

# **1 - Fractal Fingers – známka úlohy 8,00**

## **RNDr. Jana Bielčíková, Ph.D. – známka 9**

Tým chválím za celkem pěkný teoretický popis úlohy a opravdu precizní vymezení pojmů, používaných při jejím řešení a také provedení vlastních experimentů včetně fotodokumentace. Tým studoval systematicky vliv hmotnostního podílu akrylové barvy ve vodném roztoku na relativní délku chapadel, vliv objemového podílu inkoustu ve směsi s alkoholem na relativní délku chapadel a čas jejich růstu a zjištěné výsledky kvantifikoval v grafech a diskutoval. Velmi pěkně zpracovaná úloha.

## **RNDr. Filip Blaschke, Ph.D. – známka 7**

Komentář v samostatném souboru *D09\_BlaschkeF.pdf*.

## **RNDr. Filip Křížek, Ph.D. – známka 8**

Poměrně zdařile zpracovaná úloha. V teoretické části dle mého soudu správně popisujete, že dendrity vznikají vlivem mezihry Marangoniho efektu a Saffmanovy-Taylorovy nestability. Vámi identifikované parametry úlohy považuji za relevantní.

Experimentální uspořádání je popsáno dostatečně, i když některé podrobnosti by bylo záhodno doplnit. Například v úvodu je uváděna teplota jako jeden z relevantních parametrů úlohy. Ten jste sice přímo neměnili, ale mohli byste uvést, jaká byla teplota v laboratoři v průběhu experimentu. Myslím, že by bylo skvělé měnit i tento parametr, protože jak píšete, může ovlivňovat viskozitu i povrchové napětí. V kapitole 5.2.2 by bylo dobré specifikovat koncentraci směsi A kvůli případné reprodukovatelnosti experimentu. V Tabulce 6 není zřejmé, zda zkoumaná prostředí B byla zvlhčena vodou, případně jaké byly hmotností koncentrace. I když experimenty v sekci 5.2.5 neukázaly dobře vyvinutá chapadla, bylo by zajímavé zdokumentovat jejich výsledek fotografií. Dalo by se odhadnout, proč rozvařená mouka či škrob poskytují horší podmínky pro vznik efektu než akrylátová barva?

Je skvělé, že jste zkoumali vznik efektu pro různé druhy alkoholů. V tomto případě, by bylo zajímavé mít nějaké porovnání viskozity a povrchového napětí pro použité roztoky. I když tyto hodnoty přímo neměříte, snad by šlo provést nějaké porovnání tabelovaných hodnot pro nenařazené látky. V sekci 5.2.6 sledujete dynamický nárůst poloměru dendritu. Zde bych poznamenal, že zadání úlohy by asi bylo blíže proměřit časový vývoj délky chapadla. Určitě bych se pokusil více zamyslet nad tím, zda je možné říci něco více o geometrii chapadla.

Vadou na kráse je nezanedbatelné množství překlepů:

Tabulka 1: mezi dvěma -> mezi dvěma

střeou -> středu

Teorie chybí čárka před „a jejich“

Sekce 4.3. kapainu -> kapalinu

míšení -> mísení

Sekce 5.2.1 vahrán -> nahrán

Popisek Obrázku 3 e) má být Experiment 5  $w_B = 1$

Sekce 5.2.3 napěří -> napětí

Tabulka 5: zadírající -> zabírající

jemnější -> jemnější

Sekce 5.2.5. poslední věta není dobře formulována a navíc měli -> měly

Závěr nak -> na

nadaále -> nadále

společnému -> společnému

nížší -> nižší

## **3 - Siren – známka úlohy 6,75**

### ***RNDr. Petr Chaloupka, Ph.D. – známka 7***

Na vašem řešení se mi nejvíce líbí spojení teorie a experimentu. Dali jste dohromady poměrně jednoduchou teorii a snažíte se jí do detailu ověřit. Líbí se mi vztah pro intenzitu zvuku a myšlenka proměřit závislost na poloze měření. Váš vztah také vlastně i říká, jaký by měl být časový průběh intenzity (podle toho, jak se díra a proud postupně překrývají).

