SMÍCHOVSKÁ STŘEDNÍ PRŮMYSLOVÁ ŠKOLA

LABORATORNÍ PRÁCE Z FYZIKY
1. ročník

Mgr. Věra Krajčová Praha 2005

OBSAH

BEZPEČNOSTNÍ PŘEDPISY PRO LABORATOŘ

1. Na měřící pracoviště je povolen přístup pouze těm žákům, kteří tam provádějí měření.
2. Určení žáci se zdržují pouze na svém měřícím pracovišti.
3. Žáci se nesmějí dotýkat přístrojů a pomůcek s výjimkou těch, které jim jsou přiděleny k měření dané úlohy.
4. Žáci nesmějí samostatně manipulovat s elektrickými zařízeními s výjimkou zapínání a vypínání osvětlení.
5. Zařízení s elektrickým pohonem smějí žáci obsluhovat pouze za přítomnosti vyučujícího – podle jeho pokynů.
6. Před započetím měření jsou žáci povinni se seznámit s návodem k obsluze používaných přístrojů. Při měření musí dodržovat stanovený postup a udržovat pořádek na pracovišti.
7. Žáci jsou povinni používat ochranné pomůcky tam, kde je to nařízeno.
8. V laboratoři je přísně zakázáno odstraňovat nebo poškozovat kryty a jiná ochranná zařízení.
9. V laboratoři je přísně zakázáno kouřit a používat otevřeného ohně s výjimkou laboratorních prací, kde je práce s ohněm součástí pracovního postupu. V tomto případě lze pokus provádět pouze za dohledu vyučujícího.
10. Žáci nesmějí samostatně opravovat žádné závady na zařízení laboratoře včetně vodovodní, elektrické a plynové instalaci. Žáci jsou povinni při zjištění závady okamžitě uvědomit vyučujícího.
11. Žáci jsou povinni ohlásit neprodleně každý úraz vyučujícímu. Ošetření provede vyučující pomocí lékárničky první pomoci umístěné v kabinetě č. 4 a o ošetření provede zápis.

LABORATORNÍ ŘÁD

1. Pro chování žáků v laboratoři platí především zásady školního řádu.
2. Vstup do laboratoře je dovolen jen těm žákům, kteří tam mají právě vyučování.
3. Žáci jsou povinni nosit s sebou předepsané pomůcky.
4. V laboratoři jsou žáci rozděleni do skupin. Každá skupina dostane přiděleny pomůcky pro danou laboratorní práci.
5. Zjistí-li žáci závadu na přístroji či pomůckách, ohlásí to ihned vyučujícímu. Neučiní-li tak, hradí škodu příslušná skupina.
6. Vyměňování nebo půjčování přidělených přístrojů a pomůcek mezi skupinami je bez souhlasu vyučujícího zakázáno.
7. Škody způsobené svévolně nebo naprostou nedbalostí na zařízení laboratoře musí viník v plné výši nahradit. Kromě toho bude proti němu zavedeno disciplinární řízení.
8. Před měřením jsou žáci povinni si umýt ruce.
9. Při práci dbají žáci na dodržování bezpečnostních a protipožárních opatření. Zbytečné pochůzky po laboratoři nejsou povoleny.
10. Závady zjištěné na zařízení, vodovodní, elektrické nebo plynové instalaci, hlásí žáci ihned vyučujícímu. Sami nesmí provádět žádné opravy.
11. V laboratoři je zakázáno zapnutí počítačů, pokud to vyučující nepovolí. Při práci v laboratoři žáci dbají o nepoškození počítačů a jejich příslušenství. Především při práci s vodou.
12. V laboratoři je přísně zakázáno jíst a pít.
13. Po ukončení vlastního měření odevzdá skupina zapůjčené pomůcky a uklidí své pracoviště. Při ztrátě některé z pomůcek, zakoupí skupina pomůcku novou.
14. Vypracované protokoly o měření odevzdají žáci následující vyučovací blok v laboratoři. Žáci, kteří v den odevzdání protokolu chyběli, protokol odevzdají vyučujícímu následující den či první den po ukončení absence.
15. Žáci, kteří při měření chyběli, provedou náhradní měření v termínu, který si domluví s vyučujícím.
16. Pokud žák neodevzdá protokol, nebude klasifikován.
17. Desky na protokoly si žáci podepíší a uhradí cenu desek.

ZÁKLADY FYZIKÁLNÍCH MĚŘENÍ

Měření je soubor činností, jejichž cílem je stanovení hodnoty měřené fyzikální veličiny. Danou fyzikální veličinu můžeme naměřit různými **měřícími metodami**.

- **Přímá metoda** měření zjišťuje hodnotu měřené veličiny přímo srovnáním s jednotkou téže veličiny, obvykle odečtením na stupnici měřidla.
  - teplotu měříme teploměrem, elektrický proud ampérmetrem
- **Nepřímá metoda** měření zjišťuje hodnotu měřené veličiny nepřímo na základě fyzikálního vztahu z určených hodnot jiných veličin.
  - elektrické napětí určíme změřením proudu a odporu podle vztahu $U = R \cdot I$

Výsledek fyzikálního měření je vždy zatížen chybami. **Chyby**, vznikající při každém měření, jsou trojího druhu:

- **Hrubé chyby** jsou způsobené selháním měřícího přístroje nebo pozorovatele. Naměřená hodnota zatížená hrubou chybou se obvykle značně liší od ostatních hodnot. Vznikají nepozorností nebo přehlédnutím.
- **Systematické chyby** se vyznačují tím, že ovlivňují výsledek vždy stejně, tj. dávají hodnotu buď trvale větší, nebo stále menší, než je hodnota správná. Jsou způsobené nedokonalostí metody měření nebo měřících přístrojů.
- **Náhodné chyby** měření se projevují tím, že výsledky opakovaných měření se od sebe poněkud liší. Vznikají náhodnými vlivy při měření, např. otřesy, změnami teploty, vlhkosti, tlaku vzduchu.

Zpracování výsledků měření:

1. Označíme hodnoty získané měřením veličiny x postupně x_1, x_2, ...,x_n a vypočítáme pro tento soubor **aritmetický průměr** $\bar{x} = \dfrac{x_1 + x_2 + \ldots + x_n}{n} = \dfrac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} x_i$.
2. Vypočítáme absolutní hodnotu odchylky od průměrné hodnoty pro všechny naměřené hodnoty dané veličiny: $\Delta x_i = \left|\bar{x} - x_i\right|$.
3. Určíme **průměrnou odchylku** $\Delta x = \dfrac{\sum_{i=1}^{n}\left|\bar{x} - x_i\right|}{n}$.
4. Výsledek měření zapíšeme ve tvaru $x = \bar{x} \pm \Delta x$.
5. Vypočítáme hodnotu **relativní odchylky** $\delta(x) = \dfrac{\Delta x}{\bar{x}} \cdot 100\,\%$.

Laboratorní měření považujeme za dostatečně přesné, je-li relativní odchylka menší než 1%.

Příklad č. 1:

Tabulka č. 1 – Příklad pro zpracování výsledků naměřené veličiny (délka hrany kvádru).

Pořadové číslo měření - i	$\frac{l_i}{mm}$	$\frac{\Delta l_i = \lvert \bar{l} - l_i \rvert}{mm}$
1	107,2	(+) 0,1
2	107,4	(-) 0,1
3	107,3	0,0
4	107,1	(+) 0,2
5	107,3	0,0
6	107,5	(-) 0,2
7	107,4	(-) 0,1
8	107,1	(+) 0,2
9	107,5	(-) 0,2
10	107,2	(+) 0,1
Součet	1073,0	1,2
Aritmetický průměr	107,3	0,12

Průměrnou odchylku vždy zaokrouhlíme na jednu platnou číslici.

$\Delta l = 0{,}12\,mm \doteq 0{,}1\,mm$

Zaokrouhlená průměrná odchylka nám určuje počet desetinných míst (případně zda zaokrouhlujeme na desítky, stovky atd.), na které zaokrouhlíme průměrnou hodnotu veličiny.

$\bar{l} = 107{,}3\,mm$

V tomto případě počet desetinných míst souhlasí s počtech desetinných míst odchylky.

Výsledek: $l = \bar{l} \pm \Delta l = (107{,}3 \pm 0{,}1)\,mm$.

Skutečná délka hrany kvádru leží v mezích $107{,}2\,mm \leq l \leq 107{,}4\,mm$.

Zbývá určit relativní odchylku měření: $\delta(l) = \frac{\Delta l}{\bar{l}} \cdot 100\,\% = \frac{0{,}1}{107{,}3} \doteq 0{,}1\,\%$.

Tabulka č. 2 - Jak zaokrouhlovat výsledky měření?

Průměrná hodnota veličiny	Průměrná hodnota chyby	Zápis výsledku měření
1121,851 *mm*	0,0045 *mm*	$(1121{,}851 \pm 0{,}005)\,mm$
1121,851 *mm*	0,031 *mm*	$(1121{,}85 \pm 0{,}03)\,mm$
1121,851 *mm*	0,12 *mm*	$(1121{,}9 \pm 0{,}1)\,mm$
1121,851 *mm*	3,8 *mm*	$(1122 \pm 4)\,mm$
1121,851 *mm*	25,1 *mm*	$(1120 \pm 30)\,mm$
1121,851 *mm*	205 *mm*	$(1100 \pm 200)\,mm$

Příklad č. 2:

Posuvným měřidlem byly změřeny strany obdélníkové desky: $a = (16{,}32 \pm 0{,}01)cm$, $b = (7{,}41 \pm 0{,}01)cm$. Určete odchylku a relativní odchylku obsahu obdélníkové desky.

Obsah obdélníku: $S = a \cdot b$

Průměrná hodnota obsahu obdélníku je $\overline{S} = \overline{a} \cdot \overline{b} = (16{,}32 \cdot 7{,}41)cm^2 = 120{,}9312\,cm^2$.

A pro relativní odchylku platí $\delta(S) = \left(\frac{\Delta a}{\overline{a}} + \frac{\Delta b}{\overline{b}}\right) \cdot 100\,\% = \left(\frac{0{,}01}{16{,}32} + \frac{0{,}01}{7{,}41}\right) \cdot 100\,\% \doteq 0{,}2\,\%$

Průměrná odchylka obsahu obdélníku je

$\Delta S = \frac{\overline{S} \cdot \delta(S)}{100} = \frac{120{,}9312 \cdot 0{,}2}{100} = 0{,}2419\,cm^2 \doteq 0{,}2\,cm^2$.

Výsledek tedy je $S = (120{,}9 \pm 0{,}2)cm^2$

Vztahy pro výpočty odchylek fyzikálních veličin při nepřímém měření jsou v následující tabulce:

Tabulka č. 3 – Výpočty odchylek a relativních odchylek pro základní početní operace.

Operace	Průměr	Průměrná odchylka	Relativní odchylka
$a \pm b$	$\overline{a} \pm \overline{b}$	$\Delta a + \Delta b$	$\frac{\Delta a + \Delta b}{\overline{a} \pm \overline{b}}$
$a \cdot b$	$\overline{a} \cdot \overline{b}$	Nejdříve vypočteme relativní odchylku,	$\frac{\Delta a}{\overline{a}} + \frac{\Delta b}{\overline{b}} = \delta a + \delta b$
$\frac{a}{b}$	$\frac{\overline{a}}{\overline{b}}$	pak průměrnou odchylku	$\frac{\Delta a}{\overline{a}} + \frac{\Delta b}{\overline{b}} = \delta a + \delta b$
$a^2 = a \cdot a$	$\overline{a} \cdot \overline{a} = (\overline{a})^2$	ze vztahu	$\frac{\Delta a}{\overline{a}} + \frac{\Delta a}{\overline{a}} = 2\delta a$
$\sqrt{a}$	$\sqrt{\overline{a}}$	$\delta(x) = \frac{\Delta x}{\overline{x}} \cdot 100\,\%$.	$\frac{1}{2}\delta a$

PROTOKOL

Každý protokol obsahuje

- úvodní hlavičku podle vzoru
- očíslované strany
- v závěru větu: Tento protokol má ..... stran.
- podpis na poslední straně

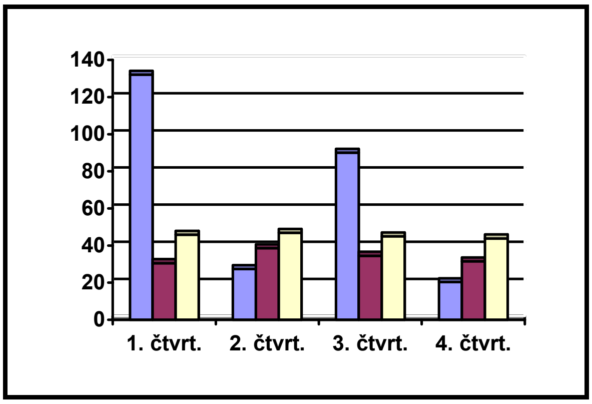
<table>
<tr><td colspan="2" rowspan="2">Laboratorní práce z fyziky</td><td>Jméno:</td><td>Příjmení:</td></tr>
<tr><td>Třída:</td><td>Skupina:</td></tr>
<tr><td>Číslo úlohy:</td><td colspan="3">Název úlohy:</td></tr>
<tr><td>Měřeno dne:</td><td>Odevzdáno dne:</td><td>Podpis:</td><td>Známka:</td></tr>
</table>

Úkol: - zadání, otázky, úkoly

Teorie: - co budu měřit, jaký bude postup měření, z jakých zákonitostí budu vycházet

Pomůcky:

Zpracování: - grafy, obrázky, tabulky, výpočty atd.



Obrázek č.1 – Graf se nazývá také obrázek a má svoji popisku vždy dole kdežto....

