

Počítačom podporované prírodovedné laboratórium

Učebný text vznikol s podporou Európskeho sociálneho fondu, projekt Inovácia profesijných spôsobilostí učiteľov prírodovedných predmetov, kód projektu 11230220245

© RNDr. Peter Demkanin, PhD., PaedDr. Karla Holá, doc. RNDr. Václav Koubek, PhD.

Recenzenti: prof. RNDr. Lubomír Zelenický, PhD.

RNDr. Pavel Pešat, PhD.

Vydalo: Knižničné a edičné centrum FMFI UK, Bratislava, 2006

ISBN: 80-89186-10-6

OBSAH

Predslov	3
1. Ciele fyzikálneho vzdelávania	5
2. Počítače vo vyučovaní fyziky	7
2.1 Fyzikálne experimenty v počítačom podporovanom laboratóriu	9
3. Pozorovanie, meranie, experiment.	15
3.1 Priame a nepriame meranie	16
3.2 Fyzikálna závislosť	19
3.3 Presnosť merania	22
3.4 Systematická chyba série meraní	25
3.5 Chyba hodnoty získanej ako smernica grafu	25
3.6. Úloha experimentu v žiackom poznávaní	27
3.7 Formy a úlohy školských fyzikálnych experimentov	34
4. Modely, modelovanie, ovládanie zariadení	37
4.1 Počítačové modelovanie ako podporný prostriedok vyučovania fyziky	37
4.2 Ovládanie zariadení počítačom	39
4.3 Základy techniky	39
5. Príklad hardvéru pre počítačom podporované prírodovedné laboratórium	41
5.1. Základné parametre CoachLabII+	41
5.2. Práca so senzormi	45
5.3. Metódy merania	47
5.4. Ovládanie zariadení (aktuátorov)	47
5.5. Merací interfejs ULAB	48
6. Softvér COACH 5	53
6.1 Štruktúra COACH – meranie	54
6.2 Spracovanie a analýza dát	60
7. Merania v prostredí Coach	67
7.1. Práca so senzorom – meranie teploty	67
7.2. Nastavenie merania – meranie frekvencie blikania monitora	69

7.3. Meranie elektrického napätia a prúdu bez špeciálnych senzorov – kalibrácia ampérmetra	71
7.4. Spresnenie kalibrácie – meranie magnetického poľa cievky	76
7.5 Vysoká rýchlosť merania senzormi ako zdanlivá chyba merania	76
8. Modelovanie v prostredí Coach	81
8.1. Riešenie fyzikálnej úlohy na počítači – používanie hotového modelu	81
8.2. Počítačový model v spojení s materiálne realizovaným experimentom	84
8.3. Príprava vlastného modelu v prostredí Coach	87
8.4. Metóda dynamického modelovania na počítači	89
8.5 Empirické modely v prostredí Coach MODELOVANIE – ako spolu žijú zajace a líšky	97
8.6 Empirické modely v prostredí Coach MODELOVANIE – 2. ako rastie rastlina	100
9. Videomeranie	103
9.1. Základy práce s video meraním - práca s vopred pripravenou aktivitou	103
9.2. Vytvorenie vlastnej aktivity videomeranie	105
10. Ovládanie zariadení počítačom	119
10.1. Manuálne zapínanie žiarovky	119
10.2. Zapínanie žiarovky programom – blikanie	120
10.3. Podmienené zapínanie žiarovky - príklad zložitejšej aktivity	122
11. Príručka jednoduchých experimentov	123
10.1. Príklady z biológie a chémie	123
10.2. Námety na merania z fyziky	135

Predslov

Tieto skriptá venované počítačom podporovanému prírodovednému laboratóriu prichádzajú v čase, keď sa používanie počítačov pri vyučovaní prírodovedných predmetov javí ako nevyhnutné. Na Slovensku v tomto období badať tendencie k odstráneniu zaostávania za inými krajinami v tejto oblasti, čomu odborne pomáhajú najmä fakulty vysokých škôl pripravujúcich učiteľov prírodovedných predmetov a materiálne i finančne projekty INFOVEK a Európsky sociálny fond.

Ambíciu týchto skrípt je ponúknuť budúcim učiteľom i učiteľom v praxi prvotné informácie, návody na získanie základných zručností a príklady aktivít v počítačom podporovanom laboratóriu. Vychádzame z toho, že učiteľom v praxi a ich žiakom je potrebné nechať možnosť tvoriť vlastné aktivity, ale pre inšpiráciu sme sa rozhodli vydať aj podrobnejšie rozpracovaný obsiahlejší zoznam aktivít pre študentov v elektronickej verzii na CD a na stránke Oddelenia didaktiky fyziky FMFI UK v Bratislave <http://fyzikus.fmph.uniba.sk>.

Obsah skrípt je prispôsobený časti predmetu Praktikum školských pokusov v učiteľskom štúdiu fyziky na FMFI UK, je však rozšírený aj na príklady možností využitia v iných prírodovedných predmetoch. Pre učiteľov v praxi nie je potrebné štúdium skrípt v poradí kapitol, postačuje zbežné oboznámenie sa s obsahom a hlbšie štúdium iba niektorých kapitol podľa záujmu a konkrétnych potrieb.

Autori vyslovujú poďakovanie za cenné pripomienky recenzentom prof. Ľubomírovi Zelenickému z UKF v Nire a Dr. Pavlovi Pešatovi z Pedagogickej fakulty TU v Liberci, taktiež pracovníkom Oddelenia didaktiky fyziky FMFI UK prof. Pišútovi, doc. Lapitkovej, Dr. Horváthovi a Mgr. Lazúrovi, ďalej Dr. Tóthovej z PrírF UK v Bratislave, Dr. Ješkovej z UPJŠ v Košiciach, kolegom z UMB v Banskej Bystrici, Sjf STU v Bratislave a FCHaPT STU v Bratislave. K obsahu jednotlivých kapitol vyjadrili cenné návrhy a pripomienky stredoškolskí učitelia z rámci kurzu v projekte INFOVEK a v rámci doplnkového pedagogického štúdia. Poďakovanie patrí aj študentom denného štúdia, najmä M. Belobradovej a Z. Šuhajovej za pozorné prečítanie textu a cenné pripomienky.

V skriptách sú zapracované aj cenné pripomienky kolegov z projektu COMENIUS - EuISE (Effective use of ICT in Science Education): Jari Lavonen z Univerzity v Helsinkách, Bob Kibble z Univerzity v Edinburgu, Jozefina Turlo z Univerzity v Toruni a Fina Guitar z Barcelony.

Používateľom týchto skrípt ponúkame možnosť komentovania všetkých aspektov tejto publikácie na stránke <http://fyzikus.fmph.uniba.sk>.

1. Ciele fyzikálneho vzdelávania

Spoločným poslaním štúdia prírodovedných predmetov je zabezpečiť, aby sa žiaci oboznámili so spôsobmi vedeckej práce a komunikácie medzi vedcami, ako i s niektorými poznatkami z oblasti prírodných vied. „Vedecká práca“ môže prebiehať rôznymi formami, ale vo všeobecnosti zahŕňa formulovanie a testovanie hypotéz prostredníctvom pozorovania, merania a experimentov. Práve možnosť overovania hypotéz je jedinečnou možnosťou prírodných vied.

V tomto duchu maturitné štúdium prírodných vied je zacielené na:

- poskytnutie príležitostí pre prírodovedné skúmanie a tvorivosť v kontexte, ktoré stimuluje a podnecuje žiakov
- poskytnutie základných poznatkov a metód z oblasti prírodných vied a základov techniky
- poskytnutie priestoru žiakom na aplikovanie základných poznatkov a postupov prírodných vied a základov techniky
- rozvoj schopností analyzovať, vyhodnocovať a syntetizovať informácie
- podporovanie porozumenia pre efektívnu spoluprácu a komunikáciu počas prírodovedných aktivít
- rozvoj experimentálnych zručností
- pestovanie povedomia morálnych, etických, sociálnych, ekonomických a environmentálnych implikácií využívania prírodovedných poznatkov a techniky
- rozvoj porozumenia možností a obmedzení prírodných vied a vedcov
- podporovanie porozumenia vzťahov medzi prírodnými vedami navzájom a širokými možnosťami použitia metód typických pre prírodné vedy

Počas maturitného štúdia fyziky (aj iných prírodných vied ako chémie, alebo biológie) by žiak mal:

- pochopiť, aplikovať a použiť:
 - fakty a súvislosti,
 - metódy a postupy,
 - terminológiu ako nástroj efektívnej komunikácie,
 - metódy prezentácie prírodovedných informácií,
- vytvárať, analyzovať a vyhodnocovať:
 - hypotézy, otázky hodné skúmania,
 - metódy a postupy skúmania,
 - vysvetlenia javov,
- rozvíjať osobnostné zručnosti kooperácie, vytrvalosti, zodpovednosti v oblasti efektívneho skúmania a riešenia úloh,
- rozvíjať manipulačné zručnosti smerujúce k presnému a bezpečnému skúmaniu predmetov a javov.

O úlohách fyzikálneho (prírodovedného) vzdelávania žiakov stredných škôl, ktorí z fyziky nematurujú sa v tomto období vedú zásadné odborné diskusie a preto sa tomuto problému na tomto mieste nebudeme podrobnejšie venovať. Je dôležité si uvedomiť, že učiteľ fyziky na väčšine stredných škôl je postavený do situácie učiť nielen fyziku ako súčasť prírodných vied, ale aj fyziku ako súčasť základov technológií. Uvedomenie si rozdielu medzi týmito dvoma prístupmi môže zamedziť niektorým zbytočným nedorozumeniam medzi učiteľom a žiakmi. Zatiaľ, čo úlohou prírodných vied je prírodu poznávať, úlohou

technológií je prírodu si prispôsobiť. Zo strany žiakov často vychádzajú dva druhy otázok: „prečo sa to mám učiť, keď to nikdy v živote nebudem potrebovať?“ a „prečo sa neučíme napríklad opraviť si mikrovlnku?“. Jednou z úloh všeobecného vzdelávania je rozvinúť v žiakoch schopnosti neskôr sa naučiť to, čo v konkrétnom zamestnaní budú potrebovať. Je vhodné si uvedomiť na jednej strane populárny výrok: „všetko čo v živote potrebujem som sa naučil v materskej škôlke“, na druhej strane to, že človek sa učí po celý život a pri dynamike súčasného života nemožno vystačiť s poznatkami a postupmi, ktoré sa naučíme v škole. Ako rozhodnúť, či sa budeme v rámci povinného všeobecného vzdelávania učiť, ako funguje mikrovlnka, alebo radšej ako funguje televízor? Takto položené otázky bez poznania kontextu, v ktorom boli položené, sú mátaúce a nemožno na ne jednoznačne odpovedať. Javí sa vhodnejšie zaoberať sa nielen poznatkami, s ktorými by sa mal žiak oboznámiť, ale aj (a asi hlavne) kompetenciami, ktoré by sme chceli (mali) v žiakovi rozvinúť.

2. Počítače vo vyučovaní fyziky

V súčasnosti je využitie počítačov v rôznych stránkach ľudskej činnosti také samozrejmé, že nasledujúca kapitola sa môže javiť ako úplne zbytočná. Jej úlohou je najmä pripomenúť rôzne možnosti, ktoré doba prináša. Ovládanie počítača a rozvíjanie schopnosti využiť možnosti počítača v každodennom živote patrí na Slovensku z väčšej časti do predmetu informatika. Pre vyučovanie fyziky je príznačné skôr použitie počítača na dosiahnutie cieľov fyzikálneho vzdelávania. Medzi ciele fyzikálneho vzdelávania možno zaradiť aj nadobudnutie istých schopností súvisiacich s používaním počítačov, ako napríklad meranie fyzikálnych veličín pomocou senzorov pripojených k počítaču, spracovanie nameraných údajov. Teda počítač je v rámci školského fyzikálneho vzdelávania prostriedkom na skúmanie fyzikálnych javov, ale poznanie niektorých možností počítača pri takomto skúmaní a rozvoj niektorých zručností s tým spojených patrí aj medzi ciele fyzikálneho vzdelávania.

Pri diskusiách o možnostiach používania počítačov na našich stredných a základných školách je potrebné uvedomiť si špecifiká plynúce z rýchlych zmien v tejto oblasti v porovnaní s inými aspektmi prírodovedného vzdelávania. Zatiaľ čo väčšina učebných pomôcok vyrobených pred 50 rokmi je plne použiteľná pri vyučovaní, dokonca často je kvalitnejšia v porovnaní s pomôckami vyrábanými v súčasnosti, počítačová podpora vyučovania je relatívne mladá. Pojem informačné technológie vznikol len pred 25 rokmi a pojem informačno-komunikačné technológie (IKT) len pred 15 rokmi. V roku 1992 bolo na celom svete spolu len asi 50 internetových stránok. Prvé personálne počítače sa začali predávať len pred 25 rokmi (v roku 1981, počítač IBM5150). Aj vzhľadom na celospoločenské priority posledných 20 rokov na Slovensku je celkom prirodzené, že sa na našich školách v laboratóriách a učebniach prírodovedných predmetov počítače nenachádzajú – je však rovnako prirodzené, že ich použitie na týchto miestach je nevyhnutné.

Počítače nám výrazne pomáhajú pri zaobchádzaní s informáciami, v bádani v bohatstve informácií, v rýchlosti prístupu k informáciám. Pomáhajú nám priblížiť proces vedeckého skúmania, ktorý je bez počítačov nemysliteľný. Pre učiteľa je počítač prostriedkom na prístup k informáciám, ako aj na prezentáciu materiálov.

Budovanie informačno-komunikačnej kultúry vyučovania sa stáva dôležitou úlohou každej školy.

Pri vyučovaní fyziky používame nástroje ako textové procesory (napr. Word), tabuľkové kalkulatory (napr. Excel), databázové programy, prezentačné prostredia (napr. PowerPoint), počítačom podporované meranie (napr. CoachLab) a programy na modelovanie (napr. Coach, Applety), programy na skúmanie videozáznamu (napr. Coach, VirtualDub).

Prírodovedná zložka všeobecného stredoškolského štúdia ponúka viacero možností pre rozvoj a využitie zručností žiakov v oblasti informačno-komunikačných technológií. **Nezastupiteľnú úlohu** má pri počítačom podporovaných **meraniach a experimentoch** a pri **modelovaní javov**. Počítačom podporované experimenty musia doplniť, nie nahradiť ostatné formy experimentálnej činnosti. Počítače sa používajú tam, kde iné prístupy sú nevhodné, alebo rôznymi spôsobmi obmedzené.

Použitie **meracích senzorov** je vhodné tam, kde je potrebné zbierať dáta veľmi krátky, alebo veľmi dlhý časový interval, alebo ak by bol experiment inak neuskutočiteľný. Výhodou použitia meracích senzorov je však aj dobrá dostupnosť nameraných údajov v elektronickej forme pre ich následné spracovanie. Počítačom podporované meranie má výhodu v tom, že žiaci môžu sledovať dáta (priamo merané i spracované) v reálnom čase. Učiteľ môže vyvážiť časovú dotáciu venovanú procesu získavania dát na jednej strane a vyhodnocovaniu závislostí medzi dátami na strane druhej. Pri meraniach bez použitia senzorov zvyčajne viac času a energie zaberalo získavanie dát a na ich vyhodnocovanie, na prípadné opakovanie merania pri zmenených podmienkach neostávalo dostatok času. Pri meraniach pomocou senzorov dosahujeme zvyčajne oveľa väčšiu presnosť, čo vzbudzuje v žiakoch väčšiu dôveru k výsledkom merania.

Simulačný softvér môže ilustrovať javy a modely ktoré nie je ľahké demonštrovať reálnymi experimentmi, pretože tieto by boli finančne alebo časovo náročné, nebezpečné, alebo komplikované. Existuje viacero programov na **počítačové modelovanie**. Niektoré programy umožňujú žiakom zasahovať do modelu, alebo aj priamo si zostrojiť svoj vlastný model.

Kombinácia hovoreného slova, animácie, videosekvencie reálneho deja v **multimediálnej zostave** stimuluje užívateľa. Dáva do súvisu rôzne zobrazenia a cesty učenia sa a tým podporuje pochopenie fyzikálnych javov a zákonitostí. Poskytuje množstvo informácií a možností vyhľadávania v nich. Použitie multimediálnych CD a DVD významne dopĺňa tradičné vyučovacie postupy. Výkladové časti vyučovacích hodín možno celé riadiť použitím **elektronickej tabule**, na ktorej priamo pred zrakmi žiakov ako bezprostrednú súčasť výkladu, či diskusie, spúšťame jednotlivé multimediálne aplikácie.

Spracovanie textu na počítači nie je iba písanie. Môže významne zvýšiť kvalitu písaného textu od písania počiatočných myšlienok, cez ich dopĺňanie a prepracovávanie, až po finálnu verziu. Programy na kreslenie, skenery, digitálne fotoaparáty a videokamery, hypertextové možnosti, prezentácie, toto všetko je súčasťou súčasného spracovania textu pri príprave napríklad referátov, alebo laboratórných protokolov.

Všadeprítomné používanie **elektronickej pošty** podporuje vytváranie zoskupení učiteľov a žiakov a tak kopíruje zoskupenia aktivít vedeckého výskumu. Elektronická pošta a web stránky môžu napomôcť pri projektovej práci žiakov.

Používanie počítačov vyúsťuje do **každodennej skúsenosti žiakov** v škole i mimo školy. Učiteľ by mal brať ohľad na záležitosti ako plagiátorstvo, firewaly na zamedzenie prístupu, nabúravanie počítačových systémov (hekerstvo), antisociálne správanie v lokálnych sieťach a v internete, diskretnosť informácií v databázach, slobodný prístup k informáciám a platené web stránky.

Úloha:

Spravte si prehľad, ako ste počítač použili ostatný týždeň/mesiac.

Úloha:

Počas víkendu si spravte čo najobsažnejší prehľad senzorov, ktoré máte v domácnosti. V ktorom zariadení sa sníma a vyhodnocuje najviac druhov fyzikálnych veličín?

Zo skúsenosti i z povahy vecí samej vyplýva, že súčasní študenti učiteľstva prírodovedných predmetov nepochybujú o potrebe aktívneho využívania počítačov pri vyučovaní. Je však potrebné uvedomiť si aj prekážky, s ktorými sa stretnú. Nie je potrebné robiť rozsiahly

výskum, aby sme vedeli, že dôvody, prečo sa počítače takmer nevyužívajú plynú jednak z vzdelávacích a jednak z praktických dôvodov:

- nedostatok sebavedomia učiteľov pri používaní hardvéru a softvéru,
- nedostatok vzdelávacích multimedialných materiálov upravených na priame použitie na vyučovacích hodinách,
- nedostatočná podpora učiteľov pri ich tréningu (ak sa učiteľ dostane k problému, ktorý nevie rýchle vyriešiť, potrebuje mať niekoho, na koho sa môže pohodlne obrátiť),
- nedostatok času pre plánovanie použitia počítačov učiteľmi (na každú zmenu vyučovania sa učiteľ musí vopred pripraviť a potrebuje na to dostatok času),
- prekážky pri plánovaní využitia počítačových miestností (ak sú počítače sústredené v niekoľkých málo miestnostiach a tieto musia byť vopred rezervované),
- pocit istej hrozby, ktorá plynie z prítomnosti výkonného zdroja informácií v triede (učiteľ nevie všetko a nesmie mu to prekážať),
- pochybnosti učiteľov o tom, že IKT skvalitní vzdelávanie samotné (žiaci získavajú vynikajúce známky aj bez použitia počítačov),
- nedostatok počítačov,
- nedostatok technickej podpory.

Práve nedávni a súčasní absolventi môžu a musia zohrať dôležitú úlohu pri vytváraní informačno-komunikačnej kultúry školy. Počítač v mnohých školách vo vyspelejších krajinách už teraz je súčasťou učebne a ukazuje sa, že najviac prispieva k vyučovaniu práve vtedy, keď je možné ho použiť na každej vyučovacej hodine a využíva sa formou krátkych aplikácií. K tomuto účelu musí byť pripojený k veľkoplošnej obrazovke (k projektoru). Teda k vybaveniu školy rovnako ako počítačová (multimedialna) učebňa patrí aj počítač s projektorom v každej bežnej učebni (alebo prenosný notebook u každého učiteľa) a laboratóriá tiež primerane vybavené počítačmi.

Využitie počítačov v laboratóriu má svoje špecifiká, venujeme sa im v nasledujúcej kapitole.

2.1 Fyzikálne experimenty v počítačom podporovanom laboratóriu

V počítačom podporovanom laboratóriu používame rôzne aplikácie, pričom mnohé z aplikácií sú relatívne nenáročné na kvalitu počítača – mnohokrát postačujú aj staršie počítače. Je potrebné mať počítačov dostatočný počet a je vhodné, ak sú umiestnené priamo v laboratóriu spolu s bežným vybavením. Samostatná počítačová miestnosť využívaná napríklad pri vyučovaní informatiky má pri vyučovaní fyziky iba obmedzené využitie, pretože zvyčajne je náročné prenášať bežné pomôcky (napríklad statívový materiál, nádoby s vodou, zdroje nízkeho napätia). Na druhej strane je potrebné zvážiť umiestnenie počítačov v miestnosti, kde sú umiestnené chemikálie k experimentom z chémie najmä z pohľadu možnej korózie.

V ďalšom budeme uvažovať o laboratórnom využití počítača priamo žiakmi, aj keď všetky spomenuté aplikácie možno úspešne použiť pri demonštračných experimentoch.

Z pohľadu empirického poznávania je možné rozdeliť možnosti použitia počítača pri experimentálnej činnosti žiakov do piatich skupín takto:

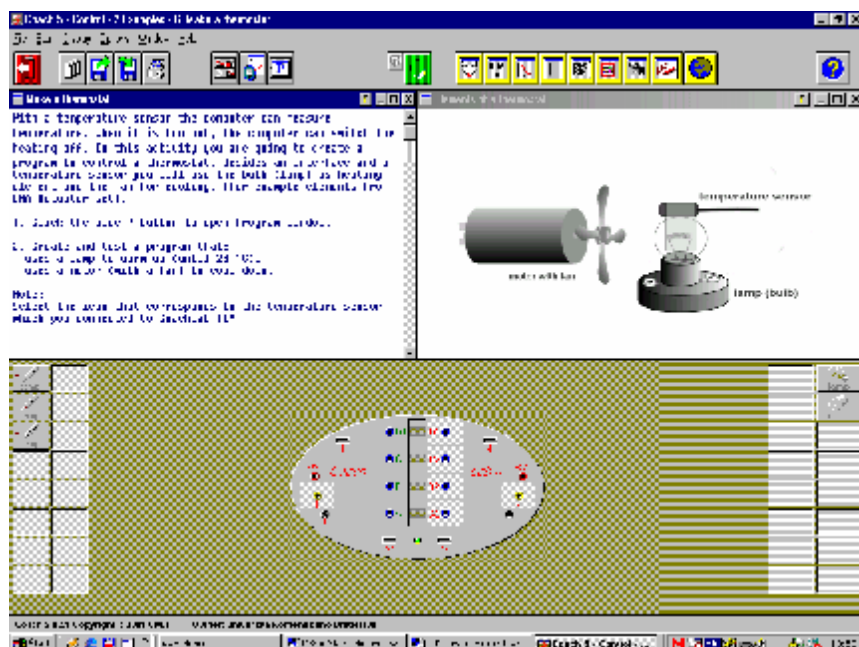
- A. reálne experimenty riadené počítačom** – počítač priamo riadi niektoré parametre deja, ktoré reálne prebiehajú – zároveň zaznamenáva a spracováva namerané dáta,

- B. **reálne experimenty, kde fyzikálne veličiny sú merané a následne spracované počítačom** – počítač slúži ako viac meracích prístrojov, namerané dáta spracováva a upravuje do formy vhodnej na ich interpretáciu,
- C. **interaktívne simulované experimenty s výstupmi vo forme animácií** – applety znázorňujúce fyzikálne deje, kde program dovoľuje užívateľsky jednoduchým spôsobom meniť jeden, alebo viac parametrov deja,
- D. **simulované deje bez možnosti meniť parametre dejov** (animácie, videozáznamy doplnené animáciami),
- E. **simulované experimenty, matematické modely s výstupmi vo forme grafov, tabuliek.**

Efektívnosť a výhody počítačového experimentu ovplyvňuje viacero faktorov. Za výber je v konečnom dôsledku zodpovedný učiteľ, ktorý musí zvážiť najmä úroveň žiakov, vybavenie učebne, ciele vyučovacej sekvencie a časovú dotáciu.

A/ Reálne experimenty riadené počítačom

Niektoré zariadenia, ako napríklad CoachLabII dovoľujú automaticky riadiť určité reálne prebiehajúce deje, napríklad pri určitej teplote zapnúť žiarovku, alebo ventilátor. V súčasnosti je využitie takýchto zariadení pri vyučovaní fyziky iba v začiatkoch, väčšie skúsenosti sú s použitím v kluboch vedy a techniky. Časovo nenáročné použitie takýchto zariadení pri vyučovaní fyziky na základnej škole môže mať veľký motivačný účinok. Z hľadiska modelovania možno takýto systém považovať za model reálneho automatizovaného systému.

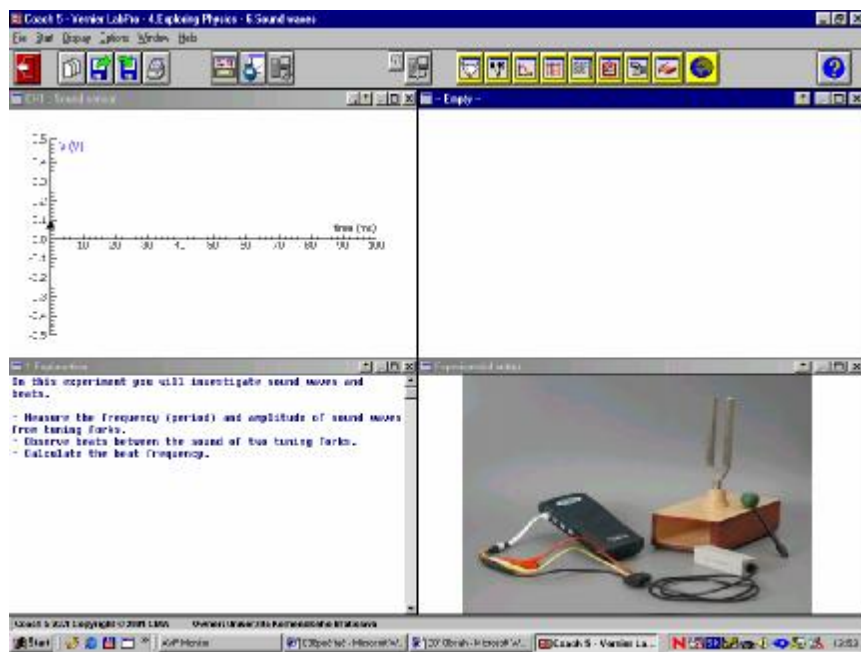


Obr. 1 Funkčný model termostatu v prostredí Coach. Teplomér meria teplotu, pokiaľ je nízka vykurujeme žiarovkou, pokiaľ je vysoká, ochladzujeme ventilátorom.

B/ Reálne experimenty, pri ktorých fyzikálne veličiny sú merané a následne spracované počítačom

Táto možnosť použitia počítačov smeruje k najčastejším laboratórnym prácam a demonštračným experimentom. Jedná sa o experimenty s reálne prebiehajúcimi dejmi, ktoré majú nezastupiteľný význam pri vyučovaní.

Z hľadiska modelovania si musíme uvedomiť, že merací panel s počítačovým programom možno chápať ako modifikáciu meracieho prístroja. Žiakovi by malo byť v každom okamihu jasné, akú fyzikálnu veličinu na jednotlivých kanáloch meracieho panela meria. Pokiaľ pri niektorých iných počítačových modeloch nie je bezprostredne nutné, aby žiak vedel, čo počítač robí (žiak sleduje modelovaný fyzikálny dej na monitore počítača), pri meraní reálneho deja by žiak mal vedieť, ako sa namerané hodnoty spracovávajú a mal by mať jasný súvis medzi nameranými hodnotami a počítačom spracovanými informáciami.



Obr. 2 Príprava na meranie vlastností zvuku prenosným záznamníkom dát určeným na merania v teréne. V laboratóriu je lepšie meranie realizovať „v reálnom čase“, teda použiť zariadenie pripojené priamo k počítaču.

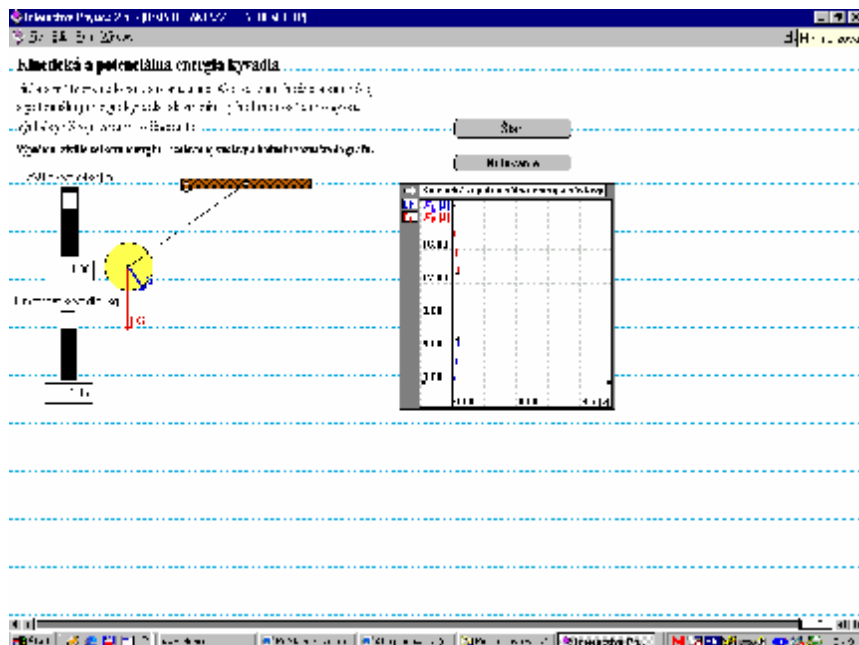
Pokiaľ sa meracie interfejsy používajú v laboratóriu, môžu byť pripojené k počítaču a dovoľujú takzvané „meranie v reálnom čase“. Niekedy pri meraniach uprednostňujeme prenosné zariadenia ako napríklad ULAB, pomocou ktorých možno zbierať dáta v teréne a následne ich preniesť do počítača na pohodlnejšie spracovanie.

Pri náročnejších experimentoch a najmä v prípade menej skúsených používateľov je pohodlnejšie v teréne použiť interfejs pripojený k prenosnému počítaču.

C/ Simulované interaktívne experimenty s výstupmi vo forme animácií

Počítačom simulované modely dejov dovoľujú sledovať a študovať deje, ktoré nemôžeme z istých dôvodov reálne pozorovať priamo v triede. Medzi dôvody patrí napríklad nižšia bezpečnosť priameho sledovania deja, cena potrebnej aparatury, veľkosť aparatury, veľmi dlhý, alebo veľmi krátky čas trvania deja. Táto skupina experimentov je známa ako Java applety, Shockwave applety. Na katedre vyučovania informatiky FMFI UK bolo vyvinuté pekné grafické prostredie na tvorbu appletov najmä pre základnú školu.

Ďalšou skupinou počítačom simulovaných dejov sú simulácie jednoduchých dejov (napríklad pohyb matematického kyvadla). Ich výhodou je, že na obrazovke okrem animácie deja môžeme zároveň sledovať aj priebeh dôležitých fyzikálnych veličín. Umožňujú veľkú mieru interaktívnosti, teda kliknutím alebo posunutím myši môžeme meniť parametre týchto dejov a okamžite môžeme sledovať vplyvy týchto zmien na systém. Príkladom môže byť model Kinetická a potenciálna energia kyvadla.

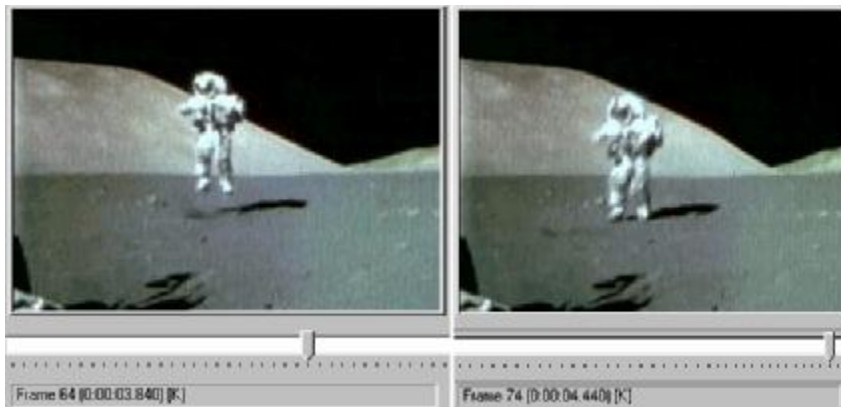


Obr. 3 Model matematického kyvadla. Tento model môže žiaka zavádzať v tom, že na guľku pôsobia dve znázornené sily. Vyriešte si úlohu pod týmto obrázkom. Model na obrázku nevyužil všetky možnosti tejto skupiny modelov, bolo by možné do modelu zakresliť krajné polohy kyvadla a zobrazíť silu, ktorou pôsobí na guľôčku niť.

Úloha: Nakreslite grafický návrh appletu vhodného na pozorovanie zmien fyzikálnych veličín opisujúcich matematické kyvadlo pre maturanta. Ktoré fyzikálne veličiny je vhodné pozorovať? Ktoré veličiny je vhodné pozorovať priamo na obrázku a ktoré na grafoch závislostí? Za akých podmienok potrebujeme, aby kyvadlo na animácii kmitalo s reálnou periódou a kedy je naopak vhodné, aby bol dej spomalený?

D/ Simulované deje bez možnosti meniť parametre dejov (animácie, videozáznamy doplnené animáciami)

Videozáznam reálnej situácie môžeme taktiež považovať za model deja. V súčasnosti počítačová technika dovoľuje pracovať s videozáznamom priamo žiakom. Žiak môže pozorovať dej po jednotlivých obrázkoch a z videozáznamu pomerne presne odčítať časové intervaly jednotlivých častí deja. Zároveň možno záznam reálneho deja doplniť animáciami a tým upevniť v žiakoch pochopenie jednotlivých fyzikálnych veličín a abstraktných objektov. Na obrázku je príklad jednej úlohy zadanej videozáznamom pohybu kozmonauta na Mesiaci.



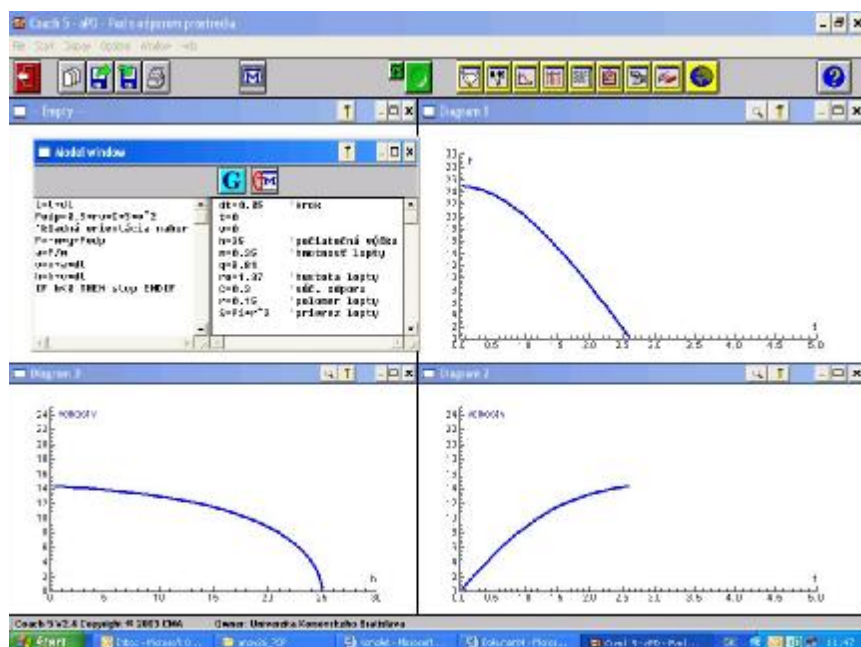
Obr. 4 Dva obrázky z videosekvencie pohybu človeka na Mesiaci v prostredí VirtualDub. Z videosekvencie môžeme odmerať tiažové zrýchlenie na Mesiaci.

Úloha: Navrhňte ako možno z videosekvencie na obrázku 4 zistiť tiažové zrýchlenie na Mesiaci. Ktoré údaje potrebujeme vedieť. Ktoré z týchto údajov môžeme s primeranou presnosťou odhadnúť? Navrhňte podobné meranie na Zemi a po preštudovaní kapitoly 9 ho zrealizujte.

E/ Kvantitatívne modelové experimenty s výstupmi vo forme grafov a tabuliek

Tieto experimenty sa dajú realizovať vo viacerých prostrediach, napríklad Coach 5, Famulus, programovateľné grafické kalkulačky. Medzi výhody týchto modelov patrí možnosť pomerne ľahkej modifikácie na nové situácie. Skutočnosť, že na monitore počítača sa nezobrazuje modelovaný dej, môže byť nevýhodou. Táto nevýhoda vedie k použitiu najmä pri dejoch, ktoré sú žiakom dôverne známe. (V niektorých prostrediach, ako napríklad Coach 5 je možné zobrazovať videozáznam deja, ale parametre tohto deja už nie je možné meniť). Samotný model môže mať formu textovú (ako na obrázku 5), alebo formu ikonickú.

Ako typický príklad z tejto skupiny uvádzame pád telesa s nezanedbateľným odporom prostredia.



Obr. 5 Model pádu telesa s odporom prostredia. Grafy znázorňujú pád telesa vo vzduchu, pričom teleso má hustotu väčšiu, než je hustota vzduchu.

Vedomým použitím poznatkov súvisiacich s modelovaním poznávania sa môžeme vyvarovať toho, že by sme zabudli na niektorú fázu a tým ochudobnili možnosti vyplývajúce z použitých modelov. Napríklad, ak by sme nesimulovali použitie loptičky s malou hustotou, žiaci by si nemuseli uvedomiť, že rýchlosť lopty po určitom čase môže dosiahnuť ustálenú hodnotu. Naopak, ak by sme nesimulovali použitie ocelevej guľôčky, žiaci by mohli prestať veriť v oprávnenosť použitia vzťahov pre voľný pád v takejto situácii.

Úloha: Po preštudovaní kapitoly 8 napíšte model pádu konkrétnej lopty vo vzduchu s odporom prostredia. Z grafu odčítajte čas pádu z výšky niekoľkých metrov. Meranie zrealizujte reálne (pomocou stopiek, alebo videomeraním) a výsledky porovnajte.

Úloha: Model z predchádzajúcej úlohy upravte na situáciu v ktorej prostredím nie je vzduch, ale voda. Ako sa bude lopta vo vode pohybovať? Museli sme vo vzduchu uvažovať vztlakovú silu?

3. Pozorovanie, meranie, experiment

V rámci fyzikálneho laboratória rozvíjame najmä empirické metódy poznávania. Základné rozdelenie empirických metód je:

- pozorovanie,
- meranie,
- experiment.

Pozorovanie

Pozorovanie je bežná činnosť, ktorou sa zaoberáme takmer vždy, často aj neuvedomele. Zámerné pozorovanie javov je jednou z dôležitých metód, ktorými fyzika poznáva svet.

Zriedkakedy si uvedomujeme, že každý predmet, alebo dej spravidla pozorujeme dvakrát:

- prvý krát objekt (alebo dej) pozorujeme len zbežne, aby sme sa s ním zoznámili, uvedomili si aký je jeho celkový vzhľad, aké sú širšie súvislosti predmetu, alebo deja s okolím,
- druhý krát si už vyberáme len určité časti a vlastnosti objektu (alebo deja) a uvedomele si všímame len vlastnosti dôležité pre získanie poznatku, ktorý nás zaujíma.

Schopnosť uvedomele pozorovať javy nám je síce vrodená, ale je možné (a potrebné) ju vedome rozvíjať. S touto schopnosťou úzko súvisí schopnosť byť zvedavý (**zvedavosť**). Zvedavosť je veľmi dôležitá v každej z oblastí života človeka. Prírodovedné predmety majú možnosti a povinnosť uvedomele ju rozvíjať, na druhej strane môžeme prirodzenú zvedavosť žiakov aj potláčať.

Na úrovni maturanta môžeme pozorovať napríklad:

Dopplerov jav – na výlete stojac pri ceste sa započúvame do zvuku okoloidúceho auta

Lom svetla – zdanlivá hĺbka, ceruzka v nádobe s vodou – javy z geometrickej optiky súvisiace s lomom a s odrazom svetla

Interferencia svetla – pri odraze od CD média – pri odraze monochromatického a bieleho svetla

Šírenie zvuku počas letných večerov – na výlete najmä pri jazere počuť vzdialené zvuky výrazne zreteľnejšie, než cez deň

Absorpcia žiarenia (svetla) čiernym matným povrchom – za slnečného počasia je teplota tesne nad čiernym matným povrchom osvetleným slnečným žiarením výrazne vyššia, než nad bielym lesklým povrchom

Úloha: Pomenujte javy, ktoré môžete pozorovať práve tam, kde sa nachádzate

Úloha: Navrhňte ďalšie javy, ktoré môžu slúžiť na rozvíjanie schopnosti uvedomelého pozorovania a pokúste sa k navrhnutým javom odhadnúť primeraný vek žiakov.

Meranie

Fyzika objekty a javy nielen pozoruje, slovne opisuje a kvalitatívne vysvetľuje, ale každú vlastnosť objektu sa snaží určiť aj kvantitatívne - stanoviť jej veľkosť. **Kvantitatívne vyjadrená vlastnosť objektu sa nazýva fyzikálna veličina.**

Meranie môžeme považovať za porovnávanie (vhodným spôsobom) s istým štandardom, s istou jednotkou fyzikálnej veličiny. Po každom meraní by sme mali sformulovať záver – zhodnotiť výsledky a použitú metódu merania.

Ak označíme fyzikálnu veličinu písmenom (symbolom) X , jej jednotku označíme $[X]$ a jej číselnú hodnotu $\{X\}$, môžeme veličinu vyjadriť vzťahom

Fyzikálna veličina = číselná hodnota veličiny \times jednotka veličiny;

alebo $X = \{X\}[X]$.

Napríklad: $l = 20,4 \text{ cm}$, $t = 11,8 \text{ s}$, $v = 10 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$.

Úloha: Podrobne popíšte meranie dĺžky stola pravítkom. Čo v tomto prípade znamená „porovnávanie vhodným spôsobom s istým štandardom“?

3.1 Priame a nepriame meranie

Niektoré vlastnosti objektov (a ich kvantitatívne vyjadrenie fyzikálnymi veličinami) je možné merať priamym porovnávaním s meradlom. Napríklad pri meraní rozmerov knihy stačí priložiť ku knihe pravítko a vhodným spôsobom odčítať zo stupnice pravítka. Podobne pri meraní elektrického prúdu ampérmetrom stačí vhodne zapojiť ampérmeter do obvodu a odčítať hodnotu zo stupnice.

Pri meraní plošného obsahu listu papiera by sme mohli k papieru priložiť priesvitnú fóliu so štvorčekmi $1 \text{ cm} \times 1 \text{ cm}$ a spočítať, koľko takýchto štvorčekov obsahuje náš list – priamo by sme zistili plošný obsah listu v jednotkách 1 cm^2 . V tomto prípade je však jednoduchšie zvoliť nepriame meranie – dĺžky strán listu odmeriame pravítkom a tieto údaje vynásobíme.

Priame meranie	Hodnotu veličiny zisťujeme na stupniciach meradiel, alebo porovnaním s realizáciou ich jednotiek (napr. závaží).
Nepriame meranie	Hodnotu veličiny vypočítame zo vzťahu, ktorým veličina súvisí s inými, priamo meranými veličinami.

Pokúsme sa uviesť príklady niektorých fyzikálnych veličín a meracích prístrojov, s ktorými by sa mal žiak v rámci všeobecného vzdelania oboznámiť:

Priame meranie:

- § dĺžka – pravítko, meracie pásmo, posuvné meradlo alebo mikrometer,
- § hmotnosť – rovnoramenné váhy, elektronické váhy,
- § objem kvapaliny – odmerný valec,
- § čas – stopky, metronóm,
- § teplota – teplomer kvapalinový, teplomer elektronický,
- § veľkosť sily – silomer,
- § tlak vzduchu – tlakový senzor,
- § elektrický prúd – ampérmeter,
- § elektrické napätie – voltmeter,
- § relatívna vlhkosť vzduchu – senzor vlhkosti,
- § veľkosť zložky vektora magnetickej indukcie – senzor magnetickej indukcie.

Nepriame meranie:

- § dĺžka – merania veľkých vzdialeností s použitím zvuku,
merania krátkych vzdialeností použitím interferencie svetla,
- § veľkosť rýchlosti telesa,
- § veľkosť tiažového zrýchlenia,
- § veľkosť zrýchlenia telesa,
- § veľkosť sily – deformácia pružiny,
- § koeficient šmykového trenia – naklonenou rovinou; ťahovou silou,
- § tlak vzduchu – kvapalinovým U-manometerom,
- § hustota telesa - z hmotnosti a objemu,
- § elektrický príkon – z napätia a prúdu,
- § elektrický odpor – z napätia a prúdu,
- § frekvencia – porovnávaním so známou frekvenciou (Lissajousove krivky, rázy),
- § ohnisková vzdialenosť šošovky,
- § vlnová dĺžka svetla (istej farby svetla) - hranolom, mriežkou,
- § index lomu polvalca.

Úloha: Vymenujte niektoré ďalšie fyzikálne veličiny, ktorých hodnoty ste merali počas svojho štúdia. Ktoré z nich považujete za veličiny patriace do všeobecného vzdelávania?

Príklad nepriameho merania - Meranie hustoty

Vybrali sme jedno z jednoduchých nepriamych meraní – meranie hustoty kvapaliny. Ak toto meranie sústredíme na nájdenie hodnoty hustoty, môže byť vhodné pre základnú školu., Na strednej škole môže slúžiť ako ukážka práce s počtom platných cifier pri určovaní hodnoty nepriamo meranej veličiny.

Jeden zo spôsobov merania hustoty kvapaliny je znázornený na obr. 1. Preskúmajte obrázok a vysvetlite, ako by sa malo pri stanovení hustoty postupovať.

Pravdepodobne väčšina z nás sa zo základnej školy pamätá na vzťah, ktorým sa hustota definuje

$$\rho = \frac{m}{V}$$

Veličiny hmotnosť m a objem V budeme určovať **priamo**, pomocou hodnôt zistených na stupnici váh alebo odmernej nádoby. Hustotu budeme určovať výpočtom z odmeraných hodnôt hmotnosti m a objemu V , teda **nepriamo**.

Meranie veličín m a V uskutočníme v niekoľkých krokoch:

- Najprv položíme na váhy prázdnu nádobu – odmerný valec – a odvážime ju (na displeji odčítame hodnotu $m_N = 200$ g).
- Do valca nalejeme kvapalinu. Objem V kvapaliny zistíme podľa čiarky na stupnici, pri ktorej je hladina kvapaliny.
- Znova odvážime valec spolu s kvapalinou ($m_Z = 350$ g).

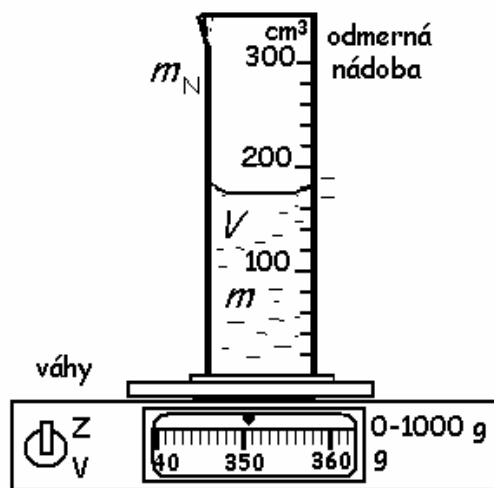
Hmotnosti m_N , m_Z a objem V sme merali priamo. Objem V sme určili porovnávaním výšky hladiny so stupnicou na stene nádoby. Hmotnosti m_N a m_Z sme odčítali z displeja váh.

- Hmotnosť m kvapaliny v nádobe určíme z rozdielu priamo odmeraných hmotností m_Z , m_N , výpočtom zo vzťahu $m = m_Z - m_N = 350$ g - 200 g = 150 g, teda nepriamo.
- Hustotu určíme nepriamo – výpočtom podľa vzťahu. Ak použijeme hodnoty z obr. 1 vychádza

$$m = m_Z - m_N = 350 \text{ g} - 200 \text{ g} = 150 \text{ g}; V = 180 \text{ cm}^3.$$

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{150 \text{ g}}{180 \text{ cm}^3} = 0,8333 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} \approx 0,83 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}.$$

Kvapalina v odmernom valci má podľa nášho merania a výpočtu hustotu $0,83 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$.



Obr. 1 Meranie hustoty kvapaliny

3.2 Fyzikálna závislosť

Vlastnosti fyzikálnych objektov spravidla vyjadrujeme ako fyzikálne veličiny. Často nás zaujíma vzájomná závislosť medzi vlastnosťami objektov. Napríklad nás môže zaujímať ako závisí farba rozžeraveného telesa od jeho teploty, alebo ako závisí spotreba benzínu od rýchlosti automobilu.

Fyzikálnu závislosť vyjadrujeme ako *vzťah medzi fyzikálnymi veličinami*. Na stredoškolskej úrovni sa zvyčajne snažíme hľadať a skúmať závislosti medzi dvoma fyzikálnymi veličinami opisujúcimi ten istý objekt, alebo jav. Zvyšné vlastnosti sa snažíme udržiavať nemenné. Štúdium viacfaktorových systémov (v ktorých sa súčasne mení viac parametrov) je výrazne náročnejšie na spracovanie údajov.

Fyzikálna závislosť je slovne alebo matematicky vyjadrený vzťah medzi vlastnosťami jedného, alebo viacerých fyzikálnych objektov.

Matematicky vyjadrujeme fyzikálnu závislosť, napr. dvoch veličín x , y , niektorým z troch spôsobov:

- tabuľka odmeraných hodnôt dvojíc (x, y) ,
- graf v súradnicovej sústave s osami x (vodorovná os), y (zvislá os),
- matematickým vzťahom zapísaným v podobe veličinovej rovnice $y=y(x)$.

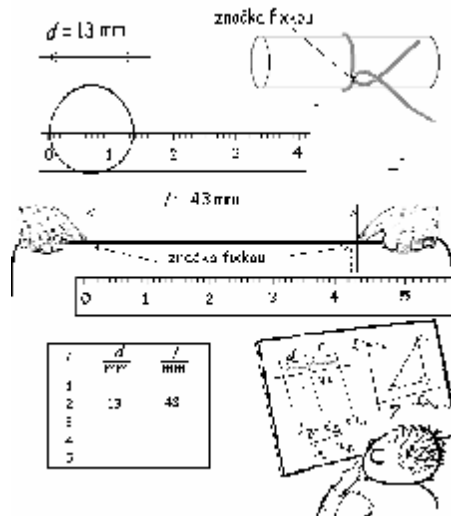
Príklad - Overovanie známej závislosti obvodu valca od jeho priemeru

Často stojíme vo fyzike pre overovacou úlohou: Nieкто zistil, že medzi dvoma veličinami je určitá závislosť a vyjadril ju veličinovou rovnicou. Príkladom takej závislosti môže byť nám všetkým z matematiky známy vzťah medzi obvodom l valca a jeho priemerom d

$$l = \pi d.$$

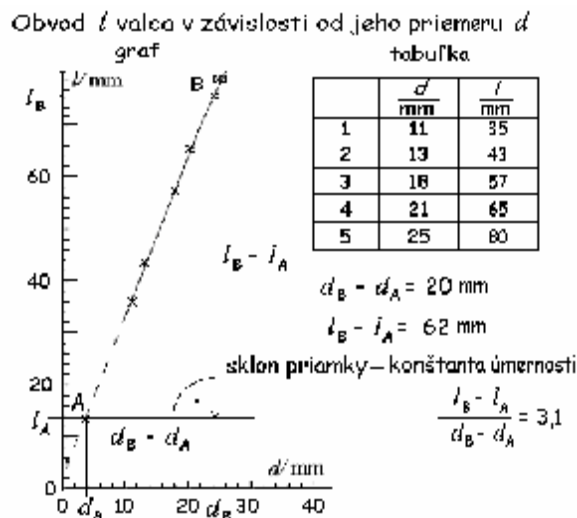
Väčšina fyzikov by si pri overovaní zvolila rovnaký postup – meranie a následné spracovanie dát:

1. *Plánovanie postupu overovania:* Predpokladáme, že vzťah je splnený pre ľubovoľný valec. Treba obstarat niekoľko valcov alebo telies s kruhovým prierezom, merať a zapisovať dáta – dvojice (d, l) a presvedčiť sa, že spĺňajú rovnicu, ktorá vyjadruje priamu úmernosť medzi veličinami l a d .
2. *Plánovanie spracovania meraných hodnôt:* Graf priamej úmernosti je priamka. Skúsime teda zobrazit' v súradnicovej sústave s osami d (x) a l (y) výsledky merania – dvojice (d, l) ako súradnice bodov. Ak sa dá týmito bodmi preložiť priamka, je medzi veličinami l a d skutočne priama úmernosť. Ak potom meraním na grafe zistíme, že pre konštantu tejto úmernosti vychádza číslo π alebo jemu blízka hodnota, môžeme považovať závislosť za overenú. Prichystáme tabuľku so stĺpcami označenými $\frac{d}{\text{mm}}$, $\frac{l}{\text{mm}}$. Tak označíme aj osi grafov a priradíme im stupnice s rozsahom ohraničeným najväčšou meranou hodnotou d a l .
3. *Pomôcky:* Meradlo s milimetrovými dielikmi, niť, fixka, niekoľko (aspoň 5) telies tvaru rotačného valca s rôznymi priermi.
4. Príklad postupu merania a spracovania výsledkov merania je znázornený na obr. 1. Obvod valca meriame niťou a miesto prekríženia nite označíme fixkou. Odmeriame aspoň 5 dvojíc d, l a zostrojíme body so súradnicami (d, l) .



