



Pedagogická
fakulta
Faculty
of Education

Jihočeská univerzita
v Českých Budějovicích
University of South Bohemia
in České Budějovice

Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích

Pedagogická fakulta

Katedra aplikované fyziky a techniky

Diplomová práce

Příprava fyzikálního praktika s využitím edukačního systému Pasco

Vypracoval: Jiří Dvořák, Bc.

Vedoucí práce: RNDr. Pavel Kříž, Ph.D.

České Budějovice 2013

Abstrakt

Cílem této diplomové práce je příprava praktika z mechaniky do hodin fyziky s využitím edukačního systému Pasco. Na začátku práce je stručné seznámení s edukačními systémy, konkrétní popis systému Pasco a popis jednotlivých senzorů ze základní sady senzorů pro výuku fyziky, z nichž některé jsou použity při realizaci úloh praktika. Tato část práce také obsahuje seznámení s ovládacím softwarem Pasco Datastudio a možnostmi jak získané hodnoty dále zpracovat pomocí tabulkových editorů.

Další část práce pojednává o měřících metodách, chybách měření a zpracování naměřených výsledků do protokolu o měření.

Následující část práce obsahuje samotný návrh čtyř úloh z mechaniky. Každá úloha obsahuje úvodní část, návrh laboratorního cvičení, postup výroby měřící soustavy, zadání úlohy, pracovní list a postup při řešení úlohy. První dvě úlohy se zaměřují na smykové tření, třetí úloha se zabývá pohybem bodu po kružnici a poslední, čtvrtá úloha, je zaměřena na pohyb tělesa po nakloněné rovině. Jako součást přílohy jsou vypracovány protokoly z jednotlivých měření a fotodokumentace postupu výroby jednotlivých měřících souprav.

V závěru práce jsou zhodnoceny výsledky jednotlivých měření, které vycházejí z praktického ověření v hodinách fyziky na SPŠ strojní a stavební v Táboře.

Klíčová slova – edukační systém, praktikum, mechanika, měření

Abstract

The thesis is the preparation of practice of mechanics in physics lessons with the use of the educational system Pasco. At the beginning, there is a concise introduction with the educational systems; specifically the description of the Pasco system and description of individual sensors from basic set of sensors for physics, some of them are used in the implementation of laboratory tasks. This part also includes the Control software, Pasco DataStudio and the possibilities of further processing of the values using a spreadsheet.

Next part of thesis deals with measurement methods, measurement errors and processing of measurement results in measurement protocol.

The following section contains a design of four tasks of mechanics. Each task contains an introductory section, the design of laboratory workout, the process of construction measuring system, assignment, worksheet and procedure for resolving task. The first two tasks are focused on friction, the third task deals with the movement of the point on the circle and the last, the fourth role is focused on the motion of a body on an inclined plane. As part of the Annex are elaborated protocols of individual measurements and photographic documentation of the production process of measuring sets.

In the conclusion there are evaluated results of individual measurements, which are based on practical verification in physics lessons at Secondary Technical School of Mechanical and Civil Engineering in Tabor.

Key words - Educational system, Practicum, mechanics, measurement

Prohlašuji, že svoji diplomovou práci jsem vypracoval samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury.

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své bakalářské - diplomové - rigorózní - disertační práce, a to v nezkrácené podobě - v úpravě vzniklé vypuštěním vyznačených částí archivovaných fakultou 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.

V Táboře 27. 4. 2013

Obsah

| | |
|--|----|
| 1 Úvod | 8 |
| 2 Edukační systémy | 10 |
| 2.1 Co je to edukační systém? | 10 |
| 2.2 Možnosti využití | 10 |
| 2.3 Proč využívat edukačních systémů ve výuce? | 11 |
| 3 Edukační systém firmy PASCO Scientific | 12 |
| 3.1 O společnosti | 12 |
| 3.2 Práce s edukačním systémem | 12 |
| 3.2.1 Způsob připojení | 13 |
| 3.2.2 Datalogger Xplorer GLX | 14 |
| 3.2.3 Základní senzory pro experimentální činnost při výuce fyziky | 18 |
| 3.2.4 Software DataStudio | 21 |
| 4 Základy fyzikálních měření | 29 |
| 4.1 Metody měření | 29 |
| 4.1.1 Přímé a nepřímé metody měření | 29 |
| 4.1.2 Absolutní a relativní metody měření | 29 |
| 4.1.3 Statické a dynamické metody měření | 30 |
| 4.1.4 Substituční metoda měření | 30 |
| 4.1.5 Metoda kompenzační | 30 |
| 4.2 Příprava měření | 30 |
| 4.3 Realizace vlastního měření | 31 |
| 4.4 Zpracování získaných výsledků | 31 |
| 4.4.1 Protokol o měření | 32 |
| 4.4.2 Statistické zpracování výsledků | 32 |
| 4.5 Chyby měření | 34 |

| | |
|--|----|
| 4.5.1 Hrubé chyby | 35 |
| 4.5.2 Systematické (soustavné) chyby | 35 |
| 4.5.3 Náhodné chyby | 35 |
| 5 Laboratorní cvičení číslo 1 – určení koeficientu smykového tření | 36 |
| 5.1 Návrh laboratorního cvičení | 36 |
| 5.2 Postup výroby měřicí soupravy..... | 37 |
| 5.3 Cíle laboratorní úlohy | 40 |
| 5.4 Zadání laboratorní úlohy..... | 41 |
| 5.5 Postup při laboratorním cvičení..... | 41 |
| 5.6 Pracovní list..... | 43 |
| 6 Laboratorní cvičení číslo 2 – určení koeficientu statického tření | 45 |
| 6.1 Návrh laboratorního cvičení | 45 |
| 6.2 Postup výroby měřicí soupravy..... | 46 |
| 6.3 Cíle laboratorní úlohy | 47 |
| 6.4 Zadání laboratorní úlohy..... | 47 |
| 6.5 Postup při laboratorním cvičení..... | 48 |
| 6.6 Pracovní list..... | 50 |
| 7 Laboratorní cvičení číslo 3 – určení hodnoty frekvence, úhlové rychlosti a okamžité rychlosti bodu na disku..... | 52 |
| 7.1 Návrh laboratorní úlohy..... | 52 |
| 7.2 Postup výroby měřicí soustavy | 53 |
| 7.3 Cíle laboratorní úlohy | 56 |
| 7.4 Zadání laboratorní úlohy..... | 56 |
| 7.5 Postup při laboratorním cvičení | 57 |
| 7.6 Pracovní list..... | 59 |

| | |
|--|----|
| 8 Laboratorní cvičení číslo 4 – Určení velikosti pohybové síly tělesa na nakloněné rovině..... | 61 |
| 8.1 Návrh laboratorní úlohy..... | 61 |
| 8.2 Postup výroby měřící soustavy | 62 |
| 8.3 Cíle laboratorní úlohy | 63 |
| 8.4 Zadání laboratorní úlohy..... | 64 |
| 8.5 Postup při laboratorním cvičení..... | 65 |
| 8.6 Pracovní list..... | 66 |
| 9 Závěr..... | 67 |
| Seznam použitých zdrojů | 70 |
| Seznam příloh: | 71 |

1 Úvod

Pro výběr tohoto tématu mé práce jsem se rozhodl, protože jsem nikde nenašel fyzikální úlohy využívající edukačního systému firmy PASCO, shrnuté do praktika, které by vyhovovaly mým potřebám při výuce fyziky.

Jelikož byla řada škol, i ta kde pracuji, vybavena z finančních prostředků EU, právě těmito měřicími systémy, které mají pomoci studentům s pochopením základních fyzikálních poznatků, rozhodl jsem se zapojit tento systém do výuky formou praktika skládajícího se z několika úloh. Během tohoto praktického cvičení by si měli studenti osvojit práci ve skupinách, práci s měřicími edukačními systémy ve spojení s výpočetní technikou, vyhodnocení a zpracování získaných dat, vypracování protokolu jako shrnutí výsledků své práce. Znalost postupu vypracování protokolu usnadní žákům studium v dalších předmětech, ve kterých budu také pracovat na řešení různých úloh při využití Pasco systému, při studiu na vyšším typu škol, ale i uplatnění základní znalosti o provedení a zpracování měření v profesní praxi. Dle mého názoru je důležité, aby žáci měli alespoň minimální znalost teorie chyb a uměli z naměřených hodnot vyřadit hrubé chyby a také uměli diagnostikovat, proč během měření došlo k získání „špatného“ výsledku, popřípadě zdůvodnit do závěru svého protokolu na základě jakého úsudku vyřadili některou z hodnot. Při vypracování protokolů budou žáci využívat programů, které by měli umět ovládat z výuky výpočetní techniky, jsou to programy Microsoft Word a Excel verze 2007, popřípadě některý z opensource textových a tabulkových editorů (např. Open Office Writer a Calc). Tyto programy patří k základnímu programovému vybavení počítače a dnes je jejich znalost a schopnost efektivního využívání podmínkou k uplatnění při výkonu zaměstnání.

V současnosti při koupi edukačního systému škola obdrží několik úloh k předmětu, ke kterému byla sada pořízena, ale ne každému vyučujícímu tyto úlohy vyhovují. Je tedy potřeba se zamyslet nad dalšími možnostmi systému. Školy většinou využívají sadu pro fyziku, chemii a biologii. Proto si myslím, že studenti svoje znalosti získané během praktika uplatní i v jiných předmětech. Mým cílem je užití jednotlivých čidel v úlohách, pro které není zadání vypracováno od zastoupení firmy.

Úvodní část mé práce pojednává o edukačních systémech obecně, čím se vyznačují, jaký je jejich přínos a význam využívání při výuce, dále obsahuje úvahu o možnostech, které edukační systémy poskytují.

V druhé části své práce se zaměřuji na seznámení se systémem Pasco jako celkem, s jednotlivými čidly, které jsou součástí edukační sady pro fyziku, jejich možnostmi nastavení, měřícími rozsahy, postupem připojení k PC nebo dataloggeru a volbami zobrazení aktuálně měřených hodnot. Dále také se základy práce s programem Pasco Data Studio, skrze který čidla komunikují s PC, export dat z programu, nebo z přístroje Pasco Xplorer GLX, ke zpracování v tabulkovém editoru Microsoft Excel 2007.

Jak jsem se výše zmínil, je důležité studenty seznámit s chybami, které se mohou vyskytnout v měření a vysvětlit jim důsledky jejich přehlížení na konečný výsledek celého měření. Proto se v druhé části zaměřuji na vybrané poznatky z teorie chyb.

Následující část práce je zaměřena na samotný návrh a provedení konstrukce všech částí, které jsou potřebné k úspěšnému řešení zadání jednotlivých úloh. Každá z úloh obsahuje teoretickou část, ve které jsou vysvětleny základní pojmy a fyzikální principy studovaného jevu. Další součástí je přesný návod pro výrobu měřící soustavy, dokumentace, fotodokumentace a pracovní postup. Také výběr vhodných prvků edukačního systému a nastavení programu Pasco DataStudio.

Pátá část obsahuje sadu pracovních listů k úlohám, které obsahují zadání úlohy, teoretický základ, otázky k zamyšlení a všechny důležité informace pro studenty, aby byli schopni samostatného a úspěšného řešení úlohy.

Poslední část mé práce obsahuje ukázkové řešení úloh společně s vypracovanými pracovními listy a protokoly v takové podobě, v jaké by je měli odevzdávat studenti, kteří se praktika zúčastní.

2 Edukační systémy

2.1 Co je to edukační systém?

Co je to edukační systém? Jedná se o moderní elektronické prostředky pro přímou podporu výuky, kdy se experimentální činnost dostává od učitele do rukou žáků a studentů. Celý systém tvoří sada elektronických zařízení, která obsahuje čidla umožňující měření různých fyzikálních veličin, která převádí aktuálně měřené hodnoty do binárního kódu a pomocí komunikačního rozhraní je odesílají do počítače, popřípadě přenosného terminálu, ve kterém je možné s daty dále pracovat a vyhodnocovat je. Velice důležitý je také ovládací software, ve kterém si studenti mohou volit mezi různými možnostmi zobrazení, jako je například aktuální hodnota nebo grafické znázornění průběhu experimentu. Podpůrný program dále nabízí možnost nastavení citlivosti, vzorkovací frekvence, měřicí rozsah a další důležité atributy jednotlivých čidel. Další výhodou je získání naměřených dat na externí paměťový nosič, což umožňuje následovné zpracování dat v některém z běžných kancelářských programů, které umožňují hromadné zpracování a vyhodnocení datového souboru, jako je například tabulkový kalkulátor Excel, který je součástí placeného kancelářského balíku Office od firmy Microsoft. Pokud škola nedisponuje tímto softwarem pro jeho vyšší cenu, jsou v softwarovém světě i alternativní možnosti, jako třeba program Calc, z kancelářského balíku Open office, který je pod softwarovou licencí open source což umožňuje jeho bezplatné využívání v domácnostech, firmách i školách. Velice důležité je i umožnění zapojení několika měřících prvků zároveň, což umožňuje provádět komplexní a komplikovanější experimenty a měření.

2.2 Možnosti využití

Studenti při využití těchto systémů mohou volit mezi běžnými experimenty, obzvláště na základních školách, a laboratorními činnostmi na školách středních. Bohužel někteří učitelé nevidí uplatnění těchto zařízení na středních školách, jelikož přímá podpora praktických cvičení v různých oborech není až tak rozsáhlá. Jelikož je využití sad závislé pouze na fantazii pedagogických pracovníků a možnostech jednotlivých měřících prvků, lze využít sad při výuce nejen obecných předmětů jako je fyzika, biologie, chemie, ale i v odborných předmětech jako je mechanika,

elektrotechnika, různá praktika apod., které se ve větší míře vyučují na středních odborných školách.

Malé rozměry a odolné provedení vybízí k laboratorní činnosti i mimo školu, kde najdou uplatnění přenosné datalogery.

Možnost samostatného objevování a poznávání pomáhá studentům mnohem více, než studium učebnic nebo frontální výuka. Potřeba účasti více žáků na měření, také dává možnost rozvinutí schopností práce v kolektivu, která je preferována u zaměstnavatelů.

2.3 Proč využívat edukačních systémů ve výuce?

Znalosti a schopnosti v oblasti realizace měření různých fyzikálních veličin, jsou velice důležité, protože málokteré odvětví moderní doby se obejde bez získávání a zpracování dat, ať už jde o vstupní, průběžnou, výstupní nebo udržovací kontrolu. Společně s využitím edukačního systému si mohou studenti osvojit i zásady vypracování protokolů, které doprovází každou metrologickou činnost. Při laboratorních činnostech můžeme studenty, kromě samotné práce se sofistikovaným zařízením, obeznámit také s teorií chyb, jejíž znalost je velice důležitá pro úspěšné a kvalitní vyhodnocení experimentu.

Další výhodou těchto zařízení, ať už od firmy Pasco či Vernier, je přímá účast žáků na práci se systémy, získávání základních návyků v oblasti metrologie, které pak mohou studenti zhodnotit v praktickém životě. Velký význam má také to, že zařízení využívá pro zpracování dat výpočetní techniku, takže žáci si osvojují nejen základy měření, ale i způsob, jakým se zpracovávají a vyhodnocují data získaná za pomoci těchto systémů, což dává vzniknout mezipředmětovým vztahům. Studenti tak mají možnost například při výuce fyziky zhodnotit znalosti z hodin informatiky.

I přesto, že je provedení těchto souprav uzpůsobeno pro školní lavice, nikterak to nebrání tomu, aby se studenti naučili zodpovědně a šetrně využívat měřících zařízení, která jsou na profesionální úrovni vyrobena pro „zkušenou obsluhu“. U těchto zařízení je třeba určité ohleduplnosti a citlivosti při zacházení s nimi, jelikož jejich cena často překračuje i částku několik set tisíc korun.

3 Edukační systém firmy PASCO Scientific

3.1 O společnosti

Společnost Pasco Scientific vznikla v roce 1964 v americkém městě Roseville ve státě California [1]. Tato firma se zabývá vývojem svého vlastního edukačního systému, který je založen na jednoduchosti, odolnosti a širokém spektru využití. Ve svém portfoliu má společnost sondy a čidla pro jednoduché pokusy, laboratorní cvičení, ale i výzkumnou činnost. Síla tohoto systému spočívá v jeho masivním rozšíření a celosvětové podpoře. Společně s hardwarem obdrží škola i několik praktických úloh, experimentů z přírodovědných předmětů jako je fyzika, chemie, biologie apod. Na tvorbě podpůrných materiálů se nepodílí pouze odborníci z mateřské společnosti, ale hlavně samotní učitelé, kteří pomůcky využívají ve svých hodinách.

Také softwarová podpora není společnosti cizí a několikrát za rok vychází aktualizace programu DataStudio, který je ve verzi Lite volně dostupný z webových stránek vydavatele nebo distributora.

Kromě různých senzorů a sad vyvíjí firma Pasco přenosné terminály, díky kterým může probíhat měření i v podmínkách, které ve školní laboratoři vytvořit nemůžeme.

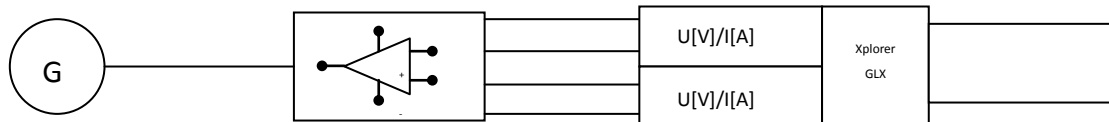
O komunikaci s pedagogy, kteří systému využívají při vlastní výuce, se stará národní zastoupení. Součástí péče o zákazníka je široká nabídka školení, doškolení a workshopů.

O úspěchu společnosti vypovídá rozsáhlá sbírka ocenění edukačního systému, ale i to, že o výukový program je zájem i v zemích, které se k novým možnostem výuky dostávají až teď, ať už z politických nebo finančních důvodů.

3.2 Práce s edukačním systémem

Samotná práce s jednotlivými senzory je velmi jednoduchá, aby ji mohly zvládnout i děti mladšího věku. Výhodou je možnost připojení vlastního zařízení, které umožní změny měřicího rozsahu dle potřeb pro danou úlohu. Takto jsme například v loňském roce využili dataloggeru Xplorer GLX společně s čidly pro měření elektrického napětí a proudu pro měření vyrobené energie lidskou silou, kdy studenti naší školy točili 24 hodin zařízením zvaným žentour, které bylo připojeno k dynamu, a

soutěžili o to, který z maturitních oborů přemění větší množství pohybové energie v energii elektrickou. Jelikož měřící rozsah senzorů byl nedostačující, pomohli jsme si vlastním zařízením, které obsahovalo operační zesilovač a v určitém poměru převádělo napětí a proud generovaný dynamem (obrázek 1) na hodnoty pro senzor již „bezpečné“. Pro výsledné vyhodnocení jsme pouze vyexportovali data z dataloggeru a zpracovali je pomocí aplikace MS Excel. Na tomto příkladu je dobře patrné univerzální využití systému i tam, kde jiné přesnější možnosti nejsou.



Obrázek 1 – schematické zapojení pro měření el. energie

3.2.1 Způsob připojení

3.2.1.1 Připojení k PC

Propojení senzoru s počítačem je realizováno pomocí speciální sběrnice na senzoru (obrázek 2 – vlevo) a na zařízení (obrázek 2 – vpravo), které převádí signál do běžné sběrnice USB. Zařízení umožňující připojení jednoho snímače k USB portu počítače se jmenuje USB link (obrázek 3 – vlevo). Pokud chceme zapojit více snímačů najednou, musíme volit zařízení Powerlink (obrázek 3 – vpravo) umožňující sběr dat ze tří senzorů. Jako velmi praktické se jeví využití modulu Airlink (obrázek 4). Ten využívá bezdrátového propojení s počítačem pomocí technologie Bluetooth s dosahem až 10m. Po připojení snímacích prvků musíme spustit program Datastudio, který automaticky rozezná připojená zařízení a nabídne volby úprav jejich nastavení.



Sběrnice na snímači

Obrázek 2



Sběrnice USB Linku



USB Link



Obrázek 3

PowerLink



Obrázek 4 – bezdrátový modul Airlink [1]

3.2.1.2 Připojení k přenosnému dataloggeru Xplorer GLX

V případě použití přenosného dataloggeru není zapotřebí použití USB linku ani žádného jiného rozhraní, jelikož samotný přístroj obsahuje čtyři porty pro připojení senzorů, proto lze využít Xplorer k připojení čtyř měřících čidel k počítači propojením dataloggeru a počítače pomocí USB kabelu. Zařízení opět automaticky detekuje připojené senzory a nabídne uživateli konkrétní možnosti nastavení čidel.

3.2.2 Datalogger Xplorer GLX

Jedná se o zařízení, které umožňuje používání senzorů bez potřeby připojení k počítači. Zároveň díky vestavěnému akumulátoru dává možnost žákům vyrazit za měřeními do terénu.

Jak jsem již zmínil v předchozí kapitole, tak k dataloggeru je možno připojení až čtyř snímacích prvků zároveň (obrázek 5). Díky přehlednému displeji a klávesnici opatřené velice dobře čitelnými číslicemi a piktogramy, je používání přístroje intuitivní a jednoduché i pro mladší žáky. Menu přístroje je realizováno formou ikon a i když obsluha neovládá anglický jazyk, tak základní úkony s přístrojem provést dovede.

Naměřená data lze uložit do textového souboru a následně z přístroje vyexportovat na paměťové zařízení typu flash, které se připojí k USB sběrnici přístroje. Díky USB lze také k loggeru připojit počítačovou myš či tiskárnu.

Explorer umožňuje přímé měření teplot ze dvou senzorů zároveň. Dále obsahuje vestavěný generátor signálů, a to i akustických, zvukový senzor, reproduktory a vestavěný senzor pro měření elektrického napětí v rozsahu -10V až 10V [1].



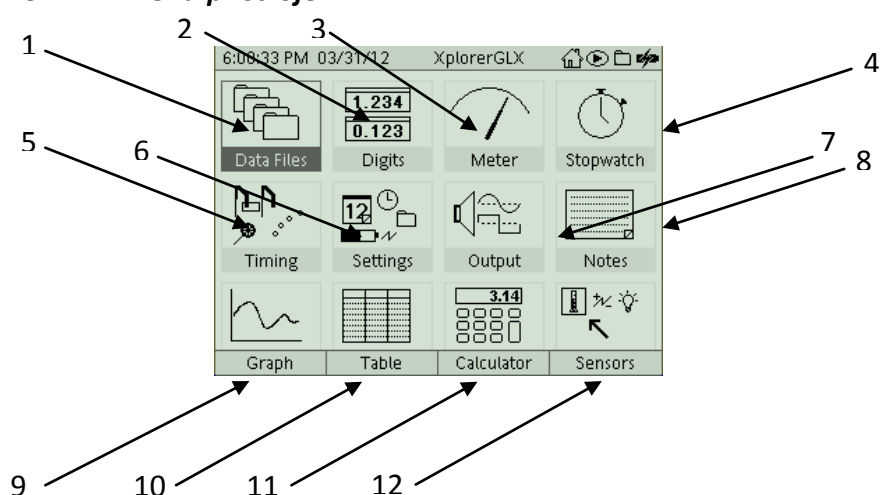
Obrázek 5 – sběrnice na dataloggeru

3.2.2.1 Popis přístroje



- ❖ 1 – funkční klávesy
- ❖ 2 – klávesa Escape
- ❖ 3 – nahrání dat – manuální režim, přidání poznámky
- ❖ 4 – Start, stop
- ❖ 5 – numerická klávesnice, matematické operátory
- ❖ 6 – šipky pohybu, potvrzení
- ❖ 7 – návrat do nabídky
- ❖ 8 – vymazání položky
- ❖ 9 – zapnutí, vypnutí přístroje

3.2.2.2 Menu přístroje



- ❖ 1 Data: tato položka umožňuje správu dat uložených v přístroji a jejich následný export na externí paměťové médium.
- ❖ 2 Digits: zobrazuje aktuálně měřenou veličinu v podobě číslic vyjadřujících hodnotu velikosti veličiny.
- ❖ 3 Meter: zobrazení velikosti aktuálně měřené veličiny pomocí analogového ukazatele.
- ❖ 4 Stopwatch: spouští vestavěnou funkci stopkek.
- ❖ 5 Timing: umožňuje nastavení časování pro některé senzory využívající vzorkovací frekvence.
- ❖ 6 Settings: nastavení základních parametrů přístroje (čas, datum, jazyk, apod.).
- ❖ 7 Output: nastavení vestavěného generátoru signálu.
- ❖ 8 Notes: umožňuje zápis poznámek během experimentu a následný export na úložné zařízení.
- ❖ 9 Graph: zobrazuje vývoj měření formou grafu, do kterého stále promítá aktuálně snímaná data.
- ❖ 10 Table: tabulka, do níž se vypisují měřené hodnoty veličiny s frekvencí, kterou jsme nastavili před spuštěním záznamu.
- ❖ 11 Calculator: vestavěná kalkulačka, která je rozšířena o pokročilé funkce (např. goniometrie, logaritmy)
- ❖ 12 Sensors: tato položka umožňuje širší nastavení připojených senzorů, jako je například snímací frekvence, snímaná veličina.

