

# EXPERIMENT VE VÝUCE

## Tiažové zrýchlenie a tvorivosť

Klára Velmovská<sup>\*</sup>, Fakulta matematiky, fyziky a informatiky UK, Bratislava

### 1. ÚVOD

Na konci školského roka majú už žiaci dostatočné skúsenosti s laboratórnymi prácami. Obyčajne však majú v učebnici uvedený presný návod, ako pri meraní postupovať. Je naozaj nutné, aby dostávali striktný návod, podľa ktorého majú pracovať? Z hľadiska rozvoja tvorivosti je vhodné tento návod žiakom nepredpísť, ale nechať ich, nech si spôsob a postup merania navrhnu sami.

Učivo 1. ročníka gymnázia je zamerané na mechaniku a žiaci sa často stretávajú s pojmom tiažové zrýchlenie. Žiakom môžeme preto na laboratórnom cvičení zadať úlohu nasledovného znenia:

*Navrhnite metódu na meranie veľkosti tiažového zrýchlenia a meranie uskutočnite.*

Táto úloha od žiakov vyžaduje, aby si sami vymysleli metódu merania, navrhli postup, pomocky, s ktorými budú merať a namerané údaje spracovali.

Cieľom laboratórneho cvičenia je obvyčajne vyšetriť daný fyzikálny jav alebo nameráť nejakú fyzikálnu veličinu. Príčom sa kladie dôraz na presnosť merania, tj. aby sa hodnota fyzikálnej veličiny čo najviac približovala k hodnote tabuľkovej. Znamená to ale, že na meranie budeme používať iba tie metódy, ktoré nám danú presnosť zabezpečia? Pre žiakov gymnázia sú tieto metódy niekedy náročné. Súhlasím s tým, že cieľom učiteľa fyziky by malo byť žiakov k týmto metódam priviesť a predstaviť im ich, či už sú to merania známe z histórie alebo merania využívajúce elektronické meracie prístroje. Pre tento prípad je to meranie Galileovo a meranie veľkosti tiažového zrýchlenia pomocou reverzného kyvadla. Ale predtým by sme žiakom mali dať sancu vymyslieť metódu vhodnú na meranie, aby si uvedomili problémy s nou späť. Takto prispejeme k rozvoju tvorivosti žiakov a pripravíme si pôdu pre predstavenie presnejších metód.

### 2. INŠTRUKCIE

Laboratórne cvičenia obvyčajne predstavujú dve vyučovacie hodiny. Pri riešení tejto úlohy je dobré rozčleniť si hodiny na teoretickú a experimentálnu. Teoretická hodina by mala byť zameraná na návrh a rozpracovanie metódy, experimentálna na meranie, zaznamenávanie a spracovávanie hodnôt.

Na úvod teoretickej časti učiteľ žiakov informuje o tom, čo je cieľom laboratórneho cvičenia. Úlohou žiakov je pri práci v skupinách vymyslieť čo najoriginálnejšiu metódu merania veľkosti tiažového zrýchlenia. Podľa možnosti takú, ktorá by nikoho iného nenapadla. Treba žiakom zdôrazniť, že použitie pomocok je obmedzené vybavením kabinetu fyziku, tj. radar na meranie rýchlosťi k dispozícii nie je. Učiteľ by mal žiakov požiadať, aby mu na konci teoretickej hodiny odovzdali zoznam pomocok, ktoré budú pri meraní potrebovať. Volbu pomocok a presný postup merania si žiaci majú premyslieť tak, aby sa pri meraní dopúšťali čo najmenších nepresnosťí. Ich úlohou je dostať sa ku vztahu pre veľkosť tiažového zrýchlenia, do ktorého budú namerané hodnoty dosadzovať.