Obr. 1 Plán overovania závislosti $l = \pi d$. Chceme odmerať 5 dvojíc d, l , zostrojiť body so súradnicami (d, l) a pokúsiť sa nimi viesť priamku.

Výsledky merania dvojíc d, l , ktoré sme pri meraní získali, sú v tabuľke na obr. 2 vpravo. Vľavo od tabuľky sú body (d, l) zobrazené v sústave súradníc s osami d a l .



Obr. 2 Výsledky merania – dvojice d, l a graf overovanej závislosti $l = \pi d$. Body (d, l) sa podarilo aproximovať priamkou.

Pri pokuse zostrojiť priamku, ktorá by prechádzala všetkými bodmi (d, l) sme zrejme neboli celkom úspešní. Podarilo sa nám priamku viesť tak, že väčšina bodov je od nej vzdialená len o veľmi malé hodnoty meraných veličín.

Ak chvíľu uvažujeme, zistíme že to je celkom prirodzené: Súradnice d a l zostrojených bodov sú výsledky meraní. Pri meraní dĺžok sme sa zrejme nevyhli chybám, ktoré sme urobili celkom náhodne, alebo preto, že meradlá a metóda, ktoré sme použili, majú len obmedzenú presnosť.

Keby sme chceli, aby graf prechádzal každým zo zobrazených bodov, museli by sme ich pospájať kľukatou čiarou. Neurobíme to, ale nakreslíme priamku tak, aby prechádzala v ich najtesnejšom okolí – už vopred vieme, že overujeme priamu úmernosť veličín d, l , ktorej prislúcha priamkový graf.

Kreslenie grafu tak, aby čiara prechádzala v tesnom okolí zobrazených bodov sa nazýva grafická aproximácia výsledkov merania (tiež niekedy používame pojmy „preloženie bodov čiarou, napr. priamkou“ alebo tiež „fitovanie“). Ak môžeme zobrazenými bodmi preložiť priamku, hovoríme, že aproximácia je lineárna.

Pri grafickej aproximácii výsledkov merania sa vyhýbame zlomom a skokom na kreslenej čiare. Nesnažíme sa nakresliť za každú cenu graf tak aby prechádzal všetkými bodmi, ale kreslíme súvislú čiaru – priamku, alebo krivku so spojitou meniacim zakrivením. Vychádzame z dvoch zásad:

- Všetky merania nedokážeme urobiť presne a preto niektoré body nie sú na tých miestach, kde by mali byť ich správne (presné) polohy.
- Javy, ktoré okolo seba pozorujeme, sa spravidla menia plynule a bez skokov, a preto nemáme dôvod sa domnievať, že závislosť, ktorú práve skúmame, by sa mala prejavovať iným spôsobom.

Lineárna aproximácia vyžaduje stráviť pár sekúnd pri hľadaní optimálnej polohy priamky. Vhodným nástrojom je priesvitné pravítko.

Meranie sklonu priamky

Ak odhliadneme od malého „posunutia“ našej priamky spôsobeného sústavnou chybou merania, môžeme považovať priamkový graf, ktorý sme zostrojili, za graf priamej úmernosti $l = k d$.

Konštantu úmernosti sme zámerne označili k , pretože ešte nevieme, či skutočne má hodnotu $k = \pi$, takú aká je v overovanej závislosti (1). Mali by sme teda nájsť spôsob, ako konštantu k odmerať na našom grafe.

Ak si na priamke grafu na obr. 2 zvolíme dva body A, B, platí pre súradnice (d_A, l_A) , (d_B, l_B) každého z nich rovnica $l_A = k d_A$, $l_B = k d_B$. Po odpočítaní ľavých a pravých strán rovníc dostaneme

$$l_B - l_A = k (d_B - d_A),$$

odkiaľ môžeme vyjadriť konštantu k

$$k = \frac{l_B - l_A}{d_B - d_A}$$

Spôsob merania rozdielov $d_B - d_A$, $l_B - l_A$ súradníc je zrejmý z obr. 2. Po dosadení vychádza $k \approx 3,1$. To však je hodnota blízka konštante π (zaokrúhlená na dve platné číslice).

Konštanta k , ktorú sme práve vyjadrili vzťahom sa v grafe zobrazuje ako sklon grafu, ktorý prechádza bodmi A, B. Čím je konštanta k väčšia, tým má priamka väčší sklon voči vodorovnej osi. Konštanta k teda nesie informáciu o smere priamky grafu – preto sa zvykne v matematike nazývať smernica priamky.

Sklon grafu obvykle sprostredkuje fyzikálnu informáciu. V našom prípade je to informácia, že „priemer valca (alebo kruhu) treba násobiť číslom π , aby sme dostali hodnotu dĺžky jeho obvodu“.

3.3 Presnosť merania

Vo všeobecnosti platí, že pri každom meraní by sme sa mali pokúsiť odhadnúť presnosť, s ktorou sa meranie podarilo uskutočniť. Chybám merania sa vo fyzikálnych praktikách venujeme aj podrobnejšie, na tomto mieste upozorňujeme iba na najjednoduchšie pravidlá.

Najjednoduchším vyjadrením presnosti merania je správne používanie počtu platných cifier.

Napríklad hodnota výšky budovy 4,2 m je vyjadrená dvomi platnými ciframi a znamená, že skutočná výška budovy je z intervalu od 4,15 m do 4,25 m.

Používaním meraných hodnôt pri počítaní iných veličín zo vzťahov nemôžeme presnosť zvýšiť. Teda napríklad ak chceme vypočítať rýchlosť telesa, ktoré z tejto budovy padlo voľným pádom, zo vzťahu

$$s = \frac{1}{2}gt^2 = \frac{1}{2}v^2 \quad \text{dostaneme}$$

$$v = \sqrt{2sg} = \sqrt{2 \cdot 4,2 \cdot 9,81} = 9,077664898 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$$

Samozrejme, že pri dosadení najnižšej a najvyššej hodnoty prípustného intervalu výšky budovy by sme dostali iné hodnoty. Maximálna hodnota vychádza $9,131538753 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, minimálna hodnota $9,023469399 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Je teda rozumné v najjednoduchšom priblížení hovoriť, že rýchlosť tesne pred dopadom bola $9,1 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Najmenší počet platných cifier v zadaní bol 2, výsledok teda zaokrúhlime na dve platné cifry.

Počet platných cifier a počet desatinných miest.

Vyjadriť výšku budovy v metroch v decimetroch, v milimetroch a v kilometroch.

$$h = 4,2 \text{ m} = 42 \text{ dm} = 4200 \text{ mm} = 4,2 \times 10^3 \text{ mm} = 0,0042 \text{ km}.$$

Ktorý z týchto údajov je najpresnejší? Pravdepodobne každý povie, že je to zápis výsledku toho istého merania a teda každé z vyjadrení musí byť s rovnakou presnosťou.

Samotný zápis $h = 4200 \text{ mm}$ môže znamenať aj výsledok merania s presnosťou na milimetre, a preto je vhodnejšie sa takémuto zápisu vyvarovať. Všetky ostatné vyjadrenia napriek rozdielnemu počtu desatinných miest obsahujú rovnaký počet platných cifier, ktorý je smerodajný pri hodnotení presnosti merania.

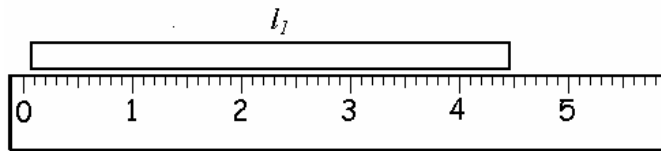
Chyba merania

Nedokonalosť meradla sa prejavuje chybou meradla. Pri meradlách so stupnicou považujeme spravidla za chybu meradla dĺžku jedného dielika stupnice (niekedy polovicu jedného dielika stupnice).

Pretože určitú veličinu môžeme odmerať pomocou rôznych meradiel, mali by sme pri zápise odmeranej hodnoty dať najavo aká bola chyba meradla, ktoré sme pri meraní použili. Ako to robíme, ukážeme opäť na príklade merania dĺžky.

Príklad – meranie dĺžky

Na obr. 1 meriame dĺžku l_1 valčeka pomocou meradla s milimetrovým delením.



Obr. 1 Meranie dĺžky a odhad odchýlky merania. Na každom konci valčeka treba odhadnúť, ku ktorej čiarky stupnice je koniec valčeka bližšie. O akú najväčšiu dĺžku sa na každom konci valčeka môžeme pomýliť?

Valček zrejme nedokážeme priložiť k meradlu tak, aby sa jeho obidva konce stotožnili s čiarkami stupnice. Preto musíme merané hodnoty zaokrúhľovať – najviac o pol dielika na začiatku a najviac o pol dielika na konci valčeka. Musíme uvážiť, že môže nastať nepriaznivý prípad, pri ktorom napr. treba na jednom konci valčeka zaokrúhliť o pol dielika (0,5 mm) nadol a na druhom konci o pol dielika (0,5 mm) nahor. Vtedy sa pravdepodobne dopúšťame chyby až +1 mm. O túto hodnotu môže byť správna hodnota dĺžky valčeka menšia, alebo v opačnom prípade aj väčšia ako odmeraná hodnota (-1 mm).

Konce valčeka na obr. 1 sa nachádzajú najbližšie k čiarkam stupnice 0 mm a 44 mm. Pri chybnom odhade môže byť táto hodnota o odchýlku $\Delta l = 1$ mm väčšia, alebo menšia. Vieme teraz, že správna hodnota dĺžky prvého valčeka sa pravdepodobne nachádza v intervale s hranicami $(44 \text{ mm} - 1 \text{ mm}, 44 \text{ mm} + 1 \text{ mm}) = (43 \text{ mm}, 45 \text{ mm})$.

Za najpravdepodobnejšiu hodnotu l_p meranej dĺžky považujeme stred tohto intervalu, ktorý je aritmetickým priemerom jeho hraníc

$$l_p = \frac{43 \text{ mm} + 45 \text{ mm}}{2} = 44 \text{ mm}$$

Správna hodnota meranej dĺžky sa môže od tejto najpravdepodobnejšej hodnoty líšiť o odchýlku $\Delta l = 1$ mm. Hodnoty, ktoré nevieme určiť presne, ale o ktorých vieme, že sa nachádzajú vo vnútri určitého známeho intervalu, vyjadrujeme v matematike pomocou neúplných čísel. Výsledok merania prvého valčeka zapíšeme preto v tvare neúplného čísla

$$l_1 = 44 \text{ mm} \pm 1 \text{ mm}$$

Postup, ktorý sme si ukázali na príklade merania dĺžky, môžeme zovšeobecniť: Odmeranú hodnotu fyzikálnej veličiny X sa vždy snažíme zapísať v tvare

odmeraná hodnota veličiny = najpravdepodobnejšia hodnota \pm chyba merania.

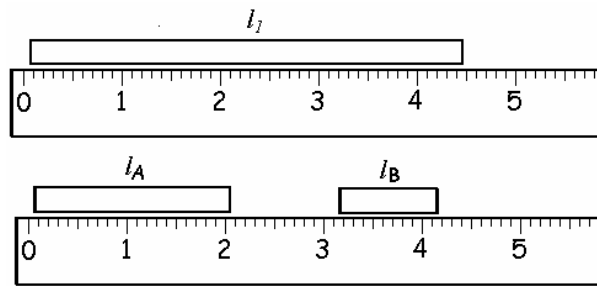
$$X = X_p \pm \Delta X$$

Na obr. 2 máme tri valčeky s dĺžkami

$$l_1 = 44 \text{ mm} \pm 1 \text{ mm}, \quad l_A = 20 \text{ mm} \pm 1 \text{ mm}, \quad l_B = 10 \text{ mm} \pm 1 \text{ mm}$$

Chyba merania, ktorú sme odhadli podľa delenia stupnice meradla, bola pri všetkých troch valčekoch rovnaká, $\Delta l = 1$ mm. Zdalo by sa teda, že všetky valčeky sme odmerali rovnako presne.

Nie je to tak. Aby sme mohli posúdiť presnosť rôznych meraní, pri ktorých je chyba Δl merania rovnaká, ale merané veľkosti veličiny sa navzájom líšia, zavádzame veličinu **relatívna chyba merania δl** .



Obr. 2 Odmerali sme všetky tri valčeky rovnako presne?

Pomenovanie *relatívna (pomerná) chyba* pochádza od jej definície. Zavádzame ju ako *pomer chyby merania a odmeranej hodnoty*.

$$\text{relatívna chyba} = \frac{\text{chyba merania}}{\text{odmeraná hodnota}}$$

Tak napr. pri meraní dĺžky l meradlom ktoré meria s chybou Δl , vyjadríme relatívnu chybu vzťahom

$$\delta l = \frac{\Delta l}{l}.$$

Relatívnu chybu používame na posúdenie presnosti vykonaného merania.

Na určenie chýb merania pri veličinách meraných nepriamo nám pomôže nasledujúca tabuľka:

Výpočet relatívnej chyby a chyby nepriameho merania		
výpočet veličiny z	výpočet relatívnej chyby výsledku	výpočet chyby výsledku
$z = x + y$	$\delta z = \frac{\Delta x + \Delta y}{x + y}$	$\Delta z = \Delta x + \Delta y$
$z = x - y$	$\delta z = \frac{\Delta x + \Delta y}{x - y}$	$\Delta z = \Delta x + \Delta y$
$z = x \cdot y$	$\delta z = \delta x + \delta y$	$\Delta z = z \delta z$
$z = \frac{y}{x}$	$\delta z = \delta x + \delta y$	$\Delta z = z \delta z$

Príklad: Odhad chyby merania hustoty z merania v kapitole 3.1

Chyba merania objemu: $\Delta V = 20 \text{ cm}^3$.

Hmotnosti m_Z a m_N meriame priamo. Chyba merania je $\Delta m_N = \Delta m_Z = 1 \text{ g}$.

Prvou nepriamo meranou veličinou je hmotnosť kvapaliny $m = m_Z - m_N$. Vzťah, podľa ktorého ju vypočítame je rozdiel priamo meraných hmotností m_Z a m_N , ktorý sa podobá na vzťah $z = x - y$.

$$\Delta m = \Delta m_N + \Delta m_Z = 1 \text{ g} + 1 \text{ g} = 2 \text{ g}.$$

Relatívne chyby merania hmotnosti a objemu teraz vypočítame zo známych vzťahov

$$\delta m = \frac{\Delta m}{m} = \frac{2 \text{ g}}{150 \text{ g}} = 0,0133... \approx 0,013 = 1,3 \%$$

$$\delta V = \frac{\Delta V}{V} = \frac{20 \text{ cm}^3}{180 \text{ cm}^3} = 0,11\dots \approx 0,11 = 11\%$$

Na výpočet relatívnej chyby hustoty použijeme vzťah z tabuľky

$$\delta r = \delta m + \delta V = 0,013 + 0,11 = 0,123 \approx 0,12 = 12\%$$

Nakoniec vyberieme z tabuľky vzťah $\Delta z = z \delta z$ a vypočítame podľa neho chybu Δs merania hustoty

$$\Delta r = r \delta r = 0,83 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} \cdot 0,12 = 0,0996 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} \approx 0,10 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$$

Teraz už môžeme zapísať hustotu pomocou neúplného čísla v tvare $\rho = \rho_p \pm \Delta\rho$.

$$r = (0,83 \pm 0,10) \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$$

3.4 Systematická chyba série meraní

V kapitole 3.2 sme očakávali, že priamka, ktorú sa nám podarilo preložiť bodmi (d , l), bude prechádzať začiatkom – bodom so súradnicami (0, 0). Na obr. 2 vidíme, že bod, v ktorom priamka pretína zvislú os, sa od začiatku o nevelkú hodnotu líši.

Mohli by sme sa pokúsiť viesť priamku „nasilu“ niektorým zo zobrazených bodov (d , l) a bodom so súradnicami (0, 0). Pokúste sa o to: Zistíte, že zvyšok bodov leží príliš ďaleko od priamky a teda nevyhovuje požiadavkám správnej aproximácie – čiara grafu má prechádzať okolo zobrazených bodov v ich najtesnejšej blízkosti. Budeme sa teda musieť zmieriť so skutočnosťou, že čiara grafu neprechádza bodom (0, 0) a uvažovať o príčinách:

- Pri pohľade na obr. 2 vidíme, že priamka by prechádzala začiatkom (0, 0), keby sme všetky zvislé súradnice bodov (d , l) „skrátili“ o istú hodnotu. Zdá sa teda, že pri stanovení dĺžok l , sme sústavne merali viac, ako boli ich správne hodnoty.
- Pri inom pohľade na graf vidíme, že priamka by prechádzala začiatkom (0, 0), keby sme všetky vodorovné súradnice bodov (d , l) „predĺžili“ o istú hodnotu. Zdá sa teda, že pri stanovení dĺžok d , sme sústavne merali menej, ako boli ich správne hodnoty.

Zrejme nevieme rozhodnúť, ktorá z dvoch posledných možností je pravdivá. V každom prípade sme však sústavne (systematicky) robili rovnakú chybu – merali sme sústavne viac, alebo sústavne menej v porovnaní so správnou hodnotou, ktorú sme mali odmerať.

Chyba, ktorá sa pri meraní sústavne opakuje, sa nazýva systematická chyba merania.

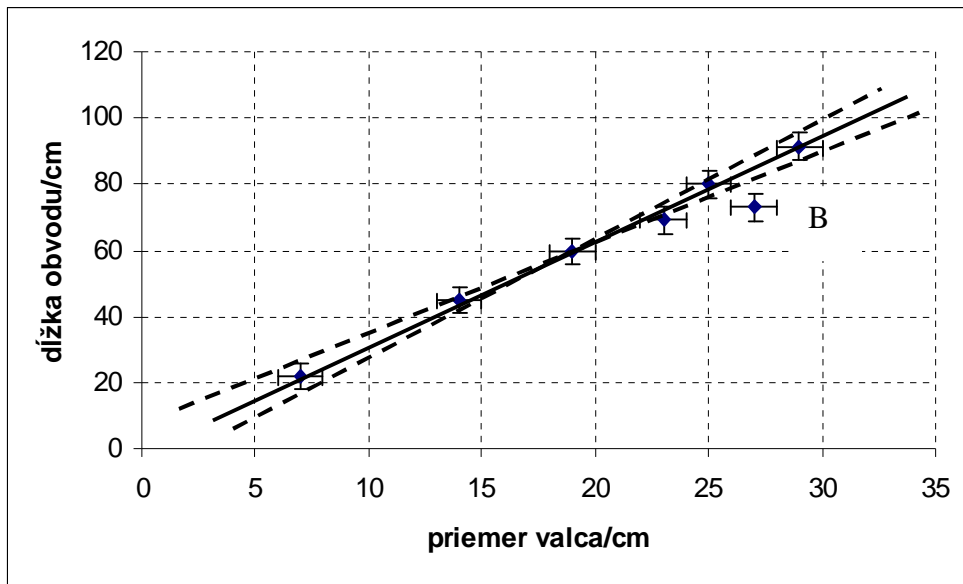
Systematická chyba sa pri hodnotení výsledkov merania spravidla dá objaviť napríklad tak, ako sa to podarilo nám pri vyhodnotení priebehu nášho grafu a tým eliminovať jej vplyv na výsledok merania. Pri spätnej analýze obvykle preskúmame použité meradlá a použítú metódu merania.

3.5 Chyba hodnoty získanej ako smernica grafu

Niekedy sme postavení do situácie, keď nepriamo meranú veličinu alebo hodnotu fyzikálnej konštanty určujeme zo sklonu grafu (ako sme to robili v kapitole 3.2). Ak poznáme chyby jednotlivých meraní, môžeme graficky odhadnúť chybu hodnoty odpovedajúcej sklonu grafu. Na stredoškolskej úrovni to robievame nasledovným spôsobom:

- nakreslíme graf závislosti, o ktorej predpokladáme, že má byť lineárna,
- merané body, ktoré ležia výrazne mimo trendu väčšiny bodov môžeme prehlásiť za chybné merania (dôsledok náhodnej chyby) a v ďalšom ich nebrať do úvahy,
- meranými bodmi voľne preložíme priamku (alebo použijeme funkciu fitovania), sklon tejto priamky predstavuje najpravdepodobnejšiu hodnotu hľadanej veličiny,
- pre krajné body nakreslíme chybové úsečky, prípadne chybový obdĺžnik,

- nakreslíme dve priamky, jednu s maximálnym sklonom a druhú s minimálnym sklonom. Sklony týchto priamok predstavujú extrémne hodnoty hľadanej veličiny a výsledok zapíšeme obvyklým spôsobom.



Obr. 1 Určovanie chyby merania veličiny, ktorej hodnota je rovná sklonu lineárneho grafu (v príklade sme hľadali hodnotu konštanty π). Bod B sme označili ako chybné meranie a pri spracovaní sme ho nebrali do úvahy

Úloha: Uvedte zaujímavejšie príklady, v ktorých meriame sklon lineárneho grafu a získavame z neho informáciu.

3.6. Úloha experimentu v žiackom poznávaní

Experiment je popri pozorovaní a meraní ďalšou metódou empirického poznávania. Charakteristickým znakom experimentu sú zásahy do skúmaného javu: Snažíme sa upraviť skúmaný jav tak, aby sme vedeli odpovedať na skúmanú otázku, alebo aby sme vedeli potvrdiť, či vyvrátiť hypotézu. Spravidla sa snažíme vytvoriť podmienky experimentu tak, aby sa súčasne menili len dve vlastnosti, ktoré sa navzájom ovplyvňujú. Závislosť týchto dvoch veličín potom skúmame. Experimenty môžu byť **kvalitatívne** i **kvantitatívne**.

Experimenty sú zmysluplné zvyčajne vtedy, ak spĺňajú nasledovnú schému:

- vieme, na akú otázku hľadáme odpoveď – **jasne definovaný problém**,
- navrhne možnú odpoveď na našu otázku (zvyčajne je možné takýto návrh aj zdôvodniť) a navrhne ako možno potvrdiť, alebo vyvrátiť navrhnutú odpoveď – **hypotéza**,
- navrhne, ako získať potrebné informácie – **postup experimentu/merania**.
- získame a zaznamenáme všetky potrebné informácie – **zaznamenanie dát**,
- analyzujeme namerané dáta – **spracovanie dát**,
- analyzujeme výsledky, rozhodneme o odpovedi na otázku, navrhne postup pre hľadanie presnejšej odpovede na otázku – **diskusia a závery**.

Podľa uvedenej schémy pracujú vedci a vedie ich k väčšine objavov. Prístup vychádzajúci z nej nazývame **vedecká metóda**. Hypotézy sú predpovede založené na porovnaní nepoznaného s poznaným. Naša schopnosť predpovedať závisí na našich predošlých skúsenostiach. Veľa výsledkov experimentov vedie k ďalším otázkam a k plánovaniu ďalších experimentov. Veda sa zvyčajne nedostáva ďaleko na základe náhod. Experimenty slúžia na overovanie hypotéz a aj z hľadiska bezpečnosti (nás samotných a aparatury) je vhodné, ak vopred vieme predpovedať väčšinu možných výsledkov. Ak nás výsledok experimentu prekvapí, musíme sa vždy nad ním pozastaviť a prehodnotiť naše predošlé poznatky týkajúce sa javov obsiahnutých v experimente (takzvanej teórie), ako aj experimentu samotného.

Pri školských experimentoch musíme venovať dostatok priestoru čiastkovým úlohám. V niektorých experimentoch rozvíjame manuálne zručnosti v používaní prístrojov, v iných napríklad spôsob zaznamenávania a spracovania údajov, v iných zasa schopnosť analyzovať výsledky v kontexte s predchádzajúcimi poznatkami. Musíme však mať na pamäti celý proces poznávania.

Myšlienková príprava poznávania	- motivácia poznávania - objavenie a formulácia problému - tvorba hypotézy - myšlienkový experiment
Materiálna realizácia poznávania	- plánovanie materiálnej realizácie - výber materiálnych prostriedkov - zostavenie aparatury a jej overenie - získanie empirických dát
Myšlienkové spracovanie poznávania	- spracovanie dát - formulácia záveru - formulácia a zatriedenie poznatku - motivácia ďalšieho poznávania

V tejto kapitole sa budeme venovať žiackym laboratórnym prácam, ďalším formám experimentálnej práce pri vyučovaní fyziky sa venujeme v kapitole 3.7.

Učiteľ si pred laboratórnou prácou musí uvedomiť, aký je **cieľ laboratórnej práce** a tomu podriadiť formu zadania problému, mieru pomoci žiakom, čas venovaný práci a v neposlednom rade formu laboratórneho protokolu vyžadovaného od žiaka. Je potrebné zvážiť potrebu a hĺbku naplnenia jednotlivých cieľov a tomu podriadiť počet laboratórných prác a pri širšom pohľade i obsah – osnovy školskej fyziky.

Úlohy kladené na študenta počas laboratórných prác

Naplnenie niektorých cieľov možno hodnotiť priamo na základe laboratórneho protokolu, naplnenia niektorých cieľov je možné hodnotiť len priamo počas práce. K naplneniu cieľov je potrebné zaradiť veľmi rôznorodé experimenty, experimenty s rôznou formou zadania problému, s rôznou mierou samostatnosti žiaka (skupiny), ako i experimenty, ktoré v širšej miere dovoľujú študentovi zaujať kritický postoj.

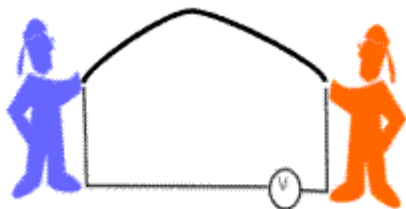
Učiteľ musí na hodine navodiť situáciu, v ktorej si žiak vytvorí, alebo osvojí problém. Miera voľnosti formulácia problému učiteľom môže byť (dokonca musí byť) pri jednotlivých experimentoch rôzna. Napríklad *Navrhni experiment využívajúci poznatky z elektromagnetickej indukcie*, alebo *Navrhni experiment v ktorom by sme mohli využiť tento (konkrétny) dlhý drôt*. Ako príklad uvádzame experiment: Meranie magnetickej indukcie Zeme pomocou elektromagnetickej indukcie.

Meranie magnetického poľa Zeme na základe elektromagnetickej indukcie. List pre žiaka

Úloha: Odmerajte magnetické pole Zeme na základe elektromagnetickej indukcie. Máte k dispozícii bežné pomôcky z kabinetu a tenký izolovaný drôt dĺžky asi 25 m.

Pomôcka: Zopakujte si poznatky o generátore striedavého prúdu.

Obrázok: Schéma zapojenia aparatury.



Obr. 1 List pre žiaka – inštruktáž k laboratórnej práci, v ktorej väčšinu plánovania ponechávame na žiaka/na skupinu žiakov.

Plánovanie

a. formulovanie problému a hypotézy

Úlohou žiaka je jasne formulovať problém, cieľ merania, pričom vychádza z učiteľovej inštrukcie zadanej listom pre žiaka, alebo verbálne. Žiak by sa mal počas gymnaziálneho štúdia aspoň niekoľko krát stretnúť s experimentom, pri ktorom si skutočne sám, alebo v malej skupinke študentov, môže zvoliť problém, ktorý chce riešiť. *V príklade túto časť plánovania spravil učiteľ.*

K cieľom fyzikálneho vzdelávania patrí tiež formulovať hypotézu. *Aké je magnetické pole Zeme? Poznáme ho z predchádzajúceho merania, alebo môžeme nájsť v literatúre orientačnú hodnotu?*

b. navrhnutie metódy merania a aparatury

Vo väčšine laboratórnych cvičení v starších gymnaziálnych učebniciach je aparatura vopred navrhnutá a úloha žiaka je zúžená na získavanie dát a ich spracovanie. Avšak žiak by mohol byť vedený aj k tomu, aby si sám v rámci svojich možností aparaturu navrhol. Pred samotným meraním by žiak mal mať písomne pripravené metódy merania relevantných veličín a metódy zmeny premenných veličín (naplníme ciele v oblasti komunikácie – písomnej). *V príklade žiak má ako pomôcku obrázok. Musí si uvedomiť, že vodičom možno otáčať tak, aby zmena indukčného toku za jednu otáčku bola maximálna, teda dvaja žiaci na obrázku musia stáť vo východo - západnom smere. Ďalej si musí odhadnúť na základe hypotézy, ako citlivý V- meter potrebuje, ako bude merať zmenu plochy závitú. Väčšina skupín, s ktorými som túto úlohu overoval si zvolila konštantný tvar závitú a ako premennú veličinu zvolila periódu otáčania.*

Zbieranie dát

Pozornosť je potrebné venovať tomu, aby dáta obsahovali jednotky veličín, aby bola zaznamenaná presnosť nameraných dát – či odchýlkou merania, alebo aspoň počtom platných cifier a samozrejme aby boli zaznamenané všetky dáta potrebné k spracovaniu. Zároveň žiakov vedieme k zreteľnej prezentácii dát.

Spracovanie dát

Podobne, ako pri získavaní dát sledujeme, či spracovanie vedie k výsledkom, či sú zahrnuté odhady chýb merania a či sú výsledky prezentované adekvátne.

Vyhodnotenie merania

V našich učebniciach sa zvyčajne uspokojíme so správne vyvodenými závermi. Medzi ciele fyzikálneho vzdelávania patrí však i byť kritický k výsledkom merania i k metóde merania. Žiak by mal vysvetliť výsledky merania, obmedzenú platnosť, mal by výsledky porovnať s hypotézou. Zároveň je vhodné viesť študentov k tomu, aby vyhodnotili metódu merania, aparaturu a podali návrhy na zlepšenie aparatury. Tieto návrhy môžu byť založené na potrebe väčších financií, času, mali by však byť reálne. *V našom príklade je najväčším zdrojom nepresností meranie plochy závitú, najmä v prípade, ak spojnice žiaka a stredu závitú nie sú úsečkami. Návrhom úpravy aparatury môže byť umiestnenie lopty (závažia) uprostred závitú, čím sa tvar závitú priblíži trojuholníku.*

Kritériá, ktorých naplnenie sa dá hodnotiť na základe laboratórneho protokolu

Nasledujúce tabuľky sú spracované podľa materiálov organizácie International Baccalaureate. V hornom riadku je názov aspektu, ktorý sledujeme a v spodnom riadku je požiadavka na úplné naplnenie daného aspektu. Nie každý experiment, s ktorým sa žiaci stretnú môže sledovať naplnenie všetkých kritérií, avšak aspoň niekoľkokrát by sa mal študent stretnúť s experimentom, pri ktorom si sám definuje problém, ktorý si sám naplánuje i vyhodnotí.

Plánovanie (a):

	Definovanie problému	Formulovanie hypotéz	Výber premenných
	Dokáže jasne identifikovať problém.	Vzťahuje hypotézu priamo k skúmanému problému / ku skúmanej otázke a vysvetlí ju (kvantitatívne, ak je to vhodné).	Stanovuje relevantné sledované veličiny (závisle a nezávisle premenné a konštanty experimentu)

Plánovanie (b):

	Navrhnutie vhodnej aparatury a materiálu	Navrhnutie metódy zmeny premenných	Navrhnutie metódy získavania dát
	Navrhuje vhodnú aparaturu a materiál.	Navrhuje realizovateľnú metódu umožňujúcu zmenu premenných.	Navrhuje metódu, ktorá umožňuje získavanie dostatku relevantných dát.

Zbieranie dát:

	Pozorovanie a zaznamenávanie dát	Prezentovanie dát
	Dáta zaznamenáva vhodne, včítane jednotiek a presnosti merania.	Dáta prezentuje zreteľne a usporiadane.

Spracovanie dát:

	Spracovanie dát	Prezentovanie spracovaných dát
	Spracovanie dát vedie k výsledkom, odhady chýb sú zahrnuté.	Výsledky prezentuje adekvátne a efektívne tak, že to vedie k správnej interpretácii; chyby merania sú vzaté do úvahy.

Vyhodnotenie merania:

	Vyslovovanie záverov	Vyhodnocovanie metód a výsledkov	Navrhovanie skvalitnenia experimentu
	Vyvodzuje odôvodnené závery založené na korektnej interpretácii), výsledky dáva do súvisu s hypotézou a všeobecne akceptovanými hodnotami.	Vyhodnocuje metódu (aparatura, materiál) včítane obmedzení jej použitia, slabých stránok a chýb.	Identifikuje slabé stránky a navrhuje vylepšenia experimentu.

Kritériá, ktorých naplnenie sa nedá hodnotiť na základe laboratórneho protokolu

Naplnenie niektorých cieľov v emocionálno – vôľovej oblasti, sa nedá hodnotiť na základe laboratórneho protokolu. Niektoré z týchto cieľov sa však naplňajú najlepšie práve počas laboratórnych prác. Podobne i manipulačné zručnosti môže učiteľ hodnotiť iba počas merania.

Manipulačné zručnosti:

Vykonávanie odborných postupov s dôrazom na bezpečnosť	Vykonávanie rozličných inštrukcií
Dokáže používať postupy a laboratórne vybavenie, dbá na bezpečnosť práce.	Rozličné inštrukcie vykonáva správne, adaptuje sa na nové okolnosti(v prípade potreby vyhľadáva asistenciu)

Osobnostné zručnosti (a):

Tímová práca	Poznanie príspevku iných	Výmena a zjednocovanie myšlienok
Spolupracuje s inými, berie do úvahy ich potreby vedúce k dokončeniu úlohy.	Očakáva, aktívne vyhľadáva a rešpektuje názory iných.	Názory všetkých členov skupiny očakáva a aktívne vyhľadáva.

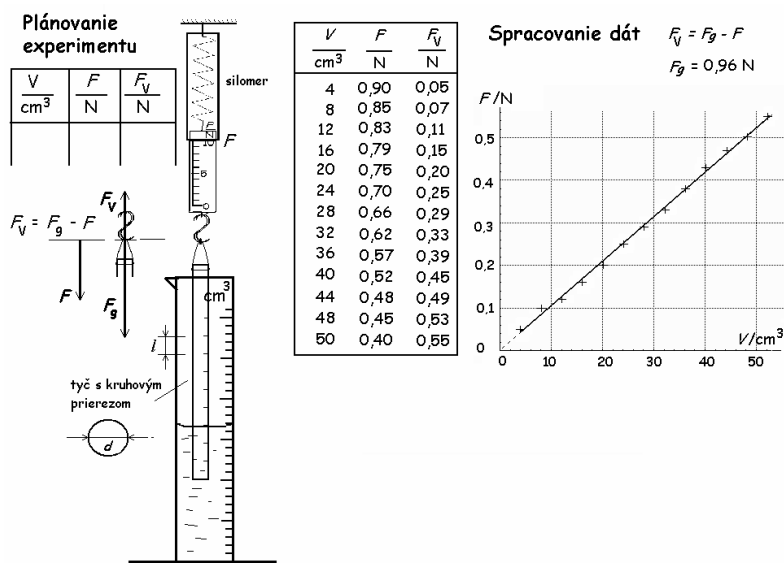
Osobnostné zručnosti (b):

Prístup s vnútornou motiváciou a vytrvalosťou	Prístup s etickým aspektom	Pozornosť k ekologickým aspektom
Pristupuje k skúmaniu s iniciatívnosťou a samostatnosťou smerujúcou k dokončeniu práce.	Primeranú pozornosť kladie na etické aspekty prístupu, zahrňujúc autenticitu dát a informácií a na prístup k materiálom.	Primeranú pozornosť venuje ekologickým aspektom.

V nasledujúcom uvedieme príklad veľmi jednoduchej žiackej laboratórnej práce. Nevyžaduje zložité prostriedky a rozhodne by sme si ho mali vyskúšať. Postup spolu s predchádzajúcimi tabuľkami použite vo vašom vlastnom experimente.

Jav, ktorý chceme skúmať

Cieľom experimentu je skúmanie známej skúsenosti: *Ťažké teleso, napr. veľký kameň ľahko zodvihne z dna bazénu plného vody, ale na suchej zemi ho premiestňujeme len s veľkým úsilím.*



Obr. 2 Príklad merania dvojíc hodnôt (V , F), objemu V ponorenej časti tyče a výslednej sily F , ktorá pôsobí na tyč sčasti ponorenú do kvapaliny.

Plánovanie experimentu

Začneme s domnienkou (hypotézou), že okrem tiažovej sily F_g , ktorá na teleso pôsobí vo vzduchu smerom nadol, pôsobí na ponorené teleso ešte ďalšia sila smerom nahor. Túto silu nazveme *vztlaková sila* F_V . Pokiaľ je teleso vo vzduchu, silomer odmeria veľkosť F_g tiažovej sily. Ak to isté teleso ponoríme aspoň časťou V jeho objemu do kvapaliny, sila odmeraná silomerom je menšia ako tiažová sila, $F < F_g$.

Veľkosť F_V sily, ktorú sme nazvali vztlaková sila, bude možno súvisieť s veľkosťou telesa, ktorú by sme mohli opísať veličinou *objem* V . Pokúsme sa preto hľadať súvislosť medzi týmito dvoma veličinami.

Kvantitatívne vyjadrenú závislosť medzi veličinami F_V a V by sme mohli pomenovať „*Závislosť vztlakovej sily od objemu ponoreného telesa*“ alebo zapísať fyzikálnymi znakmi – symbolmi $F_V = F_V(V)$.

Príprava experimentu

Pomôcky (podľa obr. 2) silomer, tyč, odmerná nádoba, dĺžkové meradlo s milimetrovým delením, fixka.

Aby sme preskúmali závislosť $F_V = F_V(V)$, zostavili sme model znázornený na obr. 2. Tyč s priemerom d je zavesená v zvislej polohe na silomeri. Najprv silomerom odmeriame tiažovú silu F_g , ktorá na tyč pôsobí vo vzduchu. Potom budeme postupne merať výslednú silu $F = F_g - F_V$, ktorá na tyč pôsobí, keď je jej časť s objemom V ponorená do vody v odmernej nádobe.

Pri meraní objemu V môžeme postupovať dvojakým spôsobom:

- Hodnoty ponoreného objemu určíme pomocou stupnice vyznačenej na odmernej nádobe.
- Vyznačíme si na tyči vo vzájomnej vzdialenosti l_0 vodostálou fixkou čiarky oddeľujúce od seba rovnaké objemy, ktoré vypočítame podľa vzťahu $V_0 = \frac{\pi d^2 l_0}{4}$. Tyč budeme ponárať tak, aby sme objem zmenili vždy o túto rovnakú hodnotu.

Meranie

- Vykonáme niekoľko meraní – meriame objem V ponorenej časti tyče a silu F , ktorú udáva silomer pri rôznych hodnotách ponoreného objemu V .
- Do tabuľky zapisujeme dvojice (V, F) , sebe zodpovedajúcich hodnôt objemu a sily.

Spracovanie dát

Vypočítame hodnoty $F_V = F_g - F$ vztlakovej sily a zapíšeme ich do tretieho stĺpca tabuľky. Do súradnicovej sústavy s osami V (vodorovná os) a F_V (zvislá os) zobrazíme body so súradnicami (V, F_V) . Zostrojíme čiaru tak, aby prechádzala čo najtesnejšie okolo bodov a aby sa pri tom nevlnila, ani nelámala. Ak je to možné, nakreslíme priamkový graf.

Interpretácia výsledkov

Po spracovaní výsledkov vidíme, že na teleso ponárané do kvapaliny pôsobí sila (vztlaková sila F_V), ktorá je priamo úmerná objemu ponorenej časti telesa. Môžeme preto písať veličinovou rovnicu

$$F_V = k V$$

kde k je konštanta.

To potvrdzuje platnosť Archimedovho zákona známeho zo základnej školy.

Pri objasňovaní významu výsledkov experimentu nás spravidla „napadnú“ viaceré otázky. Tak napr. by sme sa mohli pýtať, či vztlaková sila, ktorú sme skúmali, bude rovnaká aj v iných kvapalinách. To by nás samozrejme malo priviesť k plánovaniu nového skúmania javu – k novému experimentu.

Poznámky a úlohy:

- Vidíme, že pri experimente sme použili ďalšie dve empirické metódy – pozorovanie aj meranie. Charakteristickým znakom merania je porovnávanie meranej hodnoty veličiny s nejakou realizáciou jednotky veličiny alebo so stupnicou meradla. Čím sa ale vyznačuje metóda experimentu a čím sa experiment líši od metódy pozorovania?
- Experimentátor si spravidla sám volí a upravuje podmienky experimentu – napr. na obr. 2 sa musí rozhodnúť, akú tyč a z akého materiálu si vyberie, ktorú odmernú nádobu alebo aký druh kvapaliny použije. Musí rozhodnúť aké veľké majú byť dĺžky l dielikov zobrazených na tyči a koľko meraní vykoná.
- Pozorovanie a meranie bývajú súčasťou fyzikálneho experimentu veľmi často, obvykle sa používajú súčasne, alebo na seba tesne nadväzujú.
- Samozrejme, že každý experiment, pozorovanie alebo meranie má svoj cieľ. Všeobecným znakom každého fyzikálneho skúmania sveta je zhromažďovanie informácií.
- Výsledky získané experimentom spravidla majú aj praktický význam. Tak napr. poznatok o závislosti vztlakovej sily od objemu ponorenej časti telesa je vlastne veľmi dôležitý fyzikálny zákon. Z neho vychádzajú konštruktéri lodí (ale aj vzducholodí), hustomerov pre kvapaliny... Rozpamätajte sa, že ste sa s týmto zákonom stretli aj vy na základnej škole a skúste ho znova slovne formulovať.
- Pri spracovaní výsledkov merania na obr. 1 sme nenakreslili graf tak aby prechádzal všetkými bodmi, ale súvislú čiaru – dokonca sa nám podarilo viesť v ich tesnom okolí priamku.

3.7 Formy a úlohy školských fyzikálnych experimentov

Laboratórne práce sú neoddeliteľnou časťou fyzikálneho vzdelávania. Laboratórna činnosť priamo súvisí s didaktickým modelovaním empirického poznávania - keď priamo pri činnosti prichádza žiak k novým poznatkom, ako aj s teoretickým poznávaním, keď v závere poznávacej činnosti je vhodné zaradiť verifikačný experiment.

Pri každom experimente je potrebné rozlíšiť stránku procesnú a stránku interpretačnú. Pri školských experimentoch je vhodné, aby sa žiaci oboznámili s oboma stránkami experimentov, ale toto nevylučuje, aby niektoré experimenty boli viac zamerané na jednu a iné na druhú z týchto stránok.

Väčšinu experimentov z pohľadu úlohy v poznávaní žiaka môžeme zaradiť do jednej z 5 kategórií:

1. **Verifikačné, overovacie, alebo tiež deduktívne experimenty** sú najbežnejšou kategóriou experimentov. Úlohou je ilustrovať fyzikálne pojmy a zákony. Učiteľ na výkladových hodinách, pri diskusii, prípadne samostatnou prácou študentov s učebným textom prezentuje hlavné myšlienky a potom nasleduje laboratórna práca s cieľom ilustrovať a verifikovať tieto myšlienky. Verifikačné laboratórne práce majú svoju nezastupiteľnú úlohu v procese teoretického modelovania poznávania.
2. **Induktívne (heuristické) experimenty** ponúkajú študentovi možnosť vytvárať nové poznatky, vzťahy, zákony prostredníctvom experimentu, pred tým, ako sa s nimi stretne vo výkladovej vyučovacej hodine. Príkladom môže byť vyšetovanie podmienok, ktoré ovplyvňujú periódu kmitania matematického kyvadla. Do úvahy pripadá zmena hmotnosti závažia, dĺžky kyvadla a uhla vychýlenia z rovnovážnej polohy. Študent je vedený k tomu, aby skúmal, ako zmeny jednotlivých veličín ovplyvňujú periódu.
3. **Experimenty zamerané na intelektuálne spôsobilosti v oblasti vedeckého procesu.** Hlavným cieľom zaradenia laboratórnej práce do procesu vyučovania fyziky je prezentovať vedu ako cestu objavovania a ako spôsob myslenia.
4. **Experimenty zamerané na technické zručnosti** sú nevyhnutné na vytvorenie zručností v používaní technických prostriedkov, napríklad súprav a meracích prístrojov z elektriny, alebo použitie osciloskopu.
5. **Experimenty zamerané na bádanie** - učiteľ navodí problém a nechá študentov bádať. Študenti sa slobodne rozhodnú pre niektorý z prvých štyroch prístupov, prípadne pre ich kombináciu. Sem patrí aj experimenty plánované žiakmi samotnými.

Z hľadiska organizačnej formy a použitých prostriedkov možno hovoriť o experimentoch:

1. **Demonštračné experimenty**
2. **Frontálne experimenty**
3. **Skupinové experimenty**

4. **Domáce experimenty a pokusy s jednoduchými pomôckami**
5. **Experimenty a použitím laboratórnych prostriedkov**
6. **Počítačom podporované experimenty**

7. **Reálne experimenty**
8. **Modelové experimenty**
9. **Myšlienkové experimenty**

10. **Laboratórne práce**
11. **Dlhodobé pozorovania a merania**
12. **Terénne experimenty**

Z hľadiska povahy získanej, alebo overenej informácie možno experimenty deliť na **kvalitatívne a kvantitatívne**.

4. Modely, modelovanie, ovládanie zariadení

S materiálnymi a myšlienkovými konštrukciami a predstavami, ktoré majú charakter *modelov a modelovania*, sa stretávame od staroveku. Staroveké filozofie vytvárali špekulatívne konštrukcie sveta, ktoré sa viac alebo menej opierali o poznanie skutočnosti a snažili sa vytvárať logicky sklbené celky. Ako príklad takejto filozofickej konštrukcie môžeme uviesť *Demokritove predstavy o atómoch*, ich tvare a spôsoboch spájania.

V súčasnom poňatí sa *pojmem model* chápe ako „*prírodný alebo umelý objekt, ktorý je schopný zastúpiť študovaný objekt v poznávacom procese*. Pri dobre zostavenom modeli objektu, môžeme jeho štúdiom získať poznatky o originálnom objekte.

V takomto poňatí je obvykle model chudobnejší ako sústava, ktorú modeluje. Pri jeho vytváraní zanedbávame niektoré časti modelovanej sústavy. Model vzniká *idealizáciou objektu* – výberom tých jeho prvkov, ktoré sú dôležité pre činnosť objektu – pre jeho správanie. Obvykle sa pri modelovaní snažíme, aby model správanie originálneho objektu napodobňoval. Preto pri konštrukcii modelu zostavujeme jeho štruktúru z takých prvkov, o ktorých predpokladáme, že sú zodpovedné za správanie originálu.

Predmetom tejto kapitoly je modelovanie javov na počítači v programovom systéme Coach. Modelovanie na počítači je najčastejšie matematické modelovanie objektu, na ktorom pozorujeme určitý jav – správanie objektu. Počítačové modelovanie sa tiež riadi zásadami, ktoré sme v skratke uviedli v predchádzajúcich odstavcoch. Pri matematickom modelovaní vyberáme prvky objektu a ich vzájomné súvislosti – väzby a zobrazujeme ich fyzikálnymi veličinami a matematickými vzťahmi medzi veličinami. Abstraktný matematický počítačový model objektu zostavujeme do programu, ktorý má vykonať počítač. Výstupom činnosti počítača sú potom hľadané fyzikálne súvislosti, ktorým zodpovedá modelované správanie objektu.

V školskej praxi sa často používajú programové systémy umožňujúce nielen *modelovanie*, ale aj *zber a spracovanie experimentálnych dát*. Výsledky merania aj modelovania sa zobrazujú grafmi na displeji počítača. Tieto vlastnosti má aj systém Coach. Jednotlivé programy systému sú navzájom prepojené, takže empirické výsledky získané meraním môžeme porovnávať s výsledkami matematického modelovania.

Jednou z najväčších výhod počítačových modelov je možnosť simulácie – skúmania modelového javu v rôznych situáciách – s rôznymi kombináciami hodnôt parametrov ovplyvňujúcich správanie objektu, na ktorom jav pozorujeme. V školskej praxi je táto vlastnosť počítačového modelovania vítaná najmä pri riešení fyzikálnych úloh.

4.1 Počítačové modelovanie ako podporný prostriedok vyučovania fyziky

Riešenie školskej fyzikálnej úlohy sa spravidla začína kvalitatívnou analýzou úlohovej situácie. Analýza často ukáže, že vlastnosti objektu, na ktorom situáciu sledujeme, sa dajú kvantitatívne opísať navzájom súvisiacimi fyzikálnymi veličinami. V tejto fáze riešenia by sme mali úlohu formulovať slovami. Slovná formulácia úlohy obsahuje *cieľ jej riešenia*, napr. „*vypočítajte hodnotu určitej veličiny za určitých podmienok*“ alebo „*určte ako závisí niektorá z veličín od inej, meniacej sa veličiny*“. Pre školské poznanie je najdôležitejšia fáza *kvalitatívneho riešenia* – analýza javu a hľadanie fyzikálnych súvislostí, ktoré vedú k riešeniu problému obsiahnutého úlohe.

Väčšina fyzikálnych úloh postupne prerastá zo svojej *kvalitatívnej podoby do kvantitatívnej formy*. *Kvantitatívna fyzikálna úloha* sa vyznačuje *matematickými vzťahmi*, ktoré treba upravovať aby sme *dostali všeobecné riešenie*. Žiak, ktorý chce kvantitatívnu fyzikálnu úlohu

vyriešiť, musí spravidla vykonať množstvo časove náročných *numerických výpočtov*, aby dostal *výsledok riešenia*. Tak sa kráti čas potrebný na dobré zvládnutie kvalitatívnej fázy riešenia a nezodpovedaná ostáva otázka, ktorú si pri riešení podobných úloh kladú učitelia fyziky: "*V ktorej oblasti sa riešením tejto úlohy obohatil žiak viacej - bolo to jeho fyzikálne poznanie alebo zbehlosť v praktických matematických výpočtoch?*"

Ak vychádzame z našich skúseností s vyučovaním fyziky, musíme pripustiť, že z riešenia kvantitatívnych úloh získava *predovšetkým matematika*. Fyzikálne vyučovanie predstavuje nezanedbateľnú príležitosť *precvičiť matematické zručnosti žiaka* v celom ich rozsahu - od *aritmetických početových výkonov*, cez *algebraické úpravy* a aplikácie *trigonometrických vzťahov*, *geometrické konštrukcie*, *rôzne druhy rovníc*, *funkcie a ich grafy*, až k základom *diferenciálneho počtu*.