3.2.3 Základní senzory pro experimentální činnost při výuce fyziky

3.2.3.1 Senzor síly – siloměr

Toto čidlo slouží k měření síly, podobně jako siloměr. U senzoru lze nastavit vzorkovací frekvence 10 Hz až 1000 Hz [1] a měřící rozsah je -50 N až 50 N [1] s citlivostí 0,03 N. Na těle senzoru se též nachází tlačítko pro vynulování. Pomocí tohoto senzoru lze ve všech klasických pokusech a měřeních nahradit běžný siloměr.



3.2.3.2 Světelný senzor – luxmetr

Senzor sloužící k měření intenzity osvětlení, který má tři úrovně měřícího rozsahu dle toho, jaký zdroj světla čidlo osvětluje.

- ❖ 0 - 2,6 lx – pro zdroje s nižší intenzitou produkovaného světla (např. svíčka) [1]
- ❖ 0 – 260 lx – pro umělé zdroje světla (např. žárovky nebo zářivky) [1]
- ❖ 0-26000 lx – pro měření intenzity světla ze Slunce [1].

Maximální frekvence snímání je 1000 Hz, minimální lze nastavit na několik měření za den. Ve spojení se zdrojem světla, lze toto čidlo využít například pro optické snímání otáček tělesa.



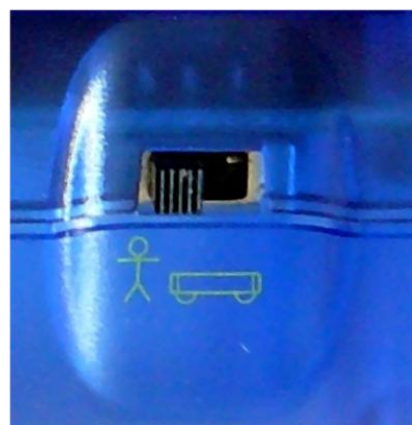
3.2.3.3 Senzor magnetické indukce

Toto čidlo umožňuje sledovat změny v magnetickém poli ať už přírodních magnetických látek, tak i magnetického pole vyvolaného elektrickým proudem. Měřicí rozsah senzoru je od -1000 Gauss do 1000 Gauss [1] s maximální vzorkovací frekvencí 20 Hz.



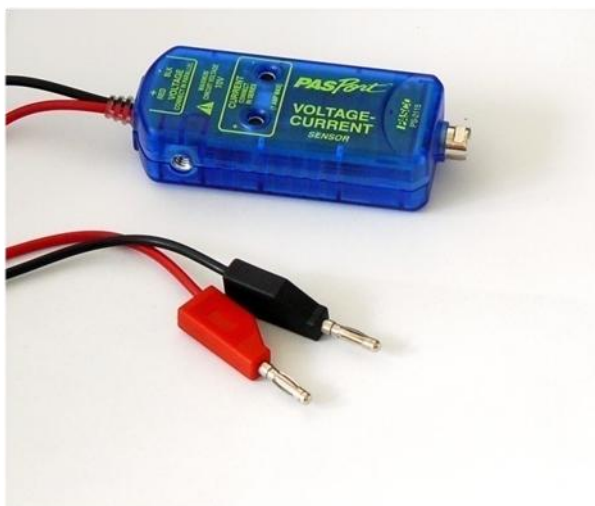
3.2.3.4 Pohybový senzor

Pohybový senzor umožňuje přímé měření rychlosti a zrychlení na základě vysílání a přijímání odražených vln od tělesa. S měřicím rozsahem od 0,15 m do 8 m [1] dává obrovský prostor k možnému využití. Přimo na senzoru je umístěn přepínač, který umožňuje nastavení maximální vzdálenosti tělesa.



3.2.3.5 Senzor pro měření napětí a proudu

Při jednoduchých měřeních nebo experimentech, např. k podpoře výuky Ohmova zákona, lze využít tohoto čidla. Měřicí rozsah pro měření napětí je od -10 V do +10 V a pro měření elektrického proudu do 1 A. Navíc je možné sledovat obě veličiny zároveň, což umožňuje ze získaných dat např. vypočítat elektrický výkon pro každý časový úsek záznamu.



3.2.3.6 Fotobrána

Hlavní část tohoto senzoru tvoří emitor infračerveného světla a fotocitlivý prvek, kdykoli je paprsek přerušen, je přerušeni načteno. Vzhledem k širokému využití lze toto čidlo nastavit na konkrétní úlohy jako je například měření gravitačního zrychlení, periody u kyvadla a podobně. K připojení zařízení je potřeba digitální adaptér, do kterého je možné připojit dvě fotobrány najednou.



3.2.3.7 Senzor teploty – teploměr

Uvnitř tohoto snímače se skrývá termistor, díky kterému je měřicí rozsah od -35°C až do 135°C . Uložení termistoru v nerezovém pouzdře umožňuje i měření v agresivním látkovém prostředí. Citlivost senzoru je $0,01^{\circ}\text{C}$, což je dostačující pro běžné snímání teploty. Časové nastavení snímání je taktéž široké, umožňuje uložení 10 hodnot za sekundu, ale i pouze jedné za hodinu či den, což lze využít při dlouhodobém sledování určité soustavy.



3.2.4 Software DataStudio

K zakoupeným sadám dodává firma Pasco Scientific také podpůrný software Data Studio, ve kterém se provádí zobrazení hodnot veličin, vykreslení grafů, ukládání hodnot, kalibrace senzorů, export dat do textového souboru, zpracování již dříve získaných dat z měření pomocí dataloggeru mimo laboratoř, atd.

Program je k dispozici v placené verzi, která umožňuje využití všech nástrojů a možností nastavení, ale i ve verzi lite. Ta obsahuje menší škálu možností a nastavení, avšak k měření a vyhodnocení dat v kombinaci s dalším softwarem je dostačující. Pokud si nainstalujete lite verzi, začíná ubíhat 90 denní zkušební doba, kdy program disponuje všemi možnostmi, tak jako v plné verzi. Výstupem práce v této aplikaci může být datový soubor obsahující naměřené hodnoty, který je vhodný k dalšímu zpracování např. v tabulkovém procesoru, nebo soubor aplikace DataStudio.

Takový soubor obsahuje veškeré přípravy pro měření, nastavení vzorkovací frekvence, nastavení měřítka grafu apod., což jistě ocení vyučující na nižších stupních, kdy jim takovýto soubor ušetří čas, který mohou věnovat samotným žákům a průběhu

experimentu. Dle mého názoru je však potřeba, aby si studenti zvykali řešit problémy sami, a tak je zde na místě pomyslné „vhození do vody“, kdy se studenti seznamují se softwarem sami a procházejí si všechny možnosti nastavení, čímž se učí s programem pracovat samostatně a ne jít cestou někým vyšlapanou. Jelikož je program dostupný i v české verzi, mohou s aplikací pracovat i mladší žáci samostatně.

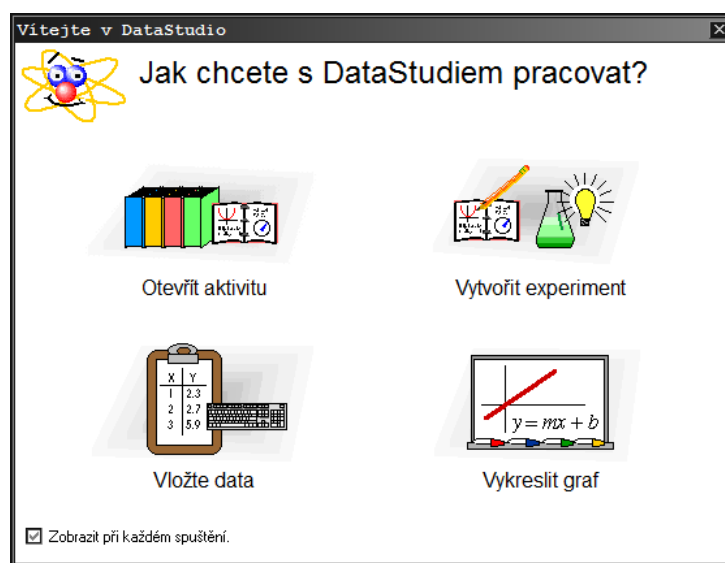
3.2.4.1 Hardwarové a systémové požadavky

Jelikož se jedná o velice nenáročný software, co se výkonu počítače týče, je možné jej nainstalovat na slabší popř. starší počítače. To může být do jisté míry výhodou pro vzdělávací zařízení, které nedisponuje novou výpočetní technikou.

- ❖ Minimální hardwarové požadavky [1]
 - PC s procesorem Pentium II
 - 50 MB volného místa na pevném disku
 - 16 MB operační paměti RAM
- ❖ Minimální softwarové požadavky
 - operační systém Windows 98 a vyšší
 - operační systém Macintosh OS 8.6 a vyšší

3.2.4.2 Po spuštění

Po spuštění programu DataStudio se objeví základní nabídka (obrázek 6), ze které je možné vybrat námi požadovanou činnost.



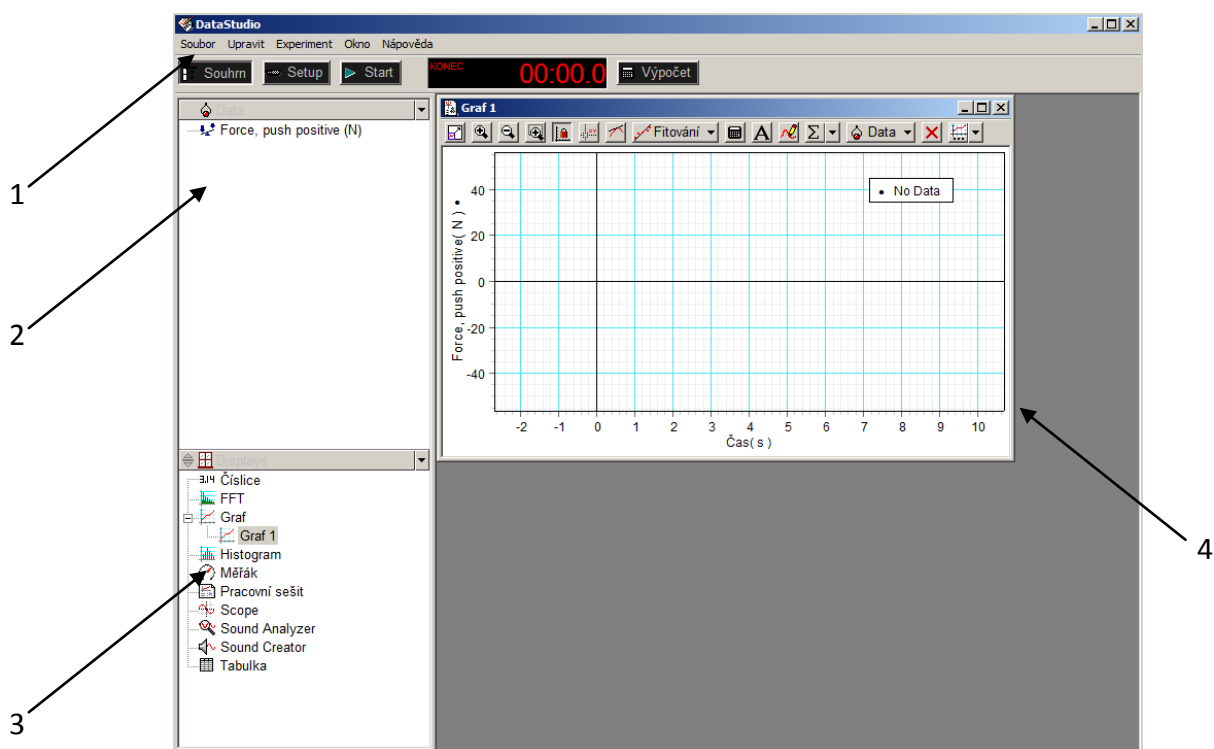
Obrázek 6

- ❖ Otevřít aktivitu – otevření dříve vytvořeného měření
- ❖ Vytvořit experiment – umožňuje vytvoření souboru obsahujícího vše potřebné pro vlastní měření
- ❖ Vložte data – tato volba je určena pro zpracování dříve naměřených hodnot v programu či z externího zdroje
- ❖ Vykreslit graf – samostatná volba pro přímé grafické zobrazení výstupu ze senzoru

3.2.4.3 Práce na experimentu

Po výběru volby *vytvořit experiment* vás dialogové okno ihned vyzve k připojení Pasport čidla. K vysvětlení práce s programem jsem si vybral senzor pro snímání síly, který využiji ve svém měření odporové smykové síly.

Po připojení se okamžitě objeví v levé horní části nazvané Data senzorem snímaná veličina a automaticky se otevře okno pro graf (viz popis obrázek 7).



Obrázek 7 – uživatelské rozhraní programu DataStudio

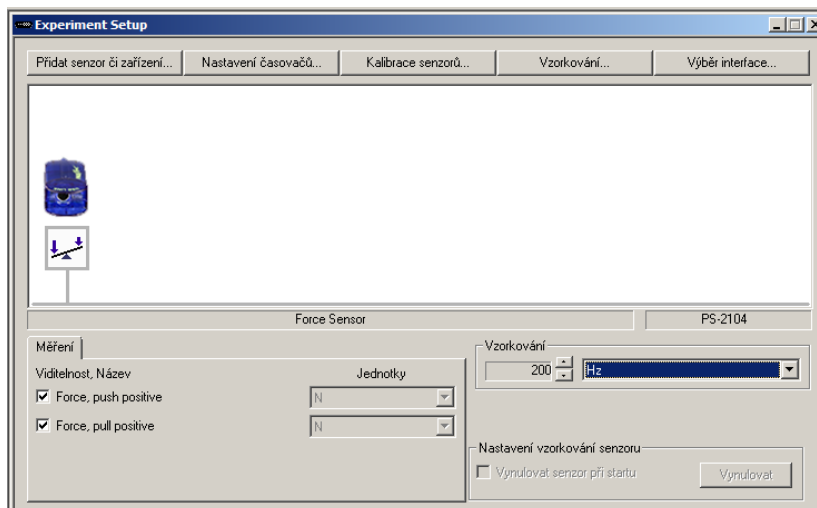
- ❖ 1 – tlačítka pro nastavení, spuštění/zastavení a zobrazení souhrnných výsledků měření. Vedle těchto tlačítek jsou umístěny stopky, které umožňují po nastavení i odpočet a nechybí ani pomocná kalkulačka. Ta ale není součástí lite verze programu.

- ❖ 2 – v této nabídce pojmenované Data naleznete přehled připojených senzorů.
- ❖ 3 – v nabídce display můžete měnit mezi různými zobrazeními aktuálního výstupu z čidla.
- ❖ 4 – okno pro aktuální vykreslování vývoje snímané veličiny.

Samotné nastavení vlastností senzoru po zmáčknutí tlačítka setup je velmi jednoduché. Každé čidlo umožňuje nastavení pouze v rozsahu, kterému fyzicky odpovídá. Proto lze u snímače síly nastavit maximální hodnota vzorkování na 1000 Hz, jelikož rychlejšího vzorkování zařízení není schopno. Lze měnit i jednotky v nabídce vzorkování z hertzů přes sekundy až po hodiny, což umožňuje tvořit i dlouhodobé experimenty. Po stisknutí tlačítka *vzorkování* z horní nabídky má obsluha možnost nastavit dobu trvání měření, popřípadě odložený start nebo automatický start po překročení určité hodnoty měřené veličiny, pokud jsou ruce studenta potřebné při vlastní realizaci experimentu.

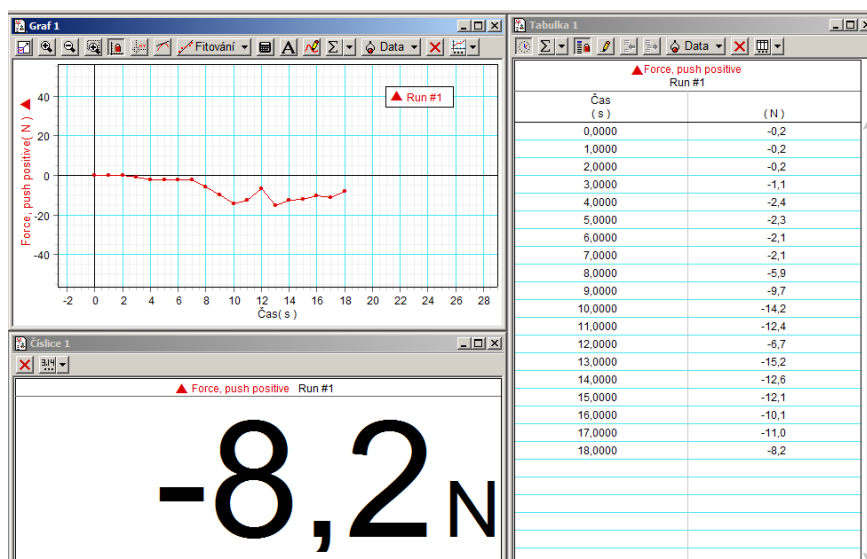
U senzoru síly je možné také nastavit, zda zaznamenaná síla je tahová či tlaková, což značně rozšiřuje možnosti využití edukačního systému.

Samozřejmostí je možnost kalibrace, které využijeme, pokud si nejsme jisti, že přesnost senzoru odpovídá základním předpokladům. Všechna čidla jsou však kalibrována od dodavatele, takže tento krok bychom měli volit jen v krajních případech.



Obrázek 8 – možnosti nastavení senzoru

Další funkcí programu, jenž je potřeba znát, je nastavení možnosti zobrazení probíhajícího experimentu. Aplikace nabízí okamžité zobrazení grafu, histogramu, analogového nebo digitálního ukazatele měřícího přístroje, tabulka. Pro mé potřeby si vystačím s grafem, digitálním přístrojem a tabulkou (viz. obrázek 9).



Obrázek 9 – výstup z měření

Do grafu i tabulky je samozřejmě možné přidat i záznam dalšího měření a provést přímé porovnání z prvního a druhého zaznamenávaného cyklu ihned.

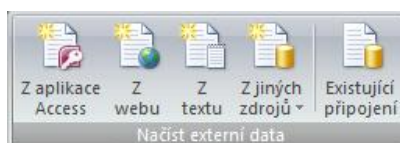
3.2.4.4 Export a import dat

Pokud se rozhodneme zpracovat data v jiném programu než je dodávaná aplikace, pak lze získané údaje z jednotlivých měření exportovat a posléze je importovat například do tabulkového procesoru MS Excel, díky čemuž si žáci procvičí práci s touto aplikací a poznají její hlubší význam. Export dat z aplikace DataStudio je velice jednoduchý, stačí v nabídce *Soubor* zvolit možnost *Exportovat data* a průvodce se poté zeptá který z měřících cyklů. Následně se zobrazí okno pro výběr umístění souboru, který je v klasickém formátu textového souboru s příponou *.txt*. V této podobě není problém data importovat do další aplikace a dále s nimi pracovat.

Jako program k zpracování naměřených hodnot jsem si vybral tabulkový procesor firmy Microsoft Excel a jako alternativu jsem zvolil volně dostupný open source Open office Calc.

Import dat do aplikace Microsoft Excel

Verze programu, kterou používám je z roku 2007 a základní nabídka je zde členěna do pruhu karet, kde se nacházejí jednotlivé nástroje k efektivnímu užívání tohoto programu. Většina možností výběru je řešena formou piktogramů pro maximální pohodlí uživatele. Pro práci s daty v souboru, popřípadě pro vložení dat z externího zdroje, nalezneme v pruhu karet záložku *Data*, na které se nachází nabídka *Načíst externí data* (obrázek 10), kde je vše co potřebujeme k úspěšnému vložení vyexportovaných dat z měření.

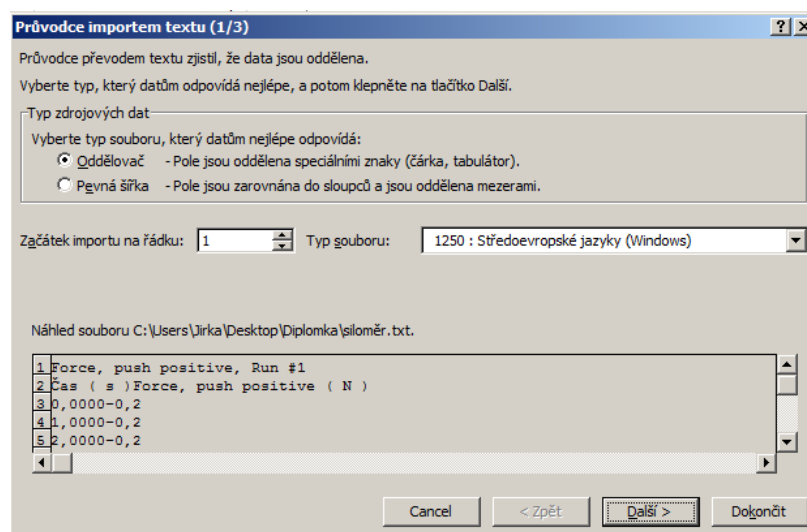


Obrázek 10

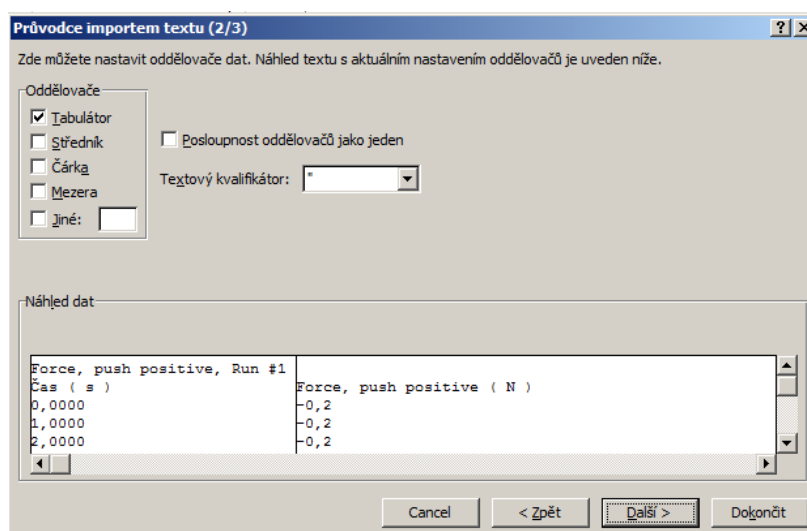
Jelikož soubor z DataStudio je typu *txt* vybereme možnost *Z textu*. Ihned po té se zobrazí průvodce vkládáním externích dat.

Prvním krokem je výběr textového souboru, kde musíme vyhledat soubor v konkrétní složce. Následuje volba typu zdroje dat dle typu souboru s volbou oddělovače (obrázek 11). Tím může být tabulátor nebo středník. Ten slouží k tomu, aby program poznal a dokázal rozdělit data do sloupců. Součástí tohoto kroku je položka udávající, od které řádky původního souboru mají být data importována. Explicitně je

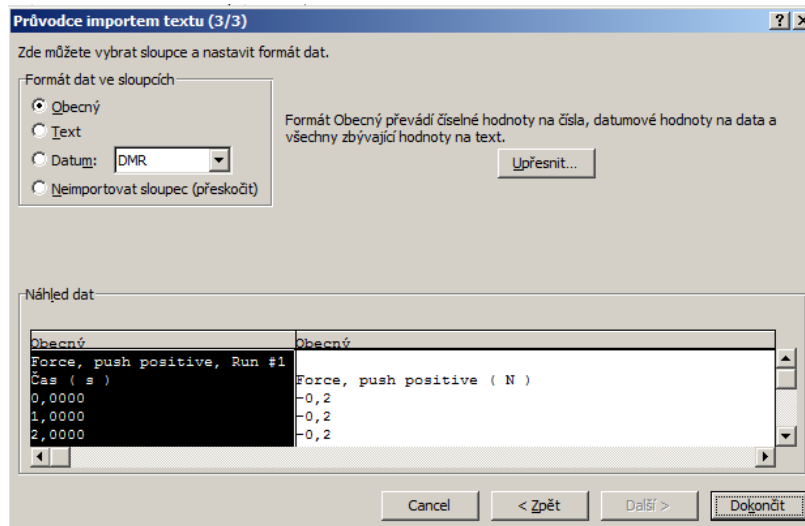
nastaven první řádek. Následuje volba oddělovače společně se zobrazeným náhledem datového výstupu v tabulce (obrázek 12). Jak jsem již uvedl výše, tak datový soubor vytvořený při měření v Pasco aplikaci DataStudio, užívá jako oddělovače tabulátoru. Toto však není pravidlem pro všechny programy a zařízení, které umožňují export dat! Třetím a zároveň posledním krokem je volba datového typu pro importované hodnoty. Toto je nastaveno na volbu *Obecný*. Na výběr je ještě z možností *Text* a *Datum*, což jsou datové typy, které se nehodí k našim potřebám (obrázek 13). Nakonec je nutné vybrat počáteční buňku oblasti, do níž budou data vložena.



