

**Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích**

Pedagogická fakulta

Katedra pedagogiky a psychologie

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

*Využití výpočetní a experimentální laboratorní techniky  
při výuce přírodních věd*

*Applications of Microcomputer-Based Laboratories  
in Inquiry-Based Science Education*

Vypracoval: Ing. Miroslav Staněk, Ph.D.  
Vedoucí práce: doc. RNDr. Vojtěch Stach, CSc.

## Prohlášení

*„Já zajisté nechtěl jsem se uchýliti napravo ani nalevo, než to aby se položilo a psalo, co pravého jest, ač ovšem uznávám, že toto mé psaní (které jsem ne sám od sebe ani ze svého smýšlení, ale vybrav z jiných, co se mi zdálo pravdě nejpodobnější, jsem psal) ne všem líbiti se bude, a to pro rozličnost lidských rozumů, důmyslů a vůle, neb ne všickni za jedno smýšlejí... I nemůže to nikterak býti, aby jeden takové věci spisuje těm lidem sobě odporným všem mohl se zachovati...*

*...Vím, že při tomto spisování rozličné budou nápravy činiti mnozí a zoláště závistiví a posměvači. Ty pak, který pravdu a upřímnost miluješ, jistě věz, že jsem já psal s úmyslem dobrým a srdcem upřímným, žádného jsem nehaněl, ani o kom důtklivě psal. Proto ty, když čísti budeš, srdcem křesťanským (které i nedostatky v dobré obracuje) to ode mne vděčně přijmi, za to prosím. Měj se dobře."*

Václav Hájek z Libočan, Kronika česká, 1541

Prohlašuji, že svoji bakalářskou práci jsem vypracoval samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury. Cizojazyčné citace jsou přeloženy do češtiny. Způsob odkazování i ostatní formální úprava práce odpovídá české normě ČSN ISO 7144 „Dokumentace – Formální úprava disertací a jiných dokumentů“.

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

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

Děkuji všem, kteří mi pomáhají na mé cestě a přivádějí mne na její nové směry. V tomto případě chci poděkovat zejména doc. Vojtěchu Stachovi, který mi ukázal směr pedagogický.

Miroslav Staněk, v Praze, 20. 4. 2013



## Obsah

0 Úvod - potřeba přírodovědné gramotnosti.....	1
1 Pedagogická komunikace, interaktivní výuka .....	3
2 Experimentální měřicí systémy a jejich možnosti užití ve výuce .....	6
2.1 Požadavky na vybavení školy měřicí technikou.....	6
2.2 Popis školního experimentálního měřicího systému .....	7
2.3 Přehled základních senzorů.....	8
2.4 Software a rozhraní - měření a zpracování dat .....	11
2.5 Základní popis způsobu práce s měřicím systémem .....	12
3 Experimentální činnosti žáků a učitelů .....	14
3.1 Základní didaktické formy experimentálních aktivit - vymezení pojmů.....	14
3.2 Školní přírodovědný experiment - vymezení pojmů .....	16
3.3 Didaktické zásady při realizaci přírodovědných experimentů .....	17
3.4 Demonstrační experiment .....	20
3.5 Žákovský experiment - laboratorní práce .....	21
3.6 Žákovský badatelský experiment .....	25
4 Úskalí práce s moderními senzorovými stavebnicemi .....	34
5 Příklady realizace experimentů se systémem PASCO .....	36
5.1 Demonstrační pokus: Statika - Působení gravitační síly na nakloněné rovině.....	36
5.2 Demonstrační pokus: Dynamika - Měření rovnoměrně zrychleného pohybu.....	47
5.3 Žákovská badatelská úloha, Faradayův indukční zákon .....	53
5.4 Žákovská laboratorní úloha, Zákon zachování mechanické energie .....	61
6 Seznam použité literatury a pramenů .....	62
7 Abstract.....	64
Příloha č. 1 - Žákovská laboratorní úloha, Zákon zachování mechanické energie .....	64

## 0 Úvod – potřeba přírodovědné gramotnosti

Nebudeme se hned v úvodu pouštět do nářku nad stavem vědomostí žáků a studentů našich škol v oblasti přírodních věd a matematiky. Analýzu příčin zřejmého zhoršení výsledků českých studentů a žáků v mezinárodních srovnáních, které se zrcadlí i v poklesu prestiže naší vědy, necháme na povolanejších. Nechci zde lkát nad stavem celé společnosti, která tento nestálý úpadek krátkozrace přehlíží a svou neochotou investovat (nejen finance) do školství si sama zakládá na budoucí problémy v oblastech technických inovací, konkurenceschopnosti a ekonomického a kulturního růstu. Bude to snad některý z našich žáků, kdo objeví lék na rakovinu? Bude to některá naše studentka, která vyřeší problémy jaderné fúze? Těžko budeme budoucí úspěšné vědce hledat ve stále nekončících zástupech zájemců o vysokoškolská studia marketingu či obchodního práva! Odhlédněme však od politicko-filosofických nářků k všední a konkrétní realitě. Co v našem školství můžeme ve prospěch přírodovědeckého poznání udělat s kartami, které nám osud (a státní rozpočet) tak nešťastně rozdává?<sup>1</sup>

Cílem této práce je zamyšlení nad stavem výuky přírodních věd (fyziky, chemie, biologie) na českých základních a středních školách, zejm. z perspektivy využití výpočetní a experimentální laboratorní techniky.

Tuto problematiku budeme nahlížet posuzováním různě chápaných rolí a významů experimentů realizovaných v rámci výuky těchto přírodovědných disciplín. Budeme se ptát, proč pokusy, které se (pokud vůbec) tradičně vyskytují v učebních plánech našich škol, často vůbec nereflktují soudobé trendy v oblasti moderních informačních technologií a svým charakterem se tudíž pro žáky stávají nezajímavými.

Dávno pryč je doba, kterou Karel Poláček charakterizuje klukovskou povinností „nosit v kapse hřebík, nůž a provázek“. Dnešním základním vybavením školákovy kapsy je dotykový „chytrý“ mobilní telefon či tablet! Této situaci se musí přizpůsobit i školní prostředí. Musíme přijmout, že fyzikální pokusy „z ruky“ s pomůckami, které „leží všude kolem“ nabývají nové podoby. **Je zapotřebí zobrazit žákům přírodní děje ve formě, která je**

---

<sup>1</sup> Příznačná krátkozrakost nakládání omezenými finančními zdroji ve školství může být ilustrována např. investičním počínáním mnoha škol s tolik diskutovanými „EU penězi školám“. Příležitosti získat nemalé finanční „přilepšení“, využilo mnoho škol k tomu, aby si „vybavily“ počítačové učebny. Slouží ale nákup počítačů a serverů skutečně původnímu projektovému záměru evropských grantů? Byly tyto prostředky skutečně využity k inovaci stylu a způsobu výuky? Jak to, že se nám opakovaným vyslovováním zkratky názvu operačního programu již vytratil její smysl? Ano, jedná se nám všem přeci o vzdělání pro konkurenceschopnost! Nemá cenu předstírat, že ve všech školách je PC technika právě nejmodernější. Ovšemže počítače v mnoha školách jsou „zastaralé“. Základní vlastností každého dnes koupeného počítače je, že již zítra zastará. Nebylo by proto lépe využít Bruselům nabízené příležitosti k investici do skutečně perspektivní budoucnosti? Pokud školu vybavíme nějakou v tomto smyslu nadčasovou platformou, nezískáme tak v dlouhodobé perspektivě snad daleko více? (Na tomto místě bych rád ještě jednou zdůraznil: Nemluvíme zde o fyzickém „zisku“ jakékoli techniky, máme na mysli zisk v zápalu našich žáků pro přírodní vědy!) Ačkoli ani v tomto případě se zastarání obávat nemusíme. Její funkčnost není hardwarově náročná a dokonce ani typově ohraničena neboť funguje stejně dobře na starších počítačích, stejně jako na nejmodernějších dotykem ovládaných tabletech, v podstatě vždy stačí, aby dané zařízení disponovalo USB vstupem. Záruka zpětné kompatibility naopak zajistí, že dříve zakoupené senzory budou fungovat i na nejnovějším počítači... Stále zde mluvíme o zisku ve vzdělání a zápalu našich žáků pro přírodní vědy!



**úměrná současnému stavu jejich technologické gramotnosti a nejnovějším poznatkům z oblasti pedagogiky a psychologie, které tento stav již také reflektují.**

Fyzika, chemie, biologie a další odvozené přírodovědné disciplíny by proto měly být vždy vyučovány s co nejvyšší měrou zapojení nové interaktivní měřicí techniky, jež slouží nejen k monitorování přírodovědných zákonitostí (zaznamenání vývoje sledovaných veličin v reálném čase a jejich následnému vyhodnocení), ale vede k celkovému rozvoji všech žákových kompetencí potřebných v sociokulturním prostředí počátku 21. století! Hlavním předmětem této práce je analýza právě takové formy interaktivní výuky – výuky s tzv. „měřicími experimentálními systémy“. V práci jsou uvedeny příklady využití této nové didaktické pomůcky na různých úrovních individualizace učebního procesu – modernizací „klasických, frontálních, demonstračních“ experimentů učitele počínaje, plně žákovskými, skutečnou vědeckou činnost simulujícími pokusy konče.

Ačkoli nemá smysl zastírat, že druhá hraniční varianta je v našich zeměpisných souřadnicích zatím spíše ideálem, bude právě jí v této práci věnována největší pozornost. Hlavním tématem následujících úvah proto bude **badatelská forma žákovských školních experimentů**, simulující v co možná nejvyšší míře proces reálného vědeckého výzkumu.

Budeme se zabývat výhodami i úskalími takové formy výuky přírodních věd, v níž jsou žáci do pokusů přímo zapojeni a celou dobu se plně podílejí na realizaci velice efektivního poznávacího procesu, ačkoli si sami často ani explicitně neuvědomují, že se vlastně učí. Během svého „bádání“ se aktivně účastní nejen samotného „naměření hodnot, spočítání výsledků a jejich vynesení do grafu“ (tak jak tomu bývá v tradičních laboratorních „měřeních“), ale plně se podílejí na celém průběhu „výzkumu určité problematiky“: Od definování problému (Co chceme zjistit?), přes navržení metody jeho odhalení (Jak to chceme zjistit?), diskuzi o očekávaných výsledcích (Jak interpretovat data, která zvolenou metodou získáme?), k vlastnímu reálnému sestavení celého experimentu (aparatura, pomůcky, způsob sběru dat) a vyhodnocení cílů (Co jsme naměřili? Je nám to k něčemu? Co nyní víme? Dokážeme o tom mluvit a popsat to spolužákům?).

Je nabíledni, že takováto forma výuky vede nejen ke zvýšení vlastní přírodovědné gramotnosti. Žáci se zároveň naučí formulovat své myšlenky a porovnávat vlastní závěry s teoretickými poznatky, jež získávají z učebnic (čtenářská gramotnost), naučí se myslet sami za sebe i spolupracovat ve skupině (individuální rozvoj i socializační prvek), trénují fyzickou motoriku (ovládání měřicích přístrojů a nastavování podmínek pokusu), přemýšlejí nad ekologickými i etickými aspekty lidského konání i o svém vlastním vztahu k technice a přírodě vůbec. Kompatibilita využití měřicích experimentálních systémů s různorodou IT technikou (IBM PC, Apple iOS platformy, telefony, tablety apod.) pak dále žákům ukáže, že současné informační technologie nám neumožňují pouze stále rychleji sledovat dění ve virtuálním světě internetu a sociálních sítí, ale že díky počítačům můžeme nahlédnout také pod pokličku dějů v reálném světě přírodních jevů a vytvořit si tak přehled o síti souvislostí, které nás obklopují.

Děti si uvědomí, že jim technologické „smysly“ měřicích senzorů umožňují vidět to, co jejich rodiče ve škole svými smysly spatřit, slyšet, ochutnat, nahmatat či ucítit nemohli, a že dobrodružství poodhalení přírodních tajemství může být stejně fascinující, jako strhující počítačová hra, dosavad jediné využití jejich počítače. K takovému cíli směřují klíčové aktivity stručně nastíněné v této práci, jejichž cílem je zlepšování podmínek pro využívání ICT v přírodovědných a odborných předmětech pro žáky i pedagogické pracovníky, a to i mimo každodenní rámec vyučování, ve škole i mimo ni.

## 1 Pedagogická komunikace, interaktivní výuka

*„Forma vyučovací náleží k věcem, jimž nelze se naučiti z theoretických knih. Zde jest potřeba býti stále na učení u velmistra života a všimati si, jak si vedou obratní učitelé. Ale přesto přese všecko nedopracuje se mnohdy ani nejhrolivější učitel leda vědomí poctivé snahy, ale nikoli dokonalosti vyučovatelské, neboť, když toho třeba nejmeně očekáváme, měnivý život vysměje se všem pravidlům didaktickým, lopotně osvojeným.“*

Harapat, J.: *Silozpyt a lučba na všech stupních škol obecné a měšťanské*, 1910

V souvislosti s moderní výukou není dnes na školách užívanějšího přívlastku, nežli „interaktivní“. Přesto, že je toto slovo skloňováno ve všech pádech, neuškodí, zamyslíme-li se nad jeho původním významem. Interakce (z lat. interactio od inter-agere) znamená působení či jednání, v němž se **klade důraz na vzájemnost a oboustrannou aktivitu**. (Narozdíl od jednostranného, například kauzálního působení.) „Interaktivní“ je taková výměna informací, v níž probíhá vzájemné střídání podnětů a reakcí na ně, a to v reálném čase.

Nejdůležitějším článkem výuky je bezpochyby žák. Jaká výuka je tedy skutečně interaktivní? Je to taková, v níž hraje zásadní roli interakce mezi učitelem a jakýmkoli (buť dle názvu sebevíc „interaktivním“) zařízením, visícím na stěně učebny? Jistě ne! Ale ptejme se (poněkud kacírsky) ještě dále: jedná se o interakci mezi učitelem a žákem?<sup>2</sup>

Cílem této práce je ukázat mj., že **výuka bude skutečně interaktivní jedině tehdy, zajistíme-li v žákově poznávacím procesu přímou interakci mezi ním a realitou, kterou by měl poznávat**. Proces didaktické transformace pak bude co možná nejpřímější a role učitelů – průvodců v tomto procesu – bude spočívat hlavně v tom, kterak mysl žáků k přijetí jim nových podnětů otevřít.

Již moudro našich babiček říká, že „co projde smysly, zůstává v mysli“. Jestliže chceme, aby zákonitosti přírody byly našim žákům „nadosah“, potřebujeme dát žákům nástroj, kterým tyto zákony budou moci skutečně „osahat“. Sebekrásněji ilustrovaná učebnice, flash animace, dokonce ani dokonale vyvedené video nedokážou zprostředkovat děje přírody „in Natura“. Lapidárně řečeno, již definice lučby, silozpytu a živý napovídají, že „chemie by měla na školách studentům smrdět“, „fyzika by se před nimi měla hýbat“, „biologie by měla být naživo“!

Souhrnem - reálné projevy světa kolem nás by měly být na školách (nejlépe samotnými žáky) demonstrovány. Sledované děje pak musejí být v reálném čase zaznamenávány (sběr dat), zaznamenané by mělo být viděno (vizualizace sledovaných veličin číslem, grafem, tabulkou) a viděné by mělo být analyzováno a následně zasazeno do širších souvislostí. Tehdy máme větší šanci, že projevy přírody budou našimi studenty pochopeny a tudíž i snáze zapamatovány.

Ke zdárnému vzdělávání v oblasti přírodních věd potřebujeme následující: **1) uvědomění žáků, že s vědou se setkávají každodenně** a všude (čili nejen v hodinách přírodních věd), **2) výuka vědy musí jít ruku v ruce s vlastní aktivitou žáka** nejlépe formou názorných žákovských experimentů, **3) experimentování probíhá formou formulace otázek a hledání**

---

<sup>2</sup> Více např v Kalhous, Z., Obst, O. *Školní didaktika*. Praha : Portál, 2002, Skalková, J. *Obecná didaktika*. Praha : Grada Publishing, 2007.

**odpovědí** na ně a navazuje na **4) nalézání širších souvislostí**, které 5) dávají vzniknout **ucelenému pohledu na projevy světa** kolem nás.

Nezmíněnou, avšak zcela zásadní podmínkou k takovémuto vzdělávacímu procesu jsou vyškolení, vybavení a novým formám výuky otevření učitelé, jejichž cílem není děti „vzdělávat“, nýbrž vést je k tomu, aby se „samy v něčem vzdělaly“. Pedagogická zkušenost již po staletí přece jasně ukazuje, že nikoho nelze „něčemu naučit“. Pedagog může žákovi nanejvýš ukázat, kterak „se něčemu může naučit sám“!<sup>3</sup> Prvním cílem pedagoga je nadchnout žáka k tomu, aby se o vykládanou problematiku začal zajímat. Ukázat mu, že stojí za vynaložení námahy, podnítit v něm zvědavost, pro kterou bude sám ochotně onu námahu vynakládat.

Technika a technologie tohoto století nám nejen dávají výkonné nástroje, jež byly v poznávacím procesu dřívějších dob nepředstavitelné, ale jejich využívání nám (jakoby mimochodem) poskytuje ještě další benefity v rozvíjení dalších schopností našich studentů! Jejich využíváním pak nejenže získávají specializované znalosti z oblasti přírodních věd (funkce senzorů a příslušenství, návrh a realizace experimentů F, Ch, Bio), děje se tak navíc formou přirozeného osvojení schopností a znalostí z oblasti nových informačních technologií (práce s PC software i hardware, ovládání tabletů a programových nástrojů datové analýzy). Zcela nenásilně tak dochází k intenzivnímu rozvíjení profesních i osobních kompetencí jednotlivých žáků i jejich skupin (prostor pro práci v týmu, stejně jako pro seberealizaci).

Pokud na vás předchozí odstavec působí dojmem heslovitosti propagačních materiálů, pak vězte, že v dnešních dnech výše uvedená hesla již skutečně získávají reálnou dimenzi! Žijeme v době, kdy efektivně předaná informace nemá lineární povahu textu, ale obrazu, v době, kdy již tříletá miminka, mající první zkušenosti s ovládáním rodičova tabletu, zkoušejí dotekem prstíků „komunikovat“ s obrazovkou televizoru a jsou zklamána jejich „nefunkčností“, v době, ve které se „chytré mobilní telefony“ stávají standardem v kapsách našich teenagerů. V této době nemůžeme chtít podnítit v dětech zaujetí přírodními zákony tím, že na jejich pozornost budeme „útočit frontálně“, za pomoci jakéhokoli zařízení daleko od nich, pomocí pomůcek, pamatujících kabinety starého mocnářství. Ano, také vzdálenost od lavice ke katedře se pro udržení pozornosti mnoha našim žákům jeví jako nepřekonatelná.<sup>4</sup>

Také po celou dobu využívání měřicího systému nesmíme zapomínat na její primární určení. Výuka s tímto systémem není koncipována pedeutocentricky, ale pedocentricky. Jejím hlavním cílem je přivést experiment od učitele k samotným žákům tak, aby se od začátku podíleli na jeho návrhu, realizaci i vyhodnocení.

Přírodovědný experiment musí být dostupný dětem a jakýkoli systém na jeho realizaci nemůže být priority chápán jako „hračka pro výstředního kantora“. Jedná se o pomůcky pro rozvoj normálního dítěte naší doby. Pokud ji dnes nedokážeme dítěti nabídnout, jen těžko po něm budeme moci požadovat zápal pro přírodovědnou problematiku – nutnou podmínku k úspěšnému vzdělávacímu procesu. A pak si jen těžko budeme moci za pár let stěžovat na stav naší vědy, výzkumu a v neposlední řadě i hospodářského stavu naší společnosti.

---

<sup>3</sup> Zde chci zdůraznit, že tato úvaha se nevěnuje alternativním didaktickým přístupům, jako je např. postup Montessori či Waldorfských škol, to co zde chci popsat, by mělo být součástí tradičního modelu našeho soudobého školství.

<sup>4</sup> Je jedním z možných příčin i fakt, na nějž poukazuje několik současných výzkumů, že učitelé tráví slovním výkladem až 60% času?

Z tohoto pragmatického hlediska konkurenceschopnosti a utilitarizace vědění, je experimentální stavebnice výborným nástrojem pro výchovu kompetentních odborníků v oblasti aplikovaných věd, kteří umějí využívat mocné moderní nástroje získávání dat a jejich následného vyhodnocování. Vedle získání specializovaných znalostí z oblasti konkrétní přírodovědné disciplíny (např. chemie) si přirozeně osvojí nové technické schopnosti a znalosti z oblasti informačních technologií. Dochází tak k nenásilnému rozvíjení jak jejich profesních, tak i osobních kompetencí.

Pro zajímavost srovnáme možnosti uvedeného systému např. s požadavky, uvedenými v katalogu požadavků zkoušek společné části maturitní zkoušky: 5

Fyzika: „Očekávané znalosti a dovednosti, které budou ověřovány v maturitní zkoušce z fyziky lze obecně rozdělit do tří kategorií:

1) Znalost s porozuměním (vysvětlit fyzikální poznatek, analyzovat fyzikální fakta a rozpoznat jejich příčiny (průběh fyzikálního děje, fyzikální jev, stav tělesa nebo soustavy apod.), porovnat a uspořádat je podle určitého kritéria...

2) Aplikace znalostí a řešení problémů: řešit různými metodami přiměřeně obtížné fyzikální úlohy a problémy, s nimiž se setká při studiu i v běžném životě a technické praxi řešit fyzikální úlohy, odhadnout výsledek řešení úlohy vysvětlit význam fyzikálního poznatku pro praxi, vytvářet fyzikální model reálné situace....

3) Práce s informacemi: z popisu fyzikálního děje vyvodit a formulovat závěry a popsany děj na přiměřené úrovni fyzikálně vysvětlit navrhnout jednoduchý experiment, který demonstruje určitý fyzikální fakt, sestavit graf závislosti dvou fyzikálních veličin z hodnot získaných měření odečítat z grafů hodnoty veličin..., měřit teploměrem, stopkami, ampérmetrem, voltmetrem...“[12]

Vidíme, že ve všech bodech zůstává role kvalitního pedagoga nezastupitelná. Na druhou stranu je však také zřejmé, že s jeho přičiněním se může měřicí platforma stát velice užitečným a hodnotným nástrojem oživení a zatraktivnění výuky přírodních věd, stejně jako prostředkem nenásilného zvyšování IT gramotnosti a technických dovedností studentů.<sup>6</sup>

---

<sup>5</sup> Katalog požadavků zkoušek společné části maturitní zkoušky platný od školního roku 2009/2010, MŠMT 11.3.2008 (dostupný online na stránkách MŠMT).

<sup>6</sup> Více např v Metcalf, S., Tinker, R.F. Probeware and handhelds in elementary and middle school science. *J Sci Educ Technol* 13, 2004 p. 43–49. Kreikemeier, P. A., Gallagher, L., Penuel, W. R., Fujii, R., Wheaton, V., Bakia, M. Technology enhanced elementary and middle school science II (TEEMSS II) In *Research Report 1. SRI International*, Menlo Park, 2006. Hudson, S. B., McMahon, K. C., Overstreet, C. M. The 2000 national survey of science and mathematics education: compendium of tables. *Horizon Research*, Chapel Hill, 2002.

## 2 Experimentální měřicí systémy a jejich možnosti užití ve výuce

Až doteď jsme se zamýšleli nad tím, proč vůbec začít s interaktivní formou výuky přírodních věd. Jak ale začít a s čím? V současné době je na trhu v ČR několik obdobných systémů, které jsou si na první pohled velmi podobné.

V krátkosti: všechny laboratorní systémy sestávají ze souboru senzorů a čidel, které měří různé fyzikální veličiny. Signál ze senzorů je následně veden do počítače (nejčastěji prostřednictvím tzv. rozhraní připojeného do USB) či mobilního měřicího zařízení – dataloggeru, kde je vyhodnocován ve analytickém programu. Historicky první měřicí systém toho typu, jak jej dnes známe, na našich školách byl měřicí systém ISES (1990). Brzy se na českém trhu objevily systémy PASCO (2008), Vernier (2010), později přibýly systémy LabDisc (2012) GlobiSens či NeuLog (2013) a IP Coach. V zahraničí lze zakoupit také další, jako Data Harverst, Nova a další (v současné době se na trhu objevuje každoročně nová řada senzorů, zejm. čínské provenience).

Veškeré ukázkové přípravy uváděné níže v této práci jsou vytvořeny za pomoci systému PASCO, způsob práce a její metodické základy jsou však všem systémům více či méně společné.<sup>7</sup>

### 2.1 Požadavky na vybavení školy měřicí technikou

Snahy většiny z budoucích uživatelů, vybrat „ten nejlepší“ měřicí systém podle technických parametrů jednotlivých senzorů či čidel většinou nikam nevedou, neboť fyzikální konstrukce jednotlivých čidel, jsou ve všech systémech víceméně obdobné, a proto i měřicí rozsahy jednotlivých čidel (stejně tak i jejich cena) jsou velmi podobné.

Je paradoxem, že skutečně nejdůležitější výběrové kritérium bývá školou často zohledňováno až v poslední řadě. Tímto - z hlediska budoucnosti nejdůležitějším - kritériem zůstává samotná využitelnost systému jako celku a jeho schopnost přizpůsobit se konkrétním potřebám dané školy a novým trendům v oblasti IT technologií, které budou ve školách v blízké budoucnosti v čím dál vyšší míře využívány.<sup>8</sup>

Při výběru experimentální platformy pro výuku přírodních věd, je zapotřebí sledovat, jaké (případně kolik) programové prostředí systém nabízí. Jestliže měřicí čidla a senzory jsou pro všechny typy škol stejné<sup>9</sup>, pak o tom, jak pokusy žáky zaujmou, rozhoduje právě prostředí programu, v němž jsou data z čidel vyhodnocována. Jistě je lépe, může-li si základní škola zvolit prostředí, které je na analytické nástroje sice chudší, avšak na ovládání žáky intuitivnější a jednodušší, proto, aby „ovládání“ softwaru nezabralo veškerou pozornost, jež by měla být soustředěna na vlastní fyzikální děj. Vyšší badatelské ambice starších studentů

---

<sup>7</sup> Více např v Krajcik, J. S., Layman, J. Microcomputer-based laboratories in the science classroom. Research that matters to the science teacher, no. 31. *National Association of Research on Science Teaching (NARST)*, 1993. (Dostupné online na <http://www.narst.org/publications/research/microcomputer.htm>)

<sup>8</sup> Tohoto faktu si již nevšimá jen odborná pedagogická, ale i široká veřejnost. (Viz např. mediálně sledovanou kauzu s iPady a základní školou v České Kamenici *Hospodářské noviny* 15. 11. 2011, *Reflex* 10/2012, *RESPEKT* edice Fenomén, 5/2012.)

<sup>9</sup> Zde mám na mysli skutečnost, že siloměr pro gymnázium je stejný, jako siloměr pro ZŠ, neznamená to však, že by neexistovala čidla, jejichž využití naleznete pouze v určitých školách – příkladem je např. vysokofrekvenční voltmetr, jehož využití je mimo elektroprůmyslové SŠ opravdu jen marginální.

středních škol (a jejich učitelů) by naopak měl uspokojit software, umožňující svými nástroji podstaty přírodních dějů více „rozpítvat“ v sofistikované analýze.<sup>10</sup>

Samozřejmou součástí takovýchto software by měly být možnosti vložení pracovních postupů či teoretického pozadí do rámce celého experimentu, stejně jako pořízení videí z průběhu celého pokusu. Pokud v takovém programu sledujeme přírodní děj, procházíme úlohou, která je ve vztahu k nám skutečně interaktivní. V jednom prostředí se setkáváme jak s průvodcem celým experimentem, s teorií problematiky, k níž se úloha vztahuje, tak i s vlastním měřením a jeho vyhodnocováním. Žákova komunikace s přírodou probíhá opravdu oboustranně.

Takovouto úlohu bychom měly být schopni realizovat v celém spektru moderní výpočetní techniky. Systém, který vedle připojení na PC umožní měřit také na tabletech různých operačních systémů je jistě dobrou volbou do budoucnosti.

## 2.2 Popis školního experimentálního měřicího systému

Všechny dataloggerové stavebnice jsou navrženy tak, aby s nimi mohli pracovat již žáci od druhého stupně základních škol. Variabilita vyhodnocovacích software naopak poskytuje příležitost měřit i zkušenějším přírodovědcům a proniknout skutečně do podstaty různých přírodních dějů.

Sledovat můžeme (s jistou mírou nadsázky) opravdu téměř vše. Teplotou, radioaktivním zářením, rychlostí, elektrostatickým či magnetickým polem, silou, zrychlením, elektrické napětí a proudem v oblasti fyziky počínaje, pH, koncentrací mnoha různých iontů, rozpuštěného i plynného kyslíku či oxidu uhličitého, kolorimetrickým a turbidimetrickým měřením roztoků či základními pokusy z oblasti spektrofotometrie a chemie pokračuje, spirometrickým sledováním dechu, srdeční frekvence a EKG či krevního tlaku z oblasti biologie a fyziologie konče. Bohatá škála senzorů, umožňujících sledovat environmentální parametry našeho životního prostředí pak ukazuje na skutečnost, že v práci s těmito senzory nejste vázáni jen na prostředí školních lavic, ale že můžete vyrazit objevovat kouzla přírodních zákonitostí také ven. Dataloggerové systémy jsou většinou konstruovány jako modulární stavebnice. Všechny jejich prvky jsou navzájem kompatibilní a propojitelné. Rozhraní (pracujících jak s protokoly USB, tak s Bluetooth) vám umožní pracovat nejen s tradičními PC<sup>11</sup>, ale téměř s jakýmkoli zařízením IT, „chytré“ mobilní telefony nevyjímaje.

**Školní experimentální systémy sestávají ze tří základních částí: 1) senzorů**, jež měří fyzikální (chemické, biologické) veličiny, umožňují tím sledovat široké spektrum různých přírodovědných jevů. Mezi nejběžněji využívané senzory patří např.: (z fyzikálních) siloměr, pohybový, voltmetr-ampérmetr, luxmetr, celá řada různých teploměrů, senzor na měření intenzity hluku, magnetického pole, tlakoměry aj., (z chemie) pH metry, kolorimetry, spektrofotometry, koncentrace různých plynů, zákaloměry a celá plejáda iontově selektivních elektrod, (z biologie a environmentalistiky) senzory měřící fyziologické parametry (spirometr, EKG, srdeční tep, krevní tlak) a parametry kvality životního prostředí (kvalita vody, atmosférické parametry, rychlost vody i větru apod.) (Využitelnost posledně jmenovaných je zejm. v terénním měření, kdy se senzory zapojují do dataloggerů ve spojení se senzorem GPS, přesně zaznamenávajícím aktuální polohu měření.)