Máte pěkně zpracované měření, akorát nespojujete body. To se nedělá a je to matoucí. Stačí proložení fitem.

Co se mi opravdu velmi líbí, je, jak korigujete výsledek ve smyslu odečtu hluku pozadí.

Jedna věc je pro mne matoucí. Ve vztahu pro intenzitu vystupuje rychlost v druhé mocnině. Graf měření v závislosti na rychlosti ale vypadá lineárně.

Pozorování změny barvy tónu je velmi zajímavé a zkusit tento jev vysvětlit by bylo skvělé.

### ***doc. RNDr. Dušan Novotný, CSc. – známka 7***

Práce je přehledně rozčleněna, v provedení měření a jeho vyhodnocení je patrná pečlivost řešitelů. V textu (zřejmě z nedostatku zkušeností) ale chybí očíslování vzorečků, neúplné je vymezení použitých označení, rovněž obrázky jsou neočíslované bez legendy umožňující odkazování v textu. Výhrady lze mít i k některým formulacím, např. v části 4.2.1 Intenzita zvuku první věta „Intenzita zvuku je definovaná jako výkon zvuku rozprostřen na plochu.“ Následující vzoreček, který by mohl lépe pojem intenzity vymezit, postrádá výklad použitých označení. U vzorečku o dva řádky níže není srozumitelné vymezení ploch  $S_1$  a  $S_2$  (je  $S_1$  plocha řezu proudu stlačeného vzduchu nebo její průnik s plochou díry?). Obrázek na str. 6 by si určitě zasloužil legendu vysvětlující, co zobrazuje a jaký význam mají označení v nad ním uvedeném vztahu, který představuje důležitý teoretický výsledek. V části 5.1.2 poslední věta „Frekvenci a intenzitu zvuku jsme měřili mikrofonom, který zaznamenával změny v akustickém tlaku v průběhu času.“ ponechává utajenu důležitou informaci, na jakém zařízení byl zvukový signál analyzován (zajímavá by byla frekvenční analýza zvuku). Kladně ale hodnotím skutečnost, že zároveň byla měřena frekvence otáčení disku a průtoková rychlost. Graf na str. 8 by se zřejmě měl spíše jmenovat „Závislost frekvence na počtu děr“.

Naměřené hodnoty nejsou v práci předloženy ve tvaru tabulek, ale grafy jsou prezentovány včetně znázornění chyb měření.

### ***prof. RNDr. Tomáš Opatrný, Dr. – známka 6***

Oceňuji, že jste provedli experiment i určitý teoretický rozbor.

V teoretické části je bohužel řada vztahů bez náležitého vysvětlení - např. proč platí  $I = p v (S_1 / S_2)$ , jaký význam má v tomto textu efektivní a maximální akustický tlak atd.

V části 4.2.1 píšete, že budete zjišťovat koeficient mezi akustickou rychlostí a rychlostí proudu zvuku, není ale zřejmé, k jaké hodnotě a jakým způsobem jste dospěli.

V experimentální části postrádám popis zjištění naměřených frekvencí a jejich nepřesností – je

to z měřených spekter? Jak byly v grafech stanoveny chybové intervaly?

V obrázcích na str. 9 a 10 chybí jednotky u veličiny „maximální výchylka akustického tlaku“.

Ve vztahu na str. 9,  $p_{\max} = 440v_{\max}$  neodpovídá rozměr – rychlost a tlak mají odlišné jednotky.

## **Mgr. Stanislav Panoš, Ph.D. – známka 7**

Předložené řešení je strukturované a na první pohled vypadá přehledně. V úvodu jsou vymezeny používané veličiny.

Práce obsahuje seznam použité literatury.