Tabulka č. 4 – Tabulka má vždy popisku nahoře.

i	$\frac{l_i}{cm}$
1	12,5
2	12,6
3	12,3

Závěr: - jaký je výsledek měření, jaká je chyba měření, čím byla chyba způsobena, srovnání naměřených hodnot s teoretickými výpočty nebo s tabulkami

Tento protokol má ..... stran. Podpis:

LABORATORNÍ PRÁCE Č. 1 – MĚŘENÍ HUSTOTY PEVNÝCH TĚLES

Úkol č. 1: Určete hustotu látky, ze které je zhotoven předložený kvádr. Výsledek měření porovnejte s tabulkami.

Úkol č. 2: Určete hustotu látky, ze které je zhotovena předložená kulička. Výsledek měření porovnejte s tabulkami.

Teorie: Máme určit hustotu pevné látky, ze které je zhotoveno těleso. Vyjdeme z definičního vztahu pro hustotu $\rho = \dfrac{m}{V}$, kde m je hmotnost tělesa a V jeho objem. Hmotnost tělesa určíme vážením na laboratorních vahách. Rozměry tělesa změříme pomocí posuvného měřidla.

Určování hmotnosti na laboratorních vahách patří mezi velmi přesná měření. Abychom dosáhli co největší přesnosti, budeme při vážení dodržovat následující postup:

1. Váhy ustavíme do správné polohy pomocí olovnice.
2. Váhy opatrně odaretujeme. Jazýček vahadla pomalu kmitá kolem rovnovážné polohy na stupnici. Tuto rovnovážnou polohu nezatížených vah si poznamenáme. Pak váhy opět zaaretujeme.
3. Na levou misku zaaretovaných vah položíme vážený předmět, na pravou misku klademe závaží.
4. Závaží bereme pinzetou a klademe na zaaretované váhy. Začínáme závažími s větší hmotností a postupně pokládáme závaží s menší hmotností. Při každé změně závaží zkoušíme odaretováním, zda je předmět vyvážen.
5. Váhy jsou vyváženy s dostatečnou přesností, jestliže jazýček vahadla kmitá kolem přibližně stejné rovnovážné polohy jako při nezatížených vahách.
6. Váhy zaaretujeme, sečteme hmotnosti všech závaží, kterými jsme předmět vyvážili, a tuto hodnotu zapíšeme jako hmotnost váženého předmětu.
7. Nakonec všechna závaží vrátíme pinzetou zpět do sady.

Pokud budeme opakovat vážení na stejných vahách při použití stejné sady závaží, obdržíme vždy stejný výsledek. Proto není opakované měření nutné a budeme předpokládat, že relativní odchylka nepřesáhne při vážení hodnotu 0,1 %. S touto hodnotou budeme počítat při určování přesnosti vážení.

Pomůcky: posuvné měřítko, kvádr, kulička, váhy, závaží

Zpracování:

Obrázek č. 1 – Náčrtek měřeného kvádru. **Obrázek č. 2** – Náčrtek měřené kuličky.

Úkol č. 1:

Tabulka č. 1 – Délky hran kvádru *a*, *b* a *c*.

i	$\frac{a_i}{mm}$	$\frac{\Delta a_i = \lvert\bar{a} - a_i\rvert}{mm}$	$\frac{b_i}{mm}$	$\frac{\Delta b_i = \lvert\bar{b} - b_i\rvert}{mm}$	$\frac{c_i}{mm}$	$\frac{\Delta c_i = \lvert\bar{c} - c_i\rvert}{mm}$
1						
2						
3						
4						
5						
Součet						
Průměr						

$\delta(a) = \frac{\Delta a}{\bar{a}} \cdot 100\% =$

$\delta(b) = \frac{\Delta b}{\bar{b}} \cdot 100\% =$

$\delta(c) = \frac{\Delta c}{\bar{c}} \cdot 100\% =$

a = (.........$\pm$.........)mm δa = ...%

b = (.........$\pm$.........)mm δb = ...%

c = (.........$\pm$.........)mm δc = ...%

Hmotnost kvádru:

relativní odchylka $\delta m_1 = 0{,}1\%$

průměrná odchylka $\Delta m_1 = \frac{\delta m_1 \cdot m_1}{100} =$

m_1 = (.........$\pm$.........)g

$\delta m_1 = 0{,}1\%$

Objem kvádru:

$V_1 = a \cdot b \cdot c$

relativní odchylka $\delta V_1 = \delta a + \delta b + \delta c$

průměrná odchylka $\Delta V_1 = \frac{V_1 \cdot \delta V_1}{100}$

V_1 = (.........$\pm$.........)mm^3

$\delta\ V_1$ = ...%

Hustota kvádru:

$\rho_1 = \frac{m_1}{V_1}$

relativní odchylka $\delta\rho_1 = \delta m_1 + \delta V_1$

průměrná odchylka $\Delta\rho_1 = \frac{\rho_1 \cdot \delta\rho_1}{100}$

ρ_1 = (.........$\pm$.........)g.mm^{-3}

$\delta\rho_1$ = ...%

Úkol č. 2:

Tabulka č. 2 – Průměr kuličky.

i	$\frac{d_i}{mm}$	$\frac{\Delta d_i = \lvert \bar{d} - d_i \rvert}{mm}$
1		
2		
3		
4		
5		
Součet		
Průměr		

$$\delta(d) = \frac{\Delta d}{\bar{d}} \cdot 100\,\% =$$

d = (.........$\pm$.........)mm

δd = ...%

Hmotnost kuličky:

relativní odchylka δm_2 = 0,1%

průměrná odchylka $\Delta m_2 = \frac{\delta m_2 \cdot m_2}{100} =$

m_2 = (.........$\pm$.........)g

δm_2 = 0,1%

Objem kuličky:

$$V_2 = \frac{4}{3}\pi r^3; \quad r = \frac{d}{2} \quad \Rightarrow \quad V_2 = \frac{4}{3}\pi \cdot \left(\frac{d}{2}\right)^3 = \frac{4}{3}\pi \cdot \frac{d^3}{8} = \frac{1}{6}\pi \cdot d^3$$

relativní odchylka $\delta V_2 = 3\delta d$

průměrná odchylka $\Delta V_2 = \frac{V_2 \cdot \delta V_2}{100}$

V_2 = (.........$\pm$.........)mm^3

$\delta\ V_2$ = ...%

Hustota kuličky:

$$\rho_2 = \frac{m_2}{V_2}$$

relativní odchylka $\delta\rho_2 = \delta m_2 + \delta V_2$

průměrná odchylka $\Delta\rho_2 = \frac{\rho_2 \cdot \delta\rho_2}{100}$

ρ_2 = (.........$\pm$.........)g.mm^{-3}

$\delta\rho_2$ = ...%

Závěr: Jaká je hustota kvádru a kuličky? Výsledky měření srovnej s tabulkami. Z čeho jsou tělesa vyrobena? Tento protokol má ..... stran. Podpis:

TEORETICKÉ CVIČENÍ Č. 1 – ROVNOMĚRNĚ ZRYCHLENÝ POHYB

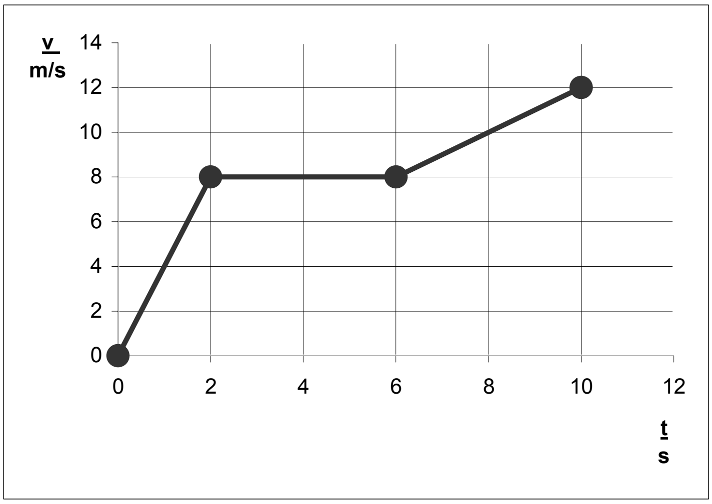
Úloha č. 1: Automobil urazil rovnoměrně zrychleným přímočarým pohybem dráhu 30m za dobu 10s, přičemž jeho rychlost vzrostla pětkrát. Určete počáteční rychlost a zrychlení automobilu. $\left[1\,m.s^{-1}; 0{,}4\,m.s^{-2}\right]$

Úloha č. 2: Motocykl jede rovnoměrně zrychleně a během 10 s zvýší rychlost z $6\,m.s^{-1}$ na $16\,m.s^{-1}$. Určete velikost zrychlení motocyklu a dráhu, kterou za danou dobu urazí.

$\left[1\,m.s^{-2};\ 110\,m\right]$

Úloha č. 3: Vůz, který jel rychlostí $54\,km.h^{-1}$, zvýšil na přímé silnici rychlost na $90\,km.h^{-1}$, přičemž ujel dráhu 200m. Vypočtěte zrychlení vozu za předpokladu, že jeho pohyb byl rovnoměrně zrychlený. $\left[1\,m.s^{-2}\right]$

Úloha č. 4: Na obrázku č. 2 je nakreslen graf závislosti rychlosti motocyklu na čase. Určete zrychlení motocyklu v časech 1s, 4s a 8s. $\left[4\,m.s^{-2}; 0\,m.s^{-2}; 1\,m.s^{-2}\right]$

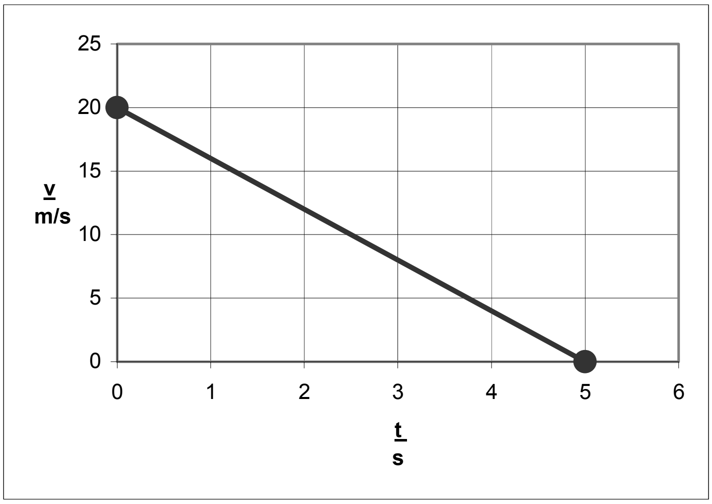


Obrázek č. 2 – Graf závislosti rychlosti na čase k úloze č. 4.

Úloha č. 5: Rychlost vlaku, který jede rovnoměrně zpomaleně po přímé trati, se během 50s zmenšila z $36\,km.h^{-1}$ na $18\,km.h^{-1}$. Určete velikost zrychlení vlaku a dráhu, kterou vlak za tuto dobu urazí. $\left[0{,}1\,m.s^{-2}; 375\,m\right]$

Úloha č. 6: Brzdy automobilu i povrch vozovky umožňují dosáhnout zrychlení o velikosti $5\,m.s^{-2}$. Jaká je brzdná dráha automobilu, jede-li rychlostí a) $110\,km.h^{-1}$, b) $90\,km.h^{-1}$, c) $60\,km.h^{-1}$? $\left[94m; 63m; 28m\right]$

Úloha č. 7: Na obrázku č. 3 je nakreslen graf závislosti rychlosti hmotného bodu na čase. Jaký pohyb hmotný bod koná? Jakou má počáteční rychlost? Za jak dlouho se hmotný bod zastaví? Jak velké je jeho zrychlení? Na jaké dráze zastaví? $\left[20\,m.s^{-1}; 5s; 4\,m.s^{-2}; 50m\right]$



Obrázek č. 3 – Graf závislosti rychlosti na čase k úloze č. 7.

Úloha č. 8: Plavec, jehož rychlost vzhledem k vodě je $0{,}85\,m.s^{-1}$, plave v řece, která teče rychlostí $0{,}40\,m.s^{-1}$. Určete rychlost plavce vzhledem k břehům řeky, směřuje-li a) po proudu, b) proti proudu, c) kolmo k proudu. $\left[1{,}25\,m.s^{-1}; 0{,}45\,m.s^{-1}; 0{,}94\,m.s^{-1}\right]$

Úloha č. 9: Motorová loďka plující po řece urazila vzdálenost 150m při plavbě po proudu za dobu 15s, při plavbě proti proudu za dobu 25s. Určete rychlost loďky vzhledem k vodě a rychlost proudu v řece. Předpokládejte, že rychlosti jsou konstantní. $\left[8\,m.s^{-1}; 2\,m.s^{-1}\right]$

Úloha č. 10: Těleso padá volným pádem z výšky 19,6m. Určete a) jakou dráhu urazí za první desetinu sekundy, b) za jakou dobu dopadne na zem, c) jak velkou rychlostí dopadne.
$\left[0{,}049m; 2s; 19{,}6\,m.s^{-1}\right]$

Úloha č. 11: Automobil narazil při nehodě na překážku rychlostí $60\,km.h^{-1}$. Z jaké výšky by musel spadnout volným pádem, aby dopadl na zem stejně velkou rychlostí? $\left[14m\right]$

Úloha č. 12: Z téhož bodu se začnou současně pohybovat dvě tělesa ve stejném směru; první rovnoměrně rychlostí $5\,m.s^{-1}$, druhé rovnoměrně zrychleně s počáteční rychlostí $2\,m.s^{-1}$ a se zrychlením $0{,}5\,m.s^{-2}$. Určete a) za jakou dobu budou mít obě tělesa stejnou rychlost, b) za jakou dobu a jaké vzdálenosti dohoní druhé těleso první. $\left[6s; 12s; 60m\right]$

LABORATORNÍ PRÁCE Č. 2 – URČENÍ ZRYCHLENÍ TĚLESA PŘI POHYBU PO NAKLONĚNÉ ROVINĚ

Úkol č. 1: Zjistěte, jaký druh pohybu koná kulička při pohybu po vodorovné rovině.
Úkol č. 2: Určete velikost zrychlení kuličky při pohybu po nakloněné rovině.
Úkol č. 3: Určete reakční schopnost svého spolužáka – doplňující úkol.