<sup>10</sup> Více např. v Friedler, Y., Nachmias, R., Linn, M. C., Learning scientific reasoning skills in microcomputer-based laboratories. *J Res Sci Teach* 27, 1990, p. 173–191.

<sup>11</sup> Systémů Apple i IBM. Jejich hardwarové nároky jsou velmi nenáročné, k měření stačí i velmi pomalé procesory a nízká kapacita operační paměti.



Všechny senzory jsou si na první pohled velmi podobné, mají unifikovaný konektor, jímž jsou zapojovány do **2) rozhraní**. Rozhraní obsahuje analogově – digitální převodník a slouží k přenosu měřené informace ze senzoru do PC, popř. jiného zobrazovacího zařízení. Rozhraní jsou buďto mobilní (datalogery součástí rozhraní je display, na kterém lze přímo veličinu sledovat) nebo s USB výstupem, sloužící k zapojení do počítače, tabletu a podobně. Také způsob vyhodnocování dat z nich získaných, je jednotný. Využívá se k němu třetího pilíře školních experimentálních systémů -

**3) software**. Software bývá koncipován s ohledem na věk a technické schopnosti uživatelů - žáků, studentů a učitelů. Soustředí se zvláště jak na základoškolské, tak na středo- a vysokoškolské výukové prostředí. Tomu je přizpůsobeno ovládání a analýza sběru dat, a to jak v počítači tak i mobilních měřicích zařízení – dataloggerech. Existuje jednoduchá varianta SW, v níž je vše podřízeno snadnému ovládání, soustředící se na nižší stupně škol, a varianta bohatší na analytické nástroje, jíž bude využito hlavně na stupních vyšších.

Všechny senzory je však možno využívat v obou uvedených eventualitách a jsou plně kompatibilní s jakýmkoli měřicím rozhraním i způsobem zpracováním dat.

Tato práce je postavena na využití systému PASCO s využitím senzorů řady PASPORT. Obecně vzato řada PASPORT představuje komplexní edukační platformu podporující výuku všech přírodních věd. Zahrnuje v sobě jak přístrojovou část, poskytující prostředky pro získání naměřených dat, tak i část programovou, sloužící k jejich vyhodnocení a dalšímu zpracování v široké paletě experimentů z oblasti fyziky, chemie, biologie a dalších odvozených disciplín (ekologie, enviromentální studia, tělesná studia apod).

## 2.3 Přehled základních senzorů

Hlavními komponentami přístrojové části systému PASCO jsou sondy a čidla, která měří různé fyzikální veličiny a naměřené hodnoty za pomoci integrovaných dvanáctikanálových A/D převodníků převádějí do digitální podoby. V současné době PASCO nabízí čidla k měření cca 60 fyzikálních veličin. Čidla se nechají rozlišit na jedno- a víceveličinová.

Z těch, jež spadají do **oblasti chemického výzkumu**, jmenujme např.:

- teplotní senzor PS - 2125 (analogově – digitální převodník upravený pro teplotní čidla) s následujícími dvěma čidly
- rychle reagující teplotní sondou PS-2135 (s rozsahem -10 °C až +70 °C, přesností ±0.5 °C, rozlišením 0,01 °C, a maximální vzorkovací frekvencí 100 Hz) a
- nerezovým teplotním senzorem PS-2153 (-35 °C až +135 °C, ±0.5 °C, 0,01 °C, 10 Hz), dále pak
- sondu na měření pH PS-2102 (0 až 14 pH, ±0.1 pH, 0,01 pH, 50 Hz),
- kolorimetr PS-2121 (0 až 100 % transmitance, ±0,5 %, rozlišení 0,1 %, 5 Hz, operační rozsah: 5 – 40 °C. Vlnové délky: červená – 660 nm, oranžová - 610 nm, zelená – 656 nm, modrá - 468 nm).
- senzor absolutního tlaku PS-2107 (0 až 700 kPa, ±1,75 kPa, ±0,02 kPa, 20 Hz, operační rozsah teploty: 0 – 40 °C, operační rozsah relativní vlhkosti: 0 – 95 %),
- sondu na měření vodivosti PS-2116 (měří ve třech rozsazích: 0 - 1000 μS/cm, 0 - 10000 μS/cm, 0 - 100000 μS/cm, ± 10 % zvoleného rozsahu, 0,1 %, 20 Hz, operační rozsah: 0 – 50 °C),

- senzor měření koncentrace CO<sub>2</sub> PS-2110 (0 to 300000 ppm CO<sub>2</sub>, 1 ppm, rozlišení: pro rozsah od 0 ppm do 10000 ppm: 10% naměřené hodnoty, od 10000 ppm do 50000 ppm: 20%, nad 50000 ppm: senzor lze využít pouze ke sledování kvalitativních trendů v naměřených charakteristikách, operační rozsah teploty: 20 - 30 °C, operační rozsah relativní vlhkosti: 5 - 95 %),
- senzor na měření koncentrace rozpuštěného kyslíku PS-2108 (0 mg/l - 20 mg/l, ±10% zvoleného rozsahu, 0.01 mg/l, 20 Hz, reakce senzoru: 98 % naměřených dat v 60 sekundách měření, operační rozsah teploty: 0 - 50 °C, teplotní kompenzace 10 - 40 °C, katoda - Pt, anoda - Ag/AgCl),
- sondu na měření el. napětí a proudu PS-2115 (Proud: 0.5 mA - ±1.0 A, ±2 mA, 0.5 mA, 1000 Hz. Vstupní odpor při měření proudu: < 1 Ω (typicky 0.8 Ω), nastavená proudová ochrana: 1,1 A. Napětí: 0.005 V - ± 10V, ± 20 mV, 5 mV. Vstupní odpor při měření napětí: 1 MΩ),
- senzor na měření zákalu PS-2122 (0 - 400 NTU, přesnost v rozsahu 0 - 20 NTU: ± 0,2 NTU, 20 - 100 NTU: ± 0,5 NTU, 100 - 400 NTU: ± 1 NTU, rozlišení: 0, 1 NTU, Operační rozsah: 5 - 40 °C, 5 Hz).

Mezi nejčastější **senzory pro fyzikální experimenty** patří:

- senzor pohybu PS - 2103A (minimální snímatená vzdálenost: 15 cm, Maximální vzdálenost: 8 m, rozsah otáčení snímače: 360°, nastavení rozsahu: symbol „voziček“: do 2 m, symbol „človíček“: do 8 m),
- senzor síly PS - 2104 (± 50N, 1%, 0,03N, 1000 Hz),
- senzor absolutního tlaku PS-2107 (0 až 700 kPa, ±1,75 kPa, ±0,02 kPa, 20 Hz, operační rozsah teploty: 0 - 40 °C, operační rozsah relativní vlhkosti: 0 - 95 %),
- sonda na měření vodivosti PS-2116 (měří ve třech rozsazích: 0 - 1000 μS/cm, 0 - 10000 μS/cm, 0 - 100000 μS/cm, ± 10 % zvoleného rozsahu, 0,1 %, 20 Hz, operační rozsah: 0 - 50 °C),
- sonda na měření el. napětí a proudu PS-2115 (Proud: 0.5 mA - ±1.0 A, ±2 mA, 0.5 mA, 1000 Hz. Vstupní odpor při měření proudu: < 1 Ω (typicky 0.8 Ω), nastavená proudová ochrana: 1,1 A. Napětí: 0.005 V - ± 10V, ± 20 mV, 5 mV. Vstupní odpor při měření napětí: 1 MΩ),
- světelný senzor PS - 2106A (rozsah: režim „svíčka“: 0 - 26 lux, režim „žárovka“: 0 - 260 lux, režim „slunce“: 0 - 260 000 lux, přesnost ± 1 db maximální hodnoty zvoleného rozsahu, rozlišení: 0,01 % maximální hodnoty zvoleného rozsahu, operační teplota 0 - 40 °C, 1000 Hz),
- senzor magnetického pole PS - 2112 (±1.000 gauss, ±3 gauss při 25°C (po 4 min zahřátí), 0,01 % plného rozsahu, Teplotní rozsah: 0-40 °C, rozsah relativní vlhkosti: 5 - 95 %, 20 Hz),
- teplotní senzor PS - 2125 (analogově - digitální převodník upravený pro teplotní čidla) s následujícími dvěma čidly (teplotní čidla, stejně jako konektory na měření el. napětí a proudu se mohou připojit také rovnou do PS - 2002 Xploreru, nebo též do multiveličinnového senzoru - viz níže):
- rychle reagující teplotní sonda PS-2135 (s rozsahem -10 °C až +70 °C, přesností ±0.5 °C, rozlišením 0,01 °C, a maximální vzorkovací frekvencí 100 Hz),
- nerezový teplotní senzor PS-2153 (-35 °C až +135 °C, ±0.5 °C, 0,01 °C, 10 Hz),
- multiveličinnový senzor General Science - teplota, osvětlení, hluk PS - 2168 (teplotní rozsah - dle rozsahu čidel, rozsah měření osvětlení: 0 - 100 lux, 0 - 10000 lux, 0 - 150000 lux, rozsah měření úrovně hluku: 500 - 100 dBA, rozsah el. napětí: ± 24 V, 200 Hz).



K fyzikálním sensorům přiřadíme také

- digitální převodník PS - 2159, do jehož vstupů můžeme připojit různá zařízení, měřící zejm. časové údaje přímočarých i kruhových pohybů, jako je např.:
- optická brána ME - 9498A či
- senzor doby letu - dopadová plošinka ME - 6810.

**Senzory pro biologické pokusy** jsou např. tyto:

Biologie je svoji povahou „multioborovým“ předmětem. Pro realizaci jejích experimentů se proto využijí zejména výše uvedené chemické i fyzikální senzory a čidla - např. teplotní sondy (PS - 2135 a PS - 2153), pH senzor (PS - 2102), senzor vodivosti (PS - 2116), senzor napětí a elektrického proudu (PS - 2115), světelný senzor (PS - 2106A), senzor turbidity (PS - 2122), senzor pohybu (PS - 2103A), senzor magnetického pole (PS - 2112), senzor koncentrace CO<sub>2</sub> a kyslíku (PS - 2110 a PS - 2108).

Pro ekologická a environmentální studia jsou však k dispozici ještě senzory, sledující klimatické změny prostředí: např.:

- barometr PS-2113A (4.4 - 34 mm Hg,  $\pm 0.03$  mm Hg, 0.001 mm Hg, 20 Hz, operační rozsah teploty: 0 - 40 °C, operační rozsah relativní vlhkosti: 0 - 95 %),
- senzor měřící teplotu, vlhkost, rosný bod a rychlost vzduchu PS - 2124 (Teplota: Rozsah senzoru: -20 °C - 55 °C, Přesnost: v rozsahu  $\pm 0,5$  °C, Rozlišení: do 0,1 °C, Opakovatelnost: do 0,1 °C, Vlhkost: Rozsah senzoru: 0 - 100 % (RH - relativní vlhkost), 0 - 50 g/m<sup>3</sup> (AH - absolutní vlhkost) Přesnost: v rozsahu  $\pm 2$  % (RH), 10 % načtené hodnoty (AH) Rozlišení: do 1 % (RH), do 0,1 g/m<sup>3</sup> (AH) Opakovatelnost: do 0,5 % (RH), do 0,1 g/m<sup>3</sup> (AH), Rosný bod: (hodnoty jsou dány teplotními podmínkami a relativní vlhkostí) Rozsah senzoru: -50 °C - 55 °C, Přesnost: v rozsahu  $\pm 2$  °C, Rozlišení: do 0,1 °C. Opakovatelnost: do 0,1 °C).
- teplotní senzor PS - 2125 (analogově - digitální převodník upravený pro teplotní čidla) s následujícími dvěma čidly
- rychle reagující teplotní sonda PS-2135 (s rozsahem -10 °C až +70 °C, přesností  $\pm 0.5$  °C, rozlišením 0,01 °C, a maximální vzorkovací frekvencí 100 Hz) a
- nerezový teplotní senzor PS-2153 (-35 °C až +135 °C,  $\pm 0.5$  °C, 0,01 °C, 10 Hz),
- kolorimetr PS-2121 (0 až 100 % transmitance,  $\pm 0,5$  %, rozlišení 0,1 %, 5 Hz, operační rozsah: 5 - 40 °C. Vlnové délky: červená - 660 nm, oranžová - 610 nm, zelená - 656 nm, modrá - 468 nm).
- kolorimetr „kvalita vody“ PS - 2179 (upravený a tvar kyvet, obsahuje testovací sady PS - 2610 na zjištění amoniaků, nitrátů a fosfátů),
- senzor na měření zákalu PS-2122 (0 - 400 NTU, přesnost v rozsahu 0 - 20 NTU:  $\pm 0,2$  NTU, 20 - 100 NTU:  $\pm 0,5$  NTU, 100 - 400 NTU:  $\pm 1$  NTU, rozlišení: 0, 1 NTU, Operační rozsah: 5 - 40 °C, 5 Hz).
- sonda na měření vodivosti (obsah iontů minerálů ve vodě) PS-2116 (měří ve třech rozsazích: 0 - 1000  $\mu\text{S/cm}$ , 0 - 10000  $\mu\text{S/cm}$ , 0 - 100000  $\mu\text{S/cm}$ ,  $\pm 10$  % zvoleného rozsahu, 0,1 %, 20 Hz, operační rozsah: 0 - 50 °C),
- sonda na měření pH PS-2102 (0 až 14 pH,  $\pm 0.1$  pH, 0,01 pH, 50 Hz),
- senzor měření koncentrace CO<sub>2</sub> PS-2110 (0 to 300000 ppm CO<sub>2</sub>, 1 ppm, rozlišení: pro rozsah od 0 ppm do 10000 ppm: 10% naměřené hodnoty, od 10000 ppm do 50000 ppm: 20%, nad 50000 ppm: senzor lze využít pouze ke sledování kvalitativních trendů v naměřených charakteristikách, operační rozsah teploty: 20 - 30 °C, operační rozsah relativní vlhkosti: 5 - 95 %),

- senzor na měření koncentrace rozpuštěného kyslíku PS-2108 (0 mg/l - 20 mg/l,  $\pm 10\%$  zvoleného rozsahu, 0.01 mg/l, 20 Hz, reakce senzoru: 98 % naměřených dat v 60 sekundách měření, operační rozsah teploty: 0 - 50 °C, teplotní kompenzace 10 - 40 °C, katoda - Pt, anoda - Ag/AgCl),
- světelný senzor PS - 2106A (rozsah: režim „svíčka“: 0 - 26 lux, režim „žárovka“: 0 - 260 lux, režim „slunce“: 0 - 260 000 lux, přesnost  $\pm 1$  db maximální hodnoty zvoleného rozsahu, rozlišení: 0,01 % maximální hodnoty zvoleného rozsahu, operační teplota 0 - 40 °C, 1000 Hz),
- GPS senzor PS - 2175 (přesnost 10 m).

Výčet uvedených senzorů není úplným popisem nabídky PASCO. Jedná se o nejběžněji používané senzory digitální řady PASPORTAL. (Vedle nich pak v sortimentu PASCO nalezneme ještě řadu analogových senzorů, pro ty však existují také speciální rozhraní.) Informace získané z jakéhokoliv digitálního senzoru řady PASPORTAL se za pomoci jednobanárového SPI-USB konvertoru mohou přenést přímo do PC, kde jsou buďto ukládány nebo - v reálném čase experimentu - zobrazovány a zpracovávány programem Capstone či SPARKvue. Do nejjednoduššího SPI-USB konvertoru (USB link PS-2100A) je možno připojit vždy jen jeden senzor. Pokud bychom potřebovali ukládat či sledovat data z více senzorů naráz, můžeme připojit více USB linků, nebo využít konvertoru s více vstupy (např. 2 vstupní SPARKlink PS-2009, 3 vstupní PowerLink PS-2001), nebo využít 4 vstupní datalogger GLX Xplorer PS-2002 či dataloggeru SPARK SLS. Datalogery lze využívat jako rozhraní pro připojení k PC, nebo jich lze ke sběru dat využívat samostatně.

## 2.4 Software a rozhraní - měření a zpracování dat

Program Capstone poskytuje výkonné nástroje pro optimální nastavení senzorů (kalibrace, vzorkovací frekvence, rozsah a jednotky měření), řízení průběhu experimentu (nastavení doby experimentu, možnosti podmíněných a odložených záznamů dat), i jeho analýzu (různé způsoby zobrazení získaných dat - analogové i digitální zobrazení aktuální měřené hodnoty, záznam do tabulek i různých typů grafů, histogramy, funkce osciloskopu). I přes uvedené sofistikované nástroje datové analýzy se jedná o hardwarově velice skromný program.<sup>12</sup>

K usnadnění vyhodnocení výsledků experimentu jsou v SW Capstone k dispozici nástroje matematické analýzy (aproximační nástroje s možnostmi prokládání naměřených závislostí matematickými funkcemi, numerické metody derivování i integrování naměřených závislostí - zjišťování jejich gradientu, či plochy pod křivkou, i statistické analýzy (určení minima, maxima, střední hodnoty aj.). Zejména k didaktickým účelům jsou do programu implementovány také další funkce (např. nástroj vkládání vlastní funkce, nástroj predikce, který umožňuje do naměřených grafů nakreslit vlastní odhad závislostí, popiskové textové pole apod.). Do programu lze vkládat videa a v jejich rámci vytvářet videoanalýzu.

Druhou možností, jak s digitálními daty ze senzorů naložit, je dále je zpracovávat za pomoci tzv. dataloggerů (např. GLX Xploreru PS-2002, SPARK SLS PS-2008A). Těto možnosti využijeme zejména v případě terénního výzkumu (biologická, ekologická a enviromentální měření). Vedle toho, že datalogger jsou vybaveny vlastní interní pamětí

<sup>12</sup> Hardwarové požadavky: Pentium II, 50 MB harddisk, 16 MB RAM, systémové požadavky: Windows 98 a vyšší, Macintosh OS 8.6 a vyšší.

a mohou tedy sloužit jako prosté uložení naměřených dat (která můžeme kdykoli následně přenést po USB portu do jakéhokoli počítače a dále zpracovávat v prostředí PASCO programů či exportovat do různých formátů – Microsoft i Open Office, jpg, aj.), disponují datalogery také vlastním softwarovým rozhraním, v němž jsou obsaženy všechny nástroje datové analýzy, jež skýtají programy PASCO. Experiment tak může být plnohodnotně zpracován přímo v terénu, bez nutnosti připojení na PC. Přes vstupní a výstupní USB porty může být na datalogger připojena klávesnice či myš (pro jeho snadnější obsluhu) nebo tiskárna pro přímý tisk hodnot, tabulek či grafů.<sup>13</sup>

## HW nároky a omezení

Pokud měříme s PASPORTAL senzory přes USB linky, musíme počítat s hardwarovým omezením maximální vzorkovací frekvence (1 kHz), jež je dáno přenosovou rychlostí USB portu na PC. Maximální vzorkovací frekvence GLX Xploreru je 50 kHz. (Maximální vzorkovací frekvence v konkrétním experimentu je samozřejmě omezena také konkrétními možnostmi jednotlivých senzorů – viz výše.) Hardwarové požadavky programů PASCO: Pentium II, 50 MB harddisk, 16 MB RAM, systémové požadavky: Windows 98 a vyšší, Macintosh OS 8.6 a vyšší.

## 2.5 Základní popis způsobu práce s měřicím systémem

Stačí se jen rozhodnout, jaký pokus chceme provést (jakou veličinu chceme sledovat) a následně zvolit prostředí a způsob práce, které budou lépe vyhovovat nám i našim žákům. Během měření jsou data sledována v reálném čase. Lze tak sledovat dynamický vývoj experimentu, bez potřeby odečítat hodnoty měřených veličin z mnoha různých „tradičních“ přístrojů. Pozornost žáků tak není odpoutávána od samotného pokusu tím, že by museli manuálně odečítat a vynášet do grafů sledované trendy. V rámci software lze také vytvořit interaktivní přípravy, v níž jsou kombinována měření a datové analýzy s „průvodcem experimentem“ – teoretickým pozadím přírodovědné problematiky, návody na sestavení pokusu atd.

Práce se školním experimentálním systémem nevede studenty pouze k získání odborných a specializovaných znalostí z oblasti přírodních věd. Nedílnou součástí práce s takovým edukačním systémem je plné využití nových informačních technologií.<sup>14</sup> (Díky tomu si studenti zcela přirozeným a nenásilným způsobem osvojují např. znalosti a schopnosti, které jsou v požadavcích Cambridge International Diploma in Information and Communication Technology v duchu programu ICT.)

---

<sup>13</sup> PS - 2002 Xplorer slouží nejen jako datové rozhraní v práci v DataStudiu či jako datalogger, samostatně sbírající a vyhodnocující data z experimentů. Interní funkcí Xploreru je také generátor různých typů signálů. Jedná se jak o signály akustické (s možností připojení na reprosoustavu a následné demonstrativní modulace: volba různých tónů - frekvencí, možností jejich skládání, spektrální analýza, různé typy průběhu harmonických funkcí – DC, AC – sinus, trojúhelníkový průběh, obdélník, aj. s možností modulace – nastavení tvaru signálu, jeho, periody, DC offsetu, úrovně napětí apod.). Pokud Xplorer v tomto režimu připojíme k výkonovému zesilovači, dostáváme velice adabtabilní generátor s napěťovým rozsahem  $\pm 10$  V a proudovým omezením 1 A.

<sup>14</sup> Více např. v Adams, D. D., Shrum, J. W. The effects of microcomputer-based laboratory exercises on the acquisition of line graph construction and interpretation skills by high school biology students. *Journal of Research in Science Teaching (Dále jen J Res Sci Teach)* 27, 1990, p. 777-787.

Mezi největší výhody používání měřicího systému<sup>15</sup> patří: podpora efektivnější využití času výuky, podpora aktivitu studentů v hodině, dataloggerový systém dává možnosti pro porovnání předpokladů s reálnými výsledky, díky okamžité odezvě jsou naměřené hodnoty pochopitelnější. Měřicí metody simulují postupy v reálném výzkumu či laboratoři, systém poskytuje možnost uchování dat pro jejich pozdější rozbor. Díky dataloggerům lze měřit i vyhodnocovat data na jakémkoli místě, třeba během výletu či škoie v přírodě, není zapotřebí tedy ani prostorů laboratoře.

---

<sup>15</sup> Příklady experimentů uvedené v této práci jsou vytvořeny za pomoci experimentální platformy PASCO, se senzory řady PASPORT.

## 3 Experimentální činnosti žáků a učitelů

### 3.1 Základní didaktické formy experimentálních aktivit – vymezení pojmů

**Vyučovací metoda** je systémem činností (učitele a žáků) zaměřeným na dosažení výchovně vzdělávacích cílů při dodržení didaktických zásad. Neexistuje univerzální metoda, neexistuje dokonce ani univerzální dělení výukových metod. V následující stati se zaměříme zejm. na ty metody, které se ukazují být užitečné a využitelné při výuce přírodních věd s vyšší mírou zapojení experimentů. Ve světle využití školních pokusů se ve stručnosti zaměříme na programovou metodu, problémovou metodu, projektovou metodu výuky<sup>16</sup> a na pojetí tzv. interaktivní výuky.

Na tomto místě (a de facto v celé práci) budeme pro zjednodušení operovat se třemi typy experimentů: **1) učitelské demonstrační experimenty, 2) žákovské experimenty – laboratorní úlohy, 3) žákovské experimenty – badatelské experimenty.** (Jejich bližší popis a odůvodnění takového dělení, stejně jako různá další kritéria dělení pokusů a jejich jiné typologie naleznete v jiné části této práce.) Zde se (s věkou mírou paušalizace) omezíme na tento zjednodušující popis jejich gnozeologických východisek: **zatímco první dvě možnosti jsou charakterem vystavení poznání spíše prověřovací, doplňující a ověřovací, třetí varianta se staví přímo do centra didaktické transformace, neboť takovýto experiment má ambice přímo vystavit nové poznání a snaží se být jeho základem** (v novopozitivistické paralele – snaží se být jeho skutečnou empirickou bází).

**Metoda programového učení** – řízení učební činnosti v této metodě vychází z Behaviorismu a základního stimulačního vzorce: Stimul – Reakce (zde ve funkcích: Učení – Zpevnění). Metodicky je učivo zpracováno do sekvenčního programu, ve kterém musejí být splněny následující podmínky: princip přiměřeně malých kroků, princip aktivní odpovědi, princip zpevnění (zpětná vazba) a princip vlastního tempa. Důsledky takového přístupu nemusí být vždy jen pozitivní. Dochází zde např. k atomizaci poznatků, omezenosti všestrannosti rozvoje (žák jedná v souladu „s programem“), omezení interpersonality, nedostatku slovního projevu, k potlačení iniciativy, tvořivosti a konečně často i k nechotě studentů s výukovým programem vůbec pracovat! **Ve zkratce: pokud využíváme nějaké formy metody programového učení, získáváme nad didaktickou transformací žáků velkou míru kontroly, bojujeme však s jejich zájmem.**

Téměř přesně obrácené jsou výhody a nevýhody **metody problémového vyučování.** Jedná se o heuristickou metodu, spočívající na správném položení problémové otázky a následném hledání dopovědi (odpovědi). Jedná se o efektivně aktivizující metodu (vhodná zejm. v kombinaci např. s Peer Instruction metodami), přinášející vysokou míru žákovské angažovanosti, kreativity, aktivity, zajišťující možnosti žákovské individualizace i týmových spoluprací. Z hlediska vystavení poznání může být jak divergentní (tj. žák nalézá nové alternativy řešení) i konvergentní (postupně směřujeme k jednomu řešení problému). Jsou podporovány prvky jako fantazie, flexibilita, operativnost, zručnost apod. Učitel řídí diskuzi, klade podnětné otázky, řídí směr diskuzí, oceňuje nápady přispěvatelů a udržuje tvůrčí atmosféru. Řešit bychom měli **přirozeně** („reálné situace“) – při dodržení zásady teorie s praxí máme vyšší šance na zaujetí, **přiměřeně** složitosti úkolu a mentálním

<sup>16</sup> Více k výukovým metodám viz Maňák, J., Švec, V. *Výukové metody*. Brno : PAIDO, 2003. Mareš, J. *Styly učení žáků a studentů*. Praha : Portál, 1998.

možnostem žáků - toto nám dává šance na vyřešení, **podnětně** - šance na další zájem o problematiku (a souvislosti) a **přípraveně** - problémovou úlohu lze řešit až po osvojení elementárních poznatků. (Podrobněji se vyučovacím zásadám při realizaci přírodovědných experimentů věnujeme níže.) Tato metoda patří k nejnáročnějším z hlediska přípravy i pozornosti učitele. Je však bohatě vykoupena úspěšným vyřešením problému žákem. To se totiž váže na intenzivní pozitivní citový prožitek, což je z hlediska zapamatování celé problematiky faktor z nejcennějších. **Ve zkratce: pokud využíváme nějaké formy problémové metody vyučování, získáváme nad didaktickou transformací žáků malou míru kontroly (dáváme žákům relativně velkou svobodu a prostor a tudíž se stává kontrola vyučovacího procesu velmi náročnou), většinou však získáváme vysokou míru žákova zájmu a (celoosobnostní - tj. např. i emocionální) aktivace.**

Hlavním rysem **metody projektového vyučování** je tematičnost. Žákovským projektem by mělo být jistě něco více, než průzkum webu. Vždy by mělo v co nejvyšší míře docházet k reálnému využití dostupných technologií, přičemž učební proces by byl samostatně řízený. Výhodami spolupráce na projektu jsou multioborovost, multižánrovost, zapojení individualit i celých řešitelských skupin. Projekty také nesou rysy dlouhodobosti, žáci jsou si celou dobu vědomi, k čemu jejich práce směřuje a proč ji vůbec dělají. Jejich výsledky jsou reálnými výstupy a sepětí teoretické a praktické roviny poznávání je zde na nejvyšší možné míře.

**Interaktivní výuka** je v současné době velice užívaným pojmem. Faktem však zůstává, že ustálenou pedagogickou definicí nedisponuje. Obecně přívlastek „interaktivní“ pochází z latinského *interactio* tj. od *inter-agere* - jednat mezi sebou. Znamená vzájemné působení, jednání, ovlivňování všude tam, kde se klade důraz *na vzájemnost a oboustrannou aktivitu* na rozdíl od jednostranného, například kauzálního působení. Interaktivní výuka by tedy měla být taková, že umožní výměnu informací, střídání učitelových zásahů (povelů) a žakových reakcí na ně *v reálném čase*. Takto je interaktivní výuka většinou na našich školách chápána. Jako modelové využití tohoto „interaktivního“ přístupu pak slouží zejm. práce s tzv. interaktivní tabulí, která slouží jako médium zprostředkující vyjmenovanou interakci učitel - žák, popř. učitel - třída. Další technologickou novinkou sloužící k tomuto účelu jsou tzv. responzenční systémy či komunikační software na tabletech i počítačích, které opět pomáhají k zintenzivnění komunikace mezi pedagogiem a žáky a to i v režimu „jeden na jednoho“. Přívlastkem „interaktivní“ bychom v tomto smyslu mohli označit vlastně libovolné metody učení, v nichž je na tento aspekt kladen důraz. Je však tato definice vyčerpávající? Z výše uvedené etymologické definice „interaktivity“ vidíme, že komunikační rovina nemusí být pouze jediná při využití tohoto slova.

„Interaktivní“ experiment je ten, v němž je žák v přímé interakci s přírodou, tj. s fyzikální realitou, která jej obklopuje! To znamená, že to, co se děje v **reálném světě kolem nás**, musí být žákem **sledováno** (sledovaný děj by měl být pokud možno „naživo - video projekce ani vzdálené experimenty tuto empirickou fázi nemohou plnohodnotně nahradit), sledované je pak **zaznamenáno** (sběr dat - datalogging), zaznamenané musí být **viděno** (vizualizace dat získaných měřeními fyzikálního procesu - pomocí číselného, grafického či tabulkového zápisu), viděné musí **být analyzováno a následně zasazeno do souvislostí**. Takovýto proces vpravdě interaktivního (sebe)vyučování pak dává naději, že látka bude také žákem **pochopena**. Jestliže první (a dnes nejvíce využívaný) význam slova interaktivní může být použit téměř ke všem (vhodně modifikovaným) metodám učení, pak o jeho druhém významu se dá v plné šíři mluvit pouze v žakovských experimentech, zejm. pak v těch, jež jsou badatelsky orientovány.



Uvedených výukových metod lze velice variabilně využívat k vystavení školního výukového programu s vyšší mírou zastoupení přírodovědného experimentu. Níže v práci je návrh postupu, jak by taková implementace mohla probíhat. Popisy obsahují také odkazy na konkrétní výukové metody, které by v rámci aktivit měly být využívány.