Teorie:

Souhlasím s parametry ovlivňujícím podobu výsledného zvuku vyjmenovanými v úvodu. Vysvětlení vzniku zvuku při průchodu/neprůchodu vzduchu diskem, resp. dírou je tzv. „polopatické“ a velmi snadno pochopitelné. Jen bych větu: „Vzdálenost děr od osy otáčení nemá žádný efekt.“, trochu rozvinul o vysvětlení, že frekvenci určuje perioda odkrývání/zakrývání průchodu vzduchu, proto nemá vzdálenost díry na efekt vliv.

V úvaze nad vlivem velikosti děr na výsledný zvuk si nejsem jistý pravdivostí tvrzení, že akustický tlak bude klesat s první mocninou vzdálenosti. Pro bodový zdroj se energie zvukového vlnění rozprostírá na plochu kulového vrchlíku, která ale roste s druhou mocninou vzdálenosti.

Teorie rozebírá, experiment, ale neobsahuje prakticky žádný vzorec, který by nějakým způsobem predikoval některou veličinu z experimentu. Jedinou výjimkou je frekvence, kde se předpokládá, že je rovna součinu frekvence otáčení disku a počtu otvorů v disku.

Experiment:

Představená aparatura je vcelku jednoduchá a funkční. Problém vidím ve spojení CD-čka s osou otáčení pomocí špuntu. Zde by to chtělo pevnější spojení, protože nebude jednoduché zajistit, aby se CD-čko během měření otáčelo v jedné rovině.

Graf „Závislost počtu děr na frekvenci“ je špatně pojmenovaný, protože zobrazuje opačnou závislost, tj. „Závislost frekvence na počtu děr“.

V grafu „Maximální výchylka akustického tlaku na rychlosti proudu vzduchu“ chybí jednotky u akustického tlaku. Naměřené hodnoty jsou proloženy přímkou, což na pohled vypadá korektně. Bylo by zajímavé uvést hodnotu koeficientu korelace R.

## 4 - Coloured Line – známka úlohy 6,80

### Mgr. Pavel Kůs – známka 7

Bodovací schéma: Teorie - max 4 body, Experimenty – max 4 body, Celkový dojem – max 2 body

**Výsledné body: 1.5 /4/1.5,  $\Sigma = 7$  bodů**

Stručné slovní hodnocení:

Práce na mě celkově udělala dobrý dojem. Je rozumně členěná, obsahuje teoretickou a experimentální část, ale nechybí ani snaha o porovnání teorie s experimenty, což je klíčová část práce a hodnotím snahu autorů velmi pozitivně. Zatímco s experimenty jsem byl v podstatě spokojený, k teoretické části práce mám nějaké výhrady (viz poznámky níže). Proto jsem za teorii udělil jen 1.5 body ze 4. Nakonec jsem se rozhodl strhnout 0.5 bodu za to, že na formální stránce práce by se dalo ještě trochu zapracovat. Níže přikládám drobné komentáře k vaší práci (zvlášť k teorii, experimentům a formální stránce práce). Celkově práci hodnotím jako jednu z těch lepších a je vidět, že si autoři s prací dali opravdu záležet. Přeji hodně štěstí v regionálním kole!

#### 1. Komentáře nebo otázky k teorii:

K předpokladům v podsekcí 4.1:

1. Skutečný zdroj světla bodový není. Jak tento předpoklad zajistíte? Resp. co lze pokládat ještě za bodový a co už za plošný zdroj světla pro vaše účely?  
Proč je důležité, aby bylo těleso absolutně černé?

2. Tloušťka tenké planparalelní vrstvy je důležitý parametr pro pozorování interferenčního obrazce na této vrstvě. Přitom se zdroj i pozorovatel mohou nacházet od vrstvy daleko. Mající tuto situaci na mysli, není mi při čtení textu úplně jasné, proč je váš předpoklad o nulové tloušťce opodstatněný. Chtělo by to lépe argumentovat či možná rovnou prozradit, kde k zanedbání tloušťky ( $h \rightarrow 0$ ) dojde (nejspíš v nějakém vašem výpočtu) že zanedbání tloušťky vede na stejný výsledek jako její zanedbání (pokud to má být pravda).

