



mpc
METODICKO-PEDAGOGICKÉ CENTRUM



Európska únia
Európsky sociálny fond

Moderné vzdelávanie pre vedomostnú spoločnosť / Projekt je spolufinancovaný zo zdrojov EÚ

RNDr. Anna Zubáková

Využitie e-laboratórií pri výučbe témy Vlastnosti kvapalín a plynov

Osvedčená pedagogická skúsenosť edukačnej praxe

Banská Bystrica
2015

Vydavateľ: Metodicko-pedagogické centrum, Ševčenkova 11,
850 01 Bratislava

Autor OPS/OSO: RNDr. Anna Zubáková

Kontakt na autora: Stredná priemyselná škola stavebná Oskara Winklera - Winkler
Oszkár Építőipari Szakközépiskola, B. Němcovej 1, 984 15 Lučenec
azubakova@gmail.com

Názov OPS/OSO: Využitie e-laboratórií pri výučbe témy Vlastnosti kvapalín a plynov

Rok vytvorenia OPS/OSO: 2015
XV. kolo výzvy

Odborné stanovisko vypracoval: Mgr. Ivana Medved'ová

Za obsah a pôvodnosť rukopisu zodpovedá autor. Text neprešiel jazykovou úpravou.

Táto osvedčená pedagogická skúsenosť edukačnej praxe/osvedčená skúsenosť odbornej praxe bola vytvorená z prostriedkov národného projektu Profesionálny a kariérový rast pedagogických zamestnancov.

Projekt je financovaný zo zdrojov Európskej únie.

Kľúčové slová

E-laboratórium, vzdialene ovládané experimenty, vzdialene ovládané laboratórium, diaľkovo ovládané laboratóriá, RCLs, virtuálne experimenty, virtuálne laboratórium, fyzikálne meranie, laboratórne cvičenie, teoretické cvičenie.

Anotácia

Osvedčená pedagogická skúsenosť (ďalej „OPS“) je určená učiteľom fyziky stredných škôl akéhokoľvek zamerania. Niektoré jej časti môžu poslúžiť pri výučbe fyziky aj učiteľom vyšších ročníkov základných škôl. Týka sa predmetu fyzika zo vzdelávacej oblasti Človek a príroda. Poznatky z nej sú aplikovateľné hlavne v rozširujúcom voliteľnom module Vlastnosti kvapalín a plynov, čiastočne aj v základnom tematickom celku Mechanika.

Akreditované programy kontinuálneho vzdelávania

Názov akreditovaného vzdelávacieho programu KV

Číslo akreditovaného
vzdelávacieho programu KV

Aktivizujúce a motivujúce stratégie vo vyučovaní fyziky
Experimenty vo vyučovaní fyziky na strednej škole

985/2012-KV
1107/2013-KV

OBSAH

ÚVOD	5
1 OPIS OSVEDČENEJ PEDAGOGICKEJ SKÚSENOSTI	7
2 ODPOROVÁ SILA PROSTREDIA	9
2.1 Zaradenie témy	9
2.2 Výučba témy	10
2.3 Meranie prostredníctvom vzdialeného e-laboratória.	15
2.4 Pracovné listy k meraniu	18
2.5 Doplnkové úlohy	19
2.6 Náhradná forma (teoretické cvičenie)	20
3 POHĽAD UČITEĽA Z PRAXE	23
3.1 Komentáre k použitým učebným materiálom	23
3.2 Realizácia cvičení	26
ZÁVER	31
ZOZNAM BIBLIOGRAFICKÝCH ZDROJOV	32
ZOZNAM PRÍLOH	33

ÚVOD

Fyzika je jedným z nosných prírodovedných predmetov, ktoré približujú žiakom zákonitosti fungovania prírody a možnosti ich využitia vo vede, technike aj bežnom živote človeka. Jej výučba má u žiakov podporovať aj hodnotové a morálne hľadiská výchovy, ku ktorým patrí najmä objektivita a pravdivosť poznania.

Predpokladom jej úspešného štúdia v každom stupni vzdelávania je dôsledné pochopenie fyzikálnych javov a zákonitostí, ktorými sa riadia. Nielen bezduché memorovanie známych zákonov a vzorcov. Tomu majú byť prispôsobené aj vyučovacie metódy, prostredníctvom ktorých učiteľ sprístupňuje žiakom preberané témy. Mali by to byť metódy, ktoré vedú žiakov k aktivite, samostatnosti a tvorivosti. Podnecujú k využitiu nadobudnutých poznatkov v nových (pre nich neštandardných) situáciách. Metódy, ktoré upevňujú schopnosť správne analyzovať situácie, chápať problémy – hľadať ich riešenia, robiť závery a následne ich využiť v prospech vlastného rozvoja a sebazdokonaľovania.

Technické vybavenie väčšiny škôl je v dnešnej dobe už na takej úrovni, že umožňuje využívať bežne dostupné prostriedky IKT technológií na vyučovaní ktoréhokolvek predmetu. Počítač, dataprojektor a pripojenie na internet sa postupne stávajú bežnou súčasťou vybavenia tried aj odborných učební.

Ak učiteľ dokáže vhodne využiť a skombinovať teoretické poznatky didaktiky fyziky spolu s možnosťami, ktoré ponúkajú IKT technológie, môže realizovať výučbu fyziky efektívne, efektne aj zaujímavo. Je to možné aj napriek neprímerane nízkej hodinovej dotácii, ktorá je vyhradená pre tento vyučovací predmet v štátnych vzdelávacích programoch.

Aktivity sprístupnené v tejto OPS som realizovala na vyučovaní fyziky v prvom ročníku študijných odborov SPŠSOW v Lučenci (skupiny žiakov zo študijných odborov stavebníctvo, geodézia a kartografia). V práci sú ukážky pracovných listov, úloh aj zadaní, ktoré som vypracovala, moje skúsenosti z reálne prevedenej edukačnej praxe. Pozitíva aj negatíva, s ktorými som sa stretla pri realizácii výučby fyziky prostredníctvom e-laboratórií (virtuálnych aj reálnych vzdialených e-laboratórií). Doplnené sú odporúčania pre kolegov, ktorí sa rozhodnú využívať popísané možnosti a materiály v rámci svojho vyučovacieho procesu.

Hlavným cieľom OPS je poskytnúť učiteľom námet na efektívnu a ekonomicky nenáročnú prácu prostredníctvom špičkových meracích zariadení vybraných univerzít. Ukázať, ako možno využitím bežne dostupných prostriedkov IKT pozitívne motivovať žiakov v ktoromkoľvek type školy.

Čiastkové ciele sú:

- dokázať, že aktívnym využívaním bežne dostupných prostriedkov IKT je možné efektívne a ekonomicky nenáročne realizovať laboratórne cvičenia z fyziky,
- ukázať možnosť využitia medzi predmetových vzťahov vo vyučovacom procese tak, aby si žiaci jasne uvedomili ich vzájomné súvislosti (interdisciplinarita najmä so všeobecnovzdelávacími predmetmi NEJ, ANJ, INF, MAT, ...),
- ukázať prepojenie fyziky s bežným životom ľudí.

Cielovou skupinou sú učitelia vyššieho a čiastočne aj nižšieho stredného vzdelávania. Vzdelávacia oblasť Človek a príroda, vyučovací predmet fyzika. Tematicky je pokrytý hlavne rozširujúci voliteľný modul Vlastnosti kvapalín a plynov. Ústrednou témou je meranie odporovej sily prostredia prostredníctvom vzdialeného e-laboratória.

OPS je rozdelená do troch kapitol. V prvej sú podrobnejšie popísané okolnosti, ktoré viedli k vzniku OPS, jej prínosy pre procesy výchovy a vzdelávania.

Nosnou časťou práce je druhá kapitola s názvom „Odporová sila prostredia“. V jej šiestich podkapitolách sú sprístupnené informácie o možnosti zaradenia témy do výučby fyziky na rôznych stupňoch vzdelania a rôznych typoch škôl podľa aktuálnych ŠVP, popísaný spôsob jej výučby, meranie prostredníctvom RCLs laboratória. Ukážky použitých pracovných listov, zostavených kvalitatívnych aj kvantitatívnych fyzikálnych úloh spolu s ukázkami žiackych riešení.

Tretia kapitola približuje pohľad učiteľa z praxe. Sú v nej moje komentáre k používaným edukačným materiálom, skúsenosti s ich aplikáciou priamo vo vyučovacom procese. Postrehy a odporúčania pre učiteľov, ktorých daná téma a spôsob výučby osloví natoľko, že sa rozhodnú zaradiť ju do výučby fyziky v škole, kde pôsobia.

1 OPIS OSVEDČENEJ PEDAGOGICKEJ SKÚSENOSTI

Tematické zameranie výzvy:

Skúsenosti s uplatňovaním nových progresívnych metód a foriem práce vo výchovno-vzdelávacej činnosti.

Kontext a rámec:

Mnohé školy v súčasnosti sú dobre vybavené prostriedkami IKT. Majú dostatočný počet učební VT, PC s pripojením na internet a dataprojektorov na to, aby umožnili svojim učiteľom realizovať vyučovací proces na úrovni dnešnej doby a žiakom moderne sa vzdelávať.

Niektoré európske univerzity (aj špičково technicky vybavené stredné školy) sprístupňujú svoje meracie zariadenia on-line formou. Vytvárajú vzdialené e-laboratóriá (RCLs), prostredníctvom ktorých je možné robiť reálne experimenty „na diaľku“. Meracie zariadenia umiestnené na ich pracoviskách ovládajú užívatelia (žiaci) prostredníctvom počítačov a internetu, hoci fyzicky nie sú prítomní v laboratóriu, ale na ktoromkoľvek inom mieste vo svete. Ďalší autori vytvárajú interaktívne simulácie fyzikálnych dejov. Dokážu zostaviť virtuálne prostredie v takej kvalite, že môže slúžiť ako „meracie zariadenie“. Využívanie vzdialených e-laboratórií, aj interaktívnych simulácií v rámci výučby fyziky, je bezplatné.

Škola, v ktorej učím, má veľmi dobré vybavenie prostriedkami IKT. Vedenie školy dokáže organizačne zabezpečiť výučbu tak, aby učiteľ, ktorý má záujem aktívne zavádzať nové technológie a učebné postupy do výučby, mohol tvorivo pracovať. Aktívne využívam tieto možnosti. V rámci výučby fyziky sa snažím zosúladiť reálny stav vybavenia školy a záujem žiakov o IKT. Do toho, čo predpisuje ŠVP pre fyziku SOŠ a ŠkVP našej školy, systematicky vkladám aktuálne možnosti ponúkané e-laboratóriami vybraných európskych univerzít.

Aktivity, ktoré budú podrobnejšie popísané v OPS, som realizovala v rámci vyučovania fyziky v študijnom odbore stavebníctvo so žiakmi prvých ročníkov. Praktické cvičenie so žiakmi bežnej triedy, teoretické cvičenie aj so žiakmi športovej triedy študujúcimi odbor zameraný na stavebníctvo. Vzhľadom na nosnú tému „Meranie odporovej sily vo veternom (aerodynamickom) tuneli“, možno námet na laboratórne cvičenie a skúsenosti s jeho realizáciou prostredníctvom vzdialeného e-laboratória, využiť aj na ktorejkoľvek inej strednej škole akéhokoľvek zamerania. Učivo tematicky spadá do rozširujúceho voliteľného modulu „Vlastnosti kvapalín a plynov“, prípadne základného tematického celku „Mechanika“. Zaradenie témy, rozsah využitia pracovných listov a na ne nadväzujúcich kvalitatívnych aj kvantitatívnych úloh, závisí od ŠkVP konkrétnej školy.

Od učiteľa sa očakáva priemerná zručnosť pri práci s Wordom, Excelom a internetom. Žiaci majú mať vedomosti z fyziky a zručnosti vo využívaní IKT na úrovni absolventa základnej školy.

Špecifikácia cieľovej skupiny:

- podkategória pedagogických zamestnancov : učiteľ vyššieho stredného vzdelávania,
- vzdelávacia oblasť: človek a príroda,
- škola: nižšie ročníky strednej školy,
- prierezové témy: osobnostný a sociálny rozvoj, mediálna gramotnosť, tvorba projektu a prezentačné zručnosti, ochrana života a zdravia,
- vyučovací predmet: fyzika,
- základný tematický celok: Mechanika,
- rozširujúci voliteľný modul: Vlastnosti kvapalín a plynov.

Prínos pre učiteľov:

- rôzne verzie spracovaných námetov na netradičné laboratórne cvičenie,
- návody, odporúčania a námety na tvorbu vlastných zadaní na laboratórne cvičenia,
- námety na tvorbu vlastných úloh, ktorých kontexty vychádzajú z realizovaných meraní.

Prínos pre žiakov (ak učiteľ bude pracovať s materiálmi uvedeného typu):

žiak získa schopnosť

- rozvíjať si fyzikálne (logické) myslenie,
- chápať interdisciplinárny charakter výučby,
- čítať s porozumením súvislé texty obsahujúce čísla, závislosti, vzťahy a odborné termíny,
- čítať s porozumením nesúvislé texty obsahujúce tabuľky, grafy, animácie,
- používať rôzne spôsoby reprezentácie fyzikálneho obsahu,
- pracovať s návodmi a tvoriť ich,
- analyzovať problémové situácie, navrhovať riešenia, zvažovať ich výhody aj nevýhody,

iné kompetencie

- spôsobilosť triediť informácie a primerane kriticky ich hodnotiť,
- na základe získaných informácií formulovať jednoduché uzávery,
- na základe stanovených kritérií posúdiť rôzne riešenia a ich kvalitu,
- kultúrovane prezentovať svoje produkty a názory,
- poznať základy jednoduchej argumentácie a vedieť ich použiť na obhájenie vlastného postoja, využívať rôzne typy prezentácií,
- aplikovať vhodnú formálnu štruktúru na prezentáciu výsledkov svojho výskumu,
- aktívne sa zúčastňovať diskusie, slušne formulovať svoje názory (asertívne správanie),
- ovládať užívateľské operácie na PC na úrovni spotrebiteľa, vedieť ich primerane interpretovať (vnímať digitálnu gramotnosť ako východisko pre celoživotné vzdelávanie),
- aktívne rozvíjať svoju tvorivosť, logické myslenie,
- spôsobilosť pracovať v tíme.

2 ODPOROVÁ SILA PROSTREDIA

V dnešnej dobe je využívanie automobilu, ako osobného dopravného prostriedku, samozrejmosťou v živote prevažnej väčšiny ľudí. Vedieť ho ovládať (vlastniť vodičský preukaz) sa postupne stáva ďalšou gramotnosťou bežného človeka.

Lyžovanie, bicyklovanie sú športy, ktoré sa medzi ľuďmi tešia veľkej obľube – ovláda ich takmer každý človek aspoň na minimálnej amatérskej úrovni. Čoraz viac priaznivcov, hlavne z radov mladých ľudí, majú rôzne adrenalinové športy (rafting, motocross, ...).

Taktiež v iných kolektívnych (futbal, hokej, ...) aj individuálnych (parašutizmus, plávanie, jachting, ...) športoch je potrebné počítať aj s odporovou silou prostredia a poznať elementárne zákonitosti prúdenia tekutín (pohyb lopty – „falše“, ...).

2.1 Zaradenie témy

Rozvoj automobilizmu priniesol so sebou nielen zvýšenie pohodlia človeka, ale má nepopierateľne aj svoje negatívne dopady – hlavne na životné prostredie (hlučnosť, emisie, ...),

Nemenej dôležitá je aj efektívnosť a ekonomická náročnosť (nenáročnosť) prevádzky motorového vozidla. Na spotrebu pohonných hmôt a množstvo produkovaných emisií sa kladie čím ďalej, tým väčší dôraz. Výrobcovia, ktorí sa chcú presadiť na automobilovom trhu, sa snažia pri svojich modeloch znižovať spotrebu aj tvorbu emisií. Sajdl [5] konštatuje: „V posledných rokoch rozširuje väčšina automobiliek svoj výrobný program o tzv. ekologické verzie. Spravidla sa jedná o sériové vozidlo, ktoré bolo optimalizované z hľadiska prevodov, hmotnosti a jazdných odporov. Práve optimalizácia aerodynamiky je jednou z ciest ako znížiť spotrebu“. Podobne uvádza aj Markovič [3]: „Spotreba pohonných hmôt hrá na automobilom trhu v dobe rastúcich cien ropných produktov čím ďalej dôležitejšiu rolu. Výrobcovia sa predbiehajú autami so stále nižšou spotrebou paliva a nižšími emisiami. Vďaka tomu v poslednej dobe znovuobjavili aerodynamiku.“

Pri akomkoľvek druhu športu je potrebné vhodne využívať a rešpektovať fyzikálne zákonitosti, aby mohol športovec dosiahnuť čo najlepšie výsledky pri čo najmenšej miere rizika.