Obrázek 11



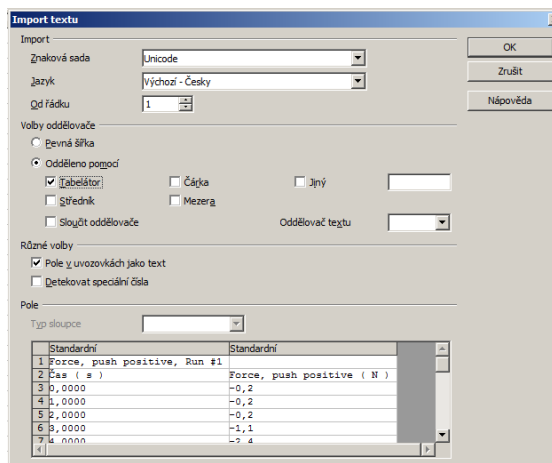
Obrázek 12



Obrázek 13

Import dat do aplikace Open office Calc

Práce s tímto programem je o něco snazší, jelikož stačí označit celý obsah textového souboru pomocí klávesové zkratky ctrl+a následně vybraný obsah zkopírovat (ctrl+c) a nakonec vložit do prázdného dokumentu v Calc (ctrl+v). Vše potřebné jako oddělovače, datový typ apod. se provádí v jednom jediném okně (obrázek 14), a to se otevře automaticky ihned po vložení datového obsahu.



Obrázek 14

4 Základy fyzikálních měření

Dříve než se začneme měřením zabývat, je důležité znát odpověď na otázku „Co je to měření?“. Měření je činnost nebo soubor činností, které stanovují hodnoty fyzikální veličiny. Jedná se vlastně o experiment, po jehož realizaci máme číselné hodnoty zkoumané veličiny, které můžeme vyhodnotit a potvrdit či vyvrátit předpokládaný výsledek. Jedná se o velice důležitou součást fyziky. Dokládá to i fakt, že měření a všemu co je s ním spojeno, se věnuje vědní disciplína nazývaná se metrologie. Metrologie zkoumá postupy získávání údajů o fyzikálních veličinách, zabývá se vývojem přístrojů a pomůcek k těmto činnostem potřebným a v neposlední řadě řeší i problematiku zpracování a vyhodnocení výstupů.

Postupy, pomocí kterých určujeme, hodnotu fyzikálních veličin nazýváme metody měření. Hodnotu fyzikální veličiny můžeme určit různými metodami, takže vše záleží na možnostech laboratoře, popřípadě osoby měření provádějící. Je velmi důležité zvolit vhodnou měřící metodu již před začátkem měření a vyvarovat se tak možným chybám měření vzniklým právě užitím nevhodné metody měření.

4.1 Metody měření (dle [3])

4.1.1 Přímé a nepřímé metody měření

Nejčastěji používanou metodou měření je metoda přímá, kdy hodnotu veličiny odečítáme z měřícího zařízení či pomůcky. Jako například měření elektrického proudu ampérmetrem, rozměru posuvným měřidlem, teploty teploměrem, síly siloměrem. Nepřímé metody využívají k určení hodnoty fyzikální veličiny známý vztah, do kterého lze dosadit změřené veličiny a tak výpočtem určit hodnotu veličiny neznámé. Příkladem může být určení hmotnosti tělesa. Pokud známe hodnotu tíhového zrychlení a sílu, kterou těleso působí na závěs siloměru, pak po dosazení do vzorce $F=m \cdot a$, ze kterého vyjádříme hmotnost m , určíme hmotnost tělesa.

4.1.2 Absolutní a relativní metody měření

Absolutní metody měření jsou postupy, při kterých získáváme hodnotu měřené veličiny v základních jednotkách přímo z měřícího zařízení. Například tlak udávaný přímo v pascálech, síla v newtonech, čas v sekundách, hmotnost v kilogramech atd.

Do skupiny relativních metod měření spadají postupy, kdy určujeme hodnotu veličiny nám neznámou porovnáním s tzv. normálem, který má známou hodnotu zkoumané veličiny. Např. závaží, koncové měrky atd.

4.1.3 Statické a dynamické metody měření

U statických a dynamických metod měření, jak již název napovídá, vycházíme z pohybového stavu přístroje a měřícího systému. Obě metody lze například využít při měření tuhosti pružiny.

4.1.4 Substituční metoda měření

Pokud při měření budeme neznámý měřený objekt nahrazovat normálem se známou hodnotou veličiny, budeme používat substituční metodu měření. Tato metoda se velmi často používá při určení hodnoty neznámého odporu v elektrickém obvodu, kdy změříme elektrický proud protékající tímto obvodem a poté nahradíme neznámý odpor odporovou dekádou, na které měníme hodnotu odporu a sledujeme velikost protékajícího proudu do doby, kdy se hodnota I nepřiblíží nebo nerovná hodnotě proudu z obvodu s neznámým odporem.

4.1.5 Metoda kompenzační

Tato metoda vychází z vyrovnávání neznámé veličiny, měřeného objektu, pomocí normálu této veličiny, u kterého známe její hodnotu. Nejznámějším příkladem užití této metody je určování hmotnosti pomocí rovnoramenných vah.

4.2 Příprava měření

Příprava vlastního měření je velmi důležitým krokem k úspěšné realizaci experimentu a neměla by být nikdy podceňována, pokud chceme získat kvalitní výsledky.

Jako první musí osoba měření provádějící dokonale porozumět zadání úlohy, popřípadě tomu, co je cílem měření. To znamená, že musí být plně seznámena se zadáním a konkrétní problematikou úlohy. Během přípravy měření je důležité zvolit vhodnou metodu, pomocí které budeme určovat hodnotu veličiny, kontrolovat všechny měřicí přístroje a popřípadě provést jejich kalibraci, či vynulování a v neposlední řadě uvážit, jaké vlivy mohou nějakým způsobem ovlivnit měření. Například ověřujeme-li rozměrovou přesnost tělesa, je dobré vzít v úvahu teplotní

roztlačnost materiálu, z něhož je těleso vyrobeno, protože pokud chceme výsledky s přesností řádově μm , může vyšší teplota v místnosti způsobit, že námi získané výsledky nebudou mít onu vypovídající hodnotu. Proto je důležité zajistit vhodné měřicí podmínky, tzn. zajistit optimální teplotu, vlhkost nebo tlak, pokud to jde, v místnosti kde bude měření probíhat. Pakliže není možné zajištění těchto podmínek, musí být zaznamenány tyto veličiny z místa měření do protokolu.

Při přípravách měření je také důležité vypracovat záznamový arch, popřípadě připravit tabulku pro záznam dat v počítači, popř. soubor, do kterého budou data importována z měřicího zařízení. Je dobré do zprávy o měření nebo protokolu zaznamenat i schéma, uspořádání, nebo zapojení měřicí soustavy. Dále je vhodné zaznamenat inventární čísla či evidenční čísla použitých měřidel, aby bylo možné kdykoli měření, například pro potřeby ověření, realizovat se stejnými měřidly nebo měřicími pomůckami. Vše stačí zapsat na papír tužkou či propiskou, ale do protokolu by vše mělo být již zaznamenáno elektronicky s využitím potřebného softwaru, z důvodu jednoduché editace, přehlednosti a čitelnosti.

4.3 Realizace vlastního měření

Při vlastním měření postupujeme dle předem stanovených kroků a vše zaznamenáváme pro pozdější zpracování. Při práci s měřicími přístroji či pomůckami, s nimi zacházíme tak, aby nedošlo k poškození těchto zařízení nebo k újmě na zdraví. Pokud je to možné, je vhodné ověřit pomocí etalonu přesnost měřidla, měřicího zařízení. Dbáme na to, aby námi odečítané hodnoty byly správně odečítány a zapisovány. Tím snížíme pravděpodobnost výskytu chyb způsobených obsluhou.

4.4 Zpracování získaných výsledků

Velmi důležitou součástí celého procesu měření je zpracování, ve kterém je zahrnuto určení a vyloučení chyb z měření, statistické zpracování výsledků, vytvoření grafů, pokud je to nutné, stanovení určitého závěru, který je odpovědí na zadání úlohy. Všechny tyto kroky jsou zpracovány a zaznamenány v protokolu. Ten je kompletní zprávou o měření.

4.4.1 Protokol o měření

Protokol je záznamem o celém průběhu a výsledcích měření, který se většinou archivuje, aby bylo možné zpětné dohledání konkrétních výsledků, nebo může být v praxi součástí předávací dokumentace výrobku (např. měření izolačního odporu elektrického zařízení tzn. potvrzení bezpečnosti tohoto zařízení). Takovýto protokol je důležitým dokumentem při zpětné kontrole.

Co musí protokol obsahovat dle [4]:

1. Specifikace měření
 - 1.2 Název laboratorní úlohy či měření.
 - 1.3 Jméno a příjmení osoby (osob) měření provádějící.
 - 1.4 Datum, podmínky měření.
2. Zadání úlohy, popřípadě účel tohoto měření.
 - 2.2 Schéma měřicí soupravy.
3. Seznam použitých měřících pomůcek a zařízení.
4. Postup měření, kde je popsáno, jak měření probíhalo.
5. Naměřené a vypočítané hodnoty
 - 5.2 Tabulky se získanými hodnotami fyzikálních veličin, popřípadě grafy z těchto hodnot sestavených.
 - 5.3 Statistické zpracování výsledků.
6. Zhodnocení měření, stanovení závěru a uvedení výsledků.

4.4.2 Statistické zpracování výsledků

Pokud chceme dosáhnout co nejpřesnějších výsledků měření, je potřeba, aby bylo naměřených hodnot co nejvíce. Tyto hodnoty se zpracovávají tak, že jako nejpravděpodobnější hodnotu měření určíme aritmetický průměr ze všech měření konkrétní veličiny dle vztahu (1)[3]:

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_N}{N} = \frac{1}{N} \sum_{x=1}^N x_i \quad (1)$$

K určení přesnosti měření je potřebné stanovit průměrnou odchylku Δx , která je určena jako průměr všech odchylek naměřených hodnot od průměrné hodnoty z těchto hodnot stanovené.

Pro určení směrodatné odchytky a průměrné směrodatné odchytky použijeme následující vztahy:

Směrodatná odchytky měření (2)[3]

$$s = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2} \quad (2)$$

Směrodatná odchytky aritmetického průměru (3)[3]

$$s(\bar{x}) = \frac{s}{\sqrt{N}} \quad (3)$$

❖ Mezní chyba

Pokud vynásobíme směrodatnou odchytky měření studentovým součinitelem t (viz. Tabulka 1), dle vzorce 4, získáme hodnotu mezní chyby, která určuje interval hodnot, kdy je možné považovat výsledky jednotlivých měření za dobré. Pokud je hodnota měření mimo tento interval, pak je považována za hrubou chybu. Studentův součinitel je závislý na počtu měření n a zvolenou pravděpodobností P .

$$\kappa = t \cdot s(\bar{x}) \quad (4)$$

Tabulka 1 [6] – Studentův součinitel

| n | $t(P,n)$ | | | |
|----------|--------------|------------|------------|---------------|
| | $P = 68,3\%$ | $P = 95\%$ | $P = 99\%$ | $P = 99,73\%$ |
| 3 | 1,32 | 4,30 | 9,92 | 19,21 |
| 4 | 1,20 | 3,18 | 5,84 | 9,22 |
| 5 | 1,15 | 2,78 | 4,60 | 6,62 |
| 6 | 1,11 | 2,57 | 4,03 | 5,51 |
| 7 | 1,09 | 2,45 | 3,71 | 4,90 |
| 8 | 1,09 | 2,37 | 3,50 | 4,53 |
| 9 | 1,07 | 2,31 | 3,36 | 4,27 |
| 10 | 1,06 | 2,26 | 3,25 | 4,09 |
| 11 | 1,06 | 2,23 | 3,17 | 3,96 |
| 12 | 1,05 | 2,20 | 3,11 | 3,85 |
| 15 | 1,04 | 2,15 | 2,98 | 3,63 |
| 20 | 1,03 | 2,08 | 2,86 | 3,45 |
| 30 | 1,02 | 2,05 | 2,76 | 3,28 |
| 50 | 1,01 | 2,01 | 2,68 | 3,16 |
| 100 | 1,00 | 1,98 | 2,63 | 3,08 |
| ∞ | 1,00 | 1,96 | 2,58 | 3,00 |

Pokud máme určenou hodnotu nejpravděpodobnějšího výsledku a k němu i průměrnou hodnotu, tak můžeme provést zápis výsledku s příslušnou jednotkou (5)[3].

$$x = \bar{x} \pm t \cdot s(\bar{x}) \quad (5)$$

Dále je také nutné posoudit, zda je měření přesné. To provedeme tím, že určíme relativní mezní chybu ze souboru hodnot (6)[3].

$$\varepsilon_x = \frac{t \cdot s(\bar{x})}{\bar{x}} \cdot 100\% \quad (6)$$

4.5 Chyby měření

Chyby měření jsou odchylky od správné hodnoty, kterými je zatíženo každé měření. Jsou způsobeny nepřesnostmi měřidel a měřících zařízení, nedokonalostí lidské obsluhy, nebo se vyskytují náhodně. Některé chyby lze odstranit vyškrtnutím hodnoty ze všech naměřených, výměnou měřícího přístroje, nebo korekcí naměřených hodnot. Chyby měření lze rozdělit na hrubé, systematické (soustavné) a náhodné [4].

4.5.1 Hrubé chyby

Tyto chyby bývají způsobeny nepozorností osob provádějících měření, nebo poruchou či selháním měřicího přístroje. V souboru hodnot lze tuto chybu většinou jednoduše eliminovat, protože se hodnota zatížená touto chybou liší velmi výrazně od všech ostatních. Takovouto hodnotu můžeme ze souboru vynechat při statistickém zpracování.

4.5.2 Systematické (soustavné) chyby

Jsou to chyby vzniklé většinou měřicí pomůckou, nebo měřícím zařízením. Tato chyba se pozná podle toho, že zatěžuje každou hodnotu ze všech naměřených a to tak, že hodnoty jsou větší nebo menší a to vždy o stejnou odchylku. Samozřejmě pokud není určena nepřesnost onoho zařízení, nemůžeme chybu z měření eliminovat. Příčinou vzniku systematické chyby může ale být i nevhodně zvolená měřicí metoda. Korekci chyby je nutné uvést do závěru protokolu o měření.

4.5.3 Náhodné chyby

Náhodné chyby zatěžují každé měření a projevují se tím, že každá hodnota se od té předchozí liší, nelze je nikterak z měření eliminovat a proto se data z měření zpracovávají statisticky (viz. výše v textu), tím je možné určit nejpravděpodobnější správnou hodnotu výsledku.

5 Laboratorní cvičení číslo 1 – určení koeficientu smykového tření

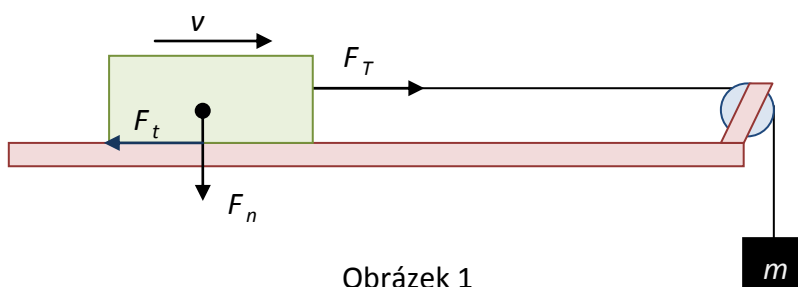
V této laboratorní úloze jsem se rozhodl zpracovat tematiku zabývající se odporovou třecí silou, zkoumáním vlivu hmotnosti tělesa, druhu povrchu a obsahu dotykové plochy tělesa na tuto sílu.

Pro vlastní měření využiji z edukačního systému Pasco, který mám na svém pracovišti k dispozici, siloměr a vozík využívající se ke studiu pohybu s využitím tohoto systému na dráze, která je k němu dodávána.

K tomu, aby bylo možné realizovat toto laboratorní cvičení bylo zapotřebí zkonstruovat dráhu, na které by mohli studenti samotné měření provádět. Kromě dráhy jsem se také zabýval myšlenkou jaké těleso použít, aby bylo možné libovolně měnit jeho hmotnost, popřípadě velikost dotykové plochy tělesa, ale i možností změny povrchu jak dotykové plochy, tak povrchu dráhy, po které se těleso bude posouvat. Vzal jsem v úvahu i možnost, která se mi jeví pro žáky jako zajímavou - porovnání odporové síly mezi povrchy bez maziva a také s ním.

5.1 Návrh laboratorního cvičení

Při přípravě tohoto měření jsem vycházel ze známého pokusu [5] (viz. obrázek 1), kdy je těleso o hmotnosti m spojeno provázkem, který je natažen přes kladku, se závažím. Závaží působí na provázek stálou silou, která je rovna tíhové síle onoho závaží, a tím posouvá těleso. To při svém pohybu překonává odporovou třecí sílu F_t , a pokud je tahová síla F_T rovna odporové síle působící proti pohybu tělesa, pak se těleso pohybuje rovnoměrně přímočaře.



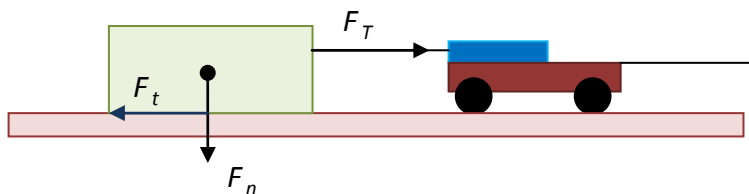
Obrázek 1

Původně jsem uvažoval o tom, že by vozík byl tažen studenty tak, aby byl jeho pohyb co nejvíce rovnoměrný, avšak po prvních měřeních se ukázalo, že dosažení plynulého pohybu vozíku po dráze je úkolem velmi složitým, a tak jsem se rozhodl aparaturu doplnit kladkou PASCO a závažím, tak jak je tomu u klasického pokusu.

K co nejpřesnějšímu určení součinitele smykového tření jsem tedy ještě za dráhu umístil senzor pohybu, který měří velikost zrychlení taženého tělesa. Poté přejdeme k výpočtu, kdy určíme odporovou sílu, tahovou sílu a výslednou sílu a ze vztahu mezi těmito silami vyjádříme součinitel smykového tření f .

Samozřejmě bylo nutné tento pokus upravit tak, aby bylo možné měřit tahovou sílu F_T při pohybu soustavy. K tomuto účelu jsem se rozhodl mezi tažený konec provázku a těleso umístit vozík Pasco a k němu připevnit senzor síly (viz. obrázek 2). Díky tomu bude možné snímat tahovou sílu s libovolnou frekvencí a na základě získaných hodnot měření určit součinitel smykového tření f pro konkrétní materiály na plochách dotyku.

Vzal jsem v úvahu vliv odporového podvozku, který veze čidlo, a právě proto jsem vybral autíčko ze sady Pasco, neboť kolečka tohoto vozíku jsou uložena v kuličkových ložiscích, což snižuje vliv tření os kol s tělesem vozíku na celou soustavu a tudíž i minimální vliv na výsledky celého měření.



Obrázek 2

5.2 Postup výroby měřicí soupravy

Jako podklad pro tuto soupravu jsem zvolil laminovanou dřevotřískovou desku o rozměrech 1200 x 300 x 10 mm, která se pohodlně vejde na studentskou lavici a díky nízké hmotnosti s ní bude jednoduché manipulovat.

Jako těleso tažené bylo možné zvolit například dřevěný hranol, ale v případě tohoto řešení by nebylo možné měnit tlakovou sílu tělesa. Rozhodl jsem se tedy vyrobit krabičky z tvrzeného polystyrenu, který ve škole využíváme k tvorbě modelů při výuce stavebnictví. Tento materiál je velice lehce opracovatelný a jeho lepení se provádí pomocí toluenu. Jako první jsem vyřezal z polystyrenové desky jednotlivé části krabiček, ty zabrousil a začal lepit. Po vytvrdnutí spojů jsem začistil hrany nožem a poté zabrousil brusným papírem hrubosti 80. Do krabiček během měření studenti budou

přísýpat nějakou sypkou surovinu (např. rýži, nebo čočku) a tak budou moci přesně stanovit tlakovou sílu F_n , kterou bude krabička působit na podložku. Jako základní rozměr jsem zvolil šíři krabičky 50 mm, délku 100 mm a výšku 50 mm. Jednotlivé díly i s rozměry, potřebných k výrobě krabičky, jsou vyobrazeny na obrázku 3. Na spodní stranu těchto kvádrů jsem pomocí oboustranné lepicí pásky připevnil vrstvy různě hrubých materiálů. Je na každém vyučujícím, které látky si zvolí. Já jsem zvolil kov, filc a brusný papír. Tyto budou taženy koridorem tvořeným dřevěným L profilem o šíři stran 25 mm a délce 600 mm. Vzdálenost mezi profily je 70 mm a mezi ně se vkládají plastové desky o rozměru 70 x 600 mm, na kterých je připevněna vrstva materiálu tvořící stykovou plochu s krabičkou.

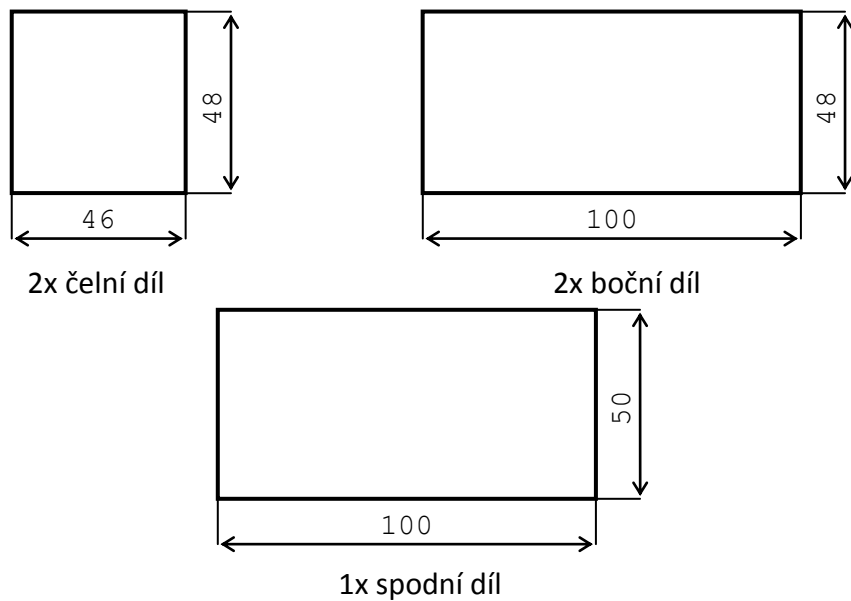
Tyto desky lze libovolně měnit a tím může být vytvořeno velké množství vzájemných dotyků povrchů.

Vzal jsem v úvahu také to, že součástí měření by mělo být vlastní zjištění, na čem závisí velikost odporové síly, proto jsem se rozhodl zhotovit jednu krabičku s polovičním obsahem podstavy. Tato krabička má rozměry 50 x 50 x 50 mm (schéma na obrázku 4). Jako další zajímavou možností se jeví porovnání odporové síly mezi dvěma kovovými povrchy bez použití maziva a s mazivem. Pro variantu měření s mazivem jsem se rozhodl zhotovit plastovou dráhu o rozměrech 600 x 65 x 30 mm, která se vloží mezi dřevěné profily. Na dno této dráhy je umístěn kovový proužek, na ten je nanášena vrstva maziva a po té je tažena krabička podlepena dalším kovovým pruhem. Toto řešení jsem zvolil proto, aby nedošlo k znečištění měřící soustavy od maziva.