K sekci 4.2:

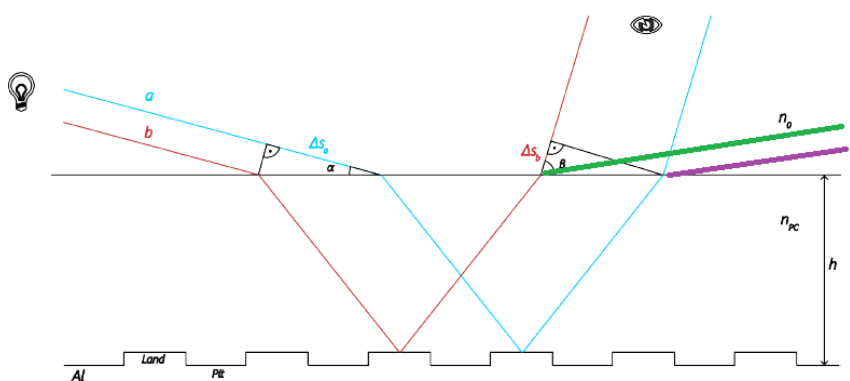
Uvádíte, že vzdálenost mezi pítý a landy je  $\lambda/4$  (ve směru kolmé na CD/DVD). Bylo by myslím pěkné to uvést v cm pro lepší představu. Obrázek 4 tuto informaci myslím nezachycuje.

Sekce 4.3

$n_{PC} \approx 1.585$  ... Pro jakou vlnovou délku máme tento index lomu? Obecně závisí hodnota indexu lomu na vlnové délce.

Další moje otázka směřuje k obrázku 5. Index lomu vrstvy je větší než index lomu vzduchu, tedy při lomu do vrstvy má dojít k lomu ke kolmici (to je v obrázku popsáno správně), ale

při přechodu od vrstvy ke vzduchu má dojít naopak k lomu od kolmice. Představoval bych si to nějak takto:



Obrázek 5: Nákres mikroskopického náhledu na lom světla na rozhraní optických prostředí polykarbonátu a okolí. (ne v měřítku)

Přitom zelená čára by měla být výstupní červená a fialová čára má být výstupní modrá. Z toho se proto zdá, že úhly beta a alpha podle obrázku jsou stejné a to plyne ze Snellova zákona. Navíc pozor na to, že rozdíl v optické dráze nenastává jen ve vzduchu, ale i ve vrstvě. Doporučuji srovnat váš postup s postupem pro výpočet interference na planoparalelní vrstvě. Opravdu výsledek nebude záviset na tloušťce vrstvy? Samozřejmě se naskytá otázka, co se změní ve vašem postupu, když jeden paprsek padne do pitu (v tom se úloha liší od planoparalelní vrstvy).

Dříve jste v textu zmínili, že na vrstvě dochází k difrakci. Mohli byste srovnat svoje výpočty s mřížkovou rovnicí? Je to stejné, či nebo v principu různé? Nebo kdybych měl otázku formulovat ještě jinak, je princip jevu, který chcete vysvětlit, více podobný difrakci světla na mřížce, nebo interferenci světla na tenké vrstvě? Jak odpověď záleží na velikosti parametru  $p$ ?

Hypotéza 1 je úzce spojena s rozbořem obrázku, proto ji nebudu teď více komentovat. V hypotéze 2 zmiňujete, že část světla odchází z disku při dopadu světla na rozhraní z prostředí vrstvy. Jaká část světla odejde? To by mělo mít dopad na intenzitu interferenčních obrazců.