Teorie: Uvažujme situaci, při které se těleso pohybuje nejprve po nakloněné rovině a na jejím konci pak pokračuje v pohybu na rovině vodorovné. Takto se například pohybuje lyžař, sjíždí-li ze svahu na vodorovnou rovinu. Podobnou situaci můžeme připravit experimentálně. Připravíme si nakloněnou rovinu ($\alpha = 5 - 10°$) a zarážku. Kuličku uvolníme z určitého bodu nakloněné roviny. Kulička urazí po této rovině dráhu s_1 rovnoměrně zrychleným přímočarým pohybem. Po vodorovné rovině urazí dráhu s_2.

Pomůcky: nakloněná rovina, ocelová kulička, zarážka, délkové měřidlo, stopky

Úkol č. 1:

Postup:

1. Kuličku uvolníme z nejvyššího bodu trajektorie délky s_1 a měříme dobu *t*, za kterou kulička urazí na vodorovné rovině předem stanovenou trajektorii délky s_2. Naměřené hodnoty zapíšeme do tabulky.
2. Ze známé dráhy s_2 a příslušné doby pohybu *t* kuličky určíme průměrnou rychlost $v = \frac{s_2}{t}$.
3. Podle výsledků určete, jaký pohyb kulička koná. Sestrojte graf závislosti průměrné rychlosti *v* na dráze s_2.

Zpracování:

úhel naklonění roviny $\alpha = \ldots°$

Tabulka č. 1 – Pohyb po vodorovné rovině.

i	$\frac{s_1}{cm}$ stálá	$\frac{s_2}{cm}$	$\frac{t}{s}$	$\frac{v}{m.s^{-1}}$	$\frac{\Delta v}{m.s^{-1}}$
1					
2					
3					
4					
5					
Součet					
Průměr					

v = (.........$\pm$.........)m.s^{-1} δv = ...%

Obrázek č. 1 – Graf závislosti rychlosti v na dráze s_2.

<u>Úkol č. 2:</u>

Postup:

1. Úhel sklonu nakloněné roviny musí být malý (5° až 10°).
2. Kuličku umisťujeme na nakloněné rovině do různých vzdáleností s_1 od dolního konce nakloněné roviny a měříme dobu *t*, za kterou kulička tuto dráhu urazí.
3. Protože pohyb po nakloněné rovině je rovnoměrně zrychlený, závisí zrychlení kuličky pouze na úhlu sklonu nakloněné roviny a musí být pro různé dráhy s_1 konstantní. Pro rovnoměrně zrychlený pohyb tělesa platí: $s_1 = \frac{1}{2}at^2 \quad \Rightarrow \quad a = \frac{2s_1}{t^2}$.

   Pomocí odvozeného vztahu určíme velikost zrychlení *a*.
4. Naměřené a vypočítané hodnoty zapište do tabulky. Sestrojte graf závislosti dráhy rovnoměrně zrychleného pohybu na čase pro právě zjištěnou hodnotu zrychlení. Do tohoto grafu pak vyznačte body odpovídající dvojicím naměřených hodnot dráhy s_1 a času *t*.

<u>Zpracování:</u>

úhel naklonění roviny $\alpha = \ldots°$

Tabulka č. 2 – Pohyb po nakloněné rovině.

i	$\frac{s_1}{cm}$	$\frac{s_2}{cm}$ stálá	$\frac{t}{s}$	$\frac{a}{m.s^{-2}}$	$\frac{\Delta a}{m.s^{-2}}$
1					
2					
3					
4					
5					
Součet					
Průměr					

a = (.........$\pm$.........)m.s^{-2} δa = ...%

Obrázek č. 2 – Graf závislosti dráhy s_1 rovnoměrně zrychleného pohybu na čase *t*.

Úkol č. 3:

Postup:

1. Jeden žák uchopí pravítko za horní konec a nechá ho viset svisle dolů. Druhý žák umístí palec a ukazováček okolo dolního konce pravítka tak, aby pravítko nedržel, ale aby při přiblížení prstů k sobě pravítko zachytil. První žák počítá 3, 2, 1, teď. V okamžiku, kdy se ozve teď, přimáčkne druhý žák prsty k sobě a zachytí pravítko. Zjistíme vzdálenost mezi prsty a dolním okrajem pravítka.
2. Předpokládáme, že se pravítko pohybuje volným pádem a že první žák pustí pravítko skutečně v okamžiku, kdy řekne „teď". Uvažujeme, že $g = 9{,}81\,m.s^{-2}$. Obecně pro vzdálenost s mezi místem zachycení a dolním koncem pravítka platí pro dobu t, za kterou pravítko tuto vzdálenost urazí, vztah $t = \sqrt{\frac{2s}{g}}$.

Pomůcky: pravítko dlouhé 30 – 40 *cm*

Zpracování:

Já	Můj spolužák
$s = \ldots\ldots cm = \ldots\ldots m$	$s = \ldots\ldots cm = \ldots\ldots m$
$t = \sqrt{\frac{2s}{g}}$	$t = \sqrt{\frac{2s}{g}}$

Závěr: Jaký pohyb koná kulička po vodorovné rovině? Jaké zrychlení má kulička při pohybu po nakloněné rovině při daném úhlu naklonění? Mají všechny grafy takový průběh, jaký byl uveden při výkladu jednotlivých druhů pohybů? Jaká je reakční doba tebe a jaká tvého spolužáka?

Tento protokol má ..... stran. Podpis:

LABORATORNÍ PRÁCE Č. 3 – PRÁCE S NAKLONĚNOU ROVINOU
ROZLOŽENÍ SIL NA NAKLONĚNÉ ROVINĚ

Úkol č. 1: Určete závislost pro určitý úhel sklonu nakloněné roviny mezi hmotností vozíku a silou působící na vozík ve směru dráhy pohybu.

Úkol č. 2: Určete závislost mezi silou ve směru dráhy pohybu a sklonem nakloněné roviny.

Úkol č. 3: Určete rozložení síly na nakloněné rovině.

Úkol č. 1: Hledáme závislost pro určitý úhel sklonu nakloněné roviny mezi hmotností vozíku a silou působící na vozík ve směru dráhy pohybu dolů. Určíme ji pomocí siloměru. Nejprve použijeme vozík bez závaží. Má hmotnost 50g. Zjistíme velikost síly, kterou nám ukazuje siloměr a zapíšeme ji do tabulky. Pak položíme jedno závaží 50g a nakonec přidáme druhé závaží. Určíme opět sílu, která působí na vozík ve směru dráhy pohybu.

Pomůcky: nakloněná rovina, vozík, 2 siloměry, metr, 2 závaží o hmotnosti 50g

Zpracování:

úhel naklonění roviny $\alpha = \ldots°$

Tabulka č. 1 – Závislost síly působící ve směru pohybu vozíku na hmotnosti vozíku.

$\frac{m}{g}$	$\frac{F_G}{N}$	$\frac{F}{N}$ ve směru dráhy

Tíhovou sílu vypočítáme z definičního vztahu $F_G = m \cdot g$, kde $g = 9{,}81 m.s^{-2}$ je normální tíhové zrychlení. Pozor – hmotnost dosazujeme do vzorce v kilogramech!

Úkol č. 2: Nyní chceme určit závislost mezi silou ve směru dráhy pohybu a sklonem nakloněné roviny. Nejdříve použijeme vozík bez závaží, pak jedno závaží k zatížení vozíku, potom dvě závaží. Celková hmotnost je 100g, potom 150g. Výškový rozdíl dráhy nastavíme na 12, 24 a 36 cm. Měříme vždy sílu po směru pohybu a opět zapisujeme do tabulky.

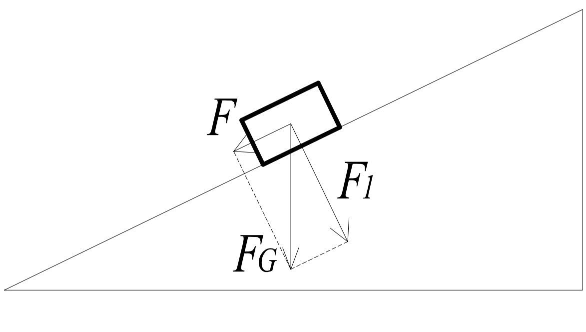
Zpracování:

délka nakloněné roviny $l = \ldots cm$

Tabulka č. 2 – Závislost síly působící ve směru pohybu vozíku na naklonění roviny.

Výškový rozdíl *h* cm	úhel nakloněné roviny	Stoupání $\frac{h}{l}$	$\frac{F_G}{N}$	$\frac{F}{N}$ ve směru dráhy	$\frac{F}{F_G}$
12					
24					
36					
12					
24					
36					
12					
24					
36					

Úkol č. 3: Jedna síla může být rozložena do dvou a více dílčích sil. Příkladem tohoto je rozložení síly na nakloněné rovině. Nakloněnou rovinu nastavíme tak, aby její zvýšení dosáhlo výšky 12, poté 24 cm. První siloměr držíme ve směru pohybu vozíku, druhý připojíme do středu vozíku a držíme jej tak, aby byl postavený kolmo k dráze. Nejprve použijeme vozík bez závaží. Siloměr, který držíme kolmo k dráze, držíme volně takovou silou, aby se vozík nenadzdvihoval z dráhy. Změříme sílu, kterou ukazují oba siloměry, a zapíšeme do tabulky. Potom přidáme postupně 50g závaží a 100g závaží. Výsledky znova zapíšeme do tabulky.



Obrázek č. 4 – Síly působící na těleso pohybující se po nakloněné rovině.

Zpracování:

délka nakloněné roviny $l = \dots cm$

Tabulka č. 3 –Rozložení tíhové síly na sílu působící ve směru pohybu vozíku a sílu kolmou.

Výškový rozdíl h cm	Stoupání $\frac{h}{l}$	$\frac{m}{g}$	$\frac{F_G}{N}$	$\frac{F}{N}$ ve směru dráhy	$\frac{F_1}{N}$ síla kolmá
12		50			
12		100			
12		150			
24		50			
24		100			
24		150			

Zakreslete silové rovnoběžníky ve vhodném měřítku pro danou hmotnost vozíku. Přesvědčte se, že tíhová síla působící na vozík představuje výslednici silového rovnoběžníku.

Obrázek č. 1 – Silové rovnoběžníky.

Závěr: Je tato věta pravdivá? Poměr mezi silou ve směru dráhy pohybu tělesa a tíhou tělesa na nakloněné rovině je stejný, jako poměr výškového rozdílu k délce roviny: $\frac{F}{F_G} = \frac{h}{l}$.

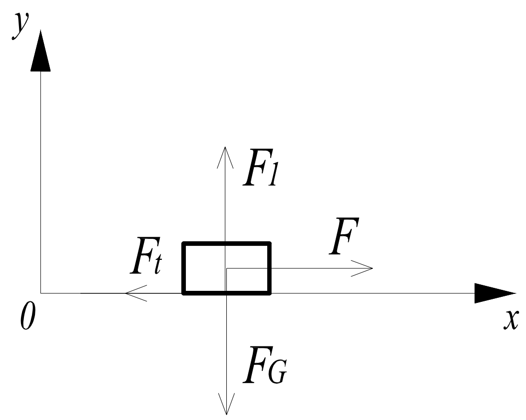
Tento protokol má ..... stran. Podpis:

TEORETICKÉ CVIČENÍ Č. 2 – DYNAMIKA PŘÍMOČARÉHO A KŘIVOČARÉHO POHYBU – VARIANTA A

Úloha č. 1: Brankář chytil míč letící rychlostí $25 m.s^{-1}$ a zastavil jeho pohyb za dobu 0,1s. Jak velkou silou působil při tom na míč, považujeme-li zastavení míče za pohyb rovnoměrně zpomalený? Hmotnost míče je 400g. $[100N]$

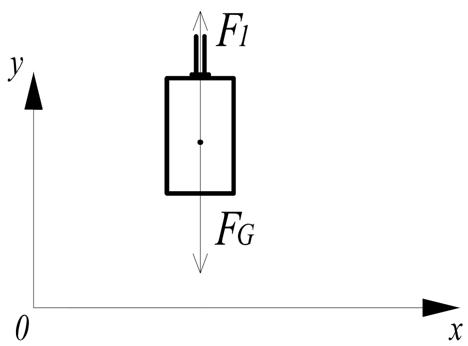
Úloha č. 2: Jaká je hmotnost rakety, která dosáhne při tažné síle motoru 320 kN za 2,5 min od startu rychlosti $6km.s^{-1}$? $[8tun]$

Úloha č. 3: Síla ***F*** působí podél vodorovné roviny na těleso o hmotnosti 4 kg. Těleso nabývá z klidu za 3 s rychlost o velikosti $0,6 m.s^{-1}$. Máme určit velikost síly *F*, jestliže pro velikost třecí síly platí $F_t = fF_G$, $f = 0{,}2$ a pohyb tělesa byl přímočarý rovnoměrně zrychlený. $[8,8N]$



Obrázek č. 5 – Síly působící na těleso posunující se po vodorovné desce.