Starostlivosť o rozvoj matematických výpočtových zručností žiaka síce patrí medzi úlohy *fyzikálneho vzdelávania*, ale iste nie medzi kľúčové. Na druhej strane – jeden z dôležitých cieľov fyzikálneho vzdelávania je formovanie žiackej spôsobilosti konštruovať matematické modely fyzikálnych javov a používať ich v rôznych úlohách. Tento rozpor je však len sčasti protirečivý. Poučiť sa môžeme z prostriedkov a metód, ktoré používa fyzikálna veda:

Matematická stránka riešeného problému je spravidla pre fyzika zaujímavá dovedy, kým sa mu nepodarí zostaviť uspokojivý *matematický model riešenia*. Matematický model nie je konečným cieľom jeho úsilia - je to len *prostriedok*, ktorý má pri jeho ďalšom poznávaní poskytovať *nové fyzikálne informácie*, napr. tak, že *spracuje zadané dáta*, *vyrieši diferenciálnu rovnicu*, *poskytne predpoveď o správaní určitého objektu* po zmene jeho štruktúry, a pod. Preto sa fyzik – riešiteľ problému – pri matematizácii úlohy usiluje, aby zostavený *matematický model* bol dostatočne *interaktívny*: Model má riešiteľovi umožniť rýchle *meniť štruktúru modelu* – *simulovať jav pri zmenených podmienkach* a predpokladoch. Pri práci s takým modelom potom riešiteľ využíva výpočtové prostriedky, ktoré sa mu ponúkajú pri súčasnom stave výpočtovej techniky.

Ak túto technológiu riešenia fyzikálnych problémov transformujeme do školskej praxe, mali by sme svojim žiakom ponúknuť zbierku úloh a k nej výpočtovú techniku s vopred pripravenými matematickými modelmi riešenia. Po úspešnom dosadení číselných hodnôt už by numerické výpočty obstaral počítač, do ktorého by žiak dosadil zadané dáta a podmienky a z displeja by prečítal výsledok.

Navrhovaná predstava by samozrejme umožnila "vyriešiť" v rovnakom čase omnoho väčší počet úloh v porovnaní s „klasickou“ schémou školského vyučovania. Avšak *kvalita fyzikálnych vedomostí nerastie priamo úmerne s počtom vyriešených kvantitatívnych úloh*.

Fyzikálna úloha zameraná na riešenie problému spojeného s určitým fyzikálnym javom poskytuje hlbšie poznanie až po niekoľkonásobnom návrate k úlohovej situácii a pri niekoľkokrát opakovanom riešení, vždy s inou kombináciou parametrov, ktoré jav môžu ovplyvniť. Pri každom z týchto „návratov k úlohe“ získava riešiteľ postupne stále jasnejšiu a hlbšiu predstavu o jave. Počítačový matematický model, ktorý takýto prístup k riešeniu úlohy umožňuje, nazývame *simulačný program* a prácu s ním zvykneme *nazývať počítačová simulácia javu*.

Cieľom školskej fyziky nie je učiť žiaka programovať, rovnako ako nie je jej cieľom doučovať ho matematiku. Preto v školskej praxi už existuje celý rad školských programových systémov, ktoré umožňujú zber experimentálnych dát rôznymi druhmi senzorov, ich spracovanie a zobrazenie výsledkov grafmi skúmaných fyzikálnych závislostí. Väčšina z nich poskytuje aj prostredie na *dynamické modelovanie* na počítači – na tvorbu matematických modelov fyzikálnych javov a ich jednoduché ovládanie pri počítačovej simulácii.

Medzi tieto programové systémy patria aj programové prostriedky Coach. Programy zamerané na zber a spracovanie dát opisujeme v iných častiach tejto práce. V ďalších

článkoch sa zameriame na počítačové modelovanie, na simuláciu fyzikálnych javov a na porovnávanie grafických výstupov počítačových modelov s experimentálne získanými dátami.

4.2 Ovládanie zariadení počítačom

Počítače sú dnes súčasťou výrobných liniek, zariadení ako napríklad automobil, počítače ovládajú napríklad osvetlenie v divadle. Vo všetkých týchto príkladoch počítače ovládajú pripojené zariadenia, výstupom počítača je napríklad pootočenie reflektora o istý uhol, zapnutie alebo vypnutie motora, osvetlenia a podobne. Modely takýchto zariadení vytvárajú aj niektorí tvorcovia hračiek. Pri použití vhodného interfejsu je možné programovať jednoduché zariadenia aj na základnej, či strednej škole, alebo v klube techniky. Zvyčajne ovládame žiarovky, motorčeky, krokové motorčeky zakúpené v predajniach s modelárskymi potrebami. Tiež môžeme ovládať modely z niektorých stavebníc, ako napríklad Lego a Merkúr. Na vyššej úrovni môžeme do programu zahrnúť aj merané fyzikálne veličiny a navrhnuť napríklad model klimatizácie miestnosti. V porovnaní s inými prostrediami na výučbu algoritmov (programovania), výstupom nie je iba číslo, graf, obrázok na monitore počítača, ale reálny dej. Ak sa nám podarí preniesť výstup počítača k ovládanému zariadeniu bezdrôtovou technológiou, môžeme ovládať napríklad model takého robotického zariadenia, aké sú vysielané do Vesmíru na iné planéty.

4.3 Základy techniky

Fyziku ako všeobecno-vzdelávací predmet považujeme sa prírodovedný predmet. Na druhej strane fyzika vystupuje aj ako predmet, na ktorom sa musia žiaci naučiť aj základom techniky. Učia sa napríklad používať kladku a naklonenú rovinu.

Je potrebné si uvedomiť základný rozdiel medzi cieľom prírodných a spoločenských vied na strane jednej a cieľom technológií na strane druhej. Zatiaľ čo cieľom vied je **pochopiť svet**, cieľom technológií je svet **upraviť podľa ľudských potrieb**. Vyučovanie technológií je podmienené cyklami, ktoré obsahujú **skúmanie, plánovanie, tvorba produktu (riešenie), vyhodnotenie**.

skúmanie – potreby, možnosti,

plánovanie – riešenia,

tvorba produktu - výroba produktu, výber z možných riešení,

vyhodnotenie – kvalita produktu, bezpečnosť, znečistenie, odpad, trvalo udržateľný rozvoj, ekonomické súvislosti – to vedie späť na skúmanie

Ak sa školský vzdelávací program rozhodne vyučovať časť technológií v rámci prírodných vied tak, ako je to takmer na všetkých slovenských školách, učiteľ si musí byť vedomý týchto rozdielov.

5. Príklad hardvéru pre počítačom podporované prírodovedné laboratórium

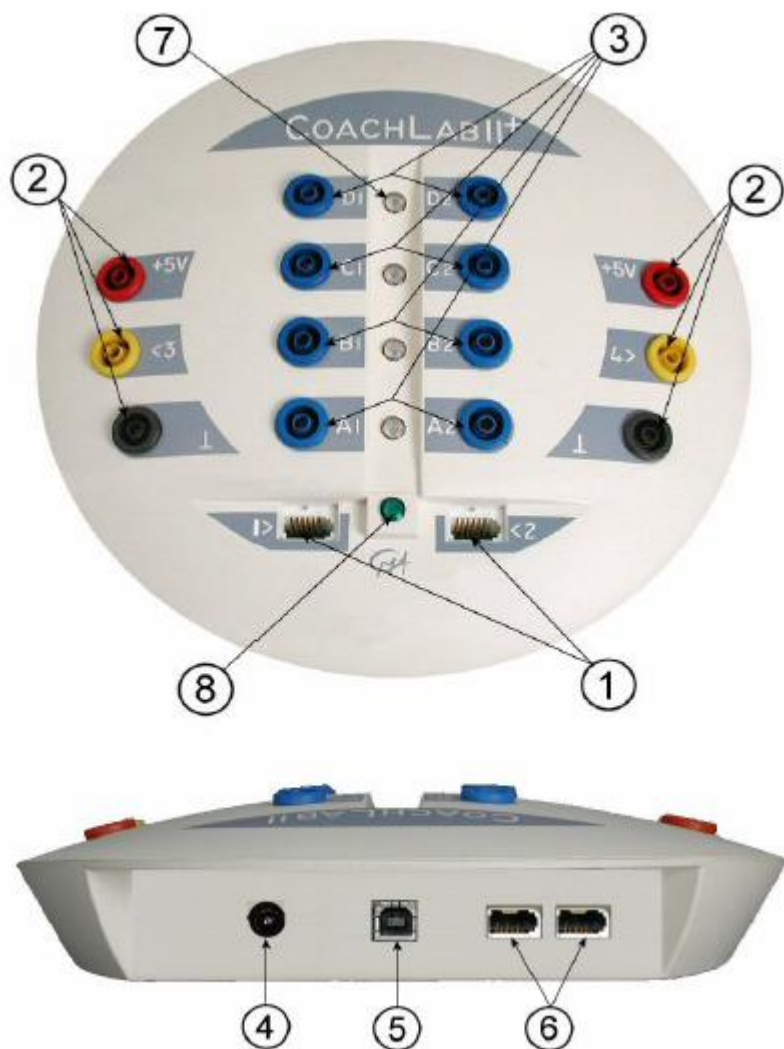
V podmienkach Slovenska sa udomácnil merací systém Coach, vyvinutý Centrom mikropočítačových aplikácií pri Univerzite v Amsterdame. Od začiatku boli do vývoja zapojené aj slovenské fakulty pripravujúce učiteľov fyziky a zaujímavá je i skutočnosť, že na vývoji softvéru sa významne podieľali pracovníci FMFI UK.

Máme skúsenosti aj s ďalšími meracími systémami, napríklad spoločnosti Leybold, Texas Instruments, Vernier, Philip Harris. Všetky tieto systémy majú podobné črty a oblasti použitia. Pokladáme za výhodnejšie oboznámiť sa dôkladne s jedným zo systémov, než venovať príliš veľa času a energie učeniu sa práci s rozdielnymi systémami. V súčasnosti sa na všetkých slovenských pracoviskách pripravujúcich budúcich učiteľov fyziky používa merací panel CoachLabII. V týchto skriptách budeme vychádzať z meracieho panelu CoachLabII+ (vyrábaný od roku 2005), v závere s ním porovnáme panel CoachLabII (vyrábaný od roku 2001 do roku 2005) a prenosné zariadenie ULAB (vyrábaný od roku 2003)

Merací panel CoachLabII+ je stavaný pre súčasné i budúce generácie počítačov, je vybavený vlastným riadením a vyrovnávacou pamäťou. Je to multifunkčný interfejs určený na počítačom podporované meranie a riadenie systémov. Zabezpečuje on-line meranie so zobrazovaním meraných dát na monitore počítača v reálnom čase. CoachLab II+ je vybavený vlastným mikroriadením a FLASH pamäťou umožňujúcou updatovanie interného systémového softvéru.

5.1. Základné parametre CoachLabII+

CoachLabII+ sa pripája k počítaču prostredníctvom USB portu. Napájaný je sieťovým adaptérom. K interfejsu je možné pripojiť súčasne až 6 senzorov, vzorkovacia frekvencia dosahuje až 100 000 meraní za sekundu. K dispozícii je široká paleta senzorov.



Obr. 1 Merací panel CoachLabII+. 1. ,2. meracie vstupy; 3. výstupy pre ovládanie; 4. vstup napájania; 5. USB konektor; 6. vstupy digitálnych senzorov; 7. kontrolky výstupov; 8. kontrolka napájania

Vstupné a výstupné kanály

- **6 vstupných kanálov:**

- dva analógové vstupy softvérovým prepínaním na rozsahy $-10V..+10V$ a $0V..+5V$ s BT koncovkami (položka 1 na obr. 1)
- dva analógové vstupy softvérovým prepínaním na rozsahy $-10V..+10V$ a $0V..+5V$ so 4mm koncovkami (s banánikmi) (položka 2 na obr. 1)

- dva digitálne vstupy s BT koncovkou (používajú sa napríklad pri ultrazvukových detektoroch polohy) (položka 6 na obr. 1)

Všetky vstupy sa dajú použiť aj ako čítače impulzov alebo na meranie založené na udalostiach (možnosť zdefinovať si hraničnú hodnotu analógového vstupu; ak hodnota na analógovom vstupe prekročí hraničnú hodnotu preddefinovaným smerom, čítač impulzov zvýši svoju hodnotu o 1).

K dispozícii sú adaptéry z BT na 4 mm koncovky a z 4 mm na BT koncovky

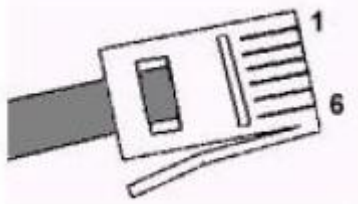
Obr.2 Adaptéry meracích senzorov



- **4 výstupné kanály;** každý z výstupných kanálov má dve 4 mm zdierky, na ktorých sa dá nastaviť stav 0V a stav +12V, teda každý výstupný kanál (každý pár zdierok) sa dá nastaviť do 4 možných stavov a tým meniť smer prúdu ovládaným zariadením. Výstupy sú číslované od 1 po 8; výstup A1 má číslo 1, výstup D2 má číslo 8. Výkon (efektívne napätie) na výstupoch je možné znižovať pulzovaním s frekvenciou 625 Hz. Je možné nastaviť 16 stavov efektívneho napätia. Z jedného výstupu je možné odoberať prúd 0,6 A, zo všetkých súčasne maximálne 1,2 A.

Vstupy detailne

Vstupy 1, 2

Pin		 <p>rozlíšenie pin 1: 4.9 mV rozlíšenie pin 6: 1.2 mV vnútorný odpor pin 1: 100kΩ vnútorný odpor pin 6: 100kΩ v adaptéri 0519 je zapojený pin 6</p>
1	Napät'ový vstup -10..10V	
2	Uzemnenie	
3	Výstupné referenčné napätie pre meranie odporu(15kΩ) / alebo komunikačný kanál pre inteligentný senzor – dáta	
4	Detektor Auto-id (10kΩ) / alebo komunikačný kanál pre inteligentný senzor – hodiny	
5	+5 V	
6	Napät'ový vstup 0..5V	

Vstupy 3,4

Červený: +5 V (pre napájanie senzorov)

Žltý: napät'ový vstup -10..10V, alebo 0..5V prepínateľný softvérom, vnútorný odpor 100kΩ

Čierny: uzemnenie (spoločné pre všetky vstupy)

Napájanie

prostredníctvom jednosmerného napätia (kolík 2,5 mm, +pól vnútri) s hodnotou min. 9V, max 12 V. Zdroj zároveň napája aj riadené výstupné kanály. V paneli je istený maximálnym odberom 2 A. Odporúča sa používať výhradne dodávané sieťové adaptéry.

Prevádzanie analógového signálu na digitálny - vzorkovanie

CoachLabII+ používa 12 bitový prevodník. 12 bitové rozlíšenie vedie k rozlíšeniu 1,22 mV pri rozsahu 0-5 V a 4,9mV pri rozsahu -10..+10 V.

Maximálna vzorkovacia frekvencia závisí od počtu súčasne používaných vstupov.

Základnú predstavu nám dáva nasledujúca tabuľka:

počet používaných vstupov	Maximálna vzorkovacia frekvencia
jeden analógový vstup	100 kHz
dva analógové vstupy	50 kHz
tri analógové vstupy	3.3 kHz
štyri analógové vstupy	2.5 kHz
jeden počítač impulzov	10 kHz (signál max 5kHz)
dva počítače impulzov	10 kHz
jeden počítač + jeden analógový	10 kHz
jeden ultrazvukový detektor polohy	50 Hz
dva ultrazvukové detektory polohy	25 Hz
jeden detektor polohy + analógový	50 Hz
jeden detektor polohy + počítač	nevhodná kombinácia

Indikátory LED diódami

Zelená dióda indikujúca napájanie panelu.

4 trojfarebné (červená/oranžová/zelená) diódy indikujúce stav jednotlivých výstupných kanálov.

Rozmery

Priemer 21 cm, výška 3,5 cm, hmotnosť 400 g.

Minimálne požiadavky na počítač a softvér

CoachLabII+ vyžaduje softvér Coach 5 verzia 2.4 s updatovaným CoachLabII ovládačom inštalovaný na Pentium II (alebo novšom) s Windows 98/2000/XP, alebo NT s 128 MB RAM a USB portom.

Update ovládača je možné stiahnuť na stránke CMA.

Vnútoraná pamäť meracieho panelu

Pri meraniach s veľkými frekvenciami generovaný dátový tok môže byť väčší, než maximálna prenosová rýchlosť USB pripojenia. Dáta sa uchovávajú v buferi s veľkosťou 128 kB zabudovanom v meracom paneli. Môže sa tu (automaticky) uložiť 65 000 hodnôt.

CoachLabII+ obsahuje vnútorný riadiaci systém (firmware) uložený vo flash pamäti, je možné ho updatovať (prepisovať). Operačné systémy Windows majú pri meraniach a zobrazovaníach „v reálnom čase“ nevýhodu v tom, že riešia viacero úloh (takmer) súčasne. Meranie môže byť v ktoromkoľvek okamihu systémom Windows na krátky okamih prerušené inou úlohou riešenou operačným systémom. Toto môže viesť k problémom najmä pri meraniach s veľkou vzorkovacou frekvenciou. Tento problém je v CoachLabII+ riešený vlastným mikroriadením, ukladaním dát do odpovedajúcej pamäte a následným vysielaním prostredníctvom USB pripojenia. Merané dáta sa nestratia, iba môžu byť zobrazené na monitore počítača o okamih neskôr.

USB pripojenie

CoachlabII+ je kompatibilný s USB2 pripojením a správa sa ako COM-port. Maximálna rýchlosť prenosu dát je 83kByt/s.

Práca s programom Coach5

Merací panel CoachLabII+ je nástupca panelu CoachLabII. Všetky aktivity pripravené s predošlým panelom fungujú i s novým panelom za predpokladu, že sa použije updatovaný ovládač. Nový ovládač umožňuje prácu s oboma typmi meracích panelov, je potrebné však skontrolovať nastavenie v Tools>Instal hardware drivers.

Je možné pripraviť si vlastný softvér na riadenie CoachLabII+, napríklad v Java. Zoznam príkazov a formát dát je v CMA na požiadanie k dispozícii.

Odlišnosti CoachLabII (v porovnaní s CoachLabII+)

- pripojenie k počítaču: CoachLabII sa pripája k počítaču prostredníctvom 9 pinového sériového portu (kábel sa dodáva s meracím panelom). K USB portu je možné panel pripojiť prostredníctvom adaptéru, k starším počítačom je možné pripojiť panel prostredníctvom adaptéru 9pin/25pin.
- maximálna vzorkovacia frekvencia je 40kHz
- nerozpoznáva senzory automaticky
- má iba jeden digitálny vstup
- súčasne iba jeden zo vstupov môže pracovať ako počítač impulzov, zvyšné tri môžu pracovať ako analógové vstupy

5.2. Práca so senzormi

Rozpoznávanie senzorov

CoachLabII+ automaticky rozpoznáva inteligentné a Auto-id senzory po fyzickom pripojení do BT vstupov.

Inteligentné senzory komunikujú s meracím panelom a vysielajú údaje ako názov, veličina, jednotka, kalibrácia.

Takzvané Auto-id senzory sú vybavené špecifickým rezistorom, ktorý umožňuje automatickú identifikáciu a využíva dáta z knižnice senzorov.

Užívateľovi je umožnené zmeniť nastavenia i kalibráciu senzora.

Počítač impulzov

Každý z analógových vstupov je možné použiť ako počítač impulzov. Sensory, ktorých výstupom sú pulzy (napríklad Geiger-Mullerov senzor ionizujúceho žiarenia (029), alebo meracia kladka (0386)) je možné pripojiť priamo.

CoachLabII+ umožňuje nastaviť hraničnú hodnotu čítača impulzov. Ak signál prekoná hodnotu preddefinovaným smerom, hodnota čítača sa zvýši o 1. Ak máme v analógovom signáli dobre identifikovateľné zmeny hodnoty meranej veličiny, môžeme zisťovať počet týchto zmien. Niekedy je užitočné počítať zmeny analógového signálu ako pulzy, napríklad ako často je obnovovaná obrazovka počítača (použitím senzora svetla ako počítača impulzov), alebo merať ako bije srdce (použitím senzora srdečného tepu ako počítača impulzov).

Zoznam senzorov CMA (k 1.5.2006)

Kat. číslo	CMA senzor	Typ
013	Senzor uhlu pootočenia 0..270	
0135i	Termočlánok (dvojzrosahový -20..110, -200..1300 °C	inteligentný
014	Senzor osvetlenia 0..200 lx	inteligentný
0141i	Senzor osvetlenia 0..10 lx	inteligentný
0142i	Senzor osvetlenia 0..200 lx	inteligentný
0143i	Senzor osvetlenia 0..150 klx	
015	Senzor zvuku -5..5 Pa	
016	Senzor teploty -18..110 °C	
017i	Senzor zvuku -45..45 Pa	inteligentný
0210i	Diferenčný senzor napätia -10..10 V	inteligentný
0212i	Diferenčný senzor napätia -500..500 mV	inteligentný
0221i	Diferenčný senzor prúdu -5..5 A	inteligentný
0222i	Diferenčný senzor prúdu -500..500 mA	inteligentný
023i	Senzor tlaku 0..700 kPa	inteligentný
024	Senzor magnetickej indukcie dvojzrosahový -100..500, -10..50 mT	
025i	Senzor relatívnej vlhkosti	inteligentný
0265i	Senzor plynného kyslíku 0..100%	inteligentný
0266i	Senzor rozpusteného kyslíku (v kvapaline) 0..14 mg/l	inteligentný
027i	Senzor srdečného tepu (s klipsňou na ucho)	inteligentný
028	Sada EKG (potrebuje aj senzor osvetlenia 014 alebo 0142i)	
029	Geiger-Mullerov senzor ionizujúceho žiarenia (β , γ)	
030i + 031	pH senzor (zosilňovač 030i, elektróda 031)	inteligentný
0313i	ORP senzor -450..1100 mV	inteligentný
032	Barometrický senzor 0..1100 mbar	inteligentný x
033	Senzor osvetlenia trojzrosahový 0..600, 0..6000, 0..150000 lx	inteligentný x
0341	Senzor tlaku plynu 0..210kPa	inteligentný x
035	Termočlánok - senzor teploty -30..1400 °C	Auto-id
03517	Senzor polohy 40..600 cm	Auto-id
0357	Senzor CO ₂ 0..5000 ppm	inteligentný x
0358	Kolorimeter (červená, zelená, modrá)	
0361i	Senzor elektrického náboja	inteligentný
0362	Senzor sily dvojzrosahový -5..5N, -50..50N	
0377i	Senzor krvného tlaku	inteligentný
037	Senzor srdečného tlaku	
0375	Záťažový monitor činnosti srdca	inteligentný x
0376	Senzor rozpusteného kyslíku 0..14 mg/l	inteligentný x
0381	Senzor relatívnej vlhkosti	
0382	Senzor vodivosti kvapaliny trojzrosahový 0..200, 0..2000, 0..20000 μ S	inteligentný x
0384	Sada prúd/napätie -0,8..0,6 mA; -8..6 V	Auto-id
0385	Senzor zrýchlenia	
0386	Meracia kladka (včítane fotobrány)	
0387i	Senzor rýchlosti prúdenia 0..4 m/s	inteligentný
0391NH4	NH ₄ ⁺ elektróda so zosilňovačom	inteligentný x
0391Ca	Kalcium Ca ²⁺ elektróda so zosilňovačom	inteligentný x
0391Cl	Chlór Cl ⁻ elektróda so zosilňovačom	
0391NO3	NO ₃ ⁻ elektróda so zosilňovačom	
0511	Senzor teploty -20..125°C	Auto-id
0513	Senzor 0..10 W/m ²	Auto-id
0515	Senzor napätia -10..10V	Auto-id
0661i	Senzor CO ₂ 0..5000 ppm	inteligentný

x - senzory vyrobené dávnejšie nie sú typu inteligentný

Senzory Vernier a Texas Instruments s koncovkou BT sa môžu priamo pripojiť na vstupy 1 a 2. Senzory Pasco a Fourier System je možné pripojiť pomocou vhodnej priechodky.

5.3. Metódy merania

Jednoduché načítavanie

Priamo sa zaznamenávajú dáta z daného kanálu a zobrazujú sa na displeji.

Časovo závislé meranie

Dáta z každého pripojeného vstupu (analogového a/alebo digitálneho) sú zaznamenávané v pravidelných časových intervaloch. Nastavuje sa vzorkovacia frekvencia a celkový meraný čas. Jeden z kanálov môže slúžiť ako spúšťací kanál. Je možné preddefinovať úroveň spúšťacieho signálu, smer ktorým má prísť k úrovni (stúpanie, klesanie úrovne signálu) a čas, ktorý sa má zaznamenať pred spustením týmto signálom (pre-trigger time).

Pri meraniach spúšťaných úrovňou signálu sú dáta predtým, než sa overí či spĺňajú spúšťaciu podmienku, ukladané do bufferu (pamäte), a teda sú k dispozícii aj po spustení merania.

Merania založené na udalostiach

Jeden z vstupov nastavíme ako počítač impulzov. Dáta z pripojených kanálov sú zaznamenávané zakaždým, keď je zaznamenaná udalosť na počítači impulzov. Popri hodnotách zo zapojených senzorov sa zaznamená aj čas (s presnosťou 100 mikrosekúnd). Meranie končí po preddefinovanej počte opakovania udalostí.

Štart – stop meranie

Použitím módu merania založeného na udalostiach je možné uskutočniť časovo závislé meranie napríklad keď padajúce teleso prejde cez dve svetelné brány.

Meranie založené na dobe odozvy

Táto metóda sa používa s ultrazvukovými detektormi polohy. Vzdialenosť medzi objektom a detektorom sa určuje nasledovným spôsobom. CoachLabII iniciuje meranie vyslaním spúšťacieho pulzu do detektora. V tom istom okamihu 16 bitový časovač sa vynuluje a ultrazvukový detektor vyšle ultrazvukový signál. V okamihu, keď detektor deteguje signál odrazený od objektu, zaznamená sa čas. Na základe tohto času a rýchlosti zvuku sa určí vzdialenosť medzi detektorom a objektom. Rozlíšenie meraného času je 12,8 mikrosekundy. Toto odpovedá rozlíšeniu meranej vzdialenosti 2,17 mm.

Počítanie udalostí/pulzov

V tejto metóde sa hodnota počítadla zväčší o jedna keď sa zaregistruje preddefinovaná udalosť na analogovom, alebo digitálnom kanáli. Hodnota môže byť z intervalu 0 – 65535.

Up/down počítač

Niektoré digitálne senzory, napríklad dvojsmerná kladka, generujú dva digitálne, symetrické hodnoty napätia, také že majú rovnakú frekvenciu, ale sú fázovo posunuté o 90°. Smer rotácie sa dá určiť z fázového posunu medzi týmito napätiami a na základe tohto sa hodnota počítadla zväčší, alebo zmenší o jedna. Hodnota môže byť z intervalu –32768 až 32768.

Meranie frekvencie

Interval merania frekvencie analogovým signálom je od 0 do 5 kHz, digitálnym signálom od 0 do 1 MHz.

5.4. Ovládanie zariadení (aktuátorov)

K dispozícii sú rôzne aktuátory – prvky určené na ovládanie počítačom, napríklad žiarovky, motorčeky, krokový motor. Pomocou relé je možné riadiť aj 230 V zariadenia.

CoachLabII+ má štyri výstupné kanály. Kanál pozostáva z dvoch zdierok, každú je možné nastaviť na +12 V a nulu. Teda každý z výstupných kanálov je možné nastaviť do štyroch stavov. Stav každého je indikovaný LED diódou zelená/oranžová/červená/vypnutá. Ak sa pár výstupov skombinuje ako jeden analógový výstupný kanál, je možné ovládať napríklad motorček, ktorý sa otáča dvoma smermi.

Maximálny odoberaný prúd z každého kanálu je 0,6 A, celkový odoberaný prúd zo všetkých štyroch kanálov súčasne je 1,2 A. Napríklad je možné spúšťať súčasne dva motory s odberom každého 0,5 A.

Výstupné kanály je možné softvérom nastaviť na 16 rôznych úrovni výkonu (efektívneho napätia). Výkon je redukovaný zapínaním a vypínaním 12 V frekvenciou 625 Hz. Napríklad pri úrovni 1 je výstupný kanál zapnutý 1/16 času a vypnutý 15/16 času a tento cyklus sa opakuje s frekvenciou 625 Hz. Tento spôsob sa nazýva modulácia šírkou pulzu.

Všetky príkazy ovládania je možné používať súčasne s meraním s vzorkovacou frekvenciou do 10 kHz.

Výstupy sú číslované od 1 do 8, vstupy pre meranie číslami od 1 do 4.

Pre ovládanie si môžeme pripraviť program. Na ovládanie analógových, alebo digitálnych aktuátorov prostredníctvom výstupov CoachLabII+ slúžia základné príkazy, **vlastné užívateľsky definovateľné príkazy je možné ľahko vytvárať**.

Základné preddefinované procedúry, funkcie a príkazy:

PROCEDÚRY

Count(n,p) – počíta impulzy zo vstupu n meracieho panela, čaká pokiaľ počet impulzov nedosiahne číslo p (podobné ako príkaz wait); procedúru možno prerušiť stlačením ľubovoľného klávesu

SaveData – uloží dáta do tabuľky (napr. if temperature>20 then SaveData EndIf)

Count(n,p) – počíta impulzy zo vstupu n meracieho panela, čaká pokiaľ počet impulzov nedosiahne číslo p (podobné ako príkaz wait); procedúru možno prerušiť stlačením ľubovoľného klávesu

Set(i; j; ...) – nastaví výstup i, j, ... na high (zapne výstup)

Reset(i; j; ...) – nastaví výstup i, j, ... na low (vypne výstup)

SetLevel(i;p) – nastaví úroveň výkonu výstupu i do stavu p, jedného z 16 možných stavov. výkon je redukovaný zapínaním napätia 12 V na výstup. hodnota 16 odpovedá trvalému zapojeniu 12 V, hodnota 1 odpovedá zapojeniu 12 V na obdobie 1/16 času s frekvenciou 625 Hz.

SetAbsolute(i; j; ...) – nastaví výstupy vymenované v zátvorke na high, všetky ostatné nastaví na low

ResetAbsolute(i;j;...) – nastaví výstupy vymenované v zátvorke na low, všetky ostatné nastaví na high

Sound(*f*, *t*) – vydáva tón s frekvenciou *f* Hz počas *t* sekúnd

Stop – ukončí program na mieste, kde príkaz napíšeme

Stopwatch(*on/off*) – spustí meranie času, ak je splnená podmienka, časový údaj sa ukladá do premennej *Interval*

Wait(*t*) – čaká čas *t* sekúnd, čakanie možno prerušiť stlačením ľubovoľnej klávesy

FUNKCIE

Bit(*n*) – zistí, či na vstupe *n* meracieho panela je signál; ak na vstupe je signál, vráti hodnotu 1, ak nie, vráti hodnotu 0 (napr. `If bit(2) Then...`)

Counter(*n*) – zaznamená impulzy na vstupe *n* meracieho panela, výsledkom je ich počet (napr. `If counter(2)<100 Then...`)

Resetcounters – vynuluje všetky zaznamenávače impulzov

Interval – používa sa s príkazom `StopWatch`, vráti časový údaj

Level(*n*) – odmeria hodnotu zo senzora zapojeného do analógového vstupu *n*

Latched(*n*) – odmeria, či na vstupe *n* je signál; ak áno, vráti hodnotu 1 (on)

Unlatched(*n*) – odmeria, či na vstupe *n* je signál; ak nie, vráti hodnotu 0 (on)

Runningtime – meria čas od spustenia programu, výsledkom je časový údaj

PRÍKAZY

If podmienka **Then** príkazy1

Else príkazy2 **EndIf** – ak je splnená podmienka, vykoná príkazy1, inak vykoná príkazy2; vetva s `Else` sa môže vynechať

Redo n príkazy **EndRedo** – *n* - krát vykoná dané príkazy

Repeat príkazy **Until** podmienka- opakuje zadané príkazy až kým sa podmienka nesplní, ak je na začiatku podmienka splnená, príkazy sa vykonajú práve raz

While podmienka **Do** príkazy **EndDo** – opakuje príkazy pokiaľ je podmienka splnená, ak na začiatku podmienka nie je splnená, príkazy sa nevykonajú ani raz

Poznámka:

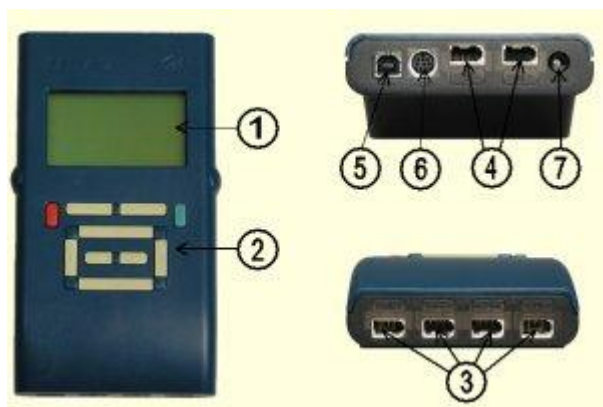
Na ovládanie CoachLabII+ je možné vyvíjať vlastné softvéry, napríklad v prostredí Java.

5.5. Merací interfejs ULAB

ULAB je ľahko použiteľný, prenosný systém na zber, zobrazenie a spracovanie dát. Dá sa použiť v triede alebo mimo triedy ako:

- všestranný multimeter pre priame zobrazenie fyzikálnych veličín meraných pripojenými senzormi
- samostatný záznamník dát (datalogger) pre merania nezávislé na počítači so zobrazením meraných dát v reálnom čase priamo na monitore ULABu
- merací panel pripojený k počítaču so zobrazením dát na obrazovke počítača v reálnom čase

V prípade použitia vo funkcii meracieho panelu sa správa rovnako, ako CoachLabII+.



Obr. 1 Merací panel ULAB.

1. displej; 2. tlačidlá; 3. vstupy analógových senzorov; 4. vstupy digitálnych senzorov; 5. USB konektor; 6. sériový konektor; 7. vstup napájania

ULAB je vybavený FLASH pamäťou (128 KB) a pamäťou SRAM (512 KB). FLASH pamäť umožňuje jednoduché updatovanie operačného systému (firmware), operačného jazyka a knižnice senzorov. Pamäť SRAM umožňuje uložiť až 250 000 meraných bodov, max. 3 nastavenia meraní a užívateľské nastavenia senzorov. Údaje ostávajú uložené v pamäti aj po vypnutí prístroja. Vzorkovacia frekvencia dosahuje až 100 000 meraní za sekundu. Súčasne môže merať až 6 senzorov.



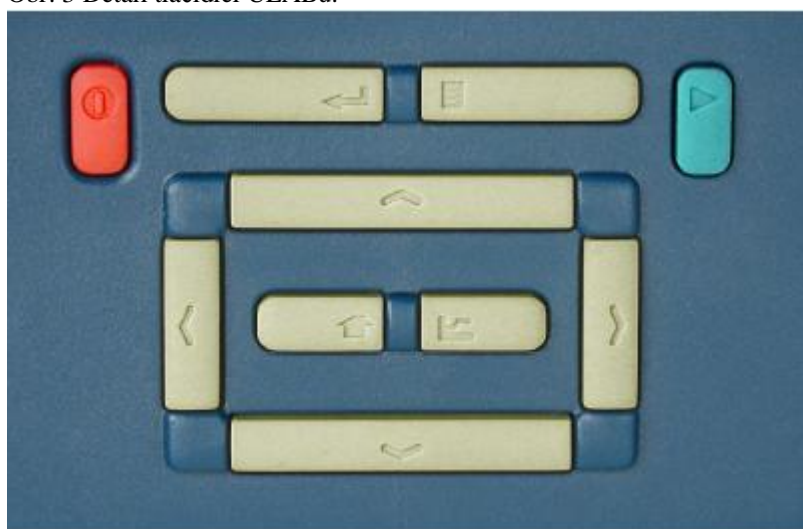
Balenie ULAB obsahuje :

- ULAB datalogger
- sieťový adaptér
- USB kábel
- PC sériový kábel
- brašnu
- manuál

Rozmery: 189 mm x 105 mm x 50 mm
 Hmotnosť: 0,42 kg
 Grafický LCD display: 128 x 64 pixlov.

Obr. 2 Balenie ULABu.

Obr. 3 Detail tlačidiel ULABu.

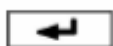


Funkcia tlačidiel:



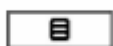
ON/OFF

zapnutie a vypnutie. Pri vypínaní je potrebné podržať tlačidlo asi 3 sekundy. Krátke stlačenie slúži ako ESC tlačidlo v menu a pri výberoch v menu.



SELECTION/CONFIRM

pre aktivovanie označených položiek



MENU

pre aktiváciu a uzavretie menu



RUN

pre štartovanie a stopnutie merania



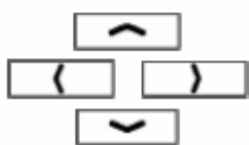
HOME

pre návrat



GRAPH

pre zapnutie a vypnutie grafického zobrazovania



ŠÍPKY

pre navigáciu hore, vľavo, dolu, vpravo

ULAB pracuje s počítačmi Pentium II a novšími s operačným systémom Windows 95/98/2000/XP alebo NT s minimálne 32 MB RAM.

Pripája sa k USB portu, kde nie je potrebné žiadne ďalšie nastavenie, deteguje sa automaticky. Správa sa ako USB2 zariadenie HID.

Môže sa pripojiť i k sériovému portu pomocou kábla s mini-DIN koncovkou pre ULAB a 9 pin koncovkou pre počítač. ULAB podporuje prenosovú rýchlosť (baudrate) 9600, 19200, 38400, 57600, 115200 (základné nastavenie).

ULAB môže byť napájaný tromi spôsobmi - sieťovým adaptérom (5V), počítačom pri USB pripojení, alebo vstavanými batériami. Batérie musia byť v prístroji vložené aj v prípade napájania iným spôsobom.

Ak je prístroj napájaný sieťovým adaptérom, alebo USB pripojením, batérie sa automaticky nabíjajú. Na jedno nabitie prístroj pracuje 4 až 10 hodín podľa energetickej náročnosti pripojených senzorov. Pri dlhodobých meraniach (keď nastavený čas medzi jednotlivými vzorkami je 10 s alebo viac) sa prístroj automaticky prepína do úsporného režimu a takto môže na jedno nabitie merať aj niekoľko mesiacov v závislosti od pripojených senzorov.

Pri bežnom použití je životnosť batérií niekoľko rokov.

6. Softvér COACH

Coach je univerzálne prostredie pre vzdelávanie v oblasti prírodných vied, matematiky a základov techniky. Integruje nástroje pre meranie, riadenie, videomeranie, modelovanie, pokročilé spracovanie dát a analýzu dát.



Meranie Coach umožňuje zbieranie dát zo senzorov pripojených k interfejsu (napríklad senzorov teploty, pH, ...) pri rôznorodých nastaveniach podmienok merania.

Riadenie Coach umožňuje vytvárať a používať programy na ovládanie aktuátorov (napríklad žiarovka, motor, relé, ...) pripojených k interfejsu. Takto je možné vytvárať výkonné automatické systémy. Programovacie prostredie ponúka niekoľko módov, od jednoduchých až po komplexné.

Modelovanie Coach umožňuje používať a vytvárať dynamické modely v grafickom alebo v textovom móde. Dáta vypočítané modelom (hypotézy) je možné porovnávať s dátami meranými.

Videomeranie Coach umožňuje zbierať dáta (poloha čas) z videosekvencie, alebo sekvencie obrázkov z digitálneho fotoaparátu.

Všetky dáta získané pri meraní, riadení, modelovaní alebo videomeraní môžu byť ďalej **spracované mnohými nástrojmi**, ktoré sú súčasťou systému.

Coach poskytuje autorské prostredie, ktoré umožňuje podľa potreby si upraviť existujúce aktivity na mieru, alebo si pripraviť svoje vlastné aktivity.

Meranie a riadenie softvérom Coach podporuje rôzne riešenia hardvéru:

- CMA CoachLab I, CoachLabII, CoachLabII+
- CMA UIA UIB interfejsy (predchodca CoachLab-u)
- CMA ULAB
- Texas Instruments CBL, CBL2, CBR
- Vernier LabPro
- Fourier Systems EcoLog
- LEGO DACTA Riadiaci interfejs a RCX

Inštalácia programu

Pre inštaláciu používame inštalačné CD, postupujeme podľa inštrukcií. Nainštaluje sa skupina CMA Coach 5 s ikonami:

Autor	autorské prostredie pre tvorbu a úpravu projektov, obsahuje všetky aktivity opísané nižšie
Prírodovedné skúmanie	žiacke prostredie s vopred pripravenými aktivitami zameranými na meranie a spracovanie meraní
Riadenie	žiacke prostredie s aktivitami zameranými na tvorbu a programovanie riadiacich systémov
Videomeranie	žiacke prostredie s projektmi zameranými na videomeranie
Modelovanie	žiacke prostredie pre tvorbu a použitie dynamických modelov
Meranie s CBL,CBR	žiacke prostredie pre použitie interfejsov Texas Instruments
Meranie s LabPro	žiacke prostredie pre použitie interfejsu Vernier LabPro

Odinštalovanie programu

Po štandardnom odinštalovaní je potrebné vymazať adresár CMAC5.

6.1 Štruktúra COACH - meranie

Jednotlivé aktivity sú vždy zoskupené do projektov. Projekt v ponímaní COACH je sada aktivít, ktorých vzájomný súvis môže byť ľubovoľný (napríklad vyučovaná téma, vyučovaná trieda, skupina v triede, metóda práce, ...). Každý projekt má názov, zhrnutie vo forme krátkeho textu a úvodný obrázok.

Základný panel

po otvorení Coach-u (bez vybraného projektu) sú zobrazené ikony:



Zavrieť Coach



Otvoriť projekt



Inštalovať hardvér

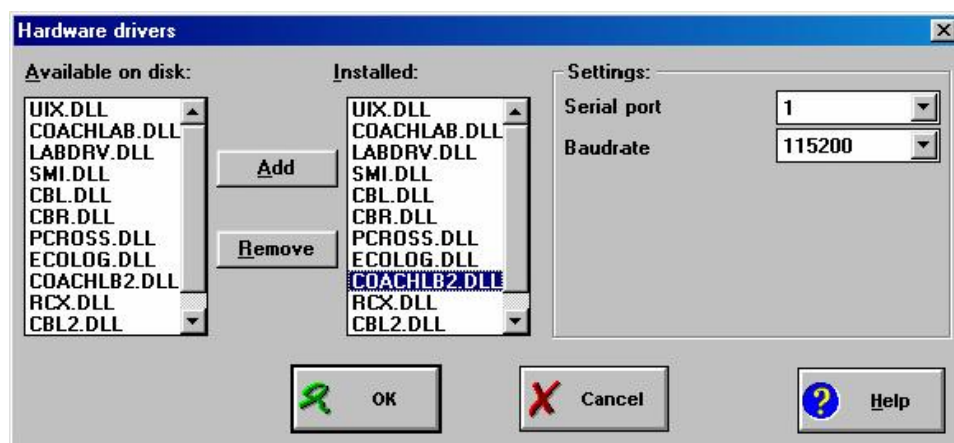


Prihlásiť sa



Pomoc

Ikona Inštalovať hardvér umožňuje inštalovať meracie panely, vybrať číslo sériového portu a prenosovú rýchlosť. Pri práci s CoachLabII inštalujeme COACHLB2.DLL, vyberieme port počítača, pri meraniach s veľkou vzorkovacou frekvenciou sa môžeme pokúsiť zvýšiť prenosovú rýchlosť (štandardne 9600). Pri práci s CoachLabII+ so softvérom COACH5 je potrebné inštalovať update.



Obr. 1 Inštalácia interfejsu CoachLabII. Po nainštalovaní CoachLabII+ sa objaví aj informácia o automatickej detekcii USB pripojenia

Panel pri otvorenom projekte



Zavrieť projekt



Otvoriť aktivitu



Otvoriť výsledky

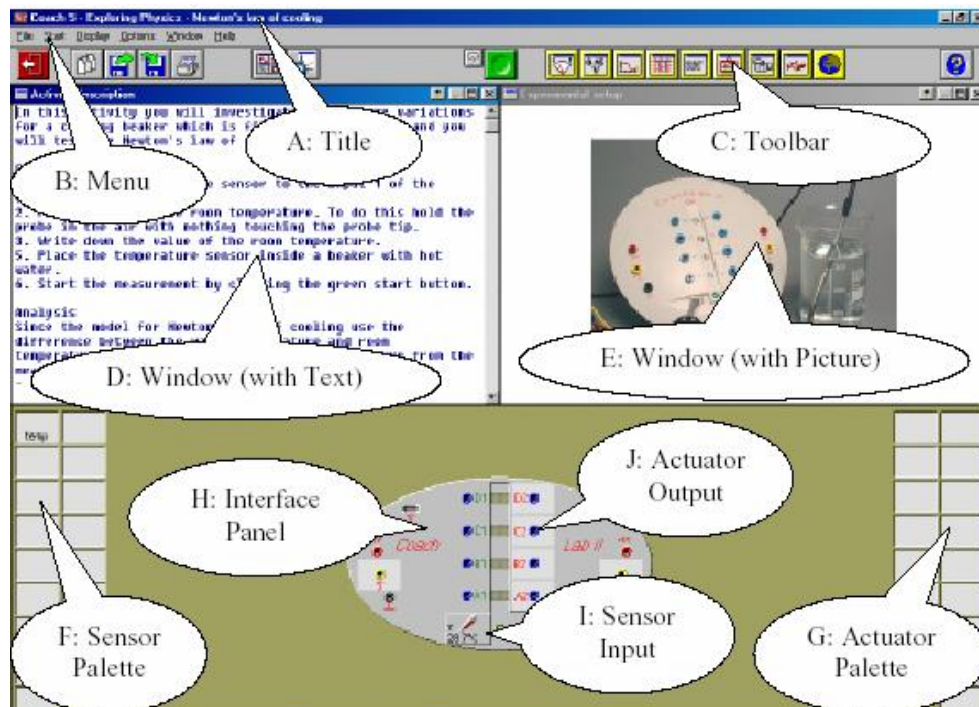


Prihlásiť sa



Pomoc

Aktivita Coach



Obr. 2 Obrazovka v aktivite typu meranie.

- A. Názov: názov aktuálneho projektu a aktivity
- B. Menu: menu pre ovládanie Coach
- C. Panel nástrojov: ikony rôznych funkcií (popísané nižšie)
- D., E. Informačné okná (text, obrázok, ...)
- F. Paleta senzorov: ikony senzorov pripravených na použitie
- G. Paleta ovládacích zariadení (aktuátorov): ikony aktuátorov pripravených na použitie
- H. Interfejs: Obrázok panelu, ktorý práve používame (napríklad CoachLab2, ULAB, ...)
- I. Vstup meracieho senzoru: Korešponduje s reálnym vstupom na paneli, senzor preniesieme myšou.
- J. Výstup panelu pre riadenie aktuátora: Korešponduje s výstupom panelu, ikonu ovládaného prístroja (aktuátora) sem preniesieme myšou

Ikony funkcií v aktivite



Zavrieť aktivitu



Otvoriť aktivity



Otvoriť/uložiť výsledky



Tlačiť obrazovku



Ukázať/skryť panel



Nastavenie merania



Ukázať/skryť program



Ukázať/skryť model



Štart/Stop podľa typu aktivity spúšťa a prerušuje meranie, manuálne spúšťané meranie, program, model alebo videomeranie.



Jednotlivé meranie



Opakovanie zo záznamu



Vyslať nastavenie (pred meraním ULABom), prijať výsledky (namerané ULABom)



Žlté ikony: elementy pre použitie v jednotlivých oknách. V maximálne štyroch oknách je možné zobrazit' rôzne typy informácií. Okná majú dve veľkosti – štvrt' obrazovky alebo celá obrazovka.

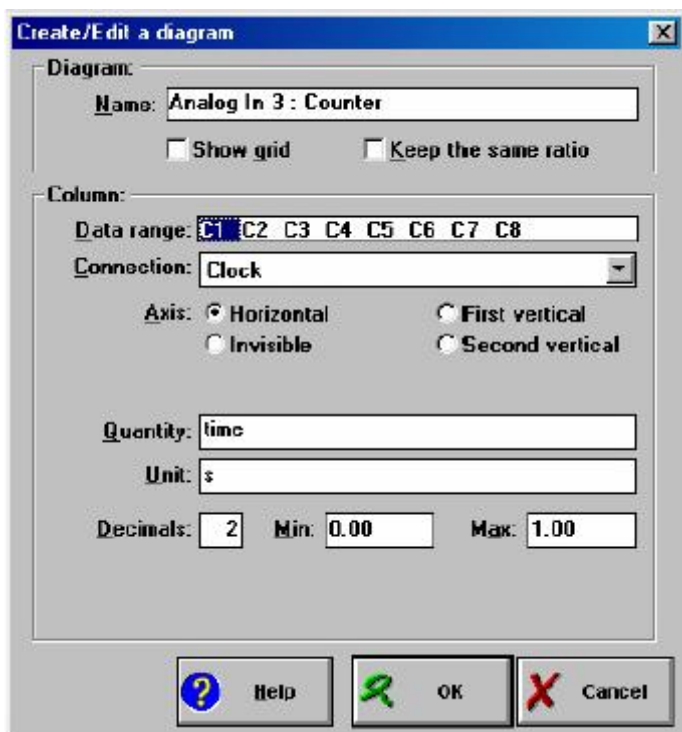
Zobrazenie multimediálnych informácií:

- texty
- obrázky (BMP, GIF, JPG)
- videosekvencie (AVI, MOV, MPG)
- poznámky
- web stránky

Obsah jednotlivých okien ako i typ zobrazených žltých tlačidiel je možné meniť profilom užívateľa. Pri profile užívateľa „autor“ je možné meniť všetky informácie a nastavenia.

Zobrazenie dát:

- merací prístroj - zobrazuje aktuálnu hodnotu senzora na grafickej škále
- hodnota - zobrazuje aktuálnu hodnotu senzora, aktuátora, výsledok zadaného vzorca, v digitálnej forme
- graf
- tabuľka



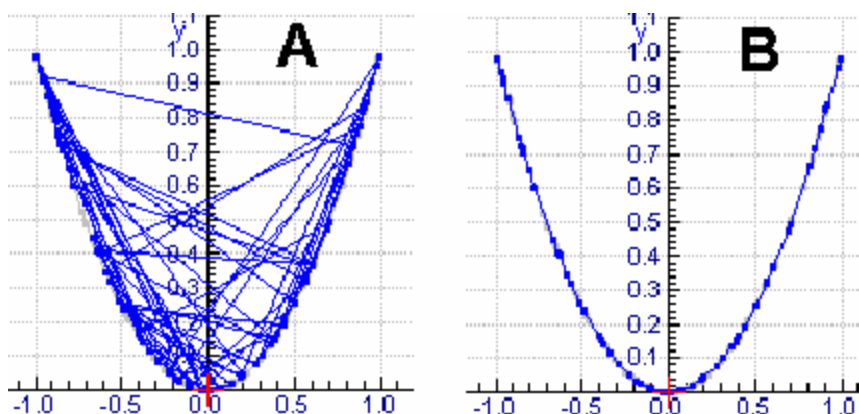
Tabuľka môže obsahovať až 6 stĺpcov. K jednotlivým stĺpcom je možné priradiť hodnotu času, pripojených senzorov, manuálne zadanú hodnotu, hodnotu vypočítanú vzorcom. Pri výpočte vzorcom všetky použité veličiny musia byť použité v predchádzajúcich stĺpcoch (môžu mať parameter nezobrazené - invisible).

Ľubovoľné zo stĺpcov tabuľky je možné zobraziť v grafe.

Obr. 3 Tvorba grafu

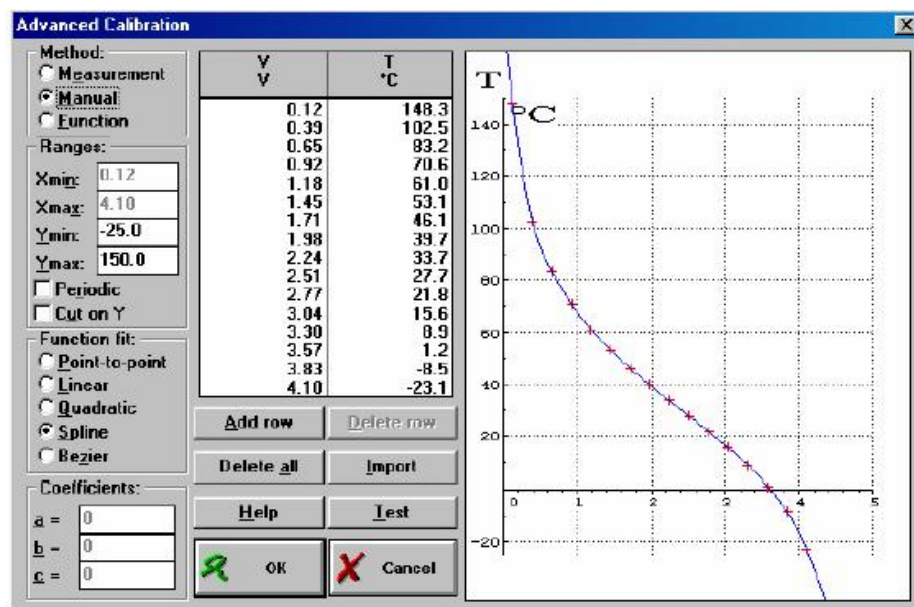
Dáta je možné zoradiť podľa niektorého zo stĺpcov.