Bylo by myslím skvělé, kdybyste obrázek 5 a otázky k němu do regionálního kola promysleli a uměli na něj odpovědět. Samozřejmě se na ně nikdo během vaší případné prezentace této úlohy zeptat nemusí, ale kdo ví :-)

## 2. Komentář nebo otázky k experimentům:

V experimentální části byly popsány experimenty vedoucí k pozorování chtěného jevu. Výsledky jsou zapsány ve formě tabulek a podpořeny fotografiemi. Zároveň autoři provedli v té samé části srovnání svého teoretického popisu s pozorováními. To je klíčová část každé práce a velmi chválím autory, že se o ni pokusili.

Jak jsem naznačil v předchozí části tohoto dokumentu, zdá se mi, že v teoretické části práce jsou stále otazníky a myslím, že rovnice (1) potřebuje přezkoumat (i přestože autoři tvrdí, že jejich teoretický popis vyhovuje pozorováním). Proto bych toto srovnání v tuto chvíli více

nerozebíral a je to něco, co by se po přezkoumání rovnice (1) mělo udělat znovu. Možná jen jednoduchá otázka, proč v rovnici (9) zvolili autoři  $k = 2$  a ne  $k = 3$ ? Výsledek by dal jinou barvu.

### 3. Komentář k formální stránce práce a celkový dojem:

Zde nabízím několik poznámek k samotnému textu nebo podobě celé práce.

Celkově hodnotím strukturu textu jako rozumnou, přesto bych dal autorům další náměty na zamyšlení:

#### 1) Úvod

- a. Na to, že úvod tvoří samostatnou sekci, je poměrně stručný. Mohlo by být užitečné říci zde něco více o tom, jak je text členěný, na co se čtenář v jednotlivých sekcích může těšit.
- b. Obrázky by měly ideálně následovat po textu, který na ně referuje (ale ne všichni toto pravidlo vždy dodržují). Možná mi přijde i škoda, že fotografie nejsou původní, ale autoři odkazují na další zdroje.

#### 2) Ustanovení terminologie

- a. Tabulka se mohla klidně dát i do Úvodu. Zároveň by bylo pěkné k ní přiložit obrázky, které budou vystihovat situace, kde se značení použije – bylo by to, věřím, jednodušší na pochopení, než si jen přečíst v tabulce význam jednotlivých veličin (totiž, člověk si to přečtení stejně ihned snaží představit, tak byste mu usnadnili trochu práci). Takový obrázek jste nakonec vytvořili, ale dali jste ho do textu až v experimentální části.

#### 3) Část sekce 6 bych dal do teorie a zbytek do experimentální části.

Jednotky by neměly být psány s použitím matematického módu nebo kurzívou, tedy spíš *cm* než *cm*. Mezi číslem a jednotkou by měla být mezera, tedy 5 cm spíše než 5cm (ale například u stupňů se toto pravidlo nedodržuje). Alespoň je to, věřím, dobré pravidlo. Funkce bychom též neměli psát kurzívou: raději  $\sin(x)$  než *sin(x)*.

## **Mgr. Kamila Moriová – známka 5**

### **Komentář pro všechny týmy:**

Doporučuji se podívat sem: <https://stemfellowship.org/iypt-references/problem4/>, některé z odkazů jsou zajímavé. (Veřejně nepřístupné odborné články vám může poskytnout někdo z konzultantů – viz webové stránky TMF.)

Nápad pro další zkoumání: Jak koherence světla ovlivňuje pozorovaný jev? (Co když světlo nesvítí na disk přímo ze zdroje, ale je rozptýlené? Jak mohl Young pozorovat interferenci na dvouštěrbíně, když neměl laser?)

### **Komentář pro tento tým:**

- Z estetického hlediska velmi pěkné a přehledné zpracování.