### 3.2 Školní přírodovědný experiment – vymezení pojmů

**Heuristika** (z řečtiny *heuriskó, εὐρίσκω* – nalézt, objevit) znamená zkusmé řešení problémů, pro něž neznáme algoritmus nebo přesnější metodu.

Z obecného hlediska přírodních věd - pokus nazýváme heuristický, pokud je jeho cílem nalézt zákonitosti, které dosud neznáme. Většina školních pokusů má však povahu ověřovací – tj. slouží k ověření obecné platnosti zákona či k vymezení mezí jeho platnosti. (Tyto meze se pak hledají heuristicky.) Z hlediska žáků je ovšem každý pokus heuristický a proto má zásadní postavení ve výkladu školní fyziky.

**Školním pokusem** myslíme experiment navozený za určitých podmínek, který slouží k výkladu a objasnění (pro žáky) nových fyzikálních poznatků. Pokusy lze dále třídit podle stupně manuální součinnosti žáků na celou škálu typů – od frontálního pokusu, realizovaného samotným učitelem, až po plně individualizované žákovské experimenty. Emil Kašpar uvádí, že „z didaktického pohledu je každý školní experiment pokusem demonstračním“ [13, s. 17]. Přesto však v terminologii běžné školní praxe jsou jako demonstrační označovány téměř výhradně experimenty frontální a většinou bez jakékoli žákovské realizační spoluúčasti.

S jakoukoli snahou o vytvoření typologie pokusů a s jejich cíly vždy úzce souvisí jak jejich načasování a užití v rámci výuky, tak i styl a vlastní způsob jejich provedení. Prozatím zjednodušeně rozdělme vlastní realizaci experimentu na tři fáze: fázi přípravnou, fázi vlastního provedení a fázi vyhodnocovací [36]. Jinak budou koncipovány **experimenty užité v motivační fázi výuky** pro navození problematiky, navázání interakce mezi učitelem a žákem (poutání pozornosti k výkladu dané problematiky, upozornění na důležitost demonstrovaného přírodního jevu v rámci žákovy životní orientace apod. - tuto funkci v praxi většinou zastávají ony tradičně chápané „demonstrační učitelské pokusy“), jinak uijeme **experimentů ve fázi expoziční**, kde by experiment měl již skutečně zprostředkovat nové poznatky a pomoci s vytvářením nových pojmů a vznikem formálních vědomostí, měl by zde sloužit k vytváření základů a východisek nových dovedností (takovéto experimenty dělíme na kvalitativní a kvantitativní). V motivační fázi klademe důraz na vlastní provedení experimentu, zatímco fáze přípravná a vyhodnocovací jsou potlačeny. Např. při probírání problematiky alkalických kovů v chemii, využijeme pokusu reakce sodíku a draslíku s vodou, při kterém kovy rejdí po hladině a v případě přidání indikátoru dojde ke zfialovění roztoku. V případě fyziky může funkci pozornost vzbuzujícího efektu zastat např. vystřelení vodivého prstence z jádra cívky, do níž je přiveden elektrický proud, jako motivace k následně probírané problematice elektromagnetické indukce. Při osvojování učiva ve fázi expoziční jdou do popředí naopak fáze vyhodnocovací a přípravná: učitel či žáci popíší a určí výchozí látky chemické reakce i její produkty, (kvalitativně) popíší zabarvení, určí, který kov je reaktivnější, vysvětlí, proč prstenc od cívky prudce odletěl, (kvantitativně) určí množství reakčního tepla či při reakci vyprodukovaného vodíku (např. pomocí tlakoměru připojeného na zkumavku, v níž reakce probíhá). Pro upevňování osvojených znalostí využíváme **experimentu i ve fixační fázi výuky**. Zde je důležitá funkce opakování oné pokusem zjištěné informace (viz pokusy k prohlubování učiva výše). V podstatě jede o to, že žák, který by již měl mít základní poznatky osvojené, si uvědomí, že „...když nám to ten učitel

pořád ukazuje, asi je to důležité.“ [36] V **kontrolní fázi výuky** budeme požadovat, aby žáci osvojené znalosti prokázali a aby si sami uvědomili své nově nabitě vědomosti a dovednosti. Z hlediska experimentů je didaktickým cílem zjistit, zda jsou schopni vlastními slovy formulovat průběh a výsledky experimentu a zda skutečně viděli rozdíly např. mezi reaktivitou sodíku a draslíku a zda pochopili jejich příčinu. Formulace takového cíle: „Vysvětlete rozdílný způsob reakce sodíku a draslíku s vodou na základě různých vlastností a elektronové struktury atomů těchto prvků.“ [36] Nebo „Vysvětlete důvod rozdílné reakce vodivého a nevodivého prstence na jádře indukční cívky po připojení elektrického napětí na základě znalostí Faradayova indukčního zákona.“ (Citace z ukázky v této práci.) Pedagog může využít různých forem diagnostikování – ústní, písemnou, grafickou apod. Diagnóza může probíhat frontálně, individuálně, skupinově, kolokvijně, formou testů a další. Vyvrcholení funkcí experimentů v hodinách přírodních věd by mělo nastat v **aplikační fázi výuky** – tj. tehdy, když si žáci uvědomují použití získaných vědomostí a dovedností v praxi, souvislosti s demonstrováním jevem si dokážou představit nejen v teoretické, ale i v praktické rovině svého každodenního života.

Obecně lze říci, že z gnozeologického hlediska mají všechny školní experimenty trojí charakter. **Informativní charakter**, jenž je tvořen souborem všech informací, které si žáci v průběhu pokusu osvojí (charakter výchozích látek a zkoumaných předmětů, způsob jejich chemických přeměn a fyzikálních interakcí, potřebná laboratorní technika, informace o vedení pokusu). Tyto informace žáci zpracovávají do podoby empirických údajů a následně empirických poznatků, které jsou následně schopni racionálně vyhodnocovat a zasadit do svého myšlenkového rámce. Tento informační obsah bývá často velice obsáhlý, (navíc se dle tématu a cíle experimentu může jeho obsah měnit) a je jedním z nejdůležitějších učitelových úkolů, dodržet didaktické zásady přiměřenosti a soustavnosti (více k zásadám - viz níže). Informativní charakter je statický, poznatkový. Naopak dynamickou, činnostní podobu má **formativní charakter** školních experimentů, ve kterém běží především o formování osobnosti žáka, rozvíjení jeho charakterových a názorových postojů („Je chemie zlá a nebezpečná?“ „Může být fyzika zajímavá a podnětná?“ „Je na tomto problému potřebná spolupráce?“). Realizace formativní funkce souvisí tedy hlavně se souborem činností, které vyžaduje příprava, průběh a vyhodnocení pokusu. V **metodologické složce** experimentu se (v rámci možností daného pokusu) pokouší pedagog žákům zprostředkovat cestu poznání přírodních věd, naznačuje jim metody a způsoby růstu poznání v oblasti přírodovědného bádání apod. K této funkci výborně slouží výše zmíněné experimenty historické.

### 3.3 Didaktické zásady při realizaci přírodovědných experimentů

Ať již sledujeme jakýkoli pedagogický cíl, zařazujeme do jakékoli fáze výuky jakýkoli výše zmíněný typ experimentu, při jeho realizaci je nutné vždy dodržovat základní didaktické zásady<sup>17</sup>. Prostřednictvím pokusů se musíme vždy snažit žáky zároveň vychovávat - **zásada výchovnosti**, v pokusu prezentované poznatky by neměly být v rozporu se současným stavem vědeckého poznání - **zásada vědeckosti**, žáci by měli být schopni uvědoměle používat osvojené poznatky k řešení praktických úloh - **zásada spojení teorie s praxí**, dále pak **zásada uplatňování individuálního přístupu** k žákovi v rámci kolektivu (obzvláště během realizace žákovských badatelských experimentů, jak je pojednáno níže), **zásada názornosti** (obzvláště v případě učitelského demonstračního experimentu), a **zásada vlastní uvědomělosti a aktivity** (učitel ať nedělá to, na sami žáci stačí). Podmínku, že obsah a rozsah učiva a způsob realizace pokusu musí odpovídat stupni psychického vývoje a tělesným

<sup>17</sup> Více např. v Holubová, R. Didaktika fyziky – studijní modul, Olomouc 2012, s. 14 – 16.



schopnostem žáků hovoří **zásada přiměřenosti**. Práce na pokusu i implikace nových poznatků musí podléhat **zásadě soustavnosti**, tzn. tematika pokusu by měla systematicky odpovídat učebním osnovám, **zásadě důkladnosti**, tj. žáci si mají osvojit obšírné i podrobné vědomosti, které by mohli v praxi použít, a **zásadě trvalosti** – tj. nabyté vědomosti by měl žák být schopen kdykoli zužitkovat v praktickém životě.

**Didaktické požadavky na demonstrační pokus** jsou dvojí povahy: didakticko-psychologické a technické. „*Pochopitelnost pokusů je podmíněna jednoduchostí demonstrace, přístrojů a patřičným vysvětlením funkce přístrojů.*“ [13, s. 189] Z hlediska didaktiky lze výše uvedené zásady shrnout takto: 1. je zcela nesprávné, když si učitel několik hodin **střádá pokusy a pak je provádí najednou**. „*To svědčí o tom, že nepochopil smysl pokusů a vyučování fyzice vůbec.*“ [13, s. 188] 2. Pokus má **být jednoduchý, názorný, pochopitelný a přesvědčivý** (skládá-li se z několika dílčích kroků, je nutné jej rozdělit na jednoduché části a zajistit, aby žáci měli globální přehled o celém průběhu demonstrace). 3. Pokus má být **reprodukovatelný** a měření by nemělo být unikátní - jev, na který pokus odkazuje, by měl být patrný i v jiných podmínkách, nejlépe v takových, které žáci sami navrhnou. Ale pozor – platí i obrácené pravidlo: 4. Hodina by **neměla být přeplněna mnoha variantami demonstrace k témuž jevu**, neboť v myslích žáků pak zpravidla ulpívá zmatek. 5. Žáci by měli být do pokusu **co nejvíce angažováni** (v případě demonstrací debatují o budoucím výsledku, diskutují o průběhu pokusu, odečítají naměřená data a snaží se je interpretovat). 6. Kašpar [13, s. 189] zmiňuje **nutnost existence doprovázejícího nákresu na tabuli ke každému experimentu**. Tuto roli (průvodce experimentem, prezentací výsledků, výpočtů s experimentem souvisejících apod.) v dnešní době mohou zastat i jiné audiovizuální technologie, případně i různé druhy software, které se ve výuce fyziky dnes využívají. Tím se dostáváme k technickým požadavkům na demonstrační pokus, jejichž hlavním motivem je dobrá viditelnost.

Této problematice byla v minulosti věnována velká pozornost, dnes však nabývá poněkud jiných souvislostí. V platnosti zůstává, že přímá demonstrace (tj. reálný experiment) má vždy přednost před její projekcí – videoprojekcí, „epidiaskopem nebo stínovou projekcí“. Stejně tak i před modelovou demonstrací by měl vždy dostat přednost experiment reálný. Technická podmínka zajištění vizualizace je tedy dnes již bez problémů splnitelná. V době počítačových vizualizérů, webových kamer s HD rozlišením a dataprojektorů je tento problém již vyřešen, přesto apel „nevyužívat videí (tzv. filmových pokusů)“ zůstává stále aktuální. Metody používání stínových projekcí či systémů zrcadel při odečítání aktuálních hodnot měření tak zůstávají pouze úsměvnou vzpomínkou na doby (ještě nedávno) minulé. Stejně tak i např. způsoby eliminace paralaktické chyby způsobené tím, že žáci nahlíželi na ručičky měřicích přístrojů z různých úhlů.

Měříme-li s nějakým dataloggerovým systémem při využití PC, tento problém zcela odpadá. Data jsou počítačem odečítána a zaznamenávána jak v digitální (číslíce), tak např. i v grafické podobě či ve formátu tabulky. Takováto data jsou pak promítána pomocí dataprojektoru tak, že na ně vidí celá třída a k uvedeným chybám tudíž nemůže docházet.

Moderní digitální měřicí přístroje však ze své podstaty ubírají na „viditelnosti“ jiného druhu – didakticky však možná ještě důležitějšího. Stále zůstává platná zásada, že na demonstračním stole nemají být jiné pomůcky, než v pokusu využité a že jejich rozložení má být přehledné a uzpůsobené tak, aby z něho byl patrný princip prováděného pokusu. [13, s. 200]. Těžko však dnes zajišťujeme Kašparův požadavek, aby „*učitel před každým demonstračním experimentem žáky seznámil s přístroji, vše na nich ukázal a objasnil jejich funkci.*“ [13, s. 200] Tento požadavek předpokládá práci s tradičními školními přístroji, jejichž

prosklená těla umožňovala ukázat jednotlivé komponenty a vysvětlit jejich funkci. Dnešní digitální přístroje však tuto nádhernou a didakticky výborně využitelnou vlastnost zcela postrádají! Cena za kompatibilitu a jednoduchost jejich ovládání je relativně vysoká! Vzhledem k žákovi se všechny senzory jeví jako „black box“, tj. zařízení, jehož princip zůstává utajen kdesi v hloubi miniaturních součástek a integrovaných destiček plošných spojů pod jednotně se tvářícím umělohmotným pouzdem. Senzor na měření hluku je na první pohled „stejný“ jako senzor na měření koncentrace CO<sub>2</sub>, ampérmetr „vypadá stejně“ jako senzor na sledování pH či měření vzdálenosti. Všechno jeden typ malých krabiček, jejichž popis funkcionality se omezuje na pouhé „měří hluk, CO<sub>2</sub>, ampéry, pH, metry“ ...<sup>18</sup>

Jak bylo již výše naznačeno, experimenty v této práci členíme do třech kategorií, v závislosti na míře individualizace a zapojení žáků: 1) učitelský demonstrační experiment, 2) žakovský experiment – laboratorní práce, 3) žakovský experiment – badatelská forma. Samozřejmě, že hranice mezi takto vymezenými kategoriemi nejsou ostré. Toto dělení odvislé od míry žakovské individualizace je pouze ilustrační a vzniklo výhradně za tím účelem, aby postihlo hlavní rysy charakterizující přírodovědný experiment, nikoli za účelem nějaké jeho úplné kategorizace, neboť kritérií, které by bylo možné takto uplatňovat, je možné vymyslet celou řadu (např. dělení experimentů dle zařazení do výuky apod.).

---

<sup>18</sup> Na druhou stranu faktem zůstává, že i přes všechna výše uvedená didaktická a filosofická úskalí, moderní technika v současné době začíná zastávat roli jednoho z nejdůležitějších nástrojů pro sestavení kognitivních map technicistního světa našich žáků. Ač je těžké se touto skutečností vyrovnat, musíme vzít na vědomí, že informační technologie postupně ovládnou lidskou percepci a reflexi světa kolem nás. Již nyní natolik ovlivňují žakovský pohled na svět kolem sebe, že začínají hrát jednu z nejdůležitějších rolí v možnostech lidské noetické orientace a dalšího růstu. Je zřejmé, že z nové formy, která jim budou zákony přírody předkládány a objasňovány, bude postupně čím dál tím plynout nejen žakovská ochota a motivace přírodními vědami se vůbec zabývat, ale i jejich srozumitelnost. Již dnešní generaci žáků nejsou ICT technologie vůbec cizí, setkává se s nimi běžně a je s nimi sžitá. Pokud se žákům zákonitosti přírody podají touto – atraktivní a jim blízkou – formou, vyvstává reálná naděje, že přírodní vědy jejich mysl skutečně zaujme a začne je bavit. Lze však odůvodněně předpokládat, že do budoucna bude povaha lidské reflexe světa kolem sebe natolik člověka obklopujícími technologiemi deformována, že bez nich již bude didaktická transformace neuskutečnitelná a svět se postupně bez nových technologií bude stávat čím dál méně pochopitelný a hodný zájmu.

### 3.4 Demonstrační experiment

Demonstračního pokusu lze využít při výkladu učiva, při jeho opakování a prohlubování, stejně jako pro kontrolu vědomostí žáků. Podle provedení mohou být D. P. děleny na **pokusy heuristické** povahy (více o nich pojednáme níže v části věnované žakovským pokusům), **ověřovací pokusy** (ve výuce je nový poznatek nejprve dogmaticky sdělen a následně je jeho platnost tímto pokusem deduktivně ověřena) a **pokusy motivující nové učivo**. Dále pak **ilustrační pokusy** (tyto nepoužíváme ani tak k heuristickému odvození nových vztahů, ale spíše pro zvýšení názornosti). Mezi ilustrační pokusy patří velká většina **kvalitativních pokusů**, u nichž jde o to, aby se žák seznámil s tím, jak jev vypadá (příklad: ve vakuové komoře demonstrujeme, že pírkó i kámen padají k zemi se stejným zrychlením), naopak - ilustrační **pokusy kvantitativní** jsou povahou blízké pokusům ověřovacím - liší se hlavně časovým zařazením do výuky a jejich hlavní role spočívá v tom, že na základě jejich sledování a měření jsme schopni přímo odvodit nějakou matematickou zákonitost, která jev teoreticky popisuje. Příklad: pomocí senzoru pohybu dokážeme naměřit dráhu obou padajících předmětů a z proložení kvadratickou matematickou funkcí přímo odvodit, že obě zrychlení jsou stejná. **Pokusy uvádějící fyzikální problém** neslouží pouze jako vhodné motivační prostředky, ale mají své nezastupitelné místo v rámci problémového vyučování ve všech stádiích učení. („Problémy“ mohou mít ve vyučování fyzice různé formy a různý obsah - mohou být slovní, ve formě fyzikálních úloh, ale také právě ve formě experimentu. Problémovému vyučování a jeho vztahu k experimentům se podrobněji věnujeme níže, v části věnované žakovským pokusům.) **Pokusy demonstrující aplikace nových poznatků** - tyto experimenty slouží k tomu, aby ve škole získané abstraktní a teoretické poznatky byly v žakově poznávacím procesu zasazeny do konkrétního rámce představ o jejich využití. Zde je důležité, aby v takovém procesu byla důsledně dodržena didaktické zásada sepětí teorie a praxe. **Pokusy k prohlubování učiva** - jako opakujících pokusů se užívá těch, které už byly provedeny při výkladu učiva. Tyto pokusy často opakujeme, ovšem obměňujeme je. Příležitost k tomu má učitel např. při informační kontrole vědomostí na začátku nejbližší hodiny nebo může odvozený poznatek užít znovu při výkladu nového učiva. „Učitel by nikdy neměl považovat jednou předvedený pokus za hotovou věc, neboť jen opakování může zajistit, že se pokus nestane zážitkem, o němž většina žáků za krátkou dobu nic neví...“ [13, s. 188] Poněkud zvláštní roli v tomto výčtu zaujímají **pokusy historické**, které ukazují demonstrační milníky na cestě přírodovědného poznání. Mezi takové patří např. Galileův padostroj, Torricelliho pokus, pokus s magdeburskými polokoulemi atd. Je zřejmé, že i historický pokus může mít svoji heuristickou funkci. Je však důležité, aby byl pokus (jeho závěry i východiska, ze kterých povstal) interpretován správně v kontextu jemu příslušející doby a jejímu sociálnímu a kulturnímu pozadí.

**Dataloggerový měřicí systém v demonstračním experimentu** - inovovaný učitelský experiment. Během demonstračních experimentů (nastavených, změřených a interpretovaných lektory) žáci aktivně odpovídají na lektorovy otázky, dávají předpovědi vývoje pokusů a predikují naměřené výsledky (např. pomocí žakovského respondenčního systému). Posléze sledují vývoj pokusu pomocí moderních zobrazovacích technologií (přenos obrazu z vizualizéru či digitálního okuláru mikroskopu na promítací plátno či interaktivní tabuli prostřednictvím dataprojektoru). Pokus je však realizován vždy „na katedře“, učitelem. I v tomto případě se může část žáků zapojit do experimentu přímo, tím, že experiment před třídou spolužáků spolu s učitelem realizují, nebo se stanou „zkoumaným vzorkem“ - tj. pedagog získává data z experimentu z žakovské aktivity (mohou být sledovány např. fyziologické či fyzické vlastnosti několika vybraných spolužáků - např. vitální kapacita plic, EKG, zrychlení při běhu, impuls síly při doskoku apod.)

### 3.5 Žakovský experiment – laboratorní práce

*„...provedení experimentů není cílem, nýbrž prostředkem, který spolupomáhá při snaze dosáhnout vyučovacích cílů. Učitelé často na tuto okolnost zapomínají a snaží se, aby pokus proběhl pokud možno bezvadně. Přitom se snaží odstranit všechny vlivy, které by mohly narušit hladký průběh pokusu. A protože jedním z hlavních rušivých zásahů může být intervence žáků, provádějí pokusy zcela sami, bez jejich spolupráce. Užitek z takového postupu není velký, u mnohých žáků mizivý...“*

Kašpar, E. a kol. Problémové vyučování ve fyzice, 1982

**Laboratorní práce** je relativně častou formou přírodovědných experimentů na našich (téměř výhradně) středních školách. Jestliže demonstračních experimentů bývá nejčastěji využíváno v rámci teoretického výkladu (často ve formě jeho ozvláštňení), pak „laborky“ bývají většinou koncipovány zcela samostatně, v prostředí laboratoří a ve zvláštní rozvrhovou dobu. Tato skutečnost poněkud problematizuje otázku jejich didaktické efektivity. Ne vždy se totiž daří dodržovat zásadu soustavnosti – laboratorní práce se často týká jevů, které již byly ve výkladu uvedeny mnohem dříve (nebo – ještě hůře – jevy, na které v teoretickém výkladu dojde teprve v budoucnosti) a žáci si tak nemusí propojit všechny souvislosti mezi pokusem a jemu náležejícím teoretickým pozadím. Samotná tradiční laboratorní práce obsahuje jasný návod k provedení experimentu (viz níže) a jasně vymezená pravidla, která vypracovat protokol o provedení laboratorní práce. Protokol, obsahující správně naměřená data a vypočtené výsledky, je také hlavním cílem práce. Takováto experimentální činnost mívá většinou charakter pokusu verifikačního, neboť žáci jsou z předchozích teoretických hodin většinou již znalí problematice, již se laboratorní práce týká. Pokus tedy potvrzuje teorii, kterou si měli žáci již dříve osvojit a zasazuje ji do kontextu jejího praktického využití. V takto pojatém pokusu většinou není prostor na hledání jiných způsobů experimentování, nežli je přesně popsáno v pracovním postupu protokolu.

#### *Návrh struktury laboratorní práce, základní prvky úlohy, obecné informace*

Laboratorní práce by po stránce formální měla obsahovat následující prvky: název úlohy, jméno a příjmení autora či autorky, stručná anotace úlohy (abstrakt), typ experimentu (demonstrační/žakovský), cíle experimentu (s uvedením, čeho mají žáci dosáhnout, co se mají studenti na experimentu naučit, uvedení případných návazností na klíčové kompetence, zařazení do výuky (do jaké výuky se experiment hodí - ročník, oblast učiva, RVP), časová náročnost experimentu (kolik času zabere příprava experimentu, experiment samotný, úklid laboratoře, vyhodnocení a zpracování výsledků), přehled pomůcek (jaké senzory/chemikálie/další vybavení jsou k experimentu zapotřebí), upozornění na základy bezpečnosti práce a zásady bezpečnosti měření v laboratoři i venku, manipulace s chemikáliemi apod.).

#### *Základní prvky úlohy – průběh experimentu*

Experiment by měl sestávat z následujících fází. Pořadí jednotlivých fází však nemusí být vždy níže uvedené, a je možné jej upravit vzhledem k aktuálním potřebám výuky nebo konkrétnímu charakteru experimentu.

**Teoretický úvod a diskuze o očekávaných výsledcích měření** - základy teorie, dát prostor pro studenty, aby experiment „sami“ navrhli. Predikce výsledků, určení správné posloupnosti měřicí činnosti.

**Doporučený postup experimentu** - vysvětlíte, jak bude experiment prakticky probíhat, jak velké budou pracovní skupiny, zda má každý student nějakou speciální úlohu ve skupině apod. Jak bude probíhat samotné měření, jak sestavit senzory apod.

**Nastavení HW a SW, realizace samotného experimentu a záznam dat** (případné rozdělení rolí studentů ve vícečlenné skupině, typy zobrazení dat – informace).

**Analýza naměřených dat** (analytické nástroje, přesné hodnoty, využití matematických fitovacích funkcí).

**Syntéza a závěr** - co jsme naměřili a co z toho plyne. Nerozepisovat technický postup. Správně: „Měníme-li A, ovlivňujeme tím B, a to podle zákona C...“

**Hodnocení experimentu studenty** - co si studenti z hodiny odnesli (krom popálenin). Zápis žáka do protokolu, popř. do sešitu = Abstract + Závěr.

**Hodnocení experimentu z hlediska učitele** podle dříve stanovených cílů. Např.: Sestavili a použili studenti měřící zařízení správně? Je v souladu měření s očekáváním? (verifikace a falsifikace hypotézy) Vlastní formulace postupu a zjištěných faktů. Vyvození závěrů pro daný předmět, ale i v širších souvislostech (znají období sledovaného jevu?)

**„Tipy a triky“ experimentu** (v čem je experiment „modelový“, jak přírodní jev nejlépe obnažit před našimi zraky, konkrétní hodnoty vzorkování, odstranění vnějších vlivů atd.)

**Práce s materiály.** Materiály pro realizaci přírodovědného experimentu **zohledňovat jak práci žáků** (Jaké materiály budou studenti mít pro provedení experimentu, či „provedení experimentem“)? Jak tyto materiály použili (čtenářská gramotnost)? K jakým závěrům došli a jak tyto závěry byli schopni formulovat?), a **usnadňovat práci učitelům** (a to i těm, kteří sami experiment vymysleli).

Podklady pro provedení experimentu nemusí být vždy v tradiční formě vytištěných laboratorních listů, jako je tomu např. i v ukázce laboratorní práce, přiložené k této práci. Teoretické vysvětlení i pracovní návod na experiment, může také ve formě powerpointové prezentace, či ve formátu některého výukových softwarů. Možnosti vytvoření pracovního listu, do kterého žáci přímo vyplňují naměřené hodnoty a počítají výsledky, stejně jako vytvoření jakéhosi „elektronického průvodce experimentem“ jsou dostupné např. v rámci měřicího experimentálního systému PASCO ve všech dostupných programech – Capstone, DataStudio i v SPARK. Příklady takovýchto experimentů jsou uvedeny níže. Pracovní návody a pracovní listy vpracovává vždy učitel, protokol o provedeném experimentu vypracovávají žáci.

### *Materiály a podklady k laboratorním úlohám*

**Pracovní návod.** Tuto část dostávají žáci a je tvořena nejenom vlastním pracovním návodem (tj. sledem operací - pracovních úkonů), ale také úvodním studijním materiálem (jejž dále označujeme pojmem „teoretický úvod“). Pracovní návod by měl obsahovat zejména: zadání úlohy, seznam potřebných pomůcek, teoretický úvod k dané problematice, informace o dodržování bezpečnosti práce během pokusu, popis přípravy úlohy (praktická příprava aparatury, nastavení měřících přístrojů atd.), postup laboratorní práce, nastavení HW a SW pro sběr a vizualizaci dat (příprava měření), vlastní měření (záznam dat), analýza naměřených dat. Zhodnocení naměřených dat.

**Pracovní list (řešená učitelská varianta) a didaktická příručka pro učitele.** Řešená varianta pracovního listu, která obsahuje typické výsledky a odpovědi žáků, slovníček pojmů, teoretickou přípravu úlohy, vizualizace očekávaných – v budoucnu naměřených dat, vyhodnocení naměřených dat, závěr (hodnocení, tipy a triky, častá úskalí, se kterými se žáci během měření setkávají).

**Pracovní list (žákovská varianta).** Varianta pracovního listu, kterou dostává žák. Měla by obsahovat: slovníček pojmů, teoretická přípravu úlohy na úrovni žákových znalostí, předpřipravené způsoby vizualizace naměřených dat (prázdné tabulky, grafy), vedení k vyhodnocení naměřených dat, popis očekávaných závěrů (učitel musí říci, co od žáka v úloze očekává, žák musí tyto závěry sám zformulovat).

**Protokol o provedeném experimentu.** Protokol o laboratorní práci není pouhým záznamem o měření, slouží také jako předobraz publikace o výsledcích práce vědeckovýzkumného pracovníka.<sup>19</sup> Pro vyšší autenticitu pocitu badatelské, vědecko-výzkumné činnosti, by se problematice experimentu měli žáci věnovat i po skončení samotného laboratorního výzkumu. Zatímco pracovní list jim slouží jako nástroj pro zaznamenání dat a výsledků, výstupním materiálem a referencí celého laboratorního měření je právě laboratorní protokol. Protokol bývá žáky zpracováván většinou mimo rozvrh vlastní laboratorní práce, v praxi nejčastěji jako domácí úkol. Vedle věcné správnosti musí protokol splňovat také požadavky kladené na odborný text, a to jak po formální, tak i obsahové stránce.

Po stránce formální by proto měl obsahovat: název měření, abstrakt (nejlépe i v angličtině), stručně nastíněný teoretický úvod (tj. současný stav lidského poznání na tomto poli), hypotéza a výzkumný záměr, použitá technika pokusu, schéma zapojení a schéma aparatury, postup měření, získané (naměřené a spočítané) výsledky, vizualizace výsledků (tabulka, graf), diskuze nad výsledky, závěr práce a citované zdroje. Po obsahové stránce je v protokolu vždy třeba dbát na to, aby jako výsledky byly prezentovány skutečně jen výsledky studentovy práce a aby byly vždy uvedeny všechny zdroje, ze kterých bylo v práci čerpáno. Jednou z nejvýznamnějších částí protokolu jsou vzorové výpočty. Je nutné, aby jeden vzorový výpočet (vzorec) byl uveden u každé série hodnot a to i tehdy, jestliže byl pro samotné vypočítávání použit počítač. Výsledky získané měřením musejí být zapsány a zobrazeny způsobem, který je vhodně vystihuje. V případě užití tabulky, tato musí být přehledná a lehce pochopitelná. Musí obsahovat záhlaví se symbolem a rozměrem uváděné veličiny. Hodnoty nezávislých proměnných uvádíme ve vzestupném pořadí. Grafické znázornění výsledků je ještě názornější, neboť přímo poukazuje na výskyt maxim, minim, inflexních bodů, odchylek od linearity, výskyt odlehlých bodů v rámci očekávané závislosti, nebo na její nezvyklý průběh. Grafického zobrazení se využívá také k odhadu funkční závislosti mezi zobrazovanými proměnnými (na ose x volíme většinou zobrazení hodnoty nezávislé proměnné, na ose y hodnoty závislé proměnné). Měřítko grafu vždy volíme tak, aby zakreslená závislost zabírala celou plochu grafu. Všechny vyhodnocovací softwary, které slouží k práci s dataloggerovým systémem, obsahují vlastní sadu nástrojů, pomocí kterých lze tabulky i grafy v požadované kvalitě vytvářet.