ŠVP stanovujú všeobecné ciele, kľúčové kompetencie a rámcový obsah vzdelania. Je v kompetencii školy tento základ modifikovať tak, ako si to vyžadujú jej špecifické podmienky. V rámci súčasne platných ŠVP možno uvedenú tému zaradiť nasledovne:

ŠVP fyzika ISCED 3 (Gymnázia 2009) – Sila a pohyb (dôvody zmien rýchlosti pohybu, pohyb telesa vo vzduchu a kvapaline), Vlastnosti kvapalín a plynov (ako prúdia tekutiny)

ŠVP pre ŠO SOŠ (2013) – rozširujúci voliteľný modul Vlastnosti kvapalín a plynov alebo základný tematický celok Mechanika (rôzne druhy síl, pohybový stav telesa)

ŠVP pre 3-ročné UO (SOU 2013) – základný tematický celok Mechanika.

ŠVP pre ZŠ – Mechanika (rôzne druhy síl, pohybový stav telesa, ...) rozširujúce učivo, krúžok s fyzikálnym zameraním.

V našej škole sme tému zaradili do rozširujúceho voliteľného modulu Vlastnosti kvapalín a plynov, kde okrem hydrostatiky máme zaradené aj základy hydrodynamiky (rovnica kontinuity, Bernoulliho rovnica, odporová sila prostredia).

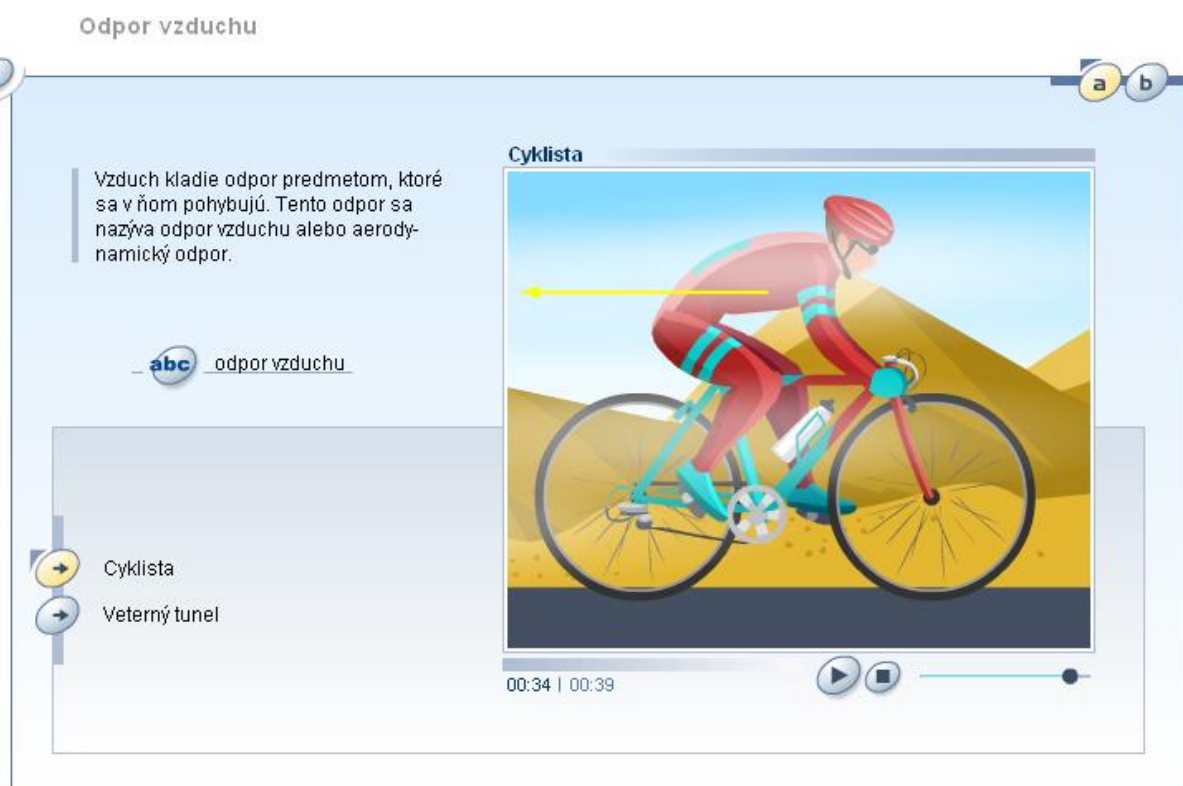
2.2 Výučba témy

Počas vyučovania som používala viaceré metódy aj formy práce, ale najčastejšie si žiaci osvojovali látku prostredníctvom riadeného skúmania (konštruktivistická metóda).

Pracovali sme s rôznymi edukačnými materiálmi z rôznych zdrojov. Základ však tvorili interaktívne materiály, ktoré sú k dispozícii v Planéte vedomostí (PV). Prostredníctvom interaktívnych simulácií žiaci skúmali závislosť odporovej sily prostredia od jeho zloženia a stavby telesa, ktoré sa v danom prostredí pohybuje.

Učebné materiály som vyberala z dvoch učiteľských a dvoch žiackych lekcií fyziky (Odpor vzduchu – úroveň 2 aj úroveň 3). Spolu som ich skombinovala tak, aby tvorili súvislý celok. Pracovali sme s nimi na vyučovaní spoločne prostredníctvom portálu www.planetavedomosi.iedu.sk. Následne žiaci doma pokračovali v práci na jednotlivých zadaniach, riešili kvalitatívne aj kvantitatívne úlohy.

Kompletne zostavený učebný materiál sa skladal zo šiestich vzdelávacích objektov typu Cvičenie – úloha, umiestnených na šiestich samostatných stránkach. Na prvej s názvom Odpor vzduchu sú dva vzdelávacie materiály a jedna úloha. Vo videu je na pohybujúcom sa cyklistovi demonštrovaný vznik odporovej sily prostredia (Obrázok 1) a kvalitatívne znázornená jej závislosť od rýchlosti pohybu cyklistu. Obrázok veterného tunela spolu s jeho popisom približuje žiakom v akom prostredí a akým spôsobom sa skúma odpor vzduchu. Na záver cvičenia je úlohou žiakov na troch obrázkoch fyzikálne analyzovať pohyb padajúcej lopty (pôsobiace sily, druh pohybu).



Obrázok 1 Odpor vzduchu pôsobiaci na cyklistu

Prameň: internetový zdroj [4]


Druhá stránka (Výpočet sily odporu vzduchu) umožní žiakovi získať názornú predstavu o veľkosti odporovej sily prostredia, čelnej plochy a tvarového koeficientu niektorých automobilov. Tieto údaje (spolu s obrázkami) sú uvedené pri piatich rôznych modeloch áut pohybujúcich sa rýchlosťou 50km/hod. Žiak si modely áut nastavuje posuvníkom v ľavej hornej časti materiálu. Údaje pre automobil Toyota Land Cruiser sú na obrázku 2.

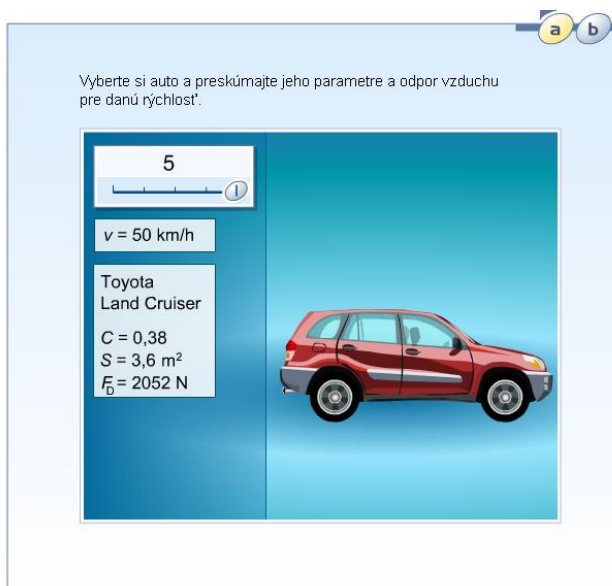
Výpočet sily odporu vzduchu

Silu odporu vzduchu možno vypočítať pomocou nasledujúceho vzťahu:

$$F_0 = 0,5 C \rho S v^2$$

kde C je tvarový koeficient,
 ρ – hustota vzduchu,
 S – čelná plocha,
 a v – rýchlosť.

 Hustota vzduchu a rekordy



Výberte si auto a preskúmajte jeho parametre a odpor vzduchu pre danú rýchlosť.

5

v = 50 km/h

Toyota Land Cruiser

C = 0,38
 S = 3,6 m²
 $F_0 = 2052 \text{ N}$

Obrázok 2 Charakteristické údaje automobilu Toyota Land Cruiser

Prameň: internetový zdroj [4]

Získané vedomosti si žiaci overia riešením úlohy na podstránke b materiálu. Počítajú odporovú silu vzduchu, ktorá pôsobí na skokana na lyžiach. Úlohu som pri zadávaní materiálu považovala za pomerne jednoduchú a v škole počas vyučovania som ju neanalyzovala. Žiaci ju mali vyriešiť v rámci domácej prípravy. Podrobnejší komentár k úlohe je v podkapitole 3.1.

V prevažnej väčšine materiálov PV sú žiakom sprístupňované aj rôzne zaujímavosti, alebo príklady z reálneho života, ktoré sa nejakým spôsobom viažu na preberané učivo. Napríklad v predchádzajúcom študijnom materiáli pod názvom Hustota vzduchu a rekordy, je uvedený nasledujúci text: „V nadmorskej výške Mexico City (2 250 m.n.m) je hustota vzduchu približne o 20% nižšia ako na úrovni mora. Toto naznačuje, že odpor vzduchu je tiež asi o 20% menší. Toto je dôvod, prečo počas Olympijských hier v r. 1968 v Mexiku Bob Beamon dokázal nastoliť rekord v skoku do diaľky skokom dlhým 8,9 m - rekord, ktorý zostal neprekonaný viac ako 20 rokov!“ Doplnujúce informácie tohto typu v učebných materiáloch rozširujú všeobecný rozhľad žiakov a majú na nich výrazne pozitívny motivačný vplyv. Sú zaujímavé pre väčšinu žiakov akéhokolvek odborného zamerania. Žiakom v športových triedach (ktorí zvyčajne nemajú veľmi pozitívny prístup k fyzike – považujú ju za „zbytočnosť, s ktorou sa nikde v živote nestretnú“ a poznatky z nej „nebudú nikdy potrebovať“) ukážu, ako existujúce fyzikálne zákonitosti priamo ovplyvňujú reálny život človeka. Kde všade, vrátane športu, by mali ľudia s ich pôsobením počítať.

Učebné materiály na prvé dve stránky som vyberala z fyziky úrovne 2. Na zvyšných štyroch stránkach sú materiály zaradené do úrovne 3 – lekcia Odpor vzduchu. Vzhľadom na široký rozsah, akým je problematika prezentovaná v danej lekcii a časovú dotáciu vymedzenú tejto téme v ŠkVP našej školy, som použila len niektoré jej časti. Žiaci sa nezaoberali vzťahom medzi odporom vzduchu a dráhou pohybu (vplyv bočného vetra na pohyb telesa), ani zmenou trajektórie pohybu telesa vplyvom odporu vzduchu (balistická krivka).

Cvičenie – úloha na tretej stránke (Odpor prostredia a koeficient odporu prostredia) má tri podstránky a, b, c. Na podstránke a (Obrázok 3) je video v ktorom sa porovnávajú telesá s rovnakými prierezovými plochami a odlišným tvarom. Zavádza sa pojem koeficient odporu prostredia (C_o) a spôsob jeho určovania v praxi. Problematike zavedenia a používania tohto pojmu v rámci výučby uvedenej témy na fyzike v porovnaní s bežným životom, sa venujem v podkapitole 3.1.

Odpor prostredia a koeficient odporu prostredia

a b c

Odpor prostredia je vyjadrený vzťahom:

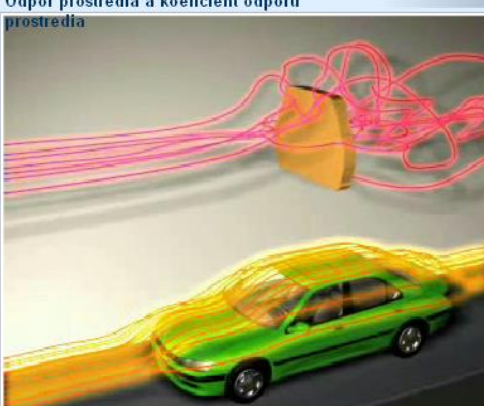
$$F_o = \frac{1}{2} C_o \rho S v^2$$

kde:

- C_o – koeficient odporu prostredia,
- ρ – hustota prostredia,
- S – prierezová plocha telesa,
- v – rýchlosť telesa.

koeficient odporu prostredia

Odpor prostredia a koeficient odporu prostredia



00:23 | 00:33

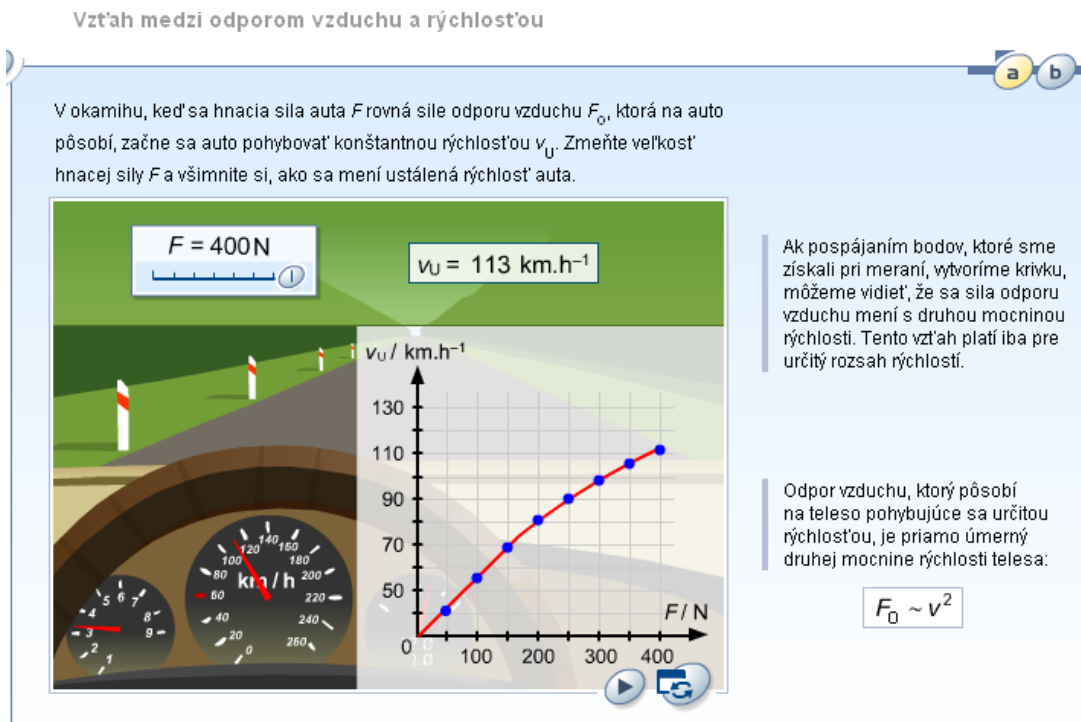
Obrázok 3 Zavedenie pojmu koeficient odporu prostredia

Prameň: internetový zdroj [4]

Na podstránke b sú obrázky rôznych typov telies s ktorými sa bežne v živote stretávame a im prislúchajúce hodnoty C_o . Žiak získa názornú predstavu o veľkosti C_o v spojitosti s tvarom telesa. Na poslednej podstránke je úloha (Príloha 16, úloha 1), komentár k nej je v podkapitole 3.2.

Na zvyšných stránkach zostaveného učebného materiálu sú interaktívne simulácie, ktoré umožňujú žiakom postupnou zmenou nastavenia rôznych parametrov skúmať ich vplyv na veľkosť odporovej sily prostredia. Žiak manipuluje s predmetmi, nastavuje podmienky, ktoré ovplyvňujú prebiehajúci fyzikálny dej, pozoruje postupné zmeny fyzikálnych veličín - skúma príčinu a jej následok. Takto, vo virtuálnom prostredí, rieši konkrétne „reálne“ problémy a postupne si modeluje predstavu o veľkosti odporovej sily vzduchu. Pri tomto type výučby berie do úvahy nové informácie a porovnáva ich s predchádzajúcimi poznatkami, sám si vytvára porozumenie – aktívne používa tvorivé myslenie.