Výstupom prvej hodiny by mal byť pripravený záznam z laboratórneho cvičenia. Jeho štruktúra by mala byť zhodná so záznamami, ktoré už žiaci vyhotovovali. Je dobré žiakov upozorniť na to, že na meranie budú mať pomerne málo času (1 vyučovaciu hodinu), preto by si mali meranie detailne rozpracovať – premyslieť si, kol'ko meraní urobia a pripraviť si vopred tabuľku, do ktorej budú namerané hodnoty zaznamenávať. Na záver teoretickej hodiny

\* velmovska@center.fmph.uniba.sk

(cca 5 min pred koncom) učiteľ vyzve žiakov, aby každá skupina prezentovala svoju metódu merania.

### 3. SKÚSENOSTI

Veľkosť tiažového zrýchlenia sme určovali so žiakmi dvoch prvých tried na Gymnáziu J. Papánka v Bratislave. Rozdelenie do skupín prebehlo náhodne a to tak, že si žiaci ďahali z vopred pripravených očíslovaných papierkov. Žiaci s rovnakými číslami patrili do jednej skupiny, príčom ich počet v skupine nepresahoval štyri.

Myslím, že môžem skonštatovať, že navrhovanie metód merania sa žiakom páčilo. Boli a-ko vedci, ktorí sa pokúšajú odmerať niečo, čo dosiaľ ešte nemerali. Tento ich pocit by sa stra-til, keby mali merať podľa presne určeného návodu. Pri navrhovaní mali povolené používať zošity, prípadne sa mohli inšpirovať učebnicou.

Je dôležité spomenúť, že na tomto gymnáziu majú žiaci každý týždeň na laboratórne cvičenia určenú 1 delenu hodinu. Takto sme mali jeden týždeň hodinu teoretickú, kde navrhovali metódy merania a druhý týždeň meranie vykonávali. Výhodou bolo to, že na prípravu pomô- cok som mala čas 1 týždeň. Ako sa však ukázalo, žiaci na svoje merania nepožadovali po-môcky, príprava ktorých by si vyžadovala takýto čas. Myslím, že učiteľ vystačí zo sadou po-môckov na mechaniku. Nemôže zabudnúť na gulôčky<sup>1</sup> s háčkom aj bez neho, na pevnnejšiu nit<sup>2</sup>, na silomery, váhy, stopky, odmerné valce, pravítko, dĺžkové<sup>3</sup> meradlo, stojan z laboratórneho cvičenia o premenách energie. Ak bude mať tieto pomôcky vopred pripravené (samozrejme v dostatočnom množstve), bude mať dostatok času na pohl'adanie ostatných pomôckov.

Je zaujímavé, že žiaci sa príseň držali pomôckov, ktoré sú súčasťou vybavenia fyzikálneho kabinetu, hoci<sup>4</sup> ich mohli nahradniť vecami zo svojho okolia. Na meranie pomocou Archimedovho zákona mohli žiaci použiť akékoľvek teleso (pero, guma na gumovanie...). Oni sa však rozhodli pre závažie. Rovnako pri točení telesa na nitke mohli na koniec nitky priviazať čokoľvek<sup>4</sup>. Žiaci však použili gulôčku zo súpravy na mechaniku.

Niektoré skupiny navrhli vychádzať pri meraní z tiažovej sily. Asi po 10 minútach práce v skupinách každá skupina prišla s návrhom využiť na meranie voľný pád. V tomto prípade zohráva dôležitosť úlohu učiteľ, ktorý musí žiakov „donútiť“ vymyslieť aj iné riešenie. V triede pomohol argument o originalite metódy: „Vidíte, toto riešenie napadlo každú skupinu. Vašou úlohou však je vymyslieť niečo, čo by iného nenapadlo, niečo originálne.“ A skupiny vymýšľali ďalej... Jedna skupina ostala sice pri meraní času voľného pádu, ale využila na to vodo-rovny vrh.