Úloha č. 4: Jeřáb začíná zdvíhat bednu o hmotnosti 1 000kg svisle vzhůru se zrychlením o velikosti $0,2 m.s^{-2}$. Určete velikost síly, kterou lano působí na bednu. $[10^4 N]$



Obrázek č. 6 – Síly působící na bednu, kterou zdvíhá jeřáb.

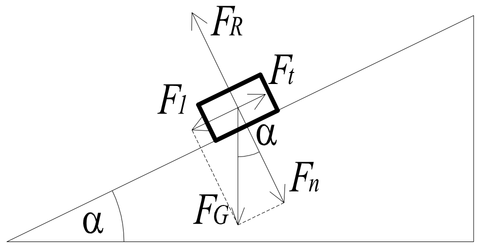
Úloha č. 5: Člověk stojící v kabině nepohybujícího se výtahu působí na podlahu tlakovou silou 800 N. Určete velikost tlakové síly působící na podlahu kabiny, pohybuje-li se výtah a) stálou rychlostí směrem vzhůru, b) se stálým zrychlením $2\,m.s^{-2}$ směrem vzhůru, c) se stálým zrychlením $2\,m.s^{-2}$ směrem dolů, d) se stálým zrychlením g směrem dolů.

$[800N; 960N; 640N; 0N]$

Úloha č. 6: Maximální zatížení, které snese ocelové lano, je 5 kN. S jak velkým maximálním zrychlením je možné na tomto laně zvedat těleso o hmotnosti 400 kg? $[2{,}5\,m.s^{-2}]$

Úloha č. 7: Po nakloněné rovině, která svírá s vodorovnou rovinou úhel 30°, klouže těleso. Součinitel smykového tření mezi tělesem a rovinou je 0,35. Vypočtěte zrychlení tělesa.

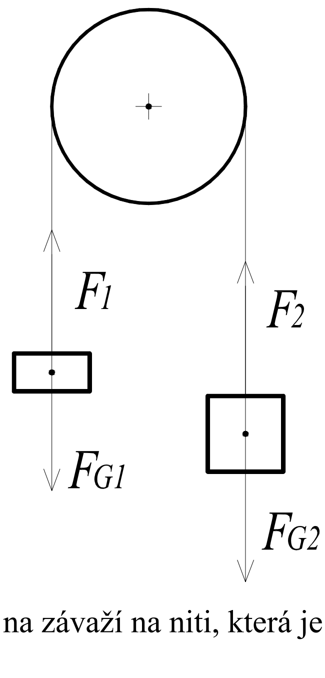
$[1{,}9\,m.s^{-2}]$



Obrázek č. 7 – Síly působící na těleso pohybující se po nakloněné rovině.

Úloha č. 8: Kvádr, položený na nakloněnou rovinu svírající s vodorovnou rovinou úhel 30°, urazil při nulové počáteční rychlosti dráhu 4 m za dobu 2 s. Vypočtěte součinitel smykového tření mezi kvádrem a rovinou. $[f = 0{,}34]$

Úloha č. 9: Na niti vedené přes kladku jsou zavěšena závaží o hmotnostech 0,45 kg a 0,55 kg. Určete zrychlení závaží a sílu, kterou je napínána nit. Tření a hmotnost kladky i niti zanedbejte. $[0{,}98\,m.s^{-2}; 4{,}9N]$



Obrázek č. 8 – Síly působící na závaží na niti, která je vedena přes kladku.

Úloha č. 10: Těleso o hmotnosti 0,5 kg leží na vodorovném stole a je uváděno do pohybu závažím o hmotnosti 0,2 kg, které je k němu připevněno nití vedenou přes kladku. Součinitel smykového tření mezi tělesem a povrchem stolu je 0,2. Určete zrychlení tělesa a sílu, kterou je napínána nit. Hmotnost kladky i niti zanedbejte. $\left[1{,}4\,m.s^{-2};1{,}7\,N\right]$

TEORETICKÉ CVIČENÍ Č. 2 – DYNAMIKA PŘÍMOČARÉHO A KŘIVOČARÉHO POHYBU – VARIANTA B

Úloha č. 1: Koule o hmotnosti 2 kg se pohybuje rychlostí $5\,m.s^{-1}$ a narazí centrálně na kouli o hmotnosti 8 kg, která je před nárazem v klidu. Při nárazu se obě koule deformují a dále se pohybují společně. Určete jejich rychlost. $\left[1\,m.s^{-1}\right]$

Úloha č. 2: Dvě tělesa o hmotnostech 4 kg a 1 kg se pohybují proti sobě po téže přímce. Rychlost každého tělesa má velikost $2\,m.s^{-1}$. Určete společnou rychlost těles po jejich srážce. $\left[1{,}2\,m.s^{-1}\right]$

Úloha č. 3: Granát o hmotnosti 20 kg, letící rychlostí $150\,m.s^{-1}$, se roztrhne na dvě části. Větší část o hmotnosti 12 kg letí dále v původním směru rychlostí $290\,m.s^{-1}$. Určete rychlost menší části granátu. $\left[60\,m.s^{-1}\right]$

Úloha č. 4: Motocyklista o hmotnosti 60 kg projíždí zatáčkou o poloměru 100 m, přičemž na něj působí setrvačná odstředivá síla o velikosti 240 N. Jak velkou rychlostí jede? $\left[20\,m.s^{-1}\right]$

Úloha č. 5: Automobil projíždí vodorovnou neklopenou zatáčkou o poloměru 120 m. Jakou největší rychlostí může řidič jet, aniž by automobil dostal smyk, je-li součinitel smykového tření mezi pneumatikami a povrchem vozovky 0,3? $\left[19\,m.s^{-1}\right]$

Úloha č. 6: Jakou nejmenší rychlost musí mít motocyklista, aby mohl jezdit v kouli o průměru 10 m všemi směry? Těžiště motocyklu s jezdcem je ve vzdálenosti 0,8 m od místa dotyku kol se stěnou. $\left[6{,}4\,m.s^{-1}\right]$

Úloha č. 7: Reaktivní letadlo letí rychlostí $900\,km.h^{-1}$. Určete nejmenší poloměr zatáčky, jestliže pilot snese nejvýše pětinásobné přetížení? $\left[1250\,m\right]$

Úloha č. 8: Doba oběhu centrifugy pro výcvik kosmonautů byla 2 s. Jak velké přetížení působilo na tělo kosmonauta při pohybu po kružnici o poloměru 7 m? $[7g]$

Úloha č. 9: Při akrobatickém leteckém cvičení opisuje letadlo při rychlosti $360\,km.h^{-1}$ trajektorii tvaru kružnice o poloměru 400 m ve svislé rovině. Jak velkou tlakovou silou působí letec o hmotnosti 80 kg na sedadlo v nejnižším a nejvyšším bodě trajektorie? $[1200N; 2800N]$

Úloha č. 10: Střela vyletěla z pušky ve vodorovném směru rychlostí o velikosti $800\,m.s^{-1}$. Jak velikou rychlostí se pohybuje puška při zpětném rázu, je-li hmotnost pušky 400krát větší, než je hmotnost střely? $[2\,m.s^{-1}]$

LABORATORNÍ PRÁCE Č. 4 – MĚŘENÍ SOUČINITELE SMYKOVÉHO TŘENÍ

Úkol č. 1: Určete hodnotu součinitele smykového tření mezi podložkou a stěnou hliníkového kvádru. Proveďte pro 3 různé podložky.

Úkol č. 2: Určete hodnotu součinitele smykového tření mezi podložkou a stěnou malého železného kvádru (hmotnosti hliníkového kvádru a železného kvádru jsou si rovny). Proveďte pro 3 různé podložky.

Úkol č. 3: Rozhodněte, zda velikost součinitele smykového tření závisí na velikosti obsahu styčné plochy.

Úkol č. 4: Rozhodněte, zda velikost smykového tření závisí na hmotnosti tělesa.

Teorie: Při pohybu tělesa po podložce vzniká na styčné ploše mezi tělesem a podložkou třecí síla $\boldsymbol{F_t}$, pro jejíž velikost platí $F_t = f \cdot F_n$, kde f je součinitel smykového tření a F_n velikost kolmé tlakové síly, kterou působí těleso na podložku.

Pohybuje-li se těleso po vodorovné podložce, je velikost tlakové síly F_n rovna velikosti tíhové síly $F_G = m\ g$. Je-li při tom pohyb tělesa rovnoměrný přímočarý, je výslednice
sil na těleso působících nulová. To znamená, že síla $\boldsymbol{F}$ působící na těleso ve směru pohybu je stejně veliká jako třecí síla $\boldsymbol{F_t}$, ale má opačný směr. Proto $F = F_t$.

Tohoto poznatku využijeme pro měření velikosti třecí síly F_t. Při měření postupujeme tak, že kvádr o známé hmotnosti položíme na vodorovnou podložku a připojeným siloměrem jej uvádíme do rovnoměrného přímočarého pohybu. Na siloměru čteme velikost síly F, která je v rovnováze s třecí silou F_t.

Hodnoty třecí síly F_t pro různé hodnoty tlakové síly F_n postupně zaznamenáváme do tabulky. Měření opakujeme pětkrát. Pro každou dvojici těchto sil vypočítáme hodnotu součinitele smykového tření ze vztahu $f = \frac{F_t}{F_n}$. Z naměřených hodnot určíme aritmetický průměr jako střední hodnotu měřené veličiny a průměrnou odchylku.

Pomůcky: hliníkový kvádr, malý železný kvádr, 3 různé podložky, siloměr, 2 závaží o hmotnosti 50g

Zpracování:

Úkol č. 1:

hmotnost hliníkového kvádru $m_1 = \dots g$

Tabulka č. 1 – Hliníkový kvádr a umělohmotná podložka.

i	$\frac{F_n}{N}$	$\frac{F_t}{N}$	f	Δf_i
1				
2				
3				
4				
5				
Součet				
Průměr				

$f_1 = \dots \pm \dots$ $\delta f_1 = \dots \%$

Tabulka č. 2 – Hliníkový kvádr a kovová podložka.

i	$\frac{F_n}{N}$	$\frac{F_t}{N}$	f	Δf_i
1				
2				
3				
4				
5				
Součet				
Průměr				

$f_2 = \dots \pm \dots$ $\delta f_2 = \dots \%$

Tabulka č. 3 – Hliníkový kvádr a pěnová podložka.

i	$\frac{F_n}{N}$	$\frac{F_t}{N}$	f	Δf_i
1				
2				
3				
4				
5				
Součet				
Průměr				

$f_3 = \dots \pm \dots$ $\delta f_3 = \dots \%$

Úkol č. 2:

hmotnost železného kvádru $m_2 = m_1 = \dots g$

Tabulka č. 4 – Železný kvádr a umělohmotná podložka.

i	$\frac{F_n}{N}$	$\frac{F_t}{N}$	f	Δf_i
1				
2				
3				
4				
5				
Součet				
Průměr				

$f_4 = \dots \pm \dots$ $\delta f_4 = \dots \%$

Tabulka č. 5 – Železný kvádr a kovová podložka.

i	$\frac{F_n}{N}$	$\frac{F_t}{N}$	f	Δf_i
1				
2				
3				
4				
5				
Součet				
Průměr				

$f_5 = \dots \pm \dots$ $\delta f_5 = \dots \%$

Tabulka č. 6 – Železný kvádr a pěnová podložka.

i	$\frac{F_n}{N}$	$\frac{F_t}{N}$	f	Δf_i
1				
2				
3				
4				
5				
Součet				
Průměr				

$f_6 = \dots \pm \dots$ $\delta f_6 = \dots \%$

Závěr: Velikost součinitele smykového tření závisí/nezávisí na velikosti obsahu styčné plochy. Velikost součinitele smykového tření závisí/nezávisí na hmotnosti tělesa.