V simulácii na štvrtej stránke učebného materiálu (Vzťah medzi odporom vzduchu a jeho rýchlosťou) žiak mení rýchlosť hnacej sily auta (F) a na tachometri pozoruje zmenu rýchlosti (v_U). Uvedené fyzikálne veličiny sa automaticky zobrazia na grafe. Veľkosť hnacej sily možno nastaviť posuvníkom v rozsahu od 50N do 400N, zodpovedajúce rýchlosti sú v rozmedzí od 40 km/h do 113 km/h (Obrázok 4).



Obrázok 4 Závislosť F od rýchlosti pohybu telesa

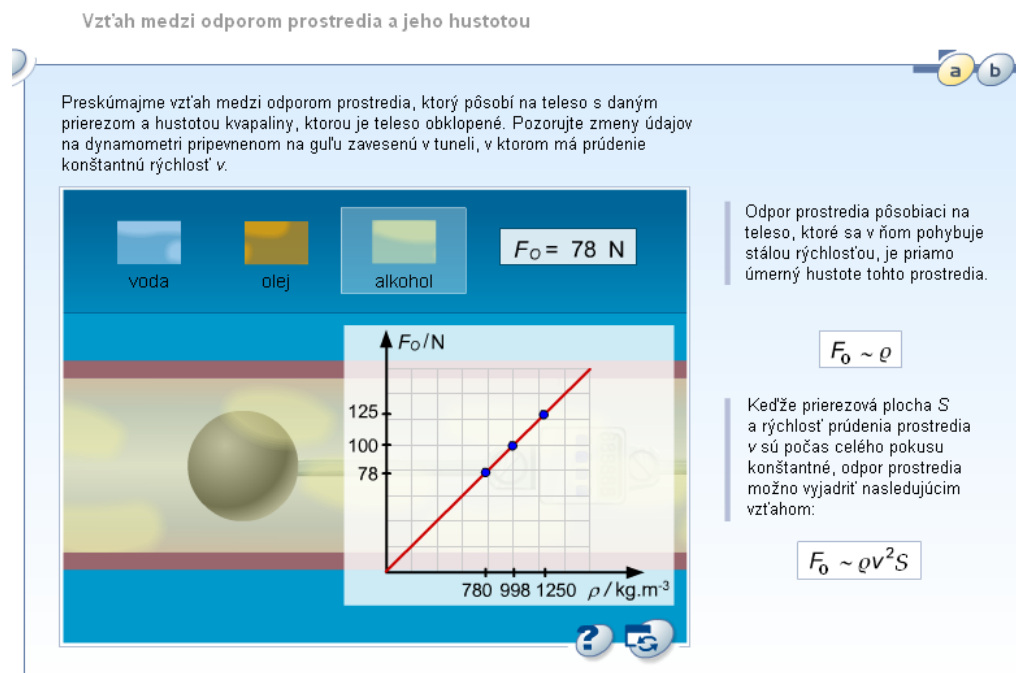
Prameň: internetový zdroj [4]

V úlohe na druhej podstránke žiak porovnáva výkony motorov dvoch automobilov (Príloha 16, úloha 2), komentár – podkapitola 3.2.

Vo výkladovej časti piatej stránky zostaveného učebného materiálu (Vzťah medzi odporom vzduchu a plochou prierezu telesa) je video a simulácia. Video má motivačný charakter, zachytáva historický vývoj skokov s padákom. V simulácii žiaci menia (nastavujú) povrchové plochy troch padákov tak, aby boli ustálené rýchlosti padajúcich telies, modelujú si tým predstavu závislosti odporovej sily prostredia od prierezovej plochy pohybujúceho sa telesa. Problémovú úlohu s uvedeným námetom riešia v úlohe na druhej podstránke. Počítajú koľko padákov vhodných na zhodenie džípov musí použiť letecká jednotka, ktorá má prostredníctvom nich dopraviť na ostrov tank. Úloha oslovila najmä niektorých chlapcov v triedach, kde som tento materiál používala na vyučovaní a úloha bola súčasťou domáceho zadania.

Posledná – šiesta – stránka zostaveného učebného materiálu je venovaná vplyvu prostredia na odporovú silu (Vzťah medzi odporom prostredia a jeho hustotou). Žiaci prostredníctvom simulácie skúmajú vzťah medzi odporom prostredia, ktorý pôsobí na teleso tvaru gule a hustotou kvapaliny v ktorej sa guľa pohybuje. Menia tekutinu v potrubí (tuneli) a prostredníctvom dynamometra sledujú pôsobiacu silu. Po výmene

všetkých tekutín, ktoré sú k dispozícii, sa zobrazí graf závislosti pôsobiacej sily od hustoty tekutiny (Obrázok 5).



Obrázok 5 Závislosť F od hustoty prostredia

Prameň: internetový zdroj [4]

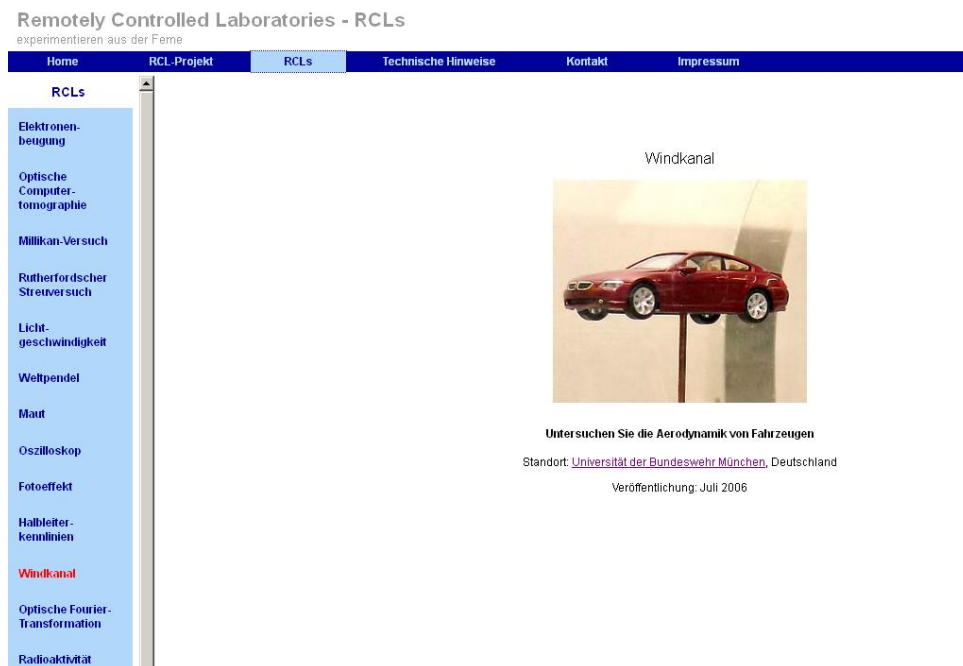
Na podstránke b je jednoduchá kvalitatívna úloha. Žiaci majú zobrazené prostredia zoradiť podľa veľkosti odporu, ktorým pôsobia na teleso pohybujúce sa v nich konštantnou rýchlosťou.

Pri používaní učebných materiálov z PV je niekedy potrebné zosúladiť terminológiu, alebo aspoň upozorniť žiakov na rôzne pomenovania totožnej fyzikálnej veličiny, prípadne fyzikálneho javu. Rovnako sa môže stať, že v učebných materiáloch PV sa vyskytujú pojmy, ktoré nie sú zaužívané v našej školskej fyzike. Tieto problémy sa vyskytnú hlavne vtedy, keď učiteľ kombinuje učebné materiály z rôznych úrovní. Vo vyššie uvedenom táto situácia nastala pri pomenovaní konštanty C_0 . V učebných materiáloch, ktoré som vyberala z lekcie Odpor vzduchu (úroveň 2) sa používa pojem „tvarový koeficient“ s označením C . V rovnomennej lekcii úrovne 3 sa už pracuje s pojmom „koeficient odporu prostredia“ a označuje sa C_0 . V staršej odbornej literatúre sa možno stretnúť aj s názvom súčiniteľ odporu a v technickej praxi je pomerne zaužívaný názov drag koeficient (Drag Coefficient). Pri výučbe odporúčam diskutovať so žiakmi na túto tému, alebo aspoň ich upozorniť na terminologické nezrovnalosti.

2.3 Meranie prostredníctvom vzdialeného e-laboratória

Laboratórne cvičenie som robila so žiakmi prostredníctvom vzdialeného e-laboratória Technickej Univerzity v Kaiserslautern (Nemecko). Priamy prístup do e-laboratória je možný cez <http://rcl-munich.informatik.unibw-muenchen.de/>.

Po kliknutí na názov RCLs (Remote Controlled Laboratories – diaľkovo ovládané laboratória) v hornej lište, sa na ľavej strane otvorí záložka so zoznamom experimentov. Podržaním myši nad názvom zvoleného experimentu v záložke sa na voľnej časti plochy znovu sprístupní názov spolu s obrázkom charakterizujúcim daný experiment. Pod ním sú základné informácie – stručná charakteristika, presná lokalita meracej stanice a informácia o čase jeho uverejnenia. Experiment, ktorý budeme realizovať, nesie názov „Windkanal“ – veterný (aerodynamický) tunel. Jeho cieľom je skúmanie aerodynamiky vozidiel. Meracia stanica je umiestnená na pracovisku Univerzity Federálnych ozbrojených síl (Mníchov, Nemecko) a sprístupnený bol v júli 2006 (Obrázok 6). Experiment je sprístupnený v dvoch jazykových mutáciách – nemeckej, ktorú sme používali pri meraní a anglickej (názov „Wind Tunnel“).



Obrázok 6 Experiment „Windkanal“ – základné informácie

Prameň: internetový zdroj [6]

Kliknutím na názov zvoleného experimentu (v záložke na ľavej strane) sa otvorí stránka s jeho podrobným popisom. V ďalšom texte stručne charakterizujem všetky časti popisu experimentu a podrobnejšie popíšem tie, ktoré je (podľa môjho názoru) potrebné žiakom viac priblížiť. Kompletná realizácia experimentu (využitie všetkých možností, ktoré ponúka) nie je vhodná pre žiakov strednej školy. Je pre nich teoreticky aj časovo neprimerane náročná. Ak chce stredoškolský učiteľ pracovať so žiakmi na tomto experimente, musí si primerane prispôbiť podmienky. Spracovať námet na laboratórne cvičenie tak, aby bol experiment pre žiakov pochopiteľný a v primeranom

čase aj realizovateľný. Vzhľadom na to, že „kontakt“ s meracou aparatúrou je sprostredkovaný web kamerou, ktorá umožňuje len jeden uhol pohľadu, je vhodné sprístupniť žiakom aj doplnujúce informácie o usporiadaní meracieho zariadenia. Minimálne prostredníctvom fotografií, ktoré zverejnili autori experimentu. Podrobný popis experimentu je rozdelený do nasledovných častí:

Úvod („Einstieg“) – motivácia, význam tematiky v dnešnej dobe – optimalizácia toku prúdiaceho vzduchu okolo pohybujúceho sa vozidla, schopnosť používateľa posúdiť vplyv rýchlosti jazdy automobilu na spotrebu pohonných hmôt.

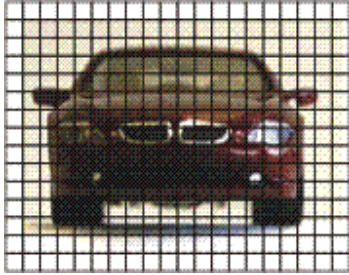

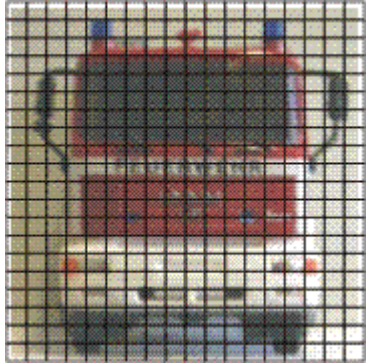
Štruktúra („Aufbau“) – podrobný popis zloženia jednotlivých častí meracieho zariadenia spolu s ich schematickými znázorneniami a fotografiami jednotlivých zostáv. Fotografia meracieho zariadenia ako celku spolu s popisom jeho jednotlivých častí je v prílohe 1. Do časti meracieho zariadenia, ktorú tvorí aerodynamický tunel patria objekty označené číslami 1, 2, 6, 8. Merací obvod tvoria časti označené číslami 3, 4, 5 a 7. Pred samotnou realizáciou experimentu je vhodné priblížiť žiakom pohľad na detail meracej časti (Obrázok 7). Pomôže im to rýchlejšie pochopiť systém, na ktorom meracie zariadenie pracuje.



Obrázok 7 Detail meracej časti zariadenia

Prameň: internetový zdroj [6]

V tejto časti sú aj informácie potrebné na výpočty odporovej sily (F), údaje o veľkosti prierezu (S) jednotlivých modelov motorových vozidiel (Obrázok 8) a výpočet chýb merania.

BMW 6er Coupe	BMW X5	Feuerwehrauto
		
$S = (258 \pm 6) \text{ mm}^2$	$S = (380 \pm 6) \text{ mm}^2$	$S = (826 \pm 18) \text{ mm}^2$

Obrázok 8 Plocha prierezu jednotlivých modelov áut

Prameň: internetový zdroj [6]

Teória („Theorie“) – podrobne popísaná fyzikálna teória týkajúca sa prúdenia tekutín

Úlohy („Aufgaben“) – námety na rôzne kvalitatívne aj kvantitatívne úlohy, kontext ktorých vychádza z uvedeného experimentu.

Laboratórium („Labor“) – priame pripojenie na meraciu aparatúru vstup pre návštevníkov – spustenie experimentu (Obrázok 9). Štatistické údaje o návštevníkovi (meno, krajina, mailova adresa) sú nepovinné. Pod nimi je tlačidlo na spustenie experimentu.

Remotely Controlled Laboratories - RCLs
experimentieren aus der Ferne

Home RCL-Projekt RCLs Technische Hinweise Kontakt Impressum

Windkanal

Einstieg
Aufbau
Theorie
Aufgaben
Labor
Auswertung
Diskussion
Material
Betreiber



Windmesser zeigt Geschwindigkeit in km/h.
Multimeter zeigt Spannung in V.

Windkanal
Besucherangaben

Name:
Land:
Email:

Diese Angaben sind freiwillig und dienen statistischen Zwecken.

Experiment starten

Obrázok 9 Pripojenie na meraciu aparatúru

Prameň: internetový zdroj [6]

Analýza („Auswertung“) – podrobná analýza jedného zrealizovaného merania (hasičské auto). Výpočet F , C , vrátane výpočtu chýb merania. Sprístupnená tabuľka s nameranými hodnotami a graf závislosti $F(v^2)$, sformulovaný záver merania.

Diskusia („Diskussion“) – námety na kvalitatívne úlohy a rôzne otázky na ktoré majú žiaci hľadať odpovede.

Materiál („Material“) – podrobný popis zdrojov a materiálneho zabezpečenia experimentu.

Dohľad („Betreuung“) – kontakty na inštitúcie a osoby zodpovedné za obsah, prepojenie a realizáciu experimentu

2.4 Pracovné listy k meraniu

Námety na vytvorenie pracovných listov k meraniu možno získať priamo na stránke vzdialeného e-laboratória alebo aj z iných zdrojov, ktoré sa zaoberajú tematikou meraní prostredníctvom RCLs. Ja som ako inšpiráciu pri tvorbe pracovných materiálov využila odporúčania Látala [2] z Katedry experimentálnej fyziky Prírodovedeckej fakulty Univerzity Palackého v Olomouci. Spracovala som niekoľko variantov pracovných listov, ktoré som zaradovála do vyučovania podľa aktuálnych podmienok v danej triede. Rozhodujúcim faktorom zaradenia konkrétneho variantu bol počet žiakov v triede a zaradenie fyziky v rozvrhu danej triedy.

Variant pre jednotlivca (celé meranie – skúmanie vlastností všetkých troch modelov áut – robí žiak samostatne) vyžaduje veľa času. Preto nie je reálne, aby mohol byť tento variant použitý počas vyučovania v bežnej triede na SŠ pri aktuálnych podmienkach výučby fyziky. Vedela by som si predstaviť jeho realizáciu v rámci fyzikálne zameraného krúžku, alebo za špecificky stanovených podmienok (spojené hodiny a minimum žiakov v skupine). Pracovné materiály tohto variantu sú v prílohách 2 až 8. Z nich som vychádzala pri zostavovaní materiálov pre žiakov vo variante, ktorý sme realizovali na vyučovaní. Niektoré stránky som použila bez zmeny, iné vo výrazne zredukovanej podobe. Z častí pôvodného materiálu, ktoré som nevyužila pri meraní, som spracovala teoretické cvičenia a sériu kvalitatívnych aj kvantitatívnych fyzikálnych úloh s uvedeným kontextom. Využívala som ich na vyučovaní fyziky vo všetkých triedach pre všetky študijné odbory. Najviac som s nimi pracovala v triede, kde som nerobila laboratórne, ale len teoretické cvičenie s touto tematikou (prvý ročník, športová trieda). Niektoré vytvorené pracovné listy (Príloha 11) možno použiť aj na matematike pri výpočtoch obsahov rovinných útvarov (neštandardne zadané úlohy, nepravidelné útvary).