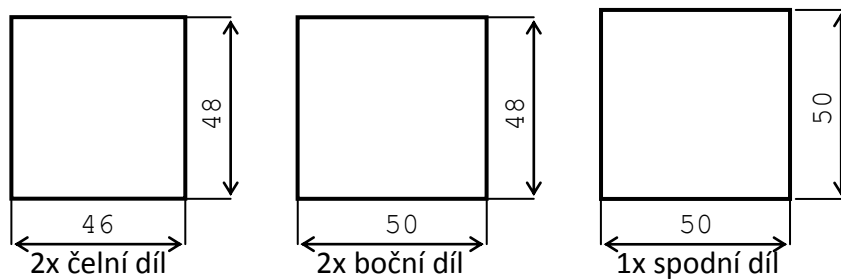
Na další části desky je prostor pro pohyb vozíku osazeného čidlem, ten je vymezen dvěma dřevěnými lištami o rozměrech 600 x 20 x 10 mm, aby nedošlo k vybočení vozíku z přímého směru. Mezi těmito lištami je pásmo o šíři 100 mm, kterým se pohybuje tažený podvozek s čidlem. Na konci je vytvořen doraz, na němž je také připevněna kladka, přes kterou je natažen provázek spojující vozík a závaží. Senzor je mezi měřícím dotykem spojen s taženou krabičkou a na podvozek čidla je připevněn další provázek, na který je zavěšeno závaží. Jelikož by bylo propojení krabičky a čidla realizováno ve vyšší výšce ode dna krabičky, rozhodl jsem se pomocí sekundového lepidla připevnit v dráze pro tažené těleso dřevěné hranoly, které zvednou plastovou

destičku o 20 mm nad povrch desky, a tak umožní propojení krabičky a vozíku zhruba v polovině výšky krabičky.

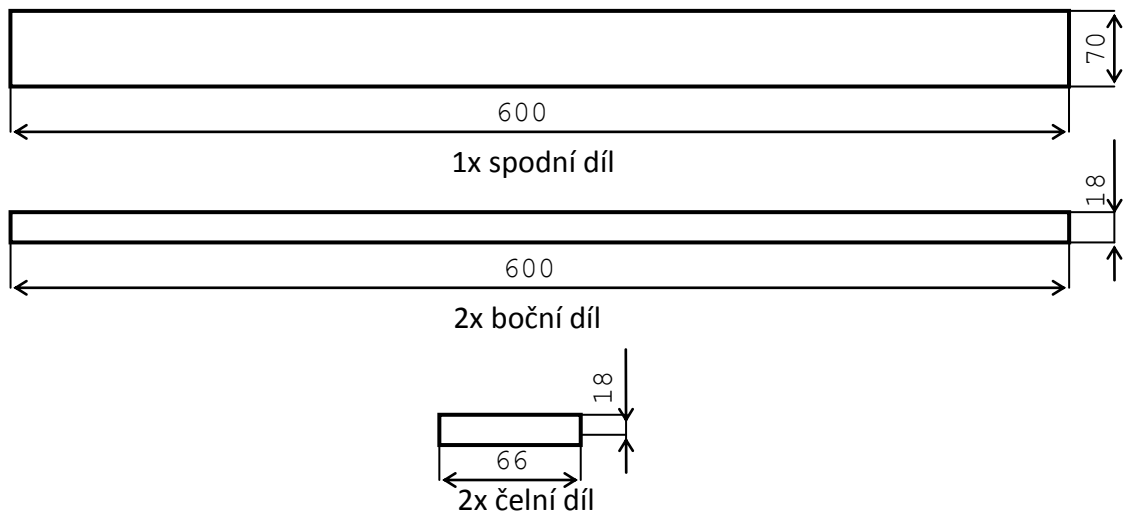
Dále je nutné opatřit proužky ocelového plechu, a to 595 x 58 mm, pro vložení do plastové dráhy s použitím maziva, 600 x 68 mm pro vložení do dráhy „na sucho“ a dva plechové proužky pod krabičku o rozměrech 100 x 50 mm.



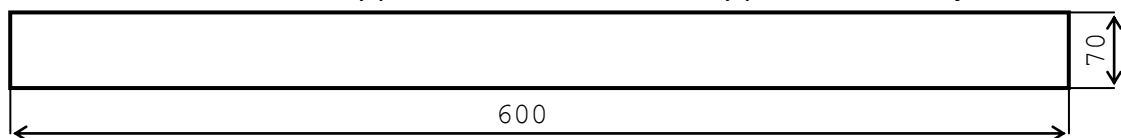
Obrázek 3 – díly potřebné k sestavení základní krabičky



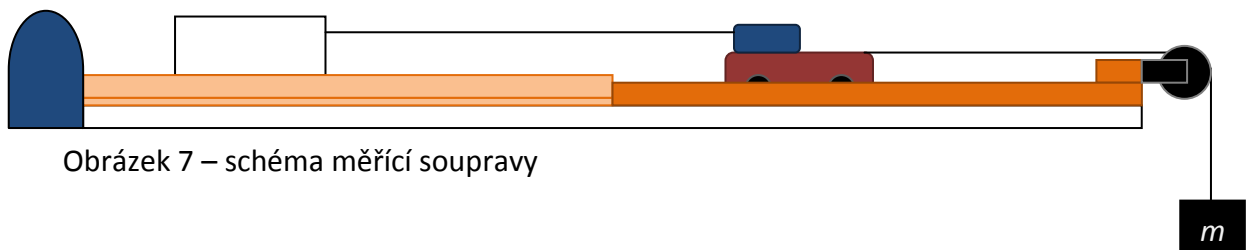
Obrázek 4 – díly potřebné k sestavení malé krabičky



Obrázek 5 – díly potřebné k sestavení vložky pro měření s olejem



Obrázek 6 – rozměry desky sloužící jako podklad různým druhům povrchu



Obrázek 7 – schéma měřicí soupravy

5.3 Cíle laboratorní úlohy

Hlavním cílem této úlohy je to, aby si studenti uvědomili, na čem je závislá velikost odporové třecí síly, význam používání maziv mezi stykovými plochami strojů a zařízení a v neposlední řadě také to, aby si osvojili základy práce s měřicí technikou, zpracování získaných výsledků a postup vypracování protokolu.

Součástí úlohy je i pracovní list, do kterého studenti zapíší své poznatky a udělají si tak ucelenou představu o problematice smykového tření, kdy je tato

odporová síla žádoucí, kdy je nežádoucí. K těmto závěrům by měli dojít žáci v rámci dialogu ve skupině a společně s vyučujícím. Optimální počet osob provádějících vlastní měření jsou čtyři osoby, jelikož je zapotřebí rozdělit role, kdy je potřeba, aby jeden student ovládal programové rozhraní čidla, další skupina studentů obsluhuje samotný experiment, a poslední člen skupiny určuje za použití dalšího silového senzoru tlakovou sílu taženého tělesa.

5.4 Zadání laboratorní úlohy

Laboratorní cvičení číslo 1 – určení koeficientu smykového tření

1. Určete velikost koeficientu smykového tření mezi následujícími povrchy:
 - ❖ Nerezová ocel – nerezová ocel (bez maziva)
 - ❖ Nerezová ocel – nerezová ocel (s mazivem)
 - ❖ Filc – tvrzený polystyren
 - ❖ Brusný papír – brusný papír
 - Každé měření opakujte třikrát
2. Porovnejte, jak se liší velikost odporové síly mezi kvádrem majícím obsah podstavy 500 mm^2 a kvádrem s obsahem polovičním, přičemž hmotnost obou těles bude stejná. Tyto kvádry jsou zespoda opatřeny filcem.
3. Porovnejte rozdíl součinitele smykového tření při pohybu dvou kovových povrchů po sobě bez a s mazivem.

Potřebné vzorce [5]:

$$F_t = f \cdot F_n; F_n = m \cdot g; F = m \cdot a$$

5.5 Postup při laboratorním cvičení

Žáci si připraví na svou lavici desku s dráhou, dále pak počítač s programem Pasco Datastudio, senzory síly, stojan, krabičky, olej a nějaký sypký materiál pro regulaci hmotnosti taženého tělesa.

Nejdříve ke stojanu studenti připevní senzor síly a na něj zavěsí krabičku s materiálem, čímž určí tlakovou sílu, kterou bude krabička působit na podložku. Aby byly výsledky určení koeficientu co nejlepší, bylo by pro porovnání vhodné zvolit tlakovou sílu pro všechny vzorky a měření stejnou.

Dále si pak podle zadání do dráhy připraví podložku s odpovídajícím povrchem a připevní na vozík čidlo pomocí šroubku M5 x 50 mm. K háčku senzoru připevní

provázek spojující jej s taženým tělesem, z druhé strany přiváží studenti provázek k vozíku, pomocí kterého budou uvádět měřicí aparaturu do pohybu.

Pokud je vše připraveno, měli by ještě žáci prodiskutovat možnosti nastavení vzorkovací frekvence senzoru a typ výstupu dat ze softwaru a jeho další zpracování.

Když je vše připraveno, může začít samotné měření, kdy si studenti ve skupině mohou rozdělit role, kdy je potřeba sledovat záznam dat a také provádět vlastní experiment.

Pro měření odporové smykové síly, kdy je mezi povrchy olej, studenti do dráhy vloží vaničku a na kovový proužek na jejím dně nanесou vrstvu oleje, další měření pak probíhá obdobně.

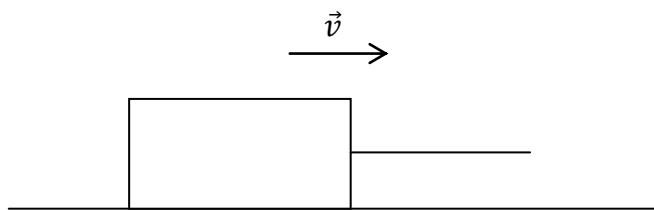
Získaná data doporučuji zpracovat v tabulkovém editoru, při čemž lze přenést tabulku s daty přímo do protokolu. Protokol by měli studenti odevzdávat společně s pracovním listem.

Vytvořený soubor s výsledky a exportovanými daty, uloží studenti na disk, nebo odesílají vyučujícímu na email, pro možnost zpětné kontroly výsledků.

5.6 Pracovní list

Vypracovali: _____ Třída: _____ Datum: _____

Zakreslete do schématu silové působení během pohybu:



Zakreslete:

- tlakovou sílu F_n
- odporovou sílu F_t
- tahovou sílu F_T

Zamyslete se nad tím, kdy se setkáváte s třením ve svém životě a kdy je třecí odporová síla žádoucí a kdy nežádoucí (zapište do tabulky):

| Žádoucí | Nežádoucí |
|---------|-----------|
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |

Při provedených laboratorních měřeních je jedním z vašich úkolů určit součinitel smykového tření u dvou totožných povrchů, ale polovičního obsahu. Uveďte, k jakému závěru jste dospěli, zda je rozdíl ve velikosti koeficientu smykového tření či nikoli:

Na čem tedy závisí velikost odporové síly?

Jak se změnila velikost odporové síly, když jste použili olej?

Používá se v technické praxi jiných maziv, než jsou oleje?

Jak lze zvětšit součinitel smykového tření v praxi?

Mohli si stavitelé pyramid ve své době, nějakým způsobem ulehčit přesouvání těžkých balvanů?



Zamyslete se a uveďte několik příkladů toho, jak by se změnil svět kolem vás, pokud by z něj zmizelo tření.

6 Laboratorní cvičení číslo 2 – určení koeficientu statického tření

Tato laboratorní úloha je zaměřena na poznání, pochopení a určení statické třecí odporové síly. Většina potřeb je totožná s předchozí úlohou, jen bylo zapotřebí vyrobit jinou dráhu, na které bude experiment probíhat.

Jelikož k dosažení hodnotného výstupu je důležité citlivá manipulace, došel jsem k závěru, že by bylo vhodné na začátek dráhy umístit rotační osu, na kterou se bude navíjet provázek propojující vozík s měřícím čidlem. Tato osa bude z jedné strany osazena kotoučem, který umožní citlivější manipulaci s aparaturou.

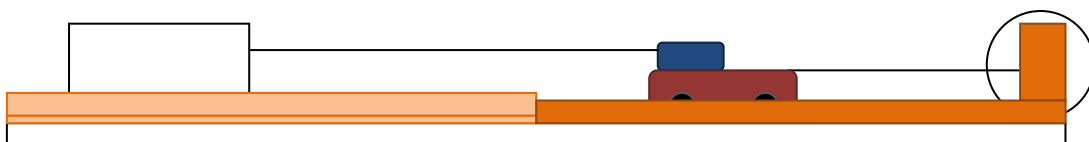
Při úvahách o tom, jaké povrchy dotykových ploch dráhy a tělesa zvolit, došel jsem k závěru, že by bylo zajímavé vzájemně porovnat brusné papíry s různou hrubostí povrchu. Jako součást protokolu by měly být grafy, ze kterých bude jasně viditelné to, jak se odporová síla změnila, když se dalo těleso do pohybu.

6.1 Návrh laboratorního cvičení

I zde vycházím ze stejných předpokladů jako v předchozí úloze o třecích silách mezi povrchy těles. Také proto jsem dospěl k závěru, že tato úloha by mohla být vhodným doplněním úlohy předchozí, kde studenti zkoumají pouze velikost odporové síly během pohybu tělesa po podložce. V této úloze tedy budou postupně zkoumat za pomoci mou zkonstruované dráhy, jak se mění velikost odporové třecí síly před tím, než se těleso uvede do pohybu a následně během pohybu.

K tomuto experimentu není potřebná tak dlouhá dráha, avšak je zapotřebí zajištění plynulého ovládní pohybu vozíku Pascal s připevněným čidlem síly, který táhne krabičku obdobně jako v prvním měření.

Samozřejmě, že povrchy použité při tomto měření je možné volit libovolně popřípadě využít krabičky z předchozí úlohy, jelikož rozměry drah pro pohyb krabičky i vozíku jsou totožné jako u první dráhy



Obrázek 8 – návrh měřící dráhy

6.2 Postup výroby měřicí soupravy

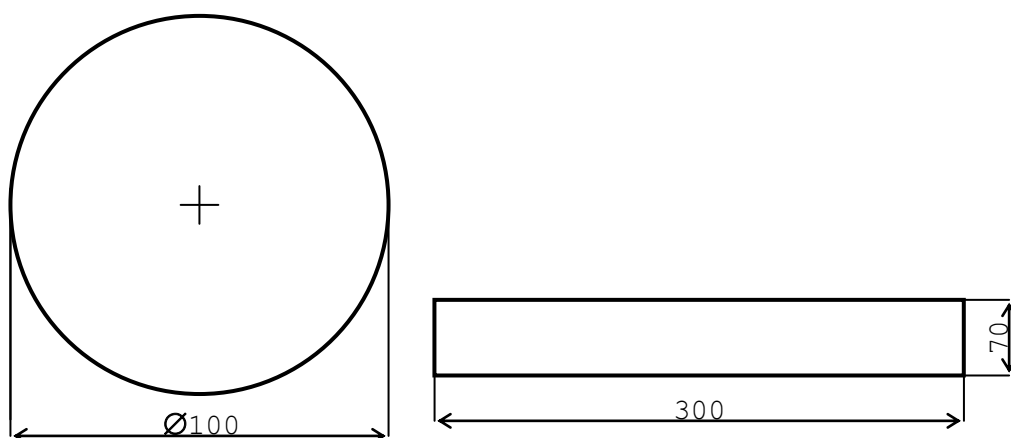
Z důvodu potřeby kratší dráhy jsem pro základnu volil desku z masivního dřeva menších rozměrů a to 800 x 250 x 20 mm, která je dostačující pro danou úlohu. Následovalo vymezení úseku pro pohyb krabičky. Zde jsem opět použil dřevěný L profil o šíři 25 x 25 mm a délce 300 mm, čímž je zaručen pouze přímočarý pohyb. Rozstup bočnic tohoto úseku je však dostatečný, 70 mm, aby nedocházelo ke tření mezi boky krabičky při pohybu a bočnicemi. Tato část měřicí desky bude také držet, a zamezovat v nežádoucím pohybu, podložku s brusným papírem, po které má být krabička tažena. Poté jsem vytvořil vymezení prostoru pro pohyb vozíku se siloměrem. To jsem vyrobil z dřevěných lišt o rozměrech 500 x 20 x 10 mm. Rozstup mezi lištami je 100 mm, aby opět nedocházelo k nežádoucímu kontaktu vozíku s bočnicemi. Pro upevnění provázku ve středu výšky krabičky, jsem opět mezi lišty vlepil hranolky o výšce 20 mm.

U konce vymezení dráhy vozíku jsem pak sestavil ze třech dřevěných hranolů o rozměrech 20 x 80 x 10 mm, uchycení pro osu, na kterou bude navíjen provázek od vozíku. Tyto hranoly jsem sešrouboval k sobě tak, že tvoří tvar písmene U a poté jsem spodní část přišrouboval k desce pomocí vrtu do dřeva. Ve výšce 40 mm od základny jsem do jednoho z bočních hranolů vyvrtal otvor o průměru 5 mm naskrz, do druhého bočního hranolu jsem vyvrtal ve stejné vzdálenosti od základny tentýž otvor, ale ne naskrz, čímž zabráním nežádoucímu pohybu osy během navíjení. Výšku 40 mm od základny jsem volil proto, že ve stejné vzdálenosti od povrchu desky je připevněn provázek na vozíku Pascara, ten je tak se základnou vodorovný. Jako osu jsem použil hliníkový drát o průměru 4 mm a délce 150 mm. Přesně uprostřed mezi hranoly je k ose připevněn provázek tak, aby byl přesně proti uchycení na taženém vozíku a ten se tak pohyboval přímočaře. Dále jsem pak, z lisovaného polystyrenu, vyřízl kolo o průměru 100 mm a uprostřed vyvrtal díru, do které jsem vložil osu a zajistil gelovým lepidlem, aby byla poloha tohoto kola fixována.

Jako těleso tažené po dráze jsem opět zvolil duté kvádry z tvrzeného polystyrenu stejných rozměrů jako v předchozí úloze, tzn. 100 x 50 x 50 mm. I zde je potřeba tří kusů, které jsou podlepeny brusným papírem s hrubostí povrchu 180, 240 a 400.

Následující byla výroba podložek, po nichž se budou krabičky pohybovat. Ty jsou opět z tvrzeného polystyrenu o rozměrech 300 x 70 x 2 mm a na jejich povrchu je

přilepen brusný papír se stejnou hrubostí jako u krabiček. Umístění těchto podložek mezi bočnice dráhy fixuje jejich polohu tak, že nedochází k nežádoucímu pohybu podložky a tudíž i ovlivnění výsledku experimentu.



Obrázek 9 – díly potřebné pro experimentální soustavu

6.3 Cíle laboratorní úlohy

Nejdůležitější u této laboratorní úlohy je to, aby studenti pochopili, jaká změna odporové smykové síly nastává, když uvedeme těleso z klidu do pohybu a také to jak se mění v závislosti na drsnosti povrchu stykových ploch. Neméně důležité je osvojení si správných návyků během experimentální činnosti a také trpělivosti při této práci. I součástí této úlohy je pracovní list, do kterého studenti zapisují své poznatky a stanovují jisté závěry vyplývající ze získaných dat.

Významné je také zpracování naměřených dat na počítači, protože zde by mělo být součástí protokolu grafické znázornění změny velikosti odporové síly v čase. Musíme zde tedy předpokládat, že studenti mají dostatečné znalosti a zkušenosti s prací v tabulkovém procesoru typu MS Excel nebo Oo Math. Samozřejmě je jistější ověřit si, zda jsou studenti s touto problematikou seznámeni, u jejich vyučujících v předmětu informační a komunikační technologie. Pokud tomu tak není, je vhodné úlohy zařadit do výuky v období, kdy mají studenti tuto látku probranou.

6.4 Zadání laboratorní úlohy

Laboratorní cvičení číslo 2 – určení koeficientu statického a dynamického tření

1. Určete velikost koeficientu statického a dynamického tření mezi následujícími povrchy:

- ❖ Brusný papír hrubost 180

- ❖ Brusný papír hrubost 240
- ❖ Brusný papír hrubost 400
 - Každé měření opakujte alespoň třikrát

Ze získaných dat vypracujte (pomocí tabulkového procesoru) graf znázorňující změnu velikosti odporové síly v čase. Pro každý povrch vypracujte jeden graf.

Potřebné vzorce [5]:

$$F_t = f_0 \cdot F_n; F_n = m \cdot g$$

6.5 Postup při laboratorním cvičení

Nejprve si studenti připraví na lavici vše potřebné, tzn. dráhu a k ní krabičky s podložkami, dále pak budou potřebovat siloměr pro určení tlakové síly tělesa a vozík Pasco se senzorem síly, dále pak stojan pro zavěšení siloměru.

Pokud je vše připravené, pak mohou studenti začít s prvním z měření a na stojan přidělat siloměr. Krabičku zavěsí na háček siloměru a postupně do krabičky sypou rýži, dokud tahová síla nedosáhne vyhovující velikosti, tu si však studenti určí sami.

Poté připevní Pasco senzor síly k vozíku pomocí šroubu M5 x 50 mm, ten prostrčí skrz čidlo a zašroubují do odpovídajícího závitu ve vozíku. Vozík propojí s otočnou osou, ke které bude vozík pomalu přitahován.

V další části umístí mezi dřevěné lišty podložku s odpovídajícím povrchem a na její začátek umístí krabičku s obsahem. Tu přichytí provázkem k vozíku, který umístí také na začátek dráhy. Následuje nastavení vzorkovací frekvence senzoru síly v softwaru firmy Pasco Data studio.

Před zahájením experimentu je vhodné ověřit, zda senzor je správně vynulován, a poté následuje samostatné měření, kdy start měření je nastaven na okamžik, kdy začne čidlo snímat hodnoty veličiny. Na celém experimentu pracuje čtyřčlenná skupina, v níž se postupně u měření všichni střídají a každý student odevzdává protokol a pracovní list sám za sebe.

Měření probíhá tak, že jeden ze studentů, pomalu otáčí kotoučem připevněným k ose, čímž zvyšuje tahovou sílu působící na krabičku přes senzor, dokud se nezačne těleso pohybovat. Stejný postup se opakuje pro každý ze tří bodů zadání.

Poté, co je měření dokončeno, studenti všechny získané hodnoty vyexportují do textového souboru, aby bylo možné jejich další zpracování v jiném softwaru. Zpracování by měli žáci provádět pomocí tabulkového kalkulátoru, kam importují data, určí průměrné hodnoty pro statické tření, také vykreslí graf, pokusí se eliminovat chyby a určí relativní průměrnou odchylku.

Všechny své závěry, postup i naměřené hodnoty, uvedou do protokolu, kde budou i grafy zobrazující závislost velikosti odporové síly na čase, číselné výsledky a také dle relativní odchylky určí, zda měření bylo dostatečně přesné nebo ne.

Nakonec uloží zpracovaná data na školní disk, z důvodu zpětné kontroly výsledků.

6.6 Pracovní list

Vypracovali: _____ Třída: _____ Datum: _____

Zakreslete, jak podle vás vypadají povrchy jednotlivých krabiček dle označení brusného papíru:



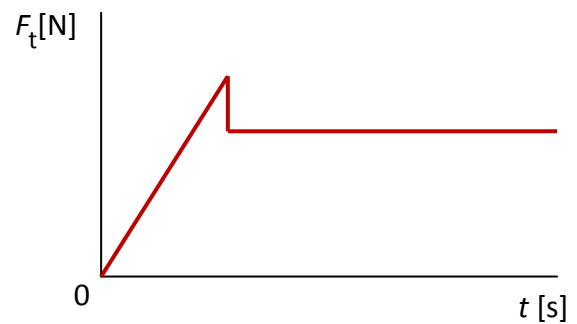
400

180

240

Co způsobuje, že je statické tření větší než dynamické?

Jak si vysvětlujete, že oproti běžně uváděnému grafu je ten, který vyšel vašim měřením odlišný?



Rozhodněte, kdy je statické tření žádoucí a kdy nežádoucí a svou volbu zdůvodněte:

žádoucí - nežádoucí -

Vrut ve dřevě _____

Curling _____

Píst ve válci motoru _____

Jaký myslíte, že je význam statické odporové třecí síly pro lidskou chůzi?

7 Laboratorní cvičení číslo 3 – určení hodnoty frekvence, úhlové rychlosti a okamžité rychlosti bodu na disku.

K této úloze mě dovedly úvahy nad tím, jak připravit měření, na kterém by si studenti ověřili své poznatky o otáčivém pohybu a veličinách tento pohyb popisujících.

Dlouho jsem přemýšlel nad tím, jak vytvořit vhodnou měřicí aparaturu s využitím některého z prvků sady Pasco. Jelikož jedním ze senzorů je čidlo intenzity osvětlení, napadlo mě užití tohoto senzoru spolu s laserovým paprskem a vytvoření optické brány.

Tímto způsobem by si mohli studenti osvojit znalosti principu funkce čítače otáček za použití fotocitlivého prvku a paprsku kvantového generátoru světla.

Napadlo mě, udělat v disku otvor, skrz který by svítil laser přímo do senzoru osvětlení. Při rotaci disku, by byl tento paprsek přerušován a tím by bylo docíleno záznamu jednotlivých otáček změnou intenzity osvětlení.

Přičemž určení frekvence otáčení, by studenti po vypracování grafu závislosti intenzity osvětlení na čase, z něj mohli jednoduše vyčíst a tak si osvojit i takovouto metodu analýzy měření. Při znalosti frekvence a vzdálenosti otvoru od středu otáčení, není problém určit obvodovou a úhlovou rychlost bodu.