---

<sup>19</sup> Více např. v Krejčová, J. Předmět: Experimentální vědy, Forma a obsah protokolu, Didaktické materiály Gymnázia Malacky, Ul. 1. Mája 8.



## Návrh hodnocení laboratorní práce

Následující hodnotící kritéria laboratorní práce jsou převzaty přímo z vyučovací praxe. Používá je paní Mgr. Janka Krejčová ve svých hodinách předmětu „Experimentální vedy“ [16] na půdě gymnázia Malacky.<sup>20</sup>

Laboratorní práce je Krejčovou vnímána ve třech rovinách. **1) Myšlenková příprava poznávání** (obsahuje motivaci poznávání, objevení a formulaci problému, tvorbu hypotézy a myšlenkový experiment), **2) Materiální realizace poznávání** (obsahuje plánování realizace experimentu, výběr materiálních prostředků, sestavení a ověření aparatury a získání empirických dat) a **3) Myšlenkové zpracování poznávání** (obsahuje zpracování dat do výsledků, formulaci závěru, formulaci a zatřídění poznatku a motivaci dalšího poznávání). Hodnocení pak probíhá s přihlédnutím na tato kritéria:

**1) Plánování** – definování problému (problém, otázky jsou formulovány jasně), formulování hypotéz (hypotéza přímo souvisí se zkoumanou otázkou a je vysvětlena kvantitativně, pokud je to vhodné), výběr proměnných (klíčové proměnné jsou stanoveny), navržení metody s vhodnou aparaturou a materiálem (metoda a aparatura jsou vhodně navrženy, schéma je výstižné), navržení metody změny proměnných (metoda změny proměnných je reálná), navržení metody získávání dat (metoda získává data, která jsou v experimentu relevantní).

**2) Sběr dat** – pozorování a záznam dat (data jsou zaznamenávána vodně, zahrnují jednotky a jsou vhodně proměnné v intencích měření), prezentace dat (data jsou prezentována zřetelně a uspořádaně).

**3) Zpracování dat** – manipulace a zpracování dat (správa dat vede k výsledkům napomáhajícím ke správné interpretaci, odhady chyb jsou zahrnuty), prezentace a zpracování dat (výsledky jsou prezentovány adekvátně a efektivně, chyby měření jsou vzaty v úvahu).

**4) Vyhodnocení měření** – vyhodnocení výsledků (jsou vyvozeny správné závěry, založené na správné interpretaci) výsledky jsou porovnány s hypotézou), vyhodnocení metody (metody, aparatura, materiály, jsou vyhodnoceny s ohledem na omezení – ohrazení dat, problémů a chyb měření. Může obsahovat diskuzi o ohrazení platnosti závěru.), modifikace metody (jsou podány návrhy na zlepšení metody).

**5) Manipulační schopnosti** – vykonání poslušnosti odborných technik s ohledem na

---

<sup>20</sup> Krejčová, J. Popis předmětu: Experimentální vedy, Kritéria hodnotenie práce študenta počas laboratornej práce, Didaktické materiály Gymnázia Malacky, Ul. 1. Mája 8.

Na tomto místě je vhodné napsat, že na gymnáziu v Malackách je přírodním vědám věnována pozornost, jež těžko nachází srovnání v rámci celého území bývalého Československa. Jejich aktivity se v tomto smyslu vyplácejí nejen prokazatelně zvýšeným zájmem studentů o další studia přírodních věd na VŠ, ale i úspěchem gymnaziálních studijních prací na poli mezinárodních soutěží – např. na světové konferenci OSN o trvalo udržitelný rozvoj, kam škola přihlásila tři projekty a jeden z nich – „Water Quality“ zde získal 1. místo.

Více na webových stránkách projektu:

[http://www.g1majamc.sk/gympel/media/files/eart\\_iii.pdf](http://www.g1majamc.sk/gympel/media/files/eart_iii.pdf).

bezpečnost práce (široký okruh manipulačních technik je vykonán s důrazem na bezpečnost), správné naplnění technických instrukcí (rozličné instrukce jsou vykonány správně a při malé asistenci učitele, schopnost přizpůsobení se novým situacím.)

**6) Osobnostní schopnosti** – práce v rámci skupiny, míra zapojení a názory jednotlivých členů skupiny, povzbuzování členů skupiny (zde důraz na individuální práci i skupinovou spolupráci). Osobní přístup (s prokazatelnou iniciativou a samostatností směřující k dokončení práce), přístup s etickým aspektem (důraz na autenticitu dat a informací, přístup k materiálům), přístup k ekologickým aspektům.

### 3.6 Žákovský badatelský experiment

**Žákovské badatelské experimenty** se od laboratorních prací liší zejména měrou umožnění hledání nových řešení. Žákovi by zde měla být poskytnuta možnost, aby přírodní zákonitost sám „odhalil a vyzkoumal“, nikoli aby ji pouze „ověřil a změřil“. Badatelské experimenty tedy nespádají mezi metody informačně receptivní jako předcházející dva druhy školních experimentů. V demonstračním experimentu a v laboratorní práci se žákovi dostává toho, co se má naučit v určité „hotové“ podobě. (Ačkoli promýšlení logických a jiných vazeb a souvislostí zde má své místo a plní také v těchto dvou případech významnou úlohu při zvyšování efektivity těchto metodických postupů! Jsou zastoupeny například učitelovým výkladem, organizací laboratorní práce, demonstrováním různých objektů či postupů atd.) Na rozdíl od takovéto přímé prezentace vzdělávacích obsahů, badatelské experimenty a výuka na ně navazující jsou zástupci metod **nepřímé prezentace vzdělávacích obsahů**.

Žák zde není jenom příjemcem, konzumentem toho, co se má naučit, ale ocitá se v roli objevitele, výzkumníka – toho, kdo sám odhaluje nové poznatky v didakticky ztvárněné situaci.

Bádání lze definovat několika způsoby.<sup>21</sup> Podle M. Linnové, E. Davisové a B. Eylonové<sup>22</sup> je to „*záměrný proces spojený s rozpoznáním problému, návrhem vhodných experimentů a posouzení alternativních možností,*“ [17, s. 730] plánování postupu zkoumání, tvorbou hypotéz, vyhledáním informací, tvorbou modelů, diskuzí s kolegy a formulací logických argumentů. Podle D. Llewellyna<sup>23</sup> představuje bádání vědecký proces aktivního zkoumání světa okolo nás, použitím kritického a logického myšlení a tvořivých schopností formulujeme a hledáme odpovědi na otázky, které nás zajímají [10, s. 317]. Tento proces zahrnuje formulování otázky, resp. problému, který budeme řešit, výběr vhodného postupu zkoumání a jeho realizaci, sběr a zpracování dat z pozorování a zkoumání a formulování závěrů.

V rámci badatelských experimentů může být použita celá plejáda v pedagogice dosud užívaných didaktických postupů: **metodami problémového výkladu** počínaje (vůdčím aktérem postupu vpřed je v tomto případě stále ještě především učitel, který však už neklade těžiště do plynulého výkladu, ale do nastolování problémů, které řeší před žáky, a do určité míry i spolu s žáky, jež se s ním identifikují), přes **metody samostatného řešení problému a metody tvořivé, heuristické** (žáci v nich mají s minimální mírou odstupňované pomoci a s maximální soběstačností řešit problémové úkoly a situace, cílem je především získávat zkušenosti s objevováním nových, dosud jim neznámých postupů a strategií), až po **metody**

<sup>21</sup> Ješková, Z., Kireš, M., Onderová, L. Školská reforma na Slovensku mení spôsob výučky porodných vied, Československý časopis pro fyziku 5-6/2012, s. 316-321.

<sup>22</sup> Linn, M. C., Davis, E.A., Eylon, B.S. The Scaffolded knowledge integration framework for instruction, In: Linn, M. C., Davis, Bell, P. Internet Environments for Science Education, 47-72, Mahwah, 2004.

<sup>23</sup> Llewellyna, D. Inquiry Within, implementing inquiry based science standards. Corwin Prees, 2002.



**ryze výzkumné** (žáci získávají v tomto případě zkušenosti s tvůrčí činností na problémech, které jsou didakticky uzpůsobenými variantami vědecké práce, např: zaznamenání toho, co je nejasné, formulace problému, stanovení hypotéz, sestavení projektu a plánu výzkumu, realizace vlastního výzkumného řešení, zpracování výsledků, diskusí nad nimi, formulací závěrů, přiblížení praktických důsledků, analýzu aplikačních možností atd.) Důležité je i uvažování o badatelských metodách z hlediska jejich sociální orientovanosti. **Individuálně orientované metody** aktivizují učení jakožto činnost jedince. Žák je zde povinen organizovat své učební pochody, jako by byl sám. Naopak **skupinově orientované metody** aktivizují badatelský experiment jako společnou činnost.<sup>24</sup>

Ve všech výše uvedených případech by však žák měl postupovat následovně: 1) žák zpozoruje něco, co jej zaujme, vzbudí jeho zvědavost, podnítl otázku, něco, co je nové nebo nesouvisející s předcházející zkušeností. Následuje 2) aktivní činnost žáka – pozorování objektu, formulace otázek, tvorba předpovědí, jejich ověřování a testování, vytvoření hypotézy, teorie, modelu. Žák si přitom vytváří vlastní cestu, která je málokdy lineární. Spolu s odhalováním souvislostí, objevují se 3) další otázky a problémy, směřující k prohloubení pochopení. Po celou dobu pak 4) aktivně pracuje s informacemi, které vyhledává i aplikuje, komunikuje s partnery (spolužáci, učitel), svá zjištění porovnává, interpretuje, aplikuje. Všechny tyto činnosti umožňují žákovi začlenit nová poznání do jeho systému poznatků.

Ačkoli samotný pojem badatelsky orientovaných experimentů se zdá být v našem školství nový<sup>25</sup>, ve skutečnosti se má aktuální česká školní tradice v tomto směru na co odkazovat!

*„V době nejnovější si razí dráhu poznání, že metody výzkumné jsou v principu metodami vyučovacími, protože jak bádání, tak vyučování mají též konečný cíl: nabýti objektivního poznání, získati vědomostí. Tento názor povznáší školu na výzkumný ústav, a žák se stává malým badatelem, jenž v principu řízením učitelovým v různých oborech vědomostí podobně jako vědecký badatel hledá poučení a poznatků. Pravíme v principu; neboť výzkumnou práci ve škole určuje blíže výzkumná psychologická schopnost žáků... Určitému oboru vědomostí lze naučiti s dvojnásobným zřetelem, a to dvojnásobnou formou, již nám byly vědou podány: 1. Vývoj vědomostí jest určen postupem bádání, nebo 2. Vědomosti jsou seřazeny dle hledisk systematických. Bádání a proslovení se oboplně doplňují.“*  
[6, s. 5]

Ač se nám uvedený citát může svým jazykem zdát archaický, jsme to ale spíše my, kdo je žalován z trestuhodné zaostalosti. Je spodivem, jak aktuální jsou následující věty, uvědomíme-li si, že onou „moderní učbou“ je myšlena pedagogika v C. a K. mocnářství z období před více než sto lety: „Kdežto dřívější fyzikální vyučování spatřovalo hlavní úkol téměř

<sup>24</sup> Oba typy zajišťují v žákově mysli rozvoj jiných kompetencí. Individualizační způsob vede k samostatnosti žáka, učí jej sebedůvěře, vyšší míře soustředění na vlastní činnost. Naopak společné badatelské činnosti jsou důležité pro bezprostřední osobnostní kontakt žáků, v němž dochází ke konfrontaci či sdílení osobních postojů, k výměně činností a dílčích produktů, k výměně informací, k výměně názorů. Existence společného cíle, platného pro všechny, kdo se na společné činnosti podílejí, nenásilně nutí skupinu k vytvoření interních orgánů řízení jednotlivých postupů tak, aby odpovídaly společnému zájmu, k rozdělení rolí a vzniku určité společné sdílené, skupinové (kolektivní) morálky, vyjadřující vědomí povinností a práv, jimiž jsou účastníci společné učební činnosti vzájemně vázáni.

<sup>25</sup> Zvláště v konfrontaci se současnou anglo-americkou školskou tradicí, v níž má „Inquiry“ způsob vyučování daleko pevnější pozici. Nicolaou, C., Nicolaidou, I., Zacharia, Z., Constantinou, C. Fourth graders ability to interpret graphical representations through the use of microcomputer-based labs implemented within an inquiry-based activity sequence. *Journal of Computers in Mathematics and Science Teaching (Dále jen J Comput Math Sci Teach)* 26, 2007, p. 75–99. Mokros, J., Tinker, R. The impact of microcomputer-based labs on children's ability to interpret graphs. *J Res Sci Teach* 24, 1987, p. 369–383. Brassell, H. The effect of real-time laboratory graphing on learning graphic representations of distance and velocity. *J Res Sci Teach* 24, 1987, p. 385–395.

výhradně v tom, aby přírodní zákony demonstrovalo školními pokusy a ukázalo jejich technologické zužitkování, staví moderní učba silozpytná žáky v proě řadě pokud možno před skutečné zjevny přírodní.“ [6, s. 5]

### *Návrh struktury badatelského experimentu, obecné informace*

Harapat píše o didaktice badatelské formy přírodovědných (přírodozpytných) experimentů s takovou mírou nadčasovosti a aktuálnosti, že jeho textu nadále využijeme coby osnovy našich úvah o metodologii a didaktice dnešní badatelské formy vyučování. Postup, který v badatelském pokusnictví Harapat nastiňuje, lze bezezbytku využít i dnes. Možnosti přímého ovlivňování žáka učitelem, zajištění správné žákovi interakce s přírodovědnou problematikou, i učitelovo hledání správné cesty k efektivní didaktické transformaci přírodovědných zákonitostí do žákova poznání se od staletého popisu de facto nezměnili. Níže budeme Harapatův popis komentovat a v další části této stati se jej pokusíme doplnit o rozměr, který tomuto způsobu vyučování poskytuje využití novodobé výpočetní techniky.

*„Na základě pozorování vynořují se žákům otázky, stanovují se problémy, jež se pokoušíme vyučováním rozřešiti. Zjevny jsou nám účinky, jejichž příčiny jest nám vyřešiti, t.j. seznati zákon přírodní. Zákon proslovuje obecně platný a nezbytný poměr příčiny k jejímu účinku. Tento zákon stanovíme a ustálíme pokusem... Pozorování nám zjeví účinek ... a vzbuzuje otázku po příčině tohoto účinku. Hypothesou rozřešíme předběžně otázku... a pokusem vyvodíme domnělou příčinu... Nastane-li (opět) pozorovaný účinek, jest naše hypotese správná; zákon jakožto nutný kausální poměr jest stanoven. Pak nastává ještě úkol, aby se dokázala obecná platnost zákona determinací na jiné látky... Poté následuje dle potřeby technologické zužitkování. **Postup ten sleduje přírodozpytec při své práci; je to indukce jako výzkumná metoda, jež se ve škole stává metodou vyučovací: předesílá řadu pozorování, vypracovává z nich problém, ukazuje cestu k prostým pokusům školním i ke znázorňování, a vyvodiv zákon přírodní podává úkoly ke zužitkování poznání zákona.**“ [6, s. 6]*

Otázce metodologie je v Harapatově práci věnována značná pozornost. Je zajímavé, že zatímco soudobá filosofie reflektující vědecké poznání (reprezentovaná v té době zejména Vídeňským kroužkem) vyznává a upřednostňuje induktivní postup jako výchozí metodu vědeckého poznání, zde je v pokusech pedagogických zdůrazněna i funkce dedukce. Takto pojatá symbióza obou odvozovacích postupů však nabývá na aktuálnosti až v dobách daleko pozdějších, a v hlavních rysech by mohla být označena za předchůdkyni např. Nicklesovy metodologie bootstrapu. Otázka indukce a dedukce je ovšem v Harapatově podání vždy svázána s procesem didaktické transformace – indukce využijeme k vystavění nového poznání (dnes bychom ji asi nejčastěji zařadili do motivační, expoziční fáze poznávacího procesu), dedukce pak k jeho aplikaci (upevňovací, aplikační fáze):

*„Ve vyučování přírodozpytném jde buď o pozorování a vyvození jednotlivých zákonův a sil přírodních..., nebo žáci mají porozuměti jednotlivým přístrojům a nástrojům z praxe domácí... Přírodozpytná themata rozřešují se buď cestou induktivní nebo deduktivní dle toho, jde-li o vývoj fyzikálního zákona neb o užití zákona k výkladu přístroje. Dá se arciť o všech themech jednati na základě postupu induktivního; avšak noví metodikové doporučují, aby se v jedné lekci odvodil ze zjevů přírodní zákon a v lekci následující aby se vyložil přístroj, jenž se zakládá na užití shledaného fyzického zákona, a to cestou deduktivní.“ [6, s. 6]*

Vyučovací stupně induktivního a deduktivního způsobu jsou:

- A) Induktivní postup (návodná metoda; vzestup, odvození přírodního zákona)
  1. Příprava (připojení, upětí na známé učivo)

- a) Poukáže se na známé zjevy; b. Probudí se zájem; c. Vytkne se cíl.
- 2. Výklad (pokus)
  - a. Popis přístroje; b. provedení a pozorování pokusu; c. doplnění a význam toho, co bylo pozorováno.
- 3. Sloučení
  - a. Stanovení pozorování; b. srovnání pozorovaných jevů; c. sloučení nového poznatku se staršími.
- 4. Výsledky
  - a. Odvození zákona a jeho formulace; případně objasnění a udáním příčiny.
- 5. Užití
  - a. Uvedení souvislostí, podobné jevy; b) vyložení známého jevu z přírody a obecného života.
- B) Deduktivní postup (dovozovací metoda, sestup, užití přírodního zákona k výkladu přístroje)
  - 1. Zákon
    - a. Opakování; b) vytčení cíle; c) potřeba přístroje.
  - 2. Přístroj
    - a. Popis (analytický nebo syntetický); b) pokus; c) výklad ze zákona; d) náčrt na tabuli.
  - 3. Stanovení, co bylo zpozorováno (pokusy, grafická zobrazení).
  - 4. Účel.
  - 5. Užití přístroje v praktickém životě.

*„Četní methodikové osnují přírodopysné výklady dle „formálních“ stupňů. V žádném jiném vyučování nedá se tak přirozeně užití pěti formálních stupňů čili artikulace herbatovsko-zillerovské jako ve fyzice. Nutí učitele zhostiti se vsí ledabylosti a nedopouštějí rozmysliti si učivo teprve na začátku vyučovací hodiny.“ [6, s. 8]*

Co se týče vyučovací formy, i zde je výše uvedený text nadčasový. S heuristickým postupem žákovského bádání je vždy propojena interaktivní komunikace. *„Nejlepší formou vyučovací jest metoda dialogická čili disputační, protože učitel jest neustále a čile obcovati se žákem, což vylučuje souvislou přednášku učitelovu již zpředu téměř na všech stupních, nevyjímaje ani případů, kdy se podává nové učivo. Navrhováním otázek, poukazováním na odpory a záhady, připomínáním známého, podobného nebo opačného, řídí učitel rozhovory tak, aby se žáci vlastní prací dodělávali správného cíle. Co se takto vyvodilo, musí se ovšem jako všecko, čemu jest naučiti, lepšími žáky shrnouti v zaokrouhlený celek a potom vštípití také slabším žákům. Souvislé, otázkami nepřerušované suhrny žáků, jsou připojeny k četným lekcím. Podávají výsledek rozhovorů...“*

*Pokud praktická metoda školská užívá dialogické formy vyučovací, jmenuje se metodou vyvoňovací, při čemž rozuměti jest vyvoňování umění, vésti žáky tak, aby logicky pokračující vypracovávali sami ze sebe, co se jim chce podat. (Tj. aby sami přišli na to, co jim chce učitel vyložit – pozn. překladatele ;-)* *Vyvoňovací, jinak též heuristická, hledací, čili nalézací metoda neboli forma vyučovací vyžaduje na dovednosti učitelově mnoho a jest ideálem, po jehož dosažení každému učiteli jest se snažiti.“ [6, s. 11]*

Experiment ve vztahu k celkovému výkladu učiva zaujímá podle Harapata následující roli. *„Naše fyzikální učebnice téměř bez výjimky zahajují nové oddíly pokusy, které jsou mnohdy dětskému okruhu zkušeností velmi vzdáleny, připojují druhý a třetí a teprve potom dovolávají se zkušeností žáků. A vyskytuje-li se někde jakási příprava nebo analýza, děje se to nedostatečně. Tím stěžuje se osvojení nového učiva.“ [6, s. 15]*

Zde je namístě konstatovat, že v době dnešní zaujímá naopak v učebnicích analýza a teoretické rozebírání jevů místo stěžejní. Naopak zůstáváme dlužni výše kritizovaným,

hojně se vyskytujícími pokusy. Není úkolem této stati detailně pojednávat o obsahu učebnic na českých školách, ale tento časový rozpor a asymetrie v kladení důrazu na teorii a experiment je velice zajímavá! Obzvláště srovnáme-li současné naše učebnice s učebnicemi zahraničními.<sup>26</sup> Vraťme se však do roku 1910. Posun v metodologii výuky je na posunu podoby učebnic krásně patrný! Harapat popisuje přírodopisné učebnice na českých školách takto:

*„Srovnáve naše učebnice fyziky s knihami, které byly před 60-70 lety podkladem všeho vyučování přírodopisného, shledáváme značný pokrok. Ve všech nových fyzikách uznán jest názor<sup>27</sup> za absolutní základ všeho poznání; mluvení o věcech, které nejsou přístupny smyslovému vnímání mládeže, přestalo. Přírodní zákony nesdílejí se již v holé všeobecnosti, aby se teprve potom vykládaly, nýbrž žákům samým jest se jich dobrati z řady konkrétních zjevů. Rovněž v tom jsou již dávno všickni učitelé fyziky za jedno, že vědění musí přejíti v umění, aby nezůstalo mrtvým a bezcenným. Názornost, snímání pravidel, pouček a zákonů s konkrétních příkladů, cvičení, to jsou požadavky zdravé methodiky, které se nyní důsledně a bezpečně provádějí ve fyzikálním vyučování...“ [6, s. 11] (Zamysleme se nad stavem dnešní výuky! Mohli bychom skutečně tento citát s čistým svědomím podepsat?)*

I přes obecně optimisticky ladění tón, obtíže jsou připuštěny: *„...ale noví methodikové přese všecky přednosti této metody shledávají, že vyučování fysice trpí ještě některými nedostatky. Hlavní chyba, jejímž následkem je řada jiných vad, vězí patrně v tom, že buď okruh zkušenosti mládeže je nedostatečný, nebo že se ho v pravém čase náležitě nedbá.“ [6, s. 15]* Toto bychom mohli za úhelný kámen velké části překážek, které jsou přítomny v dnešní efektivní výuce přírodních věd! Kontakt dětí s fyzikální realitou, zdá se být stále více zmenšován, resp. nahrazován kontaktem s realitou virtuální. V tomto ohledu je jednoznačné, že pokrok, byl stran získaných empirických zkušeností (zejm. pak městských dětí) spíše krokem zpět.

### *Změna obsahu zkušenosti našich žáků*

Srovnajme dnešní dětskou realitu s realitou našich prababiček a pradědečků, o kterých je psáno: *„Většina našich žáků dobře ví, jak tesař a zedník užívá olovnice a krokvice, že se těžký kámen zaboří do měkké půdy, že válec drtí hroudy, vůz vyjede koleje... že se kladivo nebo sekyra narazí na topůrko, tluče-li se jím prudce o tordou podložku... jak bohaté jsou zkušenosti mládeže o různých nástrojích i strojích a o tom, co s nimi souvisí! Připomeňmež si toliko různé podoby klínu na dřevě, na kleštích, na nůžkách, na noži, na sekyře, na hoblíku, na pluhu, na radlici, na branách, na hřebu... což teprve páka, sochor, vahadlo pumpy, krámské váhy, přezmen, decimální váhy, klika, kladkostroj, vodní kolo a.t.d. jsou vesměs předměty, o jejichž užívání a zařízení ví téměř každé dítě... K poučce o kyvadle získali si žáci zkušenost na kyvadlových hodinách, vědí také, že bosí chdíl snadněji, než obuti... v kropicí konvi poznali spojené nádoby... všickni vědí, kterak kterak olej v knotu stoupá...“ [6, s 16-17]*

---

<sup>26</sup> Vezměme např. učebnici Pearson Science 9, Student Book od nakladatelství Pearson. Již při letmém náhledu se nám rovnováha mezi „teorií a praxí“ jeví jako velmi elegantně nastavena. A to už nemluvíme o další problematice, se kterou se české školství potýká – a sice vnímání vzájemné „překryvovosti“ všech přírodovědných disciplín do jednoho kompaktního celku – Science, dříve Přírodovědy, nyní pro žáky zdánlivě samostatných disciplín fyziky, chemie, biologie....

<sup>27</sup> Zde je pro správné pochopení textu nutná lingvistická poznámka. Slova „názor“ se dnes téměř výhradně užívá ve významu „teoretické domněnky“, ryze mentálního myšlenkového statusu. Zde je však použito archaického smyslu, který má daleko blíže ke slovesu „nazírat“ – fyzicky, aktivně pozorovat a mentálně se účastnit. Zatímco dnes může mít (bohužel) téměř každý libovolný „názor“ bez jakékoli opory ve zkušenosti či empirii, dříve to možné nebylo! Neboť tehdy chápaným „názorem“ je právě onen proces justifikace – dotyku empirie, o který v bádání především jde. Jednoduše řečeno: dříve chápaným „názorem“ si teprve vytváříme „názoř“ tak, jak je chápeme dnes.

Dnes už děti bohužel nejen, že tyto zkušenosti nemají, ale mnohdy ani nevědí, co se za výše uvedenými pojmy skrývá!

Doba, v níž (jak píše Karel Poláček) každý z kluků musel mít v kapse nůž, provázek a hřebík, je nenávratně pryč. Dnes má již téměř každé dítě na druhém stupni základní školy v kapse SMARTphone, tablet, nebo nejčastěji obojí. Jestliže už z vlastní zkušenosti nezná ani, „že *ssavý papír vssaje inkoust...*“, pak ví bezpečně, jak ovládat nové informační technologie a počítače, kterak napsat email na PC, připojit k němu téměř jakékoli periferní zařízení (zvláště v případě, je-li cílem nějaká forma hry) a poté zná, jak jej suverénně ovládat. Forma a realizace badatelských experimentů se musí proměnit spolu s každodenní žákovskou zkušeností s každodenní dětskou realitou. Základem vystavení poznání musí zůstat zkušenost. Zkušenost se však proměnila. Změní se i forma a obsah žákovských školních experimentů?

### *Role IT ve výukovém procesu – ke změně formy obecně*

Nejprve se krátce zamysleme nad tím, kterak děti zacházejí s IT v každodenním životě, např. při hraní počítačových her. V současné době snad již vůbec nikdo nepochybuje o tom, že k tomu, aby se děti naučily ovládat počítač (a aby u něj následně trávily nekonečné hodiny) není zapotřebí žádného živého průvodce, instruktora, učitele. Děti tuto činnost zvládají ve většině případů naprosto suverénně a to často i přesto, že zařízení s nimi „nekomunikuje“ v jejich mateřštině, a že jim často předkládá naprosto odlišná pravidla svého světa, která děti nemohou znát ze své vlastní dosavadní životní zkušenosti ze světa reálného. A přesto se dokážou takovýmto novým pravidlům naučit a nadále je (např. ve hře či v jiném narativně-naučném či zážitkovém systému) používat!

Základní přínos počítačových her spočívá v tom, že nabízejí přímou zkušenost s určitým problémem a poskytují možnost učit se metodou pokusu a omylu. Zatímco dítě, trávící svůj čas u počítače, jej podle rodičů marní, podle nových pedagogických teorií si trénuje schopnost komunikace, spolupráce i řešení problémů. Teoretik a propagátor her ve vzdělávání Marc Prensky takovéto děti nazývá generací N – digital natives, digitálními domorodci.

„Počítačové děti“ žijí podstatně rychleji, nežli jejich rodiče (jsou tzv. digitálními imigranty) a jejich mozek při zpracovávání informací funguje odlišným způsobem – **nepřijímají informace lineárně, upřednostňují vizualizace před textem, preferují schéma symbolicky propojeného, hypertextového obsahu, jsou zvyklí pracovat na více úkolech zároveň a paralelně vyhodnocovat výsledky své práce.** Toto také vysvětluje, proč je dřívější styl výuky pro současné digitální domorodce pomalý a nezáživný.<sup>28</sup>

Dataloggerové senzorické systémy v propojení s IT technologií umožňují skloubit schopnosti a požadavky dnešních žáků s pedagogickou potřebou realizace „živých“ přírodovědných experimentů. Jestliže v osmdesátých a devadesátých letech bylo o využívání IT ve výuce přírodních věd uvažováno z hlediska výuky efektivnějšího a rychlejšího porozumění technickým a vědeckým obsahům, a forma byla v podstatě nedůležitá, dnes se IT využívá právě pro jejich vizuální schopnost zaujmout a obsah se nezdá být tak důležitý. IT nám již

---

<sup>28</sup> V USA se první explicitně vzdělávací počítačová hra objevila již v roce 1971, od letošního roku mají podobnou zkušenost i čeští školáci, účastníci se simulace Evropa 2045 v rámci občanské nauky. Hodnocením vzdělávacího přínosu videoher se v zahraničí zabývá např. server [mmonsense.com](http://mmonsense.com), v ČR pak [JakouHru.cz](http://JakouHru.cz), který se zahraničními zkušenostmi inspiroval. Více o tomto fenoménu viz Filaová, L. Škola počítačovou hrou? *Belmondo – Respekt*, 4/2013, s. 85-89.



pouze nepomáhá grafy přírodovědných veličin **efektivněji** (snadněji, rychleji) zobrazit, ale zprostředkovává nám je **efektivněji**, pomáhá nám, aby se jimi děti vůbec začaly zabírat, pomáhá nám je včlenit do rámce jakési hry, která je dětem vlastní a ve které učení novému neodmítají.<sup>29</sup>

### *Využití IT při badatelském experimentu*

Mluvíme-li o badatelském experimentu s využitím IT z hlediska využití techniky, pak pokusná stanoviště (výzkumná hnízda) sestávají většinou z fyzikálních (chemických či biologických) modelů (nakloněná rovina, závažíčko na pružince, rostlina v nádobě na fotosyntézu), patřičných senzorů dataloggerové stavebnice (např. senzor pohybu, síly, koncentrace O<sub>2</sub> a CO<sub>2</sub>), IT zařízení (PC, tablet, SMARTphone) a dataloggerového měřicího rozhraní.