Na laboratórnom cvičení pracovali žiaci v trojčlenných skupinách, každá robila meranie a následne spracovala výsledky pre pridelený model motorového vozidla. Po odčítaní údajov z meracích prístrojov a ich zápise do pripravených tabuliek, žiaci pomocou tabuľkových kalkulátorov spracovali výsledky meraní, vytvorili grafy a napísali záver. Táto časť prebiehala v učebni výpočtovej techniky počas dvoch vyučovacích hodín. V rozvrhu triedy je fyzika prvá hodina. Ak žiaci robia laboratórne cvičenie, spája sa v tom týždni nultá hodina s prvou a v nasledujúcom týždni majú žiaci prvú hodinu voľnú

(keďže si ju už odučili v predchádzajúcom týždni). Samotné meranie (bez spracovávania výsledkov), je možné zrealizovať aj na jednej vyučovacej hodine.

Cvičenie pokračovalo na najbližšej vyučovacej hodine fyziky teoretickou časťou. V rámci nej členovia pracovného tímu riešili kvalitatívne aj kvantitatívne problémové úlohy. Kontext úloh vychádzal z meraní, ktoré žiaci realizovali na pridelenom modeli automobilu.

Minimálne jednu vyučovaciu hodinu pred cvičením žiaci mali k dispozícii v tlačenej forme všetky materiály, ktoré používali na laboratórnom cvičení. Takže niektoré teoretické časti si mohli vypracovať aj v rámci domácej prípravy, prípadne si (z vlastnej iniciatívy) odskúšať prácu v e-laboratóriu. Túto možnosť reálne využilo minimum žiakov.

Pred začiatkom merania som do každého PC v triede nahrala zložku s pracovnými materiálmi a tabuľkovým kalkulátorom. Žiaci tak mali k dispozícii tlačenu verziu, ktorú postupne vypracovávali (vypĺňali údaje v tabuľkách) aj elektronický dokument. Pomocou aktívnych odkazov v ňom priamo prechádzali na internetové stránky, ktoré aktuálne potrebovali. Pracovný materiál tvorilo 5 strán, ktorými žiaci systematicky prechádzali.

Prvá strana je totožná s prílohou 2, len označenie variantu a forma vyučovania je iná. Do voľného priestoru na spodnej časti strany žiaci vpíšu odvodenie vzťahu na výpočet C (postupnými úpravami vzorca 1).

Druhá strana (Príloha 9) vznikla úpravou príloh 3, 4. Vzhľadom na reálny čas, ktorý sme mali k dispozícii na meranie, veľkosti plošných obsahov pre všetky modely áut som vpísala priamo do tabuľky (Tabuľka 1 v prílohe 9), žiaci ich nemuseli počítať sami, len doplnili premenu jednotiek. Ďalej vpísali typ automobilu, ktorý mali skúmať a doplnili výpočty. Na základe údajov v tabuľke 2 uvedenej prílohy odvodili vzorec 3.

Na tretej strane materiálu (Príloha 10) je presný pracovný postup, ktorý žiakov vedie krok za krokom počas celej práce v laboratóriu. Žiaci pomocou web kamery priamo odčítajú hodnoty rýchlosti (km/h) z anemometra a následne veľkosť napätia (V), ktoré odčítajú zo stupnice multimetra. Tieto údaje vpisujú priamo do príslušných stĺpcov tabuľky. Ostatné bunky v tabuľkách doplnia potom, keď urobia všetky výpočty pomocou tabuľkového kalkulátora. Podrobnejší komentár v podkapitole 3.2.

Na štvrtej strane materiálu sú posledné dva body postupu a priestor na napísanie záveru. V spodnej časti je miesto na identifikáciu žiakov – trieda, číslo skupiny a mená žiakov.

Piatou stranou materiálu (jeho prílohou 1) je príloha 8 tejto OPS.

2.5 Doplnkové úlohy

Žiaci počas práce na laboratórnom cvičení využívajú všetky dostupné prostriedky IKT, čo im veľmi zefektívni a zjednoduší ich prácu. Fyzikálne závislosti (vzorce) síce vo všeobecnosti odvodí, ale priamo s nimi vôbec nepracujú, keďže všetky výpočty robia pomocou tabuľkového kalkulátora. Celou ich „prácou“ je vložiť namerané hodnoty do správnych buniek. „Samo“ sa to vypočíta a žiaci opäť len údaje z niektorých buniek

tabuľkového kalkulátora prepíšu do príslušných buniek v tabuľkách pracovného materiálu (protokolu). Pri takomto postupe sa môže stať, že im uniknú niektoré súvislosti, vôbec si neprecvičia zručnosť v počítaní, nemusia analyzovať vzniknuté situácie, pretože všetko „ide samo“. Urobiť meranie, keď je k dispozícii podrobný postup práce a taká intenzívna podpora IKT, je vlastne „mechanická robota“. To, či si žiaci osvojili aj fyzikálnu podstatu a rozumejú tomu, čo robili som overila na nasledujúcej hodine prostredníctvom doplnkových úloh. Všetky vychádzali z merania, ktoré žiaci robili na laboratórnom cvičení a boli viazané na model automobilu, ktorý žiaci danej skupiny skúmali.

Úlohy boli kvalitatívne aj kvantitatívne. Žiakom som ich sprístupnila formou dvoch pracovných listov a jednej prémiovej úlohy (Príloha 11). Prvý pracovný list obsahoval dve úlohy, ktoré žiaci riešili priamo v ňom.

Otázky (kvalitatívne úlohy)

1. Ak by mal anemometer a multimeter poruchu (alebo boli vypnuté), vedeli by ste určiť či vo veternom tuneli prúdi vzduch? Vedeli by ste odhadnúť jeho intenzitu (posúdiť, či sa zmenšila, alebo zväčšila)? Napíšte, načrtnite.
2. Aké faktory (podmienky) ovplyvňujú súčiniteľ odporu vzduchu? Napíšte, zdôvodnite.

Druhý pracovný list je v prílohe 12. Bližšie komentáre v podkapitole 3.2.

2.6 Náhradná forma (teoretické cvičenie)

Túto verziu som vypracovala pre prípad, že by z nejakých (zväčša technických) príčin nebolo možné realizovať laboratórne cvičenie prostredníctvom e-laboratória. Použila som ju v športovej triede. Počet žiakov triedy bol veľký na to, aby mohli reálne merať (maximálne dvojica pri jednom PC), rozvrh hodín mali zostavený tak, že nebolo možné spájať vyučovacie hodiny a v čase výučby fyziky, nebola voľná žiadna učebňa výpočtovej techniky.

V rámci prípravy cvičenia som skombinovala možnosti, ktoré ponúka PV a edukačné materiály na stránke INFOVEK. Námet na prvú časť teoretického cvičenia som čerpala zo zdroja [1]. Pracovné listy sú v prílohách 14, 15. Žiaci vpisujú riešenia priamo ku zadaniu úlohy v pracovnom liste. V druhej časti riešili úlohy, ktoré mali k dispozícii prostredníctvom PV počas preberania témy na hodinách (Príloha 16). Podrobnejší komentár v kapitole 3.

V úvode teoretického cvičenia som žiakom premietla videá z testovania rôznych automobilov vo veterných tuneloch. Na Youtube je mnoho videí tohto typu, učiteľ si môže vybrať podľa potreby a svojho uváženia. Podmienky, ktoré som si stanovila pri výbere boli nasledovné: primeraný čas (spolu najviac 10 minút), autentický zvuk, čo najväčší rozsah informácií o sledovanom jave a estetická úroveň spracovania. Použila som tieto tri:

https://www.youtube.com/watch?v=sV_6E1Lh7yo#t=23

(1:53 min, Mercedes-Benz, autentický zvuk)

Rôzne uhly pohľadu na testovaný automobil.

<https://www.youtube.com/watch?v=8F-jS6DcDDY>

(2:57 min, Lamborghini, autentický zvuk)

Kompletný pohľad na skúmanie automobilu vo veternom tuneli, vplyv rôznych polôh spoileru namontovaného v zadnej časti automobilu na prúdenie vzduchu okolo vozidla. Auto je dovezené v prepravnom zariadení, namontovaný spoiler, vjazd do meracej miestnosti, zapnutie ventilátora, rôzne zmeny pozície spoileru (normálna, zvýšenie, zníženie, ...), výjazd z meracej miestnosti, výjazd na prepravné zariadenie, odtiahnutie vozidla.

<https://www.youtube.com/watch?v=E9ZSAX56m0E>

(3:20 min, rôzne typy áut, podfarbené hudbou)

Rôzne pohľady na rôzne typy áut v meracej časti veterného tunela. Celkový pohľad na vnútro meracej časti tunela z rôznych uhlov. Pri skúmaní jednotlivých áut postupne pridávané prúdy vzduchu (prúdnice), rôzne uhly pohľadov, rôzne podfarbené prúdy vzduchu, detailné zábery na rôzne časti auta – ich obtekanie vzduchom. Názorná ukážka z tohto videa je na obrázku 10.



Obrázok 10 Testovanie automobilu vo veternom tuneli

Prameň: [Youtube]

Pri výklade látky (ako motiváciu - hlavne v športovej triede) zaradujem do výučby aj prácu s interaktívnou simuláciou „Lyžiar“. Možnosti jej zaradenia do výučby a niekoľko odskúšaných námetov na prácu s ňou je k dispozícii na stranách 10 až 17, internetový zdroj [7]. Pokiaľ má učiteľ na teoretickom cvičení dostatok času, odporúčam na osvieženie vedomostí zaradiť niekoľko minút práce s touto simuláciou so zameraním na zmenu držania tela lyžiara pri zjazde, jej vplyv na veľkosť odporovej sily prostredia a výslednú rýchlosť lyžiara. Úlohy s týmto námetom mali žiaci aj ako domáce zadanie (viď podkapitola 2.2). Vyriešené úlohy sú na obrázkoch 11 a 12.


Výpočet sily odporu vzduchu


Silu odporu vzduchu možno vypočítať pomocou nasledujúceho vzťahu:



$$F_o = 0,5 C \rho S v^2$$

kde C je tvarový koeficient,
 ρ – hustota vzduchu,
 S – čelná plocha,
 v – rýchlosť.

 Hustota vzduchu a rekordy

 Ako sa zmení odpor vzduchu, ak skokan zväčší svoju čelnú plochu o 20 percent a jeho tvarový koeficient sa dvojnásobne zväčší? Doplňte rovnicu.


$$F_2 = 0,5 \cdot \boxed{2} \cdot C \rho v^2 \cdot \boxed{1,2} S = \boxed{2,4} F_1$$

Obrázok 11 Výpočet odporovej sily (skokan)

Prameň: internetový zdroj [4]

Sila odporu vzduchu

Vypočítajte silu odporu vzduchu pôsobiacu na lyžiara, keď $v = 50$ km/h, $C = 0,7$, $\rho = 1,2$ kg/m³ a $S = 0,5$ m².



$$F = \boxed{0,5} \cdot \boxed{0,7} \cdot \boxed{1,2} \text{ kg/m}^3 \cdot \boxed{0,5} \text{ m}^2 \cdot (\boxed{13,9} \text{ m/s})^2 = \boxed{40,6} \text{ N}$$

Obrázok 12 Výpočet odporovej sily (zjazd)

Prameň: internetový zdroj [4]

3 POHĽAD UČITEĽA Z PRAXE

Technické vybavenie prevažnej väčšiny škôl v dnešnej dobe umožňuje učiteľom využívať v edukačnej praxi aj netradičné pomôcky, metódy a postupy. Medzi najnovšie možnosti, ktoré ponúka implementácia IKT do výučby, patrí využívanie e-laboratórií (virtuálnych, alebo reálnych vzdialených laboratórií).

Virtuálne laboratóriá sú softvérové aplikácie (programy), ktoré možno stiahnuť do PC a priamo tam s nimi aj pracovať. Táto možnosť ich robí výhodnejšími pre prácu učiteľa, ako je práca prostredníctvom vzdialených reálnych e-laboratórií. Všetci žiaci môžu pracovať v rovnakom čase (nemusia čakať na uvoľnenie meracej aparatury) a výrazne sa zníži pravdepodobnosť výskytu technických porúch (poruchy vzniknuté pri prenose internetom alebo priamo v mieste laboratória).

Pri preberaní jednotlivých učebných látok vo voliteľnom module Vlastnosti kvapalín a plynov mám dobré skúsenosti s využívaním PhET simulácií. Pracujem najmä simuláciou Tlak a prúdenie kvapaliny (Fluid Pressure and Flow). Popis práce s ňou, námety na jej využitie aj konkrétne úlohy overené na vyučovaní sú k dispozícii na stranách 11 až 25 (podkapitola 3.1) zdroj [8].

Aj keď používanie virtuálnych laboratórií má svoje výhody, sú to stále „len“ simulácie a nie reálne prebiehajúce deje. Simulované deje zachytávajú podstatu javu, ale prebiehajú v zidealizovaných podmienkach, bez prejavov reálneho prostredia. Preto, pokiaľ je to možné, uprednostňujem na cvičeniach prácu žiakov prostredníctvom reálnych vzdialených laboratórií (RCLs). Ak sú v škole vytvorené vhodné technické podmienky, zaradovanie tejto formy výučby fyziky je plne v kompetencii učiteľa.

3.1 Komentáre k použitým učebným materiálom

Popis učebných materiálov, ktoré som používala, je v podkapitole 2.2. Zostavila som ich tak, aby žiaci mohli pracovať metódou riadeného objavovania (skúmania). Časť potrebných poznatkov majú žiaci zo ZŠ, mnohé odpozorovali v bežnom živote, veľa informácií získali prostredníctvom internetu – takže problematika nebola pre nich úplne neznáma.

Prvá stránka materiálu mala motivačnú funkciu – amatérskym cyklistom je každý žiak, takže situáciu ktorú približuje video bežne zažíva. Veterný tunel na obrázku je podobný tomu, v ktorom budú žiaci neskôr robiť merania. Pokiaľ má vyučujúci dost' času, je vhodné použiť aj niektoré z videí, ktoré ukazujú ako vyzerajú reálne testy reálnych automobilov vo veterných tuneloch. Popis troch vhodných videí je v podkapitole 2.6.

Niektoré typy vozidiel, ktorých aerodynamické parametre žiaci skúmajú na stránke 2 učebného materiálu, sú podobné modelom, ktoré budú používať pri meraní vo veternom tuneli vzdialeného e-laboratória. Umožní im to porovnať a priebežne si kontrolovať správnosť realizovaných meraní. Napríklad model BMW X5 (s ktorým žiaci pracujú vo vetrenom tuneli) má porovnateľné parametre ako Toyota Land Cruiser, parametre ktorej majú žiaci sprístupnené v učebnom materiáli. Podobne je to s modelom BMW 6er Coupe (veterný tunel) a Chrysler PT (učebný materiál). Úlohu, ktorú žiaci mali riešiť na

druhej podstránke som pôvodne považovala za nenáročnú, takže jej rozbor som na hodine nerobila (vyriešená úloha – obrázok 11). Pri priebežnej kontrole domácich úloh žiakov som zistila, že len málo žiakov ju správne vypočítalo. Na nasledujúcej hodine sme ju riešili spoločne na tabuľu. Problém nebol vo fyzikálnej analýze (forma akou je úloha zadaná, „vedie“ žiaka celým výpočtom), ale v jej matematickom vyjadrení. Väčšina žiakov mala problémy so zápsmi typu – zväčší sa o 20 percent, dvojnásobne sa zväčší.

Prvý učebný materiál, v ktorom sa mení názov aj označenie koeficientu C_0 (viď podkapitola 2.2) je na tretej stránke. Považujem za potrebné žiakov na túto zmenu upozorniť, aby sa predišlo prípadným nedorozumeniam. Aj keď pri preberaní učiva na hodine fyziky s tým väčšina žiakov problém nemala. Intuitívne pochopili, že sa jedná len o terminologickú nezrovnalosť. Niektorí chlapci dokonca poznali aj pojem drag koeficient a bežne ho používali. Mali zároveň veľmi dobrý prehľad o práci v skutočných veterných tuneloch niektorých renomovaných výrobcov automobilov.