Učiteľ by mal vystupovať ako konzultant, na ktorého sa žiaci môžu kedykoľvek obrátiť. Zároveň by mal sledovať prácu skupín. Ako príklad uvediem skupinu, ktorá na meranie na-vrhla využiť zákon zachovania energie a naklonenú rovinu. Svoju metódu dopodrobna roz-pracovali, avšak si neuvedomili, že gulička koná aj otáčavý pohyb – pri kinetickej energii ne-

uvážovali o člene  $\frac{1}{2} \cdot I \cdot \omega^2$ . Neuvažovali o ľom aj napriek tomu, že pri preberaní otáčavého

pohybu tuhého telesa prepočítali niekoľko príkladov, kde tento člen vystupoval. Pri tejto labo-ratórnej práci sa ukázalo, že s pojmom kinetická energia otáčavého pohybu nie sú žiaci cel-kom „zzití“. Žiaci si pri meraní uvedomili, že niečo nie je v poriadku, keď pre veľkosť tiažo-vého zrýchlenia dostali hodnotu veľmi odlišnú od skutočnej, hoci<sup>5</sup> očakávali hodnotu bližiacu sa ku nej. I pri opakovanej meraní sa ich podozrenie potvrdilo. Teda ďalším prínosom tejto

---

<sup>1</sup> kuličky

<sup>2</sup> dĺžkové

<sup>3</sup> ačkoliv

<sup>4</sup> cokoliv

<sup>5</sup> ačkoliv

úlohy je skutočnosť, že žiaci si skutočne uvedomili význam člena  $\frac{1}{2} \cdot I \cdot \omega^2$  a utvrdili si svoje poznatky nadobudnuté počas 1. ročníka.

Na prvej hodine si žiaci mali premyslieť postup merania a zachytiť ho v záznamoch. Avšak pri meraní sa ukázalo, že meranie uskutočniť nie je až také jednoduché. Na ilustráciu uvediem prípad skupiny, ktorá navrhla naozaj originálnu metódu využívajúcu poznatky z dynamiky. Pri točení guličky na špagáte chceli polomer otáčania guličky merať pomocou pravítka. Pri samotnom meraní prišli na to, že točiť guličku tak, aby opisovala stále rovnako veľkú kružnicu, nie je také jednoduché. Preto to vyriešili tak, že na stôl položili pravítko, určili si polomer otáčania, ktorý potom vedeli lepšie dodržať. Podobne to bolo s určovaním uhla, ktorý pri otáčaní zviera nit' so zvislým smerom. Na teoretickej hodine na otázku, ako určia tento uhol, odpovedali, že pomocou uhlomera. Pri meraní však prišli na to, že ked' si „dobre“ zvolia dĺžku špagátu, uhol bude rovný  $45^\circ$  a vo výslednom vzťahu pre  $g$  nemusia počítať  $\operatorname{tg} \alpha$ , lebo bude rovný 1. Preto gulôčku podržali nad určeným polomerom, kolmo na stôl postavili ešte jedno pravítko a špagát natiahli tak, aby gulôčku spojil s hodnotou polomeru na zvislom pravítku. Pri tejto hodnote určili dĺžku špagátu. Takto vlastne vytvorili rovnoramenný pravouhlý trojuholník. Pri tomto meraní im vyšla hodnota pre veľkosť tiažového zrýchlenia  $24,8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$ . Tento pomerne veľký rozdiel sa dá vysvetliť, ak si uvedomíme, aká nepresnosť vznikne pri zväčšení polomeru otáčania 20 cm (hodnota zvolená žiakmi) o 1 cm.

#### 4. RIEŠENIA

Uvádzam iba niektoré riešenia, ktoré navrhli žiaci. Meranie veľkosti tiažového zrýchlenia pomocou silomera, páky a pomocou poznatkov o voľnom páde neuvádzam. Na meranie možno využiť i vodorovný vrh, pri ktorom zostavíme zariadenie podobné ako pri laboratórnej úlohe o premenách energie, a meriame čas dopadu gulôčky zo stola. Meriame vlastne čas dopadu ako pri voľnom páde. Tieto metódy sú pomerne jednoduché. Návod na meranie veľkosti tiažového zrýchlenia pomocou voľného pádu možno nájsť napr. v [1]. Rovnako neuvádzam ani metódou určenia veľkosti tiažového zrýchlenia pomocou doby kmitu kyvadla. Predpokladám, že na túto metódou nemajú žiaci 1. ročníka potrebné poznatky.