- Teorie
  - Na straně 5 popisujete, jak disk funguje. Díky zmíněným pitům a landům se z CD vlastně stává difrakční mřížka. To je hlavní princip jevu, který pozorujete.
  - Zdá se mi, že v teoretické části mícháte dohromady interferenci na tenké vrstvě a difrakci na mřížce. Na obrázku 5 se nejprve paprsek zlomí podle Snellova zákona a dopadá na povrch s pitů a landů, zde dochází k difrakci na mřížce, ne k zrcadlovému odrazu. Po difrakci se světlo nemůže lámat zpět do opticky řidšího prostředí (vzduch) tak, jak to v obrázku máte zakreslené. Doporučuji vám nejprve tenkou ochrannou vrstvu na CD úplně zanedbat a zaměřit se pouze na difrakci na mřížce a lépe ji popsat (vznik interferenčních maxim, spektrální rozklad, atd.).
  - Chybí mi víc odkazů na literaturu, není mi jasné, odkud čerpáte.
- Experiment
  - Strana 11 – o čem vypovídá hodnota  $k$ ? Proč vidíme spektrum?

## **Mgr. Hynek Němec, Ph.D. – známka 5**

### ***Komentář pro všechny týmy:***

Stěžejním jevem v úloze je difrakce, se kterou se většina studentů bohužel setkává až ke konci studia; z tohoto hlediska se pak jedná o úlohu mimořádně náročnou. Kromě standardních učebnic lze pro studium doporučit text Fyzikální olympiády (<http://fyzikalniolympiada.cz/texty/difrakce.pdf>) nebo kapitolu 37 ve Fyzice od autorů Halliday – Resnick – Walker.

I když se při řešení třeba nebudete pouštět do kvantitativních měření, měli byste být schopni předpovědět (a experimentálně potvrdit), jak se například bude měnit barva čáry, pokud nakloním disk jedním nebo druhým směrem, nebo v čem by se měly odlišovat CD a DVD (fantazii se meze nekladou) – na toto by měla stačit i učebnicový model mřížky s rovnoběžnými elementy. Při hlubším řešení se pak zamyslet, proč pozorujeme čáru (a nikoliv třeba kružnici), a proč je v zadání zdůrazňována zelená barva.

Při dokumentování pozorování je (vedle samotné fotografie) nutné zaznamenávat i náklon disku a polohu zdroje a fotoaparátu – jinak se měření ani nedá zreprodukovat, ani se o něm nedá pořádně diskutovat.

Zejména týmům s hodnocením 5 a nižším doporučuji, aby se zúčastnili online diskuse 30. ledna (podrobnosti ještě budou upřesněny); o těch řešeních podiskutujeme a věřím, že se podaří Vaši práci usměrnit – ve všech protokolech jsou zajímavé nápady, na nichž stojí za to pracovat!

### ***Komentář pro tento tým:***

Teoretický popis vychází ze vztahu pro difrakci na mřížce s rovnoběžnými vrypky; dále jsou zkoumány vícenásobné odrazy světla uvnitř disku při osvětlení skrz obvodovou hranu disku. Předpověď pro difrakci je srovnána s měřeními: ačkoliv stanovení barvy v experimentu zůstává na kvalitativní úrovni, oceňuji, že tým popsal průběh barvy čáry. Postrádám vysvětlení, proč je pozorována právě čára.



Velmi se mi líbí, že tým pozoroval a pokusil se vysvětlit i mnohé další jevy; obrázky 13, 14 a 17 – 20 jasně dokumentují, s jak bohatou fyzikou se lze na tomto relativně „jednoduchém“ systému setkat; o pozorovaných obrazech by se dalo diskutovat velmi dlouze. Je proto škoda, že kapitola 6 nebyla připravena s větší péčí; pro mě už je prakticky nesrozumitelná.

V protokolu je používán zbytečně formální jazyk. Pozor také na vydatné používání žargonu; některé fráze (jako např. „V experimentu 1 je celá měřicí aparatura vložena do jedné roviny, čímž byl problém redukován do 2D“) jsou příliš zavádějící. Problémem je také použitá parametrizace: tabulka 2 působí, jako by se parametr  $l_x$  měnil v podstatě bez rozmyslu (v tabulce také není zřejmé, co jsou závislé a nezávislé proměnné, a zda vlnová délka byla měřená nebo počítaná).