Žáci sami (či ve skupinkách, nejlépe maximálně do tří „badatelů“) realizují konkrétní přírodovědný experiment vztahující se k probírané problematice. Nejprve se sami pokoušejí navrhnout sestavení experimentu tak, aby bylo možné studovaný jev pozorovat (sestavení modelové situace, vytvoření podmínek pro zvýraznění studovaného jevu, volba vhodného senzoru, zajištění opakovatelnosti pokusu). Následně odhadují, jaký bude vývoj sledovaných fyzikálních veličin během experimentu. Provedou samotná pozorování a měření. Svě naměřené výsledky a poznatky sami interpretují ve světle jim známé teorie a odprezentují ostatním. Teorii však mohou dohledávat až ex post, v rámci svého „badatelského projektu“.

Charakter badatelského pokusu tedy není jednoznačně verifikační, jako v případě klasické „laboratorní práce“, ale může obsahovat prvky metodologické falsifikace či bootstrapové metodologie. I z tohoto úhlu nahlíženo je patrné, že tato žákovská aktivita simuluje nejvěrněji skutečnou vědecko-výzkumnou činnost.<sup>30</sup>

### *Materiály a podklady k badatelským úlohám*

Z výše uvedeného je patrné, že badatelská forma žákovských experimentů má tedy vedle primátu v oblasti individualizace také primát v oblasti heuristiky. Pokud k výsledkům nebudou žáci schopni dojít sami na základě vlastní badatelské aktivity, realizují pokus dle připravených instrukcí v elektronické nebo tištěné formě.<sup>31</sup>

---

<sup>29</sup> Změna k přístupu je patrná zejm. porovnáme-li práci stejných autorů. V časovém odstupu se proměna role IT ve výuce ukazuje. Linn, M. C. Technology and science education: starting points, research programs, and trends. *International Journal of Science Education* (Dále jen *Int J Sci Educ*) 25, 2003 p. 727–758.

Linn, M. C., Layman, J. W., Nachmias, R. Cognitive consequences of micro-computer-based laboratories: graphing skills development. *Contemporary Educational Psychology* (Dále jen *Contemp Educ Psychol*) 12(3), 1987, p. 244–253.

Linn, M. C., Lee, H. S., Tinker, R., Husic, F., Chiu, J. L. Inquiry learning: teaching and assessing knowledge integration in science. *Science* 313, 2006, p. 1049–1050.

Lunetta, V. N., Hofstein, A., Clough, M.P. Learning and teaching in the school science laboratory: an analysis of research, theory, and practice. In: Abell, S. K., Lederman, N. G. (eds) *Handbook of research on science education*. Mahwah : Lawrence Earlbaum Associates, 2007.

<sup>30</sup> Millar, M. Technology in the lab, Part I: what research says about using probeware in the science classroom. *J Res Sci Teach* 72, 2005, p. 34–37.

<sup>31</sup> Bayraktar, S. A meta-analysis of the effectiveness of computer-assisted instruction in science education. *Journal of Research on Technology in Education* (Dále jen *J Res Technol Educ*) 34, 2001, p. 173–188.

Je to ale právě možnost využití elektronické podoby průvodců experimentem, co z nám v rámci nových IT technologií, dává netušené možnosti posunout se dále ke skutečně badatelsky orientované, žákovsky individualizované výuce.

Současné programové prostředí dataloggerových měřicích systémů už dávno nemusejí sloužit k pouhému nastavení parametrů měření, vizualizaci naměřených hodnot a jejich následné analýze. Dříve chápaný „měřicí software“ se svým charakterem daleko více posouvá k významnější roli „interaktivního výukového prostředí“. „Interaktivnost“ spočívá zejm. v umožnění „komunikace“ mezi uživatelem SW a SW samotným. Prvky ovládací a analytické lze takto (při vhodném využití daných nástrojů) obohatit o prvky didaktické (vhodnost otázek učitele x správnost odpovědi žáka) a metodické (učitel zvolí cíle a postupy pokusu x žák je (ne)sleduje, (ne)naplňuje). Uživateli – žáku se zdá, jakoby hrál svého druhu počítačovou hru, jen s tím zásadním rozdílem, že: 1) tato hra není pouze teoretická (proces nekončí na úrovni software, ale je díky senzorům prostřednictvím rozhraní připojen na reálný, fyzický experiment, který se přímo před žákovými zraky odehrává), 2) je neustále pod kontrolou pedagoga (ať již virtuálně – neboť učitel je tvůrcem celé úlohy a je v ní tedy po celou dobu latentně přítomný, nebo i fyzicky, neboť v případě, že žák nedokáže experiment sám zrealizovat, nebo když se „zasekne“ v určitém jeho kroku, je mu vždy učitel k dispozici).

Žák řeší problém, je programem instruován a reaguje na jeho podněty. Prochází vlastní cestou poznávání. Zároveň však měří reálný experiment a je účasten učitelova metodického vedení (prochází teoretické pozadí řešené problematiky, uvědomuje si souvislosti atd.), následuje učitelových instrukcí, má však možnost nahlédnout i do jiných oblastí kognitivní mapy problému, je mu umožněno odbočit z trasy, kterou mu učitel instrukcemi vytýčil. Experiment podle nich sám sestaví, naměří data a následně je i vyhodnotí. Je však nutné a zásadní zajistit, aby v každém kroku měli žáci čas na percepci jim předloženého jevu či problému, aby měli možnost predikovat nadcházející události nebo naopak zaznamenaný fenomén zhodnotit, uvědomit si, vstřebat, aby si daný krok mohli vyzkoušet „i jinak“. Žáci musejí vědět, co od nich výzkumná úloha (potažmo konkrétní krok v pokusu, potažmo učitel) žádá a mít alespoň rámcovou představu o tom, jakou roli tento konkrétní požadavek v celém pokusu má. Musí vědět, co si má podle učitele rozmyslet, nad čím se pozastavit, po čem se tázat. Musí chápat, co od něho vlastně učitel žádá. Aby takovouto představu žáci získali, a aby jim mohl učitel takovýto koncept vzdělávacího procesu počas pokusu poskytnout, **využíváme v rámci experimentu strukturované taxonomie výukových cílů**.<sup>32</sup>

Vlastní cesta poznání s využitím badatelského přístupu je **cestou možností, pokusu a omylu**. Cílem badatelského experimentu, je navést žáka na cestu vlastního objevování přírodovědné zákonitosti. Výchozím bodem této cesty je vlastní žákova zkušenost s přírodovědnou realitou. Cesta by měla být objevná, tzn., že žák ji nemá dopředu jasně vyznačenou, nekoná pouze slepě příkazy uvedené „v manuálu“ (laboratorní protokol), ale má co možná nejvyšší podíl na tom, kterak se bude experiment vyvíjet. Neznamená to ovšem, že by žák měl být zanechán badatelské aktivitě zcela napospas. Naopak, právě nové typy interaktivních výukových software umožňují učiteli vytvořit efektivního (a efektního)

---

<sup>32</sup> V této práci se problematice taxonomie výukových cílů blíže nevěnujeme. Aplikaci badatelských aktivit např. na revidovanou Bloomovu taxonomii si však dokáže každý více – či méně představit. Zdůrazníme zde pouze ve zkratce důležitost získání metakognitivních a procedurálních znalostí na které je bádání hlavně zaměřeno, a které mají žáka naučit se. Více např.:

Hudecová, D. Revize Bloomovy taxonomie edukačních cílů [online]. Publ. 2003-10-3 [cit. 2013-31-3]. Dokument MS Word. Dostupný z WWW: <http://www.msmt.cz/Files/DOC/NHRevizeBloomovytaxonomieedukace.doc>.

průvodce zkoumaným problémem, přičemž míra samostatnosti žákovské komunikace s programem učitelé zajistí, že takováto výuka je vůbec ve třídě realizovatelná.

Žák v žádném případě nemůže bezduše sledovat sled jemu málo říkajících instrukcí vedoucích k výsledku, jehož důležitost je identifikována tím, že jej učitel požaduje dvakrát podtrhnout, a jehož „správnost“ opět učitel „kontroluje“. Právě míra hledání, možnost krátkodobého „omylu“ či mírného „tápání“ jsou v badatelském typu experimentu pedagogicky velice cennými (a oproti tradičně pojímané laboratorní práci novými) prvky. Vždy by mělo platit, že *„pokus má být zpravidla zjednodušeným opakováním děje ve skutečnosti již pozorovaného. Ať již na počátku nebo na konci anebo průběhem rozhovorů vyučovacích, vždycky jest vytknouti poměr pokusu ke skutečnosti. Pouze teoretických pokusů, pokud nejsou k porozumění některým zjevům nezbytně potřebny, škola nepotřebuje.“* [6, s. 25]

Reálný pokus žáky do problematiky skutečně zapojí. Tento způsob procházení tématem vede k daleko podnětějšímu způsobu nazírání na přírodní jev. V žácích je vzbuzována zvědavost, kterou sami chtějí ukojit. Forma prezentace je nutí představit si jev před samotným pozorováním a vkládat do úlohy své předpovědi a očekávání vývoje sledované veličiny. Pokud jsou tyto predikce mylné, srovnání s reálným pokusem je opraví a v dětské mysli zůstane daleko hlubší poznání, nežli by tomu bylo při pouhém poslouchání výkladu či čtení teorie<sup>33</sup>, neboť v hlavě žáka v tomto případě vzniká empirickou zkušeností zesílená nerovnováha (nesoulad očekávání a skutečnosti) vedoucí k silnému a efektivnímu zapamatování. Touto cestou žáci také daleko snadněji pochopí souvislosti různých fyzikálních konceptů.

Badatelské žákovské experimenty jistě nemají nahradit kvantitativní, každodenní učitelovu práci, nýbrž ji vhodně doplnit. Učitelé se však postupně musejí vzdát role hlavní autority ve vyučovacím procesu. Touto autoritou se stává fyzikální svět sám a učitelé dostávají důležitou roli průvodců v něm. V takovémto poznávacím prostředí se děti (jaksi mimoděk) učí jedno od druhého, uvykají vzájemné spolupráci i schopnostem komunikovat o dané přírodovědné problematice. Výsledek pokusu není v omezené roli FAKTU ve výkladu. Hlavní úlohu zde hraje cesta k samotnému výsledku. Zatímco v klasicky pojímaných „praktikách“ výsledek pokusu „potvrzuje naučené“, v takto koncipovaném, žákovském, badatelském pokusu samotný experiment „učí novému“.

---

<sup>33</sup> Viz např. Daleův kužel učení – máme tendenci si zapamatovat (z pasivní účasti) 10% toho, co čteme, 20% toho, co slyšíme, 30% toho, co vidíme, 50% toho, co zároveň slyšíme a vidíme, (z aktivní účasti) 70% toho, co říkáme a děláme. PASH, M. a kol.: *Od vzdělávacího programu k vyučovací hodině*. Praha: Portál. 1995.



## 4 Úskalí práce s moderními senzorovými stavebnicemi

### *Rozdíly mezi laboratorní prací a badatelským experimentem- shrnutí*

Ač se prvky formální struktury badatelského experimentu zdají být na první pohled podobné prvkům laboratorních prací (i badatelský experiment by měl obsahovat prvky teoretického úvodu, nastavení HW a SW, analýzu, syntézu, viz výše ...), hlavní rozdíly obou typů experimentů jsou ve 1) zcela rozdílném metodologickém přístupu k vlastnímu experimentování, vedoucího k zvýšenému 2) motivačním účinku na cílovou skupinu, pro kterou jsou badatelské experimenty určeny. 3) ve způsobu vlastní práce (pedagoga i dětí) a jejího ohodnocení (pedagogem i dětmi), 4) v zařazení experimentu do výuky, v jejím celkovém způsobu a stylu.

Na rozdíl od tradičně pojímaných laboratorních prací, badatelské experimenty nejsou založeny výhradně na principu induktivního nárůstu poznání a metodologické verifikace (a to i přesto, že jejich východiskem je každodenní empirická zkušenost), ale obsahují prvky bootstrapové metodologie. Svou formou nejsou lineární, jako tomu bývá v laboratorních pracích, ale umožňují žákovi „učit se z omylů“. Tento fakt (mezi jinými) vede k vyšší míře samostatnosti žáka a projevuje se patrným nárůstem žákovské motivace. *„Zvědavost jest vydatnou pomocnicí učitelovou... Nabýti celkového obsahu myšlenkového bude vždycky požadavkem vyučování. Pozorujíc nové, mládež vždycky v duchu po něčem se táže, a němé tyto otázky jsou nejlepšími oporami vyučování. Kdo těmito oporami pohrdá, nepoznal jejich ceny. Jen úplně zanedbané děti nemají se po čem tázati, protože nejeví pro nic zájmu, ničemu se nepodivují... Úkolem takové přípravy není ovšem popisování a výklady všeho, co jest viděti, nýbrž vzbuditi zájem a nepozorovaně obrátiti pozornost k tomu, o čem se bude později mluvití“* [6, s. 24]

Nový prvek motivace s sebou pojí ještě jeden důležitý rys. Zatímco model protokolární laboratorní práce je většinou koncipován pro žáky středních škol, vhodně zvolená forma experimentů badatelských může oslovit i žáky daleko mladší. Cílová skupina žáků, kteří se tímto stylem učí (a pracují v jim přístupné podobě) se tak značně rozšiřuje. Na rozdíl od laboratorních prací, které jsou dnes využívány téměř výhradně na středních školách, badatelské experimenty realizované s dataloggerovým systémem mohou sloužit již k výuce žáků druhých stupňů základních škol. Software dataloggerového systému bývá koncipován také se zvláštním zřetím na práci mladších uživatelů. Měřicí systém tak zpravidla obsahuje jakýsi klon svého analytického SW, jehož ovládání není zatíženo složitou orientací v technickém prostředí a neodvádí tak žákovi pozornost od samotného experimentu.<sup>34</sup> Tato jednodušší varianta programu sice neobsahuje nejsofistikovanější nástroje datové analýzy, ale pro základní nastavení měření a následné odečítání dat zde není nutné prakticky žádných specializovaných znalostí a dokonce ani učitelovo zaškolení žáků stran ovládání jednotlivých měřicích přístrojů. Všechny senzory (ze všech přírodovědných disciplín) vypadají téměř stejně, fyzicky se s nimi stejně manipuluje a také měří ve stejném prostředí a jimi naměřená data jsou reprezentována stejným způsobem. Zde je však zapotřebí upozornit na úskalí, ke kterým může takovýto typ experimentování dojít.

---

<sup>34</sup> Také hardware (rozhraní a senzory) jsou dnes konstruovány velmi rustikálně a „žákovzdorně“, tak, aby neodbornou manipulací technika neutrpěla. (konektory senzorů jsou asymetrické, takže je lze do rozhraní připojit pouze jedním – správným způsobem, napěťové a proudové senzory obsahují pojistky proti přetížení atd...).

## Black box problem

Výše uvedená skutečnost jednoduchosti ovládní senzorů výukovými programy i skutečnost fyzické podobnosti senzorů (senzor CO<sub>2</sub> vypadá téměř stejně jako senzor hluku, osvětlení či siloměr) je didakticky nebezpečná v tom smyslu, že děti začnou přírodovědná měření také chápat v podobě uzavřených „black box“ blocích. Nemožnost spatřit v senzoru jeho fyzikální podstatu a princip, na kterém funguje, je v tomto velice zrádná. Je proto vždy důležité, aby těchto měřicích senzorů bylo využíváno k monitoringu sledovaných veličin, k demonstracím jejich účinků. Od samotné aplikační fáze je však lepší takovéto „black box“ oddělit a aplikaci demonstrovat na obdobných demonstračních přístrojích (srovnat např. digitální wattmetr s klasickým wattmetrem s viditelnými proudovými a napěťovými cívkami, tlakoměr s klasickým tlakoměrem s torsní nádobkou, siloměr s pružinovým siloměrem atd. Jinak by mohlo hrozit nebezpečí, že děti nebudou schopny „nahlédnout za“ kompaktnost a uzavřenost digitálního systému a dobrý sluha by se stal zlým pánem.

Z výše uvedeného je tedy zřejmé, že nové dataloggerové systémy ne zcela vyhovují didaktickým požadavkům na demonstrační pokusy, neboť jejich **sondy a senzory se z hlediska uživatele jeví jako „černé skříňky“**. („Prosklené, klasické“ měřicí přístroje, které jsou k tomuto účelu uzpůsobeny, jsou samozřejmě stále v portfoliu mnohých společností prodávajících školní pomůcky, nehledě na to, že ve většině kabinetů českých škol stále výborně slouží i několik desítek let staré exponáty). Takovýto druh demonstračních experimentů však není ani cílem práce s platformou popisovanou v této práci.

Senzory dataloggerové stavebnice slouží k induktivnímu vystavení obecně platného přírodního zákona a žáci z nich nemohou deduktivně odvozovat jejich měřicí principy a jejich fyzikální podstatu. Měli by se jich naučit dobře využívat coby pracovních nástrojů. Tím, co vlastně senzor měří, a jak je tedy sledovanou veličinu vůbec možno identifikovat, je sice možné výuku rozšířit, avšak problém odvozených veličin by mohl být pro žáky spíše matoucím. Senzory neslouží pro deduktivní vysvětlení funkce sebe sama, jako je tomu v případě klasických, „prosklených“ demonstračních měřicích přístrojů. Slouží hlavně k reálně-časovému měření, digitalizaci, přenosu a vizualizaci informace o přírodovědných veličinách.<sup>35</sup>

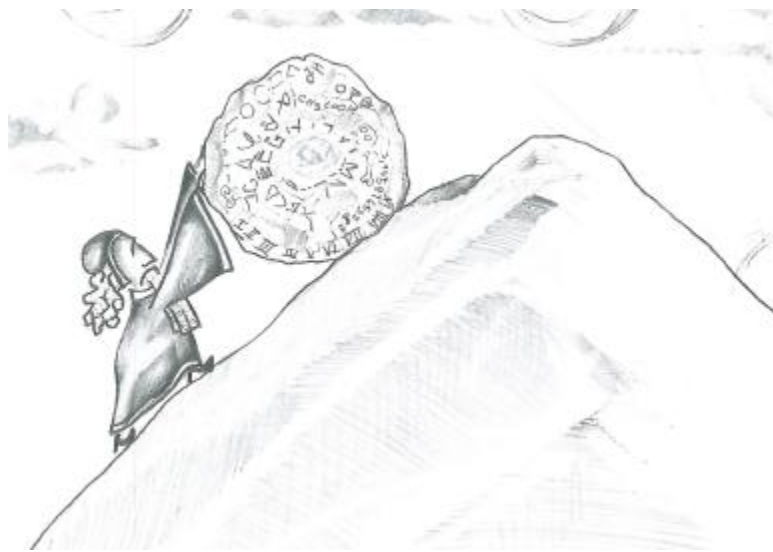
---

<sup>35</sup> Více např. v Beichner, R. J. The effect of simultaneous motion presentation and graph generation in a kinematics lab. *J Res Sci Teach* 27, 1990, p. 803–815.

Nicolaou, C., Nicolaidou, I., Zacharia, Z., Constantinou, C. Fourth graders ability to interpret graphical representations through the use of microcomputer-based labs implemented within an inquiry-based activity sequence. *Journal of Computers in Mathematics and Science Teaching (Dále jen J Comput Math Sci Teach)* 26, 2007, p. 75–99.

## 5 Příklady realizace experimentů se systémem PASCO

### 5.1 Demonstrační pokus: Statika – Působení gravitační síly na nakloněné rovině



Cíl: žáci by měli pochopit rozložení sil působících na těleso na nakloněné rovině. Během experimentu změří různé síly zátěže (tahová síla tělesa zavěšeného na nakloněné rovině) v závislosti na měnícím se úhlu nakloněné roviny). Cílem je zkonstruovat goniometrickou funkci sinus a zasadit ji do matematicko - fyzikálního popisu vykládané problematiky.

Kvantitativní experiment, čistě demonstrační: Cílem demonstrace vzorce  $F = m \cdot g \cdot \sin \alpha$

Vybavení: Dráha, voziček, závaží, senzor síly, rozhraní, PC se SW Capstone, dataprojektor.

The screenshot shows the PASCO Capstone software interface. The main window displays the title "Silozpyt na šikmé ploše" (Force measurement on an inclined plane). Below the title, there is a diagram of a block on an inclined plane with forces  $N$ ,  $F = m \cdot g \cdot \sin \alpha$ , and  $F_g = m \cdot g$  labeled. To the right, a vertical force diagram shows a block with forces  $F = m \cdot g$  and  $F_g = m \cdot g$ . The interface also shows a menu bar with options like "Uvod", "Sisyfos fyzik(áf)", "Rozklad sil", "Motivační fáze", "Možnosti výuky", "Pokus č.1 Statika", "Expoziční fáze", "Fixační fáze", "Nastavení", "Postup", and "Hodnoty". The taskbar at the bottom shows the Windows logo, Internet Explorer, Google Chrome, and other applications. The system tray shows the time as 18:32 on 7.4.2013.

**Silozpyt na šikmé ploše**

$W = F \cdot l = m \cdot g \cdot \sin \alpha \cdot l = m \cdot g \cdot h$        $W = F \cdot h = m \cdot g \cdot h$

$\sin \alpha = \frac{h}{l}$

V čem je Jan Amos Komenský podoben Sisyfovi?

Víte, jak závisí síla potřebná pro přesouvání tělesa na úhlu nakloněné roviny a hmotnosti tělesa?


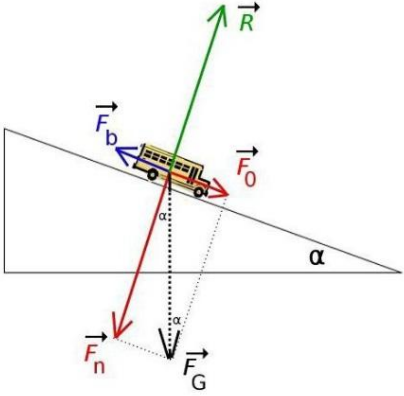
Experiment je rozvržen do pěti fází:

nakl\_rov\_stat\_V3.cap\* — PASCO Capstone

File Edit Workbook Display Help

Úvod Sisyfos fyzik(áf) Rozklad sil Motivační fáze Možnosti výuky Pokus č.1 Statika Expoziční fáze Fixační fáze Nastavení Postup Hodnoty

## 2) Demonstrace silového působení na těleso na nakloněné rovině





nakl\_rov\_stat\_V3.cap\* — PASCO Capstone

File Edit Workbook Display Help

Úvod Sisyfos fyzik(áf) Rozklad sil Motivační fáze **Možnosti výuky** Pokus č.1 Statika Expoziční fáze Fixační fáze Nastavení Postup Hodnoty

00:00:00.000



**1) Motivační fáze - úvodní příběh**  
 ukázka z filmu Dobří holubi se vracejí -  
 - s fyzikou učenou memorováním definic mají problém i dospělí (učitelé),  
 - učitelství je náročná profese s velkým pracovním rizikem...

"Jednou jsem suploval fyziku..."

"...znáte ten pocit, že teď se zblázníte?"

CS 18:34 7.4.2013

**Motivační fáze** – úvodní příběh (5 min). Pustit video ukázkou z filmu Dobří holubi se vracejí. – ukázat dětem, že s fyzikou učenou memorováním definic mají problém i dospělí (učitelé). „Jednou jsem fyziku suploval v osmičce, brali nakloněnou rovinu. Dodnes si pamatuju, že na nakloněné rovině se těleso udrží v klidu tolikrát menší silou, než je jeho tíha, kolikrát menší je výška nakloněné roviny, nežli její délka. Hm! Říká Vám to něco? Pořád tomu nerozumím... četl jsem tu definici snad dvacetkrát... Nic mi neříkala... Znáte ten pocit, že teď se zblázníte?“



nakl\_rov\_stat\_V3.cap\* — PASCO Capstone

File Edit Workbook Display Help

Úvod Sisyfos fyzik(áf) Rozklad sil Motivační fáze Možnosti výuky **Pokus č.1 Statika** Expoziční fáze Fixační fáze Nastavení Postup Hodnoty

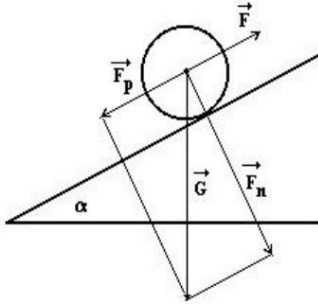
## Jak (se) to naučit?

**Varianta č.1:** "Těleso se udrží v klidu tolikrát menší silou, než je jeho tíha, kolikrát menší je výška nakloněné roviny, nežli její délka..."

**Varianta č.2:**

F<sub>p</sub> ... pohybová síla  
 F<sub>n</sub> ... normálová síla  
 G ... gravitační síla  
 F ... síla tahu

Protože zanedbáváme třecí sílu F<sub>t</sub>, platí  $F = F_p$   
 $F_p = G \sin \alpha = m g$  (výška/délka)



nakl\_rov\_stat\_V3.cap\* — PASCO Capstone

File Edit Workbook Display Help

Úvod Sisyfos fyzik(áf) Rozklad sil Motivační fáze Možnosti výuky **Pokus č.1 Statika** Expoziční fáze Fixační fáze Nastavení Postup Hodnoty

**Varianta č.3:**

## Statika - Měření silového působení na nakloněné rovině

**Cíl:** žáci by měli pochopit rozložení sil působících na těleso na nakloněné rovině. Během experimentu změří různé síly zátěže (tahová síla tělesa zavěšeného na nakloněné rovině) v závislosti na měnícím se úhlu nakloněné roviny).

Cílem je zkonstruovat goniometrickou funkci sinus a zasadit ji do matematicko - fyzikálního popisu vykládané problematiky.

Cílem je demonstrace vzorce  $F = mg \sin \alpha$ .

Kvantitativní experiment, čistě demonstrační.

Vybavení: Dráha, vozíček, závaží, senzor síly, rozhraní, PC, dataprojektor.

nakl\_rov\_stat\_V3.cap\* — PASCO Capstone

File Edit Workbook Display Help

Úvod Sisyfos fyzik(áf) Rozklad sil Motivační fáze Možnosti výuky **Pokus č.1 Statika** Expoziční fáze Fixační fáze Nastavení Postup Hodnoty

**Expoziční fáze** - (5 – 10 min) učitel žákům teoreticky odvodí vzájemné silové vztahy tělesa působící na nakloněnou rovinu (a nakloněné roviny působící na těleso).

Nástroji jsou mu povětšinou tradiční křída a tabule. Pomocí nich učitel sestrojí obrázek nakloněné roviny, vektorově vyznačí jednotlivé síly a z podobnosti trojúhelníků a navazujíc na žákovi nabyté základní znalosti z oblasti goniometrie: („...ale pane učiteli, to jsme v matematice ještě nebrali...“), odvodí ono zaklínadlo, že „Ef rovná se emgé sínus alfa“.

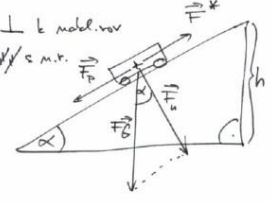
nakl\_rov\_stat\_V3.csp\* — PASCO Capstone

File Edit Workbook Display Help

Úvod Sisyfos fyzik(áf) Rozklad sil Motivační fáze Možnosti výuky Pokus č.1 Statika Expoziční fáze Fixační fáze Nastavení Postup Hodnoty

Rozklad sil na nakl. rovině

$\vec{F}_n$  ... normálová síla  $\perp$  k nakl. rov.  
 $\vec{F}_p$  ... pohybová síla  $\parallel$  s m.r.  
 $\vec{F}$  ... při zanedbání tření  $F = F_p$



$\sin \alpha = \frac{F_p}{F_g}$   
 $\sin \alpha = \frac{F_p}{m \cdot g} \rightarrow F_p = m g \sin \alpha$   
 $(F_n = m g \cos \alpha)$

„kolibrát mívá ji výška m.r. nežli její délka“  
 $\sin \alpha$

1

## 2) Expoziční fáze - teorie

učitel žákům teoreticky odvodí vzájemné silové vztahy tělesa působící na nakloněnou rovinu (a nakloněné roviny působící na těleso).

Nástroji jsou mu povětšinou tradiční křída a tabule. Pomocí nich učitel sestaví obrázek nakloněné roviny, vektorově vyznačí jednotlivé síly a z podobnosti trojúhelníků a navazujíc na žákovi nabyté základní znalosti z oblasti goniometrie: („...ale pane učiteli, to jsme v matematice ještě nebrali...“), odvodí ono zaklínadlo, že

„Ef rovná se emgé sínus alfa“... (Viz obr. vlevo)

nakl\_rov\_stat\_V3.csp\* — PASCO Capstone

File Edit Workbook Display Help

Úvod Sisyfos fyzik(áf) Rozklad sil Motivační fáze Možnosti výuky Pokus č.1 Statika Expoziční fáze Fixační fáze Nastavení Postup Hodnoty

**3) Fixační fáze - experiment**  
 realizujeme experiment s následujícím induktivním způsobem vystavení dalšího poznání.

**Vybavení:**

siloměr PS-2104

senzor rotace PS-2120

dráha PAStack ME-6955

**PASport™**

**merkur**

8 dílů nejlepší stavebnice na světě

dvojháček na štky s lankem




**Ve fixační fázi** (10 min) realizujeme experiment s následujícím induktivním způsobem vystavení dalšího poznání. Postup provedení pokusu: sestavte lavici dle obrázku, na jeden konec dráhy připevněte senzory síly (pro měření síly tahu) a senzor rotace (pro měření úhlu naklonění dráhy), na siloměr uvažte vozíček, na senzor rotace připevněte kyvadlo – závaží a zajistěte, aby mohlo vždy mířit svisle k zemi, nastavte vzorkovací frekvenci na 5 Hz.



nakl\_rov\_stat\_V3.csp\* — PASCO Capstone

File Edit Workbook Display Help

Uvod Sisyfos fyzik(áf) Rozklad sil Motivační fáze Možnosti výuky Pokus č.1 Statika Expoziční fáze Fixační fáze Nastavení Postup Hodnoty

### Sestavení a nastavení

nakl\_rov\_stat\_V3.csp\* — PASCO Capstone

File Edit Workbook Display Help

Postup Hodnoty Hodnocení grafu Graf Graf 2m Proložení sinus Kontrolní fáze Rozumím! Aplikační fáze AF Praxe AF Chemie AF Vědecko

### Postup experimentu

- 1) Sestavte lavici dle obrázku.
- 2) Na jeden konec připevněte senzory.
- 3) Na siloměr uvažte vozíček.
- 4) Na senzor rotace připevněte kyvadlo.
- 5) Nastavte vzorkovací frekvenci na 5 Hz.
- 6) Zvyšujte úhel nakloněné roviny, sledujte, jak se mění síla, kterou působí vozíček na siloměr.
- 7) Změňte závaží na vozíčku.
- 8) Změřte zatížení při stejném úhlu pro různá závaží na vozíčku.
- 9) **Nezraňte se.**

**Dodržujte bezpečnost práce!**

nakl\_rov\_stat\_V3.csp\* — PASCO Capstone

File Edit Workbook Display Help

CS 18:40 7.4.2013

Zvyšujte úhel nakloněné roviny, sledujte, jak se mění síla, kterou působí vozíček na siloměr, pokud se vám podaří dráhu zvedat natolik pomalu, že Vám kyvadélko úhlooměru divoce nerozkmitá a nerozptýlí tak data nad únosnou mez, dostanete grafickou závislost tahové síly na úhlu nakloněné roviny.

