší než rychlost původního proudu. Poměr mezi úbytkem rychlostí a rychlostí nerušeného proudu vyjádřil součinitelem C , který se používá dodnes jako $c_x=2C$. Je to součinitel odporu, který není již součinitel zpomalení jak tomu bylo v Newtonově původní rovnici, ale pouze bezrozměrný součinitel, charakterizující vztah mezi aerodynamickou silou, dynamickým tlakem a velikostí tělesa (charakteristickou plochou). **Rovnice aerodynamické síly** neplatí pouze pro odpor, ale i pro výslednou aerodynamickou sílu a všechny její složky .

$$R = c_R \frac{\rho v^2}{2} S$$

$$Q = c_x \frac{\rho v^2}{2} S$$

$$Y = c_y \frac{\rho v^2}{2} S$$

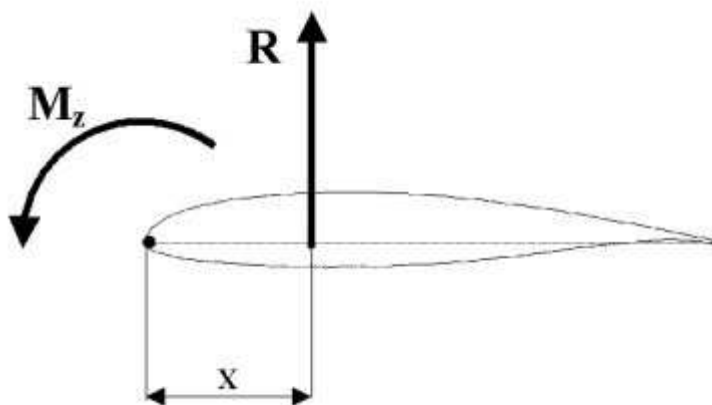
kde c_R je součinitel aerodynamické síly, c_x součinitel odporu, c_y součinitel vztlaku a S vztažná plocha

Jako vztažnou plochu S je možné brát jakoukoliv plochu tělesa. U těles pro využití v letecké aerodynamice je možné použít následující vztažné plochy:

u křídel a ocasních ploch - plochu půdorysného průmětu ; u trupů, gondol, podvozků - plochu maximálního průřezu, kolmého na směr proudu

u celého letounu - plochu půdorysu křídla

Poloha aerodynamické síly se na tělesech určuje tak, že se v určitém bodě změní moment vzniklý působením této síly. Na křídle to bývá obvykle náběžná hrana (obr. 3).



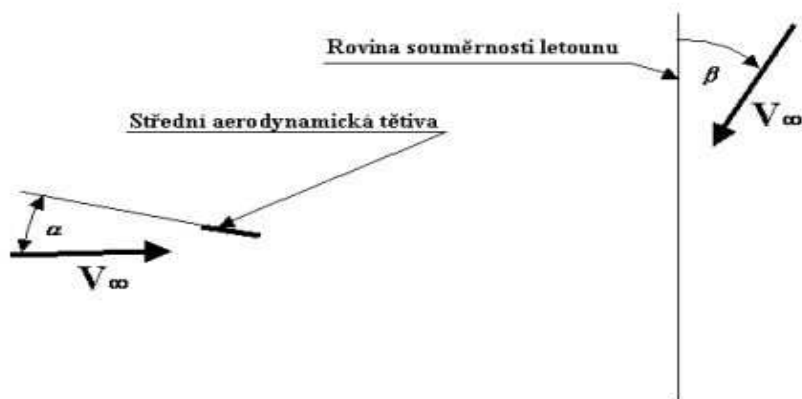
Obr.2

Moment aerodynamické síly je závislý na rychlosti proudu, součiniteli momentu c_m a vztažném rozměru tělesa, u profilu to obvykle bývá vzdálenost mezi náběžnou a odtokovou hranou (hloubka profilu). Pro různá tělesa tedy jsou i různé hodnoty součinitelů. Menší, ale nezanedbatelný, vliv na hodnoty součinitelů mají i velikost tělesa a rychlost proudu. Je to způsobeno vlivem vazkosti a stlačitelnosti vzduchu. Jejich působení je velmi složité a je shrnuto do dvou bezrozměrných čísel - Reynoldsovo číslo R a Machovo číslo M . Další vlivy na velikost aerodynamických součinitelů má hladkost povrchu tělesa a turbulence obtékajícího proudu.

Shrnutí:

Aerodynamická síla tedy závisí na těchto veličinách:

1. Dynamickém tlaku proudu
2. Velikosti tělesa
3. Tvaru tělesa
4. Nastavení tělesa vzhledem k proudu - náběh a vybočení (obr. 4)
5. Reynoldsovu číslu
6. Machovu číslu
7. Turbulenci proudu
8. Hladkosti povrchu

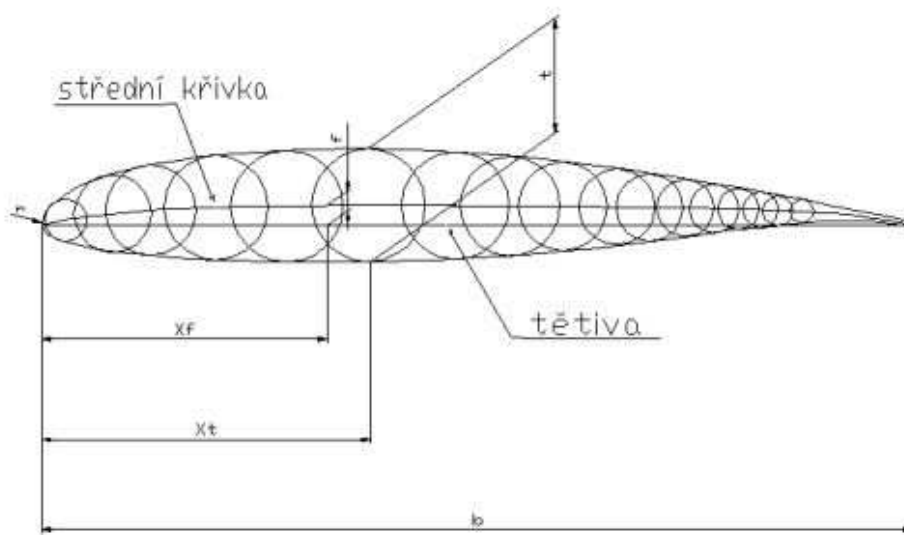


Obr.3

Geometrické charakteristiky profilu

Vhodného průběhu sil dosáhneme volbou vhodného tvaru obtékaného tělesa. U křídla je to půdorys a tvar profilu. Máme-li definovat velikost profilu, musíme určit základní rozměr, kterým je **tětíva**. Její délku nazýváme hloubka profilu. Určuje nám také orientaci profilu vzhledem k okolí - úhel sevřený mezi proudem tekutiny a tětívou je úhel náběhu profilu.