Tento protokol má ..... stran. Podpis:

TEORETICKÉ CVIČENÍ Č. 3 – MECHANICKÁ PRÁCE, VÝKON, ÚČINNOST, ENERGIE

Úloha č. 1: Chlapec tlačí po vodorovné podlaze bednu, přičemž na ni působí ve směru trajektorie silou o velikosti 60N. Určete a) práci, kterou vykoná, posune-li bednu do vzdálenosti 20m, b) výkon chlapce, posunuje-li bednu rychlostí $0{,}4\,m.s^{-1}$. $[1200J; 24W]$

Úloha č. 2: Určete práci, kterou musíme vykonat, abychom po vodorovné podlaze přemístili těleso o hmotnosti 400kg do vzdálenosti 20m rovnoměrným pohybem, je-li součinitel tření mezi tělesem a podlahou 0,15. $[12kJ]$

Úloha č. 3: Chlapec táhne po vodorovné podlaze vozík, přičemž na něj působí silou 20N. Jakou práci vykoná na dráze 80m, jestliže síla svírá se směrem trajektorie vozíku úhel a) 0°, b) 30°, c) 60°? $[1{,}6kJ; 1{,}4kJ; 0{,}8kJ]$

Úloha č. 4: Jakou práci vykonáme, posuneme-li rovnoměrným pohybem těleso o hmotnosti 20 kg do vzdálenosti 5m vzhůru po nakloněné rovině, která svírá s vodorovnou rovinou úhel 30°? Součinitel smykového tření mezi tělesem a rovinou je 0,2. $[660J]$

Úloha č. 5: Cestující nese zavazadlo o hmotnosti 5kg. Jakou práci vykoná, jestliže a) stojí se zavazadlem v klidu, b) přejde rovnoměrným pohybem po nástupišti do vzdálenosti 10m, c) se rozeběhne se zrychlením $0{,}2\,m.s^{-2}$ po nástupišti do vzdálenosti 10m, d) vyzvedne zavazadlo rovnoměrným pohybem do okna vagónu do výšky 2m, e) vyzvedne zavazadlo se zrychlením $1\,m.s^{-2}$ do výšky 2m? $[0J; 0J; 10J; 100J; 110J]$

Úloha č. 6: Stroj s příkonem 25kW vykoná za 10 minut práci 12MJ. Určete a) výkon stroje, b) účinnost stroje. $[20kW; 80\%]$

Úloha č. 7: Automobil o hmotnosti 1,5t se rozjížděl po dobu 0,5 min při stálém výkonu 22,5 kW. Jak velké rychlosti dosáhl? $[30\,m.s^{-1}]$

Úloha č. 8: Elektromotor s příkonem 12kW zvedne kabinu výtahu o hmotnosti 550kg do výšky 30m rovnoměrným pohybem za dobu 15s. Jaká je účinnost elektromotoru? $[90\%]$

Úloha č. 9: Po palubě lodi, která pluje rychlostí $6 m.s^{-1}$, jde lodník o hmotnosti 80kg rychlostí $2 m.s^{-1}$. Vypočtěte jeho kinetickou energii vzhledem k povrchu Země, jde-li ve směru plavby, b) proti směru plavby. $[2{,}6\,kJ; 640J]$

Úloha č. 10: Model letadla o hmotnosti 0,4kg letí rychlostí $10 m.s^{-1}$ ve výšce 20m nad povrchem Země. Vypočtěte a) kinetickou energii, b) tíhovou potenciální energii, c) celkovou mechanickou energii modelu letadla vzhledem k povrchu Země. $[20J; 80J; 100J]$

Úloha č. 11: Kámen padá volným pádem z věže o výšce 80m. V jaké výšce nad povrchem Země je jeho tíhová potenciální energie rovna jeho kinetické energii? $[40m]$

Úloha č. 12: Nakloněná rovina přechází ve válcovou plochu o poloměru 0,2m. Po nakloněné rovině klouže bez tření malé těleso s nulovou počáteční rychlostí. Z jaké nejmenší výšky musíme těleso pustit, aby vykonalo ve válcové ploše celou obrátku? $[0{,}5m]$

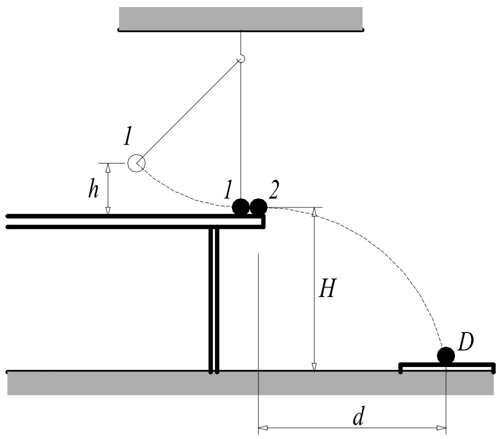
Úloha č. 13: Chlapec jede na kolečkových bruslích po vodorovné rovině rychlostí $8 m.s^{-1}$ a vjede na šikmou rovinu, svírající s vodorovnou rovinou úhel 11°. Jakou dráhu na šikmé rovině ujede, než se zastaví? $[17m]$

Úloha č. 14: Kámen je upevněn na provaze a roztočen ve svislé rovině tak, že opisuje kružnici o poloměru 1,2m. V nejvyšším bodě má kámen rychlost $4{,}5 m.s^{-1}$. Jakou rychlostí prochází nejnižší polohou? $[8{,}2\,m.s^{-1}]$

LABORATORNÍ PRÁCE Č. 5 – STUDIUM PŘEMĚN MECHANICKÉ ENERGIE

Úkol č. 1: Pokusně pozorujte vzájemné přeměny mechanických forem energie a popište je.
Úkol č. 2: Z výsledků měření určete, jak velká část mechanické energie kuličky 1 se při pokusu mění v jiné formy energie.

<u>Teorie:</u> Těleso o hmotnosti m v homogenním tíhovém poli může mít vzhledem k povrchu Země kinetickou energii $E_k = \frac{1}{2}mv^2$ a potenciální energii tíhovou $E_p = mgh$.



Obrázek č. 9 – Zařízení k měření změn mechanické energie.

Změny potenciální energie tíhové nebo kinetické energie souvisí s prací, kterou těleso vykonalo. Sestavme pokus podle obrázku č. 9. Vychýlíme-li kuličku 1 z rovnovážné polohy, zvětší se její potenciální energie tíhová. Je-li kulička ve výšce h nad povrchem stolu, je její potenciální energie vzhledem k povrchu stolu $E_{p1} = mgh$. Po uvolnění kuličky se mění potenciální energie tíhová E_{p1} na kinetickou energii E_{k1}. Po nárazu na kuličku 2 se část kinetické energie kuličky 1 změní na jiné formy energie a kuličce 2 se předá jen část kinetické energie $E_{k2} < E_{k1}$ (soustava není izolovaná). Kulička 2 se po nárazu začne pohybovat a dopadne na podlahu do bodu D.

Pomůcky: stojan, nit, 2 kuličky o stejné hmotnosti ze stejného materiálu, délkové měřidlo, kopírovací papír

Postup:

1. Sestavte zařízení podle obrázku č. 9. Kuličku 2 položte na okraj stolu tak, aby se dotýkala kuličky 1 v klidové poloze. Určete výšku H, tj. vzdálenost středu kuličky 2 od podlahy.
2. Kuličku 1 zvedněte při napnuté niti do výšky h a pak ji bez nárazu uvolněte.
3. Určete místo dopadu kuličky 2. Místo dopadu kuličky 2 zjistíme tak, že na podlahu položíme bílý list papíru překrytý kopírovacím papírem. Po dopadu kulička zanechá na bílém papíru tmavou stopu. Pokus opakujte 6krát při stejné výšce h a stejné poloze papíru na podlaze.

   Prohlédnete-li záznam dopadů kuličky 2, zjistíte, že místa dopadu jsou různě rozmístěna, vznikl rozptyl míst dopadu. Proto je třeba určit bod tzv. středního dopadu. Z daných míst dopadu si zvolte dvojice. Středy těchto dvojic spojte úsečkou a sestrojte střed úsečky. Potom spojte středy a najděte středy nových úseček. Tento postup opakujte, dokud neurčíte bod, který pokládáme za bod středního dopadu D. Jak budete postupovat, zjistíte-li, že některé místo dopadu je velmi vzdálené od většiny ostatních míst dopadu?
4. Zjistěte vzdálenost d bodu D od paty kolmice sestrojené ze středu kuličky 2 v její klidové poloze na stole.
5. Ze vztahu $v = d\sqrt{\dfrac{g}{2H}}$ určete velikost rychlosti, kterou kulička 2 získala nárazem kuličky

   1. Nyní můžete určit polohovou energii tíhovou kuličky 1 a kinetickou energii kuličky 2 těsně po nárazu a srovnat jejich velikost.
6. Celé pozorování opakujte pro pět různých výšek h a naměřené hodnoty zapište do tabulky.

Zpracování:

Tabulka č. 1 – Změny mechanické energie při pohybu dvou kuliček.

i	$\frac{h}{m}$	$\frac{d}{m}$	$\frac{v}{m.s^{-1}}$	$\frac{E_{p1}}{J}$	$\frac{E_{k2}}{J}$	$\frac{E_{p1}-E_{k2}}{J}$	$\frac{E_{p1}-E_{k2}}{E_{p1}}$
1							
2							
3							
4							
5							

Závěr: Jak velká část mechanické energie kuličky 1 se při pokusu mění na jiné formy energie? V jaké formy energie se asi proměnila? Proč se podíl v posledním sloupci tabulky nerovná nule? Tento protokol má ..... stran. Podpis:

TEORETICKÉ CVIČENÍ Č. 4 – GRAVITAČNÍ POLE

Úloha č. 1: Gravitační zrychlení na povrchu Země o poloměru R_Z je přibližně $10\,m.s^{-2}$. Určete velikost gravitačního zrychlení ve vzdálenosti a) $2\,R_Z$ od středu Země, b) $3\,R_Z$ od středu Země. $\left[2{,}5\,m.s^{-2}; 1{,}1\,m.s^{-2}\right]$

Úloha č. 2: Vzdálenost Země od Slunce je přibližně 150 miliónů km, oběžná doba Země 365,25 dní. Určete a) velikost zrychlení, které Slunce uděluje Zemi, b) hmotnost Slunce. $\left[5{,}9.10^{-3}\,m.s^{-2}; 2.10^{30}\,kg\right]$

Úloha č. 3: Jak by se změnila intenzita gravitačního pole na povrchu Země, kdyby se její rozměry při nezměněné hmotnosti zmenšily na polovinu? [zvětšila by se 4krát]

Úloha č. 4: V jaké nadmořské výšce je gravitační zrychlení poloviční vzhledem ke gravitačnímu zrychlení na povrchu Země? $\left[2640 km\right]$

Úloha č. 5: Hmotnost planety Jupitera $M_J = 1{,}9.10^{27}\,kg$, její poloměr $R_J = 70000 km$, doba rotace $T_J = 9\,h\,50\,\min$. Určete velikost gravitačního a tíhového zrychlení na rovníku planety. Planetu považujeme za homogenní kouli. $\left[26\,m.s^{-2}; 24\,m.s^{-2}\right]$

Úloha č. 6: Jak velkou rychlostí tryská vodní proud z trubice vodotrysku, vystupuje-li voda do výšky 20m? $\left[20\,m.s^{-1}\right]$

Úloha č. 7: Míč vržený svisle vzhůru se vrátil do místa vrhu za dobu 2s. Do jaké výšky vystoupil. $\left[5m\right]$

Úloha č. 8: Z rozhledny vysoké 80m byl vystřelen vodorovným směrem šíp rychlostí $30\,m.s^{-1}$. Za jakou dobu a v jaké vzdálenosti od paty věže dopadl na vodorovnou rovinu okolního terénu. $\left[4s; 120m\right]$

Úloha č. 9: Z okna výškového domu vyhodil chlapec vodorovným směrem tenisový míček, který dopadl za 3s do vzdálenosti 15m od domovní zdi. Určete výšku okna nad zemí a počáteční rychlost míče. $\left[45m; 5\,m.s^{-1}\right]$

Úloha č. 10: V jaké výšce nad povrchem Země obíhá družice, jejíž kruhová rychlost je poloviční vzhledem ke kruhové rychlosti při povrchu Země? $\left[3R_Z\right]$

Úloha č. 11: Marsův měsíc Deimos obíhá kolem planety po kružnici o poloměru 23 500km rychlostí $1{,}35\,km.s^{-1}$. Určete hmotnost Marsu. $\left[6{,}4.10^{23}\,kg\right]$

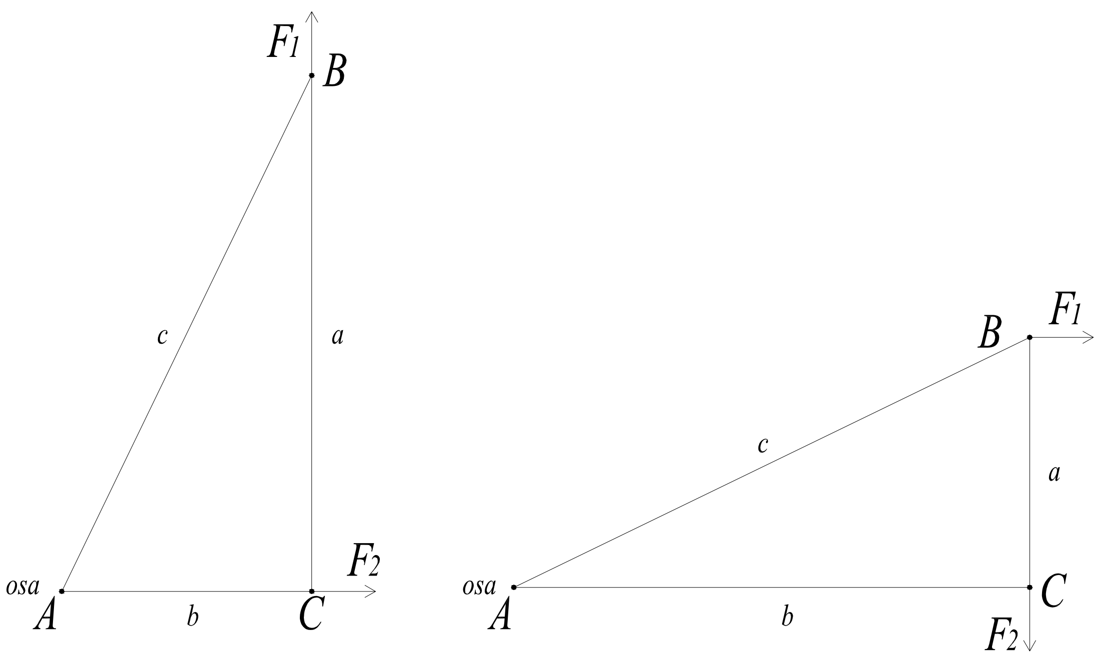
TEORETICKÉ CVIČENÍ Č. 5 – STATIKA TUHÉHO TĚLESA

Úloha č. 1: Deska tvaru pravoúhlého trojúhelníku o stranách a = 0,5m, b = 0,3m je otáčivá kolem osy kolmé k desce a jdoucí vrcholem A. Ve vrcholu B působí síla $\boldsymbol{F_1}$ = 7N, ve vrcholu C síla $\boldsymbol{F_2}$ = 10N (viz obrázek č. 10). Určete a) velikost momentu síly $\boldsymbol{F_1}$ vzhledem k dané ose, b) velikost momentu síly $\boldsymbol{F_2}$ vzhledem k dané ose, c) velikost výslednice sil $\boldsymbol{F_1}$ a $\boldsymbol{F_2}$.

$$[2{,}1\,N.m; 0\,N.m; 12\,N]$$

Úloha č. 2: Deska tvaru pravoúhlého trojúhelníku o stranách a = 0,4m, b = 0,8m je otáčivá kolem osy kolmé k desce a jdoucí vrcholem A. Ve vrcholu B a C působí síly $\boldsymbol{F_1}$ a $\boldsymbol{F_2}$, které mají stejnou velikost 10N (viz obrázek č. 10). Určete a) velikost momentu síly $\boldsymbol{F_1}$ vzhledem k dané ose, b) velikost momentu síly $\boldsymbol{F_2}$ vzhledem k dané ose, c) velikost výslednice sil $\boldsymbol{F_1}$ a $\boldsymbol{F_2}$.

$$[4\,N.m; 8\,N.m; 14\,N]$$



Obrázek č. 10 – Otáčivé desky k úloze č. 1 a 2.