V príklade A dáta nie sú zoradené a sú pospájané úsečkami. V príklade B sú dáta zoradené.



Obr. 4 Zoradenie dát v grafe

Kalibrácia senzorov



Obr. 5 Kalibrácia senzorov

Ak používame sériovo vyrábané senzory, zvyčajne nie je potrebné ich kalibrovať - Coach obsahuje knižnicu senzorov CMA ako aj kompatibilných senzorov od iných výrobcov. Samozrejme, že pre kontrolu a pre dosiahnutie čo najväčšej presnosti merania je vhodné kalibráciu senzorov občas skontrolovať. V prípade, že si chceme vytvoriť vlastný senzor akejkoľvek veličiny, je možné ho nakalibrovať. Coach obsahuje kvalitný nástroj na kalibrovanie (podrobnejšie v kapitole 7.3 a 7.4).

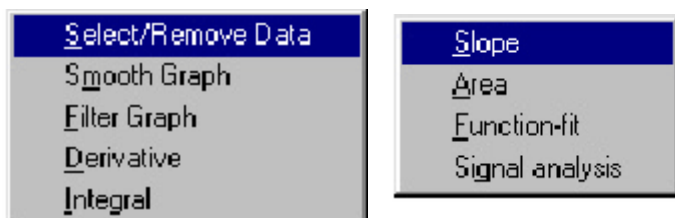
Nastavenie a spúšťanie merania

Na obr. 6 vidíme nastavenie celkovej doby merania a vzorkovacej frekvencie. Možno tiež nastaviť meranie manuálne, pri ktorom sa zaznamenajú merané hodnoty v okamihu stlačenia klávesy enter, alebo tlačítka myši.

V spodnej časti obr. 6 vidíme možnosť spúšťania merania úrovňou signálu na jednom z pripojených senzorov.

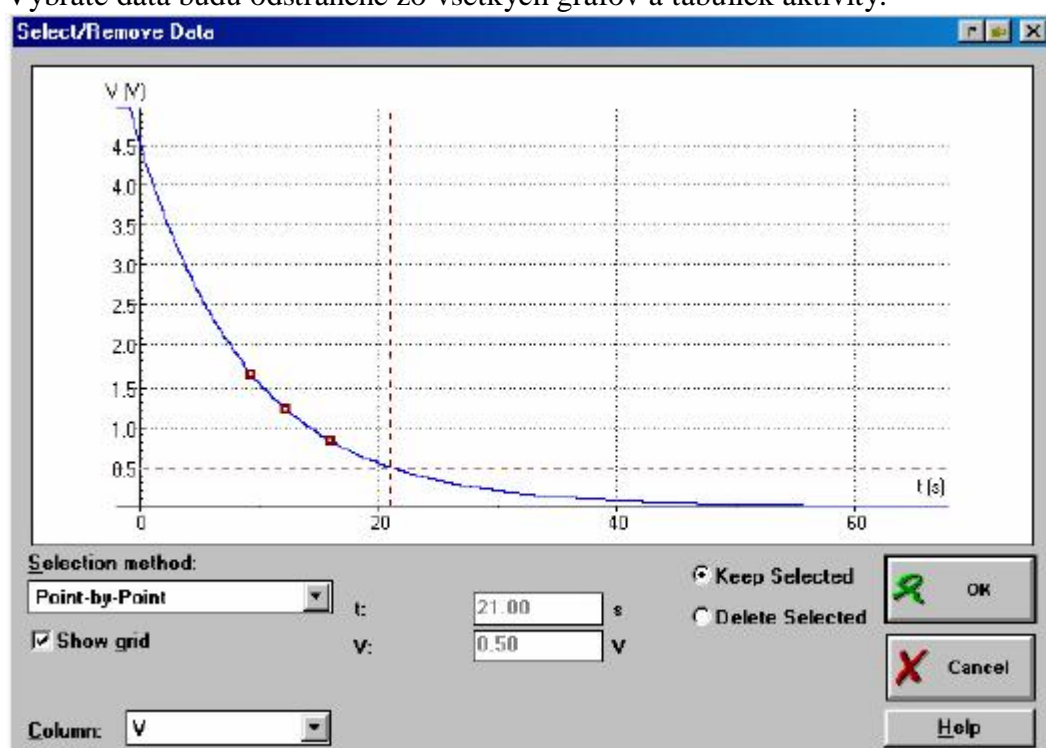
Obr. 6 Nastavenie merania a spúšťanie merania úrovňou signálu

6.2 Spracovanie a analýza dát



Výber/odstránenie dáta v grafe

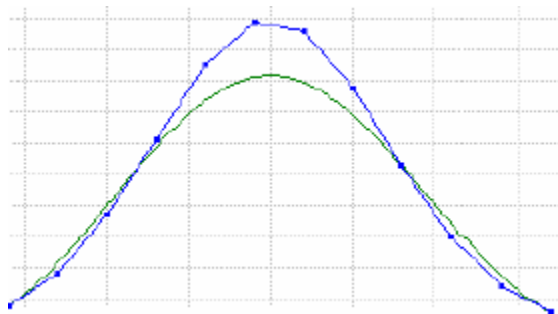
Funkcia Process>Select/remove data v Nástrojoch Grafu je možné vybrať interval dát (Range), alebo jednotlivé body (Point-by-point) a následne odstrániť, alebo uchovať v Grafe. Vybraté dáta budú odstránené zo všetkých grafov a tabuliek aktivity.



Obr.1 Odstránenie vybraných dát z merania

Vyhľadanie grafu

Funkcia Process>Smoth graph v Nástrojoch grafu sa používa na aproximáciu vyhladeného grafu. ponúkané sú dve metódy polynomickej aproximácie – Bezier a Spline. Vyhladený graf obsahuje (oveľa) viac bodov, než pôvodný graf, a je možné ho ďalej spracovať. Vyhladením potlačíme niektoré šумы a náhodné chyby merania a hladkú funkciu môžeme napríklad derivovať.



Body grafu/tabuľky musia byť zoradené podľa osi x vzostupne.

Metóda Bezier

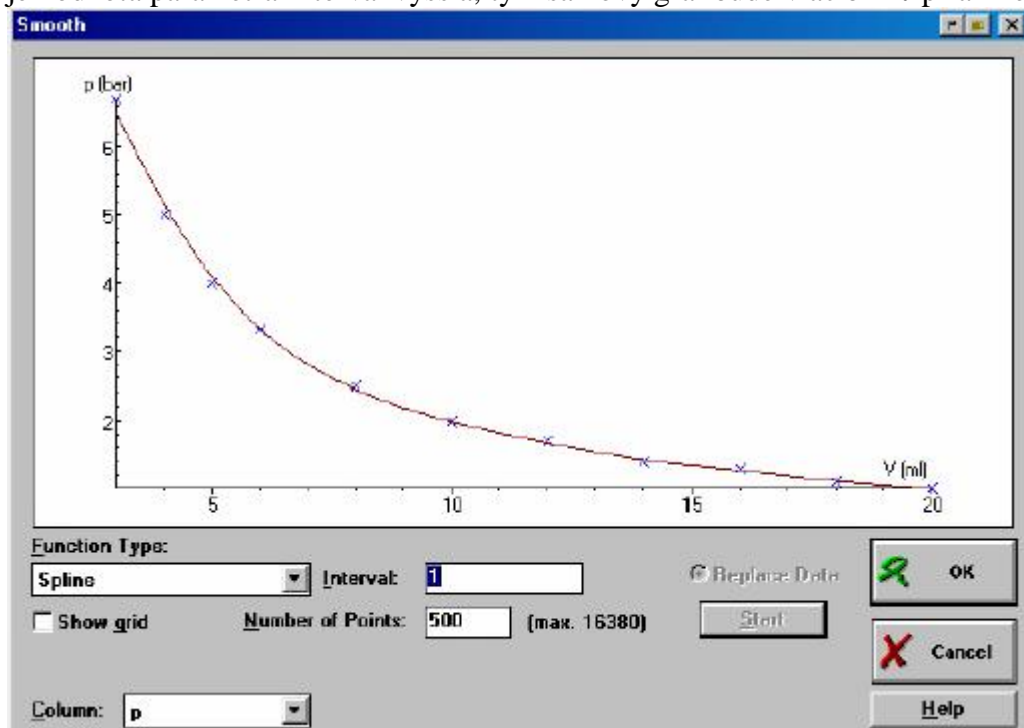
vyhladený graf obsahuje prvý a posledný z pôvodných bodov. Tvar vypočítaného grafu závisí od všetkých bodov. Smeruje k pôvodnému grafu, ale nemusí obsahovať pôvodné body. Počet pôvodných bodov musí byť menší ako 100. Znížiť počet bodov je možné

operáciou Select/Remove data. Po vyhladení počet bodov môže byť podľa nastavenia až 16380.

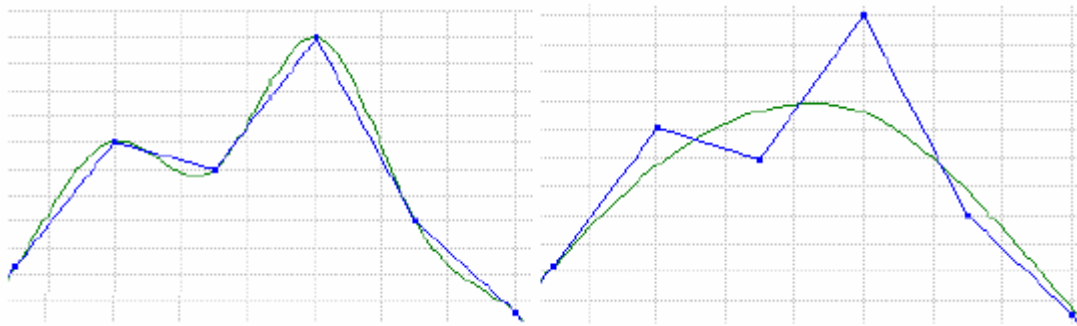
Obr.2 Vyhľadanie grafu metódou bezier

Aproximácia Spline

Aproximácia Spline vyhladzuje krivku pomocou metódy najmenších štvorcov. Tvar krivky v istej oblasti závisí od polohy susedných bodov. Miera aproximácie je daná parametrom Interval. Pri hodnote Interval=0 krivka bude prechádzať všetkými pôvodnými bodmi. Čím je hodnota parametra Interval vyššia, tým sa nový graf bude viac blížiť priamke.



Obr. 3 Obrazovka pri vyhladení grafu



Obr. 4 Vyhladenie metódou spline - príklady s hodnotou Interval = 0 a s hodnotou Interval = 1

Vyhladený graf je možné pridať do tabuľky/grafu funkciou Breizer(Stĺpec), alebo Spline(Stĺpec, Interval). V tomto prípade vyhladený graf obsahuje rovnaký počet bodov ako pôvodný.

Filtrovanie

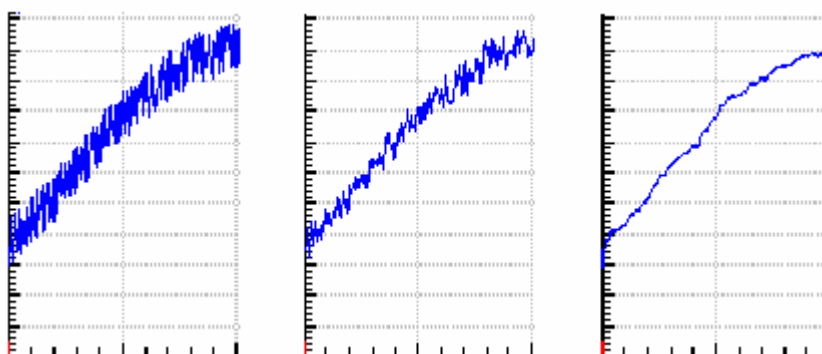
Funkcia Filter sa používa na zníženie náhodného šumu v grafe. Výsledkom je hladší graf obsahujúci nezmenený počet bodov. Každý bod je nahradený priemernou hodnotou (vážený priemer) intervalu susedných bodov. Parameter Interval určuje, koľko bodov sa pri výpočte použije. Pri hodnote Interval= n , každý bod je nahradený priemernou hodnotou n predchádzajúcich, n nasledujúcich bodov a seba samého. Filtrovanie sa odporúča pred výpočtom derivácií.

Hodnota vhodného parametra Interval závisí od množstva meraných bodov. Použitím veľkého n môžu zaniknúť dôležité detaily grafu (najmä úzke maximum/minimum). použitím malého n sa môže stať, že odfiltrujeme málo šumu.

Vo všeobecnosti je lepšie radšej filtrovať viackrát s malým n , než jedno filtrovanie s veľkým n .

Jednotlivý bod jasne ležiaci mimo krivky danej okolitými bodmi je lepšie pred filtrovaním samostatne odstrániť.

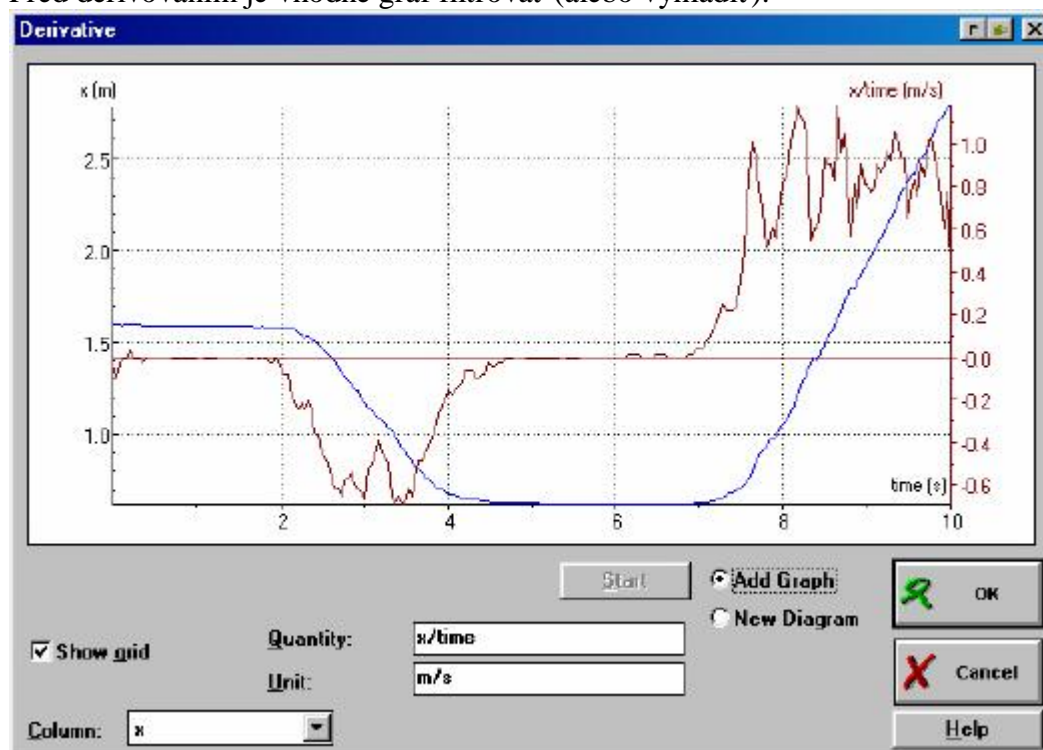
Ak hodnoty súradnice x meraných bodov nie sú približne rovnomerné, potom filtrovanie s veľkým n môže viesť nespoľahlivým výsledkom.



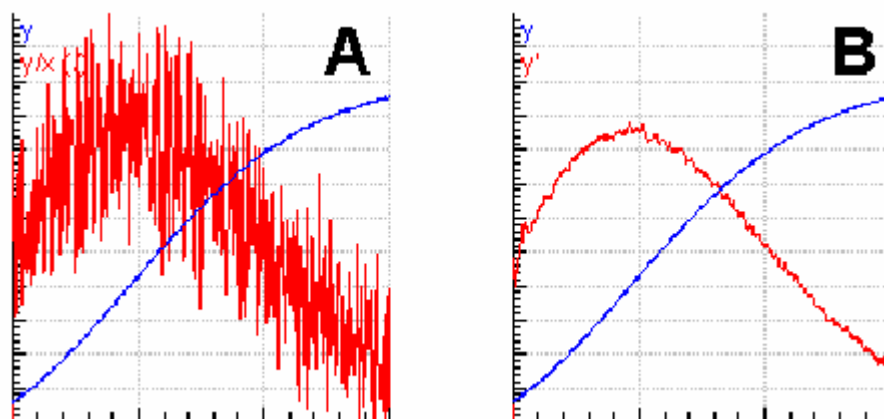
Obr. 5 Filtrovanie grafu

Derivácia

Pri derivácii rozdiel susedných hodnôt zo stĺpca C2 delíme rozdielom susedných hodnôt zo stĺpca C1. Pri malom počte meraných hodnôt krajné hodnoty môžu byť menej spoľahlivé. Malé náhodné výchylky v meranom grafe výrazne ovplyvnia deriváciu (a druhú deriváciu). Pred derivovaním je vhodné graf filtrovať (alebo vyhladiť).



Obr. 6 Obrazovka pri derivácii grafu



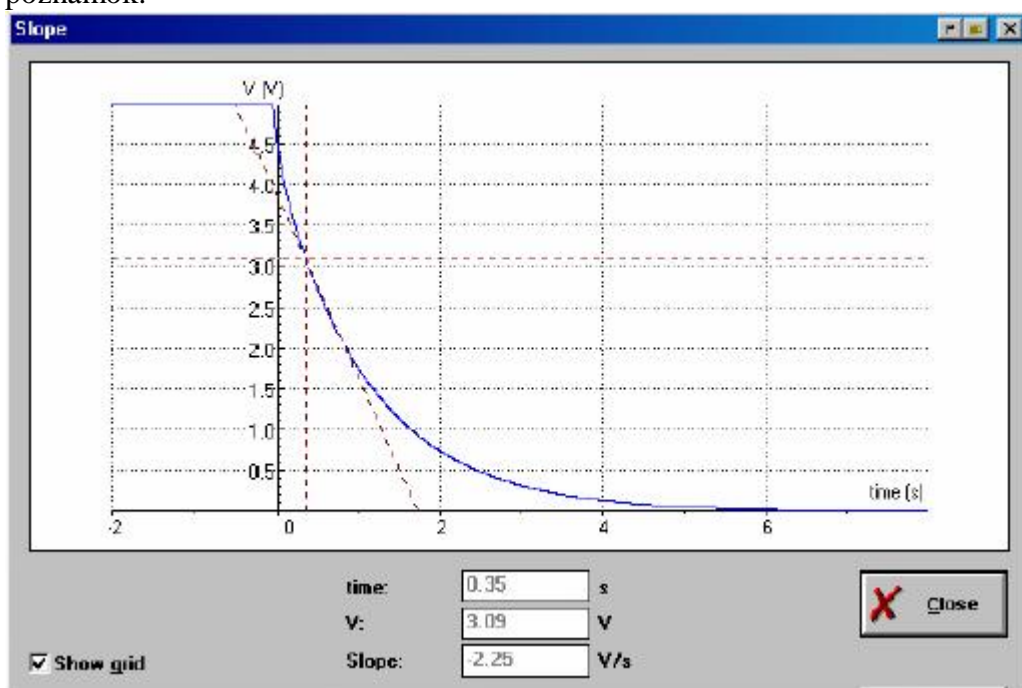
Obr. 7 Derivácia. V príklade A pôvodný graf obsahuje takmer nepostrehnuteľné náhodné fluktuácie, čo sa v derivácii prejaví veľkým šumom. V príklade B bol pôvodný graf filtrovaný (Interval = 10).

Pri derivovaní grafu obsahujúceho málo bodov je možné použiť funkciu Beziera pôvodný graf aproximovať na 1000 bodov.

Sklon grafu (gradient)

Použitím tejto funkcie manuálne zistíme sklon dotyčnice ku grafu v ľubovoľnom bode. Graf je v móde Skenovanie. Klikneme na bod, v ktorom chceme zistiť sklon grafu. Objaví sa priamka, ktorú otáčame pri stlačení CTRL myšou. Do smeru dotyčnice priamku

nastavíme manuálne. Hodnoty sklonu Coach neuchováva, je potrebné ich zapísať napríklad do poznámok.

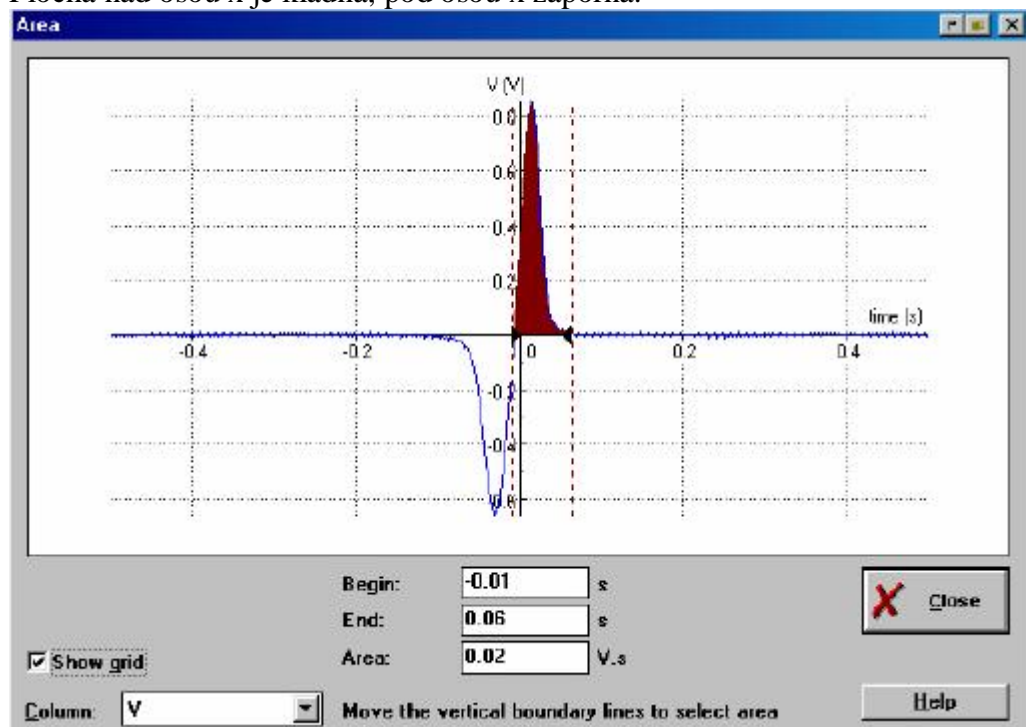


Obr. 8 Obrázok pri hľadani klonu grafu

Plocha pod grafom

Funkcia plocha sa používa na určenie plochy medzi grafom a súradnicou x, v intervale hodnôt súradnice x.

Plocha nad osou x je kladná, pod osou x záporná.



Obr. 9 Obrázok pri hľadani plochy pod grafom

Fit funkcie

Procedúra fit funkcie aproximuje dáta na obrazovke štandardnou matematickou funkciou. Koeficienty fitovacej funkcie sú určené metódou najmenších štvorcov. Fitovanie je možné automaticky, alebo manuálne. Je možná aj kombinácia – napríklad začať fitovanie manuálne a potom nechať spresniť koeficienty automaticky.

Výmena dát s inými aplikáciami Windows

Každé z okien samostatne je možné kopírovať do clipboardu, alebo tlačiť aj samostatne, rovnako ako celú obrazovku programu Coach. Pri kopírovaní do iných programov na spracovanie obrázkov a textov zvolte v programe Coach Kopírovať (Clipboard) a v cieľovom programe Vložiť (Paste). Okno videosekvencie a grafu sa kopíruje ako obrázok, ale pri použití niektorých urýchľovačov hardvéru sa obrázok z videosekvencie neskopíruje. Dáta je možné exportovať prostredníctvom tabuľky.

Pri vkladaní dát z Excelu kopírujeme do clipboardu, v Coach vytvoríme tabuľku a dáta vložíme príkazom Vložiť (Paste). Názov veličiny, jednotku a počet desatinných miest nastavíme v nastavení tabuľky. Sú k dispozícii aj funkcie Export a Import.

7. Merania v prostredí Coach

Základnou úlohou počítačom podporovaného laboratória je meranie a spracovanie nameraných dát. V tejto kapitole sa sústreďíme na niekoľko experimentov, na ktorých si ukážeme možnosti systému Coach. V predchádzajúcich kapitolách sme spomenuli úlohu experimentu v žiackom poznávaní a okrem iného spomenuli, že úlohou učiteľa je viesť žiakov k tomu, aby si dokázali samostatne navrhnuť experiment. Teda je vhodné ak aj učiteľ dokáže navrhnuť experiment berúc do úvahy všetky okolnosti, napríklad vybavenie laboratória, schopnosti žiakov a časové možnosti. V tomto ohľade sme vybrali merania do tejto kapitoly.

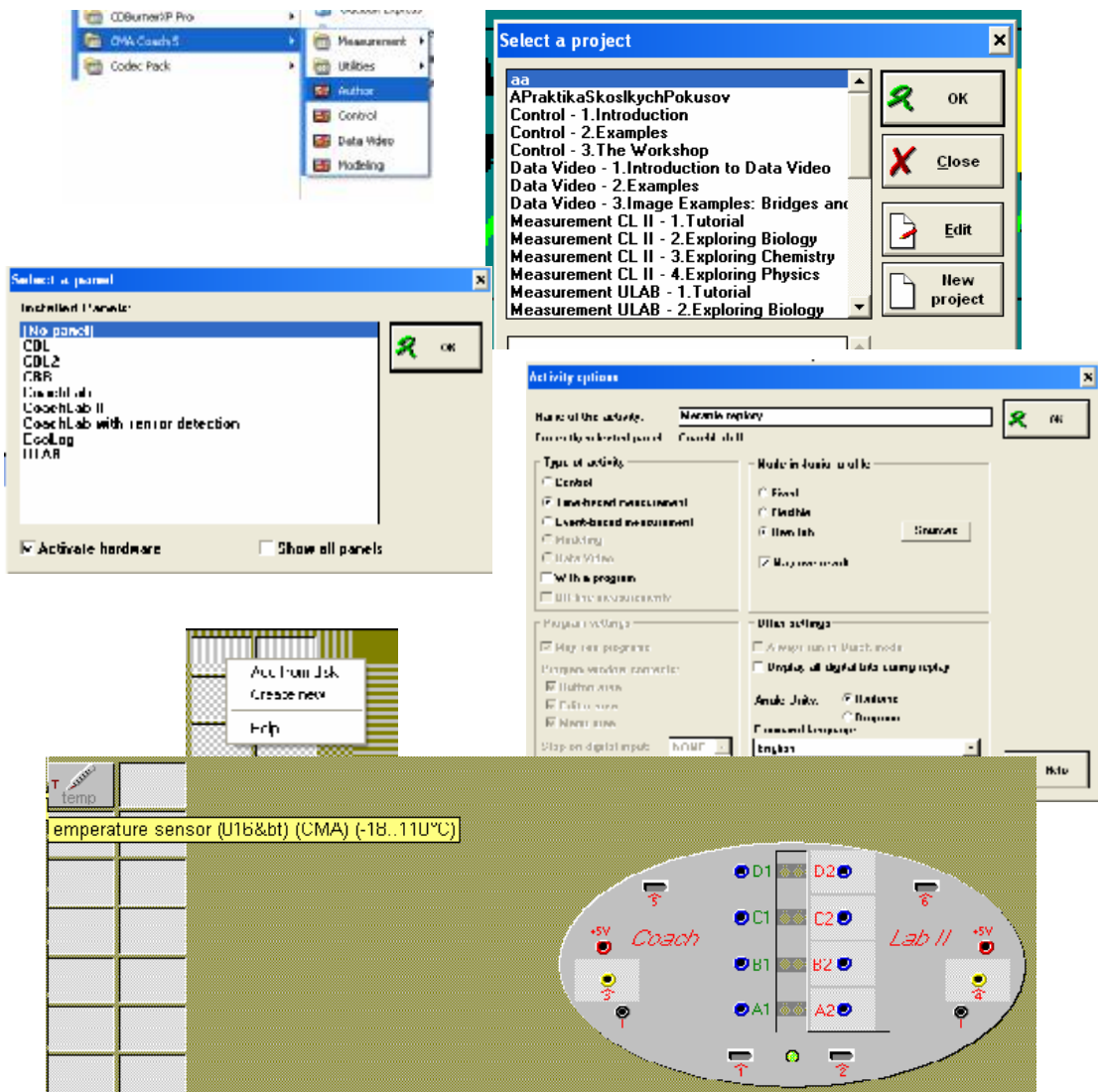
7.1. Práca so senzorm – meranie teploty

V tejto kapitole si ukážeme, ako sa dá odmerať hodnota fyzikálnej veličiny pomocou senzora tejto fyzikálnej veličiny. Ako príklad uvádzame meranie teploty, avšak postup sa dá zopakovať aj s inými veličinami.

Cieľom prvého merania je odmerať teplotu a závislosť teploty od času

- zapojíme merací panel k počítaču (tiež k sieťovému adaptéru)
- otvoríme si autorské prostredie
- vytvoríme si nový projekt (tlačidlom new project)
- otvoríme si vytvorený projekt
- vytvoríme si novú aktivitu, zvolíme použitý panel (v nasledovných príkladoch CoachLabII)
- senzor teploty zapojíme do vstupu 1 meracieho panela
- v ľavom odkladacom priestore (paleta senzorov) kliknutím pravým tlačidlom sa nám otvorí knižnica senzorov, vyberieme použitý senzor (v našom prípade senzor teploty 016)
- myšou presunieme ikonu senzora do vstupu 1
- na ikone senzora sa objaví aktuálna teplota

Týmto sme zvládli meranie neelektrickej fyzikálnej veličiny senzorm, postup môžeme zopakovať s akýmkoľvek iným senzorm, prípadne viacerými senzormi súčasne tak, že použijeme aj ďalšie vstupy meracieho panela.



Obr. 1 K postupu otvorenia aktivity a pripojenia senzora teploty

Ďalší postup závisí od toho, ako chceme meranú hodnotu použiť:

- **demonštračné meranie hodnoty**

Zvolíme si ľavé horné okno a pomocou menu otvoríme zobrazenie „value-hodnota“, senzor teploty. V okne sa nám objaví hodnota meranej teploty. Okno môžeme zväčšiť na celú obrazovku a počítač slúži ako demonštračný teplomer.

- **meranie závislosti teplotu od času**

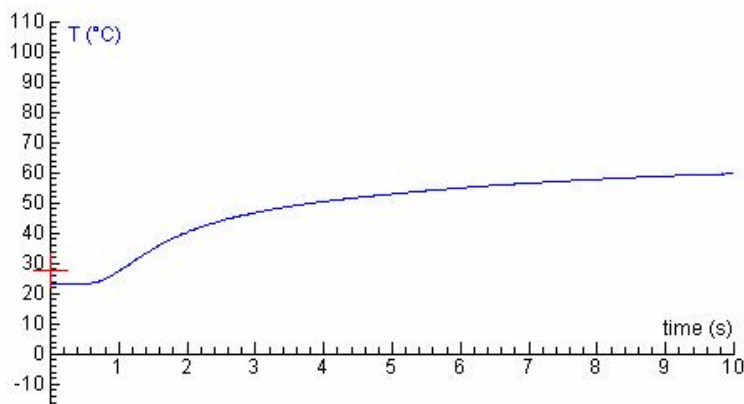
Zvolíme si pravé horné okno a pomocou menu si otvoríme zobrazenie „diagram-graf“, senzor teploty. V okne sa nám objavia osi grafu závislosti teploty od času. Meranie spustíme zeleným tlačidlom. Počas merania zahrejeme senzor vloženíím do pohára s horúcou vodou. Po skončení merania si vyberieme zaujímavú časť grafu a zväčšíme si ju lupou.



22.0
°C



Obr. 2 Demonštračné meranie teploty



Obr. 3 Meranie grafu závislosti teploty od času

7.2. Nastavenie merania – meranie frekvencie blikania monitora

Cieľom tohto merania je naučiť sa nastavovať parametre merania a odmerať frekvenciu blikania monitora. Vieme že monitory blikajú s rôznymi frekvenciami – frekvencia sa zvyčajne dá nastaviť softvérovo. Zvyčajná hodnota je od 60 Hz do 100 Hz.

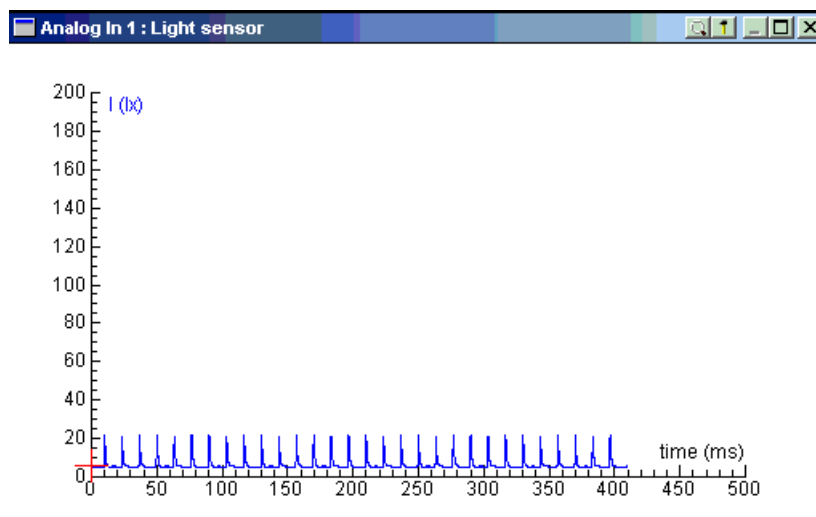
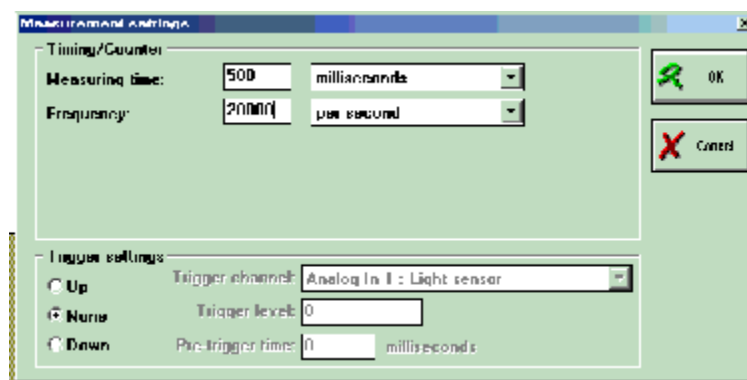
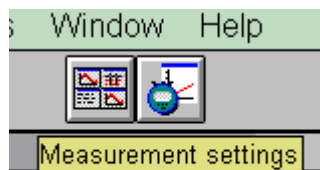
Použijeme senzor osvetlenia 014 (alebo 0142). Spôsob pripojenia je popísaný v kapitole 7.1, v nasledujúcich kapitolách ho budeme tak podrobne popisovať iba výnimočne.

Meranie navrhujeme tak, že si necháme vykresliť závislosť osvetlenia od času a periódu blikania odčítame z grafu.

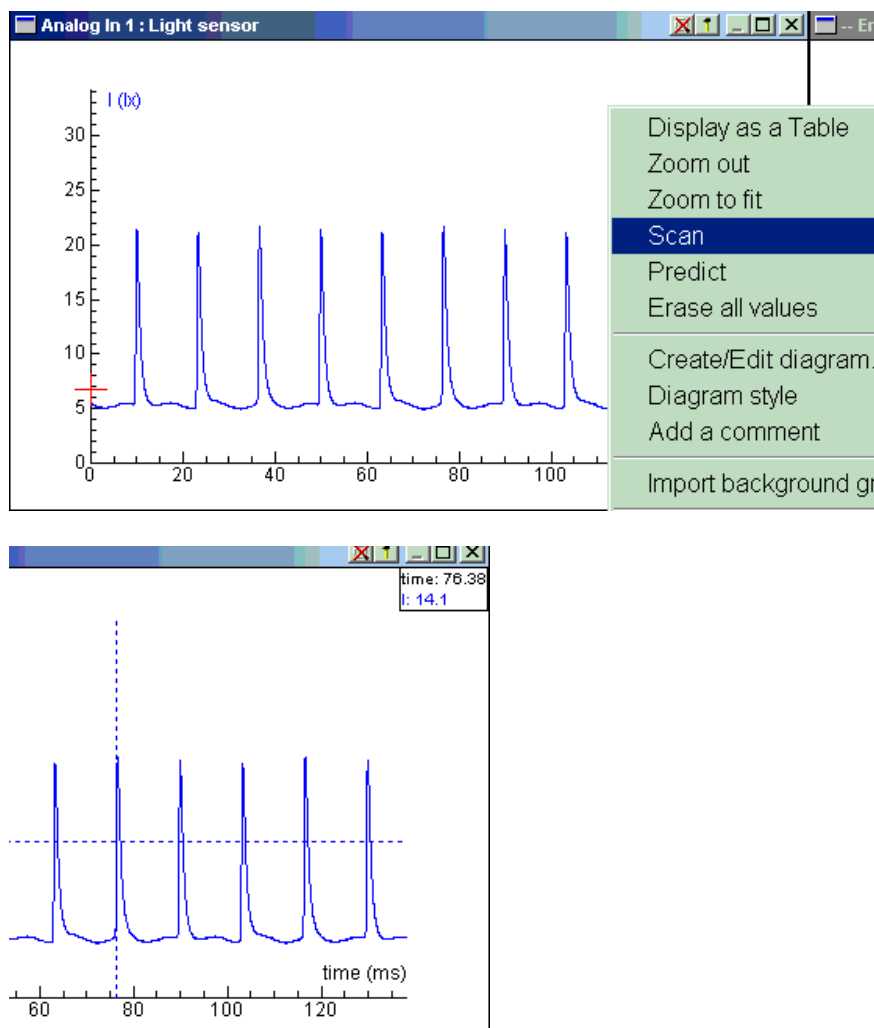
- nastavíme parametre merania (ikona „nastavenie merania - measurement settings“) – doba merania 500 milisekúnd, vzorkovacia frekvencia 20000 meraní za sekundu
- v niektorom z okien si pomocou menu zvolíme graf – senzor osvetlenia

- senzor priložíme k monitoru a spustíme meranie (uvedomíme si, že meriame 10 000 dvojc hodnôt)
- lupou si zväčšíme oblasť odpovedajúcu desiatim periódam
- vyberieme si osový kríž – skenovanie (pravým tlačidlom myši a výberom „skenovanie scan“)
- myšou ho presunieme na maximum zobrazené vľavo, odčítame hodnotu času a zapíšeme si ju
- osový kríž presunieme do iného maxima (napríklad do šiesteho), odčítame hodnotu času
- vypočítame rozdiel časov, vydělíme piatimi a vypočítame prevrátenú hodnotu

Hodnotu frekvencie môžeme získať aj použitím funkcie analýza signálu (Fourierova analýza). Hodnota odpovedajúcich frekvencií sa vypočíta automaticky.



Obr. 1 Meranie frekvencie blikania monitora



Obr. 2 Skenovanie nameraných hodnôt

7.3. Meranie elektrického napätia a prúdu bez špeciálnych senzorov – kalibrácia ampérmetra

Cieľom tohto merania je odmerať závislosť svorkového napätia batérie od odoberaného prúdu. Meranie sme realizovali s 4,5 V plochou batériou, je možné ho realizovať aj s akoukoľvek inou batériou s napätím do 5V.

Meranie popisujeme v nasledovných krokoch:

- meranie napätia bez senzora napätia

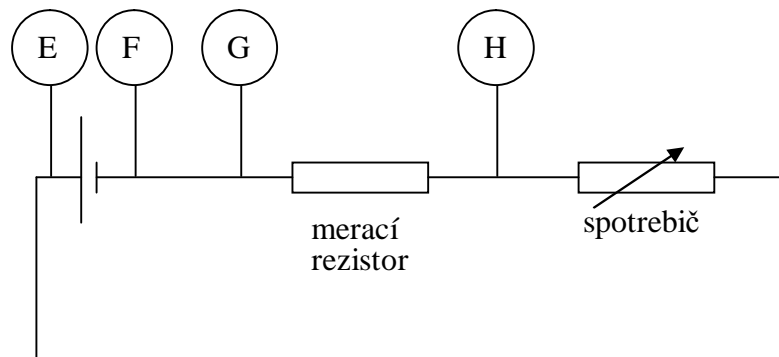
Elektrické napätie je možné merať priamo na vstupe meracieho panela, pričom je možné vybrať si z rozsahu 0V .. 5V, a -10V .. +10V. My sme použili spojovacie vodiče ukončené banánikmi a vstup 3 meracieho panela. Banániky pripojíme do zdierok vstupu 3, + pól batérie do žltej a -pól do čiernej zdierky. V knižnici senzorov vyberieme senzor Voltmeter(Generic) (0..5V), presunieme ho do vstupu 3 meracieho panela. Týmto sme zvládli meranie napätia, meranú hodnotu môžeme ďalej použiť akýmkoľvek spôsobom.

- meranie elektrického prúdu bez špeciálneho senzora – kalibrácia ampérmetra

Elektrický prúd môžeme merať nepriamo tak, že meriame elektrické napätie na známom rezistore vloženom v obvode. Je vhodné použiť rezistor s čo najmenším odporom, aby

sme prechádzajúci prúd neovplyvnili. Zároveň však musí byť merané napätie dostatočne veľké, aby bolo meranie presné. Pri tomto meraní sme použili rezistor s odporom $1\ \Omega$.

- zapojíme obvod podľa schémy



Obr.1 Schéma zapojenia pre meranie VA charakteristiky zdroja

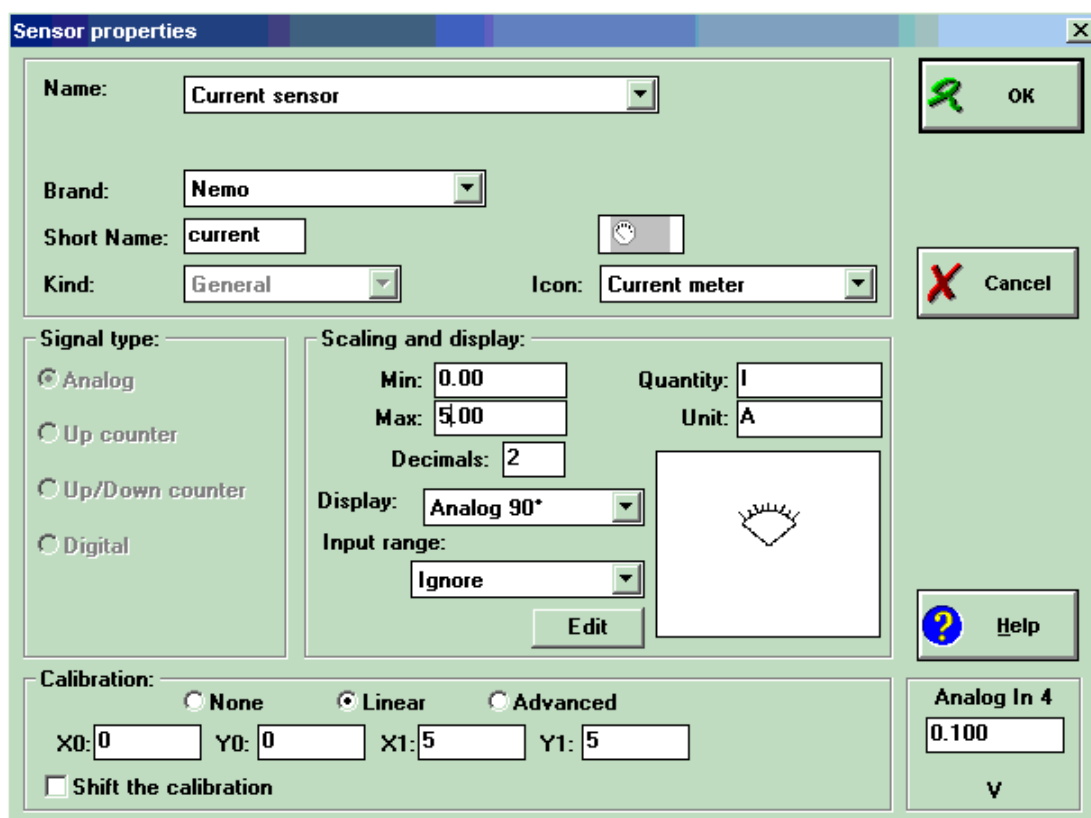
E – žltá zdierka vstupu 3 meracieho panela (voltmeter)

F - čierna zdierka vstupu 3 meracieho panela

G - čierna zdierka vstupu 4 meracieho panela

H – žltá zdierka vstupu 4 meracieho panela

- v knižnici senzorov si vyberieme senzor prúdu Current senzor (Nemo) (0..1000mA)
- otvoríme zmenu vlastností – edit properties kliknutím pravým tlačidlom na ikonu senzora
- hodnote 5V priradíme príslušnú hodnotu prúdu prechádzajúceho rezistorom pri tomto napätí. Pri použití rezistora s odporom $1\ \Omega$ napätiu 5 V odpovedá hodnota prúdu 5A. Na obr. 2 vidíme, ktoré hodnoty je pri tejto zmene kalibrácie potrebné / možné zmeniť: maximálna hodnota, jednotka, počet zobrazovaných desatinných miest, hodnota prúdu odpovedajúca napätiu 5 V (v kolónke Y1)
- týmto sme si vytvorili ampérmeter pre ďalšie merania. Na schéme zapojenia (obr. 1) sme ako ampérmeter použili vstup 4 meracieho panelu. Pripravený ampérmeter teda preniesieme z palety senzorov na vstup 4 a môžeme merať prúd.
- Pri kalibrácii sme použili hodnotu rezistora uvedenú výrobcom. Je vhodné uviesť si, že táto hodnota býva zaťažená chybou (niekedy až $\pm 20\%$). Pri presnejšej kalibrácii potrebujeme čo najpresnejšie vedieť hodnotu odporu, alebo použijeme postup opísaný v kapitole 7.4 a kalibrujeme pomocou ampérmetra.

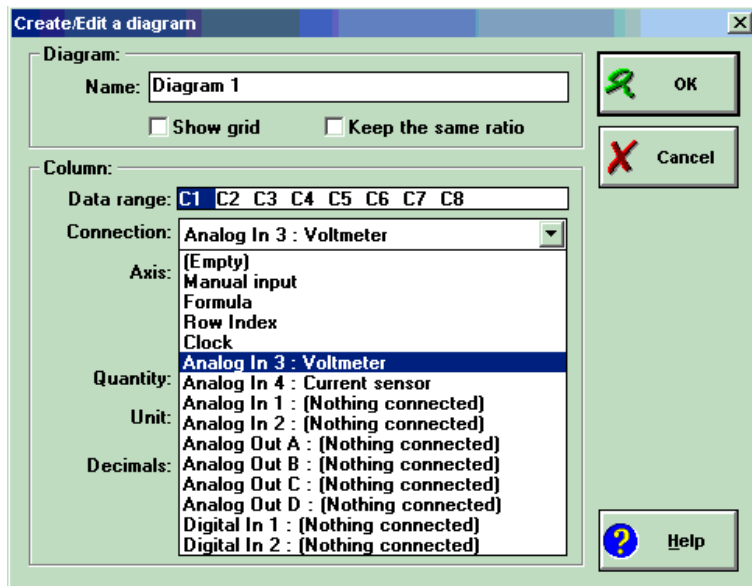


Obr. 2 Zmena kalibrácie senzora prúdu

- samotné meranie voltampérovej charakteristiky zdroja – tvorba vlastného grafu

Pri meraní voltampérovej charakteristiky chceme merať závislosť napätia na svorkách batérie od odoberaného prúdu. Ak si chceme vložiť do voľného okna graf, ako ponuka sa nám zobrazia preddefinované grafy závislosti meraných fyzikálnych veličín od času. Potrebný graf si teda musíme sami vytvoriť.

- otvoríme si ponuku vložiť graf, nový graf
- stĺpcu C1 priradíme napätie, priradíme ho k zvislej osi (vertical axis); nestláčame OK, to stlačíme až po nastavení všetkých parametrov grafu
- stĺpcu C2 priradíme prúd, priradíme ho k vodorovnej osi (horizontal axis); stlačíme OK
- ak nie sme spokojní s vytvoreným grafom, môžeme sa vrátiť k jeho editovaniu – z lokálnej ponuky pravým tlačítkom vyvoláme– Create/Edit diagram

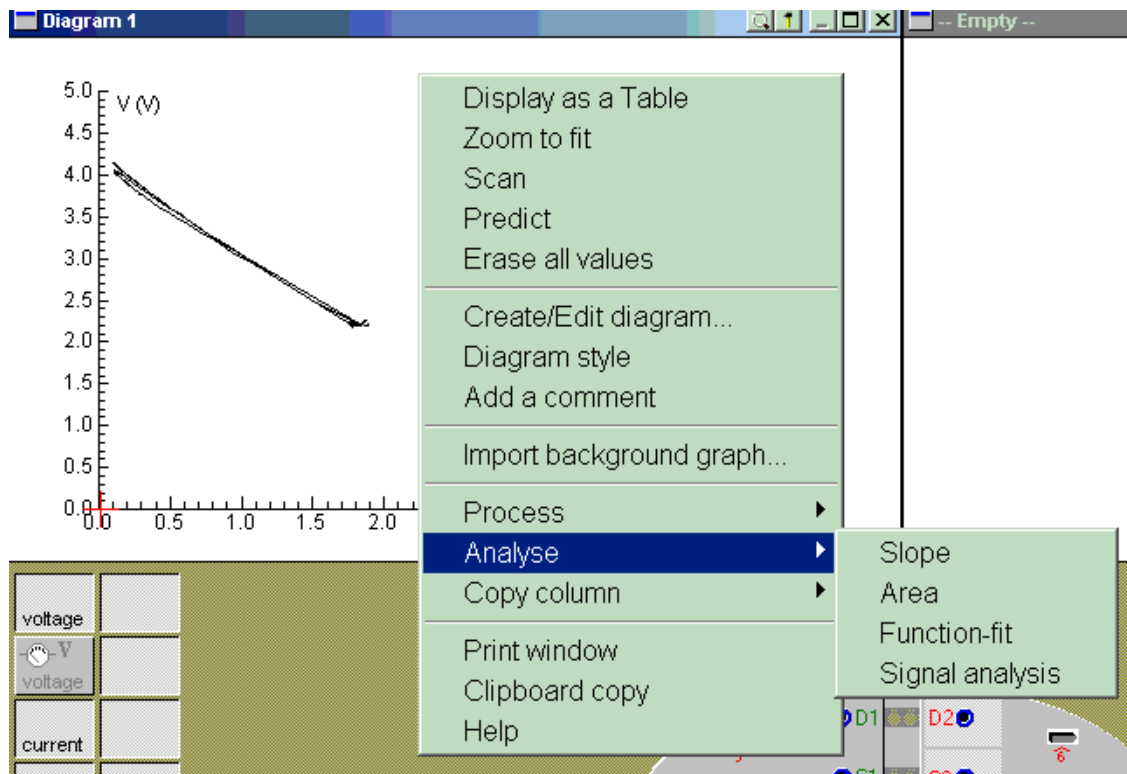


Obr. 3 Tvorba grafu

Ak sme s nastavením spokojní, môžeme spustiť samotné meranie. Meranie spustíme zeleným tlačidlom a počas merania meníme odpor spotrebiča. Hodnoty napätia a prúdu sa nám vykresľujú v grafe.

Hodnoty elektromotorického napätia a vnútorného odporu zdroja môžeme nájsť napríklad tak, že meranými hodnotami preložíme priamku.