Výpočtovú úlohu z tejto stránky zvládla väčšina žiakov na 100%, ale s veľkým množstvom chýb. To vo mne vzbudilo podozrenie, že žiaci ju riešili systémom pokus – omyl (nepočítali, ale skúšali, do ktorého „okienka“ sa ktorá časť výrazu hodí – správnosť, alebo nesprávnosť priradenia im potvrdil akustický signál). To, či žiaci úlohu naozaj aj rozumejú, som si overila na teoretickom cvičení, do ktorého som ju zaradila (Príloha 16, úloha 1). Túto formu cvičenia absolvovali žiaci v tej triede, kde z technických dôvodov nebolo možné realizovať cvičenie vo vzdialenom e-laboratóriu (veľký počet žiakov, nevhodne zostavený rozvrh, v čase výučby fyziky obsadené všetky učebne výpočtovej techniky). Žiaci úlohu ihneď spoznali (vedeli, že ju riešili ako domáce zadanie, niektorí dokonca vedeli aj to, aké má byť správne riešenie - výsledok). Rozdiel v ich práci na cvičení bol v tom, že teraz im nestačilo uviesť správne riešenie, ale požadovala som (na opačnej strane pracovného listu) urobiť rozbor úlohy a napísať jej kompletný postup, ako sa k správnejmu výsledku možno dopracovať. Z rovnakého dôvodu som do tohto pracovného listu zaradila aj úlohu 2, ktorá bola súčasťou domáceho zadania (stránka 4 učebného materiálu) a žiaci ju riešili podobne ako prvú úlohu. Predpokladala som nasledovný postup:

Príloha 16, úloha 1 – očakávané riešenie žiakov:

Teoretický základ:

Automobil sa pohybuje ustálenou rýchlosťou vtedy, keď sa hnacia sila motora rovná odporovej sile prostredia (sile odporu vzduchu).

Predpoklady v zadaní úlohy:

Hnacia sila športového automobilu sa rovná hnacej sile kamiónu ($F_{hS} = F_{hK}$).

Športový automobil:

$$C_{OS} = 0,3$$

$$S_S = 1,5 \text{ m}^2$$

Podmienka ustálenej rýchlosti pohybu športového auta: $F_{hS} = F_{OS}$

Kamión:

$$C_{OK} = 0,5$$

$$S_K = 2,5 \text{ m}^2$$

Podmienka ustálenej rýchlosti pohybu kamiónu: $F_{hK} = F_{OK}$

Výpočet:

$$\begin{aligned}F_{hS} &= F_{hK} \\F_{OS} &= F_{OK}\end{aligned}$$

$$0,5 * C_{OS} * \rho * S_S * v_S^2 = 0,5 * C_{OK} * \rho * S_K * v_K^2$$

rovnici zjednodušíme na tvar

$$C_{OS} * S_S * v_S^2 = C_{OK} * S_K * v_K^2$$

odtiaľ pre štvorec ustálenej rýchlosti kamiónu vyplýva

$$v_K^2 = \frac{C_{OS} * S_S}{C_{OK} * S_K} * v_S^2 = \frac{0,3 * 1,5}{0,5 * 2,5} * v_S^2 = \frac{0,45}{1,25} * v_S^2 = 0,36 * v_S^2$$

po odmocnení oboch strán rovnice dostaneme vzťah

$$v_K = 0,6 * v_S$$

Podobne by mali žiaci postupovať aj v druhej úlohe:

Príloha 16, úloha 2 – očakávané riešenie žiakov:

Teoretický základ:

Výkon motora automobilu (P) sa vypočíta podľa vzťahu $P = F * v$, kde F je hnacia sila motora a v ustálená rýchlosť automobilu.

1. auto:

$$v_1 = 90 \text{ km/h}$$

$$P_1 = F_1 * v_1$$

2. auto:

$$v_2 = 120 \text{ km/h}$$

$$P_2 = F_2 * v_2$$

Predpoklad v zadaní úlohy:

$$F_1 = 0,9 * F_2$$

Výpočet:

$$P_1 = F_1 * v_1 = 0,9 * F_2 * v_1 = 0,9 * \frac{P_2}{v_2} * v_1 = 0,9 * \frac{90}{120} * P_2 = 0,675 * P_2$$

po požadovanom zaokrúhlení je výkon prvého automobilu vyjadrený vzťahom

$$P_1 = 0,68 * P_2$$

Pri kontrole odovzdaných pracovných listov z jednotlivých skupín sa mi môj predpoklad (o postupe pri riešení domácich zadaní) potvrdil. Ani v jednej skupine nemali žiaci urobené úplné riešenie – správny výsledok spolu s kompletným postupom, ako sa k nemu možno dopracovať. Správne výsledky úloh mali viaceré skupiny, ale ako mi neskôr potvrdili aj samotní žiaci, pamätali si ich z úlohy. Toto je jeden z príkladov, kedy aplikácia IKT technológií na jednej strane pomáha (názornosť, zaujímavosť, neštandardné postupy), ale na druhej strane aj škodí žiakovi. Tým, že zostavenie zadaní úloh je veľmi nápomocné riešeniu, žiaci prestávajú logicky uvažovať a volia cestou „ľahšieho odporu“. Neanalyzujú nastolené situácie, neprecvičia si matematické postupy, len odklikávajú a presúvajú ponúknuté možnosti do požadovaných miest v riešení úlohy. Možností nie je až tak veľa aby nemohli všetky postupne vyskúšať a po určitom (konečnom a nie veľmi veľkom) počte neúspešných pokusov nakoniec „objavia“ správne riešenie. IKT technológie využívam pri výučbe svojich aprobačných predmetov všade, kde je to možné. Ale popri tom používam aj klasické postupy a zaradujem dosť samostatných prác žiakov, ktoré ich „donúti“ rozmýšľať a precvičovať si aj bežné postupy, ktoré je potrebné „manuálne“ spracovať. Vyššie uvedený príklad je jedným z dôvodov, prečo to tak robím.

3.2 Realizácia cvičení

Na začiatku laboratórneho cvičenia, ktoré sme robili vo vzdialenom e-laboratóriu Technickej Univerzity v Kaiserslautern (podkapitola 2.3), sa žiaci rozdelili do trojčlenných skupín. Zostavy žiakov v skupinách som neurčovala, sami sa dohodli kto bude s kým spolupracovať.

Na náhodne vybratom modeli automobilu som podrobne ukázala postup práce, ovládanie meracích prístrojov, urobila jedno názorné meranie a vysvetlila prácu s tabuľkovým kalkulátorom. Žiaci svoju činnosť sledovali na tabuli prostredníctvom dataprojektora. Po tejto úvodnej časti som každej skupine pridela typ motorového vozidla, s ktorým počas merania pracovali. Prácu všetkých skupín som koordinovala tak, aby sa plynulo striedali pri meracej aparatúre. Pokiaľ jedna skupina merala, zvyšné spracovávali údaje v pracovných listoch. Ak ešte nemali zistené údaje z anemometra a multimetra pre pridelený typ motorového vozidla – vypracovávali teoretické časti pracovných listov. Ak už mali namerané hodnoty – spracovávali výpočty na tabuľkovom kalkulátore, vyplňali tabuľky, robili graf, písali záver. Na túto činnosť bolo potrebné vymedziť dve vyučovacie hodiny (ideálne – dvojhodinové cvičenie v celku s individuálnou prestávkou každého žiaka podľa potreby a vlastného uváženia).

Pred samotnou realizáciou merania, alebo najneskôr počas predvádzania vzorového merania, odporúčam zdôrazniť žiakom, ako majú postupovať pri odčítovaní údajov z meracích prístrojov. Problém je v tom, že pri väčšej rýchlosti pohybu vzduchu v tuneli sa údaje na nich úplne neustália, ale kolíšu okolo nejakej hodnoty. Najmä na multimetri je kolísanie hodnôt niekedy dosť výrazné. Je potrebné dlhšiu dobu počkať a sledovať meniace sa hodnoty pokiaľ sa ustália tak, aby bolo možné čo najpresnejšie odhadnúť ich veľkosť. Keďže je to potrebné urobiť pri každej zmene rýchlosti prúdiaceho vzduchu, dosť sa tým predlžuje čas merania každej skupiny žiakov.

Na realizáciu výpočtov používali žiaci tabuľkový kalkulátor (v exceli spracované tabuľky so zabudovanými vzorcami v príslušných bunkách – žiaci len dopĺňajú namerané údaje do určených buniek a prepíšu výsledné výpočty do tabuliek v protokole (pracovných

listoch k meraniu). Príklad spracovania nameraných údajov pre hasičské auto je v prílohe 13. Tabuľkový kalkulátor je spoločný pre všetky typy automobilov. Do zelených buniek prvej tabuľky sa vpisujú nastavené hodnoty rýchlosti prúdiaceho vzduchu z anemometra a im zodpovedajúce hodnoty napätia odčítané z multimetra. Táto tabuľka je spoločný vstup pre všetky modely automobilov. Keďže jednotlivé vzorce závisia od parametrov daného modelu automobilu (líšia sa v niektorých konštantách) je potrebné výpočty odporovej sily prostredia a následne aj súčiniteľa odporu uvádzať pre každý model automobilu samostatne. Vyriešila som to v nasledujúcich dvoch tabuľkách, v ktorých žiaci odčítavajú výsledky vo farebne rozlíšených stĺpcoch určených jednotlivým automobilom. Odporúčam pri používaní takto zostaveného tabuľkového kalkulátora žiakom na to vopred upozorniť. V opačnom prípade ich môže myliť to, že pri zadávaní hodnôt do prvej tabuľky (zelené bunky) sa menia údaje vo všetkých stĺpcoch zvyšných tabuliek. Ale správne hodnoty F a C možno odčítať len v stĺpci určenom pre auto, ktorého údaje aktuálne spracovávame. Pre lepšiu názornosť som v prílohe 13 „nepotrebné“ hodnoty zvýraznila prečiarknutým písmom. Pokiaľ sa táto forma tabuľkového kalkulátora zdá učiteľovi nevhodná, je potrebné vypracovať samostatný tabuľkový kalkulátor pre každý typ motorového vozidla zvlášť. Možno tak urobiť, napríklad, na samostatných listoch excelu, v ktorých bude každý venovaný inému modelu automobilu.

Z dôvodov uvedených v podkapitole 2.5, cvičenie pokračovalo na nasledujúcej hodine teoretickou časťou. Žiaci v skupinách vyplňali pracovné listy (Príloha 11, Príloha 12). K dispozícii mali len kalkulačku a svoje spracované merania. Všetky úlohy, ktoré riešili, vychádzali z meraní realizovaných na predchádzajúcom laboratórnom cvičení. Ukážka pracovného listu v prílohe 11 je pre model vozidla BMW 6er Coupe. Žiaci každej skupiny dostali pracovný list s obrázkom toho modelu automobilu, ktorý im bol pridelený. Niekoľko ukážok zo žiackych riešení sprístupňujem v nasledujúcom texte, ukážka riešenia kvalitatívnych úloh je v prílohe 17.

Príloha 12 Doplnkové úlohy:

Úloha 1:

- žiakom úloha nerobila veľké problémy, prevažná väčšina ju úspešne zvládla. Ukážka jedného z riešení je na obrázku 13.

Úloha 2:

- úplne správne ju nevyriešil nikto

Úloha 3:

- stopercentnú úspešnosť (správne vyriešené obidve časti úlohy) nemala žiadna skupina, čiastkové správne riešenia jednotlivých častí úlohy mali všetky skupiny. Žiaci lepšie zvládli riešenie časti a), aj keď niektorým robili pomerne veľké problémy matematické úpravy výrazov potrebných na všeobecné riešenie tejto časti úlohy.

V nasledujúcom texte uvediem znenie úlohy spolu s očakávaným žiackym riešením.

Zadanie:

Na automobil, ktorý sa pohybuje rýchlosťou v pôsobí aerodynamická odporová sila F_0 . Zistite ako sa zmení jej veľkosť, ak sa rýchlosť automobilu

a) zdvojnásobí

Riešenie:

pôvodná rýchlosť v

pôvodná odporová sila $F_{01} = 0,5 \cdot C \cdot \rho \cdot S \cdot v^2$

zväčšená rýchlosť $2 \cdot v$

odporová sila po zdvojnásobení rýchlosti:

$$F_{02} = 0,5 \cdot C \cdot \rho \cdot S \cdot (2v)^2 = 0,5 \cdot C \cdot \rho \cdot S \cdot 4v^2 = 4 \cdot 0,5 \cdot C \cdot \rho \cdot S \cdot v^2 = 4 \cdot F_{01}$$

$$F_{02} = 4 \cdot F_{01}$$

Odpoveď: Po zdvojnásobení rýchlosti automobilu sa odporová sila zväčší 4 krát.

Druhú časť zadania úlohy b) úplne správne tiež nikto nezodpovedal.

Pomerne dobrá odpoveď na časť zadania b) je súčasťou prílohy 18, doplnkových úloh určených pre žiakov, ktorí neboli prítomní na predchádzajúcej hodine fyziky a nerobili meranie vo veternom tuneli.

1. Výpočet súčiniteľa odporu (tvarového koeficientu).

Pri rýchlosti ... 5,8 ... km/h sme pre model automobilu ... BMW X5 ... namerali odporovú silu ... 0,00020 ... N. Experiment prebiehal v laboratóriu pri izbovej teplote, hustota vzduchu je 1,3 kg/m³. Plocha čelného prierezu je ... 380 ... m². Pomocou vzorca (2) sme vypočítali súčiniteľ odporu (tvarový koeficient): *pre m jednotky!*

$$v = 5,8 \text{ km/h} = 1,611 \text{ m/s} \quad \rho = 1,3 \text{ kg/m}^3$$
$$F = 0,00020 \text{ N}$$
$$S = 0,000380 \text{ m}^2$$
$$C = \frac{2F}{\rho \cdot S \cdot v^2} = \frac{2 \cdot 0,00020}{1,3 \cdot 0,000380 \cdot 1,611^2} = \frac{0,0004}{0,00128} = 0,3125$$

Zistili sme, že pre daný typ vozidla $C = 0,3125$

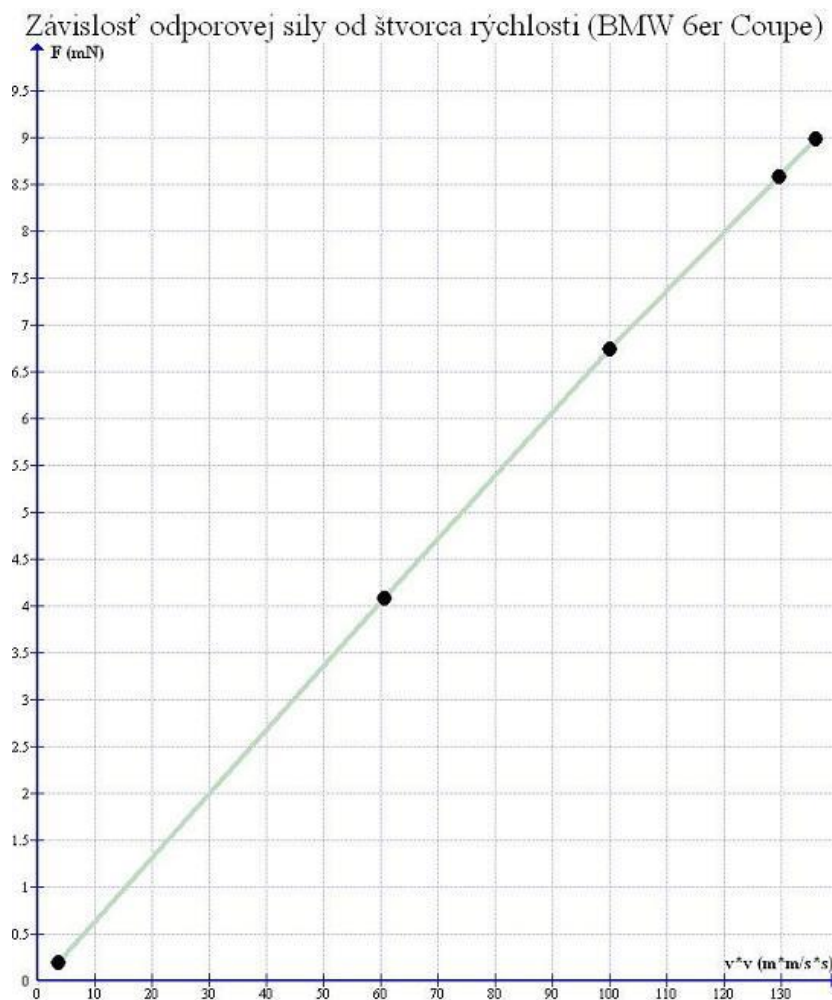
Obrázok 13 Žiacke riešenie úlohy pre model automobilu BMW X5