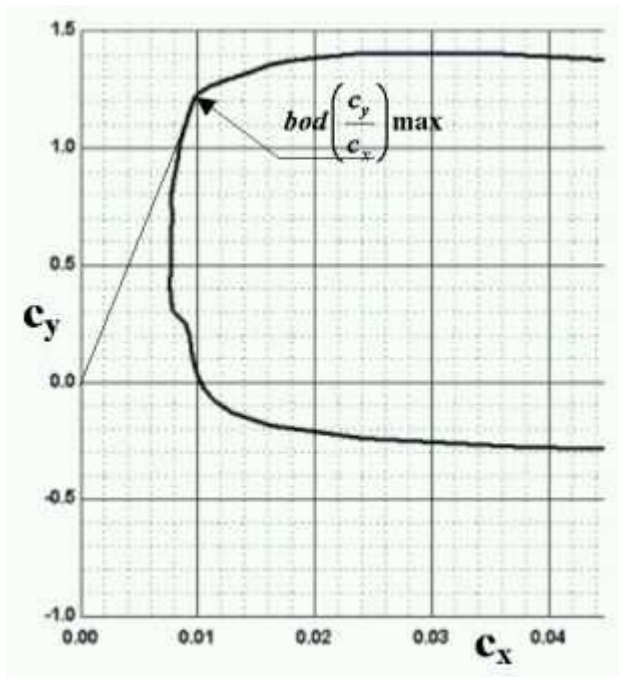
Definice tětivy: **Tětíva je spojnice krajních bodů střední křivky profilu**



Obr.4

Polára profilu

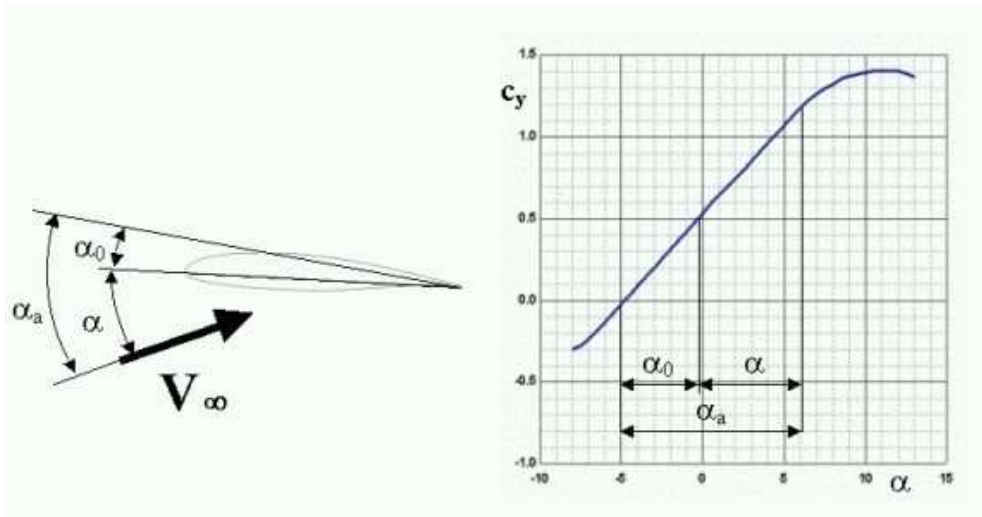
Profil má mít velký vztlak a malý odpor. Závislost odporu na vztlaku znázorňuje polára profilu. Do poláry se ale nevynáší přímo hodnoty vztlaku a odporu, ale jejich součinitelé. Pokud by jsme vynášeli přímo hodnoty vztlaku a odporu, závisela by polára také na velikosti křídla, rychlosti a hustoty tekutiny a na dalších vlivech. Typická polára profilu je na obr. 5.



Obr.5

Vztlaková křivka profilu

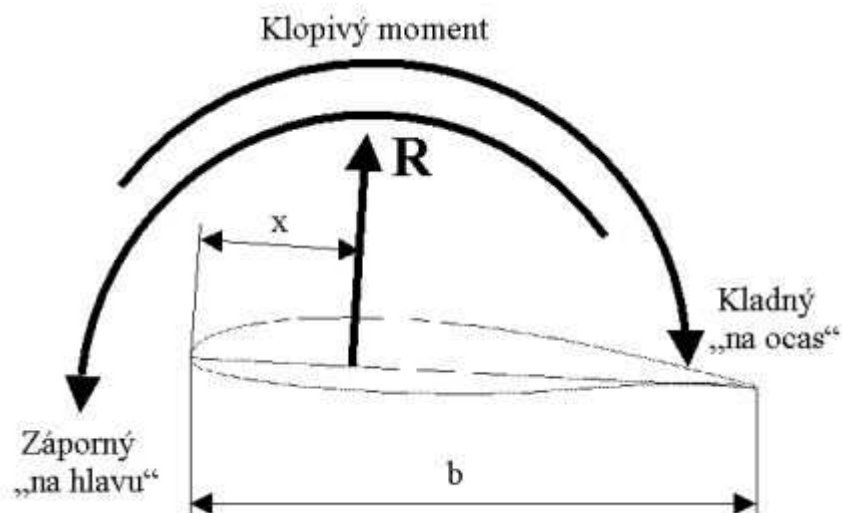
U běžných tenkých profilů roste vztlak s úhlem náběhu téměř přímkově (obr. 7). Změna nastane až po dosažení úhlu náběhu při kterém se narušuje plynulé obtékání profilu a dochází k místnímu odtržení proudu, vztlak pak přestává stoupat a po úplném odtržení proudu od sací strany profilu vztlak podstatně klesne.



Obr.6

Momentová křivka profilu

Definice kladného a záporného smyslu klopivých momentů je na obr. 8.



Obr.7

Za vztažný bod si zvolíme počáteční bod těžvy (tzv. náběžný bod - u křídla tvoří náběžné body náběžnou hranu). Z teoretického rozboru vyplynul vztah

$$M_z = M_{z0} - Y \cdot 0.25b$$

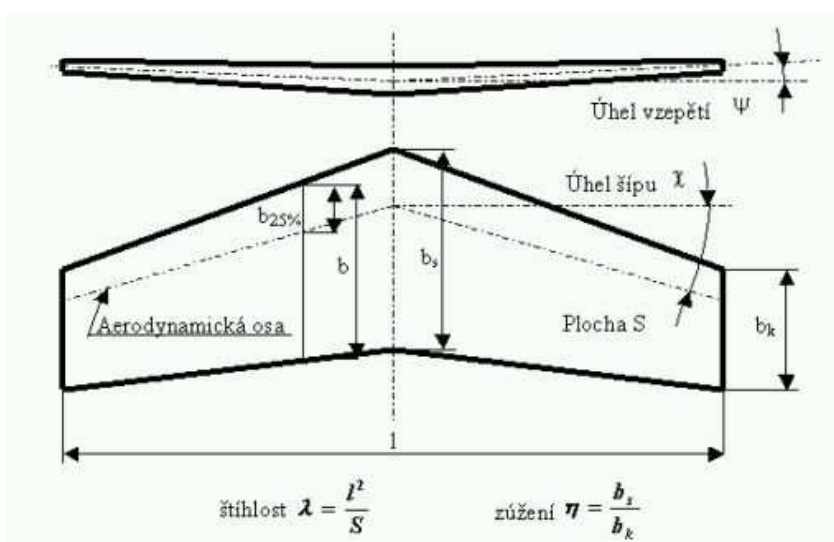
Z rovnice plyne, že moment profilu k náběžnému bodu se skládá ze dvou složek:

první složka je konstantní - nezávisí na úhlu náběhu či vztlaku - nazývá se **moment při nulovém vztlaku** a druhá na vztlahu závisí - je mu úměrná - vyjadřuje moment, který by dával vztlak, působící ve čtvrtině hloubky profilu

Pro aerodynamiku je bod ve čtvrtině hloubky profilu velmi důležitý. Nese pojmenování **aerodynamický střed profilu** a je definován tak, že moment aerodynamické síly k tomuto bodu se při změně úhlu náběhu nemění. Aerodynamický střed může mít i těleso jako je letoun. Pak se tomuto bodu říká **neutrální bod** a je velmi důležitý pro stabilitu a říditelnost.