- klikneme na graf pravým tlačítkom
- zvolíme analyse – function fit
- vyberieme lineárnu funkciu a zvolíme Auto fit
- môžeme si zapísať koeficienty lineárnej funkcie a zvolíme OK



Obr. 4 Prekladanie funkcie grafom nameraných hodnôt - fitovanie

7.4. Spresnenie kalibrácie – meranie magnetického poľa cievky

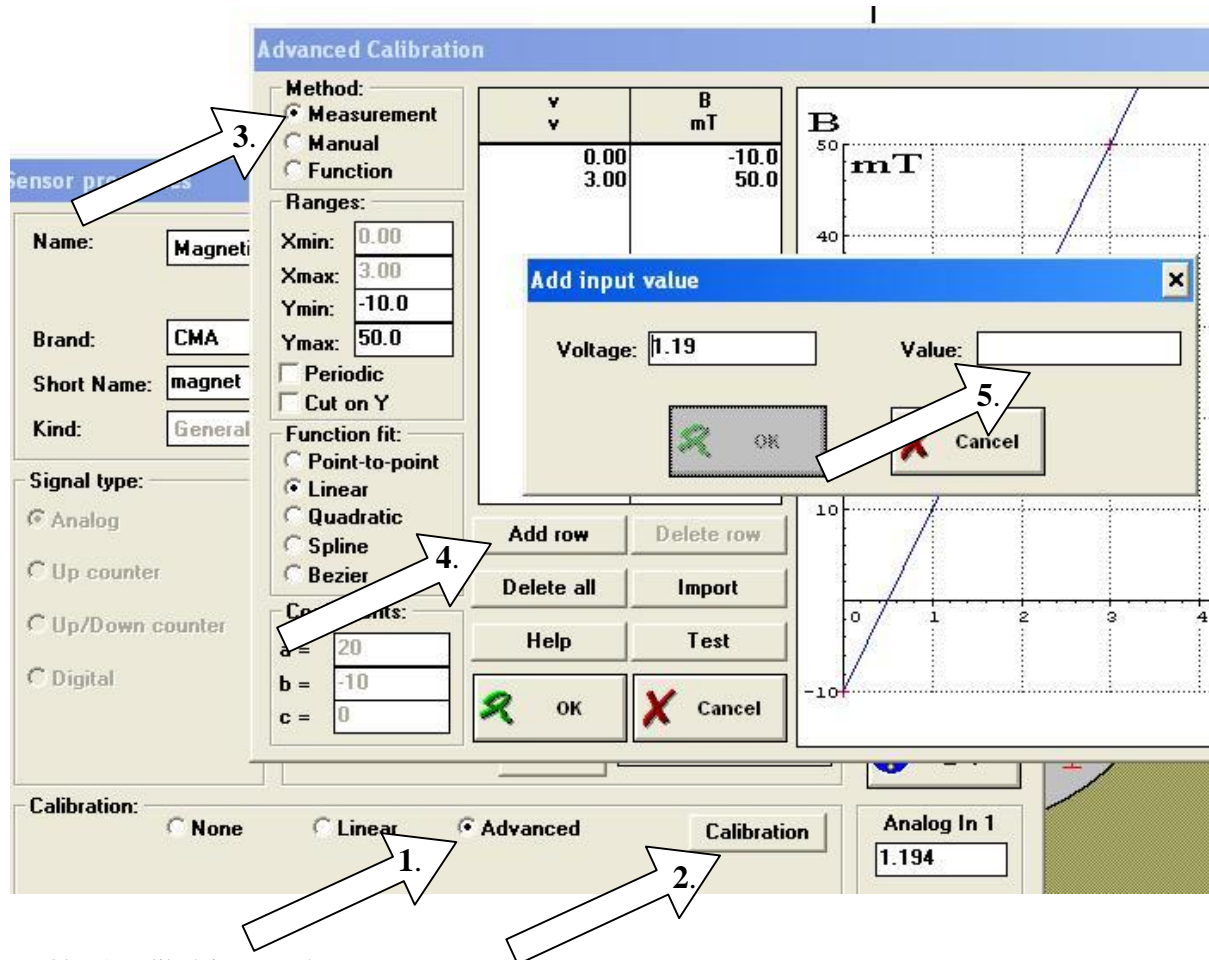
Cieľom tohto merania je odmerať veľkosť magnetickej indukcie magnetického poľa. Senzor magnetickej indukcie 024 pracuje na princípe Hallovho javu. Samotná platnička je na konci zúženej časti (obr. 1) a je citlivá na magnetické pole kolmé na prierez senzora (teda na magnetické pole, ktorého indukčné čiary majú smer totožný s geometrickou osou senzora). Zabudovaný zosilňovač je možné prepnúť do úrovni zosilnenia, teda senzor pracuje ako dvojzrosahový. V tomto prípade budeme pracovať s citlivejším rozsahom -10..+50mT (zosilňovač v polohe x50)

Štandardná kalibrácia je v knižnici senzorov, ale odporúča sa pre každý z používaných senzorov magnetickej indukcie kalibráciu upraviť. Ak používame viacero senzorov magnetickej indukcie, každý z nich má inú kalibračnú krivku – ale všetky kalibračné krivky sú lineárne.

Pre nastavenie kalibrácie vo všeobecnosti potrebujeme presný (kalibračný) merací prístroj, alebo známu hodnotu meranej veličiny. V tomto prípade sa rozhodneme pre druhú možnosť a pokúsime sa nájsť magnetické pole so známou hodnotou. Takéto pole možno nájsť napríklad v dlhej jednovrstvovej cievke, ktorou prechádza známy elektrický prúd.

Samotná kalibrácia potom prebieha jednoducho:

- odmeriame stúpanie závitov v našej cievke (počet závitov na jednotku dĺžky cievky),
- nastavíme prúd cievkou tak, aby magnetické pole v cievke bolo niekoľko mT. Tento prúd určíme výpočtom.
- otvoríme zmenu vlastností – edit properties kliknutím pravým tlačidlom na ikonu senzora, zvolíme pokročilú kalibráciu (Advanced) a kalibráciu meraním (Measurement) – senzor aj ikona senzora musia byť zapojené v meracom paneli,
- vložíme senzor do cievky a pridáme jeden kalibračný bod (Add input value). Hodnota meraného napätia je zaznamenaná automaticky, príslušnú hodnotu magnetickej indukcie zapíšeme do okna označeného číslom 5 v obr. 3.,
- vložíme senzor do cievky z opačnej strany a pridáme druhý kalibračný bod,
- staré kalibračné body vymažeme,
- po uzavretí kalibrácie nastavenia senzora uložíme kliknutím na ikonu senzora a zvolením uložiť – Save as.,
- namerané kalibračné body si môžeme napísať na štítok a pri použití senzora na inom počítači ich môžeme zadať aj bez samotného merania.



Obr. 1 Kalibrácia meraní

7.5 Vysoká rýchlosť merania senzormi ako zdanlivá chyba merania

V niektorých prípadoch sa môže stať, že senzory sa zdanlivo správajú nestabilne a hodnota veličiny meranej senzorom sa chaoticky mení vo veľkom intervale hodnôt.

Spomenieme dva príklady takéhoto správania:

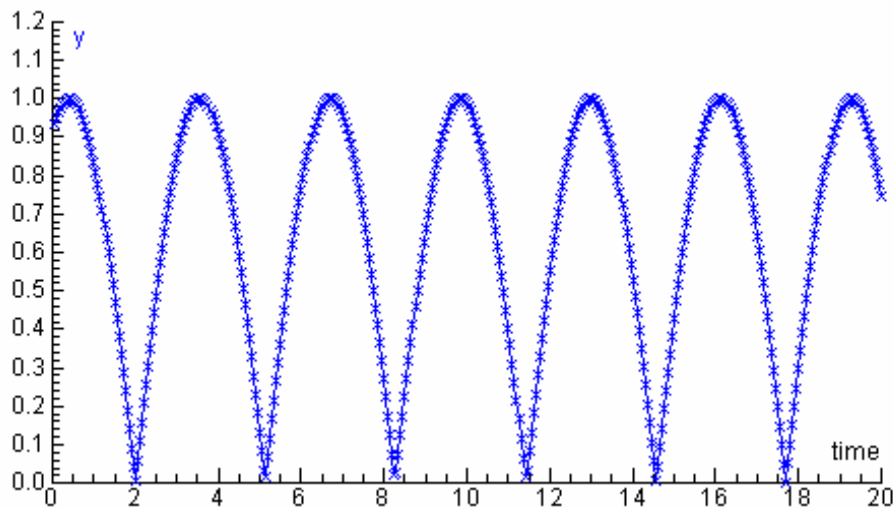
1. Meranie osvetlenia ak ako zdroj svetla použijeme monitor počítača. Senzor osvetlenia priložíme ku monitoru a sledujeme merané hodnoty – menia sa úplne náhodne od 0 lx po 5.3 lx. Presnosť senzora je $\pm ..$ lx, teda chyba by nemala byť zapríčinená slabou citlivosťou senzora.

2. Meranie závislosti prúdu prechádzajúceho rezistorom od času. Zapojíme jednoduchý sériový obvod pozostávajúci zo školského zdroja jednosmerného napätia, reostatu a rezistora 0.5Ω , ktorý použijeme ako senzor prúdu. Sledujeme závislosť prúdu od času (chceme skúmať, ako sa mení prúd pri zahrievaní rezistora). Graf závislosti prúdu od času však periodicky stúpa a klesá, čo zmenami teploty rezistora vysvetliť nevieme.

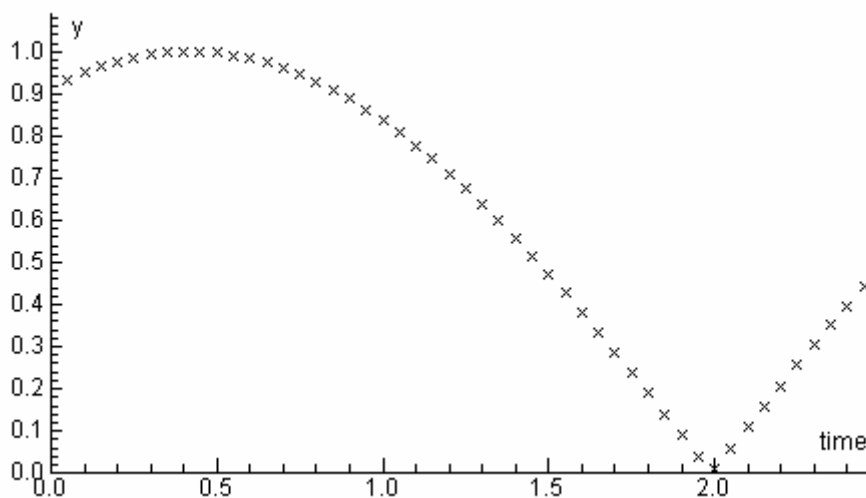
V oboch prípadoch je chyba mimo senzorov, alebo lepšie povedané zdanlivou chybou je veľká rýchlosť senzorov (napríklad v porovnaní s analógovým, či digitálnym ampérmetrom).

Pozrime sa bližšie na potrebu výberu dostatočne veľkej vzorkovacej frekvencie. Namodelovali sme si jednoduchý príklad – veličina y je definovaná ako absolútna hodnota funkcie sínus.

V prvom prípade sme na vykreslenie priebehu použili 123 bodov na periódu a priebeh je vykreslený tak, že ho možno považovať za správny.

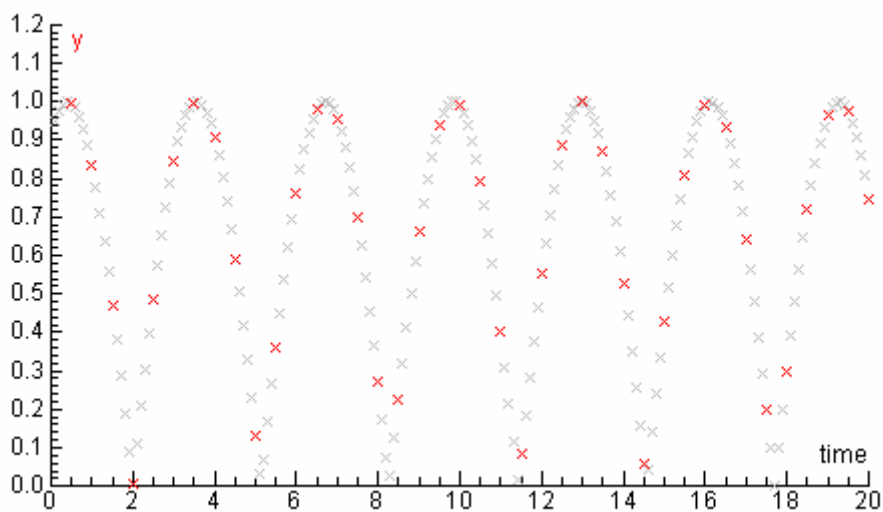


Obr. 1

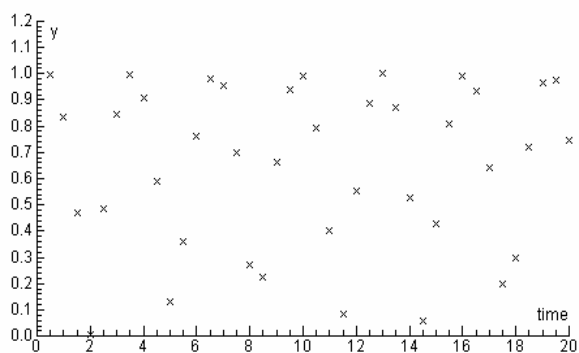


Obr. 2 – detail z obr. 1

Teraz sme zmenili vzorkovaciu frekvenciu, priebeh sme sa snažili vykresliť použitím 12 bodov na periódu (obr. 3). Napriek tomu, že merané body majú správnu polohu – ktorá sa prekrýva s polohou meraných bodov z obr.1, zdanlivo sú neusporiadané, náhodné. Prezrite si aj obr.4.

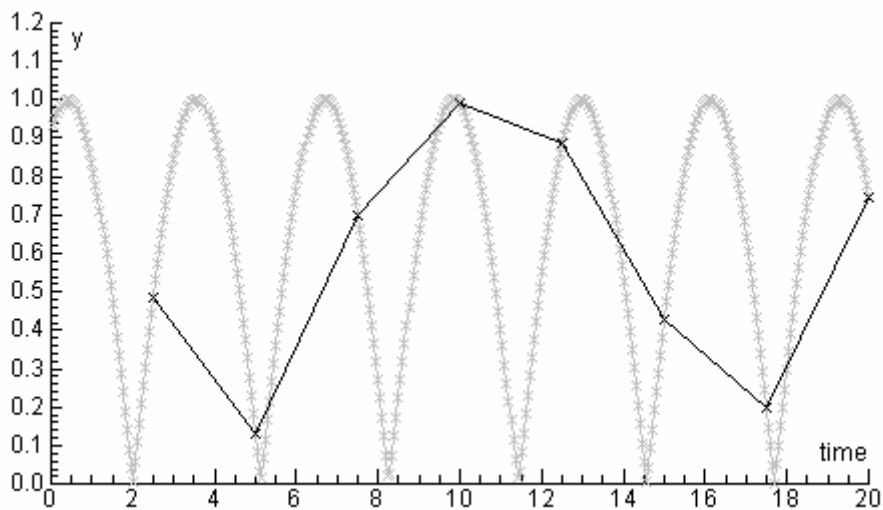


Obr.3



Obr.4.

V ďalšom sme vzorkovaciu frekvenciu zmenšili ešte viac, na vykreslenie priebehu odpovedajúceho trom periódam sme použili iba 8 meraných bodov (obr.5). Priebeh, ktorý vidíme na obrázku môže viesť k nesprávnej interpretácii najmä preto, lebo sa javí ako pravidelný, s periódou úplne inou než je perióda skutočného signálu.



Obr. 5

Posledný z priebehov vysvetľuje problémy z oboch príkladov uvedených v úvode tejto kapitoly.

V príklade 1 monitor bliká s nastavenou frekvenciou (od 50 do 100 Hz), pri sledovaní hodnoty na monitore sa táto mení s frekvenciou vhodnou na odčítanie hodnoty – teda menšou než 1 Hz.

V príklade 2 sme použili nevhodný zdroj jednosmerného napätia, ktorý sa v skutočnosti, najmä pri vyšších odberoch prúdu, správal ako zdroj pulzujúceho napätia (usmerňovač nebol dostatočne vyhladený). Na túto skutočnosť musíme pri navrhovaní meraní pamätať, v niektorých prípadoch je lepšie použiť akumulátor.

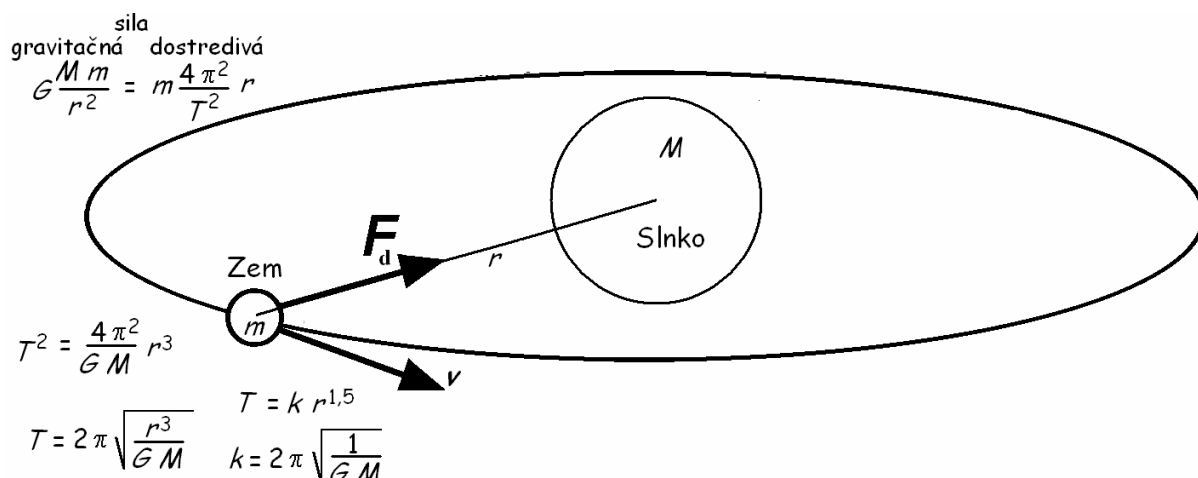
8 Modelovanie v prostredí Coach

8.1. Riešenie fyzikálnej úlohy na počítači – používanie hotového modelu

Školská fyzikálna úloha sa obvykle začína zadaním úlohovej situácie, z ktorej má riešiteľ vybrať a slovnou formulovať *cieľ úlohy a podmienky a predpoklady riešenia*. Ak sa mu to podarí, hľadá cestu k cieľu úlohy – spôsob jej riešenia. Väčšina úlohových situácií je zadaná ako súbor kvantitatívnych vlastností určitého objektu. Preto aj riešenie úlohy vyžaduje matematické modelovanie – najprv úlohovej situácie a potom riešenia.

Matematický model úlohovej situácie obvykle obsahuje matematické vzťahy vyjadrujúce fyzikálne súvislosti medzi vlastnosťami modelovaného objektu. Vzniká a formuje sa od začiatku riešenia, najmä v *priebehu analýzy úlohovej situácie*. V ďalšom kroku sa tieto vzťahy syntetizujú do *matematického modelu riešenia úlohy*, ktorý nazývame *všeobecné riešenie úlohy*. Uvedieme príklad výkladovej fyzikálnej úlohy o pohybe planét:

Úloha Planéty obiehajú okolo Slnka, každá s určitou periódou T po (približne) kruhovej trajektórii s určitým (stredným) polomerom r . Existuje matematicky formulovateľný vzťah $T = T(r)$ medzi periódou (obežnou dobou) planéty a polomerom jej trajektórie?



Obr. 1 Obráz ako model úlohovej situácie v úlohe o vzájomnej súvislosti periódy T obiehania planéty a strednej hodnoty r jej polomeru. Vlastnosti zobrazených objektov postupne charakterizujeme veličinami, aby sme mohli vybudovať matematický model úlohovej situácie.

Základ kvalitatívnej podoby modelu planetárneho pohybu je na obr. 1. Pri jeho analýze postupujeme v niekoľkých krokoch:

- *Preskúmame úlohovú situáciu*, zhromažďujeme informácie o vlastnostiach objektov a vyjadrujeme ich fyzikálnymi vzťahmi (pozri prvý riadok tabuľky Tab. 1).
- *Modelujeme úlohovú situáciu* obrazom a matematickými vzťahmi, ktoré obsahujú veličiny r a T . Syntetizujeme ich aby sme dostali *všeobecné riešenie úlohy* $T = T(r)$. Všeobecné riešenie má tvar hľadanej fyzikálnej závislosti (pozri druhý riadok tabuľky Tab. 1).
- *V diskusii o riešení* a pri *hľadaní nových fyzikálnych súvislostí* sa snažíme o potvrdenie nášho modelu výsledkami pozorovania alebo merania. Použijeme tabuľkové hodnoty veličín r , T planét systému Slnka.

Príklad matematického modelu úlohovej situácie a matematického modelu riešenia fyzikálnej úlohy o pohybe planét okolo Slnka

Úlohu môže učiteľ zadať ako výkladovú úlohu pri zavedení 3. Keplerovho zákona.

Matematický model úlohovej situácie

Na planétu obiehajúcu okolo Slnka po trajektórii, ktorá má tvar (približne) kružnice, pôsobí gravitačná sila

$$F_g = G \frac{Mm}{r^2},$$

kde m je hmotnosť planéty, r je (stredný) polomer jej trajektórie a G je univerzálna gravitačná konštanta $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-2}$. Táto sila je zároveň aj dostredivou silou F_d pri pohybe planéty po kruhovej trajektórii

$$F_d = \frac{mv^2}{r} = \frac{m\omega^2 r^2}{r} = m \frac{4p^2}{T^2} r,$$

kde T je perióda, s ktorou planéta obieha okolo Slnka.

Matematický model riešenia úlohy

V diskusii o výsledku by sa malo overiť, či odvodený vzťah ($T^2 = k r^3$) zodpovedá pozorovaným a meraným dátam, ktoré sú uvedené v matematicko-fyzikálnych tabuľkách.

$$F_d = F_g$$

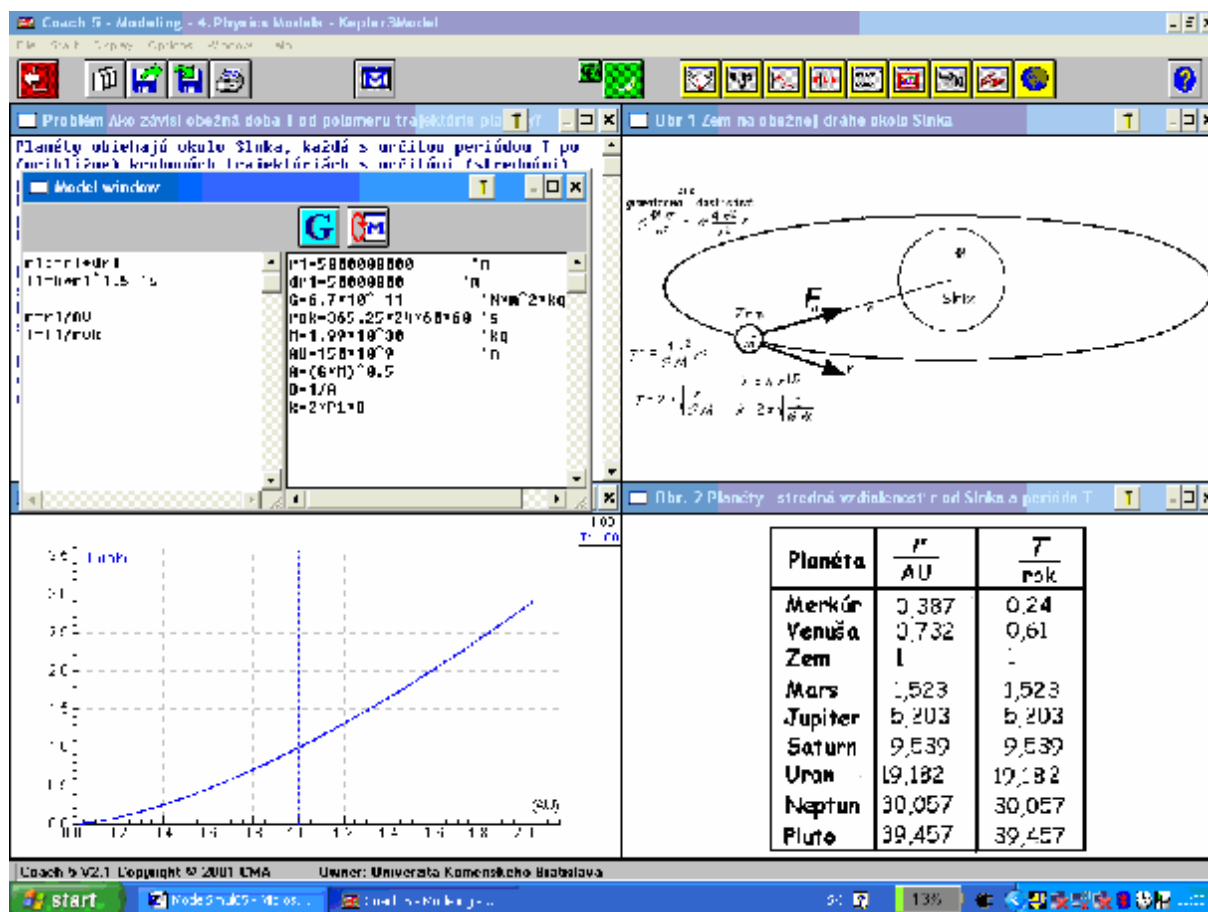
$$G \frac{Mm}{r^2} = m \frac{4p^2}{T^2} r$$

$$T^2 = \frac{4p^2}{GM} r^3$$

$$T = 2p \sqrt{\frac{r^3}{GM}}$$

Od počítača žiadame, aby z bodov so súradnicami r , T postupne vytvoril graf závislosti $T = T(r)$. Na prvý pohľad sa javí ako málo efektívny taký počítačový model, ktorý „nevie“ nič iné ako nakresliť jeden a vždy rovnaký graf fyzikálnej závislosti veličín. Mali by sme si však uvedomiť, že 3. Keplerov zákon, ktorý sme odvodili „teoretickou poznávacou cestou“ – syntézou dvoch známych vzťahov, by sme mali nakoniec *prakticky overiť*. Mali by sme napr. ukázať, že tabelované údaje o planétach, zhromažďované astronómami počas niekoľkých storočí, tomuto zákonu neodporujú.

V pravom stĺpci modelového okna (na obr. 2) sú uvedené hodnoty konštánt (napr. G a M) a začiatočné hodnoty premenných veličín (r_1) a dĺžka kroku (dr_1). V tomto stĺpci môže program jednorázovo vykonať výpočty, ktoré tam naznačíme. Tak napr. je tu naznačený výpočet konštanty k , ktorú program postupne vypočíta z hodnôt univerzálnej gravitačnej konštanty G a z hodnoty hmotnosti M Slnka.



Obr. 2 Modelovanie planetárneho pohybu (Model Kepler3M). Program kreslí graf závislosti $T = t(r)$, obežnej doby planéty od stredného polomeru jej trajektórie. Funkcia „Prezerať (Scan)“ umožňuje pomocou osového kríža porovnať graficky zobrazené hodnoty s tabelovanými dvojicami r, T pre jednotlivé planéty.

Po teoretickom odvodení zákona by sme mali napríklad ukázať, že tabuľkové údaje o planétach, zhromažďované astronómami počas niekoľkých storočí, tomuto zákonu neodporujú. To môžeme veľmi rýchle urobiť, keď využijeme funkciu „Prezerať (Scan)“ a ukážeme, že tabuľkové hodnoty r, T , na obr. 2 vpravo dole, navzájom prostredníctvom grafu súvisia.

Efektívnosť uvedeného postupu lepšie pochopíme vtedy, keď sa pokúsime urobiť praktické overenie úspešného „odvodenia“ Keplerovho zákona „ručne“ – numerickým výpočtom po dosadení do vzťahu

$$T_1 = 2\pi \sqrt{\frac{r_1^3}{GM}}$$

Výpočet, vrátane transformácie do sústavy jednotiek (AU, rok), je veľmi prácny a zdĺhavý a nezriedka býva zaťažovaný chybami. Väčšine štrnásťročných žiakov gymnázia zatieni matematická náročnosť výpočtu fyzikálne dôvody riešenia ešte prv, ako sa dopracujú k výsledku. Ak je numerické riešenie správne, žiak sa pri výpočte presvedčí, že (niektorá jediná) planéta sa riadi odvodeným zákonom, ale neostane mu dostatok motivácie a času, aby ten istý postup opakoval aj pre ďalšie planéty z tabuľky na obr. 2.

Pri počítačovom modelovaní na obr. 2 sa interaktívnosť modelu prejavuje v možnosti rýchle a s vysokou presnosťou prezerať graf závislosti $T = T(r)$ pomocou osového kríža a kontrolovať, či skenované hodnoty súhlasia s empirickými dátami r, T uvedenými v tabuľke. Preskúmajme teraz iný príklad interaktívneho počítačového programu, pri ktorom fyzikálne závislosti zobrazované grafmi by mali byť v súlade s empirickými dátami, ktoré vyplývajú

z experimentu. Experiment môžeme vykonať ako demonštračný experiment priamo na vyučovacej hodine. V tej istej hodine použijeme aj počítačový model, aby sme zdôvodnili alebo naopak, ak chceme, aby sme predpovedali výsledky experimentu.

8.2. Počítačový model v spojení s materiálne realizovaným experimentom

V nasledujúcom príklade ukážeme *matematický model riešenia úlohy* v rámci témy „vlastnosti sériového obvodu striedavého prúdu s prvkami R, L, C “. Téma obvykle nebýva medzi žiakmi príliš obľúbená – treba pri nej sledovať príliš mnoho veličín a ich frekvenčných závislostí. Sú to veličiny *induktancia* $X_L(f)$ obvodu, *kapacitancia* $X_C(f)$ obvodu, prúd $I(f)$ a *fázové posunutie* $\varphi(f)$ medzi prúdom $I(f)$ a napätím $U(f)$. Pre mnohých žiakov táto téma ostane v pamäti ako „nepříjemná zbierka vzorcov, ktoré majú čosi spoločné s javom, ktorý sa nazýva rezonancia“. Učiteľ má v priebehu vyučovacej hodiny syntetizovať dva javy v elektrických obvodoch striedavého prúdu – *správanie obvodu s cievkou a obvodu s kondenzátorom*. Do modelu úlohovej situácie vstupujú dva vzťahy vyjadrujúce *induktanciu* a *kapacitanciu* obvodu a ako ďalší vzťah – *Ohmov zákon* pre obvod s impedanciou. Učiteľ by mal by mal odvodiť vzťah pre *impedanciu* obvodu a pre *závislosť prúdu od frekvencie striedavého prúdu*.

Toto ododenie samozrejme nie je hlavným cieľom vyučovacej hodiny. Žiaci majú predovšetkým pochopiť, ako sa sériový obvod RLC správa pri zmenách frekvencie f striedavého prúdu a ako sa pri tom mení prúd I prechádzajúci obvodom. Tu sa od učiteľa žiada, aby nakreslil *rezonančnú krivku* – graf závislosti $I = I(f)$, prúdu od frekvencie.

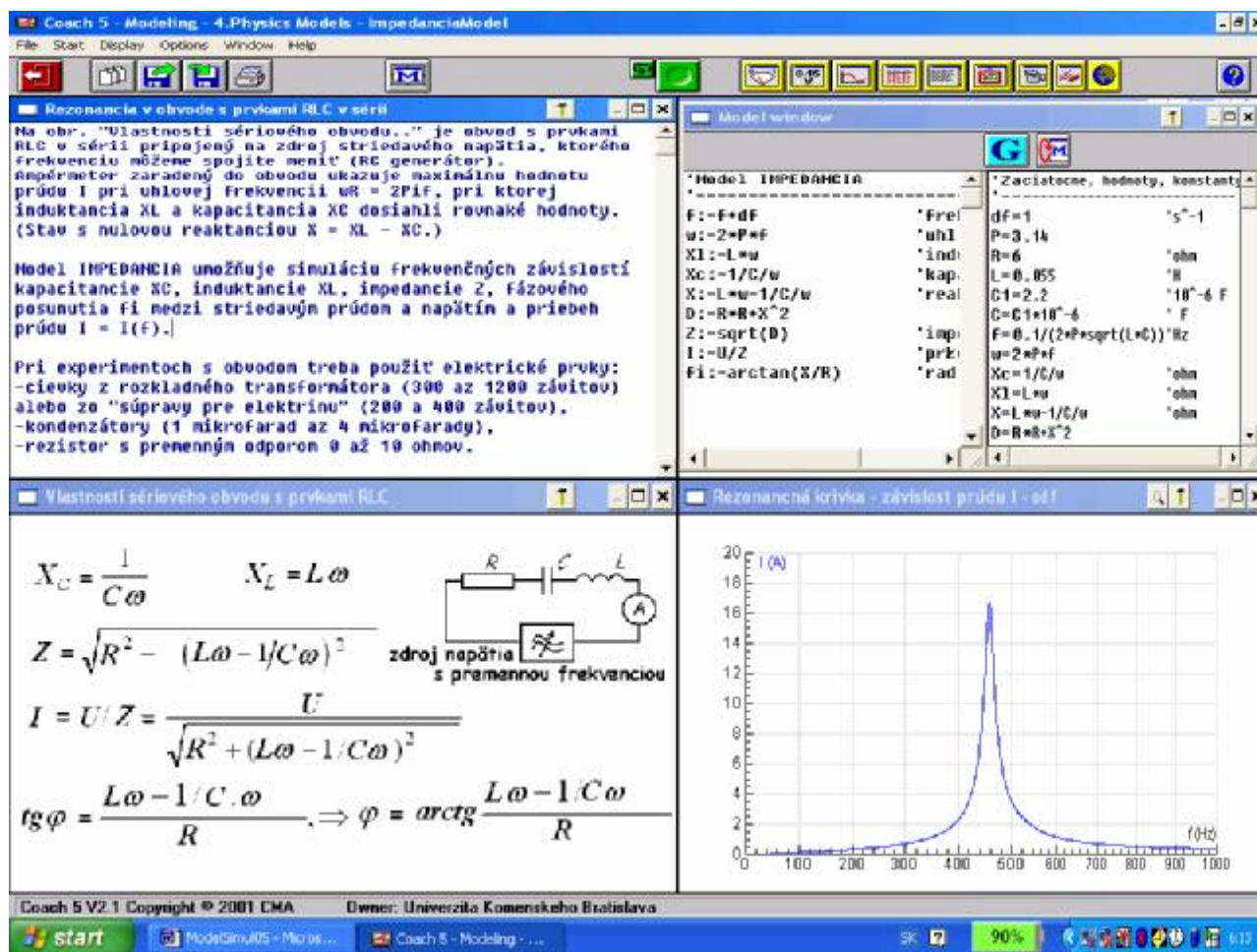
„Klasický“ vyučovací postup vyžaduje urobiť zdĺhavý výpočet pri určitej kombinácii hodnôt prvkov R, L, C , zaradených v obvode, podľa vzťahu

$$I = \frac{U}{\sqrt{R^2 + (Lw - \frac{1}{Cw})^2}}$$

kde $w = 2\pi f$ je uhlová frekvencia. Graf závislosti $I = I(f)$ má relatívne komplikovaný priebeh a preto vyžaduje vypočítať súradnice f, I väčšieho počtu bodov, vo vopred známej frekvenčnej oblasti. Taký vyučovací postup nie je dosť dobre použiteľný už aj z časových dôvodov, hoci aj pri využití ručného kalkulátora.

Matematický model riešenia tu predstavuje program zobrazený v pravom hornom okne na obr. 3. Zdlhавý výpočet je nahradený počítačovou simuláciou správania obvodu: Počítač vykreslí graf závislosti $I = I(f)$ pre ľubovoľne zvolenú kombináciu prvkov R, L, C v obvode. Rezonančná krivka, ktorú program zobrazí v pravom dolnom okne má (pri zanedbaní odporu R obvodu) maximum prislúchajúce rezonančnej frekvencii

$$f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} .$$



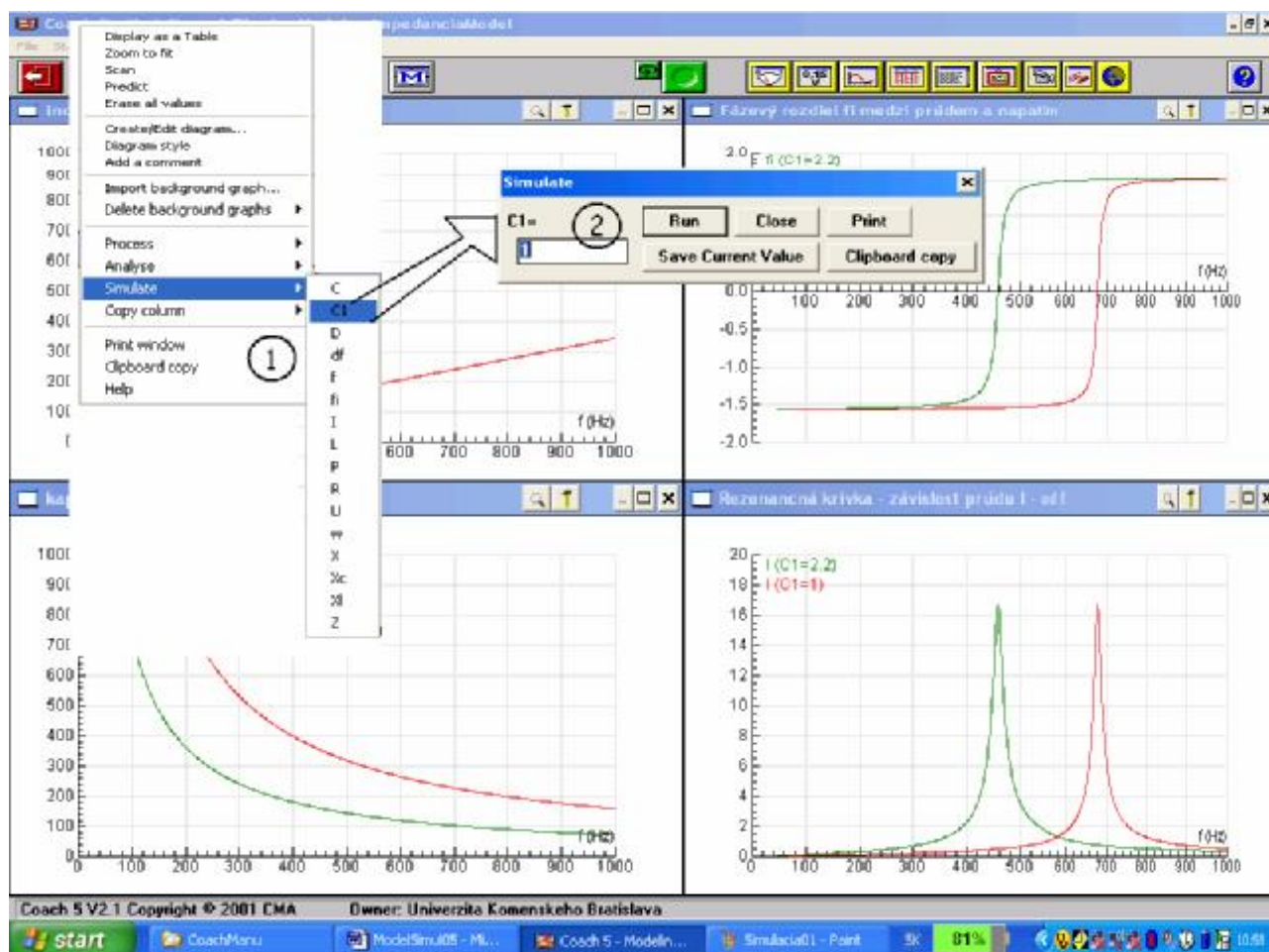
Obr. 1 Modelovanie vlastností sériového obvodu s prvkami R, L, C v prostredí Coach5. V štyroch oknách sme súčasne zobrazili 1) úlohovú informáciu s opisom javu, 2) program, podľa ktorého počítačový model pracuje, 3) obrazovú informáciu s uvedením potrebných vzťahov pre kapacitanciu X_C , induktanciu X_L , impedanciu Z a fázové posunutie φ medzi napätím a prúdom a nakoniec 4) rezonančnú krivku – závislosť $I = I(f)$.

Počítačové modelovanie úlohu vyrieši vo veľmi krátkom čase a navyše pri kreslení grafu závislosti $I = I(f)$ umožní rýchlu obmenu parametrov R, L, C . Žiak má takto možnosť niekoľkokrát tvoriť hypotézu o budúcom správaní obvodu, ktoré sa prejaví novým priebehom rezonančnej krivky – napr: „Ako sa zmení poloha maxima krivky (rezonančná frekvencia) ak do obvodu zaradíme kondenzátor/cievku s väčšou/menšou kapacitou/indukčnosťou?“

Tak sa formuje predstava o tom, ako zmeny parametrov R, L, C vplyvajú na priebeh induktancie a kapacitancie a následne ovplyvňujú hodnotu rezonančnej frekvencie.

MODELOVANIE v prostredí Coach poskytuje učiteľovi možnosť demonštrovať správanie obvodu, napr. tak, že premietne ľubovoľnú kombináciu informácií zobrazenú v štyroch oknách. Pomocou ikon zobrazených na hornej lište môže používateľ do ktoréhokoľvek z okien vložiť vopred pripravený text, program, graf, obrázok (náčrt alebo fotografiu) alebo videozáznam.

Ak je to potrebné, môžeme súčasne zobraziť priebehy štyroch grafov, opisujúcich dej, ktorý práve modelujeme. Na obr. 4 sú v štyroch oknách zobrazené počítačom vykreslené frekvenčné závislosti induktancie X_L , kapacitancie X_C , impedancie Z a fázového posunutia φ medzi napätím a prúdom a 4) rezonančná krivka – závislosť $I = I(f)$. Súčasne sa využíva možnosť „prezerania – (scan)“ grafu: Pomocou osového kríža sa dá ukázať, že pri rezonančnej frekvencii sú induktancia a kapacitancia rovnako veľké ($X_C = X_L$) a fázové posunutie medzi prúdom a napätím sa rovná nule ($\varphi = 0$).



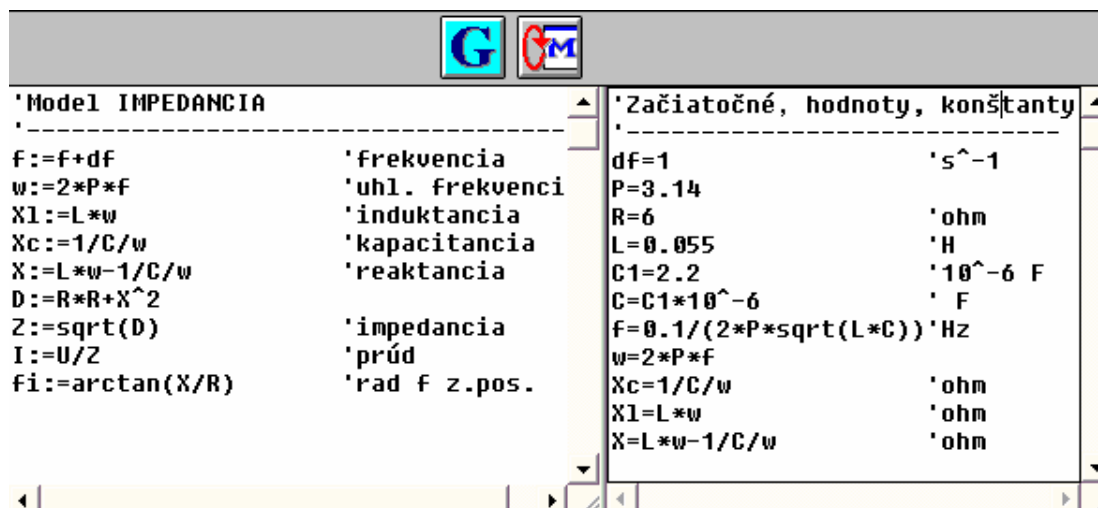
Obr. 2 Súčasné zobrazenie štyroch grafov, nakreslených pri činnosti modelu v pravom hornom okne obr. 1.

Na obrázku je znázornená aj simulácia deja pri zmene veličiny (kapacita C_1 v jednotkách mikrofard) v dvoch krokoch: 1. Privolanie programu „Simulácia (Simulate)“ pravým klávesom myši a výber veličiny (C_1), ktorú chceme meniť. 2. Dosadenie novej hodnoty veličiny ($C_1=1$ (μF)).

Možnosť rýchlej simulácie správania obvodu pri určitej kombinácii prvkov R , L , C šetrí vyučovací čas. Preto môže učiteľ zaradiť do tej istej vyučovacej hodiny aj *overovací experiment*. Schéma experimentu, je zobrazená v ľavom dolnom okne na obr. 1. Ampérmeter zaradený v obvode registruje, ako sa pri zmenách frekvencie napäťového zdroja mení prúd. Pomocou neho overíme, že k rezonancii v obvode dôjde práve pri tej frekvencii f_r , ktorá nám vyšla pri počítačovej simulácii (pozri obr. 1 a obr. 2 vpravo dole).

8.3. Príprava vlastného modelu v prostredí Coach

Pozrime sa bližšie na to, ako je vytvorený model z predchádzajúcej kapitoly. Potom si vytvoríme jednoduchý model rovnomerne zrýchleného pohybu. Nový model vytvárame rovnako, ako každú inú aktivitu (postup je opísaný v kapitole 7.1), je však potrebné zvoliť typ aktivity „Modelovanie“.



Obr. 1 Programové okno v programe Coach-Modelovanie.

Všimajme si teraz modelového okna nášho modelu na obr. 1. Vidíme, že okno je rozdelené do dvoch stĺpcov:

V ľavom stĺpci programového okna zapisujeme príkazy, ktoré má program v každom kroku vykonať. V našom programe má postupne vypočítať novú hodnotu frekvencie f , uhlovej frekvencie w , induktancie X_l , kapacitancie X_c , impedancie Z , prúdu I a fázového posunutia φ . Po vykonaní všetkých príkazov uvedených v ľavom stĺpci programového okna sa program vráti k prvému riadku, zvýši hodnotu frekvencie f o krok df a znova postupuje smerom nadol a pokračuje vo výpočtoch podľa zapísaných vzťahov. Program teda v ľavom stĺpci cykluje. V ponuke na hornej lište v stĺpci „Voľby (Options-Model settings)“ môžeme nastaviť maximálne 16000 cyklov.

Všimnime si, že priradenia v ľavom stĺpci sú zapísané pomocou symbolu $:=$. Tento zápis nie je vo verzii Coach 5 povinný – postačí obyčajný znak rovnosti ($=$). Znak $:=$ je však povinný v nižších verziách Coach (napr. IP-Coach4), odkiaľ možno tam napísané programy importovať (Využívame na to ponuku na hornej lište v stĺpci „Súbor (File – Import a Coach 4 model)“).

Za apostrofmi (') sú uvedené komentáre – napr. vysvetlivky o význame zápisu alebo fyzikálne jednotky. Údaj za apostrofom program nečíta.

V pravom stĺpci programového okna sa zadávajú začiatocné hodnoty a konštanty, ktoré program potrebuje k svojej činnosti. (Už sme to raz urobili v úlohe o pohybe planét.) Hodnoty konštánt ani tu nemusíme zadávať priamo, ale napr. aj vzťahom, ktorý sa automaticky vykoná, napr.: Uhlová frekvencia w je v okne zadaná vzťahom $w = 2*P*f$, kde f je začiatocná frekvencia a $P=3,14$ sme zadali ako konštantu π . Začiatocná frekvencia je v predchádzajúcom riadku tiež zadaná nepriamo – vzťahom $f=0.1/(2*P*sqrt(L*C))$. Dôležité je zachovať postupnosť vzťahov – Coach by si nedokázal s nepriamym vzťahom poradiť, keby niektorý

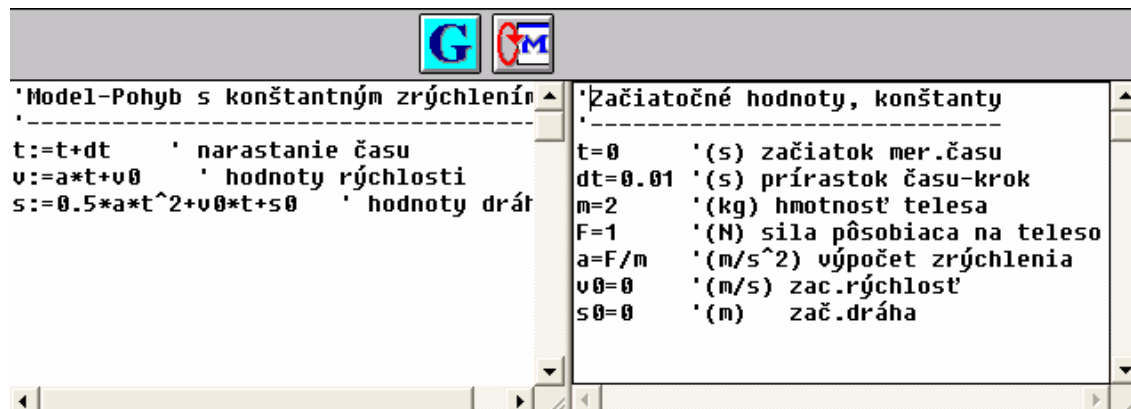
z jeho činiteľov, či členov bol zadaný nižšie, ako je riadok, v ktorom treba nepriamy výpočet uskutočniť.

Modelovanie rovnomerne zrýchleného pohybu

Rovnomerne zrýchlený pohyb je pohyb s konštantným zrýchlením. Teleso s hmotnosťou m koná pohyb s konštantným zrýchlením a vtedy, keď naň v smere pohybu pôsobíme stálou silou $F = m a$. Preto v pravom stĺpci programového okna na obr. 2 je zadaná hodnota sily F a aj hmotnosť jeho konštantná hodnota ($a = 2$). Hodnota zrýchlenia sa potom automaticky vypočíta zo vzťahu $a = F/m$.

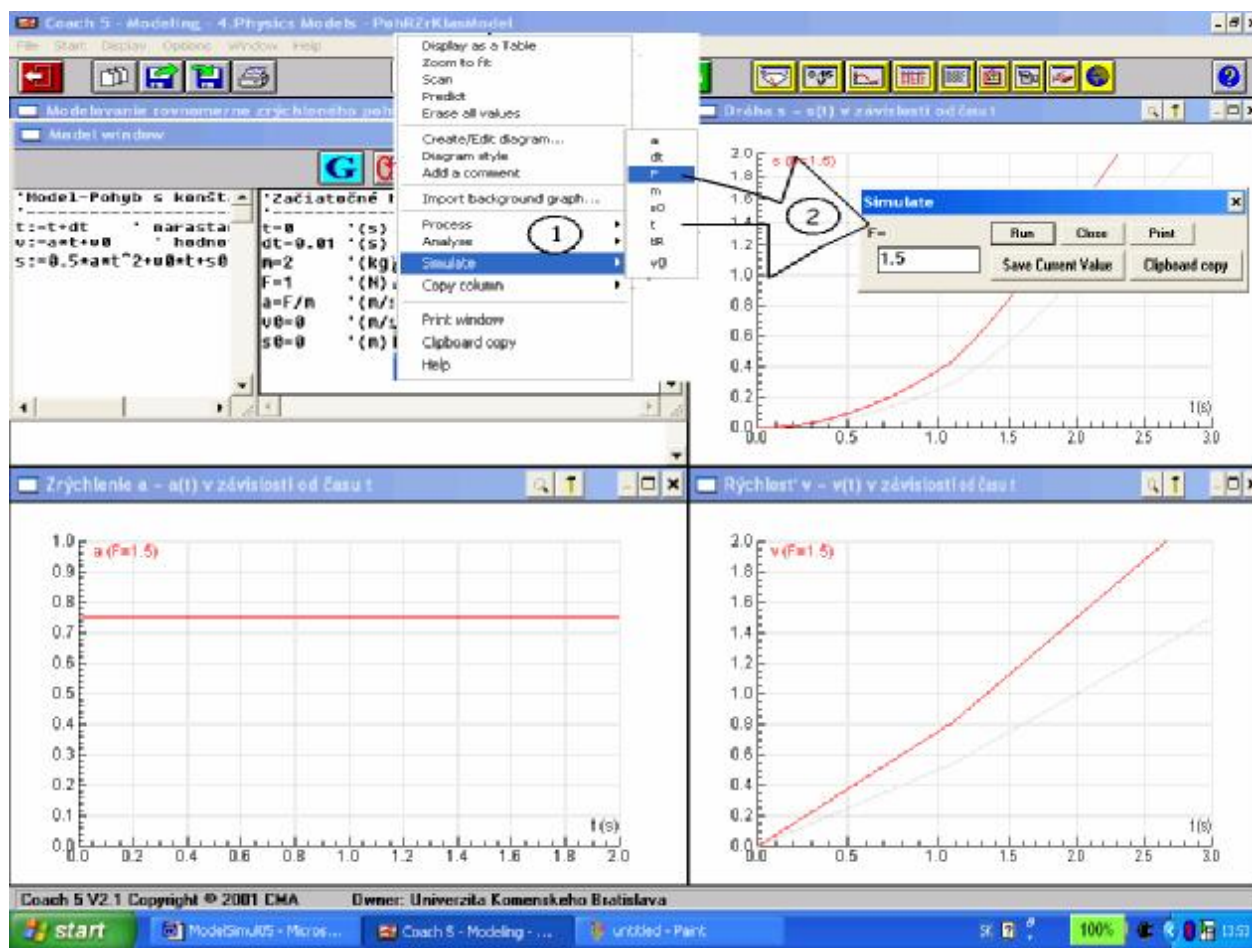
V pravom stĺpci programového okna sú zadané aj hodnoty dĺžky kroku pri narastaní času $dt=0,01$ s a začiatok $t=0$ merania času. Kinematické veličiny rýchlosť a dráha, opisujúce pohyb, majú v čase $t=0$ začiatočné hodnoty $v=0$, $s=0$.