Výhrady mám k přesnostem měření; zejména jde o vzdálenost  $l_x$  v tabulce 2. Pokud je uvedeno, že rozlišení měřidla je 0.1 mm, tak uváděné setiny milimetru nemají nejmenší význam. Mnohem podstatnější ale je uvědomit si, že vlákno žárovky má rozměry mnoha milimetrů, a nevyhnutelně tedy je odpovídající neurčitost ve stanovení vzdáleností  $l_x$  a  $l_y$ . I když na uvádění odchylek nebazíruji, nebylo by od věci alespoň orientačně odhadnout, o kolik se pak může lišit vypočtená vlnová délka v pozorovaném bodě  $P$ .

Celkově se jedná o zdařilé řešení, které je na dobré cestě, a na kterém je potenciál k významnému vylepšení s malou námahou!

***doc. RNDr. Tomáš Ostatnický, Ph.D. – známka 10***

Téměř vyčerpávající analýza problému, netřeba nic dalšího dodávat.

***Ing. Dalibor Repčák – známka 7***

Komentář v samostatném souboru *D09\_RepčákD.pdf*.

## **6 - Magnetic-Mechanical Oscillator – známka úlohy 7,25**

**RNDr. Martin Blaschke, Ph.D. – známka 9**

Komentář v samostatném souboru *D09\_BlaschkeM.pdf*.

**RNDr. Zdeněk Janů, CSc. – známka 5**

Autoři v teorii uvádějí sílu působící mezi magnetickými dipólovými momenty, přičemž uvažují její závislost na úhlu mezi vektory momentů i na vzdálenosti dipólů. Hlubší diskuzi o tom, kdy bude která závislost převládat, v textu postrádám. Podle mého je použití momentů vhodnější než zavádění magnetizace, která pro danou úlohu nemá smysl. Co však v řešení úlohy úplně chybí, jsou rovnice popisující oscilace polohy dipólů/magnetů na listové pružině a chování vázaných dipólů. Není mi tedy jasné, jak byla získána data, která jsou v grafech (ty mají být číslované). O přelévání energie mezi oscilátory (a rázům či záznějům v amplitudách kmitů) je v textu jenom zmínka, chybí jakákoliv teorie. Zahrnutí vlivu gravitační síly na kyvadla činí úlohu složitou. Lepší bylo experimentální uspořádání, ve kterém je možné ji zanedbat.

**RNDr. Karel Kolář, Ph.D. – známka 7**

Komentář v samostatném souboru *D09\_KolářK.pdf*.

**doc. Mgr. Šimon Kos, Ph.D. – známka 8**

Hodnocení: max 4 body teorie, max 4 body experiment, max 2 body umělecký dojem

Teorie 3b

-klady: diskuse složitého popisu pružnosti; magnetizace a dipólový moment; síla mezi dipóly (ale bodovými); zjednodušení pro malé úhly náklonu; vliv gravitační síly; simulace a její předpoklady;

-zápory: byl by možný aspoň nějaký zjednodušený popis pružných vlastností, zejména když nakonec vyjde lineární závislost; nejsou pohybové rovnice; není popsána numerická metoda; není popsán mechanismus ubývání energie;

Experiment 3b

-klady: popis a fotografie aparatury; měření síly a diskuse absolutního členu; měření pohybu z videa; podobnost dat a simulace; obrácení aparatury pro vliv gravitace; vliv váhy magnetu (i když úhlová frekvence je daná hmotností);

-zápory: nejasný graf trajektorie a tím i síly; není kvantitativní zpracování dat s chybami a kvantitativní porovnání s experimentem;

Umělecký dojem 2b

-klady: přehledná struktura s obsahem; seznam veličin a jejich označení; vnitřní odkazy na

sekce a obrázky; v úvodu kvalitativní popis jevu a ovlivňujících parametrů; odkaz na literaturu v textu; v závěru shrnutí a plány do budoucna;

-zápory: u obrázků by byla dobrá čísla a popisky; trochu by se dala zlepšit gramatika a sloh; referencí by mohlo být více než jedna;