

## Oponentní posudek bakalářské práce vypracované Ivanou Rauchovou

Autorka předložila bakalářskou práci týkající se klasické problematiky měření rychlosti zvuku. Práce čítá 50 stran vlastního textu (plus dalších 6 stran obsahuje resumé, seznam literatury, obrázků apod.). Práce splňuje minimální požadavky na rozsah stejně jako další atributy dané vyhláškou. Kontrola pomocí antiplagiátorského softwaru neprokázala podezřelou shodu s jinými dokumenty.

Cílem práce bylo dle informací uvedených v úvodu stručné seznámení s historií akustiky a základními pojmy disciplíny, a především zpracování návodů na experimenty na měření rychlosti zvuku, které by byly využitelné ve školské fyzice a přispěly ke zvýšení její atraktivity pro žáky. Práce sestává (vedle Úvodu a Závěru) ze čtyř nestejněměrně rozsáhlých kapitol.

První kapitola obsahuje základní informace o historii akustiky. Čtenář se v souladu se zaměřením práce dozvídá i zajímavé informace o tom, jak byla v historii měřena rychlost zvuku. Autorka správně uvádí vztah odvozený pro rychlost zvuku Newtonem, neříká však už, proč tento vztah není správný a jak lze tuto nepřesnost napravit (viz otázka 1). Poněkud postrádám informaci o, na svoji dobu velmi přesných, měřeních rychlosti zvuku provedených Wiliamem Derhamem. Celkově je však kapitola zpracována po obsahové stránce na dobré úrovni. Po stránce jazykové se však bohužel již v této kapitole začínají objevovat nepřesnosti (byť zatím ne v tak velkém rozsahu jako později), a to především chybějící či nesprávně použité koncovky.

Kapitola 2 se zabývá základními pojmy z oblasti akustiky. Je provedeno její rozčlenění na jednotlivé subdisciplíny, jsou stručně uvedeny zdroje zvuku, informace o podélných a příčných kmitech v tyči a šíření zvuku v tekutinách, zákony odrazu a lomu a základní poznatky o Dopplerově jevu. S ohledem na experimenty navržené v praktické části práce poněkud postrádám zmínku o interferenci vlnění a stojatém vlnění. Mám určité výhrady rovněž k fyzikálnímu obsahu některých částí kapitoly, například Helmholtzův rezonátor bych neoznačil za typický zdroj zvuku. Problematické je rovněž srovnání rychlostí příčného a podélného vlnění v tyči na základě modulů pružnosti v tahu a smyku (viz otázka 2). Věta „*Rychlost zvuku není ovlivněna tlakem, frekvencí ani intenzitou vzduchu...*“ je zavádějící, tlak vzduchu samozřejmě rychlost šíření ovlivňuje. Na straně 15 autorka uvádí zákon odrazu pro případ, že rychlost v prvním prostředí je větší než ve druhém, obrázek 4 však odpovídá přesnému opaku (lom od kolmice).

V kapitole 3 autorka popisuje instrumenty a systémy, které následně využívá v praktické části práce. Právě s ohledem na povahu tam navržených experimentů v této kapitole postrádám alespoň základní informaci o (nízko)frekvenčním generátoru a osciloskopu. Naopak velmi stručný popis systému Vernier mi v dané situaci přijde skoro nadbytečný. Popis jednotlivých typů mikrofonů (kapitola 3.1.) působí v některých částech poměrně zmateně a je v něm skryta fyzikální podstata jejich funkce. Některé formulace působí úsměvně, například tvrzení o tom, že elektromagnetické mikrofony jsou ideální „*pro vyšetření zvuků v lidském těle*“ (s. 20; neodvažují se zeptat, jakých zvuků...). Podobné výhrady by šlo uvést k navazující kapitole týkající se reproduktorů. Zde postrádám informaci o vzájemném vztahu mikrofonů a



reproduktorů. Představení programů Audacity a SigView na konci kapitoly je provedeno poměrně stručně, obsahuje však nejdůležitější informace pro potenciální uživatele.

Zásadní částí práce je čtvrtá kapitola, v jejímž rámci autorka navrhla 12 experimentálních úloh zaměřených na stanovení rychlosti zvuku, z nichž osm ozkoušela s žáky gymnázia (což je nesporné pozitivum práce). O tomto pedagogickém experimentu však nejsou v práci uvedeny vůbec žádné bližší informace (viz otázka 3). Některé z navržených úloh jsou klasické a jsou již dlouhé roky realizovány v rámci fyzikálních praktik na FPE a FAV, jiné jsou poměrně originální. K této části práce mám obecnou výhradu, že autorka nevěnuje prakticky žádnou pozornost technickým aspektům zařazení experimentů do běžné výuky na středních školách a příslušné didaktické analýze. Třeba hned u první z úloh (rychlost zvuku pomocí osciloskopu) je potřeba nízkofrekvenční generátor, osciloskop, trubice s mikrofonem a reproduktorem a zesilovač se zdrojem. Obávám se, že jen na málokteré střední škole je k dispozici veškeré vybavení k tomu, aby tuto úlohu bylo možné úspěšně postavit ve více než jednom exempláři a zařadit ji tak do plánu laboratorních prací (ani nemluví o časové a prostorové náročnosti pro učitele). Stejně tak autorka nekonkretizuje požadavky na technické parametry mikrofonů užívaných v jednotlivých úlohách (stačí vždy jakýkoliv mikrofon nebo je třeba dodržet určité parametry?). Osobně bych se přikláněl k tomu, aby autorka vybrala menší počet úloh, ale návody zpracovala podrobněji tak, aby případný čtenář z řad učitelů dostal relevantní informace, na jejichž základě by v případě zájmu byl schopen úlohu samostatně sestavit. Názvy jednotlivých laboratorních prací (např. 4.3. měření pomocí Audacity) jsou poněkud matoucí, program Audacity se využívá u řady dalších prací, které se jmenují jinak.