V prvom riadku ľavého stĺpca narastá čas $t:=t+dt$ pri každom kroku cyklovania programu o hodnotu dt . Vypočítané hodnoty času, spolu s konštantami a , v_0 , s_0 sa v každom cykle dosadzujú do rovníc. V ľavom stĺpci modelového okna sa postupne v jednotlivých cykloch vypočítavajú hodnoty času t , rýchlosti v , dráhy s z rovníc $v=a*t+v_0$, $s=0.5*a*t^2+v_0*t+s_0$.



Obr. 2 Matematické modelovanie rovnomerne zrýchleného pohybu na počítači v prostredí Coach MODELOVANIE: Program obsahuje dve rovnice vyjadrujúce časovú závislosť rýchlosti a dráhy.

Výsledky činnosti programu sú na obr. 3. Počítač zobrazí tri grafy fyzikálnych závislostí – graf dráhy $s = s(t)$, rýchlosti $v = v(t)$ a zrýchlenia $a = a(t)$ v závislosti od času. Na tom istom obrázku sme znázornili aj postup, ktorý používame pri simulácii priebehu javu pri pozmenených podmienkach. Používame pri tom program Simulácia („Simulate“). Dostaneme sa doň výberom z ponuky, ktorá sa objaví po stlačení pravého klávesu myši a následným zadaním hodnoty veličiny, ktorej zmenená hodnota je základom našej simulácie.



Obr. 3 Grafy zrýchlenia, rýchlosti a dráhy v závislosti od času, zobrazené pri činnosti programu na obr. 2. Na obrázku je znázornená aj simulácia deja pri zmene veličiny (sila F v jednotkách newton) v dvoch krokoch: 1. Privolanie programu Simulácia („Simulate“) pravým klávesom myši a výber veličiny (F), ktorú chceme meniť. 2. Dosadenie novej hodnoty veličiny ($F=1,5$).

8.4. Metóda dynamického modelovania na počítači

Pri vyučovaní sa často stretávame s potrebou *matematicky opísať fyzikálny jav*, ale nie sme schopní napísať dostatočne *jednoduchý a žiakovi zrozumiteľný vzťah*, ktorý by stačilo vložiť do programu počítača tak, ako sme to urobili v predchádzajúcich odsekoch pri modelovaní planetárneho pohybu alebo pri modelovaní dejov v sériovom obvode striedavého prúdu s prvkami RLC a pri pohybe rovnomerne zrýchlenom. V takých prípadoch sa spravidla pokúšame úlohu riešiť použitím postupu, ktorý nazývame *metóda dynamického modelovania*. *Metódu dynamického modelovania* pre didaktické ciele zaviedol a vo svojich „Prednáškach“ využíval *R. Feynman*.

Dynamické modelovanie spravidla nevyžaduje znalosť integrálnej funkcie $y = y(x)$, ktorou sa riadi určitá fyzikálna závislosť veličín x , y . Riešiteľ však musí poznať diferenciálny vzťah vyjadrujúci vzájomnú súvislosť zmien dx , dy veličín, ktoré v závislosti vystupujú.

Veličiny x , y môžu vyjadrovať rôzne vlastnosti modelovaného objektu. Vzhľadom na rozmanitosť fyzikálnych javov, môžu vyjadrovať napr. *čas, dĺžku, teplotu, prúd, magnetické vlastnosti látok, charakteristiky silových polí*,... Musí však medzi nimi byť fyzikálna súvislosť riadiaca sa určitou fyzikálnou zákonitosťou. V nasledujúcej časti ilustrujeme metódu dynamického modelovania príkladom opisu *rovnomerne zrýchleného pohybu*.

Podstatou metódy je numerické riešenie diferenciálnych rovníc o pohybe hmotného bodu, v ktorých vystupujú napr. kinematické veličiny, zrýchlenie $a(t)$, rýchlosť $v(t)$, dráha $s(t)$ ako funkcie času. Tak napr. pre priamočiary pohyb hmotného bodu potom platí

$$a(t) = \frac{dv(t)}{dt} \quad v(t) = \frac{ds(t)}{dt}$$

resp. $dv = a dt, \quad ds = v dt. \quad (1)$

Uvedené vzťahy pripomínajú diferenciálne rovnice. Zmeny veličín značené operátorom „d“ však nie sú infinitezimálne malé, ale sú to konečné hodnoty. Ich veľkosti závisia od veľkosti kroku – od zmeny tej veličiny, ktorú kontrolujeme a meníme v krokoch (v rovniciach (1) by sa v krokoch dt menila veličina čas t).

Pri známych začiatočných podmienkach možno postupnými krokmi vyhľadať hodnoty funkcií $v(t)$, $s(t)$ v čase $t + dt$, ak sú známe ich hodnoty v čase t

$$\begin{aligned} v(t + dt) &= v(t) + dv = v(t) + a(t) dt \\ s(t + dt) &= s(t) + ds = s(t) + v(t) dt \end{aligned} \quad (2)$$

Veličiny dt majú význam *konečných prírastkov času*. Treba ich voliť tak malé, aby sme počas nich mohli považovať za konštanty zrýchlenie a vo vzťahu

$$dv := a * dt, \quad (3)$$

resp. rýchlosť v vo vzťahu

$$ds := v * dt.$$

V každom cykle programu sa teda čas zväčší o hodnotu dt a program vypočíta novú hodnotu rýchlosti a dráhy

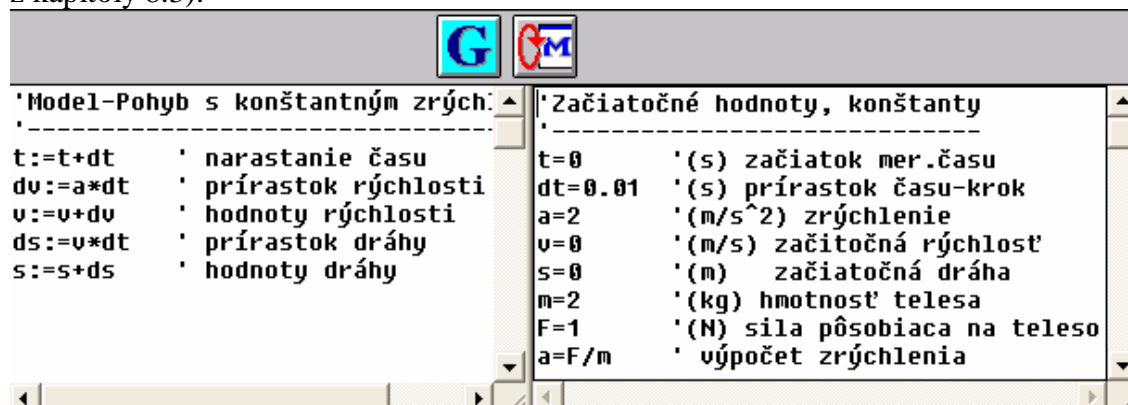
$$\begin{aligned} v &:= v + dv \\ s &:= s + ds \end{aligned} \quad (4)$$

$$s := s + ds$$

V čase, keď *R. Feynman* zaviedol metódu dynamického modelovania do svojich známych „*Prednášok*“, neboli ešte počítače bežne k dispozícii. Preto sa všetky výpočty vykonávali veľmi prácne na ručnom kalkulátore a zapisovali sa do tabuľky, ktorá bola podkladom pre kreslenie grafu.

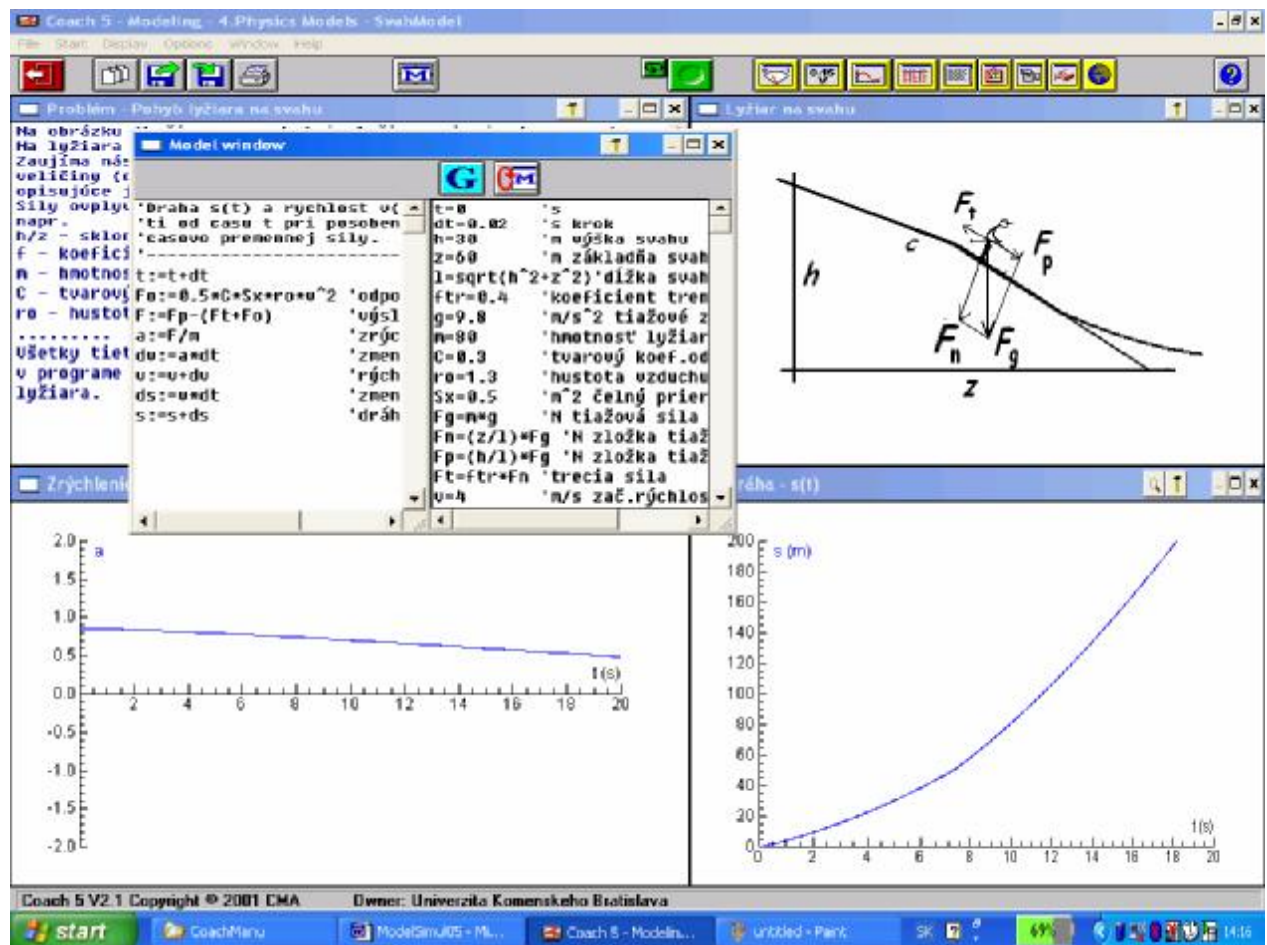
V súčasnosti u nás používané školské programové systémy, ako napr. *Coach*, alebo *Famulus*, *Modelus*,... umožňujú tento postup využívať bez väčších problémov - postačí napísať rovnice typu (1), (2) a zadať začiatočné podmienky. Programové okno s programom v prostredí **MODELOVANIE Coach** je na obr. 1.

Na prvý pohľad by sa zdalo, že dynamické modelovanie, založené na postupných zmenách veličín, vypočítavaných z diferenčných vzťahov označených (3), (4) je „nadbytočná“ činnosť. Počítač „vie“ grafy nakresliť aj vtedy, keď použijeme jednoduchší program (pozri obr. z kapitoly 8.3).



Obr. 1 Dynamické modelovanie rovnomerne zrýchleného pohybu na počítači v prostredí **Coach MODELOVANIE**: V každom cykle program vypočíta zmenu rýchlosti $dv := a * dt$ a zmenu dráhy $ds := v * dt$ a pripočíta tieto hodnoty k hodnotám v a s , ktoré určil v predchádzajúcom cykle. Počítač zobrazí rovnaké grafy ako na obr. z kapitoly 8.3.

Dynamické modelovanie vieme doceniť až vtedy, keď máme riešiť zložitejší problém, napr. pohyb telesa, pri ktorom sila naň pôsobiaca sa v závislosti od času mení. S časovo premennou silou sa stretne aj pri zdanlivo jednoduchom deji – pri zjazde lyžiara na svahu, ktorý sme vymodelovali na obr. 2.



Obr. 2 Modelovanie pohybu lyžiara na svahu. Z grafu zobrazeného vľavo dole vidíme, že zrýchlenie pohybu nie je konštantné pohyb lyžiara nie je rovnomerne zrýchlený.

Úloha Aký je pohyb lyžiara na svahu, ak medzi sily, ktoré naňho pôsobia, započítame silu trenia aj silu aerodynamického odporu.

Tiažová sila pôsobiaca na lyžiara sa rozkladá do dvoch navzájom kolmých smerov na pohybovú zložku F_p a normálovú zložku F_n , od ktorej závisí trecia sila $F_t = f F_n$, kde f je koeficient dynamického šmykového trenia. Ďalšia sila pôsobiaca na lyžiara proti smeru jeho pohybu je aerodynamická odporová sila

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

Táto sila je závislá od tvarového koeficientu C , čelného prierezu S_x (plochy rezu telesom, kolmému na smer pohybu), hustoty ρ vzduchu a druhej mocniny rýchlosti v lyžiara. Rýchlosť lyžiara sa pozdĺž svahu spravidla mení a preto sa mení aj veľkosť celkovej sily F , ktorá pôsobí na lyžiara v smere jeho pohybu $F = F_p - (F_t + F_o)$.

```

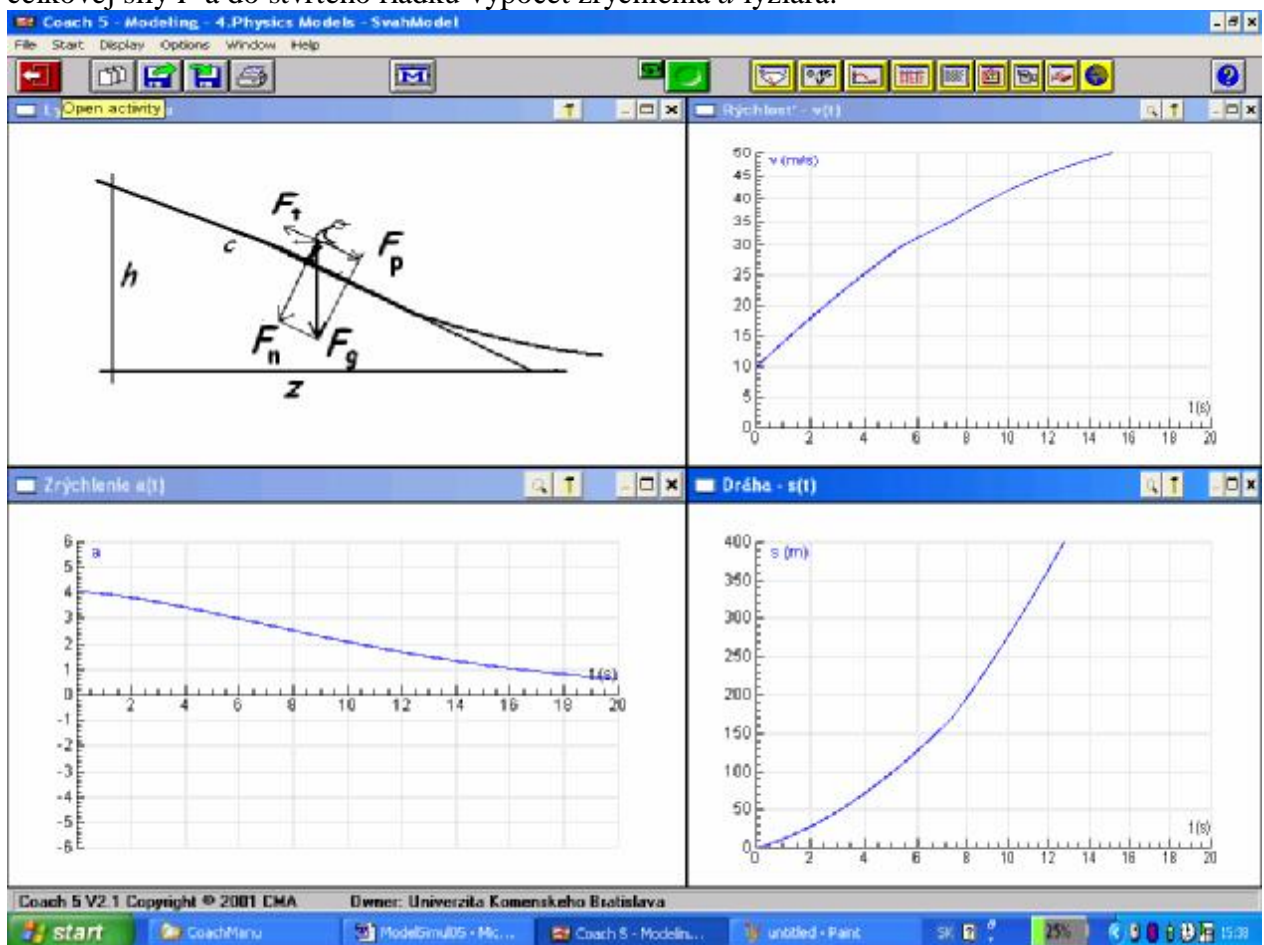
'Draha s(t) a rychlost v(t) v zavis
'ti od casu t pri posobeni odporove
'casovo premennej sily.
-----
t:=t+dt
Fo:=0.5*C*Sx*ro*u^2 'odporová sila
F:=Fp-(Ft+Fo)       'výsledna sila
a:=F/m              'zrýchlenie
dv:=a*dt           'zmena rýchlost
v:=v+dv            'rýchlost
ds:=v*dt           'zmena dráhy
s:=s+ds            'dráha

t=0                's
dt=0.02            's krok
h=30                'm výška svahu
z=60                'm základňa svahu
l=sqrt(h^2+z^2)    'dĺžka svahu
ftr=0.4            'koeficient trenia
g=9.8              'm/s^2 tiažové zrýchlenie
m=80                'hmotnosť lyžiara
C=0.3              'tvarový koef.odporu
ro=1.3             'hustota vzduchu
Sx=0.5             'm^2 čelný prierez
Fg=m*g            'N tiažová sila
Fn=(z/l)*Fg       'N zložka tiažovej sily
Fp=(h/l)*Fg       'N zložka tiažovej sily
Ft=ftr*Fn         'trečia sila
v=4                'm/s zač.rýchlost

```

Obr. 2 Dynamické modelovanie pohybu lyžiara na svahu. Celková sila F , ktorá pôsobí na lyžiara, sa v závislosti od času mení a preto výpočet sily musí byť zaradený v ľavom stĺpci programového okna.

Pri skúmaní ľavého stĺpca programového okna na obr. 2 vidíme, že do druhého riadku programu sme zaradili výpočet *aerodynamickej odporovej sily* F_o , do tretieho riadku výpočet celkovej sily F a do štvrtého riadku výpočet zrýchlenia a lyžiara.

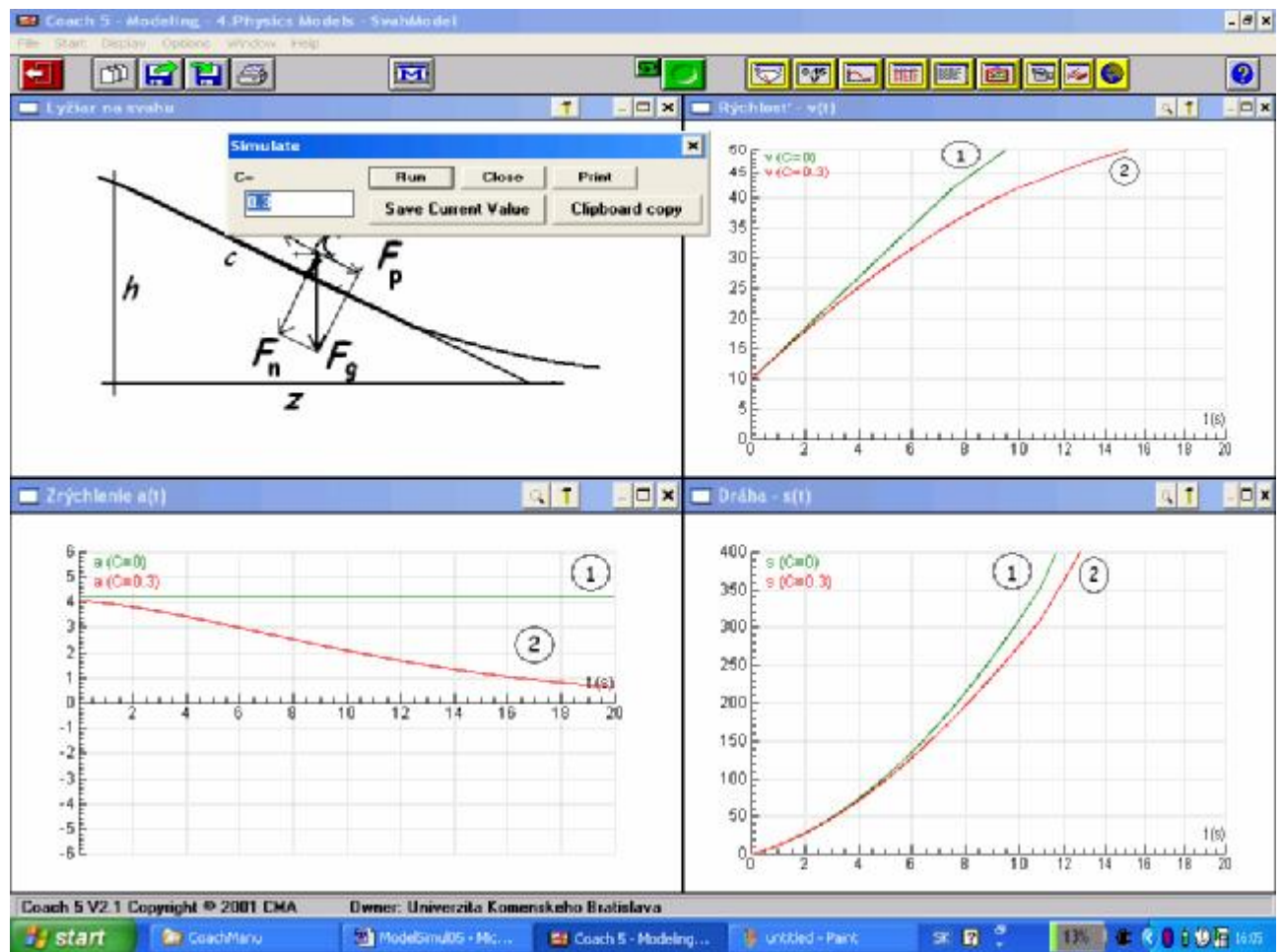


Obr. 3 Grafy zrýchlenia, rýchlosti a dráhy lyžiara, znázornené v závislosti od času. Keď sme začali merať čas, lyžiar sa pohyboval rýchlosťou $10 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. S narastajúcou rýchlosťou sa zväčšuje odporová aerodynamická sila F_o . To sa prejavuje postupným znižovaním zrýchlenia.

V pravom stĺpci sú zadané konštanty vstupujúce do výpočtov v ľavom stĺpci, výpočet tiažovej sily $F_g = mg$ a jej zložiek F_g a F_n a trecej sily F_t .

Grafy zrýchlenia $a = a(t)$, rýchlosti $v = v(t)$, a dráhy $s = s(t)$, lyžiara, znázornené v závislosti od času, sú na obr. 3.

Pohyb lyžiara na svahu je situácia, ktorá je pre väčšinu žiakov 1. ročníka gymnázia bežná. Napriek tomu je „klasickými“ učebnými postupmi na tejto úrovni neriešiteľná. Pri riešení podobných úloh sa učiteľ spravidla obmedzí na pohyb s pôsobením konštantnej trecej sily, v najlepšom prípade s úlohovou informáciou „aerodynamický odpor proti pohybu zanedbávame“. Na nasledujúcom obrázku (obr. 4) uvádzame príklad počítačovej simulácie pohybu lyžiara – raz so započítaním a druhý krát bez započítania aerodynamickej odporovej sily ($C=0$).



Obr. 4 Simulácia pohybu lyžiara na svahu – 1. bez započítania aerodynamickej odporovej sily ($C=0$) a 2. s jej započítaním ($C=0.3$).

Ak posudzujeme práve vyriešenú úlohu o pohybe lyžiara z didaktického hľadiska, zrejme až pri počítačovej simulácii sme schopní docíliť pri jej riešení postačujúci motivačný efekt. Takto sa úloha rieši v kontexte s reálnou a žiakovi dôverne známou situáciou, pri ktorej sme schopní riešenie niekoľkokrát opakovať vložiť do neho napr. rôzne hodnoty konštant S_x a C v súvislosti s postojom a s oblečením lyžiara alebo aj hodnoty koeficientu f šmykového trenia, v súvislosti s mazaním sklzníc lyží.

V článku sme použili počítačovú simuláciu, aby sme graficky vyriešili úlohu, ktorá by pri numerickom riešení vyžadovala použitie infinitezimálneho počtu. Grafické metódy spravidla dokážu diferenciálny počet alebo integráciu obísť.

V nasledujúcom článku ukážeme príklad vyučovacieho postupu, ktorý využíva grafickú deriváciu pri zavedení okamžitej rýchlosti nerovnomerného pohybu.

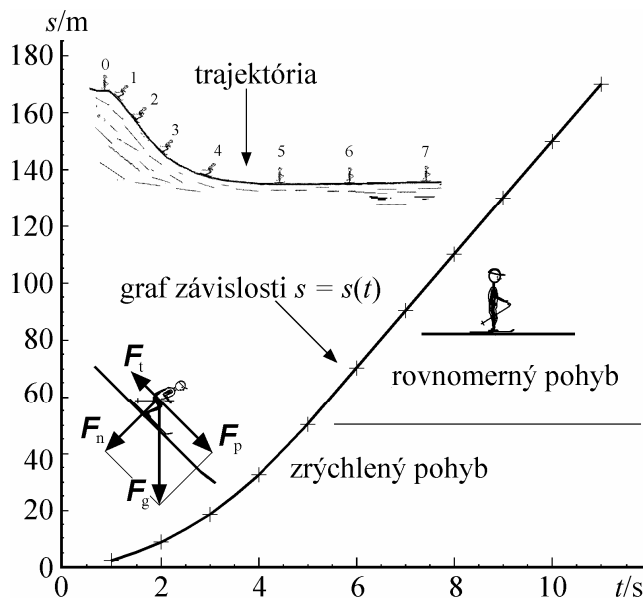
Modelovanie merania okamžitej rýchlosti nerovnomerného pohybu

Gymnaziálne učebnice fyziky spravidla pracujú s definíciou okamžitej rýchlosti pohybu telesa v tvare:

„Rýchlosť pohybu telesa v istom čase je rýchlosť, ktorou by sa teleso pohybovalo, keby od tohoto času bol jeho pohyb rovnomerný priamočiary.“

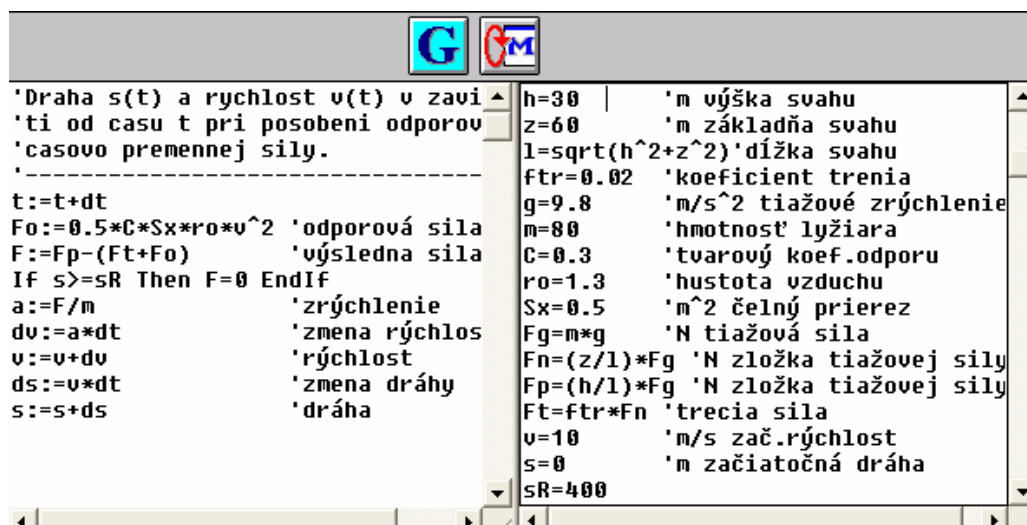
Pozrime sa najprv, ako sa táto definícia interpretuje v učebnicovom texte:

V hornej časti obr. 5 sme znázornili trajektóriu lyžiara pri zjazde na svahu a na rovinke pod svahom. Mali by sme si všimnúť, že jeho pohyb sa skladá z dvoch častí. Pri prvej z nich sa lyžiar pohybuje zrýchlene dolu svahom. Druhý pohyb sa koná pod svahom na rovinke, ktorá je pokrytá ľadom. Sila trenia, ktorá by tam brzdila lyžiarov pohyb, je zanedbateľne malá, a preto sa lyžiar pohybuje rovnomerne.



Obr. 5 Počas lyžiarovho pohybu sme merali čas t a dráhu s , ktorú prešiel od bodu označeného 0. Výsledky sme zobrazili grafom závislosti dráhy od času $s = s(t)$.

Lyžiar na svahu sa pohybuje zrýchleným pohybom. Na rovinke pod svahom so zľadovateným povrchom si niekoľko sekúnd zachová poslednú z rýchlostí, ktoré postupne nadobúdal na svahu.



Obr. 6 Modelové okno s programom v prostredí Coach, pri riešení úlohy o pohybe lyžiara.

Úloha Analyzujeme graf na obr. 5. Zistíme, že pohyb lyžiara bol rovnomerný od okamihu keď lyžiar prešiel dráhu $s_R = 50$. Pokúste sa odpovedať na otázku: Zavisí rýchlosť konečného rovnomerného pohybu lyžiara pod svahom aj od jeho predchádzajúceho pohybu na svahu?

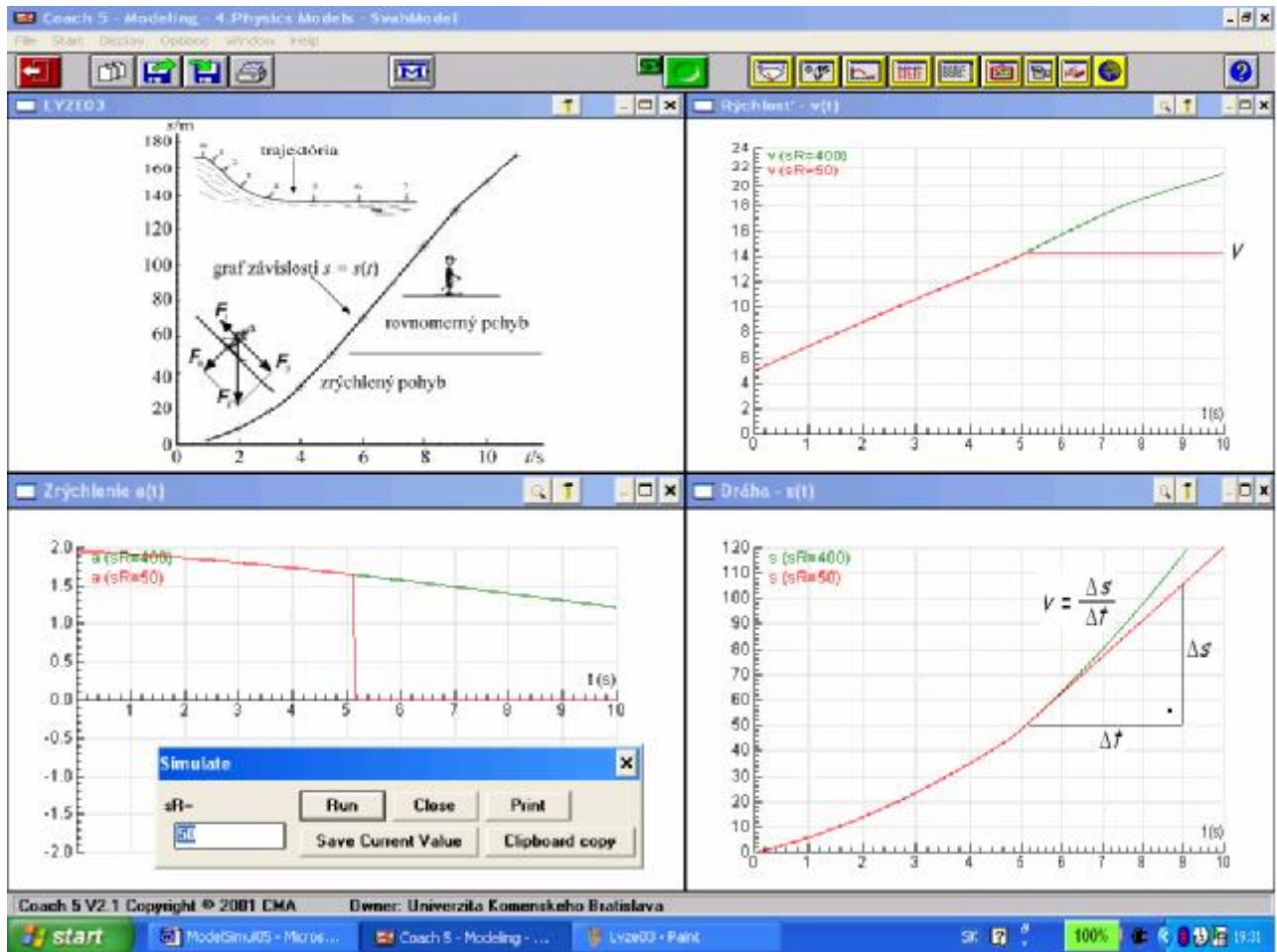
Aby sme takto opísanú úlohovú situáciu mohli modelovať, vložíme do 4. riadku programu na obr. 6 vetu, ktorú nazývame podmieňovací príkaz

`If s >= sR Then F=0 EndIf`

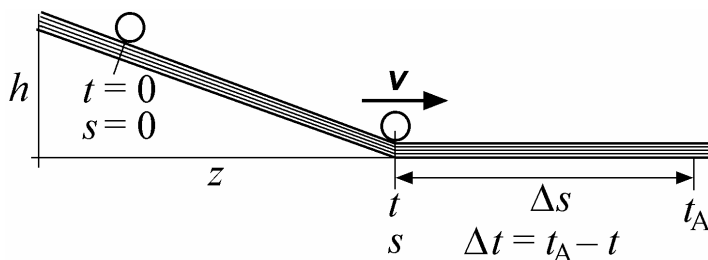
Po preklade do bežného jazyka to znamená: „Ak hodnota dráhy dosiahne (prekročí) hodnotu s_R , potom za veľkosť výslednej sily treba dosadiť hodnotu $F=0$.“ Na konci je pripojené vyhlásenie „EndIf“, ktorým sa počítač informuje o ukončení podmieňovacieho príkazu.

Práve taká situácia nastane, keď sa lyžiar po zjazde dolu svahom dostane na začiatok zľadovatej rovinky. Zložka F_p tiažovej sily prestane pôsobiť a na zľadovatenom povrchu môže byť aj trecia sila F_t zanedbateľne malá. Potom skutočne platí $F = 0$ a vtedy je podľa 1. Newtonovho pohybového zákona ďalší pohyb lyžiara priamočiary, rovnomerný.

V pravom stĺpci modelového okna je zadaná hodnota $s_R=400$ (m). Na obrázku obr. 5 zistíme, že lyžiar dosiahol začiatok rovinky pod svahom približne v piatej sekunde svojho pohybu, vtedy, keď dolu svahom prešiel dráhu $s_R=50$. To je hodnota, ktorú treba pri simulácii do programu dosadiť.

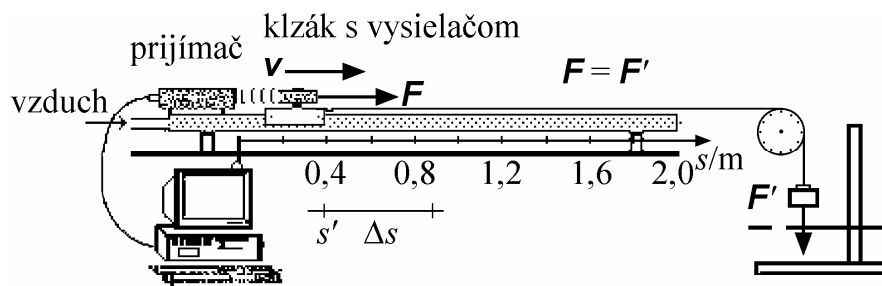


Obr. 7 Simulácia merania okamžitej rýchlosti lyžiara, ktorý sa práve dostal na vodorovnú rovinku pod svahom. Krivka znázorňujúca dráhu $s = s(t)$ v závislosti od času prechádza do svojej vlastnej dotyčnice v bode so súradnicami $(t_R, s_R) \equiv (5,2 \text{ s}, 50 \text{ m})$. Do grafu sme dokreslili prírastkový trojuholník so stranami Δt , Δs , pomocou ktorého sa môžeme presvedčiť, že odmeraná rýchlosť $v = \Delta s / \Delta t$ sa rovná rýchlosti odmeranej na grafe závislosti $v = v(t)$.



Obr. 8 Jednoduchý experiment, modelujúci meranie (okamžitej) rýchlosti zrýchleného pohybu.

Príklad úlohovej situácie s pohybom lyžiara na svahu sme prevzali z učebnice fyziky pre 1. ročník (štvorročného) gymnázia, spolu s počítačovým modelom pohybu lyžiara. Model môžeme aplikovať aj na jednoduchý experiment (obr. 8) alebo aj na demonštračný experiment so vzduchovou dráhou (obr. 9).



Obr. 9 Na obrázku sme znázornili pohyb klzáka vzduchovej dráhy so zanedbateľným trením. Tiažová sila F' , pôsobiaca na závažia, uvádza klzák do zrýchleného pohybu. Po zachytení závažia (v čase t' vo vzdialenosti s' od začiatku dráhy), sa vozík pohybuje rovnomerne, konštantnou rýchlosťou.

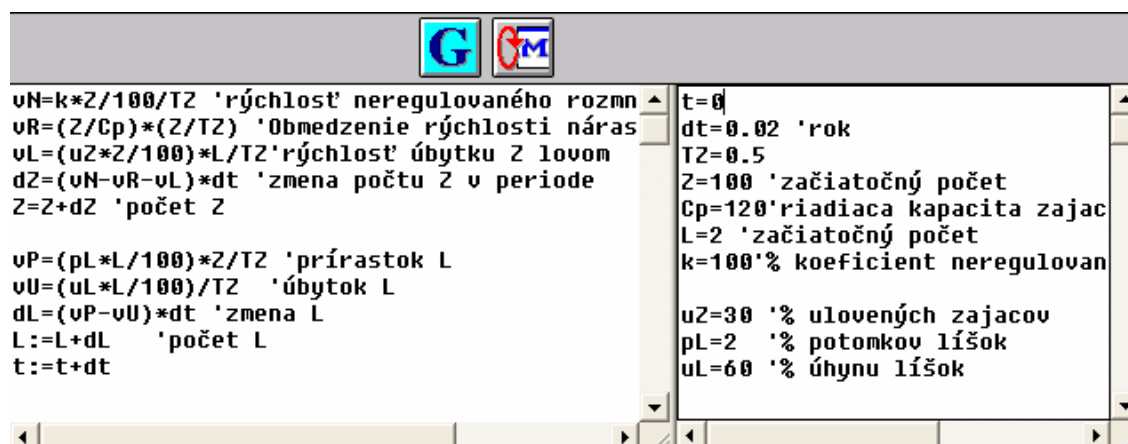
8.5 Empirické modely v prostredí Coach MODELOVANIE – ako spolu žijú zajace a líšky

Pri tvorbe empirických modelov sa snažíme plánovať činnosť modelu len na základe skúseností so správaním modelovaného originálneho objektu. Pri matematickom modelovaní zavádzame empirické konštanty do rovníc, ktoré program pri svojej činnosti rieši, často aj bez toho, že by sme vedeli presne definovať ich zmysel.

S empirickými modelmi sa stretávame aj vo fyzike, ale typické príklady empirického modelovania nachádzame častejšie vo vedách o živej prírode. Na ilustráciu ukážeme model, ktorý má pomôcť pri riešení problému osídľovania relatívne izolovanej prírodnej oblasti zajacmi a líškami.

Najprv slovnou formulujeme úlohu, na riešenie ktorej sme model „Líšky a zajace“ pripravili:

Úloha V chránenej oblasti by sme chceli udržať v rovnováhe dva druhy živočíchov, z ktorých jeden druh slúži ako potrava pre druhý druh, ktorý je voči prvému predátorom - zajace a líšky. Predpokladáme, že oblasť je izolovaná. Preto okrem počtu líšok a riadiacej kapacity C_p , danej množstvom potravy vhodnej pre zajace, nevplyva na počet zajacov iný vonkajší faktor. Podľa nášho odhadu sa v oblasti môže užiť $C_p = 120$ zajacov.

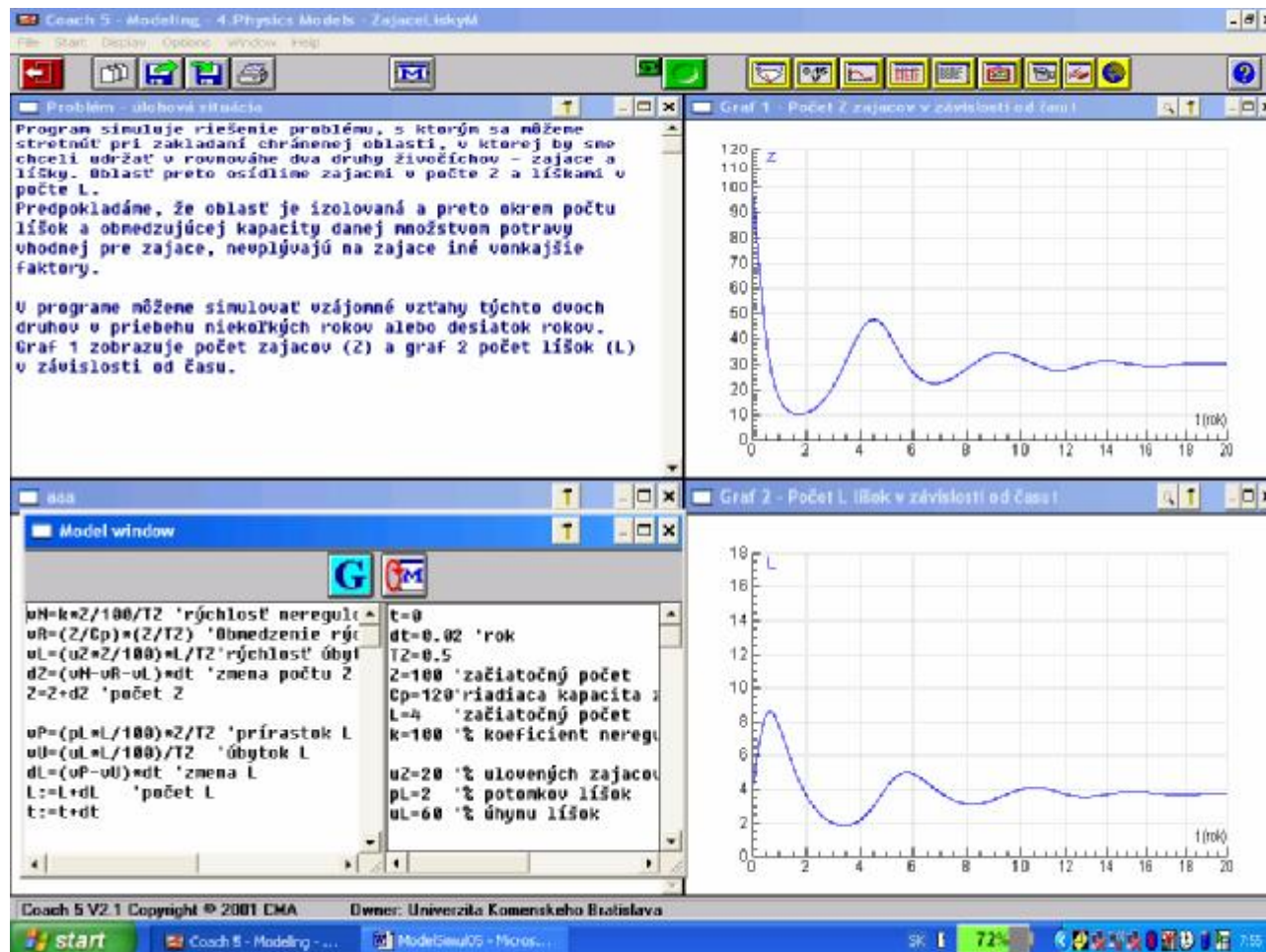


Obr. 1 Modelové okno s programom „Líšky a zajace“.

Prvým z problémov, ktoré treba vyriešiť, je začiatočný počet zajacov (Z) a líšok (L), ktorými máme oblasť osídliť.

Empirický model je zostavený z niekoľkých rovníc, vyjadrujúcich rýchlosti, ktorými sa menia počty zajacov a líšok. Tieto rovnice nájdeme v ľavom stĺpci okna.

Reprodukčná perióda zajacov je približne $T_Z=1/2$ roka. Koefficient prírastku zajacov je $k=100$ %, takže v každej perióde by sa počet zajacov bez regulácie zdvojnásobil. Prírastok zajacov dôsledku ich prirodzenej „neregulovanej“ reprodukcie sa riadi vzťahom $v_N=(k*Z/100)/T_Z$



Obr. 2 Modelovanie rovnovážneho stavu medzi líškami $L(t)$ a zajacmi $Z(t)$. Predtým ako sa dosiahne rovnováha, počty Z a L oscilujú s rovnakou periódou. Amplitúda oscilácií počtu líšok sa oneskoruje za amplitúdou oscilácií zajacov.

Maximálny počet zajacov je limitovaný riadiacou kapacitou C_p . (Viac ako V zajacov revír neuživí.) To znižuje rýchlosť neregulovaného narastania o hodnotu úmernú podielu Z/C_p (mera obmedzenia). Rýchlosť narastania počtu zajacov sa tak znižuje o hodnotu $v_R = (Z/C_p) * (Z/T_Z)$.

Určitý počet zajacov v každej perióde ulovia líšky ($u_Z * Z$), kde u_Z je v percentách vyjadrený koeficient úspešnosti lovu. Počet zajacov ulovených za jednotku času je ďalej úmerný počtu L líšok. Za jednotku času teda ubudne počet zajacov, ktorý môžeme vyjadriť ako "rýchlosť" v_L úbytku počtu zajacov lovom.

$$v_L = (u_Z * Z / 100) * L / T_Z$$

Celková zmena dZ počtu zajacov počas jedného kroku programu sa preto vyjadruje vzťahom $dZ = (v_G - v_R - v_L) * dt$

kde dt je čas nastavený v programe ako dĺžka jedného kroku (cyklu) programu.

V každom kroku programu sa teda pôvodný počet Z zajacov zmení o hodnotu dZ , takže nasledujúcu hodnotu dostaneme ako súčet pôvodnej hodnoty Z a prírastku dZ

$$Z = Z + dZ$$

Líšky sa rozmnožujú pomalšie ako zajace. Ich prírastok bude úmerný ich počtu L a pretože sa živia zajacmi, bude úmerný aj súčinu $pL \cdot Z$ počtu zajacov Z a prírastkového koeficientu pL . Narastanie počtu líšok za jednotku času vyjadríme ako "rýchlosť" vL

$$vP = pL \cdot Z / 100 \cdot Z / TZ$$

Rýchlosť narastania počtu líšok obmedzuje ich prirodzený úhyn a niekedy aj regulácia odstrelom. Úbytok počtu líšok vyjadruje koeficient uL v percentách. (Očakávame, že v reprodukčnej perióde zajacov uhynie prirodzenou cestou, napr. 50 percent líšok). Rýchlosť znižovania počtu líšok (úbytok počtu za jednotku času) vyjadruje vzťah

$$vU = (uL \cdot L / 100) / TZ$$

Zmenu dL počtu líšok v jednom kroku nájdeme podľa rovnice

$$dL = (vP - vU) \cdot dt$$

V každom kroku programu sa teda pôvodný počet L líšok zmení o hodnotu dL , takže nasledujúcu hodnotu dostaneme ako súčet pôvodnej hodnoty L a zmeny dL

$$L = L + dL$$

Výsledok činnosti programu je na obr. 2. Modelované „osídlenie“ zrejme nebolo príliš úspešné. V období niekoľkých rokov stavy obidvoch druhov značne kolíšu dovedy, kým sa neustália na rovnovážnej hodnote $Z \approx 30$, $L \approx 2$. Ak sa nám podarilo zostaviť reálny model a všetky kvantitatívne koeficienty opisujúce rozmnožovanie, úhyn, úspešnosť lovu,.. sme stanovili správne, vedeli by sme osciláciám stavov predísť: Oblasť by sme osídlili takými začiatočnými počtami L a Z obidvoch druhov živočíchov, na ktorých by sa mali, podľa nášho modelu, po niekoľkých rokoch ustáliť.

Žiaľ, ako sme už uviedli vyššie, empirický model sa zakladá na skúsenosti, ktorá vznikla za určitých podmienok, v určitom čase a v určitom prostredí. Ak je to skúsenosť zo živej prírody, nie sme si nikdy istí, či sa nám podarilo dobre a úplne definovať podmienky a predpoklady stavu, v ktorom sme ich získali. Jej zovšeobecnenie a zdôvodnenie určitými zákonitosťami je preto málokedy možné. V prírode sa niekedy životné podmienky menia veľmi rýchle a príčiny zmien sa vždy nedajú ľahko postrehnúť a ani predvídať. Takmer žiadna prírodná oblasť na Zemi už dnes nie je natoľko izolovaná, aby sme skúsenosti o nej mohli extrapolovať do niekoľkých rokov alebo desiatok rokov, ako je to v našom modeli.

Napriek uvedeným problémom, nemôžeme považovať za celkom neužitočné empirické modely podobné tomu, ktorý sme zostavili pre spolužitie zajacov s líškami. Pomocou nich sa dajú simulovať javy, ktoré môžeme očakávať pri zásahoch do prírody. Napr.: V našom modeli niekedy dostávame prekvapivé výsledky ak simulujeme väčší úhyn líšok napr. odstrelom pri poľovačke v dôsledku chybného záveru, že okamžitý nárast ich počtu je dôsledok premnoženia a nie prírodnej zákonitosti, ktorá sa prejavuje osciláciami. Ak teda napr. zmeníme koeficient uL úhynu líšok zo 60% na 80% zistíme, že k ustáleniu stavu zajacov dôjde na vyššej hodnote Z . Na druhej strane, porozumenie tejto modelovanej zákonitosti môže správcovi prírodnej oblasti pomôcť pri regulácii stavu niektorého druhu tak, že reguluje stav jeho predátorov.

V ďalšom článku uvedieme ešte jeden empirický model zo živej prírody, ktorý sme nazvali „Rastlina“. Chceli by sme na ňom ukázať, ako môže veda o živej prírode používať model pri skúmaní a kvantitatívnom hodnotení podmienok, v ktorých sa rastlina rozvíja.