Pri opise metód merania navrhnutých žiakmi som vychádzala zo záznamov, ktoré mi žiaci odovzdali. Uvádzam aj konkrétné hodnoty, ktoré získali meraním.

- **meranie využitím Archimedovho zákona**

**Pomôcky:** odmerný valec, silomer, gulôčka, nitka, rovnoramenné váhy

Na silomer si zavesíme gulôčku. Odmeriame  $F_g$  gulôčky. Potom ju ponoríme do vody. Silomer nám ukáže hodnotu výslednej sily  $F_V$ . Podľa vzorca  $F_{VZ} = F_g - F_V$ , vypočítame veľkosť vztlakovej sily. Ak vieme, z akého materiálu je zhotovená gulôčka, odvážime ju a pomocou vzorca  $V = \frac{m}{\rho}$ , vypočítame jej objem. Podľa vzorca  $g = \frac{F_{VZ}}{\rho \cdot V}$  vypočítame  $g$ . Objem gulôčky môžeme zistíť aj tak, že ju ponoríme zavesenú na nitke do vody v odmernom valci. Objem gulôčky je dany hodnotou, o koľko stúpne hladina vody.

**Meranie:**

$$m = 42,25 \text{ g}$$

$$\rho = 1000 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$$

$\frac{F_g}{\text{N}}$	$\frac{F_v}{\text{N}}$	$\frac{V}{10^{-6} \text{ m}^3}$	$\frac{F_{vz}}{\text{N}}$	$\frac{g}{\text{m} \cdot \text{s}^{-2}}$
0,45	0,3	16	0,15	9,375
0,45	0,3	16	0,15	9,375
0,45	0,29	17	0,16	9,412

Tab. 1 Tabuľka hodnôt získaná pri určovaní tiažového zrýchlenia pomocou Archimedovho zákona

$$\bar{g} = 9,39 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$$

- **meranie pomocou zvislého vrchu nahor**

Pomôcky: guľôčka, meter, stopky

Pomocou vzorca pre čas  $t$ , za ktorý z výšky  $H$  teleso dopadne:  $t = \sqrt{\frac{2 \cdot H}{g}}$ , vypočítame

hodnotu  $g$  takto: guľôčku vyhodíme do výšky a odmeriame, do akej výšky vyletela. Zároveň odmeriame i čas, za ktorý sa vráti. Pri počítaní  $g$  použijeme iba polovičný čas, lebo telesu trvá rovnaký čas výstup do výšky  $H$  ako voľný pád z tejto výšky. Výšku výstupu určujeme tak, že jeden žiak sa postaví na lavicu a sleduje, do akej výšky guľôčka vystúpi.

**Meranie:**

$\frac{t}{\text{s}}$	$\frac{\frac{1}{2} \cdot t}{\text{s}}$	$\frac{H}{\text{m}}$	$\frac{g}{\text{m} \cdot \text{s}^{-2}}$
1,21	0,605	1,7	9,28
1,35	0,675	2,01	8,82
1,18	0,59	1,55	8,91
1,22	0,61	1,8	9,67
1,28	0,64	1,8	8,79

Tab. 2 Tabuľka hodnôt získaných pri meraní pomocou zvislého vrchu nahor

$$\bar{g} = 9,09 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$$

- **meranie založené na zákone zachovania energie**

Pomôcky: guľôčka, pravítko, naklonená rovina, stopky

Odmeriame výšku  $h$  naklonenej roviny, z ktorej guľôčku s hmotnosťou  $m$  púšťame. Keď guľôčka opustí naklonenú rovinu, pôjde ďalej rovnomenrným pohybom (pričom trenie zanedbávame). Stopkami odmeriame čas  $t$ , za aký prejde guľôčka dráhu  $s$  a podľa vzťahu  $v = \frac{s}{t}$  vypočítame rýchlosť guľôčky na konci naklonenej roviny. Všetky zistené hodnoty dosadíme do vzťahu, ktorý vyplýva zo zákona zachovania energie. Guľôčka koná aj otáčavý pohyb, preto musíme uvažovať aj o kinetickej energii otáčavého pohybu  $\frac{1}{2} \cdot I \cdot \omega^2$ , kde  $I$  je moment zotrvačnosti gule ( $I = \frac{2}{5} \cdot m \cdot r^2$ ) a  $\omega$  uhlová rýchlosť guľôčky.