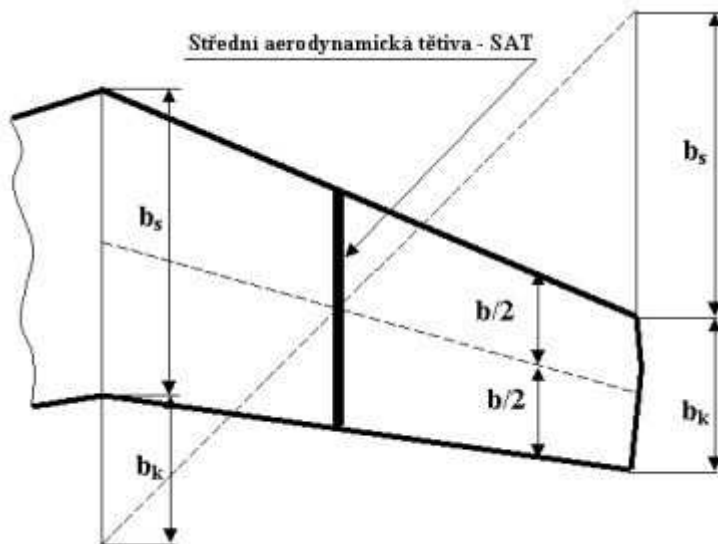
Geometrické charakteristiky křídla

Velikost křídla je určena plochou půdorysu křídla S , která slouží současně za vztažnou plochu při určování aerodynamických součinitelů (obr. 9).



Obr.8

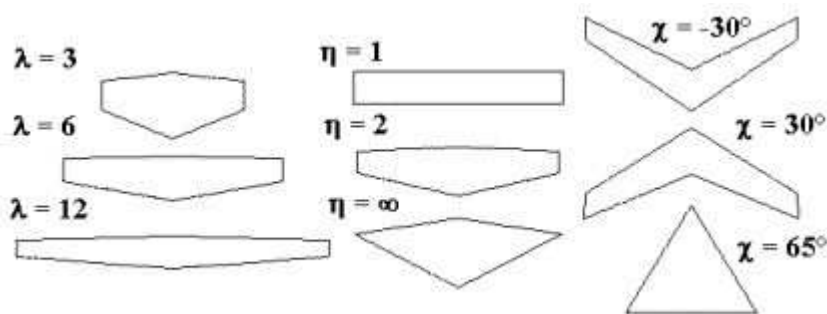
K dalším základním rozměrům křídla patří **rozpětí**, **hloubka** a **střední aerodynamická tětíva**. Rozpětí se zpravidla používá jako základní vztažný rozměr při řešení stranové stability a říditelnosti letounu. Přibližná geometrická konstrukce střední aerodynamické tětivy pro lichoběžníkové křídlo je na obr.10. Střední aerodynamické tětíva je důležitá tím, že vzhledem k ní se vždy určuje poloha těžiště letounu.



Obr.9

Velmi důležitou charakteristikou křídla je štíhlost křídla. Dalším je **zúžení křídla**, **aerodynamická osa**, **úhel šípu** a **úhel vzepětí** (obr.9) Je-li na celém křídle použit jeden profil a profil má všude stejný úhel náběhu znamená to, že křídlo je aerodynamicky i geometricky nezkroucené. Často se však profily na konci a u kořene křídla liší nebo se nastavují na různé úhly náběhu. Pak na křídle je úhel **geometrického zkroucení** - mezi tětivami koncového a kořenového profilu, a **úhel aerodynamického zkroucení** - mezi směry nulového vztlaku koncového a kořenového profilu

Různé půdorysné tvary křídel ve vztahu ke štíhlosti, zúžení a úhlu šípu jsou na obr. 11

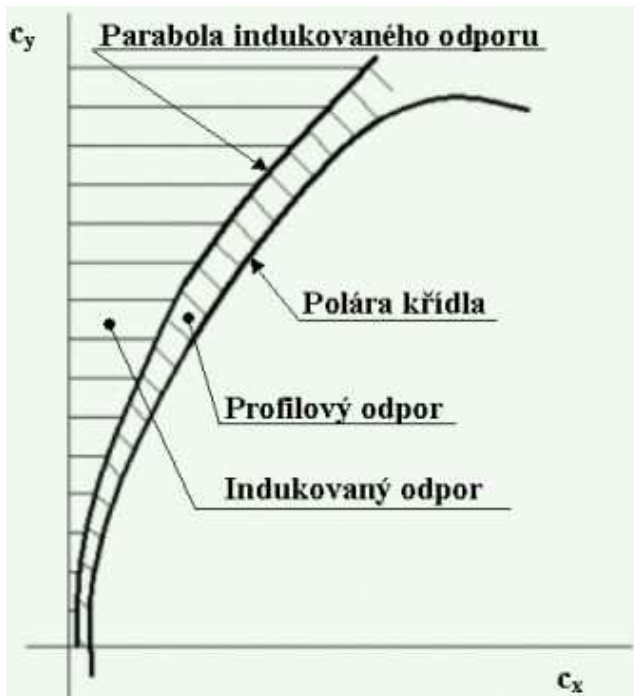


Obr.10

Polára křídla, vliv konečnosti rozpětí

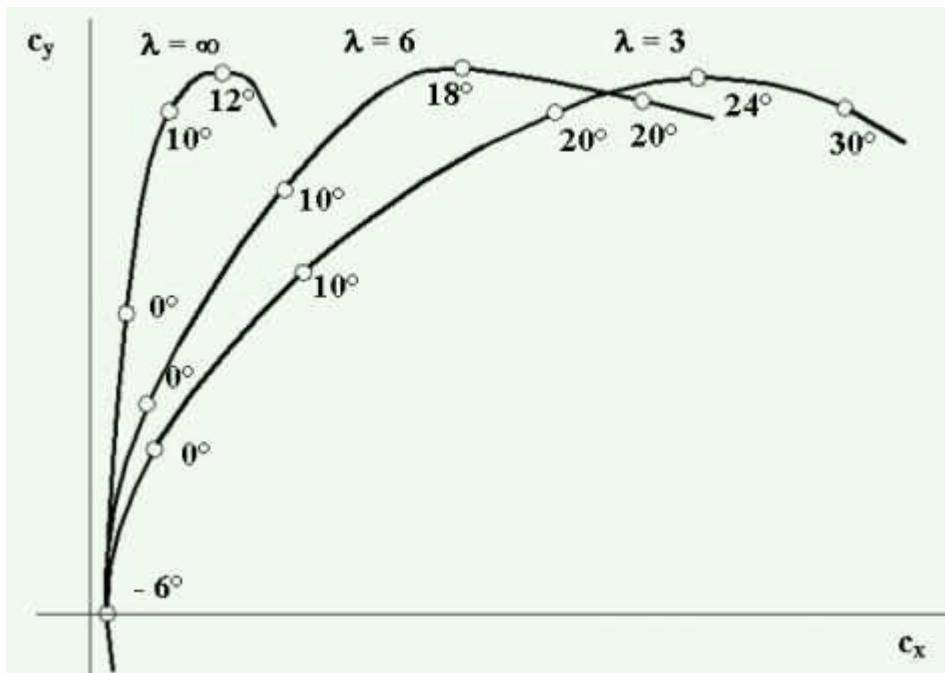
Teorie aerodynamiky křídla o konečném rozpětí je velmi náročná oblast. Nebudu dále vysvětlovat vírovou teorii křídla, nosné víry a nebo skutečné rozložení indukovaných rychlostí na křídle. Pokusím se tyto fakta shrnout do celku, který bude snad všem jasný.

Tak jak je polára profilu, tak samozřejmě existuje i polára křídla o konečném rozpětí. Je pochopitelně jiná. V čem? Je jasné, že křídlo o konečném rozpětí bude mít mírně "horší" poláru a to díky **indukovanému odporu** a profilovému odporu (obr.12). Indukovaný odpor vzniká vlivem indukované rychlosti, která je výsledkem volných vírů, a směřuje tak že zmenšuje úhel náběhu o tzv. indukovaný úhel náběhu. **Proud, který přichází k profilu, je zešikmen.** Rozdíl mezi úhlem náběhu a indukovaným úhlem náběhu se jmenuje **efektivní** neboli **skutečný úhel náběhu**.