8.6 Empirické modely v prostredí Coach MODELOVANIE – 2. Ako rastie rastlina

Na obr. 1 je v ľavom dolnom okne zobrazený graf, ktorý opisuje život rastliny – kukurice – v priebehu 59 dní jej vegetačného obdobia. Každý tretí deň sme merali jej výšku h . Hodnoty dvojíc (t, h) , času t (v jednotkách deň) a výšky h (v jednotkách mm) sme zaznamenávali

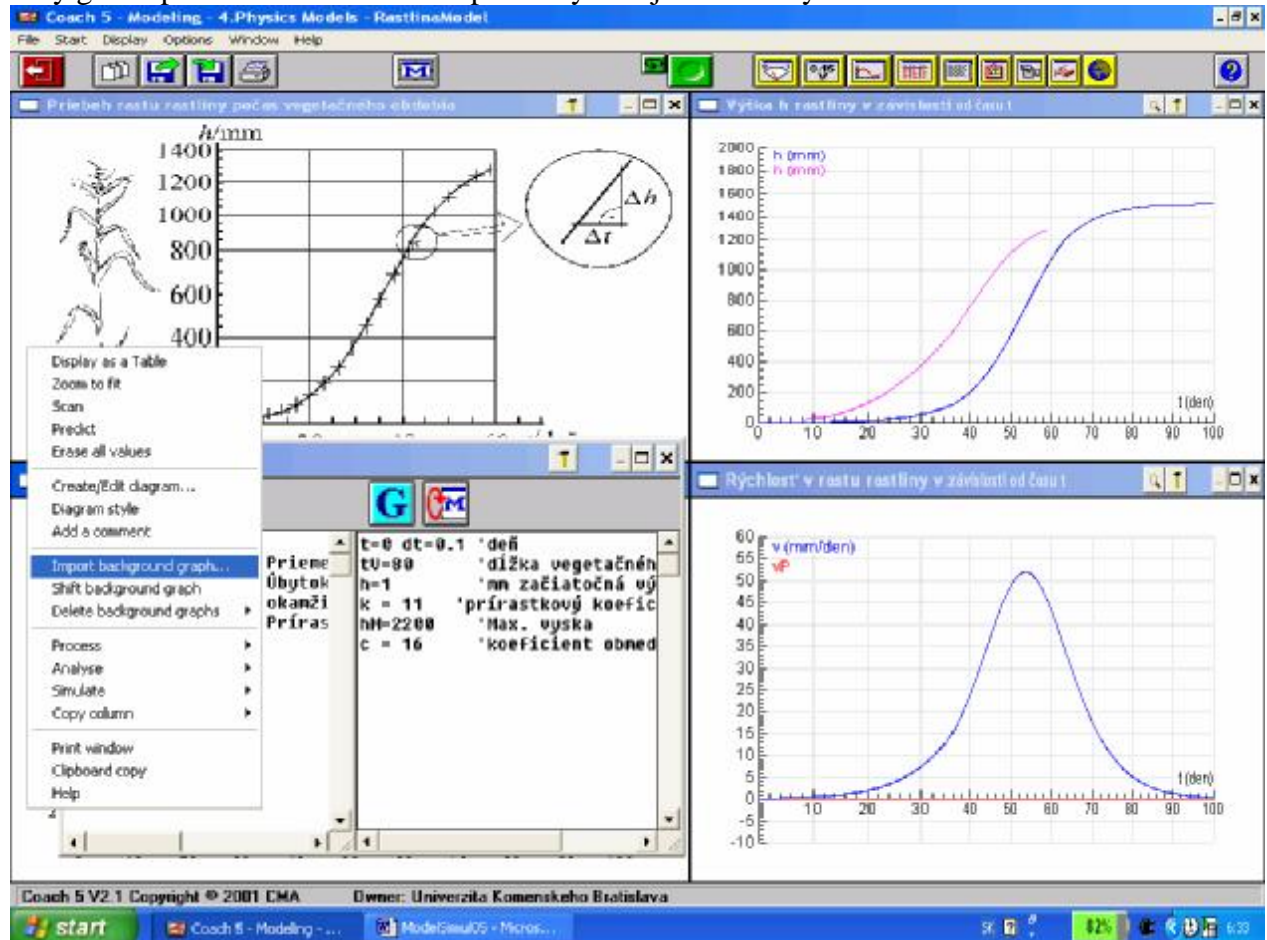
do tabuľky a do grafu. Vrchol rastliny sa stále pohyboval smerom hore, ale nie stále rovnakým tempom.

Z grafu vidíme, že najprv rastlina rástla zrýchlene – vtedy zrejme prijímala najviac živín.. Približne od polovice vegetačného obdobia sa jej podmienky zmenili – látky potrebné na jej stavbu bolo treba dopravovať jej kapilárnymi cievami príliš vysoko. Faktory obmedzujúce ďalší vývoj spôsobili, že sa jej rast spomaľoval.

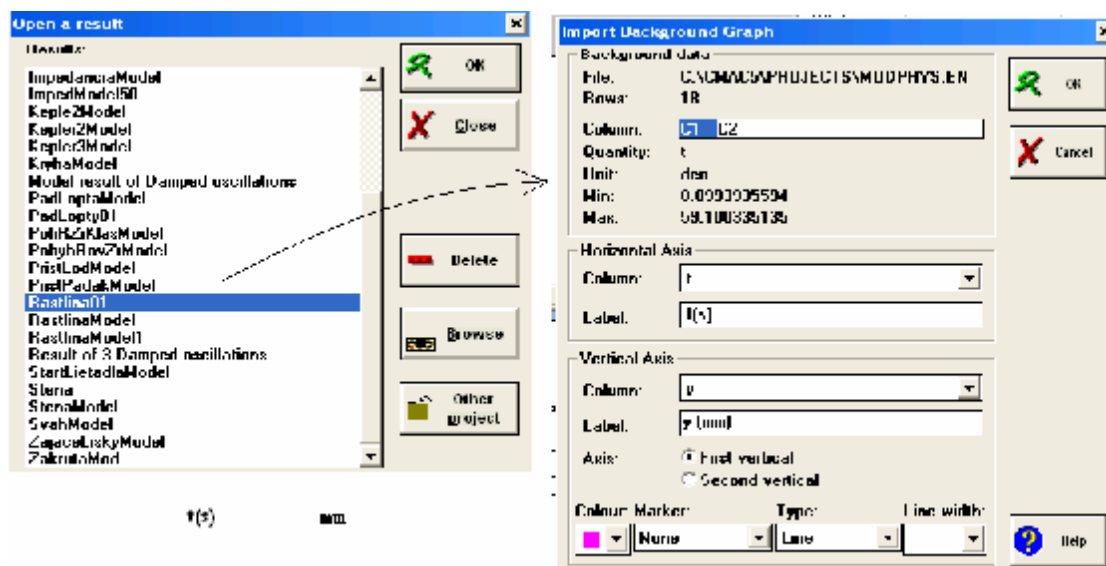
Model rastu rastliny je na obr. 21. Tentokrát nebudeme komentovať postup pri tvorbe programu – sčasti by sa podobal na postup použitý v predchádzajúcom článku pri opise vývoja populácií líšok a zajacov.

Na grafe v pravom hornom okne sa zobrazuje simulovaný dej – priebeh rastu – výška h rastliny v závislosti od času t . Na grafe vpravo dole sa zobrazuje rýchlosť v v závislosti od času t .

Overenie empirického modelu simulujúceho rast rastliny je možné jeho porovnaním s priebehom rastu skutočnej rastliny, napr. toho, ktorý je zobrazený na obr. 21 v ľavom hornom okne. Dáta, ktoré sme pri meraní rastliny získali, sú uložené v tabuľke a zobrazené grafom závislosti $h = h(t)$ v súbore Rastlina1. Tento graf môžeme preniesť do modelovacieho programu (ako „graf na pozadí – Background graph“) a zobraziť spolu s grafom závislosti $h = h(t)$, ktorý sme získali počítačovým modelovaním. V obr. 1 je týmto „grafom na pozadí“ ľavý graf v pravom hornom okne. Spôsob výberu je naznačený na obr. 2.

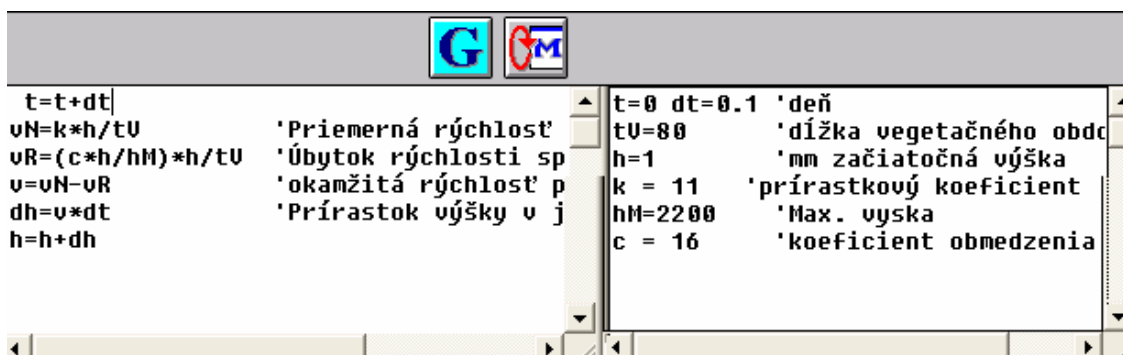


Obr. 1 Modelovanie rastu rastliny. V pravom hornom okne sú dva grafy. Graf vpravo nakreslil počítač pri činnosti programu „Rastlina“. Graf vľavo zodpovedá obrázku v ľavom dolnom okne. Odmerané hodnoty sme zadali do programu Coach Tabuľkový kalkulačtor a uložili v súbore „Rastlina1“. Do programu MODELOVANIE sme ho privolali výberom „Import grafu na pozadie“ – „Import background graph“.



Obr. 2 Postup pri zobrazení grafu aproximujúceho výsledky merania na pozadí modelu. Po výbere súboru, v ktorom sú uložené odmerané dáta (Rastlina1), program MODELOVANIE importuje odmerané hodnoty (stĺpce C1 a C2 z tabuľky odmeraných dát v programe Rastlina1) a žiada potvrdiť ich priradenie k osiam modelu.

Aby sme overili súlad nášho modelu so skutočnosťou, je treba stotožniť obidva grafy na obr. 1 vpravo hore. To docielime jednak posunutím grafu na pozadí vo vodorovnom smere k rovnakému začiatočnému bodu (pravý kláves myši a potom výber „posunúť graf na pozadí – shift background graph“), jednak vhodnou voľbou kombinácie hodnôt „prírastkového koeficientu“ k , „koeficientu obmedzenia“ c , „maximálnej výšky“ hM a od správneho odhadu „dĺžky vegetačného obdobia“ tV , počas ktorého rastlina rástla.



Obr. 3 Modelové okno s programom Rast Rastliny“. Výška a sklon modelu závisia od „prírastkového koeficientu“ k , od „koeficientu obmedzenia“ c , od odhadu „maximálnej výšky“ hM a od správneho odhadu „dĺžky vegetačného obdobia“ tV , počas ktorého rastlina rástla.

Ak sa nám podarí stotožniť obidva grafy – ten ktorý vznikol empiricky – meraním a druhý – výsledok modelovania, môžeme priradiť hodnoty koeficientov k , c , hM , tV , v podmienkach, pri ktorých sme rastlinu pestovali.

Samozrejme, že takéto priradenie nemá veľký význam pre rastlinku, ktorá rástla v neregulovaných podmienkach. Ak však pokus uskutočníme v laboratóriu, sme schopní naplánovať a vykonať experiment, pri ktorom regulujeme len jednu z fyzikálnych vlastností prostredia, napr. dobu denného osvetlenia rastliny, a tak určiť, ako táto veličina vplyva na hodnotu toho-ktorého koeficientu. Už sme však spomínali, že pri skúmaní živých organizmov nie sú všetky vplyvy vždy dosť dobre postrehnuteľné a preto takéto priradenie býva málokedy jednoznačné.

9. Videomeranie

Videomeranie umožňuje analyzovať polohy a pohyby telies zaznamenaných na videoklipe, alebo na fotografii. Analýza sa odohráva zbieraním dát o polohe a čase zvolených bodov (napr. stredu lopty) vo vybraných snímkach videoklipu. V systéme Coach 5 je na tento účel vyhradený typ aktivity – „Dáta video“, v konkrétnej aktivite tohto typu je na video analýzu určené okno v ľavom hornom kvadrante.

Dáta sa získavajú manuálnym označením polohy sledovaného bodu v každej z vybraných snímok videoklipu. Údaje o čase sa získavajú automaticky z vlastností videoklipu. (Zo známeho počtu snímok za sekundu – „frame rate“. Spravidla býva video natočené s 25 snímkami/s, teda časový posun jednotlivých snímok je $1/25$ s, teda 0,04 s.).

Údaje o polohe a čase sa automaticky zapisujú do tabuľky a/alebo zobrazujú v zostavenom grafe. V každom klipe a snímke je možné sledovať súčasne až 8 bodov.

Výhodou tohto postupu je možnosť analýzy jednoduchých aj zložitejších pohybov odohrávajúcich sa v triede, ale aj mimo nej. Prostredníctvom takejto analýzy môžu žiaci konfrontovať predpoklady ideálnych podmienok s realitou.

Okrem samotného zbierania údajov o polohe a čase aktivita videomerania umožňuje aj vypočítať súradnice nových bodov, ako napr. ťažiska, alebo vzdialeností medzi bodmi. Vzorec pre výpočet sa zadáva do tabuľky alebo grafu. Vypočítaný bod (napr. ťažisko) môžeme zobrazovať vo všetkých aktívnych snímkach priamo vo videoklipe.

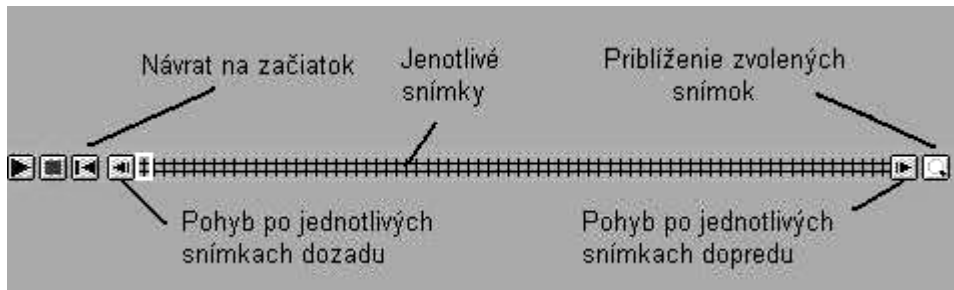
Podobne ako v iných typoch aktivít prostredia Coach 5 môžeme z údajov o polohe a čase vypočítať veličiny ako rýchlosť, zrýchlenie, energia a hybnosť a vykresľovať ich v grafe.

Jedným z najnázornejších nástrojov je porovnávanie videoklipu súčasne s vykresľujúcimi sa grafmi. Toto v značnej miere pomáha študentom spojiť konkrétny vizuálny vnem pohybu a jeho abstraktnú reprezentáciu grafom fyzikálnej závislosti.

9.1. Základy práce s video meraním - práca s vopred pripravenou aktivitou

Orientácia v prostredí video merania v systéme Coach 5

Ľavé horné okno v aktivite video merania je vyhradené na realizovanie zberu dát. Toto Dáta video okno, oproti ostatným, obsahuje špeciálnu navigačnú a ovládaciu lištu. Kliknutím na ľubovoľné miesto lišty v Dáta video okne sa zobrazí príslušný snímok videa. Tmavými čiarkami sú označené tzv. aktívne snímky, na ktorých sa vykonáva meranie. Svetlo šedou farbou sú označované neaktívne snímky, v ktorých sa nezaznamenáva poloha sledovaného bodu. Tlačidlo Zoom približuje zvolenú oblasť snímok na ovládacej lište, čo je výhodné napríklad vtedy, ak manuálne nastavujeme, ktoré snímky majú byť aktívne, a ktoré nie.



Obr. 1 Ovládacia lišta videoklipu v Dáta video okne

Vo zvyšných oknách (a to nielen v aktivite Dáta video) sa dajú videoklipy prehrávať, ale nedajú sa z nich priamo získavať dáta.

Zbieranie dát

Aktivitu je možné pripraviť tak, že snímky už sú vybrané, súradnice vzťažných osí okalibrované a nastavený je aj počet bodov, ktoré chceme v danom videoklape sledovať. V takom prípade je možné hneď pristúpiť k zbieraniu údajov potrebných na analýzu situácie.

Zbieranie dát sa spustí stlačením zeleného tlačidla **Štart**. V Dáta video okne (v ľavom hornom kvadrante) sa kurzor zmení na biely kríž. Potom **meriame polohu** zvoleného bodu v danej aktívnej snímke videoklipu a to tak, že tento kríž umiestnime na zvolený bod videoklipu a klikneme ľavým tlačidlom myši. (Ak si zvolíme za sledovaný bod napr. stred lopty, ktorá padá k zemi, označíme jeho polohu v danej snímke.) Program nás automaticky po označení polohy posunie na ďalšiu aktívnu snímku a označíme novú polohu sledovaného bodu.

Ak v každom snímku sledujeme **viac bodov** ktorých počet je vopred definovaný, napríklad tri, v danej snímke je možné kliknúť presne zodpovedajúci počet krát (teda 3 krát). Po označení týchto bodov nás automaticky systém presunie na ďalšiu aktívnu snímku. Proces sa opakuje. Je dôležité zachovať rovnaké poradie, v akom jednotlivé body označujeme.


Zbieranie dát **skončí** na poslednom aktívnom snímku automaticky. Meranie je možné **prerušit'** aj stlačením červeného tlačidla v ľubovoľnej etape zbierania dát. Neskôr je možné vo video meraní **pokračovať**. Na to je potrebné opäť stlačiť Štart. Systém automaticky začne merať tam, kde bolo predtým video meranie prerušené.

Pri videomeraní v Coach 5 je možná aj **dotatočná úprava polohy** označených bodov. Korekcia sa vykonáva prostredníctvom ovládacej lišty videoklipu (obr.1). Pomocou lišty si zobrazíme príslušnú snímku, myšou uchopíme na videoklape označený bod a jeho ťahaním presúvame do správnej polohy.

Videomeranie a graf

Ak máme vopred pripravený graf, dáta z videomerania sa v ňom automaticky zobrazujú. V tabuľke alebo v grafe nie je možné bod vymazať. Meraný bod sa dá vymazať iba tak, že príslušnú snímku klipu označíme ako neaktívnu. Vybraté (aktívne) snímky sú čierne a neaktívne snímky sú šedé. Snímky vyberáme na ovládacej lište snímkov, na ktorej sa pohybuje šípkami, alebo priamo tlačidlami na lište. Na označenie aktívnej snímky (či už pred meraním alebo aj po ňom - v tom prípade zmažete aj dáta) používame klávesu ****, na označenie snímky (či už pred meraním alebo na doplnenie snímky po meraní) používame klávesu **<Ins>** na príslušnej snímke. Ak po zrealizovaní zberu dát dotatočne doplníme aktívnu snímku, po stlačení tlačidla Štart nám systém Coach poskytne možnosť doplniť chýbajúce dáta. (pozri časť Zbieranie dát)

Spustenie zberu dát zo záznamu

Ak dáta zobrazujeme v grafe alebo v tabuľke, časový priebeh ich zberu si môžeme znovu spustiť zo záznamu . Pomocou tohto nástroja je možné v Dáta video okne sledovať prehrávajúci sa klip, a súčasne sa v grafe postupne zobrazujú merané dáta. Takto je možné súčasne s videoklipom sledovať aj závislosti odvodených veličín ako napr. rýchlosti od času a pod.

Jazdcom v dialógovom okne sa nastaví, ako dlho má záznam trvať v rozpätí od 1 s do 10 s. Čas prehrávania klipu zo záznamu nezodpovedá pôvodnej rýchlosti dejov nahraných vo videoklipe.

Prehrávanie sa opäť spustí zeleným tlačidlom a zastaví červeným.

Tento nástroj je vhodný na uvedenie si súvislostí medzi reálnym priebehom deja a jeho grafickou reprezentáciou.



Obr. 2 Prehrávanie videoklipu zo záznamu

9.2. Vytvorenie vlastnej aktivity videomeranie

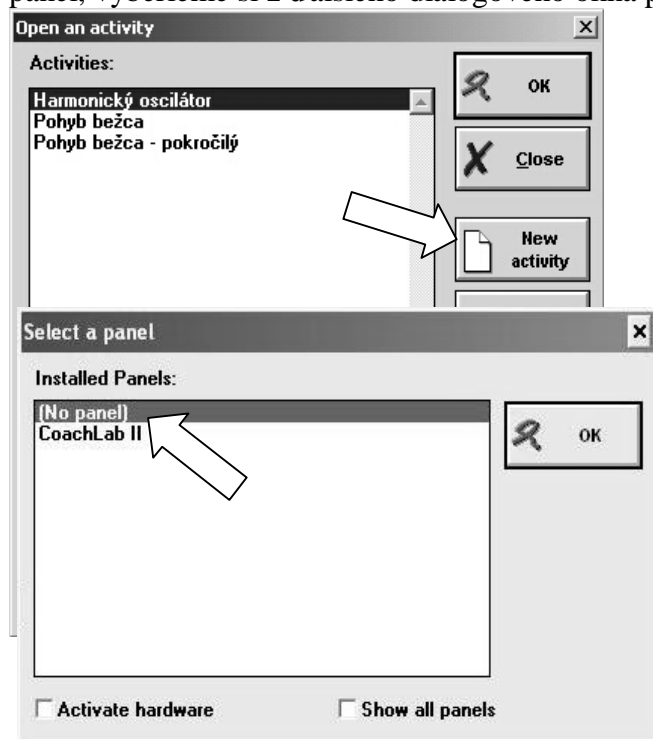
Príprava videoklipu

Príprava videoklipu je časovo najnáročnejšia časť videomerania a zvyčajne so žiakmi nie je potrebné pripraviť viac, než jeden až dva videoklipy počas celého štúdia. Videoklipy pre ďalšie videomerania berieme **z knižnice videoklipov**, pričom zvyčajne je vhodné a možné aj reálne predviesť zaznamenaný dej s komentárom „študenti minulý rok natočili...“. Ďalšou alternatívou je, že si niektorí žiaci zaznamenajú a spracujú videomeranie doma a prezentujú triede formou referátu alebo projektu.

Videoklip môže byť zaznamenaný akýmkoľvek zariadením (videokamerou, web kamerou, fotoaparátom ako videoklip, fotoaparátom ako sekvencia obrázkov, ...), zvyčajne však je potrebné dodržať nasledovné zásady:

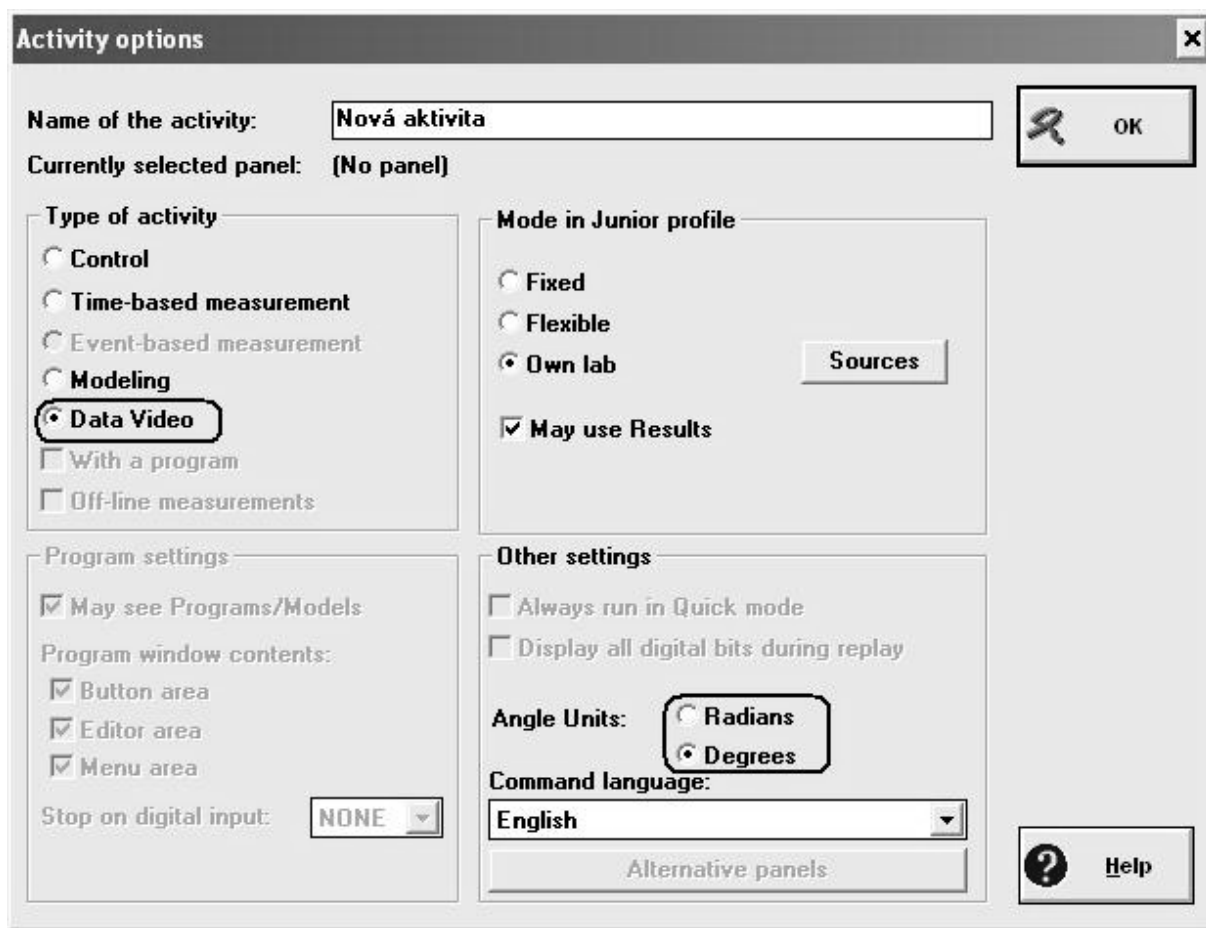
- Videoklip pre meranie v Coach 5 musí byť vo formáte *.avi. Zvyčajne je potrebné výstup z kamery do tohto formátu skonvertovať. K tomu používame program na spracovanie videa, (zakúpený, dodávaný ku kamere, alebo freeware nájdený na internete) – pri menších skúsenostiach učiteľa je vhodné tento krok ponechať na žiakov, ktorí doma s videom pracujú.
- Dej zaznamenaný na videoklipe zvyčajne meriame v lineárnej mierke, teda napríklad dĺžke 1 m sledovaného telesa musí zodpovedať rovnaká dĺžka počas celého videoklipu. Z toho vyplýva, že počas zaznamenávania by sledovaný objekt mal byť stále približne v rovnakej vzdialenosti od kamery (teleso s výškou 1m umiestnené vo väčšej vzdialenosti spraví na zázname menšiu stopu). Toto môžeme dosiahnuť tak, že zaznamenávame s dostatočnej vzdialenosti a použijeme priblíženie (zoom). Priblíženie kamery by sme počas zaznamenávania nemali meniť.
- Polohu telesa na zázname sledujeme v istej vzťažnej sústave. Zvyčajne je potrebné mať na každom zábere vzťažný bod (teleso). Meranie sa zjednoduší, ak kamerou počas zaznamenávania nepohybujeme – máme ju zafixovanú v statíve.
- Zvyčajne nám postačuje veľmi nízka kvalita záznamu (s ohľadom pre použitie na pomalých počítačoch a na možnosť prenášania videoklipu médiami - menší USB kľúč, pomalá lokálna sieť, málo miesta na disku, ...). Merané body však musia byť dostatočne zreteľné a teda je vhodné pred zaznamenávaním ich zvýrazniť (umiestnením žiarovky, svetelnej diódy, reflexnej pásiky, výraznej farebnej značky, ...)

Pri tvorbe novej aktivity si najskôr v určitom projekte zvolíme ponuku „New Activity“ a výber potvrdíme tlačidlom OK. Keďže pri aktivite Dáta video nepotrebujeme žiadny merací panel, vyberieme si z ďalšieho dialógového okna položku „No panel“.



Obr. 3 Výber panelu pri vytváraní novej aktivity


V poslednom kroku vytvárania novej aktivity, v dialógovom okne „Activity options“ - „Parametre aktivity“, definujeme typ aktivity, kde vyberieme položku „Data Video“. V hornom riadku sa určujeme názov aktivity. Keďže prostredníctvom nástrojov video merania sme schopní merať aj uhly špeciálnym uhlomerom, je dobré sa rozhodnúť, či bude rozmer uhlov udávaný v stupňoch alebo radiánoch. Túto voľbu nájdete v sekcii „Other settings“ - „Iné nastavenia“ tohto dialógového okna. Potvrdením voľby tlačidlom OK je aktivita vytvorená. *Poznámka:* Na to, aby Aktivita skutočne vznikla, ju treba uložiť! Aj keď sme aktivite pridelili názov, Coach 5 sa ešte znova uistí, že aktivitu ukladáme pod týmto menom, a v ktorom projekte.



Obr. 4 Základné nastavenia pri vytváraní novej aktivity

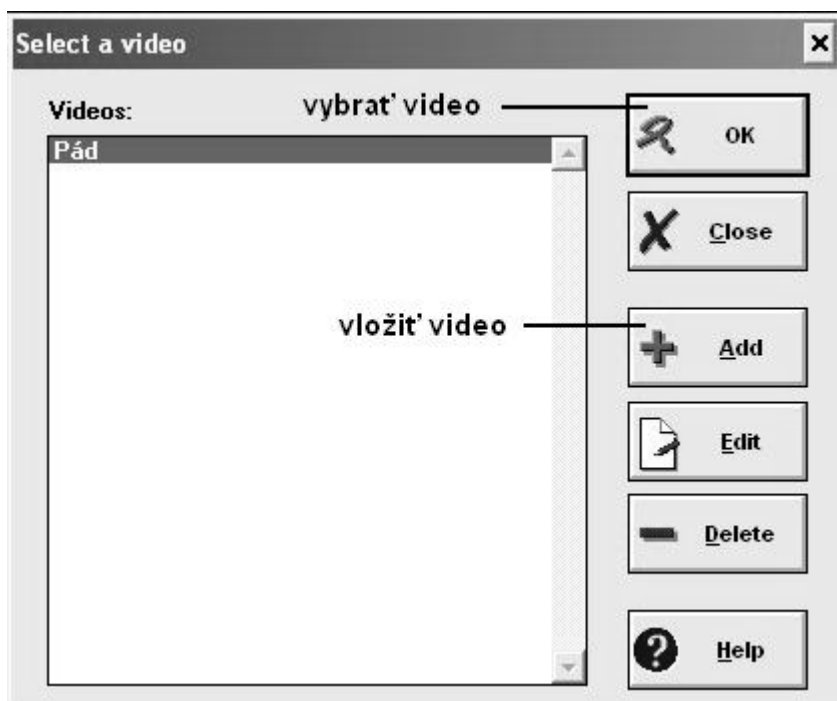
Vloženie videoklipu

Pre realizáciu video merania je nutné k aktivite priradiť súbor s videoklipom.

Na hornej lište žltých tlačidiel zvolíme tlačidlo pre zobrazenie videa  alebo využijeme ponuku **Display >>Video** z hlavného menu.


Vyberieme tlačidlo "**Pridat**" - "**Add**". Na disku počítača vyhľadáme a vyberieme súbor typu *.avi. Ak sa videoklip nenachádza v priečinku aktuálneho projektu, v rámci ktorého vytvárame aktivitu, Coach 5 nás o tom upovedomí a následne prekopíruje súbor do daného adresára projektu. Videoklipu priradíme pracovné meno a potvrdíme výber stlačením tlačidla **OK**.

Poznámka: Pre vykonávanie video merania sú vhodné v Coach 5 len súbory typu *.avi. Iné typy súborov ako napr. *.mpeg sa dajú v Coach 5 zobraziť, ale videoklip sa nedá okalibrovať pre meranie.




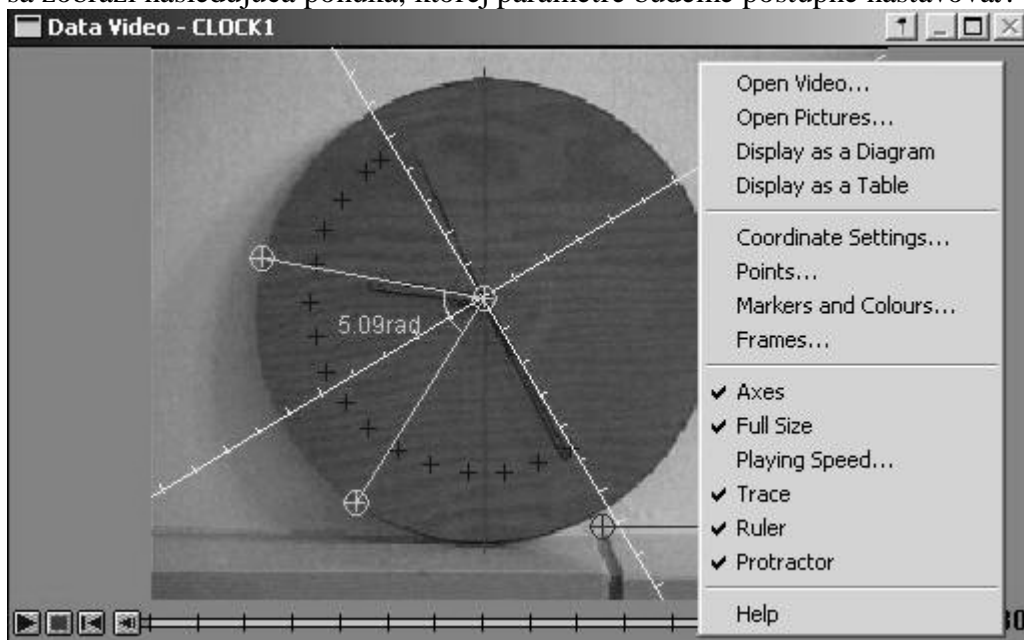
Obr. 5 Pridanie a výber videoklipu

Otvorenie videoklipu

Ak chceme otvoriť, resp. zobraziť videoklip v Dáta video okne (v ľavom hornom kvadrante) klikneme pravou myšou v tomto okne alebo ľavou myšou klikneme na Toolbox Menu . Vyberieme si voľbu „**Open Video**“ a po označení zvoleného videoklipu sa zobrazí v tomto okne prvý snímok tohto klipu.

Nastavenie zobrazení na ploche videoklipu

Kliknutím na tlačidlo Toolbox Menu  alebo pravým kliknutím v priestore Dáta video okna sa zobrazí nasledujúca ponuka, ktorej parametre budeme postupne nastavovať.



Obr. 6 Zobrazenie menu nastavení videoklipu

Spodná časť sivého menu je zameraná na prvky, ktoré sa majú zobraziť na videoklipe. Môžeme nechať zobraziť:

- "Axes" - "Súradnicové osi" (žlté osi) a "Kalibračná úsečka" (červená úsečka)
- "Trace" - "Stopa", poloha meraných bodov (modré a zelené body)
- "Ruler" - "Pravítko" (fialová)
- "Protractor" - "Uhlomer" (tyrkysová)
- "Full size" zobrazenie je v celkovej plošnej veľkosti videoklipu.

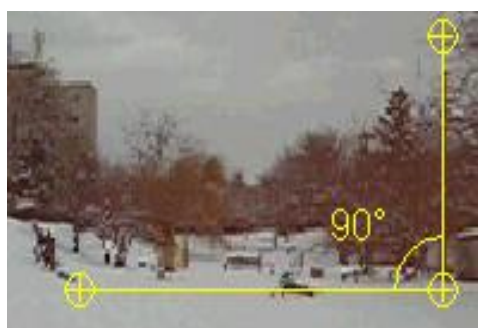
Príklad merania pohybu sánkara:



Kalibrácia



Použitie pravítka



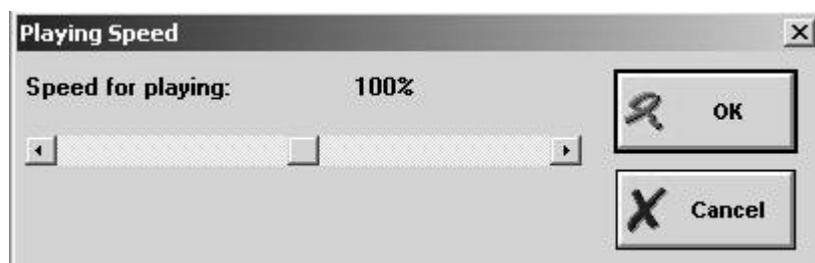
Použitie uhlomera



Stopa po meraní - trase

Obr. 7 Príklad použitia nástrojov

V ponuke je možné nastaviť aj "**Rýchlosť prehrávania videoklipu**" - "**Playing speed**", ktorá môže byť menšia aj väčšia ako skutočná rýchlosť pohybu.

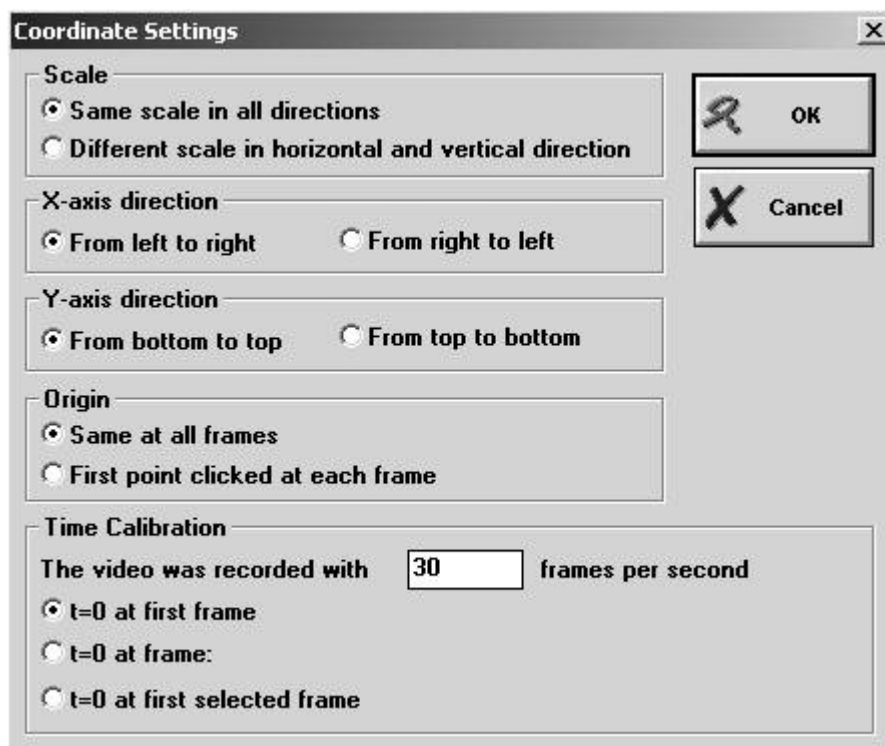


Obr. 9 Nastavenie rýchlosti prehrávania videoklipu

Kalibrácia videa - nastavenie mierky a času

Na vykonávanie videomerania je nutné videoklip si vopred okalibrovať - teda priradiť vzdialenostiam v Dáta video okne ich skutočné rozmery. Takisto je potrebné definovať súradnicovú sústavu - počiatok súradnicovej sústavy, smer osí, otočenie osí.

K týmto nastaveniam sa dostaneme nasledovným spôsobom: Klikneme pravou myšou v Dáta video okne a vyberieme položku v strednej časti >> "**Coordinate Settings ...**" - "**Nastavenie súradníc ...**"



Obr. 10 Nastavenie súradnicových osí a času

V okne **Nastavenia súradníc** sa dá definovať:

- **"Scale" - "Mierka"**: Ak je mierka „Rovnaká v oboch smeroch“ - „Same in all directions“ skúmaného dvojrozmerného pohybu vyberieme v ponuke „Scale“ prvú položku (tak, ako je to na obrázku č.), v opačnom prípade začiarunkneme druhú možnosť - „Rozdielna mierka v horizontálnom a vertikálnom smere“ - „Different scale in horizontal and vertical direction“.
- **„X-axis direction“ - "Orientácia X-ovej súradnice"**: V tejto časti sa nastavuje orientácia x-ovej osi a to: "Zľava doprava" - "From left to right" alebo "Sprava doľava" - "From right to left"
- **„Y-axis direction“ - „Orientácia Y-ovej súradnice“**: V tejto časti sa nastavuje orientácia y-ovej osi a to: „Zdola nahor“ - „From bottom to top“ alebo naopak „Zhora nadol“ - „From top to bottom“
- **„Origin“ - „Počiatok súradníc“**: Ak bola kamera počas natáčania videoklipu v pokoji, vyberieme počiatok „Rovnaký vo všetkých snímkach“ - „Same at all frames“, čo je štandardné nastavenie. V tomto prípade pracujeme so stabilnou súradnicovou sústavou. Ak sa kamera počas natáčania pohybovala, alebo ak chceme merať polohu zvoleného bodu vzhľadom na pohybujúce sa ťažisko, vyberieme možnosť „Prvý bod v každej snímke“ - „First point clicked at each frame“. V tomto prípade prvý označený bod vCdanej snímke definuje počiatok súradnicovej sústavy, vzhľadom ku ktorému vzťahujeme meranie.
- **„Time calibration“ - „Nastavenie času“**: Časové údaje sa získavajú priamo z videoklipu podľa toho, koľko snímok bolo natočených za 1 sekundu. Zvyčajne je táto informácia (počet snímok za sekundu) zakódovaná priamo v samotnom videu a program ju samostatne rozpozná. Vo väčšine prípadov sa dá spoľahnúť na automatickú hodnotu uvedenú v rámečku pri texte: „The video was recorded with frames per second“. Ak táto informácia chýba alebo sa zdá byť nesprávnou (usúdiac podľa nezmyselných, nereálnych dát), zadajte hodnotu rýchlosti natáčania snímok videoklipu.

V tejto časti ponuky „Time calibration“ - „Nastavenie času“ sú aj tri základné možnosti nastavenia začatia merania času a to:

- $t=0$ v prvom snímku;
- $t=0$ v prvom zvolenom aktívnom snímku.
- $t=0$ v snímku n (vložte platné číslo snímku n)

Odporúčame používať druhú možnosť.

Potvrdením týchto nastavení stlačením tlačidla **OK** sa otvorí ďalšie dialógové okno s názvom „Scale-settings“ - „Nastavenie mierky“, pomocou ktorého sa definuje mierka. Súčasne sa na ploche videoklipu zobrazí kalibračné pravítko (štandardná farba - červená) a súradnicová sústava (štandardná farba - žltá). Ak sme v predchádzajúcom kroku vybrali rôzne mierky pre horizontálnu a vertikálnu os, zobrazia sa dve kalibračné pravítka, zvlášť pre obe súradnice. V tomto kroku sa nastavuje okrem mierky aj poloha počiatku súradnicovej osi a natočenie osí a to nasledovne:

- Posunieme súradnicovú sústavu ťahaním za počiatok súradnicovej sústavy (ťaháním za malý krúžok) do zvoleného bodu. Navyše môžeme aj otáčať súradnicový systém ťahaním žltého bodu blízko počiatku súradnicovej sústavy a jeho otáčaním okolo tohto počiatku.
- Zmeníme dĺžku kalibračného pravítka ťahaním za jeho koncové body tak, aby sme ho nastavili na objekt známej dĺžky na zobrazenom videu. Vo videoklipe určených špeciálne na meranie sa často nachádzajú kalibračný objekt známej dĺžky v prvých snímkach videoklipu.
- Do dialógového okna zadáme reálnu dĺžku známeho objektu spolu s jednotkou dĺžky. Táto hodnota bude potom priradená k vzdialenosti označenej koncovými bodmi pravítka na obrazovke (prednastavená hodnota je 1.000 m).
- Potvrdíme nastavenia stlačením tlačidla **OK**.

Poznámka: Nastavenie súradnicovej sústavy a mierky môžeme kedykoľvek zmeniť, aj keď už máme dokončené video meranie. V tomto prípade sa grafy aj tabuľky automaticky aktualizujú.

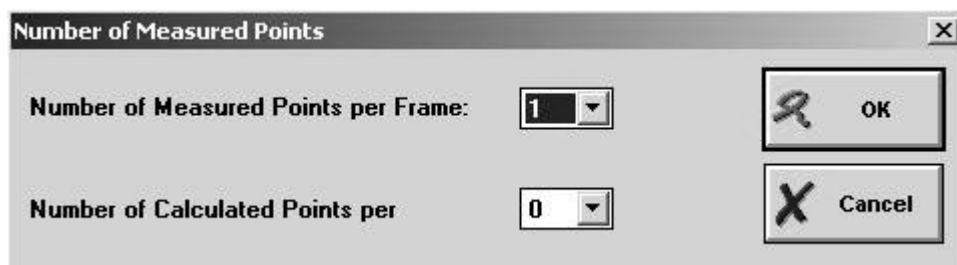
Definovanie počtu bodov merania

Body merania sú body, ktorých polohu zaznamenávame v každej snímke video merania. Súčasne sa dá sledovať/merať poloha 8 bodov, najviac 4 sa dajú vypočítať z polohy iných bodov. Vypočítané body sa tiež dajú zobrazit' na ploche videa. Objavia sa hneď ako sa zozbierajú potrebné dáta z meraných bodov. (Výpočet sa dá využiť napr. pri určovaní polohy ťažiska.) Vzorec pre ich výpočet sa definuje v tabuľke alebo v grafe.

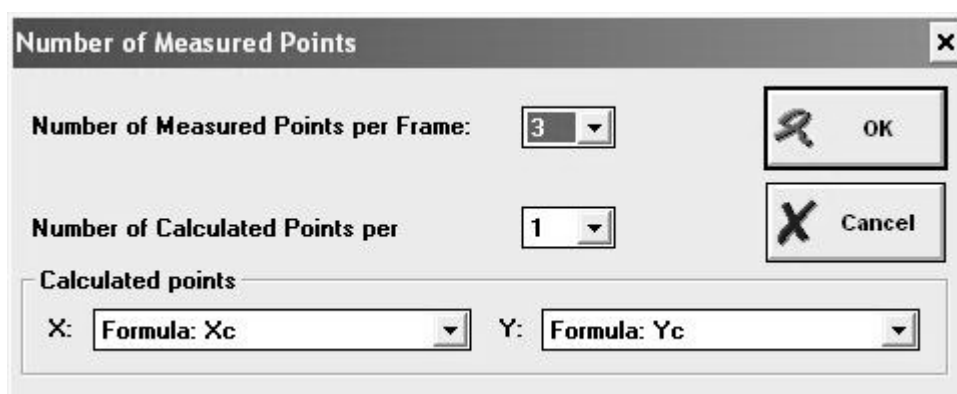
K týmto nastaveniam sa dostaneme nasledovným spôsobom: Klikneme pravou myšou v Dáta video okne a vyberieme položku v strednej časti >> „Points“ - „Body merania“

- Najskôr si zvolíme počet meraných bodov v každej aktívnej snímke videoklipu „Number of Measured Points per Frame“ (1-8).
- Následne si zvolíme počet počítaných bodov „Number of Calculated Points“ (1-4).
- Potvrdíme voľbu stlačením OK, aj keď vzorce na výpočet nových bodov ostali prázdne.
- V ďalšom kroku potrebujeme definovať vzorec na výpočet polohy každého nového bodu (x -ovú a y -ovú zložku zvlášť!). Vzorce definujeme v rôznych stĺpcoch ľubovoľného grafu/tabuľky (napr.).

- Následne sa treba opäť vrátiť do ponuky „Points“ - „Body merania“ a v tomto dialógovom okne priradiť k počítaným bodom vzorec pre výpočet x-ovej a y-ovej zložky výberom z ponuky vzorcov „Calculated points“ - „Počítané body“.



Obr. 11 Nastavenie počtu meraných bodov na videoklipe

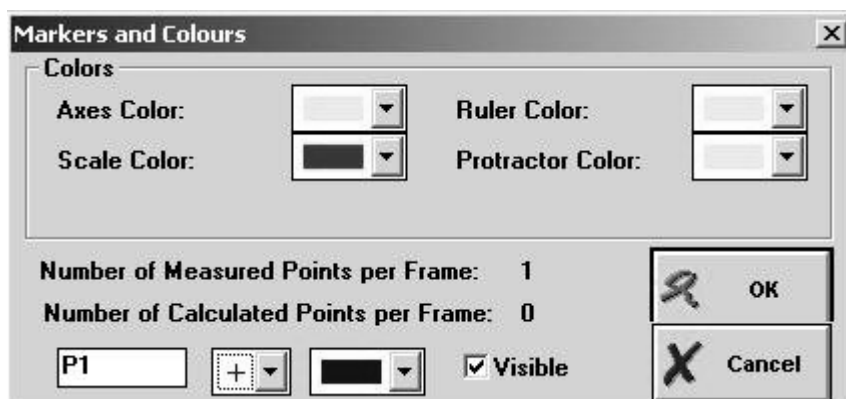


Obr. 12 Nastavenie vypočítavaných bodov zobrazujúcich sa na videoklipe

Označenie meraných bodov a nastavenie farieb

Nastavenie označenia meraných bodov a farieb určuje ako budú body merania a iné grafické prvky zobrazené v Dáta video okne v každej snímke videa.

K týmto nastaveniam sa dostaneme nasledovným spôsobom: Klikneme pravou myšou v Dáta video okne a vyberieme položku v strednej časti >> „Markers and colours ...“ - „Značky a farby ...“



Obr. 13 Nastavenie označenia a farby bodov a iných nástrojov

Výber aktívnych snímok pre video meranie

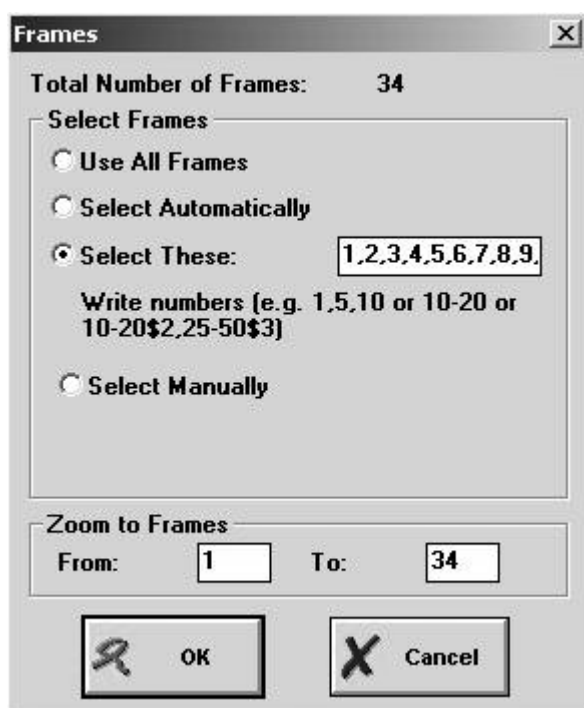
Po otvorení nového videoklipu (alebo aj sekvencie zlozenej z obrázkov) sú pre video meranie automaticky vybrané všetky snímky alebo obrázky klipu. Zvyčajne sú však pre samotné video meranie dôležité len niektoré z nich. Môžeme ich špecifikovať.

K nastaveniam sa dostaneme nasledovným spôsobom: Klikneme pravou myšou v Dáta video okne a vyberieme položku v strednej časti >> „Frames“ - „Snímky“.

Otvorí sa dialógové okno, ktoré v prvom riadku udáva celkový počet snímok videoklipu. V ďalšej časti, „Select frames“ - „Výber snímok“ sa definujú konkrétne snímky. Existujú štyri spôsoby ako si vybrať aktívne snímky pre video meranie. Súčasne však môžeme použiť len jednu metódu.

Možnosťou „Zoom to Frames“ - „Priblíženie snímok“ - sa dá priblížiť oblasť, ktorá má byť zobrazená na ovládacej lište videa. Zadávame prvý a posledný snímok z oblasti, ktorá má byť priblížená (t.j. zobrazená na celú škálu ovládacej lišty video snímok).

Poznámka: Priblíženie snímok sa dá realizovať aj kliknutím na lupu na pravej strane ovládacej lišty videa a následným ťahaním lupy s označením + cez vybrané snímky ovládacej lišty. Vtedy sa v ponuke „Zoom to Frames“ zobrazuje aktuálne priblížený počet snímok.