Podstatné výhrady mám i k výsledkům měření provedených žáky a jejich interpretaci autorkou práce. Hned u druhé úlohy (tabulka 5, s. 30) jsou vypočtené hodnoty zjevně zcela chybně, je vyloučeno, že by rychlost zvuku při všech pěti měřeních vyšla naprosto stejně s přesností na setiny m/s. Obecně posuzování přesnosti měření podle rozdílu průměru z více měření a tabulkové hodnoty je zcela nesmyslné a svědčí o tom, že autorka nemá jasno ve zpracování dat z měření a významu relativní odchylky (kterou se v práci vůbec nezabývá). Logikou použitou v práci by za nejpřesnější měření musela být prohlášena metoda, kde při třech realizacích zjistí žáci postupně hodnoty 0 m/s, 345 m/s a 690 m/s, protože průměr je přece 345 m/s a to je tabulková hodnota... Informace v závěru o přesnosti jednotlivých typů měření je tak třeba brát s velkou rezervou. Autorka do výpočtů průměrů nesprávně zahrnuje i případy, kdy sama uvádí, že došlo k hrubé chybě měření. U Quinceho trubice a realizace žákyněmi kvart a kvint (tabulka 8, s. 34) jsou opět uvedeny evidentně chybné hodnoty (jasné je to u 1. měření), matoucí jsou i popisky v prvním řádku tabulky. Pozitivní je, že autorka uvádí i náměty na rozšíření jednotlivých úloh, u těchto rozšíření mám však pochybnosti o praktické využitelnosti ve školské praxi.

V závěru se autorka vyjadřuje ke splnění cílů práce. Souhlasím s ní v tom, že cíle práce byly splněny a náměty na laboratorní práce jsou potenciálně využitelné ve školské praxi, ačkoliv k úrovni zpracování mám podstatné výhrady. Oceňuji, že autorka v závěru uvádí omezení jí realizovaného pedagogického experimentu, je však nezvyklé uvádět (velmi kusé) informace o tom, jak vůbec tento experiment probíhal, až v závěrečné části práce.

Jazyková a formální úroveň práce je na nízké úrovni, objevuje se značné množství chyb včetně hrubých gramatických (např. s. 34 – „chyby mohli...“). Je pozitivní, že po každé podkapitole následuje seznam pramenů, přehled literatury na konci práce však není v souladu



s normou a u řady položek dokonce není vůbec jasné, co vlastně autorka cituje (například zdroje 20 a 27). Seznam obrázků a tabulek v závěru práce je v pořádku, v abstraktu v anglickém jazyce se vyskytují četné nepřesnosti včetně vět na hranici srozumitelnosti.

**Závěr:** Navzdory řadě výše uvedených kritických poznámek vidím přínos práce v návrhu a otestování zajímavých experimentů zaměřených na měření rychlosti zvuku využitelných potenciálně ve školské praxi. Práci doporučuji k obhajobě a s ohledem na závažné nedostatky v jazykové úrovni práce a výše popsané obsahové chyby (jež by nepochybně bylo možné odstranit důkladnější kontrolou a spoluprací s vedoucím v závěrečných stádiích psaní práce) navrhuji hodnocení stupněm **dobře**.

**K obhajobě mám na autorku následující dotazy:**

1. Na straně 8 je zmíněn vztah pro rychlost zvuku odvozený Newtonem. V čem je tento vztah chybný, jak lze tuto chybu napravit a kdo tak učinil?
2. Na straně 13 autorka uvádí, že příčné vlny se v tyči šíří dvakrát pomaleji než vlny podélné. To by v souladu se vztahy pro rychlost šíření obou typů vlnění znamenalo, že modul pružnosti v tahu musí být čtyřikrát větší než modul pružnosti ve smyku. U reálných materiálů však toto neplatí. Jaký je tedy vztah mezi oběma moduly a co z toho vyplývá pro rychlosti šíření obou typů vlnění?
3. V praktické části práce je popsáno ověřování osmi experimentů se studenty gymnázia. Bohužel nejsou k dispozici vůbec žádné bližší informace o tomto ověřování. Prosím tedy autorku, aby při obhajobě uvedla, kde, jak a kdy tento pilotní pedagogický experiment probíhal.

V Plzni dne 6. května 2019

Mgr. Jiří Kohout, Ph.D., oponent bakalářské práce