Učitel před žáky funkci sinus fyzicky zkonstruuje.

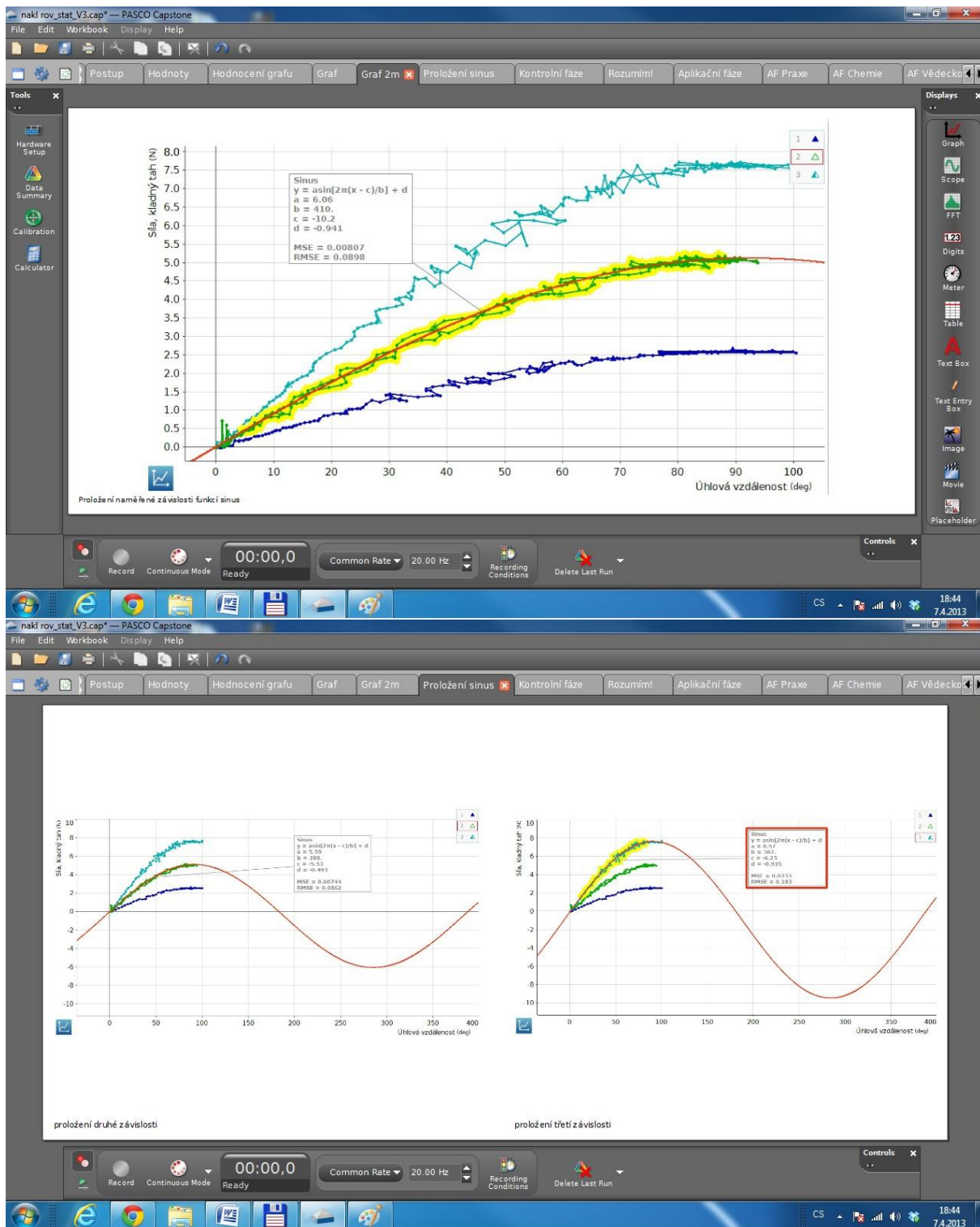
Žáci z grafu a čísel dobře sami vidí, že čím výše se s nakloněnou rovinou dostanou (odvěsna roste, přepona zůstává táž), tím větší silou vozíček působí.

Funkce sinus tak v tomto případě dostává skutečně „hmatatelný“ rozměr a podstatu.

Žáci si uvědomí, že pomocí několika jednoduchých fyzikálních „hejblátek“ si mohou sami zkonstruovat goniometrickou funkci, zobrazená tahová síla v závislosti na úhlu naklonění roviny tuto goniometrickou funkci krásně vykresluje!

Po grafu opět přichází čas křídy a tabule, čas pro návrat k pravoúhlému trojúhelníku a odvozovacím vztahům (kontrolní fáze).

V programu se vykreslí čtvrt perioda goniometrické funkce sinus. Program Capstone umožňuje určení všech parametrů goniometrické funkce, vč. jejich zasazení do matematického předpisu funkce. Učitel před žáky funkci sinus fyzicky zkonstruoval.



Žáci z grafu a čísel dobře sami vidí, že čím výše se s nakloněnou rovinou dostanou (odvěsna roste, přepona zůstává táž), tím větší silou vozíček působí. Funkce sinus tak v tomto případě dostává skutečně „hmatatelný“ rozměr a podstatu. Žáci si uvědomí, že pomocí několika jednoduchých fyzikálních „hejblátek“ si mohou sami zkonstruovat goniometrickou funkci, zobrazená tahová síla v závislosti na úhlu naklonění roviny tuto goniometrickou funkci krásně vykresluje!



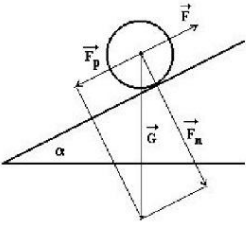
nakl\_rov\_stat\_V3.csp\* — PASCO Capstone

File Edit Workbook Display Help

Postup Hodnoty Hodnocení grafu Graf Graf 2m Proložení sinus Kontrolní fáze Rozumím! Aplikační fáze AF Praxe AF Chemie AF Vědeckost

### Teorie ještě jednou... ...ve světle pokusu

"Těleso se udrží v klidu tolikrát menší silou, než je jeho tíha, kolikrát menší je výška nakloněné roviny, nežli její délka..."



Fp ... pohybová síla  
Fn ... normálová síla  
G ... gravitační síla  
F ... síla tahu

Protože zanedbáváme třecí sílu Ft, platí  $F = F_p$   
 $F_p = G \sin \alpha = m g$  (výška/délka)

#### 4) Kontrolní fáze - co jsme změřili?

- zde si ověříme, zda žáci v naměřené závislosti „vidí“ sinusovku, se kterou pracují při odvození silové rovnováhy.

Teoretický rámec se zasnoubí s čerstvě nabytým fyzikálním (a fyzickým) poznatkem, a v lepším případě spolu zplodí poznání, jež se uhnízdí v mysli dětí. Možná ne natrvalo, ale jistě déle, nežli výsledky dvou předchozích uvedených metod!

Úskalí: Modifikace - uvedená konfigurace pokusu dovoluje proměřit pouze čtvrt periody očekávané funkce sinus. V případě, že bychom místo lanka a vozíčku na dráze použili nějaký pevný závěs (tyčku) a těleso umístěné např. v dutém hranolu, mohli bychom proměřit celých 360 stupňů. Otázkou však zůstává, nakolik by byl experiment touto další přidanou technikou ovlivněn. (Hmotnost závěsu, tření mezi dráhou a tělesem - vozíček s kolečkama na obou stranách? apod.) Co se týče vlivu hmotnosti tělesa na amplitudu funkce sinus, modifikace dosáhneme celkem snadno - přidáním závažíčka a dalším proměřením síly napříč všemi úhly v rozmezí 0 - 90°).


nakl\_rov\_stat\_V3.csp\* — PASCO Capstone

File Edit Workbook Display Help

noty Hodnocení grafu Graf Graf 2m Proložení sinus Kontrolní fáze Rozumím! Aplikační fáze AF Praxe AF Chemie AF Vědeckost Závěr

00:00:05.022

Movie Display



CS 18:45 7.4.2013

CS 18:46 7.4.2013

Nyní opět přichází čas křídly a tabule, čas pro návrat k pravoúhlému trojúhelníku a odvozovacím vztahům. V **kontrolní fázi** (5 min) si ověříme, zda žáci v naměřené závislosti „vidí“ sinusovku, se kterou pracují při odvození silové rovnováhy. Teoretický rámec se zasnoubí s čerstvě nabytým fyzikálním (a fyzickým) poznatkem, a v lepším případě spolu zplodí poznání, jež se uhnízdí v mysli dětí. Možná ne natrvalo, ale jistě déle, nežli výsledky dvou předchozích uvedených metod!

nakl\_rov\_stat\_V3.cap\* — PASCO Capstone

File Edit Workbook Display Help

inoty Hodnocení grafu Graf Graf 2m Proložení sinus Kontrolní fáze Rozumím! Aplikační fáze AF Praxe AF Chemie AF Vědeckost Závěr

Tools Hardware Setup Data Summary Calibration Calculator

5) **Aplikační fáze - diskuze výsledku,**  
 Co vidíme ze sinusové závislosti?  
 (Nejdříve „téměř lineární“ závislost, ale kolem 90 stupňů náhle změna...)  
 Co od praxe odlišuje náš experiment?  
 (Vliv tření apod.)

Record Continuous Mode Ready 00:00,0 Common Rate 20.00 Hz Recording Conditions Delete Last Run

nakl\_rov\_stat\_V3.cap\* — PASCO Capstone

File Edit Workbook Display Help

inoty Hodnocení grafu Graf Graf 2m Proložení sinus Kontrolní fáze Rozumím! Aplikační fáze AF Praxe AF Chemie AF Vědeckost Závěr

**Aplikační fáze - spojení s praxí,**

Kde se s tímto fenoménem můžeme setkat v reálném životě?

Sem vepište vaše odpovědi:

Jak vznikly pyramid?


### Aplikační fáze - Diskuze (15 min),

Co vidíme ze sinusové závislosti? (Nejdříve „téměř lineární“ závislost, ale kolem 90 stupňů náhle změna...) Co od praxe odlišuje náš experiment (vliv tření apod.)? Kde se s tímto fenoménem můžeme setkat v reálné praxi? Jak nakloněnou rovinu používali naši předci např. ve stavitelství? Obrázek přesouvání břemena při stavbě pyramid.

naki\_rov\_stat\_V3.cap\* — PASCO Capstone

File Edit Workbook Display Help

noty Hodnocení grafu Graf Graf 2m Proložení sinus Kontrolní fáze Rozumím! Aplikační fáze AF Praxe AF Chemie AF Vědeckost Závěr



**Aplikační fáze - mezipředmětová vazba,**

Mezipředmětová vazba s chemií - teorie stavby egyptských pyramid z aglomerovaného kamene:

Chemický vzorec 1:  
 $\text{Si}_2\text{O}_5, \text{Al}_2(\text{OH})_4 + 2\text{NaOH} \rightarrow \text{Na}_2\text{O} \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ ,  
 Kaolinit + soda  $\rightarrow$  Hydrosodalit,

Chemický vzorec 2:  
 $\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{Ca}(\text{OH})_2 \rightarrow 2\text{NaOH} + \text{CaCO}_3$ ,  
 Uhličitan sodný (egyptský natron) + hašené vápno  $\rightarrow$  soda + vápenec,

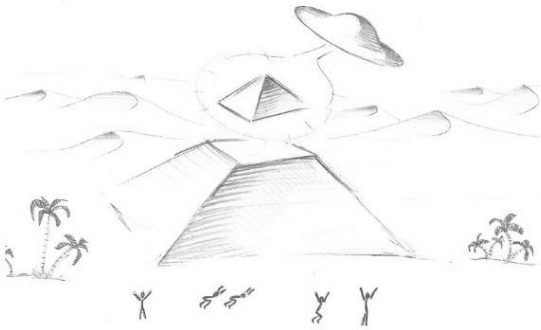
Shrnutí chemického vzorce pojiva reaglomerovaného kamene:  
 Jíl + natron + vápno  $\rightarrow$  fooid + vápenec (tedy přírodní kámen)

Jak vznikly pyramidy?

naki\_rov\_stat\_V3.cap\* — PASCO Capstone

File Edit Workbook Display Help

noty Hodnocení grafu Graf Graf 2m Proložení sinus Kontrolní fáze Rozumím! Aplikační fáze AF Praxe AF Chemie AF Vědeckost Závěr



**Aplikační fáze - vědecká hypotéza,**

Mezipředmětová vazba člověk a jeho svět:

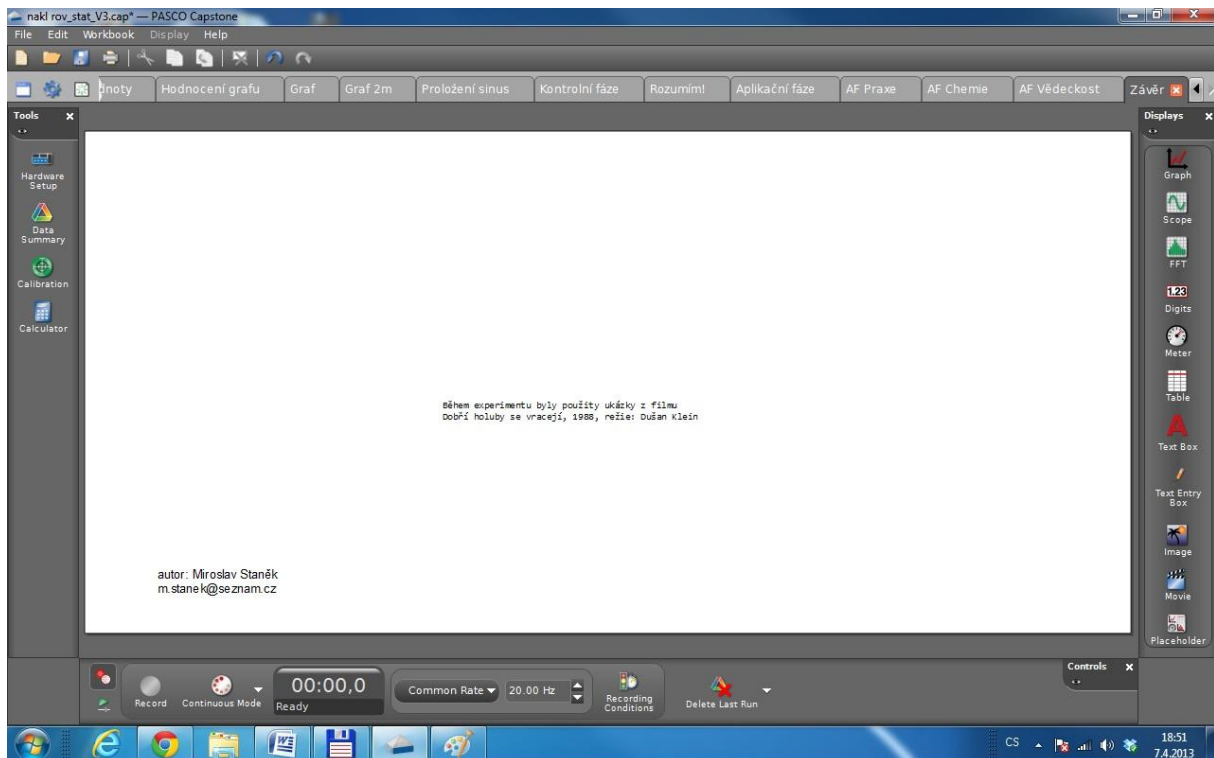
- Co je vědecká hypotéza?
- Znáte ještě nějaké další hypotézy o vzniku pyramid?

Sem vepište svoji odpověď:

Jak vznikly pyramidy?

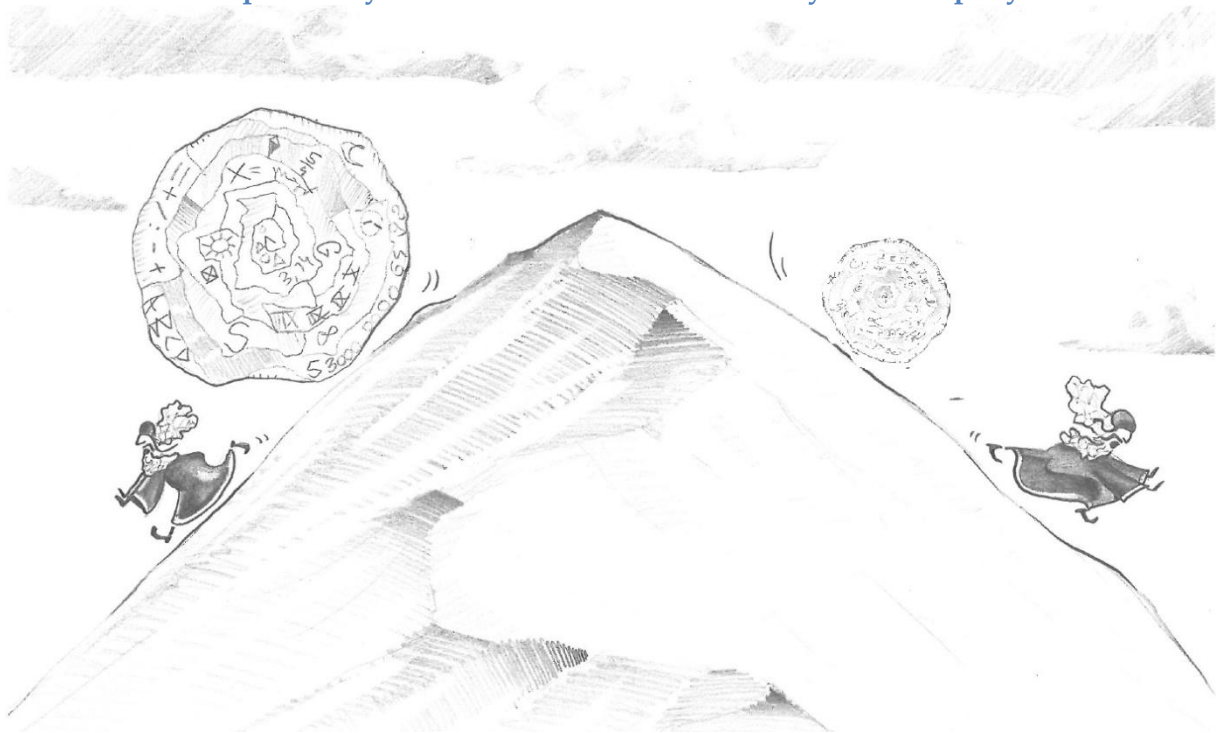
**Mezipředmětová vazba s chemií** v aplikační fázi – teorie stavby egyptských pyramid z aglomerovaného kamene: Chemický vzorec 1:  $\text{Si}_2\text{O}_5, \text{Al}_2(\text{OH})_4 + 2\text{NaOH} \rightarrow \text{Na}_2\text{O} \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ , Kaolinit + soda  $\rightarrow$  Hydrosodalit, Chemický vzorec 2:  $\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{Ca}(\text{OH})_2 \rightarrow 2\text{NaOH} + \text{CaCO}_3$ , Uhličitan sodný (egyptský natron) + hašené vápno  $\rightarrow$  soda + vápenec, Shrnutí chemického vzorce pojiva reaglomerovaného kamene: Jíl + natron + vápno  $\rightarrow$  fooid + vápenec (tedy přírodní kámen).





Úskalí tohoto demonstračního experimentu: výše uvedená konfigurace pokusu dovoluje proměřit pouze čtvrt periody očekávané funkce sinus. Na tomto místě je třeba přiznat, že i zde je zapotřebí žákovy dobré vůle k tomu, aby uvěřil, že se jedná skutečně o sinus (a nikoli např. o „nahore ohnutou přímku“). Teoreticky nic nebrání konstrukci celé periody dané funkce. V případě, že bychom místo lanka a vozíčku na dráze použili nějaký pevný závěs (tyčku) a těleso umístěné např. v dutém hranolu, mohli bychom proměřit celých 360 stupňů. Otázkou však zůstává, nakolik by byl experiment touto další přidanou technikou ovlivněn. (Hmotnost závěsu, tření mezi dráhou a tělesem – vozíček s kolečkama na obou stranách? apod.) Co se týče vlivu hmotnosti tělesa na amplitudu funkce sinus, modifikace dosáhneme celkem snadno – přidáním závažíčka a dalším proměřením síly napříč všemi úhly v rozmezí 0 – 90°).

## 5.2 Demonstrační pokus: Dynamika - Měření rovnoměrně zrychleného pohybu



Cíl: žáci by měli pochopit, že rychlost pohybujícího se předmětu nezávisí na jeho hmotnosti.

Kvantitativní experiment, čistě demonstrační: Cílem demonstrace vzorce  $s=1/2 a t^2$

Vybavení: Dráha, vozíček, závaží, senzor pohybu, PC, dataprojektor

Natočit pohyb vozíčku + grafy pro obě rychlosti

naki\_rov\_dyn\_V3.cap\* — PASCO Capstone

File Edit Workbook Display Help

Sisyfos Dynamika Pokus Dynamika Motivační fáze v1 Motivační fáze v2 Expoziční fáze Graf s v a graf s v Fixační fáze Hodnocení grafu Kontrolní fáze

### Dynamika - Měření rovnoměrně zrychleného pohybu

Cíl: žáci by měli pochopit, že rychlost pohybujícího se předmětu nezávisí na jeho hmotnosti.

Kvantitativní experiment, čistě demonstrační: Cílem demonstrace vzorce  $s=1/2 a t^2$

Vybavení: Dráha, vozíček, závaží, senzor pohybu, PC, dataprojektor

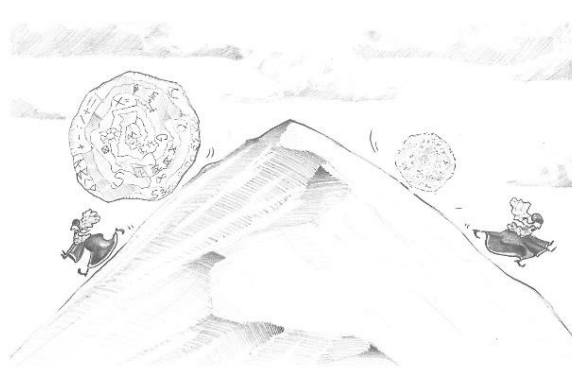
Sledovat pohyb vozíčku + grafy pro obě hmotnosti

CS 19:26 7.4.2013

nakl\_rov\_dyn\_V3.cap\* — PASCO Capstone

File Edit Workbook Display Help

Sisyfos Dynamika Pokus Dynamika Motivační fáze v1 Motivační fáze v2 Expoziční fáze Graf s v a graf s v Fixační fáze Hodnocení grafu Kontrolní fáze



**1) Motivační fáze - úvodní příběh**  
Vyvolat diskuzi o očekávaných výsledcích.

Varianta 1.:

Jan Ámos Sisyfos vytáhne na kopec kámen a ten se mu vždy skutálí. Jak rychle se kutálejí kameny s různými hmotnostmi?

Musí Jan Ámos utíkat rychleji před těžkým kamenem, nebo před lehčím?

Trvá delší dobu, než se skutálí dvojnásobně těžší, nebo dvojnásobně lehčí kámen?

Který z kamenů rozmáčkne Jana Amose Sisyfa dříve?

nakl\_rov\_dyn\_V3.cap\* — PASCO Capstone

File Edit Workbook Display Help

Sisyfos Dynamika Pokus Dynamika Motivační fáze v1 Motivační fáze v2 Expoziční fáze Graf s v a graf s v Fixační fáze Hodnocení grafu Kontrolní fáze



Varianta 2:

Na kopci jsou vedle sebe zaparkována dvě nákladní auta.

Plně naložené osobní o hmotnosti 1,5 tuny a dvakrát těžší dodávka o hmotnosti 3 tuny.

V noci se naráz oběma autům uvolní brzdy a rozjedou se.

**1) Motivační fáze - úvodní příběh**  
Vyvolat diskuzi o očekávaných výsledcích.  
Jaké auto bude na úpatí kopce dříve?  
Jaké auto bude mít na úpatí kopce vyšší rychlost?  
**V jakém poměru budou rychlosti obou aut, jestliže jejich hmotnosti jsou v poměru 1:2?**

impactphotos.com/Preview/PreviewPage.aspx?id=1253562&pricing=true&licenseType=RM

www.shutterstock.com

**Motivační fáze (10 min)** – úvodní příběh. Varianta 1: Sisyfos vytáhne na kopec kámen a ten se mu vždy skutálí. Jak je tomu v případě kamenů s různými hmotnostmi? Musí Sisyfos utíkat rychleji před těžkým kamenem, nebo před lehčím? Trvá delší dobu, než se skutálí dvojnásobně těžší, nebo dvojnásobně lehčí kámen? Varianta 2: Na kopci jsou vedle sebe zaparkována dvě nákladní auta. Plně naložené osobní o hmotnosti 1,5 tuny a dvakrát těžší dodávka o hmotnosti 3 tuny. V noci se naráz oběma autům uvolní brzdy a rozjedou se.



nakl\_rov\_dyn\_V3.cap\* — PASCO Capstone

File Edit Workbook Display Help

Sisyfos Dynamika Pokus Dynamika Motivační fáze v1 Motivační fáze v2 Expoziční fáze Graf s v a graf s v Fixační fáze Hodnocení grafu Kontrolní fáze

## 2) Expoziční fáze - experiment

realizujeme experiment s následujícím induktivním způsobem vystavění dalšího poznání.

Naměříme pohyb jednoho vozíku (bez přidaného závaží, hmotnost přesně 250 g). Rozebereme průběhy dráhy  $s$ , rychlosti  $v$ , zrychlení  $a$ .




Proč se pohyb jmenuje rovnoměrně zrychlený?

Naměříme pohyb druhého vozíku (s přidaným závažím, o hmotnosti 250 g). Rozebereme průběhy dráhy  $s$ , rychlosti  $v$ , zrychlení  $a$ . Jsou výsledky v souladu s očekáváním žáků? Hlavním poznatkem nemá být vzorec, ale skutečnost, že „těžké a lehké předměty jsou v gravitačním poli urychlovány stejně“.

rozhraní SPARKink PS-2009

**Vybavení:**

senzor pohybu PS-2103A

dráha PAstrack ME-6955

nakl\_rov\_dyn\_V2.cap\* — PASCO Capstone

File Edit Workbook Display Help

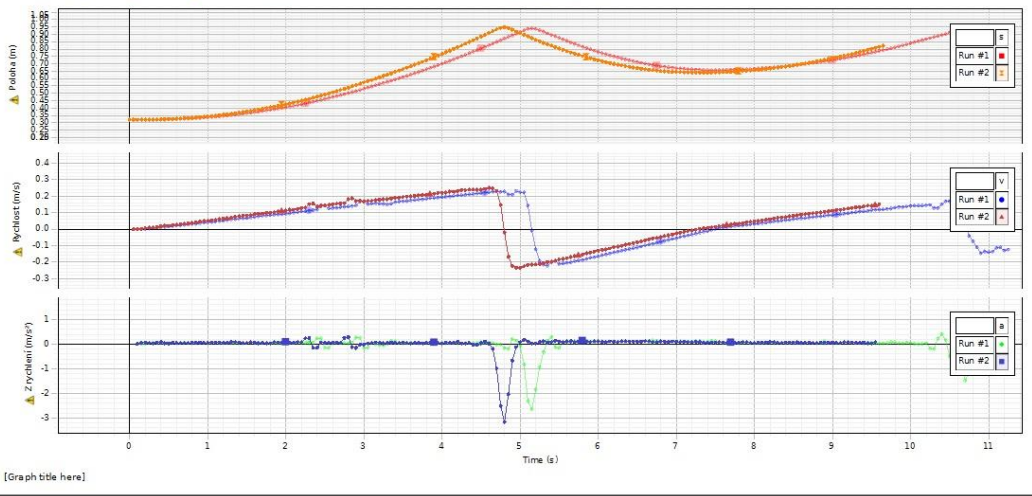
Sisyfos Dynamika Pokus Dynamika Motivační fáze v1 Motivační fáze v2 Expoziční fáze Graf s v a graf s v Fixační fáze Hodnocení grafu Kontrolní fáze

Tools

Hardware Setup Data Summary Calibration Calculator Curve Fit Editor

Displays

Graph Scope FFT Digits Meter Table Text Box Text Entry Box Image Movie Placeholder



[Graph title here]

Record Continuous Mode Ready 00:00,0 Motion Sensor 20.00 Hz Recording Conditions Delete Last Run

CS 19:30 7.4.2013

**Expoziční fáze - pokus (10 min)** Naměříme pohyb jednoho vozíku (bez přidaného závaží, hmotnost přesně 250 g). Sestavte lavici dle obrázku. Na jeden konec dráhy připevníte senzor pohybu. Na dráhu umístíte vozíček. Nastavte vzorkovací frekvenci na 20 Hz. Vypusťte vozíček a sledujte jeho pohyb. Pokud se vám podaří nastavit pohybující se vozíček do osy ultrazvukového paprsku senzoru pohybu, naměříte grafickou závislost dráhy, rychlosti a zrychlení vozíčku na čase.

nakl\_rov\_dyn\_V2.cap\* — PASCO Capstone

Sisyfos Dynamika Pokus Dynamika Motivační fáze v1 Motivační fáze v2 Expoziční fáze Graf s v a graf s v Fixační fáze Hodnocení grafu Kontrolní fáze

Rovnoměrně zrychlený pohyb

$\vec{v} = \vec{a} \cdot t$   
 $s = \frac{1}{2} a t^2$

$F_p = m \cdot a$

$m_2 = 2m_1$

$m$  velikost rychlosti předmětu  
 „lehčí“ i „těžší“ předmět padají  
 stejně rychle!  
 (! Mají však rozdílné kin. energii!)  
 $E_p = (m)g \cdot h$   
 $E_k = \frac{1}{2} (m) \cdot v^2$

3) **Fixační fáze - teorie**  
 Pracujeme s teoretickými informacemi -  
 konečně napíšeme vzorec pro dráhu  $s$ ,  
 rychlost  $v$ , zrychlení  $a$ .