7.1 Návrh laboratorní úlohy

Při návrhu úlohy jsem vycházel ze svých představ. Bylo potřebné vyřešit to, jak bude disk poháněn, jaký laser použít a jak připevnit snímací senzor, aby mohl nepřetržitě snímat.

Prvotní návrh vycházel z použití akumulátoru jako zdroje elektrické energie a k němu připojenému elektromotoru, který by roztáčel disk, jehož otáčivý pohyb by byl předmětem zkoumání.

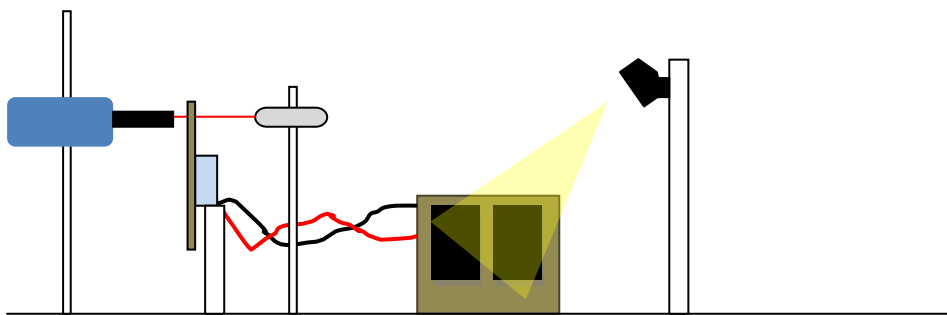
Při přípravách realizace tohoto zapojení jsem však narazil na z mého pohledu velmi zajímavou experimentální sadu obsahující solární články, elektromotorek a disk, který je tímto motorem roztáčen. Tímto dostala celá úloha nový rozměr. Rozhodl jsem se sadu zakoupit a využít ji v tomto praktiku. Součástí sady je stojan, ke kterému jsou připevněny solární články. Ten je opatřen stupnicí, takže lze články natáčet jak horizontálně tak vertikálně, což významně rozšiřuje možnosti využití v rámci úlohy.

Další součástí sady jsou barevné filtry na solární panely umožňující nechat dopadat na solární články jen světlo určité vlnové délky.

Vzhledem k možnostem sady je úloha vhodná ke studiu nejen pohybu hmotného bodu po kružnici, ale i k poznávání toho, na čem je závislá výkonnost solárních panelů, které jsou součástí aktuálního trendu v alternativních zdrojích elektrické energie.

Vzhledem k tomu, že jako pohon slouží solární panely, rozšířil jsem měřicí sadu o halogenový zdroj o výkonu 60 W, ten bude poskytovat dostatečný světelný zdroj pro tyto články.

Z původní experimentální sady jsem využil pouze stojan se solárními články. Motorek s diskem jsem musel umístit na mnou vyrobený stojan, protože původní nevyhovoval kvůli svým rozměrům mým potřebám.



Obrázek 10 – návrh měřicí soupravy

7.2 Postup výroby měřicí soustavy

Jako první jsem se rozhodl sestavit standardní stojan pro solární články, který je vyroben ze dřeva. Jednotlivé díly, jsou vypáleny laserem, takže vše pasuje a nebylo potřeba použití lepidla na všech spojích. Při sestavení jsem postupoval dle přiloženého návodu.

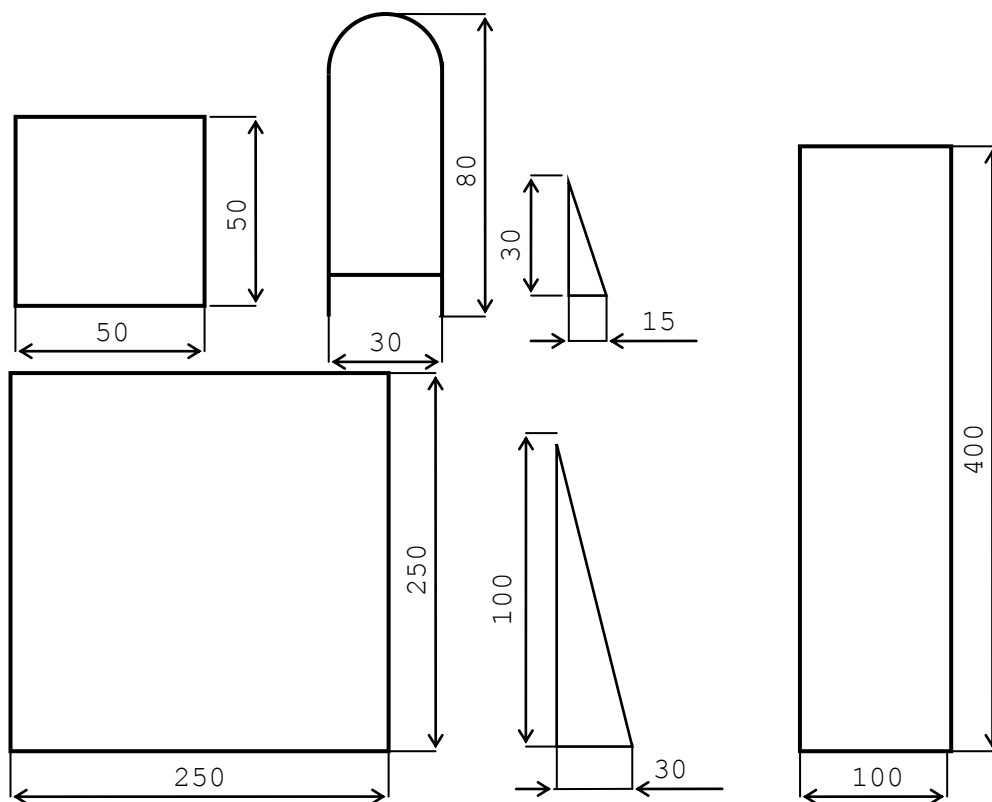
Poté bylo nutné zhotovení nového stativu pro motor s diskem. Rozhodl jsem se pro konstrukčně velmi jednoduché řešení. Jako podstavu jsem z tvrzeného polystyrenu vyřízl čtverec o rozměrech 50 x 50 x 2 mm, jako další díl stojanu jsem vyrobil pruh 30 x 80 mm a ten jsem zaoblil tak, aby opisoval kruhový tvar motoru. Pro jeho snadné usazení do stojanu jsem musel v tomto pruhu vytvořit otvor, do něhož je uložen výčnělek nacházející se na druhé straně motorku a ten tak na plast doléhá celým svým

obvodem. Pruh jsem přilepil k základně pomocí toluenu ve vzdálenosti 30 mm od okraje čtverce. Abych zabránil případným vibracím motoru s nosnou destičkou, proužek jsem ze zadní strany vyztužil dvěma pravoúhlými trojúhelníky propojující zadní stranu proužku se základnou. Nakonec jsem pomocí vteřinového lepidla připevnil ke stativu motorek, na ten jsem po jeho obvodu nanesl gelové vteřinové lepidlo a přitiskl jej k odmaštěné ploše stativu.

Jako další krok, jsem se rozhodl zhotovit stojan pro uchycení halogenového zdroje světla. Vycházel jsem z předešlé konstrukce, kterou jsem pouze rozměrově upravil. Základnu jsem zvětšil v měřítku 5:1, tzn. 250 x 250 mm, jako nosný díl jsem vyřízl z tvrzeného materiálu pruh o rozměrech 100 x 400 mm. Aby nedošlo k ohybu, rozhodl jsem se použít tvrzený polystyren tloušťky 4 mm a opět jsem tento pruh vyztužil trojúhelníkovými díly spojující jej se základnou. Po spojení všech dílů toluenem jsem ke stativu pomocí dvou šroubů M5x16 připevnil zdroj světla do výšky 300 mm nad základnu.

Zdrojem světla jsem zvolil laser červené barvy s výkonem menším než 1 mW, avšak aby nedošlo k poškození fotocitlivého prvku ve snímači, je tento paprsek rozptýlen papírovým přelepem v otvoru disku. Samotný laserový zdroj je napájen knoflíkovými monočláanky a pro upevnění jsem využil tzv. třetí ruku - stojan běžně užívaný při pájení desek plošných spojů. Toto řešení jsem zvolil vzhledem k jednoduché manipulaci, nastavení laserového zdroje dle potřeby obsluhy. (Nejsem si jistá smyslem věty, ale nemělo by to být ...vzhledem k jednoduché manipulaci nastavení laserového zdroje... záleží na tom, jestli je jednoduchá ta manipulace nastavení, nebo jestli to fakt myslíš zvlášť – manipulace a nastavení)

Senzor je umístěn na standardním laboratorním stojanu a přisunut ke kotouči tak, aby do oblasti překrytu fotocitlivého prvku vstupovalo co nejméně okolního světla.



Obrázek 11 – díly potřebné k výrobě měřící soustavy

7.3 Cíle laboratorní úlohy

S množstvím fyzikálních jevů, které lze během této úlohy studovat, jsou rozsáhlé i cíle této úlohy. Z hlediska mechaniky je hlavním cílem to, aby žáci porozuměli veličinám popisujícím pohyb po kružnici, tzn. frekvence, perioda, úhlová a obvodová rychlost.

Neméně významným cílem této úlohy je porozumění principu funkce solárních článků, závislosti výkonnosti těchto panelů na úhlu natočení ke zdroji světla a také to, jak se produkovaná elektrická energie mění v závislosti na použití barevného filtru před panely. Tyto závislosti se projevují změnou frekvence změn intenzity osvětlení na výstupu ze senzoru Pasco.

Součástí úlohy je zpracování výsledků v tabulkovém procesoru, vytvoření grafů závislosti intenzity osvětlení na čase a následné určení frekvence otáčivého pohybu z těchto grafů, čímž si studenti zopakují své znalosti ovládnutí těchto programů a osvojí postup určování hodnot fyzikálních veličin.

I k této úloze budou mít studenti k dispozici pracovní list, do kterého si budou zapisovat své poznatky a tím si ucelí své představy o zkoumané problematice.

7.4 Zadání laboratorní úlohy

Laboratorní cvičení číslo 3 – určení hodnoty frekvence, úhlové rychlosti a okamžité rychlosti bodu na disku.

- Po dobu pěti sekund měřte přes otvor v disku úroveň intenzity osvětlení, kdy budou solární panely natočeny pod úhly
 - ❖ $22,5^\circ$
 - ❖ 45°
 - ❖ $67,5^\circ$
 - ❖ 90°ke zdroji světla.
- Solární panely překryjte barevným filtrem a opět po dobu pěti sekund měřte intenzitu světla dopadajícího na senzor přes otvor disku. Pro měření použijte následující barevné filtry
 - ❖ červený
 - ❖ modrý

❖ zelený

❖ žlutý

Panely mějte natočeny pod úhlem 60° ke zdroji světla. Pro možnost srovnání provedte měření bez použití barevného filtru.

3. Data z jednotlivých měření zpracujte do podoby grafu závislosti intenzity osvětlení na čase a určete frekvenci kruhového pohybu. Z frekvence určete velikost úhlové rychlosti, okamžité rychlosti otvoru v disku a periodu. Výsledky uveďte do tabulky v protokolu.

Potřebné vzorce [5]:

$$f = \frac{1}{T}; \omega = 2\pi \cdot f; v = \omega \cdot r$$

7.5 Postup při laboratorním cvičení

Úloha je připravena pro čtyřčlennou skupinu studentů, kteří se podílejí na její realizaci. Nejprve je potřebné sestavit celou měřící aparaturu, spustit program Datastudio a nastavit čidlo. Vzorkovací frekvenci volíme vyšší, aby bylo z měření prokazatelné, kdy paprsek dopadl na fotocitlivý prvek čidla. Dobu měření je nutné nastavit na pět sekund, přičemž frekvenci čidla na 1000 Hz. Je dobré nastavit opožděný start měření, aby se kotouč roztočil na konstantní otáčky.

Poté rozsvítíme halogenový zdroj světla a umístíme do světelného paprsku stojan se solárními články. Úhel natočení nastaví studenti dle zadání na stojanu s články. Důležitým krokem je přesné nasměrování paprsku laseru a senzoru. To provádíme tak, že paprsek zapnutého laseru nasměrujeme skrz otvor v disku do senzoru Pasco ještě před spuštěním motorku a v zapnutém programu ověříme, zda senzor zaznamenává změnu intenzity osvětlení skrz otvor. Pokud ne, pak jej přiblížíme k disku tak, aby rozdíl byl patrný.

Následuje sériové propojení panelů pomocí krokosvorek a připojení na napájecí vodiče elektromotorku. Vzdálenost od zdroje volíme tak, aby se motůrek roztočil. Po roztočení do konstantních otáček spouštíme měření a čekáme po dobu pěti sekund. Naměřená data studenti exportují do tabulkového procesoru pro jejich následné zpracování.

Obdobný postup skupina opakuje, dokud nesplní všechny body zadání a nemá všechny získané hodnoty přeneseny do tabulkového procesoru.

U barevných filtrů, je důležité umístění do správné vzdálenosti od zdroje, pokud je stojan příliš blízko světlu, nemusí se v měření změna vůbec projevit, proto je potřeba studentům s nastavením aparatury pomoci.

Po zpracování dat a provedení výpočtů, vypracují studenti protokol, který je záznamem o měření a uvedou v něm své závěry. Součástí protokolu je i pracovní list. A soubor v elektronické podobě odevzdají na školní disk, z důvodu zpětné kontroly výsledků.

7.6 Pracovní list

Vypracovali: _____ Třída: _____ Datum: _____

Která z uvedených veličin je pro všechny body na kotouči konajícím rotačním pohyb stejná:

- ❖ okamžitá rychlost
- ❖ úhlová rychlost

Odpovídající propojte:

| | |
|-----------|-------------------------------|
| frekvence | doba trvání jedné otáčky |
| perioda | Hz |
| | s |
| | počet otáček za jednotku času |
| | s^{-1} |

Pokuste se, na základě vašeho měření určit, na kterých faktorech je závislý výkon solárních panelů:

Jak se mění frekvence otáček disku v závislosti na úhlu natočení panelů ke zdroji světla? (Zapište pořadí 1 nejvyšší frekvence – 4 nejnižší frekvence)

| Úhel natočení | Pořadí |
|---------------|--------|
| 90° | |
| 45° | |
| 67,5° | |
| 22,5° | |

Jaký vliv má na frekvenci otáčení disku použití barevného filtru? K příslušné barvě filtru запиšte číslici určující pořadí. (1 nejvyšší frekvence – 5 nejnižší frekvence)



Zamyslete se nad tím, zda obdobný princip měření, jaký byl využit v této úloze, tzn. světelný paprsek a senzor, je nebo by bylo vhodné využít v technické praxi? Vaše závěry запиšte níže:

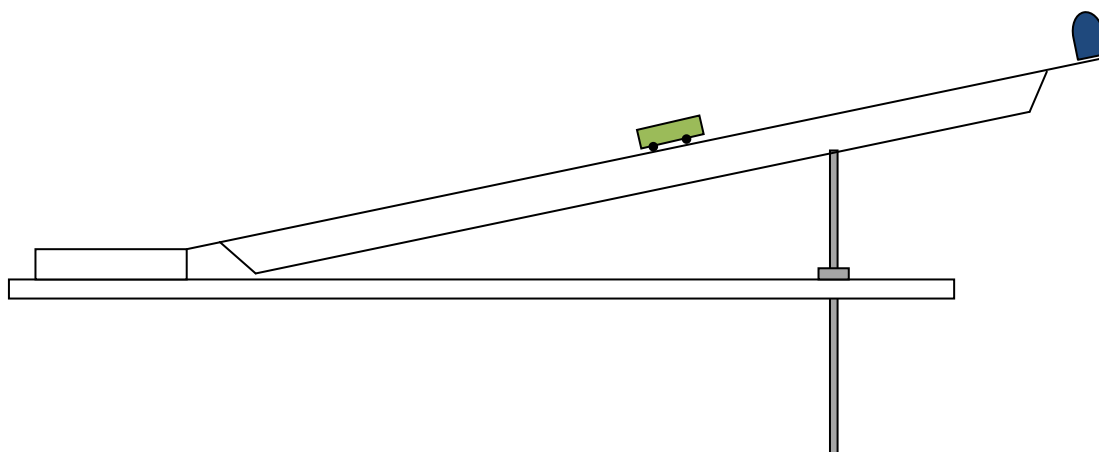
8 Laboratorní cvičení číslo 4 – Určení velikosti pohybové síly tělesa na nakloněné rovině.

K přípravě této úlohy mě vedla myšlenka nad tím, jakou úlohu vybrat a realizovat, aby si studenti mohli ověřit předem vypočítané hodnoty fyzikální veličiny s reálným měřením a mohli diskutovat nad tím, proč se výpočet a reálná hodnota veličiny liší.

Jako vhodnou úlohu a experiment jsem zvolil pohyb tělesa na nakloněné rovině. Přičemž žáci před vlastním měřením určí velikost pohybové síly rovnoběžné s nakloněnou rovinou, a zrychlení touto silou udílené tělesu při různých úhlech náklonu roviny. Poté přejdou k vlastnímu měření, kde získají reálné hodnoty zrychlení tělesa a ty pak porovnají s vypočtenými.

8.1 Návrh laboratorní úlohy

Při úvahách nad realizací této úlohy jsem musel řešit několik problémů. Nejprve jsem musel určit velikost dráhy nakloněné roviny tak, aby bylo možné měřící soustavu umístit na studentskou lavici. Takže ideální délka je 1200 mm, dále pak bylo nutné vyřešit, jak umožnit plynulou regulaci náklonu roviny a její upevnění k nosné desce. Připevnění k desce jsem vyřešil přidáním stupínku, ke kterému je dráha připevněna pomocí pantu. Aby bylo možné plynule měnit úhel sklonu roviny, použil jsem závitovou tyč M8 délky 1000 mm, na které jsou umístěny matice, pomocí nichž lze měnit délku závitové tyče podepírající dráhu. Závitová tyč prochází, otvorem v nosné desce, vedle desky lavice. Pro určení úhlu náklonu roviny stačí určit vzdálenost bodu na dráze od základní desky. Tuto vzdálenost určí pomocí funkce sinus. Obsluha tedy drží matku a otáčí tyč, čímž reguluje úhel náklonu. Pádu tyče skrz desku brání matice s podložkou na této tyči. Na horní hranu dráhy je připevněn senzor pohybu. Těleso pohybující se po dráze je autíčko v měřítku 1:43.



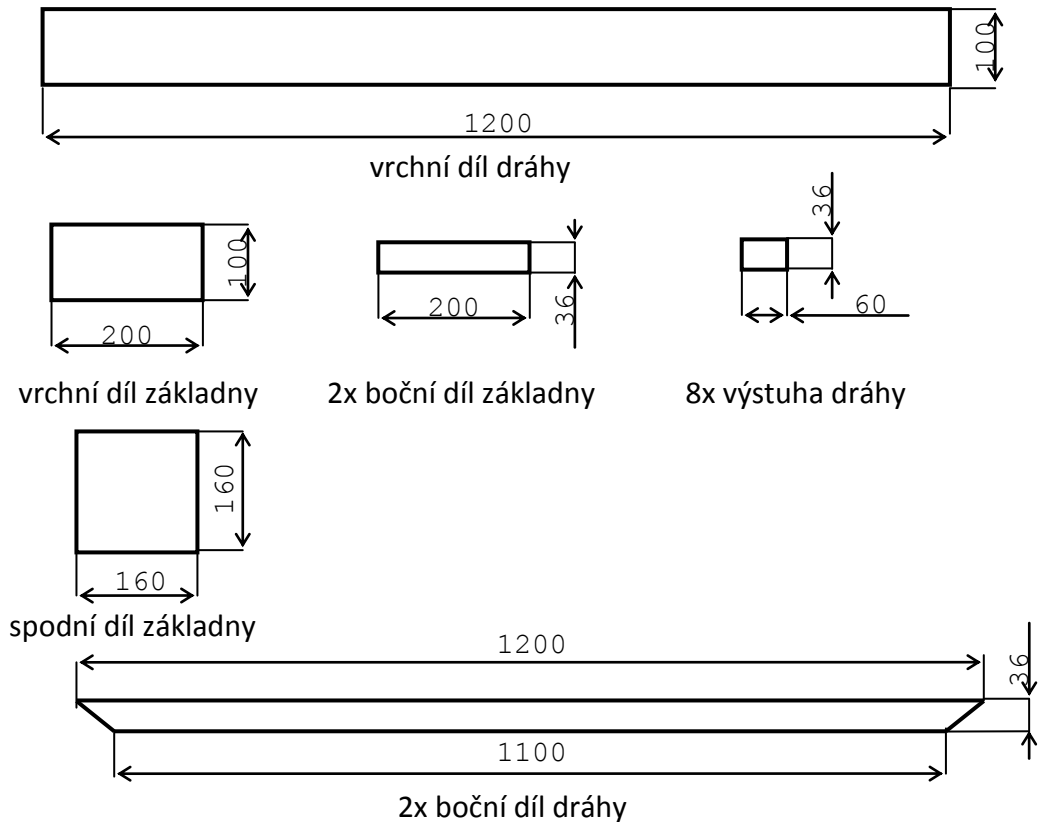
Obrázek 12 – návrh měřicí soupravy

8.2 Postup výroby měřicí soustavy

Pro výrobu dráhy nakloněné roviny jsem se rozhodl opět použít lisovaný polystyren, avšak abych zabránil nežádoucím deformacím dráhy vlivem hmotnosti tělesa pohybujícího se po dráze, použil jsem materiál tloušťky 4 mm. Z tohoto plastu jsem vyřízl pruh, tvořící tuto dráhu o rozměrech 1200 x 100 x 4 mm. Jelikož měření mohl ovlivnit prohýb dráhy způsobený její vlastní hmotností, podlepil jsem tento pruh pruhy o rozměrech 1200 x 36 mm s délkou spodní hrany 1100 mm. Úkos na těchto pružích je důležitý pro plynulé naklápění dráhy tak, aby nedocházelo ke kolizi těchto pružů s nosnou deskou. Mezi pruhy jsem, opět pomocí toluenu, vlepil příčná žebra o rozměru 60 x 36 x 2 mm, čímž se celá konstrukce zpevnila. Tyto žebra jsou rozmístěna tak, aby nepřekážela podpěrné tyči dráhy.

Základnu sloužící k uchycení dráhy, jsem vyrobil z pružů polystyrenu 200 x 36 x 2 mm, tyto jsem vyrobil dva a připevnil je podélně v úhlu 90° vrchní části základny. Jako spodní díl jsem použil čtvercovou podložku o délce strany 160 mm, ke které jsem vše připevnil a následně přišrouboval k základové desce, o rozměrech 1200 x 300 x 10 mm. Horní desku o rozměru jsem vyrobil opět ze silnějšího polystyrenu o rozměrech 200 x 100 x 4 mm. K této desce jsem připevnil mosazný pant, a to pomocí toluenu, který naleptá polystyren, a následně do něj jsem pant vmáčkl. Obdobně jsem připevnil pant i k dráze. Pro určení úhlu náklonu roviny stačí na dráze vyznačit ve vzdálenosti 1 m od osy pantu rysku, ke které studenti měří vzdálenost od základní desky.

Poslední částí výroby bylo umístění závitové tyče tvořící podporu pro dráhu. Do nosné desky jsem vyvrtal otvor o průměru 10 mm, aby tyč mohla procházet volně bez nežádoucího zadrhávání. Otvor je vyvrtán ve vzdálenosti 75 mm od zadní hrany desky a 130 mm od jejího bočního okraje. Abych zamezil volnému pohybu tyče v otvoru, umístil jsem jednu matici s podložkou nad a druhou pod měřicí desku.



Obrázek 13 – díly potřebné k výrobě měřící soustavy

8.3 Cíle laboratorní úlohy

Tato úloha by měla žákům umožnit přímé porovnání hodnot pro pohybovou sílu působící na těleso určených výpočtem a hodnot získaných měřením velikosti zrychlení na nakloněné rovině a z něj vypočtených hodnot pohybové síly. Následná diskuse nad rozdílností výsledků by měla vyústit v poznání, čím je tento rozdíl způsoben.

Dále pak mají studenti možnost studovat závislost změny velikosti pohybové na úhlu náklonu.

Porozumí funkci senzoru pracujícího na principu ultrazvukového měření vzdálenosti, jeho možnostem, veličinám, které umožňuje přímo měřit. Studenti se

mohou zamyslet nad tím, kde v praxi je možné tento princip snímače využít, popřípadě diskutovat nad vnějšími faktory ovlivňujícími přesnost snímače.

8.4 Zadání laboratorní úlohy

Laboratorní cvičení číslo 4 – Určení velikosti pohybové síly tělesa na nakloněné rovině.