Platí:

$$E_K = E_P; \\ \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 + \frac{1}{2} \cdot I \cdot \omega^2 = m \cdot g \cdot h.$$

Po úpravách sa dostaneme ku vzťahu pre veľkosť tiažového zrýchlenia:

$$g = \frac{7 \cdot v^2}{10 \cdot h}.$$

**Meranie:**

$$m = 26 \text{ g}$$

$$h = 2,7 \text{ cm}$$

čas, za ktorý gulôčka prešla dráhu 0,4 m:

$$0,65 \text{ s} \quad 0,75 \text{ s} \quad 0,75 \text{ s} \quad 0,66 \text{ s} \quad 0,78 \text{ s} \quad 0,75 \text{ s} \quad 0,81 \text{ s} \quad 0,75 \text{ s} \quad 0,70 \text{ s} \quad 0,79 \text{ s} \quad 0,79 \text{ s} \\ \text{priemer časov:} \quad \bar{t} = 0,744 \text{ s};$$

$$v = \frac{s}{\bar{t}} = \frac{0,4 \text{ m}}{0,744 \text{ s}} = 0,538 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1};$$

$$g = \frac{7 \cdot v^2}{10 \cdot h} = \frac{7 \cdot (0,538 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1})^2}{10 \cdot 0,027 \text{ m}} = 7,5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}.$$

### • meranie využitím poznatkov z dynamiky

**Pomôcky:** pravítko, niť, kovová gulôčka, stopky

Kovovú gulôčku zavesenú na niti roztočíme vo vodorovnej rovine nad daným priemerom. Určíme čas  $t$ , kým vykoná 10 otáčok. Pokus opakujeme 3krát a do výpočtov dosadíme priemernú hodnotu. Určíme uhol  $\alpha$ , ktorý zviera niť pri točení so zvislým smerom. Rýchlosť gulôčky v určíme pomocou obvodu kružnice  $o$ , ktorú pri točení opisuje:

$$o = 2 \cdot \pi \cdot r;$$

$$v = \frac{10 \cdot o}{t};$$

Ďalej platí:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{F_o}{F_g},$$

kde  $F_o$  je odstredivá sila ( $F_o = \frac{m \cdot v^2}{r}$ ) a  $F_g$  je tiažová sila. Po dosadení dostávame pre  $g$

$$\text{vzťah:} \quad g = \frac{v^2}{r \cdot \operatorname{tg} \alpha}.$$

**Meranie:**

$$r = 0,2 \text{ m} \Rightarrow o = 1,256 \text{ m}$$

$$\alpha = 45^\circ \text{ (pri špeciálne zvolenej dĺžke nite)}$$

$$\text{namerané časy:} \quad 5,70 \text{ s} \quad 5,70 \text{ s} \quad 5,51 \text{ s}$$

$$\text{priemerná hodnota: } t = 5,63 \text{ s};$$

$$v = \frac{12,56 \text{ m}}{5,63 \text{ s}} = 2,23 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1};$$

$$g = \frac{(2,23 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1})^2}{0,2 \text{ m}} = 24,8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}.$$

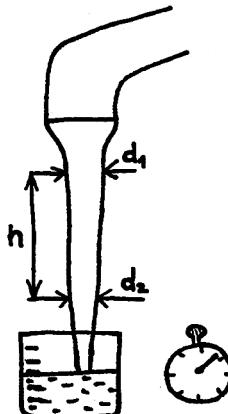
## 5. INÉ ZAUJÍMAVÉ RIEŠENIA:

## • meranie využitím poznatkov z dynamiky kvapalín

**Pomôcky:** vodovod, pravítko, nádoba so stupnicou (odmerný valec), stopky

Pri vytiekajúcej vode z kohútika si môžeme všimnúť, že sa prúd vody smerom nadol zužuje. Pre objem  $V$  pretečenej vody cez plochu<sup>6</sup>  $S$  rýchlosťou veľkosti  $v$  za čas  $t$  platí rovnica kontinuity:

$$V = S \cdot v \cdot t.$$



Obr. 1 Meranie tiažového zrýchlenia pomocou vody vytiekajúcej z kohútika

Ked' si prierez<sup>7</sup> prúdu v hornej, dolnej časti označíme  $S_1, S_2$ , veľkosť rýchlosťi prúdenia v hornej, dolnej časti  $v_1, v_2$ , potom pre vytečený objem vody  $V$  za čas  $t$  platí:

$$S_1 \cdot v_1 = S_2 \cdot v_2 = \frac{V}{t}.$$

Pre vytiekajúcu vodu platí i zákon zachovania energie:

$$E_{pl} + E_{kl} = E_{k2},$$

kde  $E_{pl}$  je potenciálna energia vody vo výške  $h$ ,  $E_{kl}$ ,  $E_{k2}$  sú kinetické energie v hornej a dolnej časti prúdu. Platí ( $g$  je veľkosť tiažového zrýchlenia):

$$m \cdot g \cdot h + \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_1^2 = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_2^2.$$

Po dosadení za  $v_2$  z rovnice kontinuity a po úprave dostaneme pre veľkosť tiažového zrýchlenia vzťah:

$$g = \frac{V^2}{2 \cdot h \cdot t^2} \cdot \left( \frac{1}{S_2^2} - \frac{1}{S_1^2} \right).$$

<sup>6</sup>plochou

<sup>7</sup>prúze

Ked' uvážime kruhový prierez<sup>8</sup> prúdu vody s priemerom<sup>9</sup> v hornej časti prúdu  $d_1$  a v dolnej  $d_2$ , potom pre veľkosť tiažového zrýchlenia platí vzťah:

$$g = \frac{V^2}{h \cdot \pi^2 \cdot t^2} \cdot \left( \frac{1}{d_2^4} - \frac{1}{d_1^4} \right).$$

Na určenie veľkosti tiažového zrýchlenia potrebujeme mať<sup>10</sup> v prvom rade k dispozícii vodovodný kohútik. Vodu pustíme tak, aby tiekla pekným prúdom. Pod kohútik umiestime nádobu, najlepšie odmerný valec a stopkami určujeme čas  $t$ , za ktorý do nádoby natečie voda s objemom  $V$ . Odmeriame priemer<sup>10</sup> prúdu v hornej časti  $d_1$  a rovnako v dolnej  $d_2$ . Výška  $h$  zodpovedá vzdialenosť miest, v ktorých sme priemery prúdov merali.

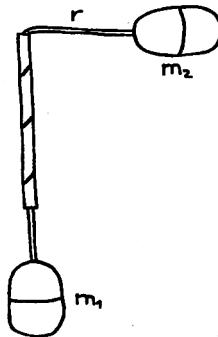
### Meranie:

Pri meraní sme dostali pre veľkosť tiažového zrýchlenia hodnotu  $7,507 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$ . Je to spôsobené tým, že pri odvádzaní vzťahu pre určenie veľkosti tiažového zrýchlenia sme uvažovali o ideálnom prípade bez odporu prostredia.

- meranie využitím poznatkov o kruhovom pohybe**

#### Pomôcky: hlavolam, stopky

Hlavolam pozostáva z dvoch telies, z ktorých je oveľa<sup>11</sup> ľažšie ako druhé (aspoň 10krát), navzájom spojených špagátom. Na zostrojenie hlavolamu môžeme použiť obaly z „kindervajíčok“, pričom do jedného vložime napr. kancelárske spony. Na špagáte je navlečená voľne pohyblivá slamka (cca 15 cm, napr. z malých džúsov).



Obr. 2 Hlavolam

Východzou pozíciou je poloha, pri ktorej držíme slamku tak, že ľažšie teleso sa nachádza dole. Úlohou je posunúť ľažšie teleso smerom ku slamke bez dotyku čohokoľvek iného než slamky a bez položenia tohto telesa na stôl.