[Graph title here]

1

---

nakl\_rov\_dyn\_V2.cap\* — PASCO Capstone

Sisyfos Dynamika Pokus Dynamika Motivační fáze v1 Motivační fáze v2 Expoziční fáze Graf s v a graf s v Fixační fáze Hodnocení grafu Kontrolní fáze

Vrátíme se k experimentům tím, že proložíme graf  $s$  parabolou a grafy  $a$ ,  $v$  přímkou.  
 (Pro zajímavost - lze rozebrat i základní vlastnosti dif. počtu - ukázat, že směrnice tečny ke grafu  $s$  je funkční hodnotou  $v$  ve stejném čase t...  
 Totéž platí pro vzájemný vztah  $v$  a  $a$ , popř. lze využít i integrace (plocha pod  $v$  je funkční hodnotou  $s$  apod...), je však nutné zohlednit úroveň znalostí žáků.)

[Graph title here]

00:00,0  
 Motion Sensor 20.00 Hz  
 Recording Conditions  
 Delete Last Run

19:33 7.4.2013

**Ve fixační fázi (15 min) pracujeme s teoretickými informacemi – konečně napíšeme vzorec pro dráhu  $s$ , rychlost  $v$ , zrychlení  $a$ .**

Vrátíme se k experimentům tím, že proložíme graf  $s$  parabolou a grafy  $a$ ,  $v$  přímkou. (Pro zajímavost - lze rozebrat i základní vlastnosti diferenciálního počtu - ukázat např., že směrnice tečny ke grafu dráhy je funkční hodnotou rychlosti ve stejném čase. Totéž platí pro vzájemný vztah rychlosti a zrychlení, popř. lze využít i integrace (plocha pod grafem rychlosti je funkční hodnotou grafu apod...), je však nutné zohlednit úroveň znalostí žáků.)

nakl\_rov\_dyn\_V2.cap\* — PASCO Capstone

File Edit Workbook Display Help

otvácí fáze v2 Expoziční fáze Graf s v a graf s v Fixační fáze Hodnocení grafu Kontrolní fáze Aplikační fáze AF Praxe AF Vědeckost Závěr

### Teorie ještě jednou... ...ve světle pokusu

0 s 1 s 2 s 3 s

0 m 1 m 4 m 9 m

a ... zrychlení  
v ... rychlost  
s ... dráha

U rovnoměrně zrychleného pohybu nezávisí  $v$  na  $m$ .

#### 4) Kontrolní fáze - Příklad

Jak dlouho bude trvat pád 1 kg kamene z výšky 56 m? Jak snadno změříme výšku mostu nad řekou, po kterém jdeme?

Úskalí: Modifikace – proč naměřené rychlosti nejsou úplně stejné? V čem může spočívat chyba měření?

Sem vepište svoji odpověď:

---

nakl\_rov\_dyn\_V2.cap\* — PASCO Capstone

File Edit Workbook Display Help

otvácí fáze v2 Expoziční fáze Graf s v a graf s v Fixační fáze Hodnocení grafu Kontrolní fáze Aplikační fáze AF Praxe AF Vědeckost Závěr

Velocity (m/s)

Time (s)

Run #1  
Run #2

#### 5) Aplikační fáze - diskuze výsledku,

Závěry – slovní zhodnocení jaké v ozidlo bylo dole rychlejší, diskuze, jak závisí rovnoměrně zrychlený pohyb na hmotnosti.

Co od praxe odlišuje náš experiment (vliv tření apod.)

Sem vepište svoji odpověď:

---

Record Continuous Mode Ready 00:00,0 Motion Sensor 20.00 Hz Recording Conditions Delete Last Run Controls

CS 19:35 7.4.2013

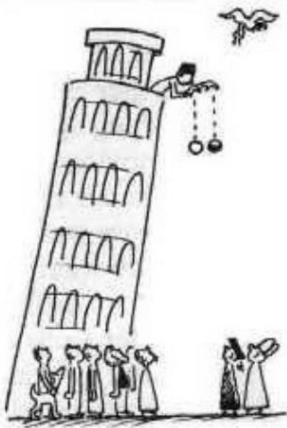
**Kontrolní fáze (5 min) – Příklad –** Jak dlouho bude trvat pád 1 kg kamene z výšky 56 m? Jak snadno změříme výšku mostu nad řekou, po kterém jdeme? Pustit píseň BridgeBand: „...Dráha sliny do hlubiny, to je půl gé-té na druhou...“ Rozebereme průběhy dráhy  $s$ , rychlosti  $v$ , zrychlení  $a$ . **Proč se pohyb jmenuje rovnoměrně zrychlený?** Naměříme pohyb druhého vozíku ( $s$  přidáním závaží, o hmotnosti 250 g). Rozebereme průběhy dráhy  $s$ , rychlosti  $v$ , zrychlení  $a$ . Jsou výsledky v souladu s očekáváním žáků? Hlavním poznatkem nemá být vzorec, ale skutečnost, že „těžké a lehké předměty jsou v gravitačním poli urychlovány stejně“.



nakl\_rov\_dyn\_V2.csp\* — PASCO Capstone

File Edit Workbook Display Help

Optivační fáze v2 Expoziční fáze Graf s v a graf s v Fixační fáze Hodnocení grafu Kontrolní fáze Aplikační fáze AF Praxe AF Vědeckost Závěr



Který z kamenů bude dole dříve?

### Aplikační fáze - spojení s praxí,

Historický exkurz: Jak dlouho padaly kameny Galilea Galileie, které vrhal z šikmé věže v Pise, když věž má výšku 56 m?

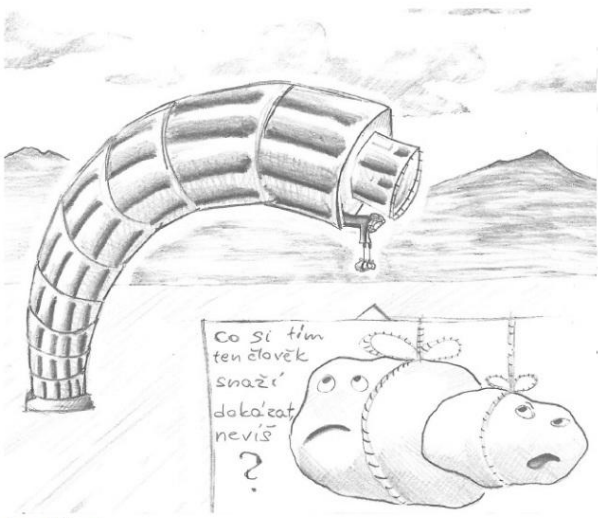
Dokážete navrhnout další způsoby, jak demonstrovat dnes zjištěný poznatek?

V jakém poměru musejí být průměry dvou kamenných dělových koulí, aby hmotnost jedné byla přesně dvojnásobkem hmotnosti druhé? (Oba kameny jsou stejného složení - tj. mají stejnou hustotu.)

nakl\_rov\_dyn\_V2.csp\* — PASCO Capstone

File Edit Workbook Display Help

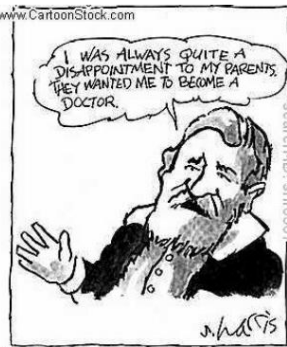
Optivační fáze v2 Expoziční fáze Graf s v a graf s v Fixační fáze Hodnocení grafu Kontrolní fáze Aplikační fáze AF Praxe AF Vědeckost Závěr



Co si tím ten člověk snaží dokázat nevíš?

### Aplikační fáze - vědecká metoda,

Dnes dobu pádu měříme v sekundách, jak čas měřil Galileo?



S. Harris, www.cartoonstock.com

**Aplikační fáze - Diskuze (5 min), Závěry** – slovní zhodnocení jaké vozidlo bylo dole rychlejší, diskuze, jak závisí rovnoměrně zrychlený pohyb na hmotnosti. Co od praxe odlišuje náš experiment (vliv tření apod.)? Kde se s tímto fenoménem můžeme setkat v reálné praxi? Historický exkurz: Jak dlouho padaly kameny Galilea Galileie, které vrhal z šikmé věže v Pise, když věž má výšku 56 m? Dnes nám tato úloha vychází v sekundách, ale jak to zjišťoval Galileo? Dokážete navrhnout další způsoby, jak demonstrovat dnes zjištěný poznatek?

### 5.3 Žákovská badatelská úloha, Faradayův indukční zákon

Cíl: žáci by měli sami odvodit a vyzkoumat zákonitosti vyplývající ze vzorce pro indukované napětí - přímo úměrné počtu závitů v cívce a změně indukčního toku.

Kvantitativní experiment, badatelsky orientovaný. Demonstrace vzorce  $\varepsilon = -N(\Delta\Phi/\Delta t)$ .

Vybavení: Cívky o různých počtech závitů, tyčový magnet, rozhraní, voltmetr, PC či tablet se SW SPARKvue.


Sledovat pohyb magnetu + zobrazit grafy pro různé rychlosti a cívky.

The image shows a screenshot of the SPARKvue software interface. The top part of the screen displays a slide titled "Elektromagnetismus" with a 3D visualization of a solenoid and its magnetic field lines. Below this, a control bar shows a timer at 00:00:00.0 and a sampling rate of 20 Hz. The bottom part of the screen shows another slide titled "Vybavení" (Equipment) with images of the SPARKvue HD interface box, a blue AirLink wireless adapter, a USB cable, a tablet, and a smartphone. The software interface includes a top navigation bar with "6:Strana", a central video player area, a bottom navigation bar with "5:Strana", and a Windows taskbar at the bottom showing the time as 15:14 on 9.4.2013.

SPARKvue

7:Strana

## Další potřebné vybavení



00:00:00.0 Vzorkování: 20 Hz

15:16 9.4.2013


8:Strana

### Elektromagnetická indukce

#### Historický exkurz

Michael Faraday (1791 - 1867) objevil závislost mezi změnou magnetického toku  $\Phi$ , a napětím  $\varepsilon$ , které je indukováno na konci el. vodiče tvořícího cívku o  $N$  závitů:

$$\varepsilon = -N \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$$



Umístíme-li vodivý obvod (např. rovinný závit) do proměnného magnetického pole  $\Phi$ , pak v obvodu vzniká indukované elektrické pole a na konci obvodu (na koncích závitu) je indukované elektromotorické napětí  $\varepsilon$ . Změna magnetického pole je vyvolána buď změnou mg. indukce nebo změnou obsahu plochy, kterou mg. indukční tok prochází nebo otočením této plochy. Vzhledem k sestavení našeho experimentu budeme předpokládat, že se mění pouze mg. indukce.

00:00:00.0 Vzorkování: 20 Hz

15:17 9.4.2013

Úloha se zabývá výzkumem elektromagnetické indukce. K její realizaci bylo zapotřebí novodurové trubičky, sady cívek, tyčového magnetu a senzoru se schopností měřit el. napětí. (voltmetrů nabízí souprava celou řadu, v této úloze bylo použito voltmetru integrovaného na senzoru PS-2170.) Úloha je koncipována tak, aby vedla žáky krok za krokem – pomocí vhodně zvolených otázek – danou problematikou. Studenti si postupně si uvědomují funkce jednotlivých členů ve vzorci indukovaného napětí.



SPARKvue

9:Strana

## Postup

1. Zapojte napěťové čidlo postupně ke dvěma cívkám (200z a 1600z) a sledujte indukovaná napětí.
2. Nastavte vyšší vzorkovací frekvenci!

00:00:00.0    Vzorkování: 50 Hz

3. **Pravidlo a) Magnet do trubičky vhodte červenou částí napřed!**
4. **Pravidlo b) Cívky umístěte na tyčku vždy do stejného místa!**
5. Start Stop

---

00:00:00.0    Vzorkování: 20 Hz

10:Strana

Čas (s)	Napětí (V) - Series 1 (Green)	Napětí (V) - Series 2 (Purple)
4.14	0.0	0.0
4.16	0.0	0.0
4.18	-3.5	0.0
4.20	3.5	0.0
4.22	0.0	0.0
4.24	0.0	0.0
4.26	0.0	0.0
4.28	0.0	0.0

1. Připojte napěťové čidlo k cívce 1.
2. Start.
3. Stop.
4. Připojte napěťové čidlo k cívce 2.

Start. Stop.

00:00:00.0    Vzorkování: 20 Hz

Také tato úloha je koncipována tak, že v programovém prostředí je přímo integrován průvodce experimentem. Žáci procházejí pokus krok po kroku, a na pozadí teorie a učitelových otázek realizují vlastní měření. Aby nebyla žáková pozornost štěpena na „jev“ a „ovládání softwaru a postup při pokusu“, měli bychom proložit úlohu postupem - návodem vykonávané činnosti. Prostor v badatelsky orientovaném experimentu mají i teoretická a historická pozadí probírané problematiky, zdůrazňující mezipředmětové vazby.

SPARKvue
11:Strana

## K zamyšlení (Co vidíme?)

$$\mathcal{E} = -N \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$$

- Proč je jeden pík v záporných a druhý v kladných hodnotách napětí?
- Jak bychom to mohli změnit? Zkuste to!
- Jaké pravidlo porušujeme? Proč je magnet dvojbarevný?

Napětí (V) vs Čas (s)

00:00:00.0 Vzorkování: 20 Hz
15:19 9.4.2013

12:Strana

Napětí (V) vs Čas (s)

### Změřte max. napětí na cívkách

**Jak zjistit X-ové a Y-ové souřadnice naměřeného bodu:**

1. Stiskněte a otevřete nabídku nástrojů
2. Stiskněte a pak se pohybujte po naměřených datech.
3. Pomocí a vyberte bod, odečtěte hodnoty.

00:00:00.0 Vzorkování: 20 Hz
15:20 9.4.2013


Otázky jsou u jednotlivých stránek voleny tak, aby si je mohl žák ihned v praxi a naživo ověřit na základě měření. Analytické nástroje, které v programu využijeme, jsou k dispozici přímo v rámci teoretického výkladu či problémových otázek. Tato funkce je zajištěna díky možnosti vrstvení podkladových snímků s učitelovo přípravou a snímků vlastní žákovské aktivity.

SPARKvue

13:Strana

## Jaké napětí indukovaly cívky?

Odpovědi vložte do textových polí níže:



**200 závitů:**  
<Vaši odpověď vložte sem...>

**1600 závitů:**  
<Vaši odpověď vložte sem...>


00:00:00.0 Vzkovávání: 20 Hz

14:Strana

## K zamyšlení (užití trojčlenky)

$$\mathcal{E} = -N \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$$

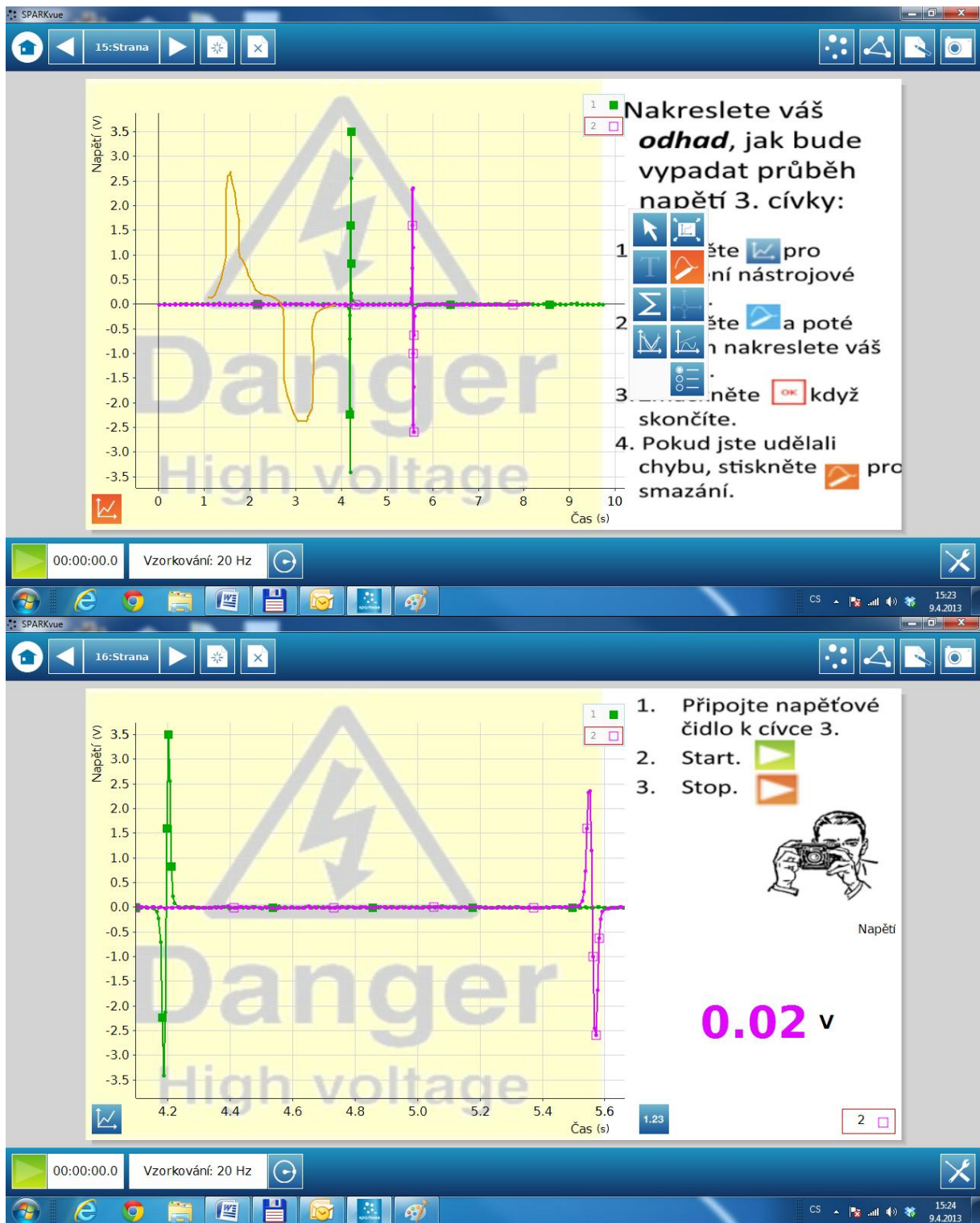
- Vzorec: „Čím víc závitů, tím víc voltů!“
- Když cívka s 200z indukovala 0,42 V a cívka s 1600z indukovala 3,23 V, kolik indukuje cívka s 400z?
- Vypočítejte pomocí kalkulátoru!



00:00:00.0 Vzkovávání: 20 Hz

Program SPARKvue, ve kterém je vytvořena tato ukázková příprava, umožňuje žákům vkládat přímo do úlohy také textové odpovědi, využívat funkcí kalkulátoru a vypočítávat příklady.





Analytická část experimentu je jednou z jeho nejdůležitějších. Do grafů získaným měřením je možno vkládat predikční křivky, anotace a poznámky k průběhu měření a zajímavých částí grafů.

SPARKvue

18:Strana

## K zamyšlení (koncept rychlosti)

$$\mathcal{E} = -N \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$$

- Proč má na stejné cívce první pík trochu menší hodnotu než druhý?
- Vzorec: „**Čím kratší časový úsek je na změnu mg. pole, tím víc voltů!**“
- Změna/čas = „rychlost“ Jakou **rychlost** v pokusu můžeme ovlivnit? (Jaké pravidlo porušíme?)
- (Jak závisí rychlost na výšce pádu magnetu...? Jakou rychlost bude magnet mít, jestliže jeho  $m=25\text{g}$  a letí tyčí  $50\text{ cm}$ ?...)

00:00:00.0 Vzorkování: 20 Hz

19:Strana

**Změřte max. napětí na cívkách**

**Jak zjistit X-ové a Y-ové souřadnice naměřeného bodu:**

1. Stiskněte a otevřete nabídku nástrojů
2. Stiskněte a pak se pohybujte po naměřených datech.
3. Pomocí a vyberte bod, odečtěte hodnoty.

00:00:00.0 Vzorkování: 20 Hz

Interaktivní prezentace by měla vybízet žáky k uvědomění si širších souvislostí, zde např. vlastností konceptu „rychlosti“. Zeptáme-li se žáků na definici rychlosti, málokterý se zeptá, jakou rychlost (rychlost čeho-) máme na mysli. Většinou (a to ještě v lepších případech) vychrlí „dráha děleno čas“. Grafický záznam veličin jim daleko lépe vysvětlí, že koncept „rychlost“ se nemusí zdaleka týkat pouze pohybu. Je překvapivé, že i mladší žáci jsou v tomto duchu schopni intuitivně chápat základy diferenciálního počtu a pojmy z „vyšší matematiky“ (hodnota funkce, směrnice tečny, změna funkční hodnoty v jednotce času apod.).

SPARKvue

20:Strana

## K zamyšlení (další důsledky)

$$\mathcal{E} = -N \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$$

- Co se stane, když místo novodurové trubky použijeme hliníkovou?
- Jak by vypadal pád magnetu, kdyby byla cívka ovinuta podél celé tyče?
- Zatím jsme zanedbávali odpor trubky i vzduchu, ale...

00:00:00.0 Vzorkování: 20 Hz

SPARKvue

21:Strana

## IV. Vytiskněte si protokol

Sdílení LAB STRÁNKY PROTOKOL

1. ↓

2. →

TISK PROTOKOLU  
EXPORT PROTOKOLU

00:00:00.0 Vzorkování: 20 Hz

15:26 9.4.2013

15:27 9.4.2013


Průběh celého experimentu si žáci mohou zaznamenat do formy elektronického protokolu, který si na konci své práce vytisknou nebo exportují do nějakého formátu, se kterým mohou dále pracovat (.jpg, .pdf, .html) Učitel tak nemusí sledovat celý experiment, nemusí pro kontrolu ani otevírat původní soubor pokusu (často časově náročné z důvodů větší velikosti digitálních učebních materiálů a příprav).

SPARKvue

22:Strana

## V. Závěry

- Víme, co je **elektromagnetická indukce, severní a jižní pól magnetu, elektrické napětí**, osvěžili jsme si pojem **rychlosti**, osvěžili **trojčlenku** a dokázali ji **aplikovat na skutečný fyzikální problém**.
- Se **SPARK (PASCO)** jsem vše viděl, změřil, uvěřil - **lépe pochopil**.



00:00:00.0 Vzorkování: 20 Hz

CS 15:27 9.4.2013

### 5.4 Žákovská laboratorní úloha, Zákon zachování mechanické energie

Ukázku žákovské laboratorní práce se systémem PASCO naleznete v příloze této bakalářské práce. Laboratorní úloha přesně odpovídá struktuře, o níž je pojednáno výše ve stati věnované tomuto typu experimentů.

Laboratorní práce v příloze obsahuje učitelskou verzi pracovního listu s metodickými pokyny a „prázdný“ pracovní list studenta.



## 6 Seznam použité literatury a pramenů

1. Adams, D. D., Shrum, J. W. The effects of microcomputer-based laboratory exercises on the acquisition of line graph construction and interpretation skills by high school biology students. *Journal of Research in Science Teaching (Dále jen J Res Sci Teach)* 27, 1990, p. 777-787.
2. Bayraktar, S. A meta-analysis of the effectiveness of computer-assisted instruction in science education. *Journal of Research on Technology in Education (Dále jen J Res Technol Educ)* 34, 2001, p. 173-188.
3. Beichner, R. J. The effect of simultaneous motion presentation and graph generation in a kinematics lab. *J Res Sci Teach* 27, 1990, p. 803-815.
4. Brassell, H. The effect of real-time laboratory graphing on learning graphic representations of distance and velocity. *J Res Sci Teach* 24, 1987, p. 385-395.
5. Friedler, Y., Nachmias, R., Linn, M. C., Learning scientific reasoning skills in microcomputer-based laboratories. *J Res Sci Teach* 27, 1990, p. 173-191.
6. Harapat, J.: Silozpyt a lučba na všech stupních škol obecné a měšťanské. Nakladatel Alois Šašek – Velké Meziříčí, 1910, s. 5-20.
7. Holubová, R. Didaktika fyziky – studijní modul, Olomouc 2012, s. 14-16.
8. Hudecová, D. Revize Bloomovy taxonomie edukačních cílů. Dokument MS Word. Dostupný online (16. 3. 2012):  
<http://www.msmt.cz/Files/DOC/NHRevizeBloomovytaxonomieedukace.doc>.
9. Hudson, S. B., McMahan, K. C., Overstreet, C. M. The 2000 national survey of science and mathematics education: compendium of tables. *Horizon Research*, Chapel Hill, 2002.
10. Ješková, Z., Kireš, M., Onderová, L. Školská reforma na Slovensku mení spôsob výučky porodných vied, *Československý časopis pro fyziku* 5-6/2012, s. 316-321.
11. Kalhous, Z., Obst, O. *Školní didaktika*. Praha : Portál, 2002.
12. Katalog požadavků zkoušek společné části maturitní zkoušky platný od školního roku 2009/2010. Dostupný online (16. 2. 2009) na stránkách MŠMT:  
<http://www.msmt.cz>
13. Kašpar, E. a kol. *Problémové vyučování ve fyzice*. Praha : SPN, 1982.
14. Krajcik, J. S., Layman, J. Microcomputer-based laboratories in the science classroom. Research that matters to the science teacher, no. 31. *National Association of Research on Science Teaching (NARST)*, 1993. (Dostupné online na <http://www.narst.org/publications/research/microcomputer.htm>)
15. Kreikemeier, P. A., Gallagher, L., Penuel, W. R., Fujii, R., Wheaton, V., Bakia, M. Technology enhanced elementary and middle school science II (TEEMSS II) In *Research Report 1. SRI International*, Menlo Park, 2006.
16. Krejčová, J. Popis předmětu: Experimentálne vedy, Kritéria hodnotenie práce študenta počas laboratornej práce, Didaktické materiály Gymnázia Malacky, Ul. 1. Mája 8.
17. Linn, M. C. Technology and science education: starting points, research programs, and trends. *International Journal of Science Education (Dále jen Int J Sci Educ)* 25, 2003 p. 727-758.
18. Linn, M. C., Layman, J. W., Nachmias, R. Cognitive consequences of micro-computer-based laboratories: graphing skills development. *Contemporary Educational Psychology (Dále jen Contemp Educ Psychol)* 12(3), 1987, p. 244-253.



19. Linn, M. C., Lee, H. S., Tinker, R., Husic, F., Chiu, J. L. Inquiry learning: teaching and assessing knowledge integration in science. *Science* 313, 2006, p. 1049–1050.
20. Lunetta, V. N., Hofstein, A., Clough, M.P. Learning and teaching in the school science laboratory: an analysis of research, theory, and practice. In: Abell, S. K., Lederman, N. G. (eds) *Handbook of research on science education*. Mahwah : Lawrence Earlbaum Associates, 2007.
21. Maňák, J., Švec, V. *Výukové metody*. Brno : PAIDO, 2003.
22. Mareš, J. *Styly učení žáků a studentů*. Praha : Portál, 1998.
23. Metcalf, S., Tinker, R.F. Probeware and handhelds in elementary and middle school science. *J Sci Educ Technol* 13, 2004 p. 43–49.
24. Millar, M. Technology in the lab, Part I: what research says about using probeware in the science classroom. *J Res Sci Teach* 72, 2005, p. 34–37.
25. Mokros, J., Tinker, R. The impact of microcomputer-based labs on children's ability to interpret graphs. *J Res Sci Teach* 24, 1987, p. 369–383.
26. Nicolaou, C., Nicolaidou, I., Zacharia, Z., Constantinou, C. Fourth graders ability to interpret graphical representations through the use of microcomputer-based labs implemented within an inquiry-based activity sequence. *Journal of Computers in Mathematics and Science Teaching (Dále jen J Comput Math Sci Teach)* 26, 2007, p. 75–99.
27. Pash, M. a kol.: *Od vzdělávacího programu k vyučovací hodině*. Praha: Portál. 1995
28. Skalková, J. *Obecná didaktika*. Praha : Grada Publishing, 2007.
29. Staněk, M. Jednoduchá fyzikální měření s tabletem iPad *Konferenční sborník Veletrh nápadů učitelů fyziky 17*, V tisku, 2012.
30. Staněk, M. Moderní výuka přírodních věd – příprava dnešních studentů na příležitosti zítřka, *Moderní vyučování, XVII. ročník, 3/2012*, s. 27 – 28.
31. Staněk, M. Silozpyt na šikmé ploše *Sborník příspěvků z mezinárodní konference Veletrh nápadů učitelů fyziky 16*, Univerzita Palackého v Olomouci, 2011, s. 222-227.
32. Staněk, M. Jednoduché experimenty s ampérmetrem a voltmetrem *Konferenční sborník Veletrh nápadů učitelů fyziky 15*, Praha : Prometheus, 2010, s. 215-220.
33. Staněk, M. Nové možnosti interaktivní výuky chemie se systémem PASCO *Aktuální aspekty pregraduální přípravy a postgraduálního vzdělávání učitelů chemie, Sborník přednášek z mezinárodní konference*, Ostrava, 2010, s. 237-240.
34. Staněk, M. Edukační platforma pro podporu výuky chemie: PASCO. *Výzkum, teorie a praxe v didaktice chemie XIX*. Univerzita Hradec Králové : Gaudeamus, 2009, s. 390-395.
35. Staněk, M. PASCO – experimentální platforma pro výuku fyziky. In *Konferenční sborník Veletrh nápadů učitelů fyziky 14*, Masarykova univerzita, 2009, s. 214-219.
36. Šmejkal, P. Funkce chemického pokusu ve výuce chemie. Prezentace MS PowerPoint, dostupná online (6. 4. 2013) na: <https://web.natur.cuni.cz/>

## 7 Abstract

### *Využití výpočetní a experimentální laboratorní techniky při výuce přírodních věd*

Tato práce se zabývá problematikou využití výpočetní techniky a experimentálních laboratorních systémů při výuce přírodních věd. V práci se zabýváme rolí a funkcí tzv. interaktivní výuky a zamýšlíme se nad rysy školních experimentů. Školní experimenty jsou zde děleny dle míry individualizace žakových aktivit na demonstrační (učitelské), žakovské laboratorní práce a žakovské badatelské aktivity. Role výpočetní techniky je v každém z experimentů následující: poskytnout nástroj pro měření, vizualizaci a vyhodnocení experimentu. V případě žakovských badatelských aktivit vystupuje do popředí také úloha průvodce experimentem a jeho teoretickým a didaktickým pozadím. Výpočetní technika zde slouží jako eden z klíčových nástrojů didaktické transformace.