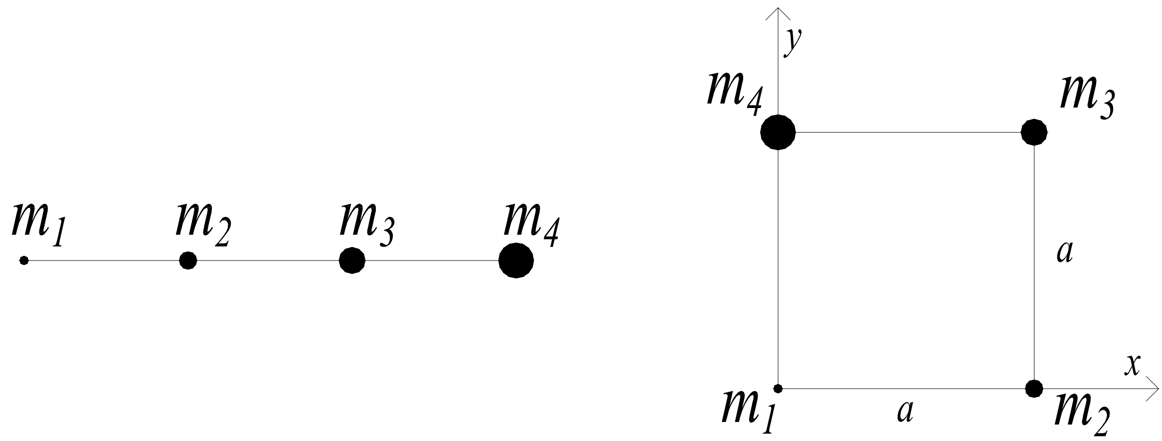
Úloha č. 3: Na otáčivém kotouči jsou na téže straně od osy zavěšena závaží o hmotnostech $m_1 = 0{,}5kg$ a $m_2 = 0{,}2kg$ ve vzdálenostech $r_1 = 0{,}2m$ a $r_2 = 0{,}4m$ od osy. V jaké vzdálenosti od osy musíme na druhé straně zavěsit závaží o hmotnosti $m_3 = 0{,}6kg$, aby nastala rovnováha?

$$[0{,}3m]$$

Úloha č. 4: Na tenkém drátě o zanedbatelně malé hmotnosti jsou navlečeny kuličky o hmotnostech $m_1 = 0{,}1kg$, $m_2 = 0{,}2kg$, $m_3 = 0{,}3kg$ a $m_4 = 0{,}4kg$. Vzájemné vzdálenosti středů kuliček jsou 0,5m. Vypočtěte polohu těžiště této soustavy.

[těžiště je ve vzdálenosti 1m od středu první kuličky]

Úloha č. 5: Kuličky z předešlé úlohy jsou umístěny ve vrcholech čtverce z tenkého drátu o zanedbatelně malé hmotnosti. Strana čtverce má délku 1m. Zvolte soustavu souřadnic podle obrázku č. 11 a vypočtěte souřadnice těžiště soustavy. $[x_0 = 0{,}5m; y_0 = 0{,}7m]$

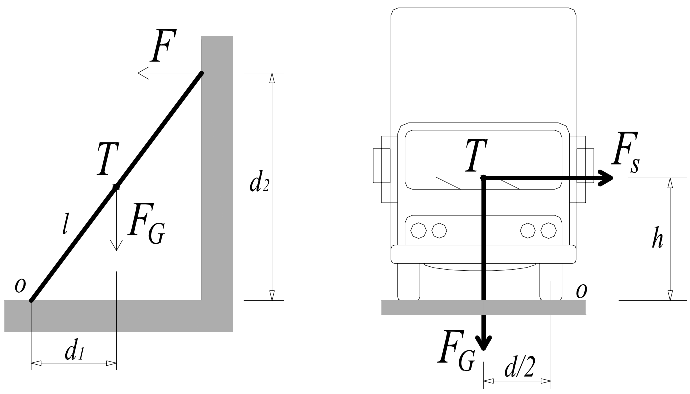


Obrázek č. 11 – Kuličky na drátě k úloze č. 4 a 5.

Úloha č. 6: Na konci tyče o délce 0,6m je připevněna koule o poloměru 0,1m, jejíž střed leží na ose tyče. Obě tělesa jsou stejnorodá a mají stejnou hmotnost. Určete polohu těžiště tohoto útvaru. [těžiště je ve vzdálenosti 0,2m od středu koule]

Úloha č. 7: Žebřík o hmotnosti 6kg je opřen jedním koncem o podlahu a druhým o hladkou svislou stěnu, se kterou svírá úhel 30°. Těžiště je uprostřed žebříku. Jakou nejmenší vodorovnou silou, působící na horním konci žebříku, odkloníme žebřík od stěny? [17N]

Úloha č. 8: Nákladní automobil projíždí neklopenou zatáčkou o poloměru 50m. Rozchod kol automobilu je 1,6m, výška těžiště nad vozovkou je 1,4m. Jakou největší rychlostí může řidič projet zatáčkou, aniž by se automobil převrátil? Předpokládejme, že tření je dostatečně velké, aby automobil nedostal smyk, náklad je uložen symetricky. $[17\, m.s^{-1}]$



Obrázek č. 12 – Žebřík opřený o stěnu k úloze č. 7 a nákladní automobil k úloze č. 8.

Úloha č. 9: Chlapci zjišťovali hmotnost předmětu pomocí nerovnoramenné páky. Předmět zavěšený na delším rameni páky vyvážili závažím o hmotnosti 4,5kg. Když předmět zavěsili na kratší rameno páky, obnovili rovnováhu závažím o hmotnosti 1,5kg. Jakou hmotnost měl předmět? [2,6kg]

Úloha č. 10: Na vodorovné podlaze leží deska tvaru rovnostranného trojúhelníka o straně 1,2m. Hmotnost desky je 20kg. Jakou práci musíme vykonat, abychom desku postavili do svislé polohy na její jednu stranu? Tloušťku desky zanedbejte. [68J]

TEORETICKÉ CVIČENÍ Č. 6 – POHYB TUHÉHO TĚLESA

Úloha č. 1: Jakou práci musíme vykonat, abychom setrvačník s momentem setrvačnosti $20\,kg.m^2$ roztočili s frekvencí 120Hz? [5,7MJ]

Úloha č. 2: Ve vrcholech čtverce o straně 0,4m, zhotoveného z tenkého drátu o zanedbatelně malé hmotnosti jsou umístěny kuličky o hmotnostech 0,3kg. Vypočtěte moment setrvačnosti soustavy a) vzhledem k ose procházející jednou stranou čtverce, b) vzhledem k ose rovnoběžné se stranou čtverce a jdoucí jeho středem. $\left[0{,}096\,kg.m^2; 0{,}048\,kg.m^2\right]$

Úloha č. 3: Dvě kovové kuličky mají stejnou hmotnost 0,25kg a jsou spolu spojeny tenkou tyčí o zanedbatelně malé hmotnosti a délce 1,2m. Vypočtěte moment setrvačnosti soustavy vzhledem k ose, která je kolmá k tyči a prochází ve vzdálenosti 0,4m od jedné z kuliček. $\left[0{,}2\,kg.m^2\right]$

Úloha č. 4: Na obvodu kola, které má poloměr 0,4m a moment setrvačnosti $1{,}2\,kg.m^2$, je navinuto vlákno, na jehož konci visí závaží o hmotnosti 3kg. Kolo je otáčivé kolem osy jdoucí jeho středem. Vypočtěte s jakým zrychlením se závaží pohybuje. $\left[2{,}8\,m.s^{-2}\right]$

Úloha č. 5: Kotouč se otáčí kolem osy, vzhledem k níž má moment setrvačnosti $0{,}24\,kg.m^2$, s periodou 0,8s. Vypočtěte kinetickou energii kotouče. [7,4J]

Úloha č. 6: Setrvačník se otáčí kolem osy, vzhledem k níž má moment setrvačnosti $1{,}6\,kg.m^2$ tak, že vykoná 300 otoček za minutu. Vypočtěte kinetickou energii setrvačníku. [790J]

Úloha č. 7: Disk o hmotnosti 0,32kg letí rychlostí $10\,m.s^{-1}$ a současně rotuje úhlovou rychlostí $60\,rad.s^{-1}$ kolem osy, vzhledem k níž má moment setrvačnosti $4\cdot 10^{-3}\,kg.m^2$. Vypočtěte kinetickou energii disku. [23J]

Úloha č. 8: Při roztáčení setrvačníku s momentem setrvačnosti $20\,kg.m^2$ byla vykonána práce 1MJ. S jakou frekvencí se setrvačník otáčí? [50Hz]

Úloha č. 9: Setrvačník s momentem setrvačnosti $50\,kg.m^2$ se otáčí úhlovou rychlostí $10\,rad.s^{-1}$. Jakou práci musí vykonat motor pohánějící setrvačník, aby se jeho úhlová rychlost zvětšila na $20\,rad.s^{-1}$? [7,5kJ]

LABORATORNÍ PRÁCE Č. 6 – URČENÍ TĚŽIŠTĚ TUHÉHO TĚLESA, STABILITA TUHÉHO TĚLESA

Úkol č. 1: Kde leží těžiště České republiky?
Úkol č. 2: Kouzelný motýl.
Úkol č. 3: Stabilní rovnovážná poloha s vidličkami.

Úkol č. 1:

Pomůcky: kreslící čtvrtka, šablona ČR, mapa České republiky, pravítko, tužka, nůžky, špejle zaříznuta do špičky, plastelína

Postup: Okopírujte hranice České republiky na silnější kreslící čtvrtku a vystřihněte ji. Vystřižený obrazec položte na stůl s rovným okrajem. Potom jej lehce posouvejte přes volnou hranu stolu a v okamžiku, kdy se začne přes stůl naklánět, jej na stůl přitiskněte. Tužkou pak zespodu nakreslete na čtvrtku podél hrany stolu čáru. Totéž opakujte ještě dvakrát, vždy s jinak pootočeným obrazcem. Pokud jste byli dost trpěliví a šikovní, protly se všechny tři čáry v jednom bodě. Vystřižený obrazec pak položte právě v tomto bodě na špičku špejle. Zůstane-li čtvrtka ve vodorovné poloze, našli jste skutečné těžiště obrazce a nakreslené přímky jsou těžnice.

Otázky:

1. Kde leží těžiště mapy České republiky?
2. Kde leží těžiště mapy České republiky, bereme-li ohled na rozložení hustoty obyvatel?

Úkol č. 2:

Pomůcky: kreslící čtvrtka, 2 malé mince, lepící páska, lepidlo, zápalka

Postup: Z papíru vystřihněte dvakrát stejného motýla, kterého slepíte, a do každého křídla mu přitom vlepte stejnou minci. Připravte si zápalku, kterou zapálíte a hned zase uhasíte. Motýla v jeho ose přeložte a do zlomu přilepte zápalku hlavičkou napřed. Pracujte tak, aby těžiště motýla leželo v hlavičce zápalky (motýl se jakoby volně vznáší).

Úkol č. 3:

Pomůcky: 2 korkové zátky, 2 špendlíky s kovovou hlavičkou, zápalka, 2 vidličky, sklenice

Postup: Do jedné korkové zátky zatlačíme do hloubky asi 1 cm špendlík hlavičkou vzhůru. Do druhé zátky vpravíme také špendlík, ale špičkou vzhůru. Do této druhé zátky pak zapíchneme symetricky dvě vidličky. Tuto sestavu umístíme na hlavičku špendlíku v druhé zátce postavené na úzkou sklenici. Soustava se bude nacházet v rovnovážné poloze stálé. Poté soustavu roztočíme.

Do korkové zátky zapíchneme 2 vidličky a zápalku. Tuto soustavu položíme zápalkou na okraj sklenice. Pokud jsme pracovali správně, soustava se bude nacházet ve stálé rovnovážné poloze. Zápalku zapálíme. Po dohoření zápalky k okraji sklenice zápalka sama zhasne a rovnovážná poloha se nenaruší.

Otázky:

1. Kde se nachází těžiště obou soustav?
2. Proč zápalka na okraji sklenice zhasne?

Závěr: Odpovězte na všechny otázky.

Tento protokol má ..... stran. Podpis:

LABORATORNÍ PRÁCE Č. 7 – URČENÍ HUSTOTY PEVNÉ LÁTKY A KAPALINY UŽITÍM ARCHIMÉDOVA ZÁKONA

Úkol č. 1: Určete hustotu kvádru.
Úkol č. 2: Určete hustotu oleje.
Úkol č. 3: Na čem závisí vztlaková síla působící na těleso ponořeného do kapaliny?