Obr. 14. Výber aktívnych snímok videoklipu

Merané fyzikálne veličiny

Počas merania sa mám ukladajú dáta:

Čas

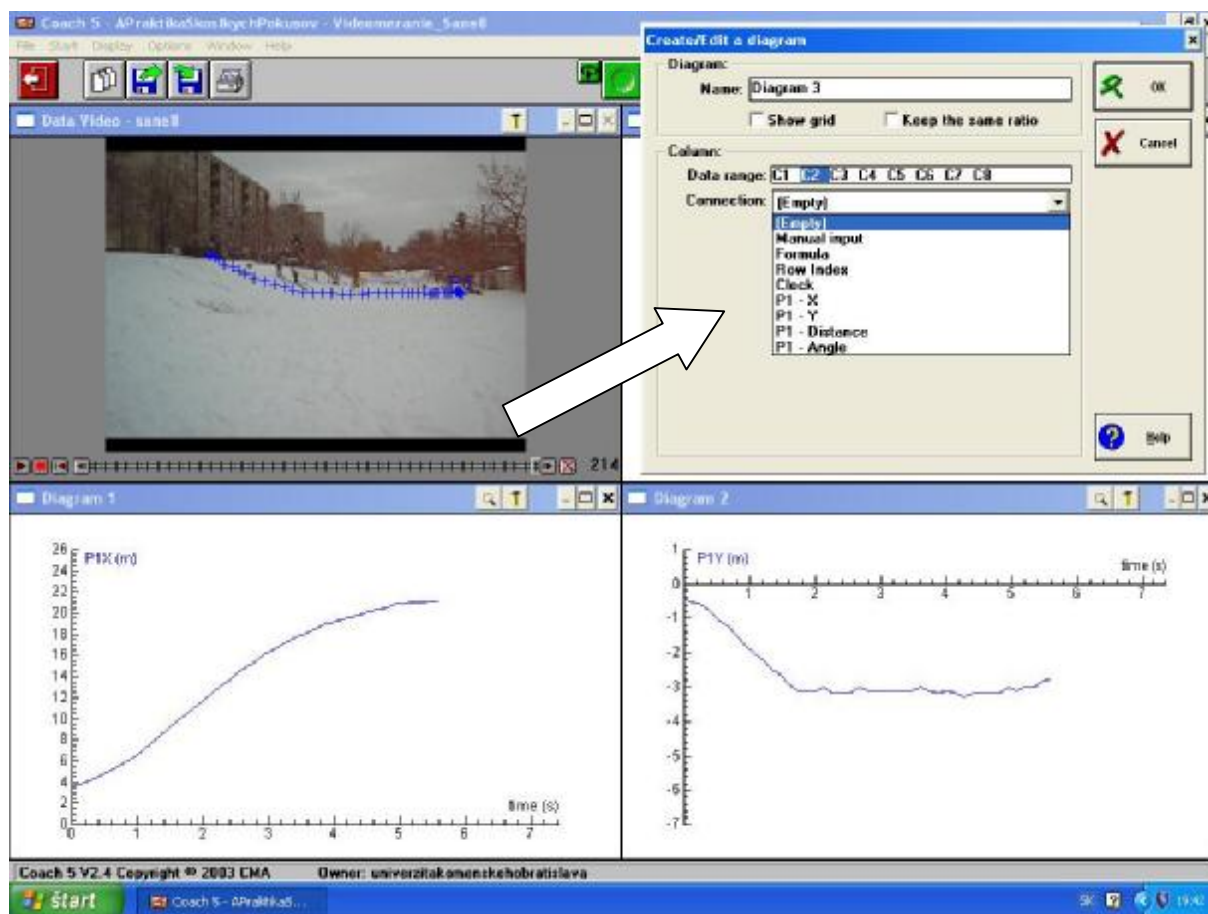
Súradnica X meraného bodu

Súradnica Y meraného bodu

Vzdialenosť meraného bodu od počiatku súradnicovej sústavy

Uhol sprievodiča bodu s osou +x.

Ďalšie veličiny môžeme zadať manuálne, alebo vypočítať z predchádzajúcich



Obr. 15 Merané hodnoty pri pohybe sánkara

Na obr. 15 máme zaznamenané grafy závislostí priamo meraných veličín P1X a P1Y od času. Pre ďalšie skúmanie je výhodnejšie zaznamenať graf závislosti prejdenej dráhy od času. Výpočet si ukážeme ako príklad výpočtu novej veličiny.

veličina: ΔS

veličina: dráha

veličina: vyhladená dráha

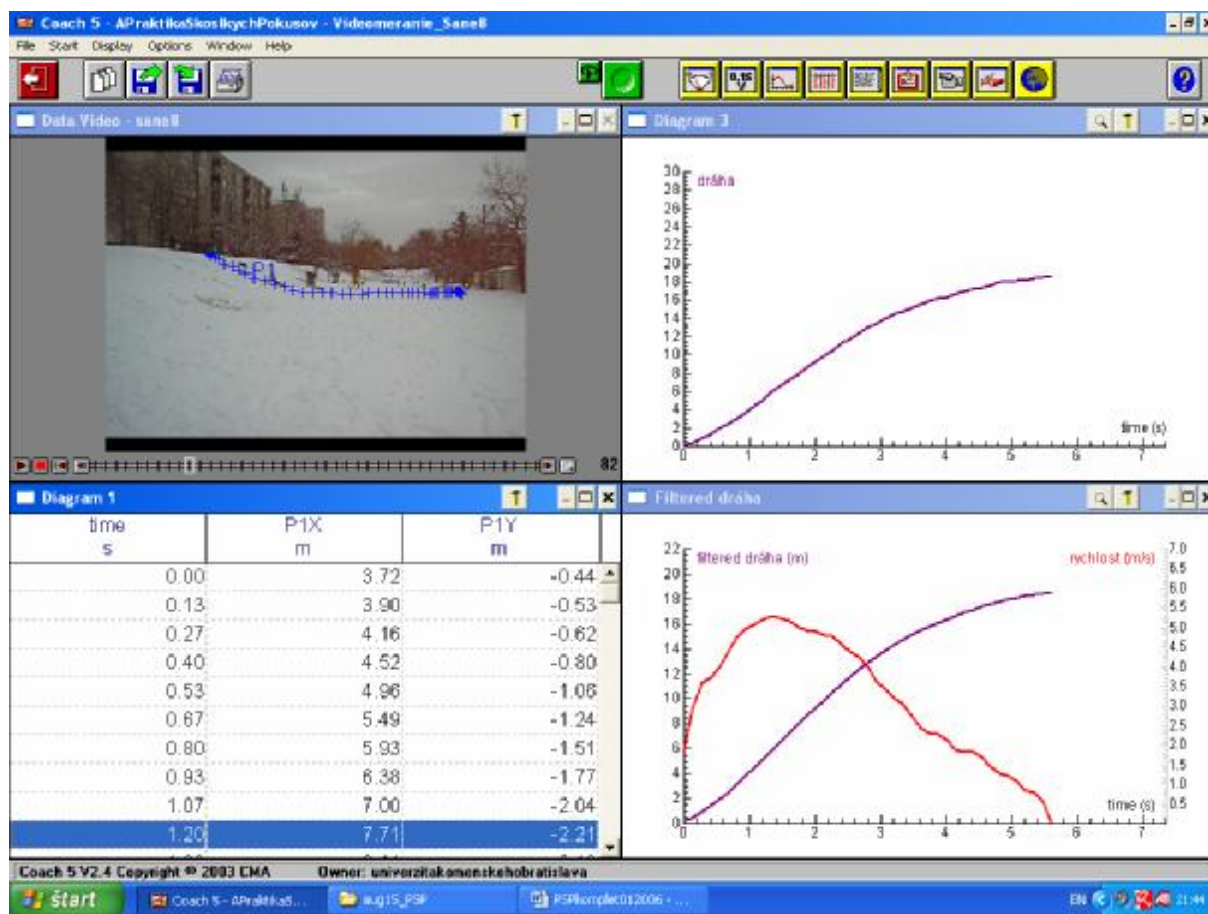
veličina: rýchlosť

vzorec: $(\Delta(P1X)^2 + \Delta(P1Y)^2)^{1/2}$

vzorec: $\text{Sum}(\Delta S)$

vzorec: $\text{Filter}([\text{dráha}]; 3)$

vzorec: $\text{Derivative}([\text{filtered dráha}])$



Obr. 16. Grafy závislostí opisujúce pohyb sánkara

Zhrnutie činností pri práci s videomeraním

Na záver článku o videomeraní v krátkosti zhrnieme postupnosť krokov:

1. natočiť si videoklip podľa definovaných odporúčaní,
2. spracovať videoklip do digitálnej formy súboru typu *.avi.,
3. vytvoriť novú aktivitu,
4. vložiť nový videoklip do aktivity Dáta video,
5. otvoriť videoklip v Dáta video okne,
6. okalibrovat' video - nastaviť mierku a čas,
7. vybrať aktívne snímky,
8. vybrať body merania,
9. definovať stĺpce v tabuľkách a súradnicové osi v grafoch,
10. definovať hypotézy, úlohy, otázky v textoch, pridať doplňujúce obrázky,
11. uložiť novú aktivitu,
12. zrealizovať video meranie - zber dát,
13. v prípade potreby upraviť polohu nameraných bodov,
14. v prípade potreby upraviť škálu grafov,
15. analyzovať získané dáta prostredníctvom vhodných nástrojov spracovania a analýzy,
16. odpovedať na položené otázky,
17. uložiť výsledok aktivity,

Táto postupnosť zahrňuje rôzne úrovne narábania s videomerním. Kroky 1, 2 sa týkajú tých, ktorí sa rozhodnú si natočiť vlastný videoklip. Tí, čo použijú hotový videoklip pri vytváraní novej aktivity začnú postupovať od bodu 3. Body 6 - 8 ako aj 9, 10 je možné variovať v rôznom poradí. Tí čo pristúpia k pripravenej aktivite z pozície jej riešiteľa začnú pracovať od bodu 12. Po tomto bode nasledujú štandardné postupy realizácie zadania

10. Ovládanie zariadení počítačom

V súčasnosti si výrobné podniky len ťažko môžeme predstaviť bez počítačom riadených procesov. Mikropočítače sú zabudované aj v modernejších automobiloch, v niektorých spotrebičoch v domácnosti ako napríklad v práčkach, umývačkách riadu, v systémoch vykurovania, či klimatizácie.

O dôležitosti zavedenia základov automatizácie či programovania do povinného vyučovania na strednej či na základnej škole možno diskutovať, prinajmenšom však je dôležité ponúknuť žiakom možnosť získať základné zručnosti v programovaní automatizovaných systémov aspoň formou záujmových krúžkov alebo klubov.

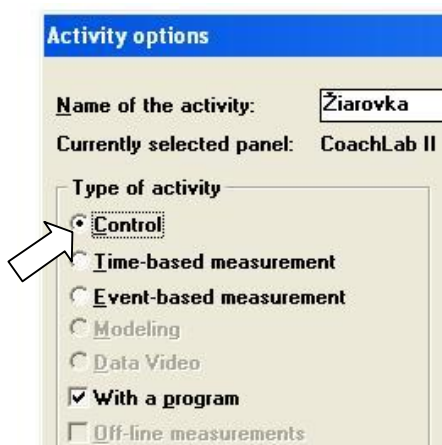
Systém Coach ponúka jednoduché a výkonné prostriedky pre ovládanie až štyroch zariadení, pričom pri programovaní činnosti týchto zariadení je možné vyhodnocovať merané hodnoty až na štyroch senzoroch.

Základný programovací jazyk obsahuje štandardné funkcie a procedúry a je možné pomocou nich vytvárať vlastné funkcie a procedúry.

V tejto učebnici sa na niekoľkých príkladoch naučíme základné postupy pri práci, ukážeme si základné postupy pri zostavovaní vlastného automatizovaného procesu a naučíme sa /zopakujeme si základy programovania. Najväčšia časť práce ostáva – ako vždy pri rozvíjaní zručností – na čitateľovi samotnom. Každý tu uvedený príklad je vhodné rozvinúť do ďalších aktivít podľa potrieb a možností čitateľa.

10.1. Manuálne zapínanie žiarovky

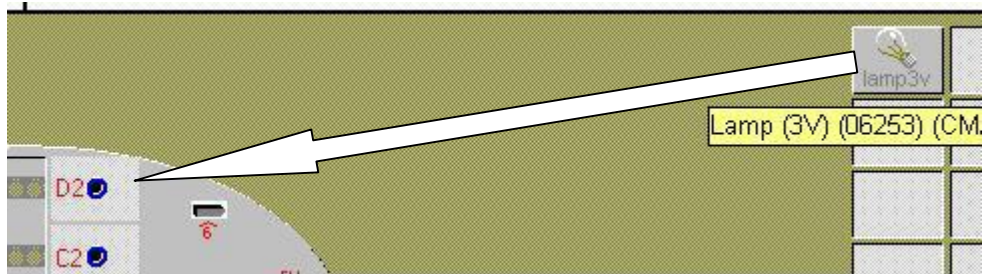
Ak chceme v aktivite ovládať/riadiť zariadenia, musíme zvoliť typ aktivity Control – Riadenie



Obr. 1

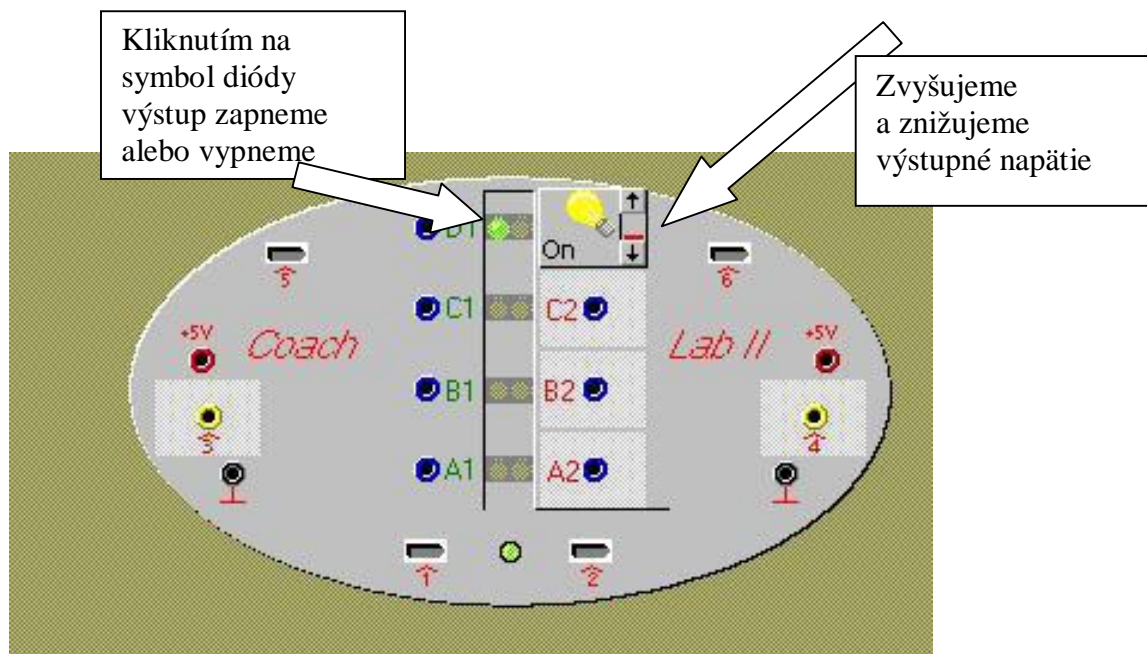
Na pravom paneli si vyberieme žiarovku a prenesieme ju do niektorého z výstupov (v našom prípade do výstupu D. Žiarovku pripojíme k výstupu D meracieho panela.

Upozornenie – maximálny prúd odoberaný z jedného výstupu je 0,6 A, maximálny prúd odoberaný zo všetkých výstupov súčasne je 1,2 A.



Obr. 2

Žiarovku zapneme/vypneme kliknutím na symbol diódy.



Obr. 3

10.2. Zapínanie žiarovky programom – blikanie

V tejto časti pripravíme program, ktorý zabezpečí aby žiarovka istú dobu blikala.

Ak chceme zapínať žiarovku programom, otvoríme si program ikonou P



Obr. 1

Samotný program môžeme písať priamo, alebo skladať z príkazov umiestnených na pravej strane programovacieho okna.

Na zapnutie výstupu slúži príkaz Set – Zapni s číslom výstupu, program sa spúšťa zeleným tlačidlom na hlavnej lište a následne zeleným tlačidlom na lište okna programu.



Obr. 2 Zapnutie výstupu 4 (zdiery číslo 7). Pre číslovanie výstupov pozri kapitolu 5.1

Po spustení tohto jednoriadkového programu sa nám žiarovka nerozsvieti – napriek tomu, že sme ju zapli. Je to z dôvodu, že po skončení programu sa všetky výstupy vypnú. Teda žiarovka sa zapla a okamžite vypla. Musíme použiť príkaz Wait – Čakaj.



Obr. 3

Po spustení programu sa žiarovka na 5 sekúnd rozsvieti.

Celý program na blikanie žiarovky môže vyzerat' napríklad takto:

Stopwatch(On)	zapne stopky
Repeat	opakuj (až kým hodnota dosiahne 100 (sekúnd))
Set(7)	zapni výstup 7
Wait(0.5)	čakaj 0,5 (sekundy)
Reset(7)	vypni výstup 7
Wait(0.5)	čakaj (na tomto mieste to nemusí byť)
Until Interval > 100	

10.3. Podmienené zapínanie žiarovky - príklad zložitejšej aktivity

Pre udržiavanie teploty v akváriu sme pripravili nasledovný model. Ako ideálnu teplotu sme uvažovali teplotu z intervalu od 26 °C do 28°C, ako akceptovateľnú teplotu z intervalu od 22 °C do 30 °C.

Hodnoty merané senzorom môžeme v programe vyhodnocovať procedúrou Level. V našom prípade sme merali hodnotu teploty teplomerom umiestneným vo vstupe číslo 1. Výstupy sme mali zapojené nasledovne:

Výstup A (číslo 1 napätie, č. 2 uzemnenie) – vyhrievacia špirála, vykurovanie

Výstup B (číslo 3 napätie, č. 4 uzemnenie) – ventilátor - chladenie

Výstup C (číslo 5 napätie, č. 6 uzemnenie) – žiarovka signalizujúca stav podchladenia

Výstup D (číslo 7 napätie, č. 8 uzemnenie) – žiarovka signalizujúca stav prehriatia

Repeat

```
If Level(1) > 30 Then
  Set(7)          'výstraha horúco
Else
  Reset(7)
EndIf
```

```
If Level(1) < 24 Then
  Set(5)          'výstraha zima
Else
  Reset(5)
EndIf
```

```
If Level(1) > 28 Then
  Set(3)          'chladenie
Else
  Reset(3)
EndIf
```

```
If Level(1) < 26 Then
  Set(1)          'kúrenie
Else
  Reset(1)
EndIf
```

Until RunningTime > 2000

Výstrahu môžeme zvýrazniť zvukovým signálom príkazom Sound, pripojením sirény namiesto žiarovky a podobne.

11. Príručka jednoduchých experimentov

V tejto kapitole uvádzame niektoré jednoduché merania. Čitateľ si môže utvoriť predstavu o použití senzorov, môže sa inšpirovať a pripraviť si merania odpovedajúce úrovni vyučovania prírodovedných predmetov vo svojej škole.

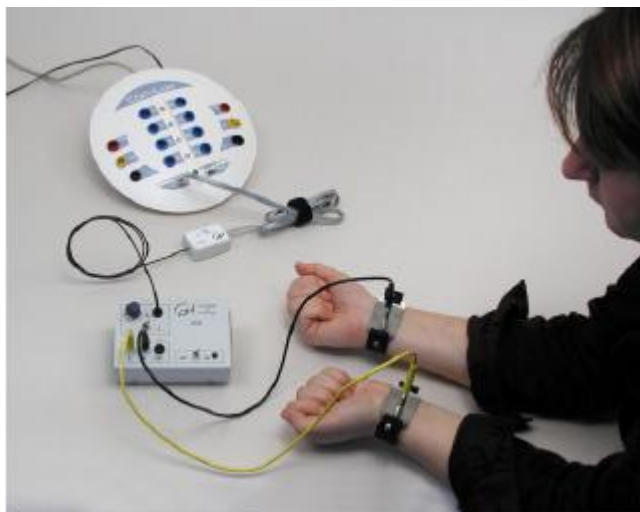
11.1 Príklady z biológie a chémie

Monitorovanie EKG

Elektrokardiogram (EKG) je elektrický záznam činnosti srdca. Je zaujímavým príkladom nepriameho merania činnosti srdca. Svaly srdca produkujú elektrické napätie, ktoré sa dá zaznamenať elektródami na pokožke hrude, alebo zápästia. Lekári na základe EKG dokážu odhaliť rôzne srdcové vady. Naše zariadenie však nie je určené pre nemocnice a je potrebné vopred upozorniť žiakov, že odlišnosti v EKG u jednotlivých žiakov nesúvisia s ich zdravotným stavom.



V moderných zariadeniach monitorujúcich EKG (rovnako aj v CMA sade) je EKG signál vedený do počítača optickým káblom. Počas zaznamenávania EKG je subjekt elektricky izolovaný od počítača.



Potrebujeme:

- Interfejs (CoachLabII, alebo ULAB)
- CMA EKG sada – zosilňovač, elektródy, vodivý gél (028)
- Senzor osvetlenia (014, alebo 0142)
- Spojovacie vodiče (krátke!)

Počas merania je potrebné dodržiavať bezpečnostné opatrenie – existuje malá možnosť, že subjekt bude schopný počas sledovania svojho EKG znížiť srdečnú činnosť. Aj keď je to vysoko nepravdepodobné, predsa je doporučené, aby sa subjekt nepozeral počas merania na monitor počítača.

Keďže elektródy pripájame k zápästiu a nie ako v nemocnici, výška jednotlivých amplitúd sa u jednotlivcov môže líšiť. Zariadenie nedosahuje kvalitu zariadení používaných v nemocniciach a nemožno ním zaznamenávať poruchy srdca. Toto je potrebné povedať žiakom ešte pred prvým meraním!

Úlohy:

1. Môžeme určovať tvar EKG, P-R interval, frekvenciu tepu srdca.
2. Zaznamenajme EKG spolužiaka
 - v pokoji

- po krátkej námahe (napr. 5 min behu, po prebehnutí istého počtu poschodí, ...)
- po pohári koly, alebo kávy
- v rôznych polohách tela (v stoji, v ľahu, ...)

Merania môžeme doplniť súčasným meraním tepu senzorom zvuku.

Elektromyogram

Elektromyogram je elektrické meranie aktivity svalov – získavajú za ním informácie o svalstve a nervovej sústave.

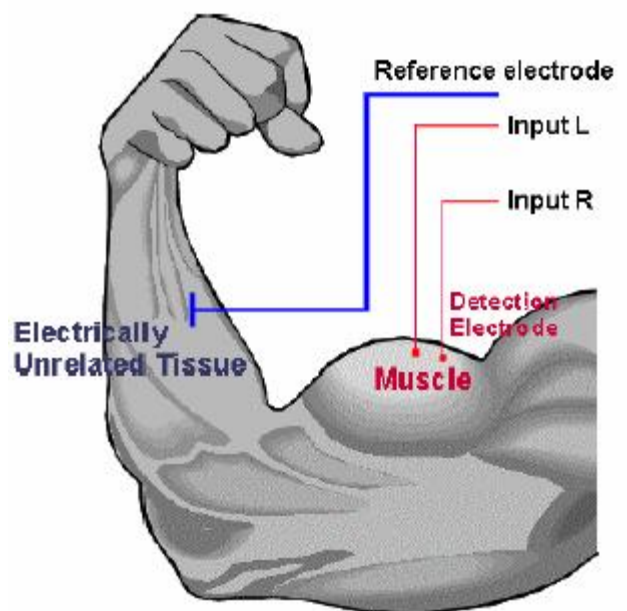
Sada EKG meria elektrické aktivity tela – je určená na monitorovanie EKG, ale je možné ju použiť aj na meranie elektromyogramu. Signál napnutého svalu je väčší než napätie generované srdcom.

Potrebujeme:

- Interfejs (CoachLabII, alebo ULAB)
- EKG sadu – zosilňovač, elektródy, vodivý krém (028)
- Senzor osvetlenia (014, alebo 0142)
- 2 krátke vodiče
- závažia

Úlohy:

Vyšetríme závislosť elektromyogramu bicepsu od hmotnosti závažia držaného v ruke.



Monitorovanie dýchania pomocou termočlánku

Ako ovplyvňuje behanie po schodoch, alebo pokoj naše dýchanie? V pokoji je dýchanie omnoho pomalšie, než pri fyzickej aktivite.

V tejto aktivite budeme skúmať, ako fyzická záťaž ovplyvňuje frekvenciu dýchania.

Pokiaľ nepotrebujeme presný objem vdychovaného vzduchu, teplota sa dá použiť ako prostriedok na zaznamenávanie dýchania. Senzor meria teplotu vdychovaného a vydychovaného vzduchu a zo závislosti teploty od času je možné odčítať frekvenciu dýchania. Termočlánok (nie senzor teploty 016) je použitý z dôvodu jeho nízkej tepelnej kapacity, čo umožňuje zaznamenávanie rýchlych zmien teploty.

Potrebuje:

- Inetrfejs (CoachLabII, alebo ULAB)
- Termočlánok
- Krátku trubicu z plastu

Úlohy:

Odmerajte frekvenciu dýchania v pokoji.

Popíšte graf závislosti teploty od času.

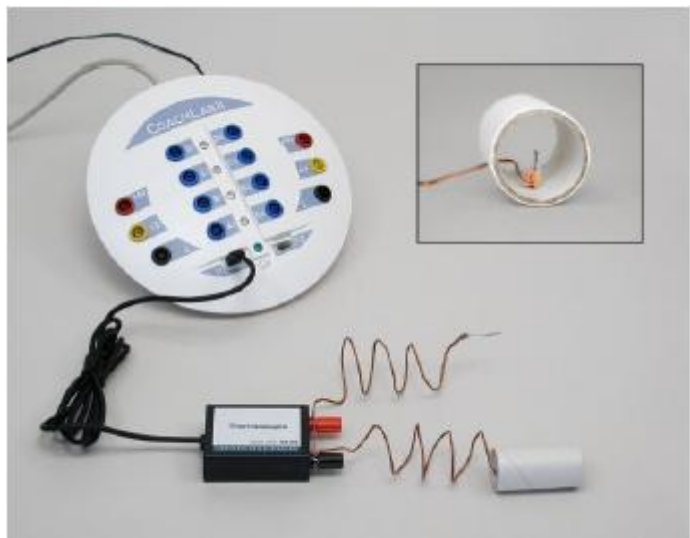
Odmerajte frekvenciu dýchania pri rôznych typoch záťaže.

Odmerajte závislosť frekvencie dýchania od času oddychu po záťaži.

Líši sa frekvencia dýchania (v pokoji) u dievčat a u chlapcov?

Závisí frekvencia dýchania od výšky postavy?

Merania je možné kombinovať s meraním pulzu srdca.



Potenie človeka

Telo človeka má viaceré možnosti na regulovanie teploty. Tak, ako každé iné teleso, ľudské telo stráca teplo vedením, prúdením a žiarením. Taktiež stráca teplo potením – vyparovaním potu. Vyparovanie spôsobuje ochladzovanie povrchu, čo si ukážeme jednoduchým experimentom.

Potenie je jedným z najdôležitejších spôsobov chladenia pri teplote okolia 37 °C, alebo väčšej. Je však obmedzené relatívnou vlhkosťou okolia, pri relatívnej vlhkosti 100% vyparovanie už neprebíha.

Experiment Chladenie vyparovaním

Potrebuje:

- Interfejs (CoachlabII, alebo ULAB)
- Senzor teploty
- Vatu
- Lieh (alkohol)

Obalíme senzor teploty vatou a kvapneme naň lieh (s teplotou okolia). Pozorujme zníženie teploty senzora.

Postavme pred senzor ventilátor, pokles teploty je výraznejší.

Kvapneme si alkohol na pokožku – čo cítime?



Experiment Potenie človeka

Potrebuje:

- Interfejs
- Senzor relatívnej vlhkosti
- Sáčok z plastu

Úlohy:

Zmerajte závislosť relatívnej vlhkosti v sáčku od času (meranie začnite počas vkladania ruky do sáčku).

Čo pozorujete na vnútornej strane sáčku?

Vysvetlite, prečo relatívna vlhkosť pri väčšej hodnote stúpa pomalšie.

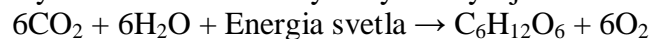
Poznámka: pri presnom meraní relatívnej vlhkosti je potrebné použiť aj teplomer a hodnota relatívnej vlhkosti = $(\text{senzor RV}) / (1,0546 - 0,00216 * t)$, kde t je teplota v °C.

Fotosyntéza

Fotosyntéza a dýchanie sú dva procesy vyskytujúce sa v ekosystéme. V rastlinách prebieha fotosyntéza i dýchanie, živočíchy dýchajú.

Fotosyntéza je séria reakcií vyvolávaná svetlom absorbovaným chlorofylom, ktorej výsledkom je syntéza organických zlúčenín a kyslíka z oxidu uhlíkového a z vody. Väčšina z pohlteneho svetla je premenená na energiu chemických väzieb organických zlúčenín. Takto sa v biosfére ukladá obrovské množstvo energie potrebnej pre život.

Výsledná rovnica fotosyntézy sa zvyčajne udáva v tvare:



Na pozorovanie fotosyntézy môžeme použiť jednu z metód:

- pozorovanie relatívnych zmien v koncentrácii CO_2 rozpusteného vo vode senzorm pH
- pozorovanie produkcie a spotreby kyslíka vo vode senzorm kyslíka

Pri meraní je vhodné zabezpečiť v akváriu prúdenie vody.

Potrebujeme:

- Interfejs
- Senzor pH, alebo senzor rozpusteného kyslíka
- Nádobu s vodou a vodnými rastlinami (akvárium)
- Čerpadlo na zabezpečenie prúdenia vody

Merajme pH pri rôznych podmienkach – zakryté akvárium, odokryté akvárium, akvárium osvetlené silným zdrojom svetla, akvárium osvetlené zdrojom svetla s farebnými filtrami.

Každú s podmienok je vhodné udržiavať istý čas, napríklad 15 minút.

Vhodné je i dlhodobé meranie (napríklad 3 dni) s použitím interfensu ULAB.

Koncentráciu CO_2 potrebného pre fotosyntézu môžeme zvýšiť pridaním 5% hydrogénuhličitanu sodného.



Endotermická a exotermická reakcie

Chemické reakcie medzi zlúčeninami môžu vyvolávať výrazné zmeny teploty.

Príklad reakcie, ktorá má za následok zníženie teploty (endotermická reakcia) je reakcia medzi uhličitanom sodným (sóda) ($\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$) a kyselinou citrónovou ($\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7 \cdot \text{H}_2\text{O}$)

Príklad reakcie, ktorá má za následok zvýšenie teploty (exotermická reakcia) je reakcia roztoku hydroxidu sodného (NaOH) a roztoku kyseliny chlorovodíkovej (HCl). Pri tejto reakcii je potrebné dodržať všetky bezpečnostné pravidlá a mať ochranné pomôcky (napríklad vhodný odev, okuliare)! Pri reakcii pozorujeme vznik CO_2 .



Úlohy:

Kedy je pokles (zvýšenie) teploty najväčšie?

Kedy je rýchlosť zmeny teploty najväčšia?

Kedy a prečo sa začne teplota blížiť k teplote okolia?

Na základe zmeny teploty pri exotermickej reakcii je možné odhadnúť teplo potrebné na reakciu. Za predpokladov, že

- zanedbáme tepelnú kapacitu nádoby a teplomera
- zanedbáme prestup tepla stenami nádoby
- hustotu roztokov pokladáme za rovnakú, ako hustota vody

Kvalita vody

Pre určenie kvality vody možno vykonať rôzne chemické a fyzikálne skúšky. V tejto aktivite budeme merať obsah kyslíka, teplotu a pH.

Obsah kyslíka je dôležitý pre všetky formy života vo vode. Ak jeho obsah poklesne pod 5 mg na liter je to pre všetky formy života vo vode nebezpečné. Ak polesne pod 1 až 2 mg na liter po dobu niekoľko hodín, môže to zapríčiniť masívny úhyn rýb.

Teplota vody je tiež dôležitá pre jej kvalitu. Ľudská aktivita nemôže zmeniť teplotu vody nad fluktuácie spôsobené ročnými obdobiami. Vysoká teplota vody poškodzuje vodné ekosystémy pretože redukuje schopnosť vody rozpúšťať kyslík. Správna teplota závisí od typu vodného systému. Nížinné systémy ktoré sú normálne teplejšie sa líšia od horských vôd, ktorých normálna teplota je nižšia.

Senzor pH meria zásaditosť alebo kyslosť vodného roztoku. Koncentrácia vodíkových iónov určuje pH. Pre vodné organizmy je optimálny rozsah pH od 6.0 do 7.2.

V tejto aktivite budete robiť terénny test na kontrolu kvality v miestnej rieke alebo vodnej nádrži.

Ciele: Odmerať koncentráciu rozpusteného kyslíka, teplotu a pH vzoriek vody. Určiť kvalitu vody.

Potrebuje:

- ULAB
- senzor rozpusteného kyslíka
- senzor teploty
- pH senzor
- nádoby na vzorky vody

Postup pri experimente:

1. Pripravte ULAB na meranie s príslušnými senzormi.
2. Pripravte senzor rozpusteného kyslíka na meranie.
3. Vyberte si vhodné miesto na meranie.
4. Pripojte senzor teploty a množstva rozpusteného kyslíka k dataloggeru.
5. Odoberte vzorku do odbernej nádoby.
6. Odmerajte teplotu a množstvo kyslíka vo vzorke.
7. Odpojte senzor kyslíka a pripojte pH senzor. Odmerajte pH vzorky vody. Senzor rozpusteného kyslíka a pH senzor nemôžu byť pripojené súčasne k dataloggeru.
8. Zopakujte tieto merania so vzorkami odobratými na rôznych miestach.
9. Pripojte ULAB k počítaču a preneste údaje do počítača.

Úlohy:

Popíšte rozdiely v nameraných hodnotách pre 4 rôzne lokality.

Určte kvalitu vody v jednotlivých miestach.

Zopakujte merania po niekoľkých mesiacoch a porovnajte výsledky.

Zlepšila sa kvalita vody?

Čo môžeme urobiť na zvýšenie kvality vody?

Meranie kvality atmosféry

Ak cestujete ráno autobusom, ľudia často vyzerajú unavene. Prečo? Je to preto že musia ísť do školy alebo do práce? Alebo je to kvôli niečomu inému.

Snáď je to kvôli vzduchu v autobuse. Normálna koncentrácia CO₂ v atmosfére je 400 ppm, a príjemná teplota je 15 až 20 °C pri vlhkosti vzduchu 50 až 60%.

Mobilita ULABu je ideálna na meranie teploty, koncentrácie oxidu uhličitého a vlhkosti na verejných miestach.



Ciele:

Odmerať koncentráciu oxidu uhličitého, vlhkosti a teploty vo autobuse mestskej hromadnej dopravy.

Potrebujeme:

- ULAB
- Senzor CO₂
- Senzor teploty

Úlohy:

Ako sa mení koncentrácia CO₂?

Ako vysvetlíte kolísanie CO₂ počas cesty?

Ako sa mení teplota počas jazdy?

Aký je rozdiel v nameraných údajoch pri plnom a prázdnom autobuse?

Zaznamenali ste nejaký vzťah medzi správaním a výrazom tváre cestujúcich a nameranými hodnotami?

Teplota plameňa

Termočlánok je jednoduchý teplotný senzor na meranie teploty vo veľkom rozsahu až do 1400 °C a môže byť použitý na skúmanie teploty vnútri plameňa. Citlivý bod termočlánku môže byť umiestnený priamo do plameňa. Takto možno sledovať zmeny teploty na jednotlivých miestach plameňa.



Farba plameňa vypovedá o jeho teplote. Jadro plameňa sviečky je sfarbené do modra. To je najhorúcejšia časť plameňa. Farba vo vnútri plameňa sa mení postupne na žltú, oranžovú a červenú.

V tejto aktivite budete merať teplotu rôznych plameňov.

Ciele: Porovnať teploty rôznych plameňov (napríklad sviečky, zapaľovača, bunsenovho kahanu), odmerať ako sa mení teplota plameňa s polohou, študovať teplotu častí plameňa rôznej farby.

Potrebuje:

- Inetrfejs (CoachLabII, alebo ULAB)
- Termočlánok
- Sviečka, plynový zapaľovač a bunsenov kahan



Umiestnite merný koniec termočlánku do plameňa a referenčný do prostredia s konštantnou teplotou /obyčajne ľadový kúpeľ/. Ak ponecháte referenčný koniec voľne na vzduchu meranie bude ovplyvnené teplotou miestnosti.

Úlohy:

1. Odmerajte teplotu vnútri plameňa sviečky, plynového zapalovača a bunsenovho kahana. Aká je maximálna teplota každého z plameňov.
2. Vložte koniec termočlánku do rôznych miest plameňa a odmerajte teplotu.
3. Opíšte rozloženie teploty vnútri plameňa.
4. Vložte koniec termočlánku do miest plameňa s rôznou farbou a odmerajte teplotu.
5. Zaznamenajte teploty príslušné k rôznym farbám plameňa – modrej, žltej, oranžovej a červenej.

Neutralizačná titrácia

Titrácia je metóda kvantitatívnej analýzy používaná na presné zistenie konca reakcie a tým aj na presné určenie množstva reaktantov. Kyselina a zásada reagujú dovedy, kým sa jedna z nich celkom nevyčerpá. Roztok kyseliny so známou koncentráciou používame na titračnú analýzu alkalického roztoku s neznámou koncentráciou. Koniec reakcie = bod rovnováhy, je určovaný výraznou zmenou pH.

V tejto aktivite budete zaznamenávať priebeh titrácie. V priebehu experimentu bude roztok kyseliny kvapkať z byrety do roztoku zásady konštantou rýchlosťou. Ako pridávame kyselinu do zásady, pH sa stupňovito mení až pokým roztok nedosiahne rovnováhu. Blízko bodu rovnováhy dochádza k rýchlej zmene pH. Senzor pH umiestnený v roztoku zaznamenáva zmenu pH.

Ciele:

- Pozorovať titračnú krivku pre rôzne neutralizačné reakcie.
- Preskúmať kvalitatívnu stránku neutralizačných reakcií.
- Určiť bod rovnováhy neutralizačnej reakcie.

Potrebuje:

- Interfejs
- pH senzor
- 25 ml byreta
 - roztok chloridu sodného
 - roztok kyseliny octovej alebo chlorovodíkovej
- 200 ml pohár alebo kadička
- miešadlo



Postup:

1. Nalejte 20ml roztoku NaOH do 200 ml pohára.
2. Naplňte byretu kyselinou a upevnite ju nad reakčnou nádobou.
3. Pripojte pH senzor k interfejsu a nakonfigurujte interfejs pre meranie.
4. Upevnite pH senzor nad reakčnou nádobou aby bola elektróda v roztoku.
5. Spustite meranie.
6. Pomaly otvorte kohútik byrety a nastavte frekvenciu kvapiek asi na 1 za sekundu. Predtým si skusmo určite a vypočítajte aké množstvo roztoku prikvapkáva za určitý čas.

Úlohy:

Popíšte zmeny pH v priebehu experimentu.

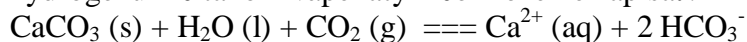
Použite rôzne kyseliny /zásady/ a zopakujte experiment. Popíšte rozdiely medzi nameranými krivkami.

Určte bod rovnováhy:

- zo sklonu titračnej krivky (najväčší sklon)
- z prvej derivácie titračnej krivky (maximum)
- z druhej derivácie (nulová)

Reakcia vápenca v minerálnej vode

Vo vode je chemická rovnováha medzi vápencom, oxidom uhličitým a rozpusteným hydrogénuhličitanom vápenatým čo môžeme zapísať:



Táto rovnováha je veľmi dôležitá v geológii. Mnoho krasových útvarov sa tvorí rozpúšťaním vápenca vo vode obsahujúcej oxid uhličitý. Korálové útesy sa tvoria vylučovaním vápenca.

Rozpúšťanie a vylučovanie vápenca možno pozorovať s použitím senzora vodivosti. Suspenzia uhličitanu vápenatého vo vode a roztok oxidu uhličitého majú obe nízku vodivosť.

Ak pridáme uhličitan sodný do minerálnej vody alebo prebublávame oxid uhličitý cez suspenziu uhličitanu vápenatého, vodivosť sa hneď začne zvyšovať. Ak púšťame vzduch cez roztok, odstránime tým rozpustený oxid uhličitý a rovnováha sa posunie naľavo, vodivosť sa hneď zmenší.



Ciele:

Zviditeľniť vznik rovnováhy v roztoku.

Študovať vplyv odstránenia jednej zložčiny na rovnováhu.

Študovať rýchlosť reakcie tvorby a rozkladu hydrogénuhličitanu vápenatého CaHCO_3 .

Potrebujeme:

- Interfejs
- Senzor vodivosti
- Práškový uhličitan vápenatý
- Sýtená minerálna voda- „uhličitá“
- Miešadlo, 500 ml banka a akváriová pumpa

Postup:

1. Nakonfigurujte interfejs a pripojte senzor vodivosti.
2. Prepnete senzor vodivosti na rozsah 0 – 2000 mikrosiemensov.
3. Nalejte 250 ml roztoku do 500 ml banky.
4. Vložte senzor vodivosti do roztoku.
5. Spustite meranie.
6. Odmerajte vodivosť:
destilovanej vody,
destilovanej vody s práškovým uhličitanom vápenatým,
minerálnej vody.
7. Spustite meranie vodivosti minerálnej vody. Po dvoch minútach pridajte trochu práškového uhličitanu vápenatého.
8. Na odstránenie vznikajúceho oxidu uhličitého asi po 10 minútach začnite vpúšťať do roztoku vzduch.

Úlohy:

Vysvetlite zmenu vodivosti po pridaní uhličitanu vápenatého do minerálky.

Vysvetlite zníženie vodivosti pri prebublávaní roztoku vzduchom.

Vykonajte experiment s použitím iných zdrojov uhličitanu vápenatého.

Logaritmus zmeny vodivosti sa znižuje skoro lineárne. Skúmajte túto lineárnosť s použitím niekoľkých zdrojov vápenca.

11.2 Námety na merania z fyziky

Exaktné meranie fyzikálnych veličín a následné spracovanie a vyhodnotenie či už v rámci demonštračných, alebo žiackych experimentov sa najviac využíva práve vo fyzike. Možností pre jednotlivé merania je veľké množstvo a preto na tomto mieste ostaneme iba pri nápadoch. Učiteľ, či žiak po skúsenostiach s experimentmi opísanými v kapitole 7 by mal byť schopný rozpracovať do podoby laboratórneho protokolu tie nižšie uvedené nápady, ktoré posúdi za vhodné pre svoju triedu, pre svoj záujmový krúžok či k inému účelu.

Mechanika – kinematika

V rámci kinematiky zvyčajne rozvíjame základné schopnosti pracovať s grafom fyzikálnej závislosti. K tomuto účelu je určený senzor ultrazvukový vzdialenosti 03517. Tento vysiela ultrazvukový signál a deteguje signál odrazený od najbližšej prekážky. Výstupom senzora je vzdialenosť prekážky od senzora.

Pozorovanie pohybu spolužiaka – jeden zo žiakov sa pohybuje smerom k senzoru a od senzora, na monitore počítača postupne, alebo súčasne pozorujeme grafy závislostí polohy, rýchlosti a zrýchlenia od času. Vzorkovaciu frekvenciu je vhodné zvoliť približne 10Hz, pred použitím funkcií na výpočet rýchlosti a zrýchlenia je vhodné nameranú krivku vyhladiť.

Meranie zrýchlenia valca na naklonenej rovine – ultrazvukový senzor nasmerujeme na valec (s rozmermi viac ako 10 cm), alebo loptu valiaci sa po naklonenej rovine. K nameraným výsledkom sa môžeme vrátiť, keď budeme poznať dynamiku valivého pohybu.

Úlohy z kinematiky rovnomerných a rovnomerne zrýchlených pohybov sú vhodné aj pre samostatné modelovanie pokročilých žiakov.

Videomeranie je určené najmä na meranie polohy a času – teda na kinematický opis situácií zaznamenaných videokamerou. Príklady: vodorovný vrh, šikmý vrh, zvislý vrh nahor, rovnomerný pohyb po kružnici

Voľný pád 1 - Optickú bránu možno úspešne použiť pri meraní voľného pádu napríklad tak, že z výkresu spravíme pás dlhý aspoň 30 cm s otvormi tvaru obdĺžnika 0,5 x 2 cm, vzdialenosť stredov obdĺžnikov 1 cm. Spodnú časť pásu zaťažíme kovovým pásikom, aby sa odporová sila vzduchu stala zanedbateľnou.

Keď pásik necháme padať cez optickú bránu, svetelný lúč je prerušovaný a v grafe si môžeme zobrazit' závislosť dráhy prejdenej pásikom od času.

Voľný pád 2 - Jednoduchšie meranie voľného pádu je založené na meraní času voľného pádu kovovej guľôčky. Guľôčku pustíme z elektromagnetického závesu a zároveň spustíme meranie času (najlepšie funkciou spúšťanie merania úrovňou signálu) a zmeriame čas potrebný na prejde vopred nastavenej dráhy. Zastavenie merania času je možné viacerými spôsobmi, napríklad prerušením svetelného lúča v optickej bráne alebo prerušením elektrického obvodu.

Mechanika – dynamika

Merania sú dôležité najmä pri overovaní a utvrdzovaní si poznatkov súvisiacich so skladaním síl, a troma Newtonovými zákonmi. K väčšine meraní potrebujeme senzor sily, napríklad 0362.

Skladanie síl – závažiami so známymi hmotnosťami pripevnenými na nitiach pripravíme rôzne jedno a dvojrozmerné situácie, vypočítame výslednú pôsobiacu silu a meraním výsledok overíme.

Druhý Newtonov zákon – klzák na vzduchovej lavici urýchľujeme závažím pripevneným ku klzáku pomocou nite vedenej cez kladku na konci lavice. Polohu klzáku v závislosti od času meriame napríklad ultrazvukovým senzorom vzdialenosti 03517, meracou kladkou 0386 alebo viacerými optickými bránami.

Momentová veta, páka, kladka,

Mechanika kvapalín a plynov

Meranie hydrostatického tlaku – vo vysokej nádobe máme vodu, k senzoru tlaku máme pripojenú dlhšiu hadičku pripevnenú na drevenej/kovovej tyči. Tyč s hadičkou vkladáme do vody, meriame závislosť hĺbky (rozdiel hladiny vody v nádobe a v hadičke) a tlaku.

Prúdenie kvapaliny - merania tlaku kvapaliny pri použití Bernoulliho rovnice.

Atmosférický tlak – meriame závislosť atmosférického tlaku od výšky. Meranie realizujeme napríklad vo výťahu výškovej budovy. Potrebujeme barometer 032.

Termika

Prenos energie žiarením – meranie teploty povrchu elektrického výhrevného telesa, vyžarovaný výkon vypočítaný pomocou vzťahov pre žiarenie čierneho telesa možno porovnať s elektrickým príkonom. Pre meranie teplôt do 1400°C slúži termočlánok 035.

Model izolácie budovy – uzavretý priestor vykurojeme na teplotu približne o 10°C vyššiu, než je teplota okolia. Meriame elektrický príkon potrebný na udržiavanie konštantnej teploty pri rôznych podmienkach. Uzavretý priestor môžeme realizovať sklenenou fľašou na zaváranie, vykurovanie môžeme realizovať žiarovkou (6 V), nádobu môžeme chladieť ventilátorom, izolovať textilom, vetrať malým otvorom vo veku nádoby, chladieť vyparovaním vody z mokrého textilu

Vlastnosti plynov

Deje so vzduchom – závislosť tlaku od objemu izotermický a tlaku od teploty pre izochorický a adiabatický dej.

Premeny skupenstva látok

Skvapalňovanie vody – meranie relatívnej vlhkosti a teploty okolia, pozorovanie tvorby rosy na studených predmetoch

Chladenie vyparovaním vody/alkoholu

Elektrický náboj a jednosmerný elektrický prúd

Pre meranie na obvodoch, ktoré nie sú príliš zložité postačuje priame meranie napätia bez senzora a meranie prúdu kalibráciou malého rezistora. Problémom pri zložitejších obvodoch býva spoločné uzemnenie všetkých štyroch meracích vstupov – tento problém zaniká použitím diferenčných senzorov napätia a prúdu.

Meranie volt-amérových charakteristík - napríklad rezistora, žiarovky, polovodičovej diódy, tužkovej/plochej batérie (aj vnútorného odporu zdroja), elektrolytu,

Meranie zmeny odporu medeného vodiča/termistora v závislosti od jeho teploty cievku z dlhého tenkého medeného vodiča/termistor (vodotesne zabalenú v igelite) zahrievame vo vodnom kúpeli

Vybíjanie kondenzátora

Magnetické pole

Na väčšinu meraní potrebujeme senzor magnetickej indukcie, napríklad 024.

Magnetické pole dlhej cievky – závislosť magnetickej indukcie od počtu závitov, od stúpania cievky, od veľkosti prechádzajúceho prúdu

Meranie magnetickej indukcie rôznych permanentných magnetov a elektromagnetov, skúmanie vplyvu jadra v cievke

Elektromagnetická indukcia – pád permanentného magnetu dutinou cievky rôznymi rýchlosťami, kvalitatívne/kvantitatívne porovnávanie maximálneho indukovaného napätia,

Vlastná indukcia – narastanie veľkosti prúdu pri pripojení cievky ku zdroju jednosmerného napätia; vypínanie prúdu cievkou (pozor na prekročenie maximálneho napätia na vstupe meracieho panela)

Striedavý prúd

Základné parametre striedavého prúdu – meranie priebehu, amplitúdy, periódy, frekvencie, efektívnej hodnoty striedavého napätia/prúdu

Meranie fázového posuvu medzi prúdom a napätím v obvode s rezistorou /cievkou /kondenzátorom

RLC obvod – meranie/modelovanie rôznych parametrov obvodu, rezonancia,

Generátor striedavého prúdu – meranie amplitúdy, frekvencie, priebehu napätia na generátore striedavého prúdu

Usmerňovače striedavého prúdu – pozorovanie funkcie usmerňovača

Zosilňovač striedavého prúdu

Mechanické kmitanie

Závažie na pružine – meranie frekvencie, okamžitej rýchlosti/zrýchlenia, napínacej sily, závislosť frekvencie od hmotnosti závažia



Vlnenie – mechanické, elektromagnetické

Vlnenie na niti/strune/drôte – meranie závislosti rýchlosti priečnej vlny od parametrov nite

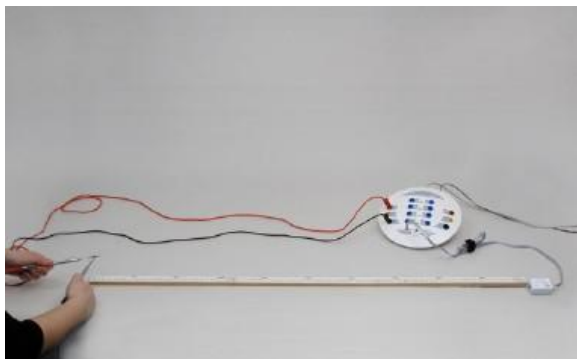
Merania so zdrojom centimetrových elektromagnetických vln (klystrón) – odraz, stojaté vlnenie, vlnová dĺžka, lom vlnenia,

Zvuk:

Meranie frekvencie, priebehu zvuku



Meranie rýchlosti zvuku – priame meranie čela vlny, meranie fázového posuvu v dvoch miestach, stojaté vlnenie



Pozorovanie/meranie rázov – zdrojom zvuku ladičky alebo reproduktory



Stojaté vlnenie – meranie základných rezonančných frekvencií na strunách a trubicách

Svetlo:

Interferencia svetla na dvojštrbine

Difrakcia svetla na otvore, mriežke

Žiarenie čierneho telesa – porovnanie vyžarovaného výkonu vypočítaného z meranej povrchovej teploty elektrického žiaríča a jeho elektrického príkonu.

Počítačom podporované prírodovedné laboratórium

Učebný text vznikol s podporou Európskeho sociálneho fondu, projekt Inovácia profesijných spôsobilostí učiteľov prírodovedných predmetov, kód projektu 11230220245

Autori: © RNDr. Peter Demkanin, PhD.

PaedDr. Karla Holá

doc. RNDr. Václav Koubek, PhD.

Recenzenti: prof. RNDr. Ľubomír Zelenický, PhD.

RNDr. Pavel Pešat, PhD.

Vydalo: Knižničné a edičné centrum FMFI UK, Bratislava

Rok vydania: 2006

Vydanie: Prvé

Počet strán 140

Náklad 100 kusov

ISBN: 80-89186-10-6