Obr.11

Velmi významnou charakteristikou křídla na které záleží jaká bude polára, je **štíhlost** křídla (obr.13). Z obrázku je zřejmé, že křídla s velmi malou štíhlostí, aby dosáhla maximální součinitel vztlaču, musí být nastavena na velmi velký úhel náběhu, který může být až 40° - např. MIG 21 při přistání.

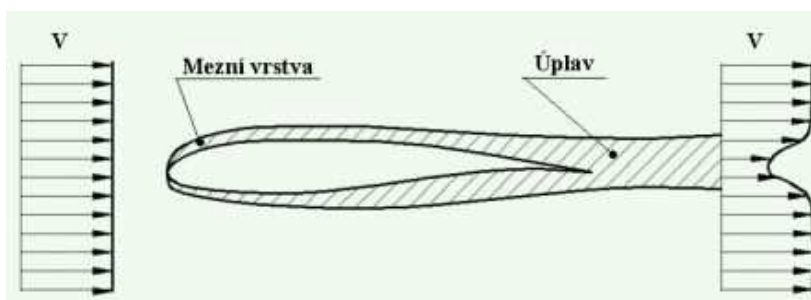


Obr.12

Šípové křídlo konečného rozpětí se chová stejně jako křídlo přímé, indukovaný odpor a indukovaný úhel náběhu jsou však poněkud větší a jsou jinak rozloženy po rozpětí než u přímého křídla.

Mezní vrstva a třecí odpor

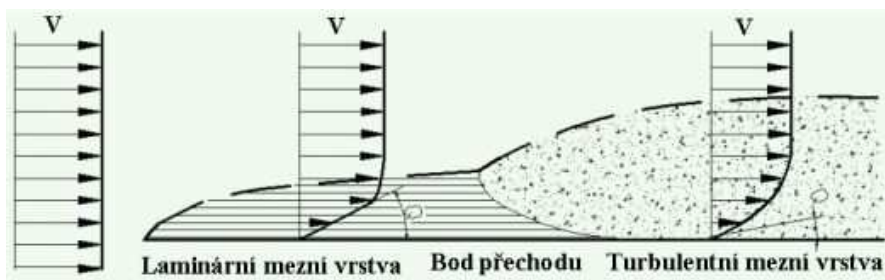
Profilový odpor tělesa je způsoben vazkostí prostředí. V ideální tekutině profilový odpor neexistuje. U plyule obtékaných těles má vazkost vliv na obtékání jen v těsné blízkosti povrchu tělesa. Jednotlivé částice tekutiny tam ztrácejí rychlost vlivem tření a vytvářejí tenkou oblast proudění, ve které je průběh rychlosti zcela jiný, než by vyplývalo z teorie ideální tekutiny. Této oblasti říkáme **mezní vrstva**. Typický průběh mezní vrstvy na profilu při malých úhlech náběhu je na obrázku 13.



Obr.13

Ztráta rychlosti částic znamená ztrátu jejich hybnosti, kterou předávají profilu - tak vzniká třecí odpor profilu; mezní vrstva přechází na odtokové hraně v úplav - oblast snížené rychlosti za křídlem.

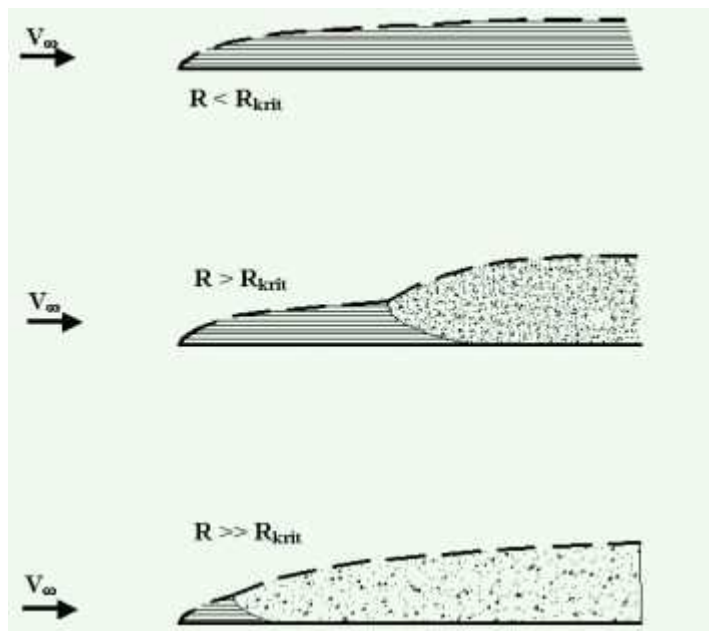
Mezní vrstva na křídlech běžných letounů je velmi tenká (desetiny milimetrů až několik milimetrů). Její tvar závisí značně na tvaru profilu a na úhlu náběhu. Pro jednoduchost bude další vysvětlení pro rovnou desku. Mezní vrstva tloušťne neustále od náběžné hrany desky. Rychlost vzrůstá se vzdáleností od povrchu desky, kde je nulová, spojitě až po okraj vrstvy, kde dosáhne hodnoty rychlosti nerušeného proudu. Do určité vzdálenosti od náběžné hrany jsou vektory rychlosti v mezní vrstvě rovnoběžné (proudnice jsou rovnoběžné). Této části mezní vrstvy říkáme **laminární mezní vrstva**. V určité vzdálenosti od náběžné hrany se proudnice laminární mezní vrstvy zvlní, rychlosti přestanou být rovnoběžné a objeví se drobné rozvíření (turbulence). Mezní vrstva ztloušťne a profil rychlostí změní svůj tvar. Této části mezní vrstvy říkáme **turbulentní mezní vrstva**. Místo, kde laminární mezní vrstva přechází v turbulentní, se nazývá **oblast přechodu**.



Obr.14

Vliv vazkosti na obtékání vyjadřuje bezrozměrné číslo **R** (Reynoldsovo číslo). Toto číslo můžeme zjednodušeně charakterizovat jako poměr setrvačných a třecích sil působících na určitou část tekutiny. Je-li velké, mají třecí síly malý vliv a naopak. Typickým případem proudění, kdy třecí síly mají velký vliv (nízké R) je proudění hustého oleje při přelévání nebo proudění vzduchu kolem malých předmětů velmi malými rychlostmi. Typickým případem proudění, kdy třecí síly mají malý vliv (vysoké R) je spojitě obtékání aerodynamicky jemných letadel, kde se proudění blíží ideálním podmínkám a kde se vlivy vazkosti omezují jen na tenkou mezní vrstvu. Má-li deska jako celek hodnotu čísla R menší než R_{krit} (hloubka desky je menší než l_{krit}), vytvoří se na ní pouze laminární mezní vrstva. Je-li její číslo R o mnoho větší než kritické,

vytvoří se na větší části desky turbulentní mezní vrstva (obr.15)



Obr.15

Bod přechodu laminární vrstvy do vrstvy turbulentní závisí na těchto okolnostech:

Bod se posunuje dozadu (oblast laminární mezní vrstvy se zvětšuje)

- klesá-li v jeho okolí tlak ve směru rychlosti proudu
- zvyšuje se hladkost povrchu