1. Pomocí siloměru Pasco určete hmotnost tělesa, které poté budete pouštět po nakloněné rovině. Následně určete velikost pohybové složky tíhy působící na těleso při pohybu po nakloněné rovině dle vztahu $F_p = F_G \cdot \sin \alpha$ pro úhly náklonu:
 - ❖ 5°
 - ❖ 10°
 - ❖ 15°
 - ❖ 20°
 - ❖ 25°

Výsledky zapište do tabulky.

2. Na nakloněné rovině proveďte měření rychlosti tělesa pro úhly náklonu
 - ❖ 5°
 - ❖ 10°
 - ❖ 15°
 - ❖ 20°
 - ❖ 25°
3. Každé měření opakujte třikrát. Z naměřených hodnot rychlosti a času určete hodnotu zrychlení pro každý náklon. Ze získaných hodnot rychlosti vypočítejte velikost zrychlení, stanovte chybu. Po dosazení do druhého Newtonova zákona určete sílu působící na těleso a následně zapište do tabulky vedle hodnot této veličiny stanovené výpočtem.
4. Hodnotu určenou výpočtem a výpočtem z měření vzájemně porovnejte, vytvořte sloupcový graf z obou hodnot, diskutujte případné rozdíly v závěru protokolu.
5. Velikost nastaveného úhlu určete pomocí goniometrických funkcí tak, že změříte výšku od základní desky k horní hraně dráhy v místě, kde je ryska označující vzdálenost od pantu dráhy 1 m.

Potřebné vzorce [5]:

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t}; F_p = F_G \cdot \sin\alpha; F_G = m \cdot g; \sin\alpha = \frac{\text{Délka protilehlé odvěsny}}{\text{Délka přepony}}$$

8.5 Postup při laboratorním cvičení

Nejprve studenti umístí na stojan siloměr, na který zavěsí těleso a určí velikost tíhové síly tělesa působící na závěs. Následně provedou výpočet velikosti pohybové síly a vše zapíše do tabulky.

V následujícím kroku si připraví měřící soustavu, připevní na konec dráhy senzor pohybu ze sady Pasco a ten nasměrují k dojezdové základně na konci dráhy. V programu Datastudio nastaví snímací frekvenci 50 Hz a za měřenou veličinu vyberou rychlost.

Následně pomocí otáčení závitové tyče v matici upraví úhel náklonu dráhy, kdy měří vzdálenost mezi deskou a horní hranou dráhy v místě označeném jako vzdálenost 1 m od pantu dráhy. Hodnoty pro výšku určí výpočtem funkce sinus pro pravouhlý trojúhelník. Je zapotřebí, aby si studenti uvědomili, kde leží pomyslná přilehlá odvěsna a kde je základna desky, že je mezi těmito dvěma úrovněmi vzdálenostní rozdíl, a ten vzali v potaz při určení vzdálenosti dráhy od desky.

Pokud je vše připraveno k vlastnímu měření jeden z členů umístí těleso na začátek dráhy do místa označeného čarou a po pokynu obsluhy softwaru těleso uvolní. Je důležité, aby se těleso pohybovalo přímočaře a nedošlo k pádu z dráhy. Každé měření provádí skupina třikrát pro každý úhel náklonu.

Měření končí tehdy, pokud vozík dojede na konec dráhy, tehdy obsluha počítače zastaví měření a data z něj exportuje do textového souboru pro následující zpracování pomocí tabulkového kalkulátoru.

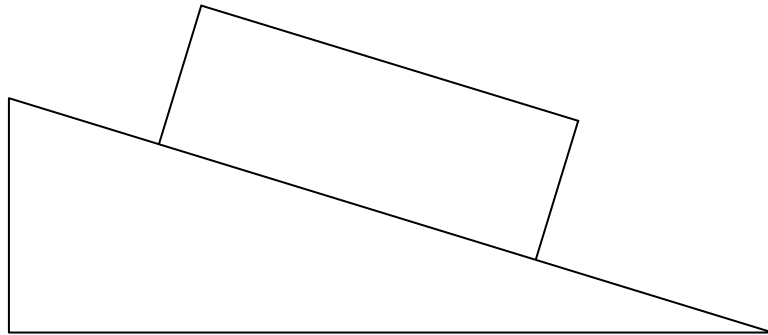
Data studenti zpracují v programu typu MS Excel. Po importování naměřených hodnot určí průměrnou hodnotu a průměrnou odchylku. Získané výsledky vloží do tabulky k hodnotám určených výpočtem a vytvoří z nich sloupcový graf, ve kterém bude přímé porovnání hodnoty vypočtené s hodnotou získanou experimentem.

Celé měření a následné zpracování hodnot, stanovení závěrů a grafické porovnání hodnot je studenty vypracováno do protokolu, který je záznamem měření. Součástí protokolu je pracovní list vypracovaný všemi členy měřícího týmu. Soubor v elektronické podobě odevzdají na školní disk, z důvodu zpětné kontroly výsledků.

8.6 Pracovní list

Vypracovali: _____ Třída: _____ Datum: _____

1. Do schématu zakreslete síly působících na těleso na nakloněné rovině:



2. Liší se výsledky vypočtené z velikosti tíhové síly tělesa a vypočtené z výsledků vámi realizovaného měření? Pokud ano, uveďte, jaké faktory způsobují tuto odchylku?

3. Ve kterých situacích byste využili principu nakloněné roviny, popřípadě co využívá principu nakloněné roviny? (Hodící se zaškrtněte)

Schodiště

Hřebík

Vrut do dřeva

Nabírání vody ze studny

Doprava břemene do 12 patra stavby

Doprava pytlů brambor do sklepa

4. Které těleso se na nakloněné rovině bude pohybovat rychleji a proč?

Kvádr

Vozík

9 Závěr

Během konstrukce jednotlivých úloh jsem se snažil vzít v potaz všechny faktory, které mohou nepříznivě ovlivnit výsledek měření, a ty jsem se snažil odstranit nebo maximálně snížit jejich vliv na konečný výsledek. U některých úloh bylo potřeba změnit konstrukci měřící aparatury oproti původnímu návrhu, jelikož se ukázalo během testování nebo při samotné práci žáků, že jeví jisté nedostatky jako například při měření součinitele smykového tření, kdy studenti nebyli schopni působit konstantní silou na vozík, což se projevilo na získaných hodnotách měřených veličin. Dalším problémem, který se během testování projevil, bylo zvolení vhodné vzorkovací frekvence a času měření.

První laboratorní úlohu, při které studenti měřili velikost součinitele smykového tření pro různé povrchy, zvládli všechny skupiny bez větších problémů. Při zpracování výsledků však žáci narazili na zajímavý problém, kdy u měření odporové síly mezi kovovými povrchy za použití maziva vycházel součinitel větší, než bez maziva, což je způsobeno zvýšenou adhezí zapříčiněnou použitým typem maziva. Některé skupiny měli problém s výsledky jednotlivých měření, přičemž se ukázalo, že ty byly způsobeny chybným nastavením senzorů. Při této úloze si studenti dosaženými výsledky potvrdili své předpoklady, ke kterým došli na základě probrané látky ve fyzice. Zajímavé je, že začali sami na internetu hledat, proč je součinitel smykového tření oproti předpokladu vyšší. To hodnotím, jako veliký přínos této úlohy pro studenty, kteří se nezávisle na mém podnětu, začali sami zabývat řešením problému, což bohužel dnes není u mladých lidí běžným postupem.

Při určování statického součinitele smykového tření, studenti začínají tím, že nasypou do krabiček zavěšených na čidle síly čochku a tím zjišťují tlakovou sílu tělesa, kterou bude působit na podložku. Optimální sílu studenti určili na 1,5 N, což odpovídá i mnou vykonaným měřením. Dále při samotném měření na dráze se z počátku studenti potýkali s tím, jak navíjet provázek, aby byl pohyb vozíku rovnoměrný, takže ve skutečnosti každé měření provedli více než třikrát, a ze všech pak vybrali ty, u kterých se domnívali o dosažení nejlepších výsledků. Při zpracování získaných výsledků se dle

vlastních slov naučili orientovat v naměřených hodnotách a následném zpracování, což vnímám jako velice přínosné pro jejich další studium či odbornou praxi.

Úloha, při které studenti měřili frekvenci pohybu bodu po kružnici za pomoci laseru a senzoru intenzity osvětlení studentům nedělala velké problémy při realizaci a vlastním měření. Někteří z nich ve své zbrklosti nepřekontrolovali nastavení senzoru, či natočení panelů ke zdroji po výměně barevného filtru, avšak nemohu říci, že by se tento problém týkal všech skupin. Avšak při diskusi o tom, jak výsledky zpracovat se jednotlivé skupiny nemohly shodnout na postupu a tak jsem se do debaty přidal také. Nejčastější navrhované řešení jak určit frekvenci pohybu bylo takové, že zobrazíme hodnoty za tři sekundy pomocí grafu, a poté z grafu závislosti intenzity osvětlení na čase určíme hodnotu frekvence dle počtu maxim za tento časový úsek. Jelikož frekvence senzoru byla nastavena na 1000 Hz, tak je z grafu patrné, kdy laser přes otvor v disku osvětlil senzor. U této úlohy studenti také diskutovali o veličině frekvence jako takové, protože frekvenci měli určit z pohybu bodu po kružnici, avšak s touto veličinou se také setkali při nastavení vzorkování senzoru, což hodnotím přínosně pro výuku fyziky. Celkově je tato úloha použitelná při výuce mechaniky a lze ji realizovat za jednu vyučovací hodinu, kdy samozřejmě měření předcházela důkladná příprava.

U úlohy s nakloněnou rovinou, jsem musel původně zamýšlené řešení předělat, jelikož během testování se ukázalo, že nastavení úhlu pomocí úhломěru nemusí být dostatečně přesné, takže jsem zvolil cestu takovou, kdy studenti sami určí výšku bodu dráhy pomocí goniometrických funkcí, což jasně dokáže uplatnění znalostí získaných v matematice v praxi. Sami studenti byli tímto řešením překvapeni. Ne vždy se podařilo skupině nastavit přesný úhel, a to se projevilo při zpracování výsledků, avšak během rozboru byli schopni určit, kde udělali chybu, která zapříčinila nepřesnost měření, a zdůvodnili tento fakt v závěru svých protokolů. Při určení zrychlení vycházeli žáci z nejnižší a nejvyšší naměřené hodnoty rychlosti a času. Diskutovali také nastavení čidel a zamýšleli se nad faktory, které ovlivnily jejich měření.

Po ověření všech čtyř úloh v praktickém vyučování je shledávám za velmi přínosné, i když pro některé z žáků, bylo získání základních návyků při měření i následném zpracování poněkud obtížné. Jelikož ve třídách, ve kterých jsem se studenty měření realizoval, vyučuji i předmět ICT, tak jsem mohl před samotné měření do výuky zahrnout práci s tabulkovým procesorem. Získané znalosti mohli studenti, téměř ihned,

aplikovat v praxi, což jim pomohlo zvládnout jak problematiku učiva ICT, tak i pochopení základních principů mechaniky.

U každé z úloh, je důležitá příprava a konzultace s vyučujícím a to proto, aby si žáci uvědomili, co bude jejich úkolem během měření a vyučující tak získá zpětnou vazbu o tom, jak žáci dané látce rozumí a zda jsou schopni úspěšně měření realizovat. Jako vhodný prostředek zpětné vazby vnímám pracovní listy, nad kterými studenti diskutovali právě získané poznatky a ihned si dovedli spojit látku, kterou znají z učebnice, s praktickým životem.

Do budoucna plánuji dále rozvíjet využití edukačního systému Pasco při výuce na SPŠ Tábor a sestavit obdobné praktikum i pro studenty vyšších ročníků, tak aby byli schopni uplatnit své znalosti z jiných předmětů v komplexním zpracování získaných výsledků měření pomocí výpočetní techniky. Žáci díky tomuto systému získávají dovednosti, které budou moci prakticky využít během svého profesního života, kde se, jako technici s měřicí technikou budou setkávat.

Co se týče samotného edukačního systému, pak jeho možnosti jsou prakticky neomezené, i když je finančně poněkud nákladný, lze jej bez problému aplikovat na již zavedené úlohy v přírodních vědách, kde jednotlivými senzory můžeme nahradit starší měřicí techniku.

Seznam použitých zdrojů

- [1] *Pasco.cz* [online]. 2009 [cit. 2012-04-04]. Dostupné z: <http://www.pasco.cz>
- [2] Pasco 2010: Physics & Engineering Education. Roseville, CA, 2010.
- [3] SVOBODA, Emanuel. *Přehled středoškolské fyziky*. 3. vyd. Praha: Prometheus, 1998, 496 s. ISBN 80-719-6116-7.
- [4] MARTINÁK, Milan. *Kontrola a měření: Učebnice pro 3. ročník stř. prům. škol strojnických*. 1. vyd. Překlad Jindřich Klůna. Praha: SNTL, 1989, 214 s. ISBN 80-030-0103-X.
- [5] BEDNAŘÍK, Milan a Miroslava ŠIROKÁ. *Fyzika pro gymnázia*. 4. vyd., dotisk. Překlad Jindřich Klůna. Praha: Prometheus, 2011, 288 s. ISBN 978-807-1963-820.
- [6] ČMELÍK, Milan, Lubor MACHONSKÝ a Lidmila BURIANOVÁ. *Úvod do fyzikálních měření*. Vyd. 1. Liberec: Technická univerzita, Pedagogická fakulta, 1999, 98 s. ISBN 80-708-3364-5.
- [7] GASCHA, Heinz a Stefan PFLANZ. *Kompendium fyziky: vzorce, zákony a pravidla, úlohy, příklady a jejich řešení, podrobná slovníková část*. Vyd. 1. Praha: Universum, 2008, 488 s. ISBN 978-80-242-2013-0.

Seznam příloh:

Laboratorní cvičení č. 1

Protokol

Pracovní list

Laboratorní cvičení č. 2

Protokol

Pracovní list

Laboratorní cvičení č. 3

Protokol

Pracovní list

Laboratorní cvičení č. 4

Protokol

Pracovní list

Fotodokumentace

PROTOKOL O MĚŘENÍ

z technické fyziky

Laboratorní cvičení č. 1 – Určení koeficientu smykového tření

| | | |
|---------------------------------------|----------------------|-------------------------------------|
| Jméno a příjmení: Jan Novák | Třída: 1La | Datum měření: 19. 3. 2013 |
| Kontroloval: | Klasifikace: | |

Podmínky měření:

teplota: 21°C

tlak: 967,91 hPa

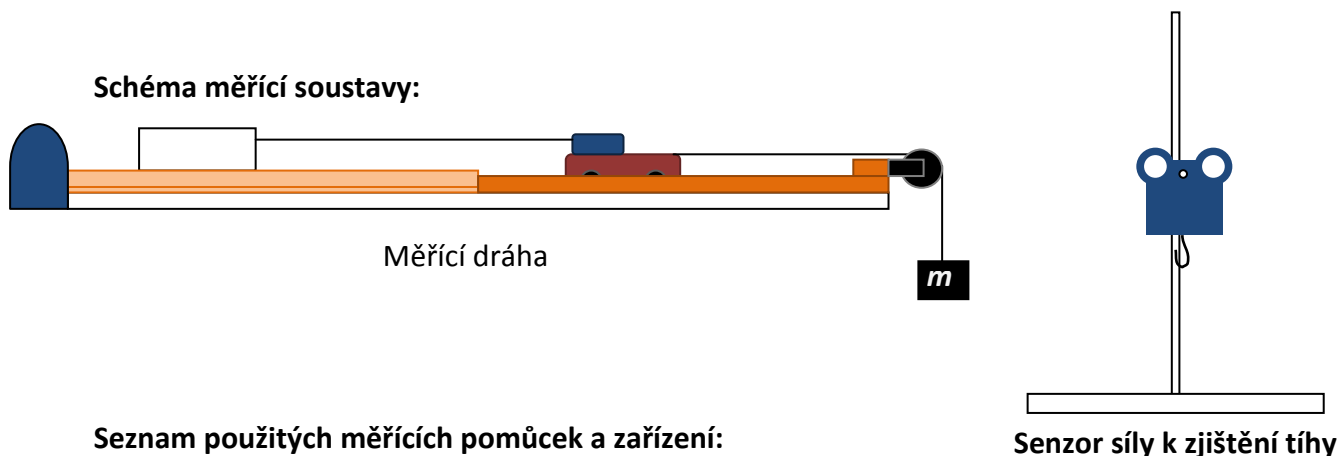
relativní vlhkost vzduchu: 56%

Zadání:

- Určete velikost koeficientu smykového tření mezi následujícími povrchy:
 - ❖ Nerezová ocel – nerezová ocel (bez maziva)
 - ❖ Nerezová ocel – nerezová ocel (s mazivem)
 - ❖ Filc – tvrzený polystyren
 - ❖ Brusný papír – brusný papír
 - ❖ Každé měření opakujte třikrát
- Porovnejte, jak se liší velikost odporové síly mezi kvádrem majícím obsah podstavy 500 mm² a kvádrem s obsahem polovičním, přičemž hmotnost obou těles bude stejná. Tyto kvádry jsou zespoda opatřeny filcem.
- Porovnejte rozdíl součinitele smykového tření při pohybu dvou kovových povrchů po sobě bez a s mazivem.

Potřebné vzorce:

$$F_t = f \cdot F_n; F_n = m \cdot g; F = m \cdot a$$



Seznam použitých měřících pomůcek a zařízení:

| Název | Měřící rozsah | Citlivost | Inventární číslo |
|---------------------|-----------------|-----------|------------------|
| Senzor síly Pasco | - 50 N - + 50 N | 0,03 N | DYX7H0006W59 |
| Senzor pohybu Pasco | 0,15 – 8 m | 0,01 m | DYX7H0006W31 |
| USB Link Pasco | | | DYX7H0006W62 |
| Notebook | | | |
| Měřicí dráha | | | |

Postup měření:

Na začátku měření jsem připravil dráhu, k té přidělal kladku tak, aby byla přesně na středu dráhy. Ke stojanu jsem připevnil senzor síly a na ten jsem zavěsil krabičku s kovovou stykovou plochou. Do krabičky jsem postupně vsýpal červenou čočku, dokud se hodnota síly nezastavila na 1,52 N. Čidlo jsem samozřejmě před měřením vynuloval. Poté jsem krabičku i s obsahem přenesl na dráhu, kam jsem předtím umístil kovový proužek. Provázkem jsem propojil krabičku se senzorem síly, který jsem přidělal k vozíku. Z druhé strany jsem na vozík připevnil provázek a vedl jej přes kladku.

Následně jsem zpustil program Pasco Datastudio a připojil senzor pohybu. Vzorkovací frekvenci jsem pro oba snímače nastavil na hodnotu 50 Hz. Když bylo vše připraveno, kolega zavěsil na volný konec provázku závaží. U prvních měření, jsem vždy uvolnil vozík, což způsobilo, že v grafu síla nejprve dosáhla maxima, tím jak vozík trhl za krabičku, a následně se ustálila. Proto jsem zvolil jiný postup kdy jsem držel krabičku, přičemž provázek k čidlu byl napjatý, po uvolnění velikost síly klesla na konstantní hodnotu. Celé měření jsem opakoval třikrát.

Jako druhý bod měření jsem zvolil měření za použití maziva WD 40, proto jsem do dráhy vložil vložku s kovovým pruhem, na který jsem aplikoval mazný prostředek.

Poté jsem do krabíčky s kovovým povrchem opět nasypal čočku a to takové množství, aby tíhová síla byla totožná s tíhou tělesa z předchozího měření. Překvapivé bylo, že hmotnost závaží nestačila k tomu, aby vozík dorazil na konec dráhy, a tak jsem musel hmotnost závaží zvýšit.

Jako další jsem do dráhy vložil vložku s brusným papírem a na senzor síly zavěsil krabíčku s totožným povrchem spodní strany, jako byl povrch vložky v dráze. Tíhovou sílu jsem pomocí sypkého materiálu stanovil na 1,55 N. Toto měření proběhlo bez problému.

Jako poslední část jsem měřil součinitel smykového tření mezi plastovou plochou dráhy a filcem nalepeným na spodu krabíček s plochou strany 500 mm² a 250 mm². U tohoto bodu bylo důležité, aby tíhová síla obou těles byla stejná, a to 1,05 N. Poté jsem provedl tři měření pro každou z nich.

Tabulka naměřených hodnot:

Nerezová ocel – nerezová ocel

| Průměrné hodnoty | | | | | | |
|------------------|-----------|--------------------------------|----------------|-------------------------|-----------------------------|----------------------------|
| číslo měření | F_T [N] | Δv [ms ⁻¹] | Δt [s] | a [ms ⁻²] | $F_{G\text{-krabíčky}}$ [N] | $m_{\text{krabíčky}}$ [kg] |
| 1. | 0,38 | 0,30 | 1,52 | 0,20 | 1,52 | 0,5 N |
| 2. | 0,39 | 0,28 | 1,62 | 0,17 | | |
| 3. | 0,38 | 0,31 | 1,58 | 0,20 | | |

Nerezová ocel – nerezová ocel (s mazivem)

| Průměrné hodnoty | | | | | | |
|------------------|-----------|--------------------------------|----------------|-------------------------|-----------------------------|----------------------------|
| číslo měření | F_T [N] | Δv [ms ⁻¹] | Δt [s] | a [ms ⁻²] | $F_{G\text{-krabíčky}}$ [N] | $m_{\text{krabíčky}}$ [kg] |
| 1. | 0,78 | 0,72 | 0,76 | 0,95 | 1,52 | 0,15 |
| 2. | 0,78 | 0,76 | 0,74 | 1,03 | | |
| 3. | 0,75 | 0,74 | 0,76 | 0,97 | | |

Filc – tvrzený polystyren (krabička velká)

| Průměrné hodnoty | | | | | | |
|------------------|-----------|--------------------------|----------------|-------------------|-----------------------------|----------------------------|
| íslo měření | F_T [N] | Δv [ms^{-1}] | Δt [s] | a [ms^{-2}] | $F_{G\text{-krabičky}}$ [N] | $m_{\text{krabičky}}$ [kg] |
| 1. | 0,35 | 0,17 | 1,52 | 0,11 | 1,05 | 0,11 |
| 2. | 0,35 | 0,17 | 1,42 | 0,12 | | |
| 3. | 0,34 | 0,17 | 1,42 | 0,12 | | |

Filc – tvrzený polystyren (krabička malá)

| Průměrné hodnoty | | | | | | |
|------------------|-----------|--------------------------|----------------|-------------------|-----------------------------|----------------------------|
| číslo měření | F_T [N] | Δv [ms^{-1}] | Δt [s] | a [ms^{-2}] | $F_{G\text{-krabičky}}$ [N] | $m_{\text{krabičky}}$ [kg] |
| 1. | 0,34 | 0,19 | 1,66 | 0,11 | 1,05 | 0,11 |
| 2. | 0,34 | 0,17 | 1,50 | 0,11 | | |
| 3. | 0,35 | 0,19 | 1,54 | 0,12 | | |

Brusný papír

| Průměrné hodnoty | | | | | | |
|------------------|-----------|--------------------------|----------------|-------------------|-----------------------------|----------------------------|
| číslo měření | F_T [N] | Δv [ms^{-1}] | Δt [s] | a [ms^{-2}] | $F_{G\text{-krabičky}}$ [N] | $m_{\text{krabičky}}$ [kg] |
| 1. | 1 | 0,59 | 0,89 | 0,66 | 1,55 | 0,16 |
| 2. | 0,95 | 0,63 | 0,96 | 0,66 | | |
| 3. | 0,95 | 0,65 | 0,88 | 0,74 | | |

Výpočty:

pro f :

$$F_v = F_T - F_t$$

$$m \cdot a = F_T - f \cdot F_G$$

$$m \cdot a = F_T - f \cdot m \cdot g$$

$$f = \frac{F_T - m \cdot a}{m \cdot g}$$

aritmetický průměr:

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_N}{N} = \frac{1}{N} \sum_{x=1}^N x_i$$

směrodatná odchylka měření:

$$s = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2}$$

směrodatná odchylka aritmetického průměru:

$$s(\bar{x}) = \frac{s}{\sqrt{N}}$$

mezní chyba t (95%,3):

$$\kappa = t \cdot s(\bar{x})$$

Výsledné hodnoty:

nerezová ocel – nerezová ocel

$$f = 0,23 \pm 0,01$$

nerezová ocel – nerezová ocel

$$f = 0,41 \pm 0,03$$

filc – tvrzený polystyren (krabíčka velká)

$$f = 0,32 \pm 0,01$$

filc – tvrzený polystyren (krabíčka malá)

$$f = 0,31 \pm 0,01$$

brusný papír:

$$f = 0,55 \pm 0,04$$

Závěr:

Po zpracování získaných dat v programu MS Excel, jsem vypočítal, podle fyzikálního vztahu pro výslednou pohybovou sílu, velikost součinitele smykového tření pro jednotlivé druhy povrchů. Největší hodnotu f , vzhledem ke struktuře svého povrchu měl brusný papír, následně nerezová ocel, na které bylo nanášeno mazivo WD 40, které způsobilo, dle mého názoru, zvýšenou vzájemnou přilnavost povrchů a tudíž i větší odporovou sílu. Další v pořadí byl filcový povrch při vzájemném pohybu po polystyrenové podložce a nejnižší hodnotu součinitele smykového tření vykazaly dotykové plochy z nerezové oceli.