Prameň: vlastný návrh

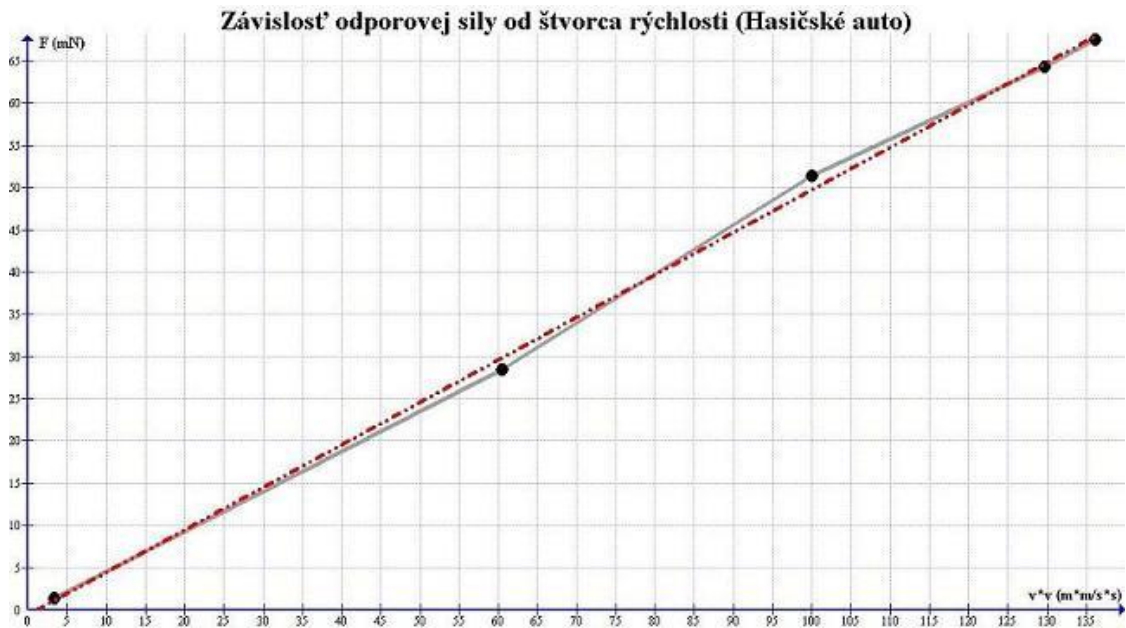
Pokiaľ žiaci precízne pracovali, mohli urobiť kvalitné merania. V závere cvičenia mali (podľa pokynov v bode 10 pracovného listu) zosumarizovať výsledky svojich meraní. Pri komentovaní výsledkov druhej úlohy, mali vychádzať z grafu $F(v^2)$, ktorý zostrojili na priloženom milimetrovom papieri.

Zistila som, že vzhľadom na veľkosti hodnôt, ktoré pri jednotlivých meraniach vychádzajú, nie je použitie tejto formy zostrojovania grafov veľmi výhodné. Zostrojovanie grafov je nepraktické, žiaci mali dosť veľké problémy s určením vhodnej mierky na zakreslenie grafu a ani ich estetická úroveň nebola dobrá. Funkčnú závislosť však vystihli na primeranej úrovni. Pokiaľ by mali žiaci na spracovávanie výsledkov viac času a vedeli robiť s nejakým voľne dostupným softvérom na tvorbu grafov, bolo by výhodnejšie nepoužívať milimetrový papier, ale robiť ich touto formou.

Ukážky grafického vyjadrenia niektorých meraní sú na nasledujúcich obrázkoch. Oba sú robené prostredníctvom voľne dostupného programu Graph. Na obrázku 14 je graf $F(v^2)$ z jedného kvalitne spracovaného merania pre vozidlo BMW 6er Coupe. Nasledujúci obrázok zachytáva závislosť $F(v^2)$ pre model hasičského auta, pre lepšie zvýraznenie funkčnej závislosti je použitá funkcia vloženia regresnej krivky (priamky).



Obrázok 14 Grafické vyjadrenie závislosti $F(v^2)$ pre model BMW 6er Coupe
Prameň: vlastný návrh



Obrázok 15 Grafické vyjadrenie závislosti $F(v^2)$ pre model hasičského auta
Prameň: vlastný návrh

Teoretické cvičenie (náhradná forma laboratórneho cvičenia – podkapitola 2.6) robili žiaci vo dvojiciach. Zadanie prvej úlohy (Príloha 14) mala každá dvojica iné – na každom pracovnom liste bol iný obrázok automobilu, takže aj prúdnice mali trochu iný priebeh. Ukážka jedného zo žiackych riešení je v prílohe 19 (pracovný list 1) a prílohe 20 (pracovný list 2). Riešenia sú autentické (vrátane chýb, ktorých sa žiaci v nich dopustili).

Žiaci pri riešení zadaných úloh spolupracujú. Len na nich záleží, ako si prácu zadelia. Z formy riešenia v uvedených prílohách možno usúdiť, že každý žiak vypracovával jeden pracovný list. Urobil to, čo vedel a potom spoločne dokončievali jednotlivé úlohy.

ZÁVER

Každý človek vo svojom živote denne využíva rôzne dopravné prostriedky. Rozmach automobilizmu prináša so sebou (okrem pozitívnych) aj vyložene negatívne dôsledky – hlavne na stav životného prostredia – čím zároveň znižuje kvalitu života človeka. Poznať vplyv rýchlosti a tvaru pohybujúceho sa dopravného prostriedku na veľkosť odporovej sily prostredia má veľký význam. Vedomosti z tejto oblasti pomáhajú realizovať hospodárnu a ekologicky únosnú prevádzku všetkých dopravných prostriedkov.

Využívanie dostupných IKT technológií vo výučbe fyziky umožňuje aplikovať metódy, ktoré vedú žiakov k aktivite, samostatnosti a tvorivosti. Pomocou nich možno systematicky skúmať fyzikálne deje, názorne priblížiť ich využitie v reálnom živote a technickej praxi.

Ústrednou témou tejto OPS je meranie odporovej sily prostredia prostredia. V práci sú informácie o možnosti jej zaradenia do výučby fyziky v rôznych typov škôl, sprístupnená jedna z možností, ako túto tému žiakom prezentovať prostredníctvom riadeného skúmania s využitím voľne dostupných e-laboratórií. Čitateľ má k dispozícii ukážky pracovných listov, úloh aj zadaní, ktoré som vypracovala. Môže sa zoznámiť s pozitívami aj negatívami, s ktorými som sa stretla pri vyučovaní tejto témy.

Hlavným cieľom OPS je poskytnúť učiteľom námet na efektívnu a ekonomicky nenáročnú prácu prostredníctvom špičkových meracích zariadení vybraných univerzít. Ukázať, ako možno využitím bežne dostupných prostriedkov IKT pozitívne motivovať žiakov v ktoromkoľvek type školy.

OPS je určená hlavne učiteľom vyššieho stredného vzdelávania. Niektoré námety môžu vo svojej pedagogickej praxi aplikovať aj učitelia nižšieho stredného vzdelávania.

ZOZNAM BIBLIOGRAFICKÝCH ZDROJOV

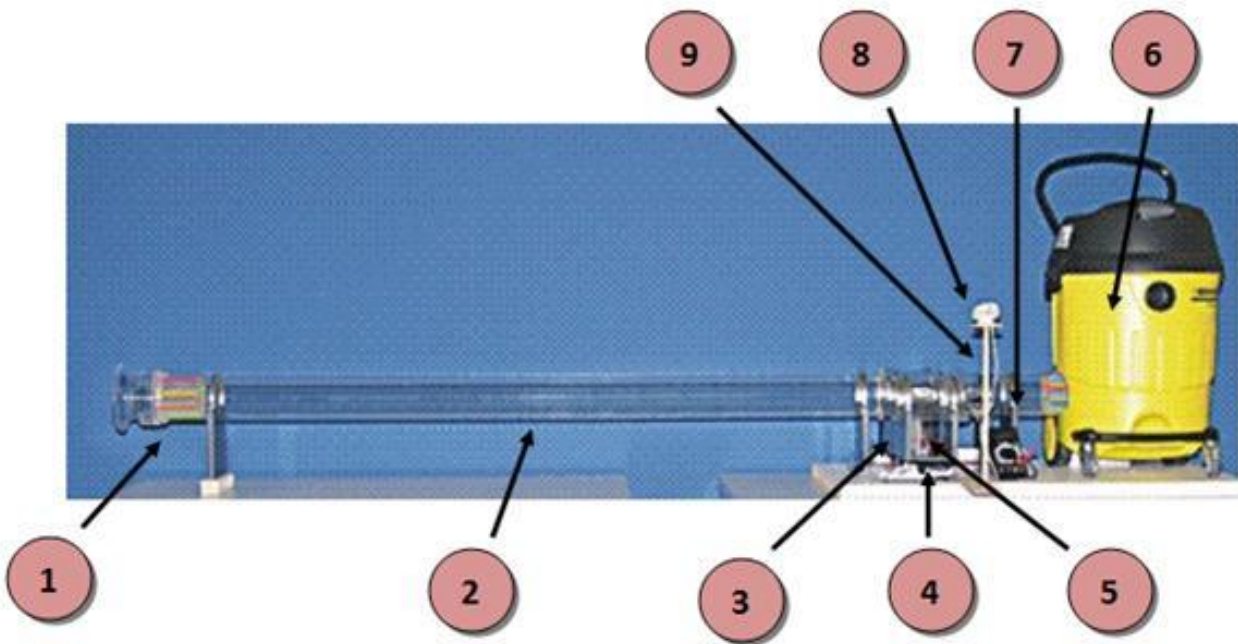
Internetové zdroje

1. BEŇUŠKA, J. Výpočtové úlohy trochu inak – Zbierka úloh z fyziky. Mechanika kvapalín a plynov [online]. [cit. 30.03.2015]. Dostupné na: <http://www.infovek.sk/predmety/fyzika/zbierka/index.html#4>
2. LÁTAL, F. Vzdáleně ovládaná laboratoř. [online]. [cit. 30.03.2015]. Dostupné na: <http://www.ictphysics.upol.cz/remotelab/odkazy.html>
3. MARKOVIČ, J. Auta tráví hodiny ve větrných tunelech, aby zlepšila aerodynamiku. I kvuli spotřebě. 15.4.2012. 08:19.Hospodářské Noviny.[online]. [cit.05.04.2015]. Dostupné na: <http://auto.ihned.cz/c1-55428440-auta-travi-hodiny-ve-vetrnych-tunelech-aby-zlepsila-aerodynamiku-i-kvuli-spotrebe>
4. Planéta vedomostí [online]. [cit. 03.06.2015]. Dostupné na: www.planetavedomosti.iedu.sk
5. SAIDL, J. Aerodynamika.[online]. [cit. 30.04.2015]. Dostupné na: <http://cs.autolexicon.net/articles/aerodynamika/>
6. Vzdialené e-laboratórium v Kaiserslautern [online]. [cit. 30.05.2015]. Dostupné na: <http://rcl-munich.informatik.unibw-muenchen.de/>
7. ZUBÁKOVÁ, A. 2014. Motivácia žiakov na vyučovaní fyziky využitím športu. [online]. [cit. 25.05.2015]. Dostupné na: <http://mpc-edu.sk/shared/Web/OPSOSO%20XI.%20kolo%20vyzvy%20na%20poziciu%20dborny%20poradca%20vo%20vzdelavani/11 OPS Zubakova%20Anna%20-%20Motivacia%20ziakov%20na%20vyucovani%20fyziky%20vyuzitim%20sportu.pdf>
8. ZUBÁKOVÁ, A. 2014. Využitie interaktívnych PhET animácií vo výučbe fyziky. [online]. [cit. 25.05.2015]. Dostupné na: <http://mpc-edu.sk/shared/Web/OPSOSO%20IX.%20kolo%20vyzvy%20na%20poziciu%20dborny%20poradca%20vo%20vzdelavani/9 OPS Zubakova%20Anna%20-%20Vyuzitie%20interaktivnych%20PhET%20animacii%20vo%20vyucovani%20fyziky.pdf>

ZOZNAM PRÍLOH

- Príloha 1 Popis meracieho zariadenia
- Príloha 2 Variant pre jednotlivca (strana 1)
- Príloha 3 Variant pre jednotlivca (strana 2)
- Príloha 4 Variant pre jednotlivca (strana 3)
- Príloha 5 Variant pre jednotlivca (strana 4)
- Príloha 6 Variant pre jednotlivca (strana 5)
- Príloha 7 Variant pre jednotlivca (strana 6)
- Príloha 8 Variant pre jednotlivca (strana 7)
- Príloha 9 Skupinová práca (strana 2)
- Príloha 10 Skupinová práca (strana 3)
- Príloha 11 Výpočet S modelu vozidla BMW 6er Coupe
- Príloha 12 Doplnkové úlohy
- Príloha 13 Tabuľkový kalkulátor (hasičské auto - výpočty)
- Príloha 14 Teoretické cvičenie (pracovný list 1)
- Príloha 15 Teoretické cvičenie (pracovný list 2)
- Príloha 16 Teoretické cvičenie (pracovný list 3)
- Príloha 17 Kvalitatívne úlohy – žiacke riešenie
- Príloha 18 Doplnkové úlohy pre žiakov, ktorí nerobili LC (žiacke riešenie)
- Príloha 19 Žiacke riešenie (teoretické cvičenie – pracovný list 1)
- Príloha 20 Žiacke riešenie (teoretické cvičenie – pracovný list 2)

Príloha 1 Popis meracieho zariadenia



- 1 – usmerňovač prúdu vzduchu (do sklenej trubice vložená tryska)
- 2 – veterný tunel (2 m dlhá sklenená trubica s priemerom 114 mm)
- 3 – tri výmenné (pohyblivé) časti tunela s modelmi áut (BMW 6er Coupe, BMW X5, hasičské auto)
- 4 – “kol’ajničky“ (umožňujú pohyb výmenných častí veterného tunela)
- 5 – model auta v pohyblivej časti
- 6 – regulovateľný zdroj „vetra“ (generátor vzduchu)
- 7 – multimeter (merač napätia)
- 8 – anemometer (merač rýchlosti prúdenia vzduchu s meracím rozsahom 2,5 km/h až 150 km/h)
- 9 – stojan pod anemometrom

Príloha 2 Variant pre jednotlivca (strana 1)

Meranie súčiniteľa odporu (C) a odporovej sily (F) v aerodynamickom (veternom) tuneli (Variant A: „Windkanal“)

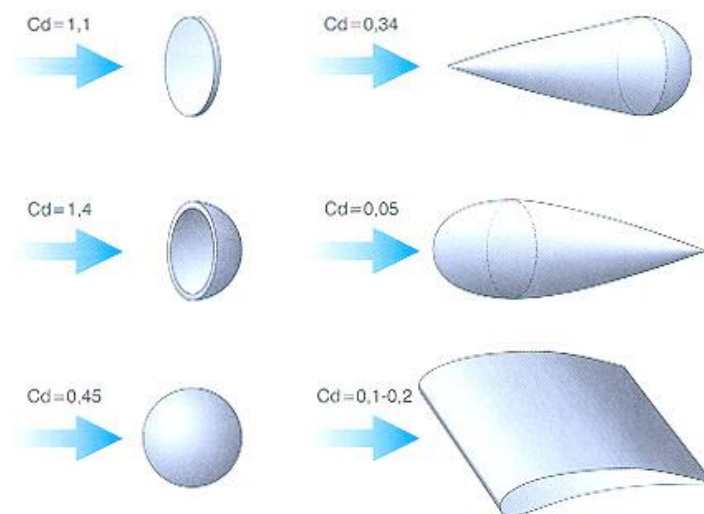
Pomôcky: PC s pripojením na internet, kalkulačka, milimetrový papier (tabuľkový kalkulátor, tlačiareň, program na tvorbu grafov)

Teória:

Aerodynamika je veda, ktorá sa zaoberá obtekaním vzduchu okolo telies. Pri pohybe telesa vznikajú v dôsledku vnútorného trenia odporové sily, ktoré pôsobia proti smeru relatívneho pohybu telesa vo vzduchu. Meraním bolo zistené, že pri väčších rýchlostiach veľkosť odporovej sily F rastie s druhou mocninou relatívnej rýchlosti telesa. Pre veľkosť aerodynamickej odporovej sily pôsobiacej na telesá odvodil Newton vzťah:

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

kde C je súčiniteľ odporu (závisí na tvare telesa, napríklad obr.1), ρ hustota vzduchu, S obsah prierezu telesa kolmého na smer pohybu a v veľkosť relatívnej rýchlosti.



Obr. 1: Hodnoty súčiniteľa odporu C pre niektoré tvary telies.