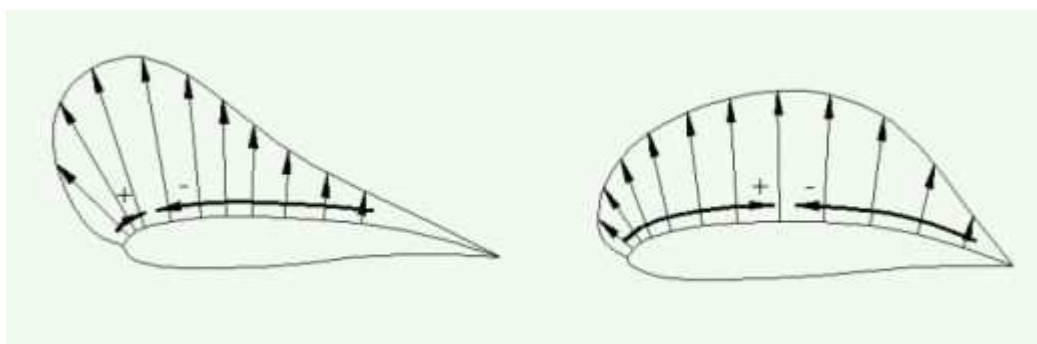
Bod se posunuje dopředu (oblast laminární mezní vrstvy se zmenšuje)

- roste-li v jeho okolí tlak ve směru rychlosti proudu
- objeví-li se v prostoru před deskou turbulence
- zvyšuje-li se drsnost povrchu
- roste-li R

Laminární profily

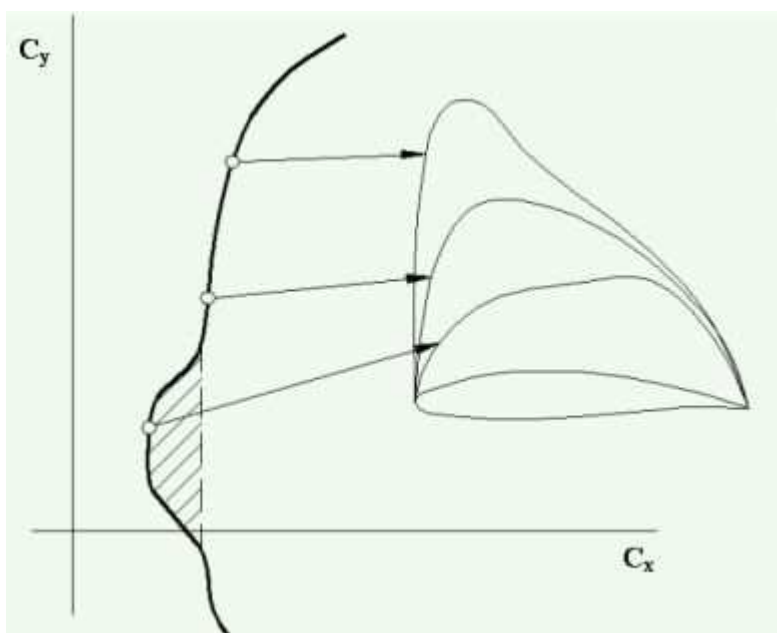
Odpor tření tvoří u dobře aerodynamicky řešených letounů při velkých (podzvukových) rychlostech letu značnou část celkového odporu (až 90%). Třecí odpor nelze odstranit, jeho hodnotu však můžeme snížit, bude-li na většině povrchu letounu laminární mezní vrstva. Protože největší část povrchu letounu tvoří povrch křídla, je vhodné snížit odpor

křídla. Výsledkem této snahy jsou tzv. **laminární profily**. Jsou navrhované tak, že se po největší části křídla zachovala laminární mezní vrstva. Abychom si ujasnily funkci laminárních profilů, musíme si nejdříve vysvětlit vliv rozložení tlaků po hloubce profilu na mezní vrstvu. Na profilech konečné tloušťky existuje při malých úhlech náběhu určité rozložení tlaků, a znamená to, že se tlak na profilu místo od místa mění. Mezní vrstva je velmi citlivá na tlakový spád. Snižuje-li se tlak ve směru proudu (je-li kladný tlakový spád) mezní vrstva je tenší a má snahu si zachovat laminární charakter. Tlakový spád v tomto případě zvyšuje rychlost proudění v mezní vrstvě. Zvyšuje-li se tlak na profilu ve směru proudu (je-li záporný tlakový spád), mezní vrstva tloustne a přechází k turbulenci. Tlakový spád v tomto případě zpomaluje proudění mezní vrstvy (obr.16).



Obr.16

Vhodné rozložení tlaků dosáhneme u laminárních profilů jen při určitých úhlech náběhu. Při jiných úhlech náběhu se podtlaková špička a s ní i bod přechodu posunuje opět dopředu (obr.17)

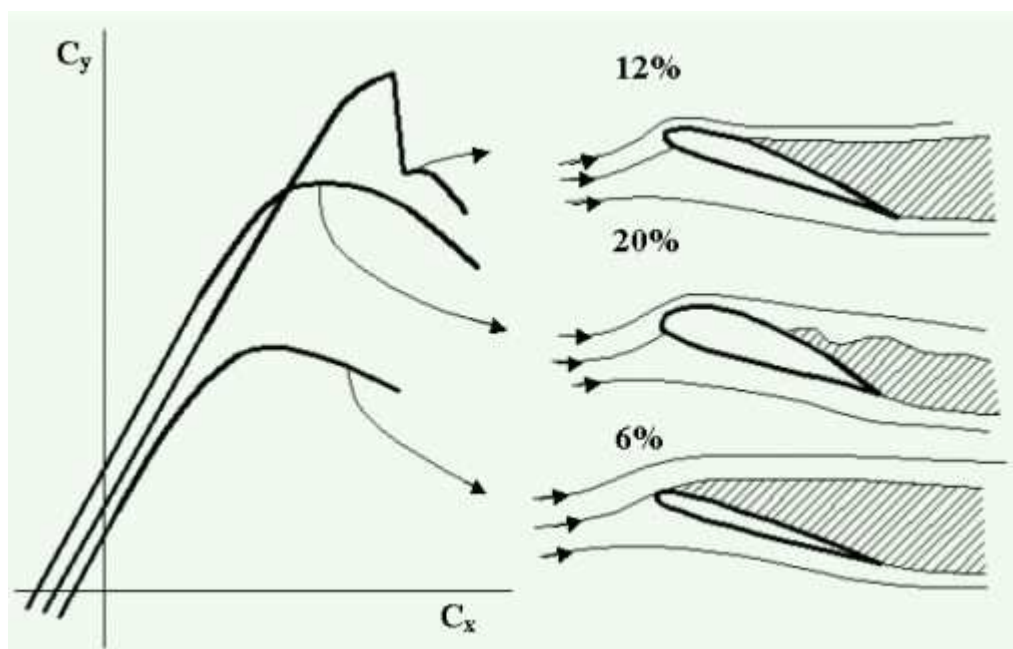


Obr.17

Laminární profily mají i své nevýhody. Vyžadují přesnost tvaru profilu a hladkost povrchu, již nalepený hmyz či kapky vody mohou laminární vrstvu ohrozit. Laminární profily mají menší maximální součinitel vztlaku než profily klasické (vyšší přistávací rychlost) a zpravidla velký součinitel klopivého momentu při nulovém vztlaku.