### *Applications of Microcomputer-Based Laboratories in Inquiry-Based Science Education*

The main aim of the propounded work is based on the using of computer technology and experimental laboratory systems in science education. In this work there is a study of the role and function of the interactive teaching. We think about features of the school experiment in the thesis. School experiments are divided into simple typology in this work, according to the level of individualization pupil's activities into following types: demonstration activities (teacher based), student laboratory works and student research activities. The role of computer technology in each of the following experiments is to provide tools for measurement, visualization and analysis of experiment. In the case of student research activities IT also comes into the role of guide in experiment and it provides its theoretical and didactic background. Information Technologies are showed in the thesis as a key tool to the didactic transformation in science education.

## **Příloha č. 1 - Žakovská laboratorní úloha, Zákon zachování mechanické energie**

## Zákon zachování mechanické energie

Co se děje při jízdě z kopce?

### Obsah

Úvod .....	2	Příprava úlohy (praktická příprava) .....	9
Cíle .....	2	Postup práce .....	9
Teoretický úvod .....	3	Nastavení HW a SW .....	9
Motivace studentů .....	4	Příprava měření .....	9
Doporučený postup .....	4	Vlastní měření (záznam dat) .....	9
Příprava úlohy .....	4	Analýza naměřených dat .....	9
Materiály pro studenty .....	5	Pracovní list učitele .....	11
Záznam dat .....	5	Slovníček pojmů .....	11
Analýza dat .....	6	Teoretická příprava úlohy .....	12
Syntéza a závěr .....	6	Vizualizace naměřených dat .....	12
Hodnocení .....	6	Vyhodnocení naměřených dat .....	13
Internetové odkazy a další zdroje .....	6	Závěr .....	13
Pracovní návod .....	7	Pracovní list studenta .....	15
Zadání úlohy .....	7	Slovníček pojmů .....	15
Pomůcky .....	7	Teoretická příprava úlohy .....	16
Bezpečnost práce .....	8	Vizualizace naměřených dat .....	16
Teoretický úvod .....	8	Vyhodnocení naměřených dat .....	17
		Závěr .....	18

 **Zařazení do výuky**

Experiment je vhodné zařadit v rámci učiva o dynamice pohybu. Energie hmotného tělesa.

 **Časová náročnost**

Dvě hodiny (2 × 45 minut)

## Úvod

V tomto laboratorním cvičení studenti ověří platnost zákona zachování mechanické energie (ZZE). Během experimentu budou měřit polohu a rychlost pohybujícího se auta na nakloněné rovině. Z naměřených dat vyvodí závěr o platnosti ZZE.

## Cíle

Studenti by měli zvládnout:

- používat motion senzor k objasnění pojmu mechanická energie,
- číst a analyzovat data z grafů,
- měřit pozici a rychlost pohybujícího se auta,
- z grafů určit potenciální, kinetickou a celkovou energii,
- na základě daných dat ověřit platnost ZZE.

## Teoretický úvod

Při všech mechanických dějích se mění potenciální energie v kinetickou a naopak, přičemž celková mechanická energie je konstantní, tedy

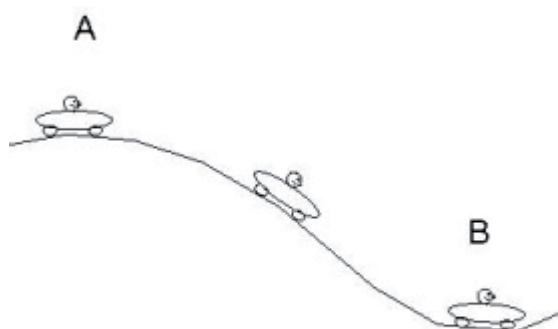
$$E = E_k + E_p = \text{konstanta},$$

kde  $E_k$  je kinetická energie a  $E_p$  je energie potenciální.

Uvedený závěr se nazývá **zákon zachování mechanické energie**.

Platí pro izolovanou soustavu těles, tj. soustavu těles, na kterou nepůsobí žádné vnější síly.

Zákon zachování mechanické energie vyjadřuje, že v izolované soustavě těles nemůže energie sama od sebe vznikat ani zanikat, ale může se jen měnit jeden druh energie v jiný. Tento zákon je zvláštním případem obecného zákona zachování energie, kdy se zanedbává především přeměna mechanické energie na tepelnou energii vznikající třením, např. při pohybu těles po sobě, nebo při pohybu těles látkovým prostředím, atp.



Obrázek 1

V bodě A má auto nulovou rychlost a jeho kinetická energie je nulová. Celková mechanická energie je dána jen potenciální energií  $E_c = E_p = mgh$ . Po rozjetí dochází ke změně jednotlivých energií. Úbytek potenciální energie auta se rovná přírůstku jeho kinetické energie, přičemž celková mechanická energie je stále rovna počáteční energii. V bodě B má auto maximální kinetickou energii a potenciální energie je nulová. Celková mechanická energie je tedy dána jen kinetickou energií  $E_c = E_k = mv^2/2$ .

### Slovníček pojmů

ENERGIE

MECHANICKÁ ENERGIE

MECHANICKÁ PRÁCE

POTENCIÁLNÍ ENERGIE

KINETICKÁ ENERGIE

IZOLOVANÁ SOUSTAVA  
TĚLES

### Přehled pomůcek

- PASPORT Xplorer
- 1 PASPORT Motion Senzor
- 1,2 m PASCO Track
- 1 GO Car
- metr
- *pracovní návod*
- *pracovní list*
- *ochranné pracovní pomůcky*

### Potenciální energie

V obecnějším případě je potenciální energie tělesa důsledkem působení (a prostorového rozložení) ostatních těles, která na sebe působí gravitační silou. Potenciální energie je relativní, záleží na tom, vzhledem k čemu se vztahuje. Při výpočtech se nulová hladina potenciální energie volí buď v rovnovážné poloze, kde jsou příslušné síly v rovnováze, nebo v nekonečnu, kde je velikost příslušných sil na těleso nulová. Pro přeměnu energií ale na volbě nulové hladiny potenciální energie nezáleží, rozhodující je pouze změna této energie.



### Kinetická energie

- Kinetická energie nemůže být nikdy záporná.
- Kinetická energie nezávisí na směru pohybu, ale pouze na velikosti rychlosti.
- Kinetická energie je závislá na volbě vztažné soustavy, protože na této volbě závisí také rychlost tělesa.
- Celková kinetická energie soustavy hmotných bodů je dána součtem kinetických energií jednotlivých hmotných bodů.

### Seznámení s úlohou

Studentům je potřeba objasnit nastavení XPLOREru.

### 💡 Tip

K uvedení auta do pohybu použijte vystřelovací pružinu auta.

## Motivace studentů

Zeptáme se studentů na význam slova energie. Zjistíme, které druhy energií znají.

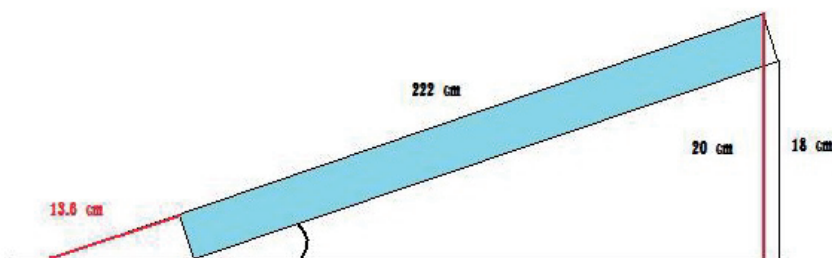
Objasníme přeměnu potenciální energie na kinetickou při volném pádu a dané poznatky aplikujeme na pohyb na nakloněné rovině.

## Doporučený postup

1. Každá pracovní skupina obdrží „pracovní návod“ a každý student dostane „pracovní list“. Studenti si nejprve přečtou návod a teprve pak začnou s přípravou vlastního experimentu.
2. Dopoučujeme, aby každý člen pracovní skupiny dostal svůj specifický úkol. Pro čtyřčlennou skupinu například:
  - *student 1* – vedoucí týmu – ručí za to, že skupina bude při práci postupovat podle pracovního návodu,
  - *student 2* – koordinuje vyplňování pracovních listů a vyplněné pracovní listy vybírá (každý student si vyplňuje svůj pracovní list),
  - *student 3, 4* – mají na starosti sestavení/nastavení a obsluhu použitých přístrojů.

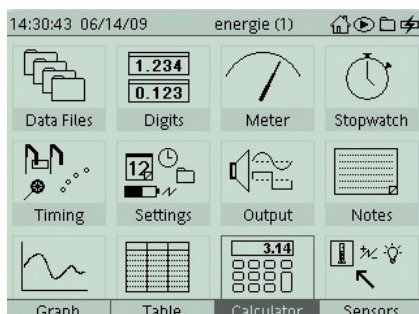
## Příprava úlohy

Měření je nastaveno pro přesný sklon nakloněné roviny. Pokud byste chtěli změnit podmínky, musíte upravit kalkulační výpočet potenciální energie a dopočítat novou délku nakloněné roviny.

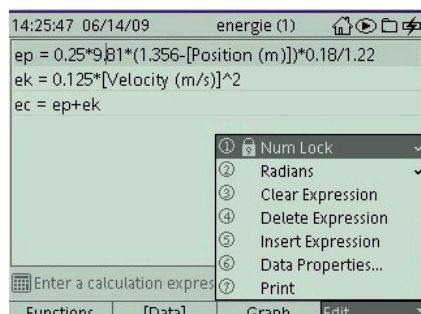


Obrázek 2

V základním menu stiskněte **F3** a vstupte do „calculator“. Zde se musí změnit tyto hodnoty na prvním řádku: 1,356 (hodnota dopočítané délky nakloněné roviny) a 0,18 (hodnota výšky spodní hrany nakloněné roviny). K pohybu použijte šipky.

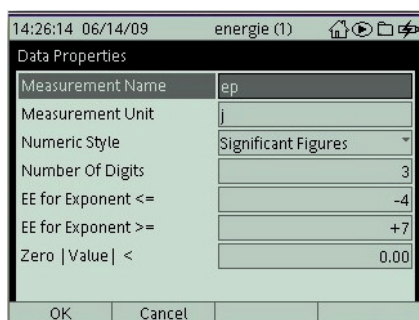


Obrázek 3



Obrázek 4

K upřesnění jednotek energií stiskněte **F4** (edit). Data properties: zde lze měnit jednotky.



Obrázek 5

Nechte studenty vyplnit (za domácí úkol nebo na začátku práce) slovníček v „pracovním listě“. Je nezbytné, aby studenti tyto části vypracovali před vlastní experimentální činností.

Zjistěte, jak studenti přípravnou část úlohy vypracovali.

## Materiály pro studenty

„Pracovní návod“ postupně provede studenty („krok za krokem“) celou úlohou.

„Pracovní list“ slouží studentům k zaznamenání získaných dat, jejich analýze a pochopení.

## Záznam dat

Postup při zaznamenávání dat je popsán v „pracovním listě“. Upozorněte studenty na to, že před vlastním započítáním měření je třeba úloze opravdu porozumět.

## Analýza dat

Naměřená data použijí studenti k zodpovězení otázek v „pracovním listě“.

V učitelské verzi pracovního listu jsou uvedeny typické odpovědi studentů.

## Syntéza a závěr

Poté, co studenti vyplní své „pracovní listy“, společně shrneme získané poznatky k vyslovení platnosti či neplatnosti ZZE v daném experimentu. Uvedeme, které skutečnosti mohly ovlivnit výsledek naměřených hodnot (tření, aj.).

## Hodnocení

*(Viz dříve uvedené cíle.)*

- Sestavili a použili studenti laboratorní zařízení správně?
- Postupovali korektně podle pracovního postupu?
- Pochopili studenti ZZE?
- Vypracovali studenti správně své pracovní listy?
- Odečetli hodnoty energií z grafů správně?
- Jsou studenti schopni zdůvodnit případné rozpory v platnosti ZZE?

## Internetové odkazy a další zdroje

### Zákon zachování energie

[http://cs.wikipedia.org/wiki/Zákon\\_zachování\\_energie](http://cs.wikipedia.org/wiki/Zákon_zachování_energie)

### Potenciální energie

[http://cs.wikipedia.org/wiki/Potenciální\\_energie](http://cs.wikipedia.org/wiki/Potenciální_energie)

### Kinetická energie

[http://cs.wikipedia.org/wiki/Kinetická\\_energie](http://cs.wikipedia.org/wiki/Kinetická_energie)

### Literatura

E. Svoboda a kolektiv: Přehled středoškolské fyziky



### Pasco zdroje

Na stránkách [www.pasco.com](http://www.pasco.com) a [www.pasco.cz](http://www.pasco.cz) naleznete řadu dalších zdrojů.



## FYZIKA

laboratorní cvičení č. 4

4

• FYZIKA

**Zákon zachování mechanické energie (návod)****Zadání úlohy**

Bude platit zákon zachování mechanické energie (ZZE) při pohybu auta na nakloněné rovině? Změní se celková mechanická energie? Ověřte platnost ZZE na základě naměřených hodnot.

**Pomůcky**

- PASPORT Xplorer
- 1 PASPORT Motion Senzor
- 1,2 m PASCO Track
- 1 GO Car
- metr
- *pracovní návod*
- *pracovní list*
- *ochranné pracovní pomůcky*

PRACOVNÍ NÁVOD



## Bezpečnost práce

*Pracujte pečlivě a v souladu s pracovním návodem. V laboratoři používejte laboratorní plášť a případně další pomůcky v souladu se správnou laboratorní praxí.*

## Teoretický úvod

Při všech mechanických dějích se mění potenciální energie v kinetickou a naopak, přičemž celková mechanická energie je konstantní, tedy

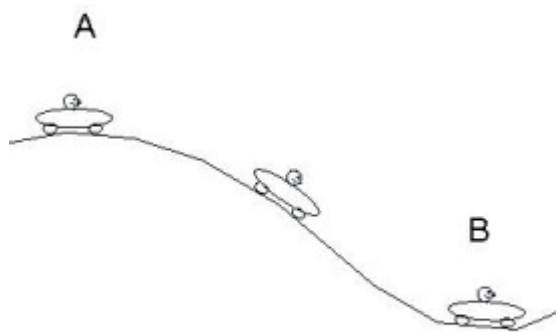
$$E = E_k + E_p = \text{konstanta},$$

kde  $E_k$  je kinetická energie a  $E_p$  je energie potenciální.

Uvedený závěr se nazývá **zákon zachování mechanické energie**.

Platí pro izolovanou soustavu těles, tj. soustavu těles, na kterou nepůsobí žádné vnější síly.

Zákon zachování mechanické energie vyjadřuje, že v izolované soustavě těles nemůže energie sama od sebe vznikat ani zanikat, ale může se jen měnit jeden druh energie v jiný. Tento zákon je zvláštním případem obecného zákona zachování energie, kdy se zanedbává především přeměna mechanické energie na tepelnou energii vznikající třením, např. při pohybu těles po sobě, nebo při pohybu těles látkovým prostředím, atp.



Obrázek 1

V bodě A má auto nulovou rychlost a jeho kinetická energie je nulová. Celková mechanická energie je dána jen potenciální energií  $E_c = E_p = mgh$ . Po rozjetí dochází ke změně jednotlivých energií. Úbytek potenciální energie auta se rovná přírůstku jeho kinetické energie, přičemž celková mechanická energie je stále rovna počáteční energii. V bodě B má auto maximální kinetickou energii a potenciální energie je nulová. Celková mechanická energie je tedy dána jen kinetickou energií  $E_c = E_k = mv^2/2$ .



## Příprava úlohy (praktická příprava)

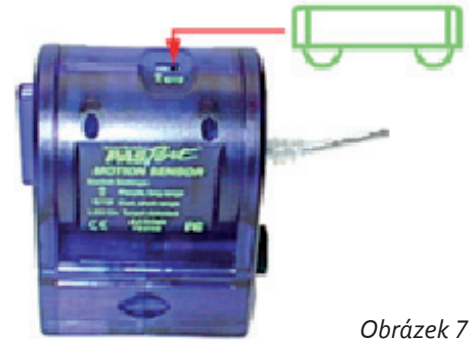
Nejprve zpracujte slovníček a teoretickou přípravu na „pracovním listě“ a teprve potom začněte pracovat v laboratoři.

## Postup práce

### Nastavení HW a SW

#### Nastavení GLX

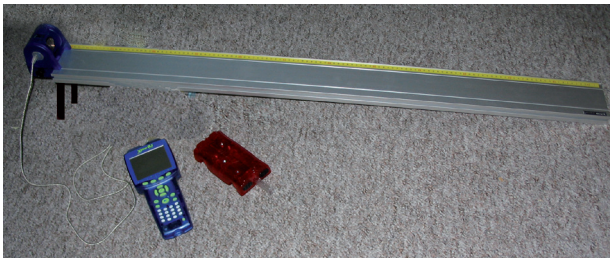
1. Zapněte GLX a otevřete soubor nazvaný „energie“. Měření je nastaveno s frekvencí 50 Hz. Na svislé ose se zobrazí pozice, na vodorovné ose čas.
2. Připojte senzor do libovolného portu.
3. Na senzoru zvolte ikonu vozičku (viz obr. 7).



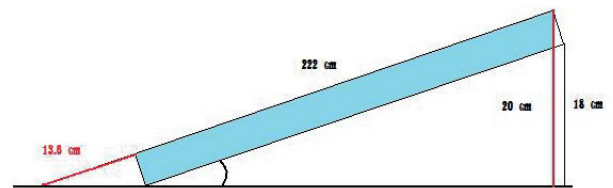
Obrázek 7

### Příprava měření

1. Sestavte experiment podle obrázku.
2. Horní konec dráhy umístěte do výšky 18 cm (měřeno ke spodní hraně).



Obrázek 6



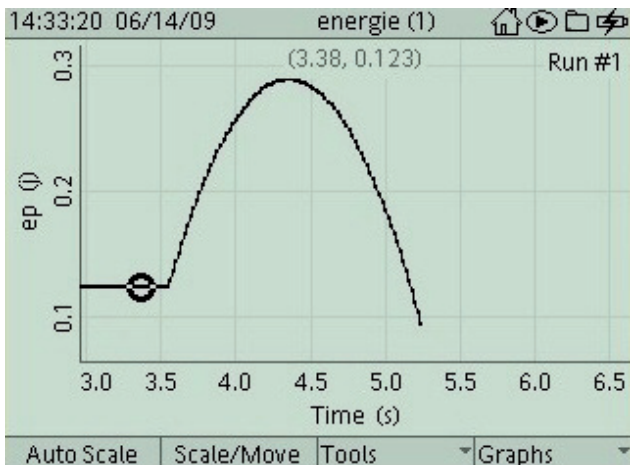
Obrázek 5

### Vlastní měření (záznam dat)

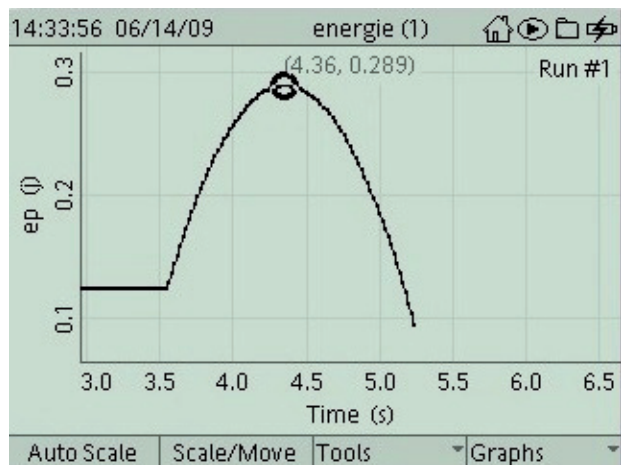
1. Postavte auto na dolní konec dráhy.
2. Stiskněte **Start** (▶) a začněte měřit.
3. Uvedte do pohybu auto. Použijte vystřelovací pružinu a odrazte auto od pevné překážky.
4. Odstraňte překážku a po návratu auta do výchozí pozice ukončete měření opětovným stiskem tlačítka **Start** (▶).

### Analýza naměřených dat

1. Zobrazte postupně jednotlivé grafy. Stiskněte (✓) a pomocí šipek změňte hodnotu na svislé ose. Nejprve zobrazte graf potenciální energie (hodnota  $e_p$ ).
2. Použijte šipky k pohybu po grafu a odečtěte počáteční (nenulovou hodnotu) a maximální hodnotu potenciální energie. Hodnoty zapište do tabulky.

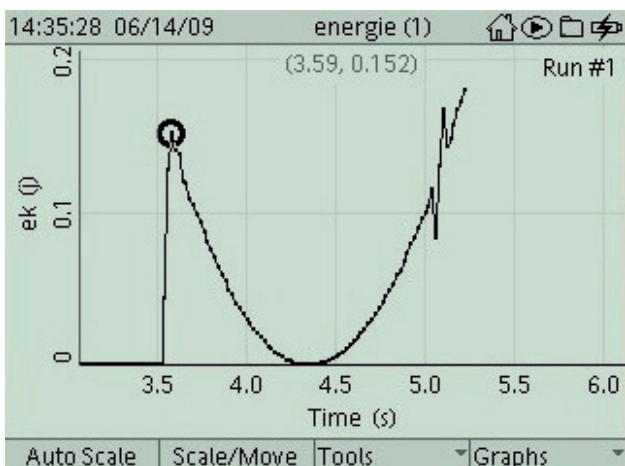


Obrázek 8

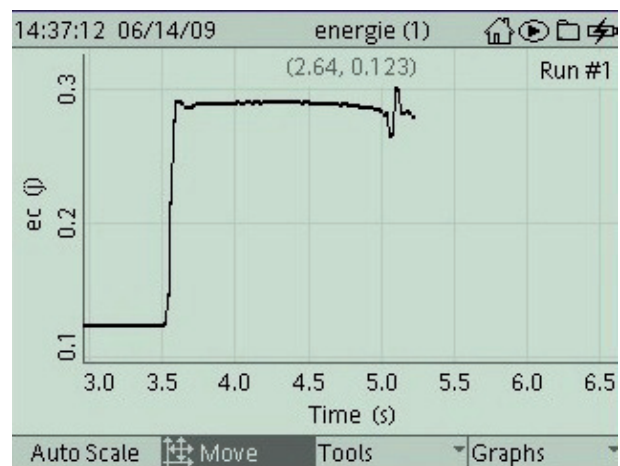


Obrázek 9

3. Opakujte postup a určete hodnotu maximální kinetické energie (hodnota  $e_k$ ) a celkové mechanické energie (hodnota  $e_c$ ).



Obrázek 10



Obrázek 11

**Tip**

K odečtení rozdílu naměřených hodnot použijte nástroje **Delta Tool** v nabídce nástrojů „Tools Menu“.

## FYZIKA

laboratorní cvičení č. 4

4

• FYZIKA

## Zákon zachování mechanické energie pracovní list (učitel)

### Slovníček pojmů

Použijte dostupné zdroje a najděte definice níže uvedených fyzikálních termínů.



#### Mechanická energie:

*charakterizuje mechanický pohyb tělesa a vzájemné silové působení těles.*

#### Kinetická energie:

*kinetickou energii mají tělesa, která se vzhledem k dané vztažné soustavě pohybují; kinetická energie je skalár, který charakterizuje pohybový stav těles*

$$E_k = mv^2/2.$$

#### Potenciální energie:

*je skalární veličina, která charakterizuje vzájemné silové působení těles; závisí na vzájemné poloze těles nebo jejich jednotlivých částí*

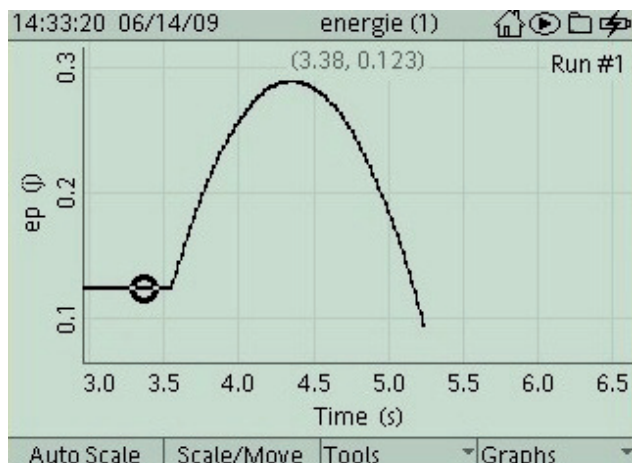
$$E_p = mgh.$$

## Teoretická příprava úlohy

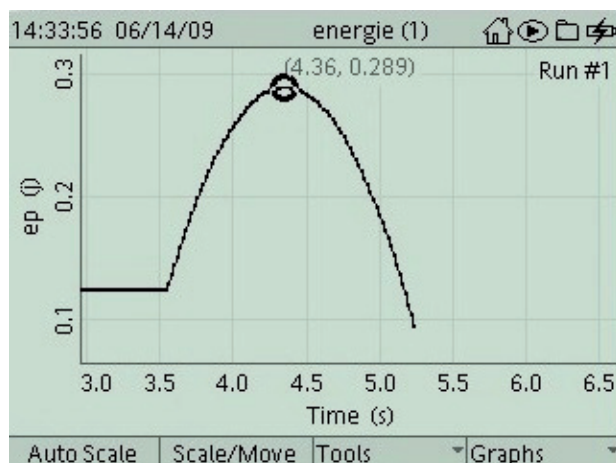
### Hypotéza

Bude platit zákon zachování mechanické energie (ZZE) při pohybu auta na nakloněné rovině? Změní se celková mechanická energie? Ověřte platnost ZZE na základě naměřených hodnot.

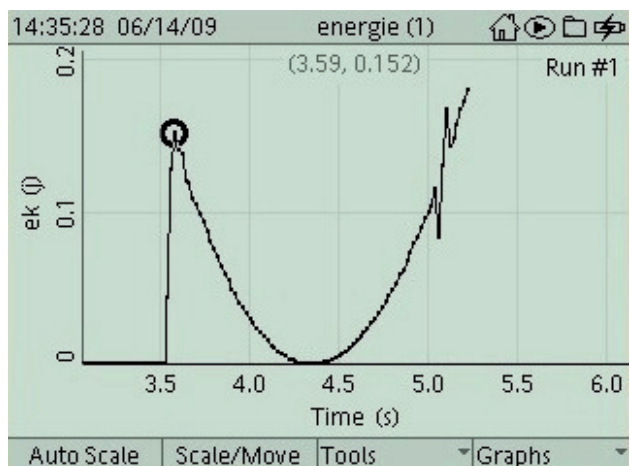
### Vizualizace naměřených dat



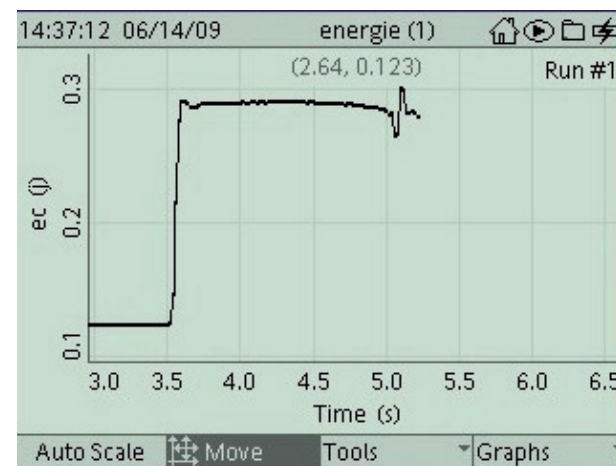
Obrázek 8



Obrázek 9

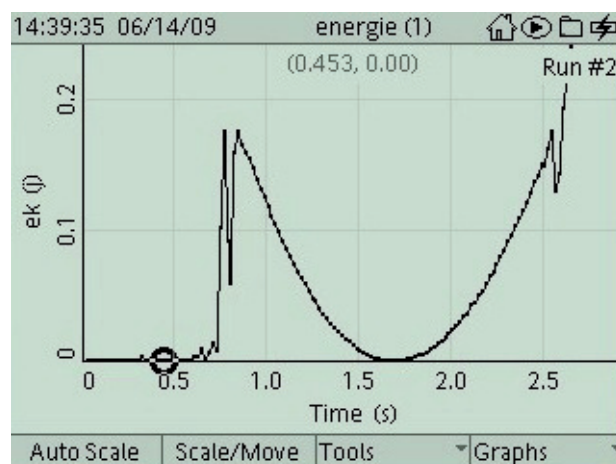


Obrázek 10



Obrázek 11

*Pokud auta budou uvedena do pohybu rukou, může nastat situace, že ZZE nebude experimentálně ověřen. Vznikne velká chyba v měření počáteční hodnoty kinetické energie, proto maximální hodnotu odečtete z grafu při návratu do počáteční polohy.*



Obrázek 12

## Vyhodnocení naměřených dat

Naměřené hodnoty doplňte do následující tabulky:

počáteční hodnota $E_{p0}$ [J]	0,123
maximální hodnota $E_{p1}$ [J]	0,289
$E_p = E_{p1} - E_{p0}$ [J]	0,166
maximální hodnota $E_k$ [J]	0,152
celková mechanická energie $E_c$ [J]	0,289

## Závěr

1. Jak se změnila celková mechanická energie?

*Celková mechanická energie se nezměnila.*

2. Jsou maximální hodnoty  $E_p$  a  $E_k$  stejné? (Zdůvodněte proč.)

*Při uvedení auta do pohybu působíme nepatrnou odporovou silou, která je příčinou menší hodnoty kinetické energie. Pokud bychom měřili hodnotu kinetické energie při průjezdu počáteční polohou, byla by odchylka menší.*

3. Platí zákon zachování mechanické energie?

*Z naměřených dat lze usoudit, že platí ZZE.*

*Celková mechanická energie odpovídá maximální hodnotě potenciální energie.*

*Od této hodnoty musíme opět odečíst počáteční hodnotu  $E_{p0}$ .*

*Odpovědi na otázky se mohou lišit.*





## Pracovní list studenta

skupina:.....

jméno:..... třída:..... datum:.....

### Slovníček pojmů

Použijte dostupné zdroje a najděte definice níže uvedených fyzikálních termínů.

**Mechanická energie:**

**Kinetická energie:**

**Potenciální energie:**

## **Teoretická příprava úlohy**

### ***Hypotéza***

Bude platit zákon zachování mechanické energie (ZZE) při pohybu auta na nakloněné rovině? Změní se celková mechanická energie? Ověřte platnost ZZE na základě naměřených hodnot.

## **Vizualizace naměřených dat**

## Vyhodnocení naměřených dat

Naměřené hodnoty doplňte do následující tabulky:

počáteční hodnota $E_{p0}$ [J]	
maximální hodnota $E_{p1}$ [J]	
$E_p = E_{p1} - E_{p0}$ [J]	
maximální hodnota $E_k$ [J]	
celková mechanická energie $E_c$ [J]	

## Závěr

1. Jak se změnila celková mechanická energie?

2. Jsou maximální hodnoty  $E_p$  a  $E_k$  stejné? (Zdůvodněte proč.)

3. Platí zákon zachování mechanické energie?