<u>Úkol č. 1 a 2:</u>

<u>Teorie:</u>

1. Známe-li hmotnost např. kuličky m_1 zjištěnou vážením ve vzduchu, víme, že při jejím ponoření do kapaliny známé hustoty ρ' vyvážíme kuličku menším závažím s hmotností m_2. Podle Archimédova zákona je kulička nadlehčována vztlakovou silou. Proto podmínku rovnováhy zapíšeme vztahem: $m_1 \cdot g - V \cdot \rho' \cdot g = m_2 \cdot g$

kde V je objem kuličky. Z tohoto vztahu určíme $V = \dfrac{m_1 - m_2}{\rho'}$

a dosadíme do vzorce $\rho = \dfrac{m_1}{V}$ pro výpočet hustoty, z níž je kulička vyrobena. Dostaneme

$$\rho = \frac{m_1}{m_1 - m_2} \cdot \rho'$$

2. Použijeme pomocné těleso s objemem V (nemusíme ale tuto hodnotu znát), které nejdříve zvážíme ve vzduchu, jeho hmotnost označíme m_1. Pak je ponoříme do kapaliny neznámé hustoty ρ, hmotnost vyvažujícího závaží označíme m_2. V kapalině známé hustoty ρ' získáme rovnováhu na váhách závažím o hmotnosti m_3. Zapíšeme podmínky rovnováhy

$$m_1 \cdot g - V \cdot \rho \cdot g = m_2 \cdot g \quad \text{a} \quad m_1 \cdot g - V \cdot \rho' \cdot g = m_3 \cdot g$$

Z těchto rovnic vyjádříme objem pomocného tělesa

$$V = \frac{m_1 - m_2}{\rho}, \; V = \frac{m_1 - m_3}{\rho'}$$

Porovnáním pravých stran rovnic dostáváme po úpravě $\rho = \dfrac{m_1 - m_2}{m_1 - m_3} \cdot \rho'$.

<u>Pomůcky:</u> kvádr, voda, kapalina neznámé hustoty, kádinka, siloměr

Postup:

1. a) Pomocí siloměru zjistěte hmotnost kvádru - m_1.

   b) Kvádr ponořte do vody a opět zjistěte jeho hmotnost - m_2.

   c) Vypočítejte hustotu kvádru.

   d) Měření opakujte třikrát a stanovte odchylky.

   e) Porovnejte naměřenou hodnotu s údaji v tabulce.

2. a) Pomocí siloměru zjistěte hmotnost kvádru - m_1.

   b) Kvádr ponořte do kapaliny neznámé hustoty a opět zjistěte hmotnost kvádru - m_2.

   c) Kvádr ponořte do vody a ještě jednou zjistěte hmotnost kvádru - m_3.

   d) Vypočítejte hustotu neznámé kapaliny.

   e) Měření opakujte třikrát a stanovte odchylku.

   f) Porovnejte naměřenou hodnotu s údaji v tabulce.

Zpracování:

Tabulka č. 1 – Hustota kvádru.

i	$\frac{m_1}{kg}$	$\frac{m_2}{kg}$	$\frac{\rho}{kg \cdot m^{-3}}$	$\frac{\Delta\rho}{kg \cdot m^{-3}}$
1				
2				
3				
součet				
průměr				

$\rho = (\ldots \pm \ldots) kg \cdot m^{-3}$ $\delta\rho = \ldots\%$

Tabulka č. 2 – Hustota kapaliny.

i	$\frac{m_1}{kg}$	$\frac{m_2}{kg}$	$\frac{m_3}{kg}$	$\frac{\rho}{kg \cdot m^{-3}}$	$\frac{\Delta\rho}{kg \cdot m^{-3}}$
1					
2					
3					
součet					
průměr					

$\rho = (\ldots \pm \ldots) kg \cdot m^{-3}$ $\delta\rho = \ldots\%$

Úkol č. 3:

Otázky: Plave se obézním lidem lehčeji, protože jsou těžší a dosahují většího vztlaku? Anebo to závisí na jejich velkém objemu?

Pomůcky: hliníkový kvádr, železný kvádr, železný kvádr malý, odměrný válec, siloměr

Postup: Máme k dispozici 3 kvádry. Hliníkový a malý železný kvádr mají stejnou hmotnost, hliníkový a velký železný mají shodný objem. U všech tří těles zjistíme tíhu (pomocí siloměru) a objem (pomocí odměrného válce), tíhovou sílu ponořeného tělesa do vody a snížení tíhy ponořením. Výsledky zapíšeme do tabulky.

Zpracování:

Tabulka č. 3 – Vztlaková síla.

	Hliníkový kvádr	Železný kvádr	Železný kvádr malý
$\frac{F_G}{N}$			
$\frac{V}{cm^3}$			
$\frac{F_{G1}}{N}$			
$\frac{F_G - F_{G1}}{N}$			

Závěr: Jaká je hustota kvádru a neznámé kapaliny? Z jaké látky je pravděpodobně vyroben/vyrobena? Jakou fyzikální veličinu prezentuje poslední řádek tabulky č. 3?

Uprav následující věty do tvaru, který platí pro naměřené hodnoty v tabulce č. 3.

Vztlak tělesa ponořeného do kapaliny závisí / nezávisí na hmotnosti .

Vztlak tělesa ponořeného do kapaliny závisí / nezávisí na materiálu tělesa .

Vztlak tělesa ponořeného do kapaliny závisí / nezávisí na objemu ponořené části tělesa.

Po úpravě vět urči, zda jsou tyto výroky v porovnání s teorií pravdivé.

Tento protokol má ..... stran. Podpis:

TEORETICKÉ CVIČENÍ Č. 7 – PROUDĚNÍ TEKUTIN

Úloha č. 1: Zahradnická hadice s vnitřním průřezem o obsahu $S_1 = 5\,cm^2$ je na konci opatřena zúženým nátrubkem s otvorem o obsahu $S_2 = 1\,cm^2$. Z nátrubku, který je ve výšce 80cm nad rovinou záhonu, tryská vodorovným směrem voda. Proud vody dopadá na záhon ve vodorovné vzdálenosti 2 m. Jak velkou rychlostí protéká voda průřezem hadice? $\left[1\,m.s^{-1}\right]$

Úloha č. 2: Jak velkou rychlostí proudí voda vodorovnou trubicí s průřezem o obsahu $15\,cm^2$, jestliže v zúženém místě s průřezem o obsahu $5\,cm^2$, se zmenší tlak o hodnotu 500Pa?

$\left[0{,}35\,m.s^{-1}\right]$

Úloha č. 3: Ve vodorovné trubici proudí voda rychlostí $2{,}24\,m.s^{-1}$ při tlaku 100kPa. Jak velkou rychlostí proudí voda v zúženém místě trubice, v němž byl naměřen tlak 90kPa?

$\left[5\,m.s^{-1}\right]$

Úloha č. 4: Jak velká je výtoková rychlost vody proudící výpustním otvorem údolní přehrady, je-li otvor ve hloubce 20m pod hladinou? $\left[20\,m.s^{-1}\right]$

Úloha č. 5: Z nádoby vytéká voda třemi otvory. První je ve výšce 0,5m, druhý 1m a třetí 1,5m nad dnem nádoby. Vypočítejte objem vody vyteklé za 1 minutu, udržuje-li se volná hladina ve stálé výši 2m nad dnem nádoby. Plošný obsah průřezu každého otvoru je $0{,}5\,cm^2$. $[39\,l]$

Úloha č. 6: Jak velkou rychlostí vytéká voda otvorem ve dně nádoby, jestliže volná hladina vody v nádobě se udržuje ve výši 80cm nad dnem? $\left[4\,m.s^{-1}\right]$

Úloha č. 7: Výsadkář o hmotnosti 80kg seskočí padákem tvaru polokoule o průměru 10m. Na jaké hodnotě se ustálí rychlost jeho pádu, je-li hustota vzduchu $1{,}3\,kg.m^{-3}$ a součinitel odporu 1,3? $\left[3{,}4\,m.s^{-1}\right]$

Úloha č. 8: Jakou rychlostí padá kapka deště, je-li její hmotnost 0,05g, plošný obsah kolmého průřezu $S = 16\,mm^2$ a $C = 0{,}4$. Hustota vzduchu je přibližně $1{,}3\,kg.m^{-3}$? $\left[11\,m.s^{-1}\right]$

Úloha č. 9: Automobil překonává odporovou sílu vzduchu při stálé rychlosti $90\,km.h^{-1}$. Obsah čelní plochy automobilu, která je kolmá ke směru jízdy, je $4m^2$, součinitel odporu je 0,55. Určete výkon motoru. [22kW]

LABORATORNÍ PRÁCE Č. 8 – ATMOSFÉRICKÁ TLAKOVÁ SÍLA

Úkol: Pomocí jednoduchých pomůcek poznej pojem atmosférická tlaková síla a jevy s ní související.

Pokus č. 1:

Pomůcky: láhev se širokým hrdlem, uvařené vajíčko, papír, zápalky

Postup: Do láhve se širokým hrdlem vsuneme zapálený proužek papíru. Když plamen uhasne, nasadíme na hrdlo uvařené oloupané vajíčko špičkou dolů a mírně ho k láhvi přitlačíme. Vajíčko se samo postupně protlačí do láhve. Vysvětlete tento jev.

Pokus č. 2: Heronova baňka

Pomůcky: láhev 0,5l, zátka s otvorem, skleněná trubička na jednom konci zúžená, delší hadička, podložka

Postup: Láhev naplníme asi do 1/3 výšky vodou. Skleněnou trubičku upevníme do zátky a na její dolní konec nesuneme hadičku. Láhev uzavřeme zátkou a zkontrolujeme, že konec hadičky je pod hladinou vody. Trubičkou nafoukáme do láhve vzduch. Když přestaneme foukat, vznikne po určitou dobu vodotrysk. Když voda přestane vytékat, zjistíme, že trubička s hadičkou je celá naplněná vodou. Vysvětlete tento jev.

Pokus č. 3: Zdokonalená Heronova baňka

Pomůcky: 2 láhve 0,5l, 2 zátky se dvěma otvory, skleněná trubička na jednom konci zúžená, 2 krátké trubičky, 3 delší hadičky, nálevka, kádinka s vodou, podstavec, podložka

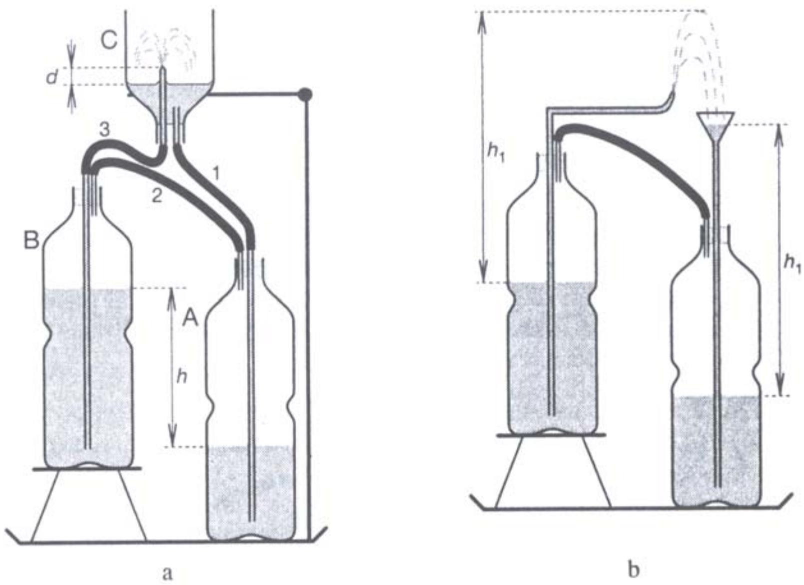
Postup: Pokus uspořádáme podle obrázku č. 14. Rozdíl hladin *h* v obou nádobách volíme co největší.Toho dosáhneme např. postavením láhve B na podstavec a naplněním láhve A malým množstvím vody a láhve B skoro pod ústí spojovací trubičky. Do nálevky začneme plynule nalévat vodu. Z nádoby B začne tryskou vytékat voda v podobě fontánky. Jakmile se nádoba B vyprázdní, vodotrysk skončí. Vysvětlete tento jev.

Pokus č. 4: Heronova fontána

Pomůcky: 2 láhve 0,5l, 2 zátky se dvěma otvory, skleněná trubička na jednom konci zúžená, 3 krátké trubičky, 4 delší hadičky, nálevka, kádinka s vodou, podstavec, podložka

Postup: Pokus uspořádáme podle obrázku č. 13. Pokus začneme tak, že do nálevky plynule lijeme vodu, až do chvíle, kdy z trysky připojené k horní láhvi začne proudit do nálevky voda.

Pak se již bude fontána sama udržovat v provozu. Jakmile se horní nádoba vyprázdní, fontána se zastaví. Vysvětlete tento jev. Poté zkuste obměnu pokusu se třemi lahvemi.