Při zachování stejné tíhy tělesa a povrchu stykové plochy, přičemž obsah plochy byl poloviční, zůstal koeficient smykového tření téměř totožný, čím se potvrzuje

základní předpoklad, že velikost odporové síly není závislá na obsahu stykových ploch,
ale na tíze.

Pracovní list

Vypracovali: Jan Novák Třída: 11A Datum: 19.3.2013

Zakreslete do schématu silové působení během pohybu:

Zakreslete:

- tlakovou sílu F_n
- odporovou sílu F_t
- tahovou sílu F_T



Zamyslete se nad tím, kdy se setkáváte s třením ve svém životě a kdy je třecí odporová síla žádoucí a kdy nežádoucí (zapište do tabulky):

| Žádoucí | Nežádoucí |
|-----------------|--------------------------------|
| Při chůzi | Při kontaktu součástí v motoru |
| Při Brzdění | Při pohybu po ledové ploše |
| Hřebík ve dřevě | Při pohybu vlaku do kopce |
| | |
| | |

Při provedených laboratorních měřeních je jedním z vašich úkolů určit součinitel smykového tření u dvou totožných povrchů, ale polovičního obsahu. Uveďte, k jakému závěru jste dospěli, zda je rozdíl ve velikosti koeficientu smykového tření či nikoli:

Při stejné hmotnosti obou těles je velikost součinitele smykového tření stejná

Na čem tedy závisí velikost odporové síly?

*Na tíže tělesa
Na úhlu roviny
Hrúbosti povrchů stykových ploch*

Jak se změnila velikost odporové síly, když jste použili olej?

Kvůli zvýšené přilnavosti vzrostla

Používá se v technické praxi jiných maziv, než jsou oleje?

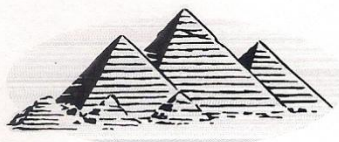
Např. Grafit, či vazelína

Jak lze zvětšit součinitel smykového tření v praxi?

Zdivněním stykových ploch

Mohli si stavitelé pyramid ve své době, nějakým způsobem ulehčit přesouvání těžkých balvanů?

Podložit balvan kmeny
Podlit nějakým olejem



Zamyslete se a uveďte několik příkladů toho, jak by se změnil svět kolem vás, pokud by z něj zmizelo tření.

- Neudělali bychom ani krok
- oblečení by nedrželo pohromadě
- auta by nebrzdila

PROTOKOL O MĚŘENÍ

z technické fyziky

Laboratorní cvičení č. 2 – Určení koeficientu statického smykového tření

| | | |
|---------------------------------------|----------------------|-------------------------------------|
| Jméno a příjmení: Jan Novák | Třída: 1La | Datum měření: 26. 3. 2013 |
| Kontroloval: | Klasifikace: | |

Podmínky měření:

teplota: 24,5°C

tlak: 967,91 hPa

relativní vlhkost vzduchu: 47%

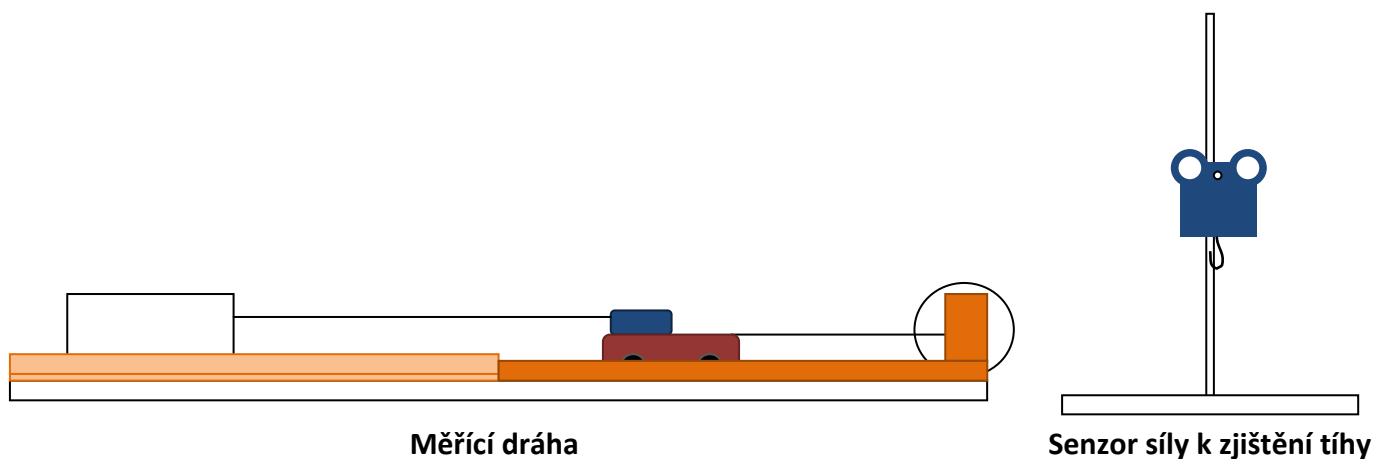
Zadání:

- Určete velikost koeficientu statického a dynamického tření mezi následujícími povrchy:
 - ❖ Brusný papír hrubost 180
 - ❖ Brusný papír hrubost 240
 - ❖ Brusný papír hrubost 400Každé měření opakujte alespoň třikrát
- Ze získaných dat vypracujte pomocí tabulkového procesoru graf znázorňující změnu velikosti odporové síly v čase. Pro každý povrch vypracujte jeden graf.

Potřebné vzorce:

$$F_t = f_0 \cdot F_n; F_n = m \cdot g$$

Schéma měřící soustavy:



Seznam použitých měřících pomůcek a zařízení:

| Název | Měřící rozsah | Citlivost | Inventární číslo |
|-------------------|-----------------|-----------|------------------|
| Senzor síly Pasco | - 50 N - + 50 N | 0,03 N | DYX7H0006W59 |
| USB Link Pasco | | | DYX7H0006W62 |
| Notebook | | | |
| Měřící dráha | | | |

Postup měření:

Na začátku měření jsem si připravil stojan a k němu připevnil senzor síly ze sady Pasco. Poté jsem jej připojil k počítači a nastavil citlivost na setiny newtonů. Pro jistotu jsem senzor vynuloval v nezatíženém stavu. Poté jsem postupně na háček čidla zavěšoval jednotlivé krabičky, které jsem plnil červenou čočkou do doby, dokud tahová síla nebyla 1,50 N.

Následně jsem k otočné ose dráhy připevnil pomocí provázku vozík a na něj přišrouboval senzor síly. Pro měření statického součinitele smykového tření jsem nastavil vzorkovací frekvenci senzoru na hodnotu 100 Hz.

Do části dráhy určené pro pohyb taženého tělesa jsem umístil podložku s příslušným druhem brusného papíru. Na ten jsem poté postavil krabičku, která na spodní straně měla stejný typ brusného papíru, a tu propojil se siloměrem.

Když bylo vše připravené, spustil jsem měření v programu Datastudio a začal navíjet provázek. Snažil jsem se o to, aby bylo navíjení co nejplynulejší. Sledoval jsem vývoj veličiny na monitoru počítače, a když se začala krabička pohybovat, ukončil jsem měření.

Celý tento postup jsem opakoval pro každý typ brusného papíru, a to pětkrát. Všechny, mnou získané výsledky jsou uvedeny v tabulce, která následuje za touto částí protokolu o měření. Také jsem vypracoval grafy pro každý typ drsnosti povrchu, ve kterých je zobrazena závislost velikosti tahové síly na čase.

Tabulka naměřených hodnot:

| Maximální odporová síla pro povrch s hrubostí | | | |
|--|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|
| Číslo měření | $F_{t_{180}}[N]$ | $F_{t_{240}}[N]$ | $F_{t_{400}}[N]$ |
| 1. | 1,41 | 1,24 | 0,83 |
| 2. | 1,41 | 1,30 | 0,80 |
| 3. | 1,30 | 1,30 | 0,80 |
| 4. | 1,24 | 1,22 | 0,83 |
| 5. | 1,36 | 1,30 | 0,91 |
| Průměrná hodnota | 1,34 | 1,27 | 0,83 |

Grafy:





Výpočty:

Součinitel klidového smykového tření

$$F_t = f_0 \cdot F_n$$

$$f_0 = \frac{F_t}{F_n}$$

Aritmetický průměr

$$\bar{f}_0 = \frac{f_{01} + f_{02} + f_{03} + \dots + f_{0N}}{N} = \frac{1}{N} \sum_{x=1}^N f_{0i}$$

Směrodatná odchylka měření

$$s = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (f_{0i} - \bar{f}_0)^2}$$

Směrodatná odchylka aritmetického průměru

$$s(\bar{f}_0) = \frac{s}{\sqrt{N}}$$

Mezní chyba t (95%,5)

$$\kappa = k \cdot s(\bar{f}_0)$$

$$f_{0180} = 0,90 \pm 0,05$$

$$f_{0240} = 0,85 \pm 0,03$$

$$f_{0400} = 0,56 \pm 0,03$$

Závěr:

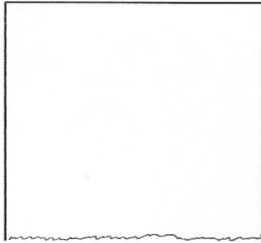
Z pěti měření, jsem po exportu dat, vypočítal hodnotu součinitele statického smykového tření, pro tři různě hrubé povrchy. Hmotnost krabiček jsem volil stejnou, pro všechny tři povrchy. Součástí zpracovaných dat, jsou i grafy, ve kterých je zaznamenán nárůst tahové síly v čase do okamžiku, kdy se těleso dalo do pohybu.

Výsledné hodnoty potvrzují předpoklad, že čím hrubší povrch dotykových ploch, tím větší odporovou sílu je třeba překonat, aby bylo těleso uvedeno do pohybu.

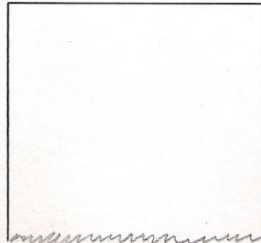
Pracovní list

Vypracovali: Jan Novák Třída: 1La Datum: 26.3.2013

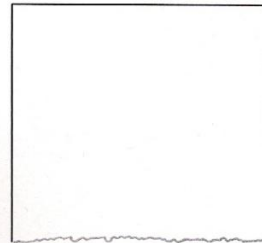
Zakreslete, jak podle vás vypadají povrchy jednotlivých krabiček dle označení brusného papíru:



400



180



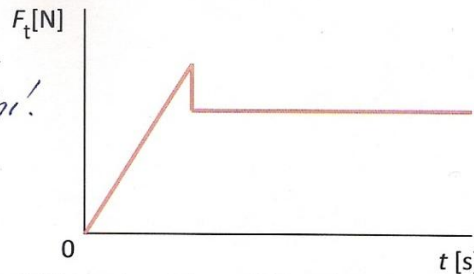
240

Co způsobuje, že je statické tření větší než dynamické?

Nerovnosti do sebe lépe zapadnou

Jak si vysvětlujete, že oproti běžně uváděnému grafu je ten, který vyšel vašim měřením odlišný?

*Uzobrazeního tělesa
"dochází" k odskakování!*



Rozhodněte, kdy je statické tření žádoucí a kdy nežádoucí a svou volbu

zdůvodněte:

žádoucí - nežádoucí -

Vrut ve dřevě

Pevně drží na svém místě

Curling

Dochází ke ztrátě energie

Píst ve válci motoru

Dochází k oděru

Jaký myslíte, že je význam statické odporové třecí síly pro lidskou chůzi?

Díky statickému tření nám při chůzi nepodklouzne noha.

PROTOKOL O MĚŘENÍ

z technické fyziky

Laboratorní cvičení č. 3 – Určení hodnoty frekvence, úhlové rychlosti a okamžité rychlosti bodu na disku

| | | |
|---------------------------------------|----------------------|------------------------------------|
| Jméno a příjmení: Jan Novák | Třída: 1La | Datum měření: 2. 4. 2013 |
| Kontroloval: | Klasifikace: | |

Podmínky měření:

teplota: 18°C

tlak: 965 hPa

relativní vlhkost vzduchu: 55%

Zadání:

1. Po dobu pěti sekund měřte přes otvor v disku úroveň intenzity osvětlení, kdy budou solární panely natočeny v pod úhly

❖ 22,5°

❖ 45°

❖ 67,5°

❖ 90°

ke zdroji světla.

2. Solární panely překryjte barevným filtrem a opět po dobu pěti sekund měřte intenzitu světla dopadajícího na senzor přes otvor disku. Pro měření použijte následující barevné filtry

❖ červený

❖ modrý

❖ zelený

❖ žlutý

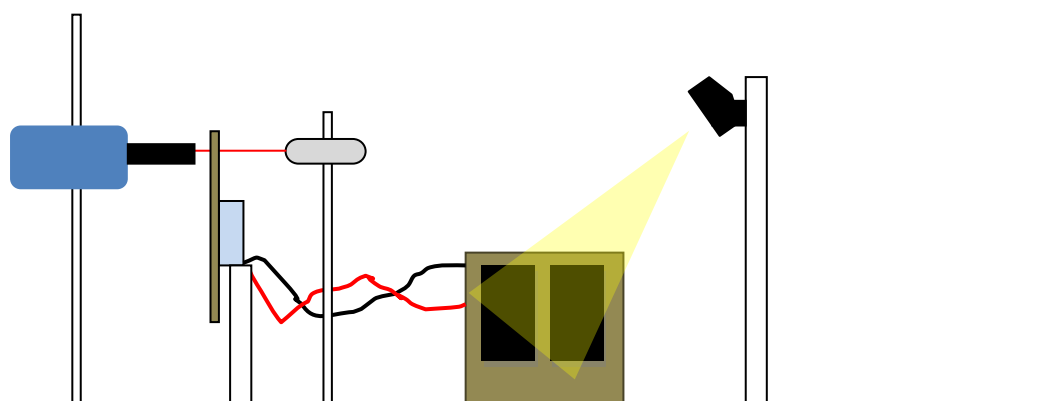
Panely mějte natočeny pod úhlem 60° ke zdroji světla. Pro možnost srovnání proveďte měření bez použití barevného filtru.

3. Data z jednotlivých měření zpracujte do podoby grafu závislosti intenzity osvětlení na čase a určete frekvenci kruhového pohybu. Z frekvence určete velikost úhlové rychlosti, okamžité rychlosti otvoru v disku a periodu. Výsledky uveďte do tabulky v protokolu.

Potřebné vztahy:

$$f = \frac{1}{T}; \omega = 2\pi \cdot f; v = \omega \cdot r$$

Schéma měřicí soustavy:



Měřicí soustava

Seznam použitých měřících pomůcek a zařízení:

| Název | Měřící rozsah | Citlivost | Inventární číslo |
|--------------------------|---------------|-----------|------------------|
| Světelný senzor Pasco | 0 - 26000 lx | 0,01 | DYX7H0006W61 |
| USB Link Pasco | | | DYX7H0006W62 |
| Laserové ukazovátko | | | |
| Notebook | | | |
| Měřicí soustava | | | |

Postup měření:

Nejprve jsem si připravil měřící soupravu, fotovoltaické panely jsem umístil před halogenový zdroj světla. Po upevnění laserového zdroje, jsem na stojan umístil světelný senzor a mezi něj a laser vsunul otočný disk propojený s motorem. Vše jsem srovnal tak, aby laserový paprsek procházel skrze otvor přímo do senzoru. Poté jsem spustil program Datastudio a ověřil si, že je senzor funkční a zaznamenává dopadající

světlo. Nastavil jsem vzorkovací frekvenci na 1000 Hz a rozsah senzoru zvolil 0 – 26000 lx. Pomocí softwaru jsem nastavil odložený start, aby se disk roztočil na konstantní otáčky, a dobu měření na pět sekund. Následně jsem propojil oba solární články a motor otáčející diskem. Pro určení okamžité rychlosti otvoru v disku jsem změřil vzdálenost otvoru od středu otáčení.

Nejprve jsem měřil intenzitu světla dopadajícího do senzoru, resp. počet přerušení světelného paprsku pro různý náklon solárních panelů ke zdroji světla. Úhel natočení jsem nastavil přímo na stojánku s články, a to postupně na hodnoty 22,5°; 45°; 67°; 90°. Zapnul jsem zdroj světla a spustil měření v počítači.

Následně jsem postoupil k další části měření dle zadání a nastavil úhel natočení na 60° a provedl první měření, kdy solární články nebyly překryty žádným barevným filtrem. Poté jsem překrýval panely filtry různých barev (červená, modrá, zelená, žlutá) a realizoval měření pro každý z nich. Vždy než jsem měření spustil, překontroloval jsem nastavení úhlu natočení, abych eliminoval případné chyby způsobené chybným nastavením úhlu.

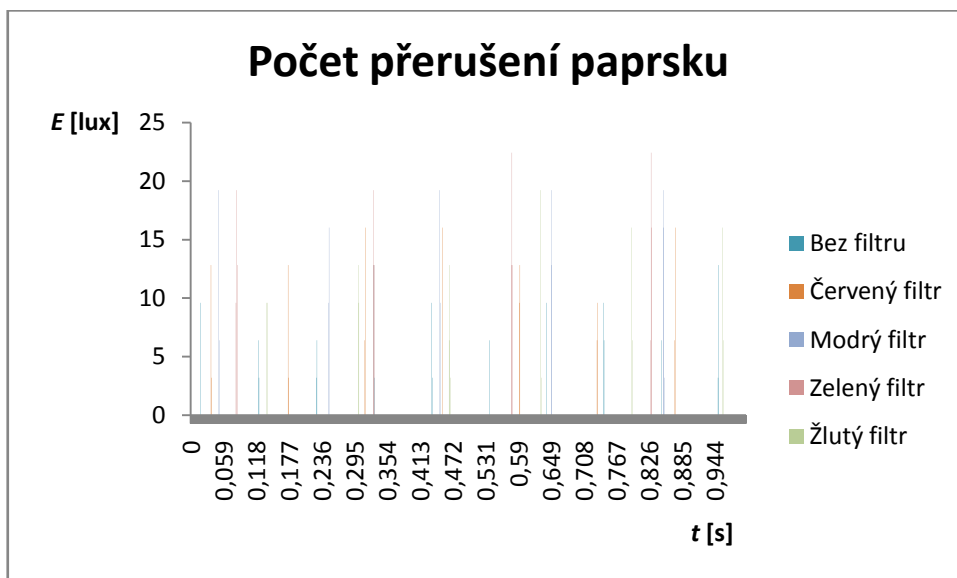
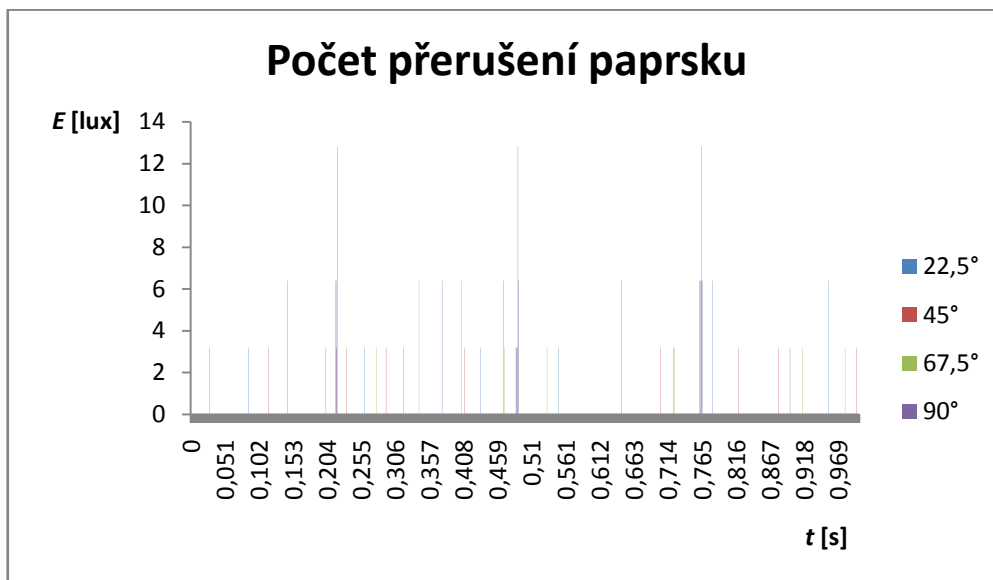
Při zpracování výsledků měření jsem data importoval do MS Excel a z hodnot intenzity osvětlení jsem určil frekvenci a to tak, že jsem určil počet maxim intenzity v určitém časovém intervalu, který jsem stanovil na jednu sekundu, čímž jsem dostal frekvenci otáčení disku. Zpracované výsledky jsou uvedeny níže v tabulce a příslušných grafech.

Tabulky naměřených hodnot:

| Číslo měření | $f_{22,5^\circ}$ [Hz] | f_{45° [Hz] | $f_{67,5^\circ}$ [Hz] | f_{90° [Hz] |
|-------------------------|-----------------------|---------------------|-----------------------|---------------------|
| 1. | 13 | 10 | 8 | 3 |
| 2. | 12 | 9 | 8 | 4 |
| 3. | 11 | 8 | 7 | 3 |
| 4. | 11 | 9 | 8 | 3 |
| 5. | 13 | 10 | 8 | 3 |
| Průměrná hodnota | 12 | 9 | 8 | 3 |

| Číslo měření | $f_{\text{bez filtru}}$ [Hz] | $f_{\text{červený}}$ [Hz] | $f_{\text{modrý}}$ [Hz] | $f_{\text{zelený}}$ [Hz] | $f_{\text{žlutý}}$ [Hz] |
|-------------------------|------------------------------|---------------------------|-------------------------|--------------------------|-------------------------|
| 1. | 10 | 7 | 5 | 4 | 6 |
| 2. | 10 | 7 | 5 | 4 | 6 |
| 3. | 10 | 7 | 5 | 4 | 6 |
| 4. | 10 | 7 | 4 | 3 | 6 |
| 5. | 10 | 7 | 5 | 4 | 7 |
| Průměrná hodnota | 10 | 7 | 5 | 4 | 6 |

Grafy:



Výpočty:

$$r = 30 \text{ mm}$$

Aritmetický průměr

$$\bar{f} = \frac{f_1 + f_2 + f_3 + \dots + f_N}{N} = \frac{1}{N} \sum_{x=1}^N f_i$$

Úhlová rychlost

$$\omega = 2\pi \cdot f$$

Okamžitá rychlost

$$v = \omega \cdot r$$

Perioda

$$T = \frac{1}{f}$$

| Frekvence | úhlová rychlost ω [rad·s ⁻¹] | okamžitá rychlost v [m·s ⁻¹] | Perioda T [s] |
|------------------|---|--|-----------------|
| $f_{22,5^\circ}$ | 75,40 | 2,26 | 0,08 |
| f_{45° | 57,81 | 1,73 | 0,11 |
| $f_{67,5^\circ}$ | 49,01 | 1,47 | 0,13 |
| f_{90° | 20,11 | 0,60 | 0,31 |

| Frekvence | úhlová rychlost ω [rad s ⁻¹] | okamžitá rychlost v [m s ⁻¹] | Perioda T [s] |
|-------------------------|---|--|-----------------|
| $f_{\text{bez filtru}}$ | 62,83 | 1,88 | 0,10 |
| $f_{\text{červený}}$ | 43,98 | 1,32 | 0,14 |
| $f_{\text{modrý}}$ | 30,16 | 0,90 | 0,21 |
| $f_{\text{zelený}}$ | 23,88 | 0,72 | 0,26 |
| $f_{\text{žlutý}}$ | 38,96 | 1,17 | 0,16 |

Závěr:

Po dobu pěti sekund jsem měřil počet přerušení laserového paprsku a následně jsem z těchto impulsů stanovil frekvenci. Všechny výsledky jsou vypsány v tabulkách

naměřených hodnot. Z naměřených dat jsem vytvořil grafy a z určených frekvencí určil další fyzikální veličiny.

Při změně úhlu natočení panelů ke zdroji světla, je dobře patrné, jak se mění frekvence s tím, jak se zvětšuje úhel natočení panelů.

Změny v hodnotě frekvence, nastaly také při měření s barevnými filtry, kde hodnoty měření vycházely téměř totožné. Z výsledků je patrné, že se společně s vlastnostmi dopadajícího světla, mění výkonnost fotovoltaických panelů. Přičemž nejlepších výsledků je dosaženo bez použití barevného filtru.