Úpravou vzorca (1) možno odvodiť vzťah pre súčiniteľa odporu C :

$$C = \quad (2)$$

Príloha 3 Variant pre jednotlivca (strana 2)

Na výpočet C je potrebné zistiť veľkosť plochy kolmého prierezu S jednotlivých vozidiel. Na jej výpočet použite ich fotografie (Príloha 1). Veľkosť jednej strany štvorca v sieti je 1,5 mm pre autá BMW a 2 mm pre hasičské auto. Vyplňte tabuľku 1.

Tabuľka 1: Veľkosť plochy S pre jednotlivé druhy vozidiel

Typ auta	S [mm ²]	S [m ²]
BMW 6er Coupe		
Hasičské auto		
BMW X5		

Odporovú silu F možno vypočítať z pomeru medzi zmenou napätia meranou multimetrom a zmenou odporovej sily pre jednotlivé automobily. Hodnoty uvedeného pomeru pre jednotlivé typy automobilov sú v tabuľke 2. Na náklade nej odvodte vzorce na výpočet odporovej sily pôsobiacej na jednotlivé druhy vozidiel :

Tabuľka 2: Veľkosť pomeru medzi zmenou napätia a zmenou odporovej sily

Typ auta	$\frac{\Delta U}{\Delta F} \left[\frac{V}{N} \right]$
BMW 6er Coupe	48,94
Hasičské auto	21,77
BMW X5	49,33

BMW 6er Coupe:

$$\Delta U = U - U_0$$

$$\frac{\Delta U}{\Delta F} = 48,94$$

$$\Delta F = \quad \quad \quad (3a)$$

Hasičské auto:

$$\Delta F = \quad \quad \quad (3b)$$

BMW X5:

$$\Delta F = \quad \quad \quad (3c)$$

Príloha 4 Variant pre jednotlivca (strana 3)

Úlohy:

1. Na základe vzťahu (2) vypočítajte súčiniteľ odporu pre vozidlá (BMW 6er Coupe, BMW X5, hasičské auto).
2. Overte závislosť medzi aerodynamickou odporovou silou (F) a relatívnou rýchlosťou prúdiaceho vzduchu (v) pre uvedené automobily. Na základe nameraných hodnôt zostrojte graf závislosti F od v^2 pre jednotlivé vozidlá ($F \sim v^2$).

Postup:

Meranie realizujte v rámci experimentu „Veterný tunel“ („Windkanal“), na pracovisku Univerzity Federálnych ozbrojených síl (Mníchov, Nemecko) prostredníctvom e-laboratória Technickej Univerzity v Kaiserslautern <http://rcl-munich.informatik.unibw-muenchen.de/> (RCLs – Windkanal – Labor – Experiment starten). Cieľom experimentu je preskúmať aerodynamiku troch vozidiel (BMW 6er Coupe, BMW X5, hasičské auto). Pripojenie na meraciu aparatúru (základná dĺžka experimentu) je 120 sekúnd. Zostávajúci čas experimentu je monitorovaný v záhlaví pracovnej plochy. V prípade potreby možno, nastavením nových parametrov v experimente, uvedený časový interval predĺžiť znovu o 120 sekúnd.

1. Zoznámte sa s ovládaním experimentu (funkciami jednotlivých tlačidiel – príloha 2), vyskúšajte si prácu s nimi.
2. Nastavte typ auta (vybrať z ponuky a stlačiť „Positionieren“) – časť tunela s modelom vozidla sa presunie pred generátor prúdiaceho vzduchu. Typ vozidla zapíšte do tabuľky.
3. Prostredníctvom tlačidla „An/Aus“ zapnite anemometer („Windmesser“) a multimeter („Multimeter“)
4. Intenzitu prúdu vzduchu („Luftstrom“) nechajte na nule, odčítajte hodnotu napätia z multimetra (U_0), zapíšte do tabuľky.
5. Nastavte intenzitu prúdu vzduchu na 20, potvrdte tlačidlom „Einstellen“. Po ustálení hodnôt na meracích prístrojoch (asi 10 sekúnd) odčítajte veľkosť rýchlosti prúdiaceho vzduchu z anemometra (v) a veľkosť napätia z multimetra (U). Zapíšte do tabuľky.
6. Bod 5 opakujte s hodnotami 40, 60, 80, 100, zapíšte do príslušného riadku tabuľky.

Typ vozidla						
Prúd vzduchu	v [km/h]	v [m/s]	v^2 [m ² /s ²]	U [V]	ΔU [V]	F [N]
0	0	0	0	$U_0 =$	-	-
20						
40						
60						
80						
100						

Príloha 5 Variant pre jednotlivca (strana 4)

Typ vozidla						
Prúd vzduchu	v [km/h]	v [m/s]	v ² [m ² /s ²]	U [V]	ΔU [V]	F[N]
0	0	0	0	U ₀ =	-	-
20						
40						
60						
80						
100						

Typ vozidla						
Prúd vzduchu	v [km/h]	v [m/s]	v ² [m ² /s ²]	U [V]	ΔU [V]	F[N]
0	0	0	0	U ₀ =	-	-
20						
40						
60						
80						
100						

7. Vyplňte zvyšné stĺpce v tabuľke. Platí: $\Delta F = F$. Výpočet urobte – v závislosti na type motorového vozidla – podľa vzorca (3a), (3b) alebo (3c). Použite kalkulačku, alebo tabuľkový kalkulátor.
8. Dosadením do vzťahu (2) vypočítajte hodnoty súčiniteľa aerodynamického odporu (C) pre jednotlivé vozidlá. Hustota vzduchu pri izbovej teplote je 1,3 kg/m³, veľkosť plochy S v tabuľke 1. Zapište do príslušných buniek nasledujúcej tabuľky, určite priemernú hodnotu C.

Typ vozidla	
Číslo mer.	C
1	
2	
3	
4	
5	
Priemer:	

Typ vozidla	
Číslo mer.	C
1	
2	
3	
4	
5	
Priemer:	

Typ vozidla	
Číslo mer.	C
1	
2	
3	
4	
5	
Priemer:	

9. Na milimetrový papier (v dostupnom programe) zostrojte graf závislosti F(v²) pre jednotlivé druhy vozidiel. Hodnoty odporovej sily vyjadrite v mN, rýchlosť v m/s.

Príloha 6 Variant pre jednotlivca (strana 5)

10. Sformulujte záver. Popíšte v ňom výsledky meraní a výpočtov v oboch úlohách. Pri komentovaní úlohy 2 vychádzajte zo zostrojeného grafu $F(v^2)$, ktorý priložíte k protokolu z merania.

Záver:

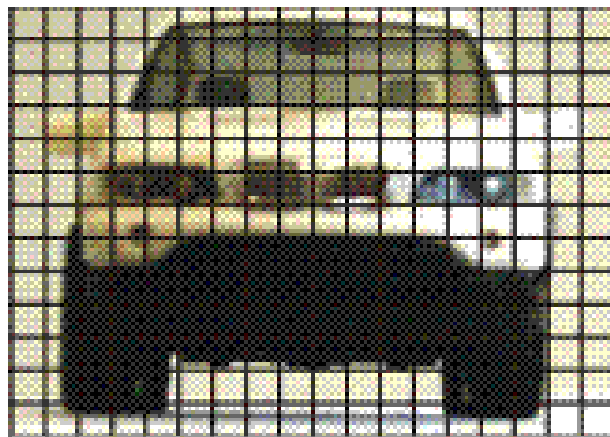
Príloha 7 Variant pre jednotlivca (strana 6)

Príloha 1:

Obrázky na výpočet plochy kolmého prierezu (S) jednotlivých vozidiel
(Dĺžka strany štvorca v sieti je 1,5 mm – autá BMW)

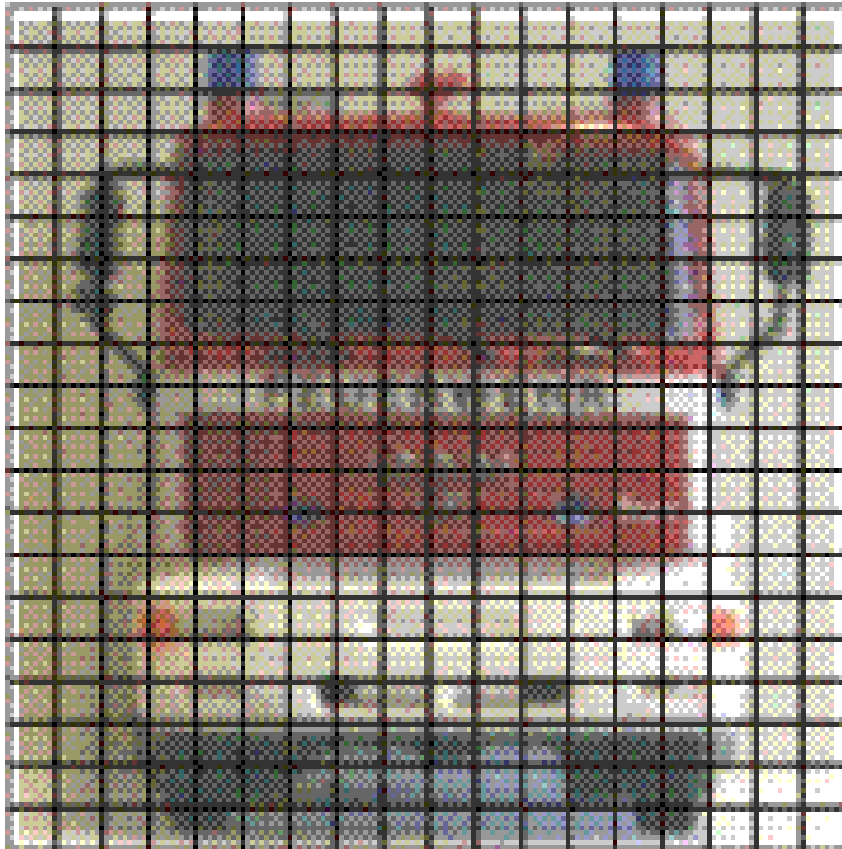


BMW 6er Coupe



BMW X5

(Dĺžka strany štvorca v sieti je 2 mm – hasičské auto)

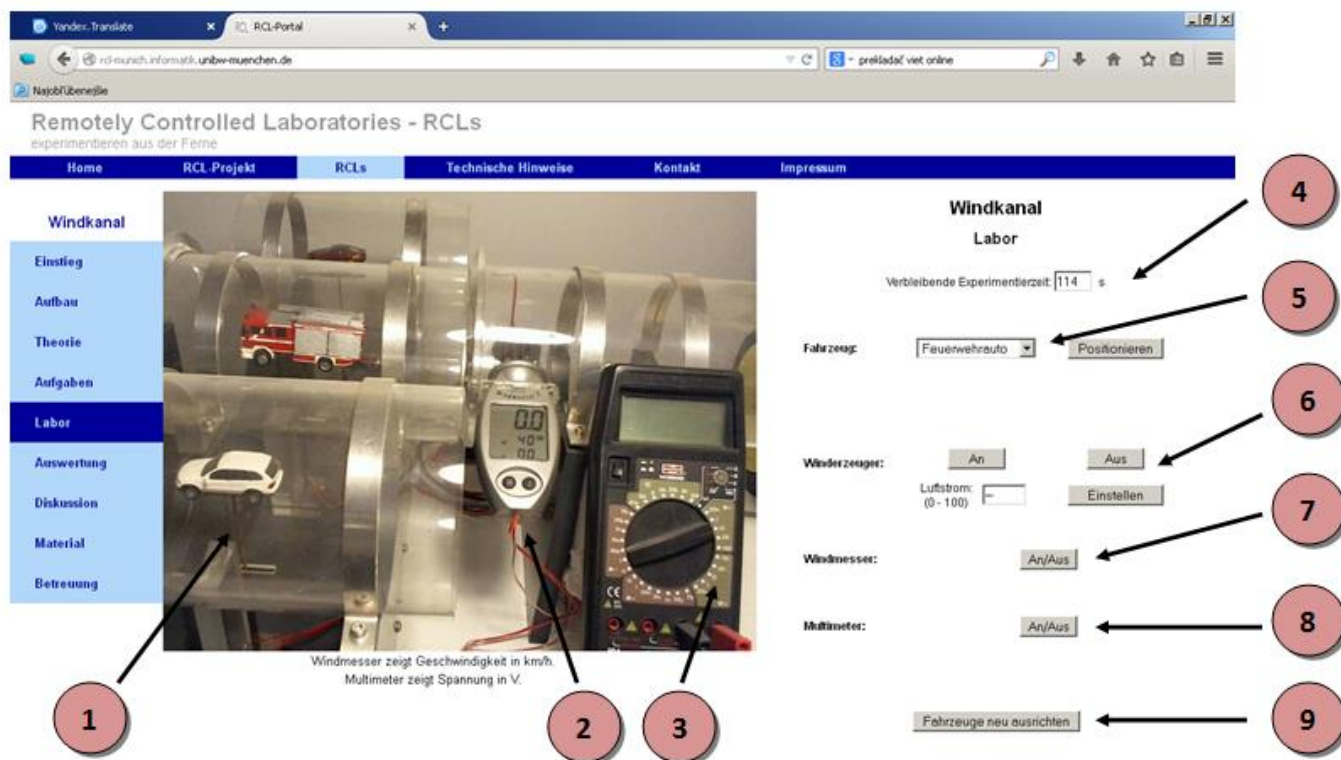


Hasičské auto

Príloha 2:

Popis práce na meračom zariadení (funkcie tlačidiel)

<http://rcl-munich.informatik.unibw-muenchen.de/>



(RCLs – Windkanal – Labor – Experiment starten).

- 1 – časti tunela s modelmi vozidiel (spredu: BMW X5, hasičské auto, BMW 6er Coupe)
- 2 – anemometer (meranie rýchlosti prúdiaceho vzduchu v kilometroch za hodinu)
- 3 – multimeter (meranie napätia vo voltoch)
- 4 – zvyšný čas trvania experimentu (monitorovanie zvyšného času pripojenia na aparátúru v sekundách)
- 5 – nastavenie modelu motorového vozidla (BMW X5, hasičské auto, BMW 6er Coupe), (kliknutím na šípku sa zobrazí ponuka, vozidlo sa vyberie kliknutím na jeho názov, výber potvrdiť tlačidlom „Positionieren“)
- 6 – nastavenie intenzity prúdiaceho vzduchu v generátore („Winderzeuger“) vpísaním číselnej hodnoty do okienka („Luftstrom“, rozsah 0 až 100), nastavenú hodnotu potvrdiť tlačidlom „Einstellen“
- 7 – aktivovanie (zapnutie, vypnutie – tlačidlo „An/Aus“) anemometra („Windmesser“)
- 8 – aktivovanie (zapnutie, vypnutie– tlačidlo „An/Aus“) multimetra („Multimeter“)
- 9 – vrátenie aparátúry do východiskovej pozície (príprava na ďalšie opakovanie pokusu)

Na výpočet C je potrebné zistiť veľkosť plochy kolmého prierezu S vozidla. Na jej výpočet použite tabuľku 1.

Tabuľka 1: Veľkosť plochy S pre jednotlivé druhy vozidiel

Typ vozidla	S [mm ²]	S [m ²]
BMW 6er Coupe	258 ± 6	
Hasičské auto	826 ± 18	
BMW X5	380 ± 6	

Odporovú silu F možno vypočítať z pomeru medzi zmenou napätia meranou multimetrom a zmenou odporovej sily pre jednotlivé automobily. Hodnoty uvedeného pomeru pre jednotlivé typy automobilov sú v tabuľke 2. Na náklade nej odvodte vzorce na výpočet odporovej sily pôsobiacej na vozidlo.

Tabuľka 2: Veľkosť pomeru medzi zmenou napätia a zmenou odporovej sily

Typ vozidla	$\frac{\Delta U [V]}{\Delta F [N]}$
BMW 6er Coupe	48,94
Hasičské auto	21,77
BMW X5	49,33

Typ vozidla:.....

$$\Delta U = U - U_0$$

$$\frac{\Delta U}{\Delta F} =$$

$$\Delta F = \quad (3)$$

Úlohy:

1. Na základe vzťahu (2) vypočítajte súčiniteľ odporu pre vozidlo
2. Overte závislosť medzi aerodynamickou odporovou silou (F) a relatívnou rýchlosťou prúdiaceho vzduchu (v) pre zadaný automobil. Zostrojte graf závislosti F od v² (F~v²).

Postup:

Meranie realizujte v rámci experimentu „Aerodynamický (veterný) tunel“ („Windkanal“), na pracovisku Univerzity Federálnych ozbrojených síl (Mníchov, Nemecko) prostredníctvom e-laboratória Technickej Univerzity v Kaiserslautern <http://rcl-munich.informatik.unibw-muenchen.de/> (RCLs - Windkanal - Labor - Experiment starten). Cieľom experimentu je preskúmať aerodynamiku troch vozidiel (BMW 6er Coupe, BMW X5, hasičské auto). Pripojenie na meraciu aparatúru (základná dĺžka experimentu) je 120 sekúnd. Zostávajúci čas experimentu je monitorovaný v záhlaví pracovnej plochy. V prípade potreby možno, nastavením nových parametrov v experimente, uvedený časový interval predĺžiť znovu o 120 sekúnd.