Odtržení proudu

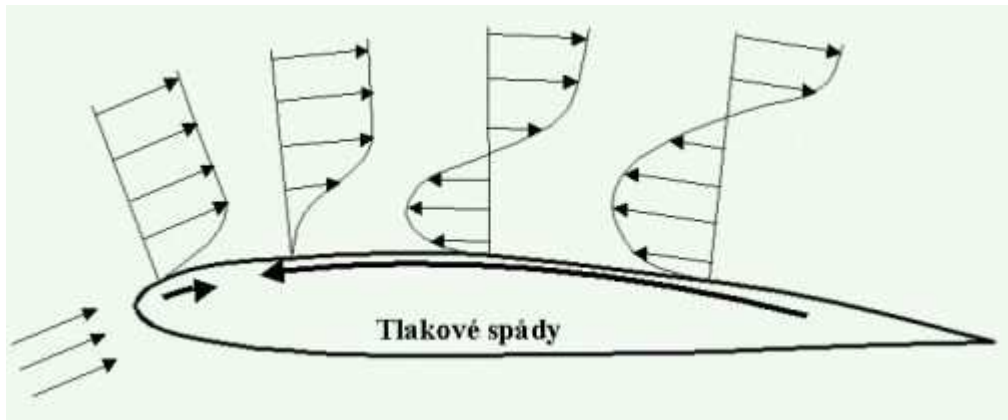
Dalším následkem vazkosti prostředí je odtrhávání proudu od povrchu obtékaných těles. Tento jev nastává u křídla po překročení určitého součinitele vztlaku. Odtržení proudu je doprovázeno snížením podtlaku na sací straně, tedy snížením vztlaku a zvýšením odporu profilu. Za profilem se utvoří rozsáhlá oblast prudce rozvířeného vzduchu, tzv.rozvířený úplav. U velmi tlustých profilů postupuje odtržení zpravidla od odtokové hrany a vrchol poláry je plochý. U profilů středních tloušťek, které dosahují maximálních součinitelů vztlaku, má odtržení většinou nepříznivý průběh - nastává náhle na velké části profilu. U velmi tenkých profilů nastává odtržení již při poměrně nízkých součinitelích vztlaku hned za náběžnou hranou a šíří se poměrně pomalu (obr.18).



Obr.18

Odtržení proudu je způsobeno zvláštními vlastnostmi mezní vrstvy. Jednotlivé částice v

mezní vrstvě nemají již dostatečnou kinetickou energii, aby překonalý silný tlakový spád po tak značné délce, zastaví se a proudí směrem k náběžné hraně. V bodě kde se částice při povrchu úplně zastaví, nastane odtržení proudu.



Obr.19

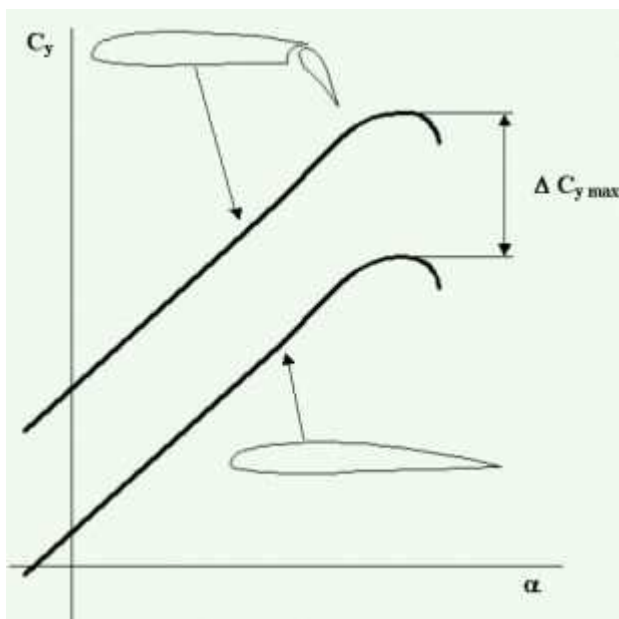
Zařízení zvyšující vztlak křídla

Održení proudu způsobuje, že součinitel vztlaku daného profilu nebo křídla nemůže libovolně zvětšovat tím, že zvýšíme úhel náběhu. Maximální součinitel vztlaku $C_{y\max}$ je pro křídlo konečnou hodnotou. Maximálního součinitele vztlaku je možno zvýšit těmito způsoby:

1. změnou tvaru profilů (hlavně zvětšením zakřivení)
2. ovlivněním mezní vrstvy na sací straně

Zařízení zvyšující maximální vztlak křídel má zajistit:

1. co největší přírůstek maximálního součinitele vztlaku při plné výchylce
2. co nejmenší přírůstek součinitele odporu v zatažené poloze
3. co nejmenší změnou vyvážení letounu (při vysunutí nemá vzniknout velký klopivý moment)
4. co nejmenší změnu úhlu náběhu, při kterém se dosáhne maximálního součinitele vztlaku

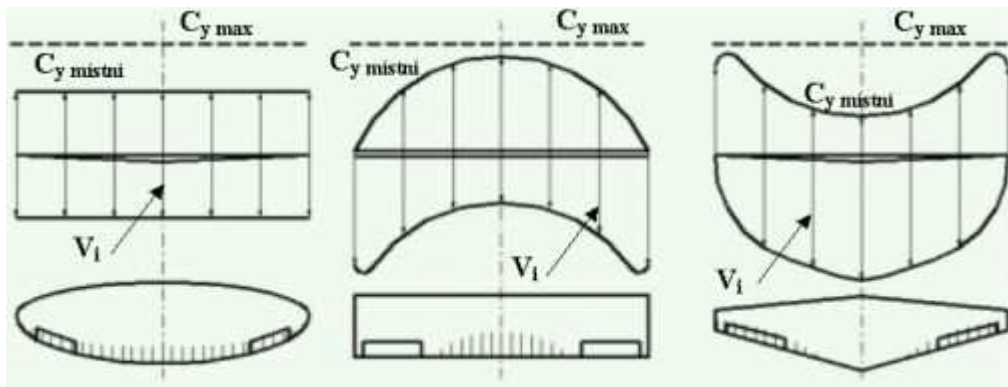


Obr.20

Křídlo při odtržení proudu

Održení proudu na křídle nastává ve vodorovném přímočarém letu při malých rychlostech letu, může se však objevit i při velkých rychlostech po náhlé změně úhlu náběhu, v ostrých zatáčkách a při akrobacii. Pro celkové chování přetaženého letounu je velmi důležité místo na rozpětí, kde se proud odtrhne nejdříve - současné odtržení proudu podél celého rozpětí se prakticky nevyskytuje. Odrhne-li se proud nejdříve u konců křídla, tj. v oblasti křidélek, ztrácí křídélka účinnost. Letoun je dále nesen jen střední částí křídla, kde se proud ještě neodtrhl, ztrácí však stranovou stabilitu a ovladatelnost kolem podélné osy. Je to velmi nebezpečné v malé výšce.

Odrhne-li se proud nejdříve u trupu, zachová si letoun i při přetažení ovladatelnost kolem podélné osy. Úplav, který odtržením vznikl, ovlivňuje obtékání vodorovných ocasních ploch. Dojde-li k odtržení proudu, mají ocasní plochy menší účinnost. Protože letoun je v přetažení držen vychýlením výškovky a protože její působení se vlivem úplavu oslabí, má letoun tendenci vyjít z přetažení poměrně pozvolným přepadnutím "na hlavu". To je nejpříznivější případ chování letounu při přetažení. **Nejvýhodnější případ je ten, kdy dochází k odtržení proudu nejdříve mezi trupem a křídélky**



Obr.21

Vlastnosti křídla při přetažení je možno ovlivnit i jinými prostředky, např:

1. geometrickým zkroucením křídla
2. volba různých profilů podél rozpětí křídla
3. zvýšením maximálního součinitele vztlaku na koncích křídla
4. snížením maximálního součinitele vztlaku uprostřed křídla
5. použití plůtek na sací straně křídla (aerodynamické hřebeny)

Charakteristiky letounu

Vliv tvaru křídla na jeho aerodynamické vlastnosti

Křídlo má ze všech částí letounu největší vliv na celkové aerodynamické síly.