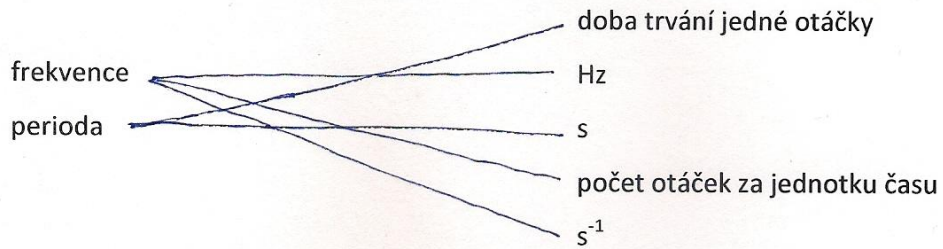
Pracovní list

Vypracovali: Jan Novák Třída: 11a Datum: 2.4.2013

Která z uvedených veličin je pro všechny body na kotouči konajícím rotační pohyb stejná:

- ❖ okamžitá rychlost
- ❖ úhlová rychlost

Odpovídající propojte:



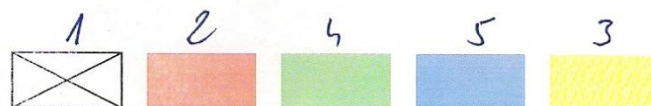
Pokuste se, na základě vašeho měření určit, na kterých faktorech je závislý výkon solárních panelů:

Na vzdálenosti od zdroje světla
Na úhlu natočení ke zdroji světla
Na barvě světla

Jak se mění frekvence otáček disku v závislosti na úhlu natočení panelů ke zdroji světla? (Zapište pořadí 1 nejvyšší frekvence – 4 nejnižší frekvence)

| Úhel natočení | Pořadí |
|---------------|--------|
| 90° | 4 |
| 45° | 3 |
| 67,5° | 2 |
| 22,5° | 1 |

Jaký vliv má na frekvenci otáčení disku použití barevného filtru? K příslušné barvě filtru zapište číslici určující pořadí. (1 nejvyšší frekvence – 5 nejnižší frekvence)



Zamyslete se nad tím, zda obdobný princip měření, jaký byl využit v této úloze, tzn. světelný paprsek a senzor, je nebo by bylo vhodné využít v technické praxi? Vaše závěry zapište níže:

Počítání otáček motoru

PROTOKOL O MĚŘENÍ

z technické fyziky

Laboratorní cvičení č. 4 – Určení velikosti pohybové síly tělesa na nakloněné rovině.

| | | |
|---------------------------------------|----------------------|------------------------------------|
| Jméno a příjmení: Jan Novák | Třída: 1La | Datum měření: 9. 4. 2013 |
| Kontroloval: | Klasifikace: | |

Podmínky měření:

teplota: 20,5°C

tlak: 965,41 hPa

relativní vlhkost vzduchu: 54%

Zadání:

1. Pomocí siloměru určete hmotnost tělesa, které budete spouštět po nakloněné rovině. Následně určete velikost pohybové složky tíhy působící na těleso při pohybu po nakloněné rovině dle vztahu $F_p = F_G \cdot \sin \alpha$ pro úhly náklonu

- ❖ 5°
- ❖ 10°
- ❖ 15°
- ❖ 20°
- ❖ 25°

Výsledky zapište do tabulky.

2. Na nakloněné rovině proveďte měření rychlosti tělesa pro úhly náklonu

- ❖ 5°
- ❖ 10°
- ❖ 15°
- ❖ 20°
- ❖ 25°

Každé měření opakujte třikrát. Z naměřených hodnot rychlosti a času určete hodnotu zrychlení pro každý náklon. Ze získaných hodnot rychlosti vypočítejte velikost

zrychlení, stanovte chybu. Po dosažení do druhého Newtonova zákona určete sílu působící na těleso a následně zapište do tabulky vedle hodnot této veličiny stanovené výpočtem.

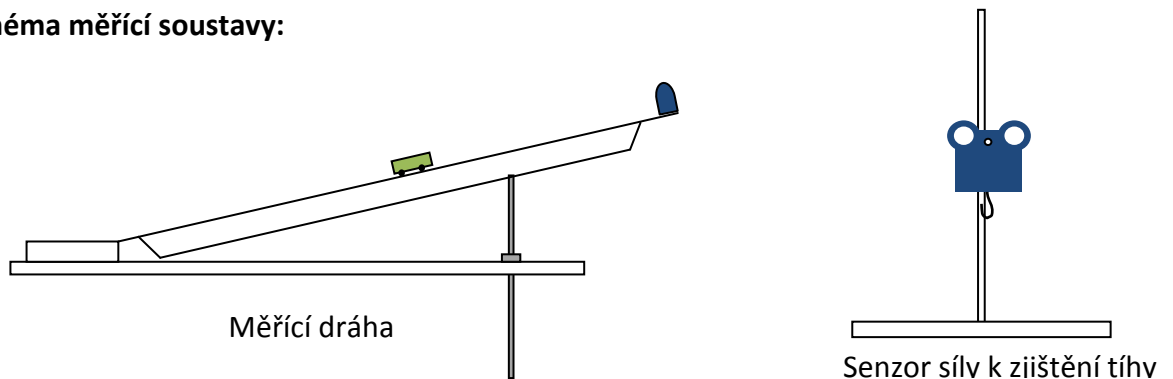
- Hodnotu určenou výpočtem a výpočtem z měření vzájemně porovnejte a vytvořte sloupcový graf z obou hodnot. Diskutujte případné rozdíly v závěru protokolu.

Velikost nastaveného úhlu určete pomocí goniometrických funkcí, tak že změříte výšku od základní desky k horní hraně dráhy v místě, kde je ryska označující vzdálenost od pantu dráhy 1 m.

Potřebné vzorce:

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t}; F_p = F_G \cdot \sin\alpha; F_G = m \cdot g; \sin\alpha = \frac{\text{Délka protilehlé odvěšny}}{\text{Délka přepony}}$$

Schéma měřící soustavy:



Seznam použitých měřících pomůcek a zařízení:

| Název | Měřící rozsah | Citlivost | Inventární číslo |
|---------------------|-----------------|-----------|------------------|
| Senzor síly Pasco | - 50 N - + 50 N | 0,03 N | DYX7H0006W59 |
| Senzor pohybu Pasco | 0,15 – 8 m | 0,01 m | DYX7H0006W31 |
| USB Link Pasco | | | DYX7H0006W62 |
| Notebook | | | |
| Měřící dráha | | | |

Postup měření:

Nejdříve jsem si připravil dráhu, kterou jsem nastavil do polohy, kdy úhel náklonu byl 0°. Poté jsem určil výšku od podkladové desky ke středu osy pantu pomocí

výškoměru. S touto výškou jsem poté vypočítal, do jaké vzdálenosti od nosné desky má být umístěna ryska na dráze, aby nastavený úhel odpovídal zadání.

Pro určení tíhy modelu automobilu, který jsem po dráze posílal, jsem upevnil senzor síly na stojan, vynuloval jej v nezátíženém stavu a poté k němu zavěsil model a spustil měření. Hodnotu tíhy jsem si zapsal.

Před tím, než jsem s dráhou začal manipulovat, jsem vypočítal výšku, ve které musí být umístěna horní strana dráhy, aby úhel odpovídal zadání. Výpočet jsem provedl pomocí funkce sinus, přičemž jsem znal vzdálenost rysky od osy otáčení pantu, která byla 1 m. Výsledné hodnoty jsou uvedeny v tabulce viz. níže.

Když jsem měl vše připraveno, nastavil jsem na výškoměru požadovanou hodnotu vzdálenosti od základní desky, kolega přizvedl dráhu a začal jsem na závitové tyči pomocí dvou matic nastavovat požadovanou výšku. Před položením dráhy na konec závitové tyče bylo potřeba řádně dotáhnout matici nad deskou, tak i pod deskou. Tím jsem zamezil nežádoucímu odchýlení od kolmé osy tyče.

Na konec dráhy jsem umístil senzor pohybu a připojil jej k počítači. Před vlastním měřením jsem nastavil snímací frekvenci senzoru na 50 Hz, snímanou veličinou rychlost a pozici přepínače na senzoru uvedl do polohy označující vozík. Poté jsem provedl několik měření, abych se přesvědčil, že senzor snímá mnou vypuštěné autíčko. To jsem vždy umístil k rysce vyznačené na povrchu dráhy, tak aby byla dráha pohybu modelu vždy stejná.

Při samotném měření jsem spustil běh programu. Kolega uvolnil autíčko a další jej chytil ve spodní části dráhy. Stejně jsem postupoval i při dalších měřeních se změněným úhlem náklonu roviny. Měření proběhlo vždy třikrát a ze získaných hodnot rychlosti a času jsem získal zrychlení tělesa, které jsem uvedl v tabulce. Pro porovnání vypočítané a reálné hodnoty zrychlení jsem sestrojil graf.

Tabulka naměřených hodnot:

| úhel náklonu roviny α [°] | měření č. 1 | | měření č. 2 | | měření č. 3 | |
|--|----------------------------------|------------------|----------------------------------|------------------|----------------------------------|------------------|
| | Δv_1 [ms ⁻¹] | Δt_1 [s] | Δv_2 [ms ⁻¹] | Δt_2 [s] | Δv_3 [ms ⁻¹] | Δt_3 [s] |
| s | 0,78 | 0,93 | 1,00 | 1,02 | 0,82 | 0,88 |
| 10 | 1,39 | 0,88 | 1,45 | 0,92 | 1,39 | 0,88 |
| 15 | 2,26 | 0,8 | 2,26 | 0,82 | 2,34 | 0,86 |
| 20 | 2,21 | 0,65 | 2,15 | 0,65 | 2,19 | 0,65 |
| 25 | 3,18 | 0,73 | 3,14 | 0,78 | 3,15 | 0,77 |

Výpočty:

výška horní hrany osy

$$\sin \alpha = \frac{\text{Délka protilehlé odvěsny}}{\text{Délka přepony}}$$

| úhel α [°] | $\sin \alpha$ | h [mm] |
|-------------------|---------------|--------|
| 5 | 0,087155743 | 125,2 |
| 10 | 0,173648178 | 211,6 |
| 15 | 0,258819045 | 296,8 |
| 20 | 0,342020143 | 380,0 |
| 25 | 0,422618262 | 460,6 |

zrychlení

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

| úhel náklonu roviny α [°] | měření č. 1 | měření č. 2 | měření č. 3 |
|--|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| | a_1 [ms ⁻²] | a_2 [ms ⁻²] | a_3 [ms ⁻²] |
| 5 | 0,84 | 0,98 | 0,93 |
| 10 | 1,58 | 1,58 | 1,58 |
| 15 | 2,83 | 2,76 | 2,72 |
| 20 | 3,40 | 3,31 | 3,37 |
| 25 | 4,36 | 4,03 | 4,09 |

Aritmetický průměr

$$\bar{a} = \frac{a_1 + a_2 + a_3 + \dots + a_N}{N} = \frac{1}{N} \sum_{x=1}^N a_i$$

Směrodatná odchylka měření

$$s = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (a_i - \bar{a})^2}$$

Směrodatná odchylka aritmetického průměru

$$s(\bar{a}) = \frac{s}{\sqrt{N}}$$

Mezní chyba

$$\kappa = k \cdot s(\bar{a})$$

Zrychlení

$$a_{5^\circ} = 0,92 \pm 0,15 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$$

$$a_{10^\circ} = 1,58 \pm 0,00 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$$

$$a_{15^\circ} = 2,77 \pm 0,11 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$$

$$a_{20^\circ} = 3,36 \pm 0,10 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$$

$$a_{25^\circ} = 4,16 \pm 0,35 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$$

Pohybová složka tíhové síly

$$F_p = F_G \cdot \sin\alpha$$

$$F_p = m \cdot a$$

| úhel náklonu roviny α [°] | Vypočítaná hodnota F_p [N] | Vypočítaná hodnota ze získaných dat F_p [N] |
|-------------------------------------|---------------------------------|---|
| 5 | 0,084 | 0,089 |
| 10 | 0,167 | 0,154 |
| 15 | 0,249 | 0,271 |
| 20 | 0,328 | 0,329 |
| 25 | 0,405 | 0,406 |

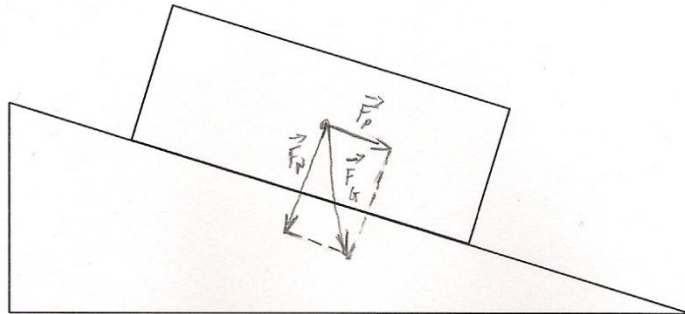
Závěr:

Při realizaci této úlohy se jako velmi problémové ukázalo nastavení výšky dráhy a také správné nasměrování senzoru.

Získané hodnoty jsou ve čtyřech měřeních větší, než je hodnota teoreticky vypočítaná, což neodpovídá předpokladu. Usuzuji proto, že došlo k mírné odchylce při nastavení výšky dráhy pomocí závitové tyče. Nepřesnosti v měření mohou být způsobeny také nepřesným nastavením senzoru.

Vypracovali: Jan Novák Třída: 11a Datum: 9.4.2013

1. Do schématu zakreslete síly působících na těleso na nakloněné rovině:



2. Liší se výsledky vypočtené z velikosti tíhové síly tělesa a vypočtené z výsledků vámi realizovaného měření? Pokud ano, uveďte, jaké faktory způsobují tuto odchylku?

Ano, liší a to z důvodu nepřesného nastavení úhlu roviny a senzoru.

3. Ve kterých situacích byste využili principu nakloněné roviny, popřípadě co využívá principu nakloněné roviny? (Hodící se zaškrtněte)

Schodiště

Hřebík

Vrut do dřeva

Nabírání vody ze studny

Doprava břemene do 12 patra stavby

Doprava pytlů brambor do sklepa

4. Které těleso se na nakloněné rovině bude pohybovat rychleji a proč?

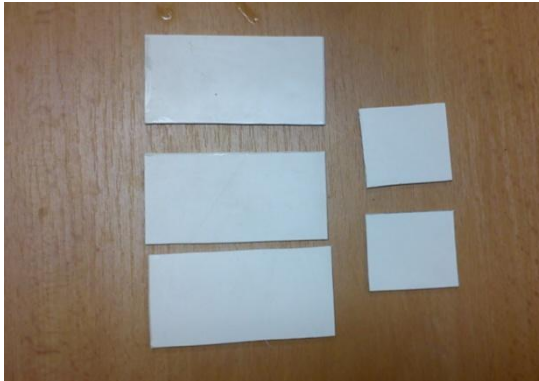
Kvádr

Vozík

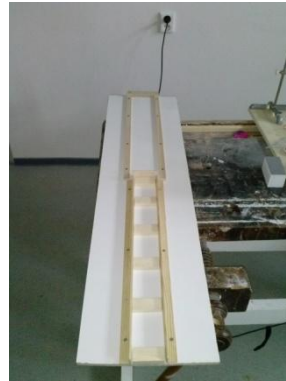
- se bude pohybovat rychleji; nemá tak velkou odporovou sílu, která by jej brzdila

Fotodokumentace

Laboratorní cvičení č. 1



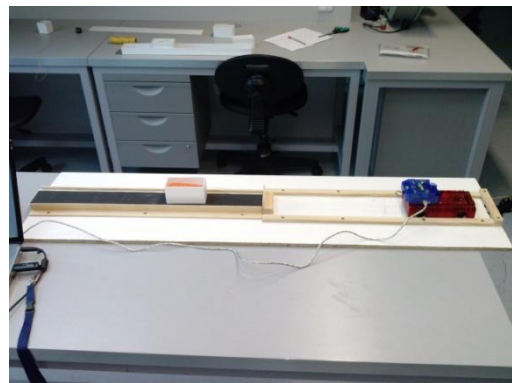
obrázek 1 - díly potřebné pro stavbu krabičky



obrázek 2 - měřicí dráha



obrázek 3 – určení tíhové síly



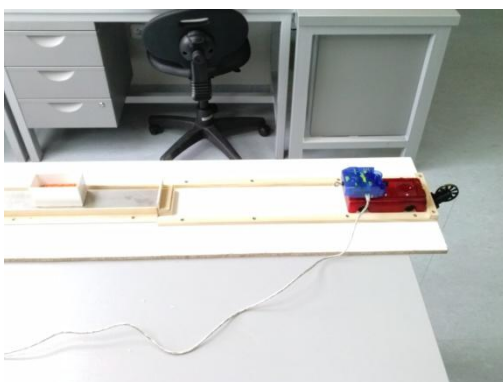
obrázek 4 – měření na dráze



obrázek 5 – měření na dráze



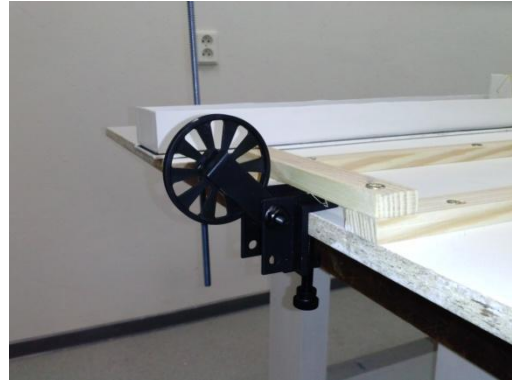
obrázek 6 – měření na dráze



obrázek 7 – měření s mazivem



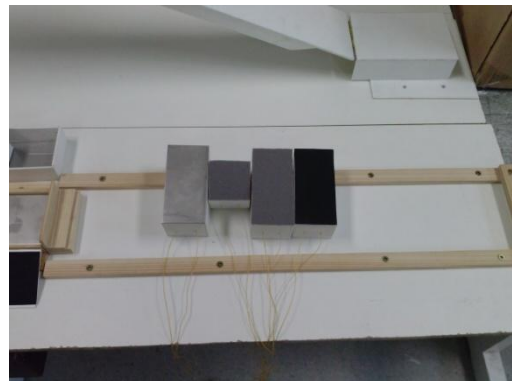
obrázek 8 – měření na dráze



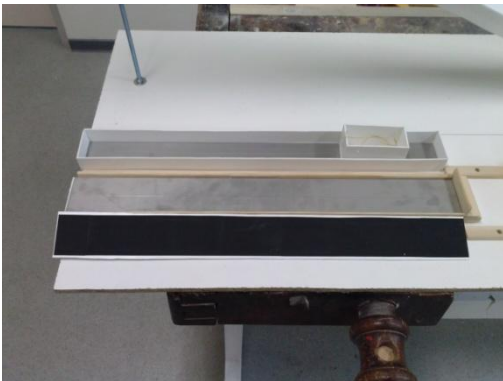
obrázek – 9 upevnění kladky



obrázek – 10 upevnění kladky



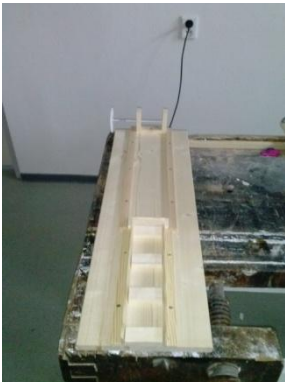
obrázek – 11 upevnění kladky



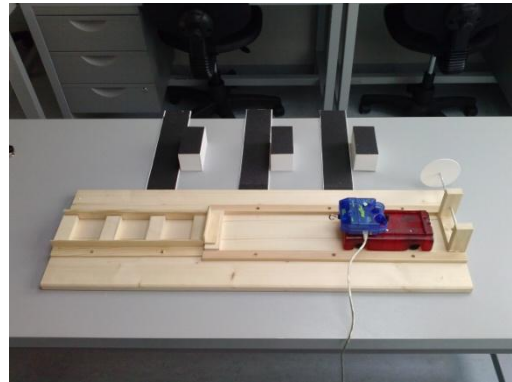
obrázek 12 – krabičky

obrázek 13 – vložky do dráhy

Laboratorní cvičení č. 2



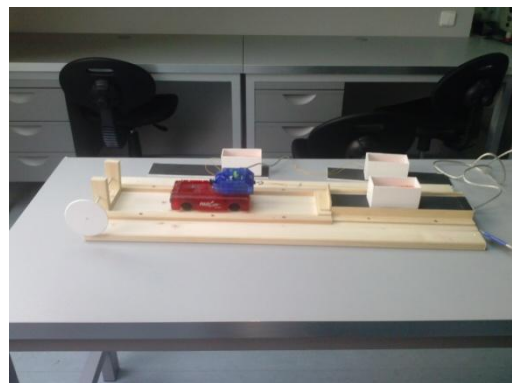
obrázek 1 – měřicí dráha



obrázek 2 – dráha s vložkami



obrázek 3 – měření na dráze



obrázek 4 – měření na dráze



obrázek 5 – určení tíhové síly

Laboratorní cvičení č.3



obrázek 1 – stojan pro uchycení zdroje světla



obrázek 2 – stojan se zdrojem světla



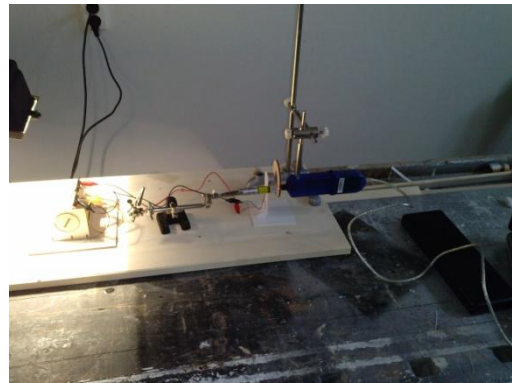
obrázek 3 – měření na aparatuře



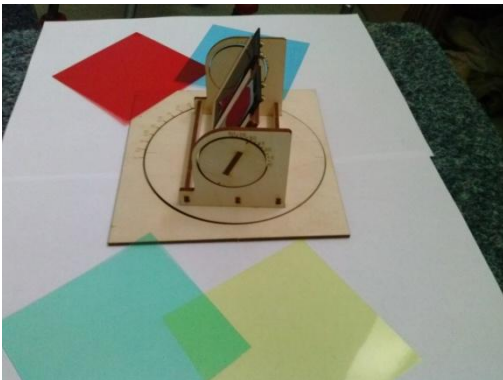
obrázek 4 – kotouč motoru



obrázek 5 – měření na aparatuře



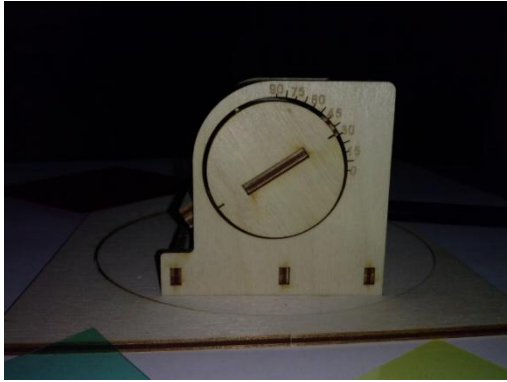
obrázek 6 uchycení senzoru světla



obrázek 7 – stojan s fotovoltaickými panely



obrázek 8 – barevné filtry



obrázek 9 – stupnice pro nastavení úhlu

Laboratorní cvičení č. 4



obrázek 1 – uchycení pantu dráhy



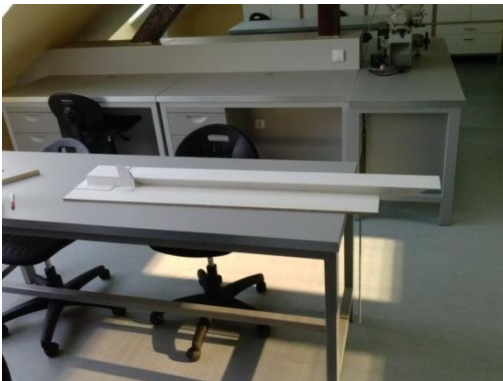
obrázek 2 – spodní strana dráhy



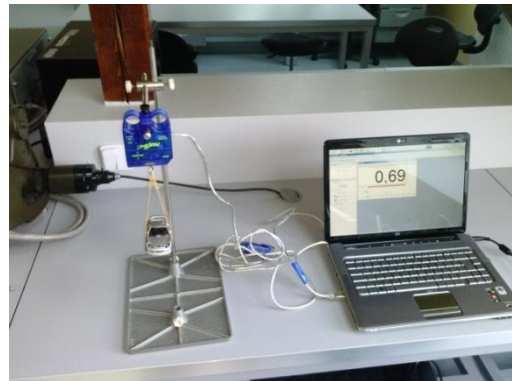
obrázek 3 – nakloněná rovina



obrázek 4 – nakloněná rovina



obrázek 5 – rovina v nulové poloze



obrázek 6 – určení tíhy modelu