Príloha 10 Skupinová práca (strana 3)

1. Zoznámte sa s ovládaním experimentu (príloha 1), vyskúšajte si prácu s nimi.
2. Nastavte typ vozidla (vybrať z ponuky a stlačiť „Positionieren“) – tunel s autom sa presunie pred generátor prúdiaceho vzduchu. Typ vozidla zapíšte do tabuľky.
3. Zapnite anemometer („Windmesser“) a multimeter („Multimeter“).
4. Intenzitu prúdu vzduchu („Luftstrom“,) nechajte na nule, odčítajte hodnotu napätia z multimetra (U_0), zapíšte do tabuľky.
5. Nastavte intenzitu prúdu vzduchu na 20, potvrdte tlačidlom „Einstellen“. Po ustálení hodnôt na meracích prístrojoch odčítajte veľkosť rýchlosti prúdiaceho vzduchu z anemometra (v) a veľkosť napätia z multimetra (U). Zapíšte do tabuľky.
6. Bod 5 opakujte s hodnotami 40, 60, 80, 100, zapíšte do tabuľky.

Typ vozidla						
Prúd vzduchu	v [km/h]	v [m/s]	v^2 [m ² /s ²]	U [V]	ΔU [V]	F [N]
0	0	0	0	$U_0 =$	-	-
20						
40						
60						
80						
100						

7. Vyplňte zvyšné stĺpce v tabuľke. Platí: $\Delta F = F$. Výpočet urobte podľa vzorca (3). Použite kalkulačku, alebo tabuľkový kalkulátor.
8. Dosadením do vzťahu (2) vypočítajte hodnoty súčiniteľa aerodynamického odporu. Hustota vzduchu pri izbovej teplote je 1,3 kg/m³, veľkosť plochy S v tabuľke 1. Zapíšte do nasledujúcej tabuľky, určte priemernú hodnotu C .

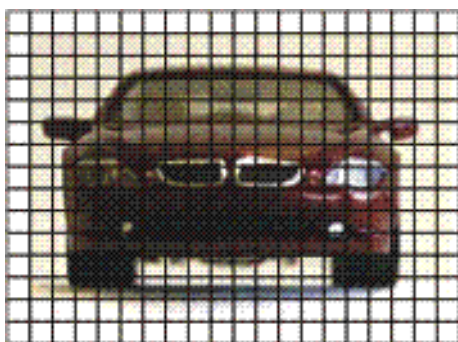
Typ vozidla	
Číslo mer.	C
1	
2	
3	
4	
5	
Priemer:	

9. Na milimetrový papier zostrojte graf závislosti $F(v^2)$. Hodnoty odporovej sily vyjadrite v mN, rýchlosť v v m/s.

Príloha 11 Výpočet S modelu vozidla BMW 6er Coupe

Prémiová úloha:

Vypočítajte obsah kolmého prierezu S modelu vozidla BMW 6er Coupe
(dĺžka strany štvorca v sieti je 1,5 mm)



Príloha 12 Doplnkové úlohy

1. Výpočet súčiniteľa odporu (tvarového koeficientu).

Pri rýchlosti km/h sme pre model automobilu namerali odporovú siluN. Experiment prebiehal v laboratóriu pri izbovej teplote, hustota vzduchu je kg/m³. Plocha čelného prierezu je m². Pomocou vzorca (2) vypočítame súčiniteľ odporu (tvarový koeficient):

Zistili sme, že pre daný typ vozidla $C = \dots\dots\dots$.

2. Výpočet aerodynamickej odporovej sily automobilu

Model motorového vozidla bol zostrojený v pomere 1:100. Ak by experiment prebiehal za rovnakých vonkajších podmienok s reálnym vozidlom, výpočtom zistíme veľkosť aerodynamickej odporovej sily:

Za uvedených podmienok by na vozidlo pôsobila aerodynamická odporová sila N.

3. Vzťah medzi aerodynamickou odporovou silou a relatívnou rýchlosťou pohybu.

Na automobil, ktorý sa pohybuje rýchlosťou v pôsobí aerodynamická odporová sila F_o . Zistite ako sa zmení jej veľkosť, ak sa rýchlosť automobilu

a) zdvojnásobí

b) zdvojnásobí a zároveň začne fúkať protivietor rýchlosťou v kolmo na čelnú plochu vozidla

Príloha 13 Tabuľkový kalkulátor (hasičské auto - výpočty)

Zadávanie nameraných hodnôt					
Prúd vzduchu	v [km/h]	v [m/s]	v ² [m ² /s ²]	U [V]	ΔU [V]
0	0	0	0	2,19	0
20	6,7	1,861	3,464	2,23	0,04
40	29	8,056	64,892	2,83	0,64
60	37	10,278	105,633	3,30	1,11
80	41	11,389	129,707	3,60	1,41
100	42	11,667	136,111	3,69	1,50

Výpočet sily F		
BMW 6er Coupe	BMW X5	Hasičské auto
F[N]	F[N]	F[N]
θ	θ	0
0,00082	0,00081	0,00184
0,01308	0,01297	0,02940
0,02268	0,02250	0,05099
0,02881	0,02858	0,06477
0,03065	0,03041	0,06890

Návod: Do zelených buniek zadajte namerané hodnoty rýchlosti v (km/h) a napätia U (V).
V stĺpci pod názvom automobilu odčítajte odporovú silu (F) prislúchajúcu danej rýchlosti a súčiniteľ odporu (C).

Výpočet súčiniteľa odporu C			
	BMW 6er Coupe	BMW X5	Hasičské auto
C ₁	1,41	0,94	0,99
C ₂	1,20	0,80	0,84
C ₃	1,28	0,86	0,90
C ₄	1,32	0,89	0,93
C ₅	1,34	0,90	0,94
Priemer C	1,31	0,88	0,92

VPLYVA TVAR AUTOMOBILU NA JEHO SPOTREBU POHONNÝCH HMÔT?

Automobil pri pohybe prekonáva odporovú silu, ktorej veľkosť závisí aj od tvaru automobilu. Vhodným tvarom automobilu je možné odporovú silu minimalizovať.

- a) Nakreslite danú situáciu, zakreslite do obrázku prúdnicu obtekajúce automobil.



Zdroj obrázku: <http://www.nalepshop.cz/nalepshop/eshop/16-1-Samolepky-na-auto/0/5/196-Teckovane-polokruhy-samolepka-na-auto>

- b) Čo je príčinou vzniku odporovej sily pri vzájomnom pohybe telesa a tekutín? Zakreslite vektor odporovej sily do obrázku.
- c) Vyjadrite vzťah medzi veľkosťou odporovej sily pri pohybe automobilu a rýchlosťou jeho pohybu veličinovou rovnicou. Popíšte a vysvetlite uvedenú rovnicu.

Príloha 15 Teoretické cvičenie (pracovný list 2)

- d) Vypočítajte súčiniteľ odporu automobilu pri jeho stálej rýchlosti $80 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ vzhľadom na pokojný vzduch, ak obsah jeho čelnej plochy kolmej na smer jazdy je $3,5 \text{ m}^2$? Automobil pri pohybe prekonáva odporovú silu veľkosti $0,5 \text{ kN}$, hustota vzduchu je $1,3 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$.

Odpoveď: Súčiniteľ odporu je

- e) Akým spôsobom sa snažia výrobcovia áut veľkosť odporovej sily minimalizovať?
- f) Vplýva veľkosť odporovej sily pôsobiacej na automobil na jeho spotrebu pohonných hmôt? Svoje tvrdenie zdôvodnite.

Príloha 16 Teoretické cvičenie (pracovný list 3)

- 1 Koefficient odporu prostredia športového auta $C_{0s} = 0,3$ a prierezová plocha $S_s = 1,5 \text{ m}^2$.
Pre kamión sú tieto hodnoty: $C_{0K} = 0,5$, $S_K = 2,5 \text{ m}^2$. Predpokladajte, že sa hnacie sily vozidiel rovnajú. Doplňte rovnicu a uveďte správny vzťah medzi ustálenými rýchlosťami oboch vozidiel.

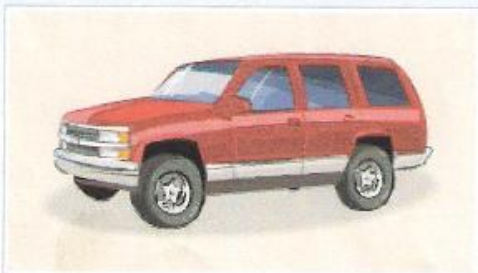


$$\frac{v_K^2}{v_s^2} = \frac{\boxed{} \cdot \boxed{}}{\boxed{} \cdot \boxed{}}$$

$$v_K = \boxed{} v_s$$

C_{0s} C_{0K} S_{0s} S_{0K} 0,6 0,36

- 2 Výkon P motora auta sa rovná Fv , kde F je hnacia sila a v je rýchlosť auta.
Dve autá môžu dosiahnuť ustálené rýchlosti veľkosti $v_1 = 90 \text{ km.h}^{-1}$ a $v_2 = 120 \text{ km.h}^{-1}$.
Označte správny vzťah medzi výkonmi motorov oboch aut, ak viete, že $F_1 = 0,9 F_2$.



$P_1 = 0,83P_2$

$P_1 = 0,68P_2$

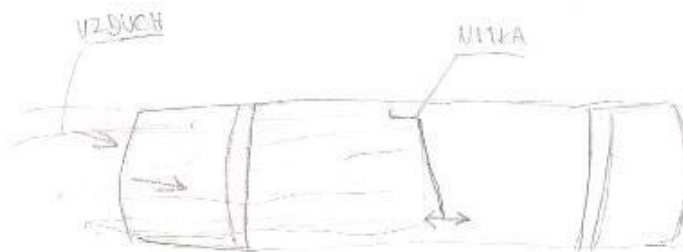
$P_1 = 0,75P_2$

Príloha 17 Kvalitatívne úlohy – žiacke riešenie.

Otázky (kvalitatívne úlohy)

1. Ak by mal anemometer a multimeter poruchu (bol by vypnutý), vedeli by ste určiť či vo veternom tuneli prúdi vzduch? Vedeli by ste odhadnúť jeho intenzitu (posúdiť či sa zväčšila, alebo zmenšila)? Napíšte, načrtnite.

Áno vedeli by sme určiť. Právnou metódou by sme ~~by~~ videli na nitku, ktorá ~~sa~~ bola ~~stlačená~~ vo veternom tuneli. Podľa intenzity ~~stlačenia~~ by nitky by sme ~~právnou~~ vedeli určiť intenzitu vetra.



2. Aké faktory (podmienky) ovplyvňujú súčiniteľ odporu vzduchu? Napíšte, zdôvodnite.

S - hmotnosť vzduchu
 S - plocha čiarnej roviny na ktorej odpor má pôsobiť
 ρ - rýchlosť vetra a hmotnosť čiarnej roviny

Príloha 18 Doplnkové úlohy pre žiakov, ktorí nerobili LC (žiacke riešenie)

1. Výpočet súčiniteľa odporu (tvarového koeficientu).

Pri rýchlosti 40 km/h sme pre model automobilu hasičské auto namerali odporovú silu 58,89 mN. Experiment prebiehal v laboratóriu pri izbovej teplote, hustota vzduchu je 1,3 kg/m³. Plocha čelného prierezu je 826 mm². Pomocou vzorca $F = \frac{1}{2} C \rho S v^2$ vypočítajte súčiniteľ odporu (tvarový koeficient):

$$\begin{aligned}
 v &= 40 \text{ km/h} = 11,111 \text{ m/s} \\
 F &= 58,89 \text{ mN} = 0,05889 \text{ N} \\
 \rho &= 1,3 \text{ kg/m}^3 \\
 S &= 826 \text{ mm}^2 = 0,000826 \text{ m}^2 \\
 F &= \frac{1}{2} C \rho S v^2 \\
 \frac{1}{2} C &= \frac{F}{\rho \cdot S \cdot v^2} \\
 \frac{1}{2} C &= \frac{0,05889}{1,3 \cdot 0,000826 \cdot 11,111^2} \\
 \frac{1}{2} C &= 0,1444 \\
 C &= 2 \cdot 0,1444 \quad \checkmark
 \end{aligned}$$

Zistili sme, že pre daný typ vozidla $C = 0,888$.

2. Výpočet aerodynamickej odporovej sily automobilu

Model motorového vozidla bol zostrojený v pomere 1:100. Ak by experiment prebiehal za rovnakých vonkajších podmienok s reálnym vozidlom, výpočtom zistíme veľkosť aerodynamickej odporovej sily:

Za uvedených podmienok by na vozidlo pôsobila aerodynamická odporová sila N.

3. Vzťah medzi aerodynamickou odporovou silou a relatívnou rýchlosťou pohybu.

Na automobil, ktorý sa pohybuje rýchlosťou v pôsobí aerodynamická odporová sila F_o . Zistite ako sa zmení jej veľkosť, ak sa rýchlosť automobilu

a) zdvojnásobí

b) zdvojnásobí a zároveň začne fúkať protivietor rýchlosťou v kolmo na čelnú plochu vozidla

Keď auto zdvojnásobí svoju rýchlosť a zároveň začne fúkať protivietor tak sa rýchlosť vetra 1,5 odčíta od rýchlosti auta, a auto bude mať rovnakú rýchlosť ako malo. \checkmark alebo sa zmení sila?

Príloha 19 Žiacke riešenie (teoretické cvičenie – pracovný list 1)

153 (1) Marek Meliš, Martin Čučka 15

VPLYV TVARU AUTOMOBILU NA JEHO SPOTREBU POHONNÝCH HMŔT?

Automobil pri pohybe prekonáva odporovú silu, ktorej veľkosť závisí aj od tvaru automobilu. Vhodným tvarom automobilu je možné odporovú silu minimalizovať...

a) Nakreslite danú situáciu, zakreslite do obrázku prúdnice obtekajúce automobil.



70 g 44 Zdroj: foto: foto (www.automobil.sk/stranica/140262/2012/)

b) Čo je príčinou vzniku odporovej sily pri vzájomnom pohybe telesa a tekutín? Zakreslite vektor odporovej sily do obrázku.

viskozita telesa a kvapaliny, tvar telesa i hustota kvapaliny

25

c) Vyjadrite vzťah medzi veľkosťou odporovej sily pri pohybe automobilu a rýchlosťou jeho pohybu veličinovou rovnicou. Popíšte a vysvetlite uvedení rovnicu.

$$F = 0,5 \cdot c \cdot \rho \cdot S \cdot v^2$$

ρ - hustota vzduchu.

S - plocha telesa.

v - relatívna rýchlosť

c - koeficient odporu

26

Príloha 20 Žiacke riešenie (teoretické cvičenie – pracovný list 2)

Malý Michal
Matka Galuša

- d) Vypočítajte súčiniteľ odporu automobilu pri jeho stálej rýchlosti 80 km.h⁻¹ vzhľadom na pokojný vzduch, ak obsah jeho čelnej plochy kolmej na smer jazdy je 3,5 m²? Automobil pri pohybe prekonáva odporovú silu veľkosti 0,5 kN, hustota vzduchu je 1,3 kg.m⁻³.



$v = 80 \text{ km/h} = 22,22 \text{ m/s} \checkmark$
 $S = 3,5 \text{ m}^2$
 $C = ?$
 $\rho = 1,3 \text{ kg m}^{-3}$
 $F_0 = 0,5 \text{ kN} = 500 \text{ N} \checkmark$

$C = \frac{F_0}{0,5 \cdot \rho \cdot S \cdot v^2} \checkmark$ $C = \frac{500}{0,5 \cdot 1,3 \cdot 3,5 \cdot 492,84} \quad \text{Jb}$

$C = \frac{500}{0,5 \cdot 1,3 \cdot 3,5 \cdot 22,2^2}$ $C = 0,4459 \checkmark$
 Odpoveď: Súčiniteľ odporu je 0,4459... ✓

- e) Akým spôsobom sa snažia výrobcovia áut veľkosť odporovej sily minimalizovať?

odpor sily minimalizujú:

1. spojler: rozráva vzduch
2. nižší podvozok: odporová sily menšia Jb

3. tvar auta: - čím väčšie auto tým väčší odpor.

- f) Vplyva veľkosť odporovej sily pôsobiacej na automobil na jeho spotrebu pohonných hmôt? Svoje tvrdenie zdôvodnite.

áno vplyva

čím väčšia sily tým ide auto pomalšie ?

$F_t = c \cdot F_N$

Jb