Riešenie je jednoduché. Roztočením ľahšieho telesa vo vodorovnej rovine okolo slamky začne ľažšie stúpať. Čím väčšia bude uhlová rýchlosť otáčania, tým rýchlejšie bude teleso stúpať.

<sup>8</sup> prúrež

<sup>9</sup> prúmērem

<sup>10</sup> prúmér

<sup>11</sup> mnohem

Určite sa nám podarí dosiahnuť takú uhlovú rýchlosť otáčania, pri ktorej sa tiažšie teleso už nebude pohybovať. Pri takomto kruhovom pohybe je dosťredívou silou tiažová sila pôsobiaca na tiažšie teleso. Preto platí:

$$F_d = F_g;$$

$$m_1 \cdot g = m_2 \cdot \omega^2 \cdot r;$$

$$m_1 \cdot g = \frac{m_2 \cdot 4 \cdot \pi^2 \cdot r}{T^2}.$$

Z čoho

$$g = \frac{4 \cdot \pi^2 \cdot m_2 \cdot r}{m_1 \cdot T^2},$$

kde  $m_1$  je hmotnosť ľahšieho telesa,  $m_2$  hmotnosť tiažšieho,  $r$  polomer otáčania a  $T$  je perióda. Teda tiažové zrýchlenie môžeme určiť, ak budeme tieto hodnoty poznáť. Určiť hmotnosti  $m_1$  a  $m_2$  nie je problém. A ako určiť  $T$  a  $r$ ? V momente, keď dosiahneme, že tiažšie teleso ostane stát, pomocou stopiek určíme dobu trvania 20 otáčok ( $20 \cdot T$ ) a zachytením telesa v tejto polohe môžeme určiť s polomer otáčania  $r$ .

#### Meranie:

Pri tomto meraní sme zanedbávali trenie medzi špagátom a slamkou, čo sa prejavilo v pomerne širokom intervale hodnôt tiažového zrýchlenia. Vplyvom<sup>12</sup> trenia bolo totiž pomerne ľahké odhadnúť vhodnú uhlovú rýchlosť. Z pomerne fluktuujúcich hodnôt sme pri meraní získali hodnotu pre veľkosť tiažového zrýchlenia  $9,5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$ .

## 6. ZÁVER

V tomto príspevku som sa zaoberala experimentálnej tvorivou úlohou, ktorá spočíva v navrhnutí metódy merania veľkosti tiažového zrýchlenia a samotného merania. Sú tu opísané žiakmi navrhnuté metódy, pri ktorých pracovali s jednoduchými pomôckami dostupnými v každom fyzikálnom kabinete. V niektorých prípadoch sa žiaci dopracovali k hodnote tiažového zrýchlenia, ktorá sa blížila k hodnote tabuľkovej, avšak pri niektorých metódach sa dopustili pomerne veľkej nepresnosti. Tým vznikli námety k diskusii o hľadaní zdrojov nepresnosti, ich kritickom zhodnotení a navrhovaní spôsobov ich eliminácie. Teda tvorivosť sa okrem úrovne, kedy žiaci metódy navrhovali a uskutočňovali, rozvíjala i na vyššej úrovni – na úrovni verifikácie.

Tým, že žiaci nemali daný postup merania, sa vlastne hrali na vedcov a na hodine simulovali vedeckú činnosť. A vedecká činnosť je vo svojej podstate tvorivá. Žiaci sice objavovali, čo už objavené bolo, ale s daným stupňom poznatkov nie je možné objaviť niečo neobjavené. V tomto prípade išlo o tvorivosť subjektívnu. Myslím, že žiaci po tejto úlohe ľahšie a s väčším záujmom prijímajú presnejšie metódy merania, ako napr. meranie pomocou reverzného kyvadla, a ocenia metódy umožňujúce merat' s veľkou presnosťou.

#### Použitá literatúra:

- [1] Koubek V. a kol.: *Školské pokusy z fyziky*. SPN, Bratislava 1980.

<sup>12</sup> Vlivem