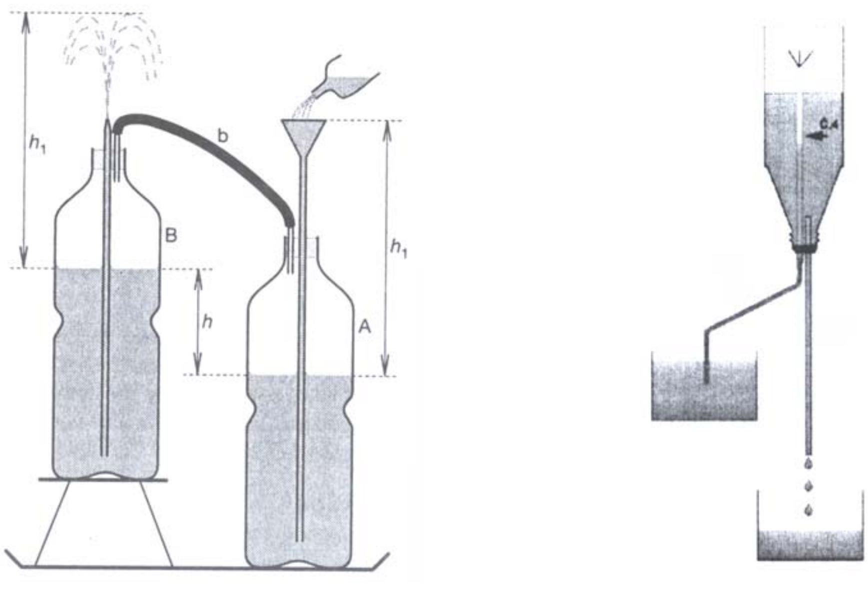


Obrázek č. 13 – Heronova fontána.

Pokus č. 5: Násoska s vodotryskem

Pomůcky: láhev 0,5l, zátka se dvěma otvory, skleněná trubička na jednom konci zúžená, 2 krátké trubičky, 3 delší hadičky, 2 kádinky (jedna s vodou), podstavec, podložka, barva

Postup: Pokus uspořádáme podle obrázku č. 14. PET láhev naplníme asi do poloviny vodou a připojíme hadičky. Hadička v láhvi je na konci opatřena tryskou. Ponořením kratší hadičky do horní kádinky s obarvenou vodou začne násoska přečerpávat vodu z horní do dolní kádinky. Výškový rozdíl kádinek by měl být co největší. Vysvětlete tento jev.



Obrázek č. 14 – Zdokonalená Heronova baňka a násoska vodotryskem.

LABORATORNÍ PRÁCE Č. 9 – ELEKTROSTATIKA

Úkol: Pozoruj a asistuj učiteli při prezentaci elektrostatických jevů. V rámci laboratorní práce diskutujte nad danými jevy a snažte se najít jejich vysvětlení.

DODATEK Č. 1 – KULIČKA NA NAKLONĚNÉ ROVINĚ

Úkol č. 1: Změřte, jak závisí rychlost kuličky valící se po nakloněné rovině na dráze. Měření proveďte pro výšky 10cm až 4cm. Určete zrychlení kuličky pro jednotlivé úhly nakloněné roviny.
Úkol č. 2: Pro výšky 10cm, 8cm a 6cm sestrojte do jednoho obrázku grafy závislosti rychlosti kuličky na dráze.
Úkol č. 3: Sestrojte graf závislosti zrychlení na $g.\sin\alpha$.

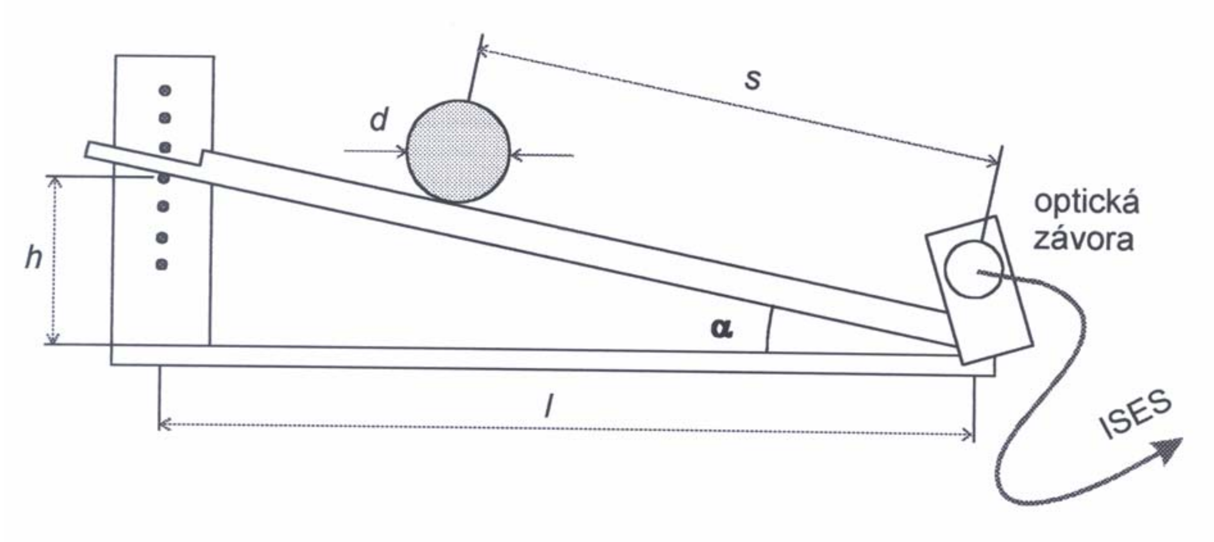
Teorie:

Pro rovnoměrně zrychlený pohyb začínající z klidu platí vztah $v = \sqrt{2 \cdot a \cdot s}$, kde s je dráha kuličky na nakloněné rovině, a je zrychlení a v je okamžitá rychlost. Okamžitou rychlost lze přibližně určit ze vztahu $v = \frac{d}{\Delta t}$, kde Δt je velmi krátký čas a d je průměr kuličky.

Pomůcky: nakloněná rovina, ocelová kulička, PC, ISES, modul optická závora

Postup:

1. a) Sestrojíme měřící soustavu podle obrázku č. 15.
   b) Optickou závoru připojíme do kanálu A a výšku nakloněné roviny nastavíme na 10cm.
   c) Spustíme ISES a založíme nový experiment.
   d) Nastavení – doba měření 0,1s, vzorkování 1000Hz, start trigger, kanál A, hladina 0,5, retrigger 5% sestupná hrana. Stiskneme OK.
   e) Na obrazovce je připravené okno s časovou osou nastavenou na 0,1s. Graf se zatím nevykresluje. Počítač čeká s měřením, až nastane zatmění závory. Spustíme kuličku z bodu vzdáleného 10cm od optické závory.Počítač zachytí měření. Klikneme na ikonu „přidat měření“ a spustíme kuličku ze značky 20cm. Pokračujeme až do dráhy 50cm.
   f) Pomocí ikony „zpracování měření“ a nástroje „odečet rozdílu“ určíme v polovině hloubky impulzů všechny časy Δt (první sloupec v okne vpravo) a z nich vypočteme rychlost v pro tabulku č.1.
   g) Snížíme výšku h na 9cm, červenými šipkami nahradíme experiment a proměříme při tomto sklonu dráhy 10cm až 50cm. Dále snižujeme úhel naklonění až do výšky 4cm.



Obrázek č. 15 – Nakloněná rovina s optickou závorou.

2. Pro výšky h =10cm, h =8cm a h =6cm sestrojte do jednoho grafu tři křivky závislosti rychlosti kuličky na dráze.
3. Sestrojte graf závislosti zrychlení na $g.\sin\alpha$. Lze použít excel. Pozor – úhly je třeba zadávat v radiánech.

<u>Zpracování:</u>

Tabulka č. 1 – Závislost rychlosti kuličky na dráze.

d =........m

$\frac{h}{m}$	$\frac{\alpha}{rad}$	$\frac{s}{m}$	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	průměrné zrychlení $m.s^{-2}$
0,100		Δt /s						
		v/m.s^{-1}						
		a/ m.s^{-2}						
0,090		Δt /s						
		v/m.s^{-1}						
		a/ m.s^{-2}						
0,080		Δt /s						
		v/m.s^{-1}						
		a/ m.s^{-2}						
0,070		Δt /s						
		v/m.s^{-1}						

		a/ m.s^{-2}						
0,060		Δt /s						
		v/m.s^{-1}						
		a/ m.s^{-2}						
0,050		Δt /s						
		v/m.s^{-1}						
		a/ m.s^{-2}						
0,040		Δt /s						
		v/m.s^{-1}						
		a/ m.s^{-2}						

Obrázek č. 1 – Graf závislosti rychlosti v kuličky na dráze s.

Tabulka č. 2 – Závislost zrychlení kuličky na $g.\sin\alpha$.

α /rad	$g.\sin\alpha$	a/ m.s^{-2}

Obrázek č. 2 – Graf závislosti zrychlení kuličky na $g.\sin\alpha$.

__Závěr:__ Vyhodnoťte, jak závisí rychlost kuličky na dráze, jak vychází zrychlení pro jeden úhel a pro různé úhly nakloněné roviny.

Tento protokol má ..... stran. Podpis:

DODATEK Č. 2 – VOLNÝ PÁD

Úkol č. 1 : Změřte závislost dráhy padajícího hřebene na čase pro hřeben bez zátěže a se zátěží.
Úkol č. 2 : Určete tíhové zrychlení pro hřeben bez zátěže a se zátěží.
Úkol č. 3 : Sestrojte graf závislosti dráhy nezatíženého hřebene na čase pro jeden volný pád. Určete *g* kvadratickou regresí.

Teorie:

Jednotlivé zuby hřebene při volném pádu přerušují paprsek optické závory. Ze „zhušťování“ grafu lze usoudit, že jde o zrychlený pohyb. Pro jeho dráhu při zanedbání odporu vzduchu, platí rovnice: $s = v_0 t + \frac{1}{2} g t^2$. Veličina v_0 představuje rychlost, se kterou vstupuje hřeben do optické závory, t je čas měřený od okamžiku prvního zatmění.

Pomůcky: hřeben, pravítko, zátěž, stojan PC, ISES, modul optická závora

Postup:

1. a 2.

a) Změříme celkovou délku všech zubů, spočítáme zuby a vypočteme vzdálenost mezi dvěma zuby.

b) Optickou závoru připojíme do kanálu A. Samotnou závoru upevníme do stojanu, její šířku upravíme asi na 3cm.

c) Spustíme ISES a založíme nový experiment.

d) Nastavení – doba měření 0,2s, vzorkování 1000Hz, start trigger, kanál A, hladina 0,5, retrigger 5% sestupná hrana, zobrazení-definice-min Y=-0,5, max Y=1,5. OK

e) Na obrazovce je připravené okno s časovou osou nastavenou na 0,2s. Graf se zatím nevykresluje. Počítač čeká s měřením, až nastane zatmění závory. Hřeben umístíme do závory mezerou mezi prvním a druhým zubem a zlehka uvolníme. Pád je zaznamenán na monitoru. Při podařeném pokusu je vidět 9 zubů.

f) Pomocí ikony „zpracování měření“ a nástroje „odečet rozdílu“ určíme v polovině hloubky impulzů časy t pro všechny zuby měřené od okamžiku, kdy první zub způsobil zatmění (první sloupec v okně vpravo). Z nich vypočteme tíhové zrychlení g_1.

g) Červenými šipkami nahradíme experiment a provedeme druhý pád bez zátěže a znova vypočteme tíhové zrychlení - g_2.

h) Na hřeben zavěsíme zátěž a pokus provedeme ještě dvakrát - g_3, g_4.

3. Sestojte graf závislosti dráhy na čase (nezatížený hřeben). Pomocí kvadratické regrese s potlačením absolutního členu určete *g*.

Zpracování:

Počet zubů: Celková délka: Vzdálenost dvou zubů:

Tabulka č. 1 – Závislost dráhy na čase (bez zátěže a se zátěží).

s/m	bez zátěže *t*/s	bez zátěže *t*/s	se zátěží *t*/s	se zátěží *t*/s

tíhové zrychlení: bez zátěže $g_1 =$ ... m.s^{-2}
bez zátěže $g_2 =$ ... m.s^{-2}
se zátěží $g_3 =$ ... m.s^{-2}
se zátěží $g_4 =$ ... m.s^{-2}

Obrázek č. 1 – Graf závislosti dráhy na čase (bez zátěže).

Tíhové zrychlení určené regresí: $g_5 =$ ... m.s^{-2}

Závěr: Porovnejte vypočtená tíhová zrychlení s tabulkovou hodnotou uváděnou pro česká města. Vypočtěte, o kolik procent se liší. Čím můžou být způsobeny odchylky? Vyhodnoťte, jak závisí dráha volného pádu na čase, jaké je tíhové zrychlení určené kvadratickou regresí. Vyhodnoťte vliv zátěže na volný pád.

Tento protokol má ..... stran. Podpis:

POUŽITÁ LITERATURA

Barták F., Bednařík M., Lepil O., Široká M., Svoboda E.: *Sbírka úloh z fyziky pro studijní obory SOU a SOŠ*. Státní pedagogické nakladatelství, Praha 1988.

Bednařík M., Široká M., Bujok P.: *Fyzika pro gymnázia Mechanika*. Prometheus, Praha 1994.

Drozd Z., Brockmeyerová J.: *Pokusy z volné ruky*. Prometheus, Praha 2003.

Pražák J.: *Fyzika – praktikum*. Ediční středisko ČVUT, Praha 1990.

Svoboda E., Barták F., Široká M.: *Fyzika pro technické obory středních odborných škol*. Státní pedagogické nakladatelství, Praha 1984.

Svoboda E. a kol.: *Pokusy z fyziky na střední škole 1.* Prometheus, Praha 1997.

Svoboda E.: *Fyzika - pokusy s jednoduchými pomůckami.* Prometheus, Praha 2001.

Tarábek P., Červinková P.: *Odmaturuj z fyziky*. Didaktis, Brno 2004.

Vachek J., Bednařík M., Klobušický K., Maršák J., Novák J., Šabo I.: *Fyzika pro 1. ročník gymnázií*. Státní pedagogické nakladatelství, Praha 1985.

Vícha V.: *Laboratorní práce měřené soupravou ISES*. Učební pomůcky PC-IN/OUT, Praha 2003.

PŘÍRUČKY

Mechanika 1 – návody k pokusům. Didaktik.