Shrnutí poznatků:

Vliv štíhlosti:

1. čím je menší štíhlost křídla, tím větší úhel náběhu potřebujeme pro dosažení určitého součinitele vztlaku
2. u letounů o malých štíhlostech je otáčení okolo podélné osy malo tlumeno
3. štíhlost nemá podstatný vliv na maximální vztlak

Vliv půdorysu:

1. křídlo eliptického půdorysu má nejmenší indukovaný odpor
2. křídlo obdélníkového půdorysu má nejvýhodnější vlastnosti při přetažení
3. šíp křídla zvyšuje indukovaný odpor
4. kladný šíp a zúžení křídla zhoršuje vlastnosti při přetažení

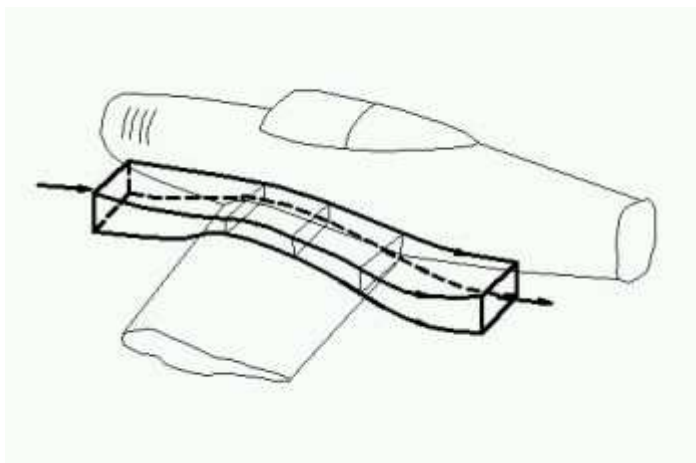
Vliv tvaru profilu:

1. maximální součinitel vztlaku stoupá se zvětšováním tloušťky asi do 12-14% poměrné tloušťky, pak klesá
2. součinitel odporu se zvyšuje s tloušťkou, v praxi se proto používají profily jen do 18-20% poměrné tloušťky
3. maximální součinitel vztlaku stoupá se zakřivením
4. součinitel odporu při nulovém součiniteli vztlaku vzrůstá se zakřivením
5. součinitel klopivého momentu při nulovém součiniteli vztlaku vzrůstá se zakřivením
6. při dvojitém zakřivení střední křivky (autostabilní profily) je průběh klopivých momentů výhodný pro stabilitu
7. nejvyšší maximální součinitel vztlaku mají profily s polohou maximálního prohnutí mezi 15-30%
8. maximální součinitel vztlaku se s rostoucím poloměrem náběžné hrany zvyšuje
9. malý poloměr náběžné hrany je výhodný pro laminární profily

Interference

Každé těleso nacházející se v proudu tekutiny ovlivňuje rychlosti a tlaky v proudu do značné vzdálenosti od sebe. Dvě tělesa umístěná blízko sebe ovlivňují si navzájem obtékání, a tím i aerodynamické síly. Změnu těchto aerodynamických sil nazýváme interferencí. Interference mezi trupem a křídlem.

Středoplošník má nejmenší odpor a dolnoplošník má největší odpor. Velký odpor dolnoplošníku je z těchto důvodů. Trup je v oblasti zvýšené rychlosti nad křídlem a v koutu mezi křídlem a trupem se kombinuje vliv zúžení křídla s vlivem zúžení trupu - vzniká difusorový efekt (odr.22)



Obr.22

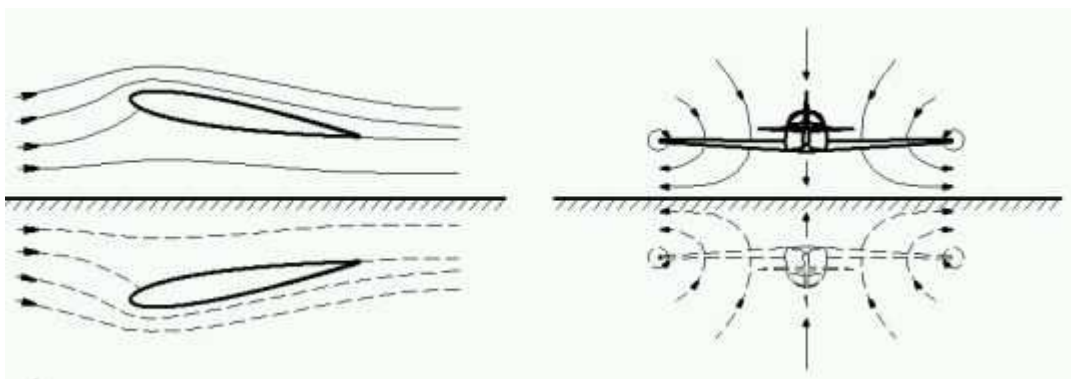
Podobné jevy jako mezi trupem a křídlem vznikají mezi gondolami motorů a křídlem. U vícemotorových letounů se první odtržení proudu na křídle objevuje zpravidla v oblasti gondol.

Interference křídel dvouplošníků

V tomto případě se interferenční odpor nezvětšuje proto, že se mění rychlost proudu. Konečnost rozpětí jednoho křídla zesiluje vlivy konečnosti rozpětí - indukovaný odpor a indukovaný úhel náběhu na druhém křídle. Nepříznivý vliv interference se zesiluje, přibližujeme-li obě křídla k sobě.

Interference mezi trupem a zemí

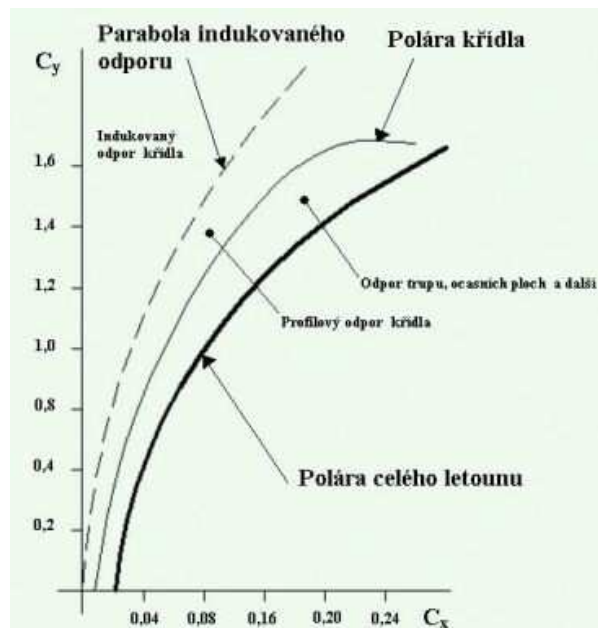
K tomuto jevu dochází při letu v blízkosti země. Blízkost země snižuje indukovaný odpor křídla. Křídlo v blízkosti země se chová podobně jako křídlo o větší štíhlosti daleko od země. Proto dochází k tzv. plování letounů s nízko položenými křídly v blízkosti země před přistáním.



Obr.23

Polára letounu

Polára letounu je diagram závislosti součinitele vztlaku c_y na součiniteli odporu c_x . Vytvoří se z poláry křídla přičtením vlivu trupu, gondol, ocasních ploch atd. a vlivu interference. Tyto vlivy znamenají obvykle pouze přídavný odpor (obr.24).



Obr.24

Příklady související s létáním:

1. Startující tryskové letadlo musí mít před vzletnutím rychlost nejméně 360 km/h. S jakým nejmenším konstantním zrychlením může startovat na rozjezdové dráze dlouhé 1,8 km ?

Řešení: $v=360\text{km/h}=100\text{m/s}$, $s=1,8\text{km}=1800\text{m}$

Pro rychlost v rovnoměrně zrychleného pohybu letadla v čase t (s nulovou počáteční

rychlostí) platí: $v = at$ odtud snadno vyjádříme čas t jako $t = \frac{v}{a}$. Za čas t letadlo urazí dráhu,

kteřá odpovídá délce rozjezdové dráhy s : $s = \frac{1}{2}at^2 = \frac{1}{2}a \frac{v^2}{a^2} = \frac{v^2}{2a}$. Z tohoto vztahu vyjádříme

zrychlení a jako $a = \frac{v^2}{2s} = \frac{10000}{2 \cdot 1800} = 2,78 \text{ m/s}^2$.

2. Přistávací rychlost velkého dopravního letadla (např. Airbus, Boeing aj.) je 240 km/h.

Letadlo dosáhne této rychlosti asi 10,0 s před dotekem podvozku s přistávací drahou, dalších 5,0 s poté, co se podvozek dotkne dráhy, vyrovnává se stabilita letadla a potom začne pilot účinně brzdit (pomocí klapek na křídlech, a pak obráceným chodem motorů, v poslední fázi i brzděním kol podvozku) a během 30,0 s letadlo zastaví. Předpokládejme, že ke snižování rychlosti dochází rovnoměrně s nabíhajícím časem.

- Jak daleko před začátkem přistávací dráhy je v ideálním případě letadlo v okamžiku, kdy dosáhlo předepsané přistávací rychlosti?
- Jakou dráhu urazí letadlo na přistávací dráze předtím, než začne brzdit?
- Stačí k přistání velkého dopravního letadla přistávací dráha délky 2,0 km?

Řešení:

$$v = 66,7 \text{ m/s}, \quad t_1 = 10,0 \text{ s}, \quad t_2 = 5,0 \text{ s}, \quad t_3 = 30 \text{ s}$$

$$\text{a) } s_1 = vt_1 = 66,7 \cdot 10,0 = 667 \text{ m}$$

$$\text{b) } s_2 = vt_2 = 66,7 \cdot 5 = 333,5 \text{ m}$$

$$\text{c) } s_3 = \frac{1}{2} at_3^2 = \frac{1}{2} \frac{v}{t_3} t_3^2 = \frac{1}{2} vt_3 = 1000,5 \text{ m}$$

Letadlo brzdí po dobu 30 s na trase 1 000,5 m, celkem tedy ujede po ranveji 1333,5 m \Rightarrow délka ranveje 2,0 km stačí k přistání tohoto letadla.

3. Navrhněte balon kulového tvaru plněný heliem (klasický aerostat), který má sloužit k výstupu do výšky $h = 1\,500 \text{ m}$. Předpokládaná hmotnost konstrukce balonu (bez plynové náplně) a zátěže je $m_b = 1\,200 \text{ kg}$. Balon bude mít ve spodní části otvor, který umožní vyrovnávat tlaku s okolním atmosferickým tlakem (jinak by mohl aerostat po výstupu působením přetlaku prasknout).

Pro zjednodušení předpokládejte, že teplota vzduchu $t_0 = 20,0 \text{ }^\circ\text{C}$ se s výškou nemění a tlak se mění podle barometrické rovnice z počáteční hodnoty $p_{a0} = 1,01 \cdot 10^5 \text{ Pa}$.

- Určete potřebný objem V balonu, jeho poloměr r a hmotnost m_{He} heliové náplně pro výšku $h_0 = 0$.
- Jaký bude relativní úbytek hmotnosti helia po výstupu do výšky h , jestliže ve výšce $h_0 = 0$ byl celý objem V balonu vyplněn heliem o tlaku $p_{a0} = 1,01 \cdot 10^5 \text{ Pa}$ a teplotě $t_0 = 20 \text{ }^\circ\text{C}$ okolního vzduchu?

Při řešení předpokládejte, že termodynamické děje, při nichž se bude rovnoměrně vyrovnávat tlak helia s tlakem okolního vzduchu, probíhají dostatečně pomalu a že přitom nebude do balonu vnikat vzduch.

Molární hmotnost vzduchu $M_m = 28,96 \cdot 10^{-3} \text{ kg} \cdot \text{mol}^{-1}$, molární hmotnost helia

$M_{He} = 4,003 \cdot 10^{-3} \text{ kg} \cdot \text{mol}^{-1}$. Předpokládejte konstantní tíhové zrychlení $g = 9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$.

Řešení

a) Ve výšce h musí nastat rovnováha tíhových sil se vztlakovou silou. Označíme-li m_v hmotnost vzduchu vytlačeného balonem o objemu V ve výšce h a m_{He} hmotnost heliové náplně v této výšce, musí podle Archimedova zákona platit: $(m_v - m_{He} - m_b)g = 0$.

Hmotnosti plynů ve výšce h určíme užitím stavové rovnice:

$$m_v = \frac{p_a V M_m}{RT_0}, \quad m_{He} = \frac{p_a V M'_{He}}{RT_0},$$

kde pro tlak vzduchu i helia ve výšce h podle barometrické rovnice platí:

$$p_a = p_{a0} e^{-\frac{\rho_v g h}{p_{a0}}} = p_{a0} e^{-\frac{M_m g h}{RT_0}}$$

Pak z podmínky rovnováhy sil vychází: $\frac{V}{RT_0} (M_m - M'_{He}) p_a = m_b$, neboli potřebný objem

$$\text{balonu je } V = \frac{m_b RT_0}{(M_m - M'_{He}) p_{a0}} e^{\frac{M_m g h}{RT_0}} = 1380 \text{ m}^3$$

$$\text{a jeho poloměr je } r = \sqrt[3]{\frac{3V}{4\pi}} = 6,91 \text{ m}$$

Hmotnost helia ve výšce $h=0$ je dána stavovou rovnicí pro vypočtený objem V :

$$m_{He} = \frac{p_{a0} V M'_{He}}{RT_0} = 229 \text{ kg}$$

b) úbytek hmotnosti helia ve výšce h bude úměrný úbytku tlaku:

$$\Delta m_{He} = m_{He} - m'_{He} = \frac{V M'_{He}}{RT_0} (p_{a0} - p_a) = \frac{p_{a0} V M'_{He}}{RT_0} \left(1 - e^{-\frac{M_m g h}{RT_0}}\right),$$

$$\frac{\Delta m_{He}}{m_{He}} = 1 - e^{-\frac{M_m g h}{RT_0}} = 0,160$$

Další příklady související s létáním (neřešené):

1. Letadlu startujícímu z mateřské lodi je katapultovacím zařízením udělena rychlost 180 km.h⁻¹. Jak velká průměrná síla působí během startu na letadlo, je-li hmotnost letadla 15 t? Start trvá 2 s. [F = 375 kN]
2. Letadlo se pohybuje po kruhové dráze o poloměru 100 m ve svislé rovině rychlostí 280 km/h. Určete, jakou silou působí letec hmotnosti 80 kg na sedadlo v dolním a horním bodě dráhy. [Nd = 5 624 N, NH = 4 055 N]
3. Balon ve tvaru koule o poloměru $r = 6,00$ m je naplněn heliem o tlaku $p = 1,09 \cdot 10^5$ Pa a teplotě $t = 18,0$ °C. Okolní vzduch má tlak $p_a = 987$ hPa a stejnou teplotu. Obalová tkanina má plošnou hustotu hmotnosti $\mu = 250$ g · m⁻², gondola se zátěží má hmotnost $m_0 = 500$ kg. Za normálních fyzikálních podmínek ($p_n = 1,01 \cdot 10^5$ Pa, $t_n = 0$ °C) má helium hustotu $\rho_{He} = 0,178$ kg · m⁻³, vzduch hustotu $\rho_v = 1,29$ kg · m⁻³. Vypočtěte velikost počáteční vztlakové síly F_{vz} , počáteční urychlující síly F_0 a počátečního zrychlení a balonu.

Použité zdroje :

1. Jame's Prunier – Malá kronika letectví
2. Nakladatelství Readest Digest Výběr – Velká encyklopedie letadel
3. „Materiály bývalého studenta oboru LETECKÝ MECHANIK“ – Teorie aerodynamiky
4. Open source encyklopedie Wikipedia:
http://cs.wikipedia.org/wiki/Hlavn%C3%AD_strana