

Posudek oponenta bakalářské práce

Název: Měření zrychlení a rychlosti jednoduché rakety

Autor: Tomáš Musil

Vedoucí DP: RNDr. Michaela Křížová, Ph.D.

Oponent DP: doc. RNDr. Jan Kříž, Ph.D.

Stručná charakteristika:

Bakalářská práce Tomáše Musila je zaměřena na fyzikální popis pohybu jednoduchého modelu rakety, vlastní konstrukci modelu a měření fyzikálních parametrů letu modelu. Práce má 45 stran textu včetně jedné přílohy a dále je doplněna rozsáhlou foto a video-dokumentační elektronickou přílohou. Předložená práce je logicky členěná do čtyř kapitol, z nichž klíčová je především nejrozsáhlejší čtvrtá kapitola s názvem „Praktická část“.

Hodnocení:

Téma předkládané práce je velice vhodné pro bakalářskou práci v oboru „Fyzika se zaměřením na vzdělávání“, jehož je autor studentem. Cíle práce, které si autor vytýčil, odpovídají nárokům na bakalářskou práci, v některých pasážích jsou dokonce na tento typ kvalifikační práce až příliš ambiciózní. Konkrétně jde o snahu teoreticky přesně popsat pohyb rakety. Zmíněný popis je obsažen v první a částečně i druhé kapitole práce. Tomáš Musil systematicky buduje fyzikální model pohybu rakety, což velice oceňuji. Bohužel ale, dle mého názoru, nevolí vždy vhodné modely, které by mohly vést k dobré shodě jeho teoretických předpovědí s výsledky jeho vlastních experimentů. Předně se domnívám, že autor nemusel nutně zanedbávat tíhovou sílu působící na raketu a místo Ciolkovského rovnice pracovat s Merščenského rovnicí, což sám připouští na straně 7: „Použití Ciolkovského rovnice je pro nás navíc pouze orientační, neboť nepředpokládáme žádné vnější síly, jako je například gravitace nebo odpor vzduchu.“ Při odvozování Ciolkovského rovnice předpokládá konstantní relativní rychlost, ale jeho výsledek (3) tento předpoklad popírá. Dále na straně 12 slovně hovoří o adiabatické změně tlaku plynu uvnitř rakety, aniž by se pokusil tuto změnu jakkoliv kvantifikovat.

Velice oceňuji autorovu preciznost při výrobě rakety. Autor např. počítá optimální množství paliva rakety, aby získal požadovaný tlak uvnitř. Správnost výpočtu tlaku následně ověřuje experimentálně. Tomáš Musil musel odvést skutečně velké množství práce.

V práci je bohužel několik nedostatků, které dobrý dojem z práce snižují, viz níže. Jedná se o nepřesvědčivou jazykovou kvalitu práce, některá drobná formální pochybení, ale především o některé fyzikální nepřesnosti a chyby ve výpočtech. Některé z těchto chyb uvádím níže společně s dotazy k obhajobě.

Závěr hodnocení

Celkově lze konstatovat, že předložená práce splňuje požadavky kladené na práce bakalářské. Doporučuji proto práci k obhajobě.

Konkrétní připomínky a dotazy k obhajobě

1. Práce je psána kostrbatým, místy až nesrozumitelným jazykem. Např. věta na str. 5: „Použijeme tedy ZZH a opíráme se o invariant, což je celková hybnost, která zůstává v rovnosti.“
2. Formální nedostatky např.: Na několika místech v práci autor dělí vektorem! Několikrát je nesprávně použit řez písma v rovnicích. Na straně 17 nejsou vysvětleny veličiny v Newtonově vzorci. Grafy od strany 35 dále by měly být značen jako obrázky a číslovány.
3. Na straně 3 se uvádí, že uvedené vztahy (2. Newtonův pohybový zákon) platí pouze za předpokladu konstantní hmotnosti tělesa, která ale není v případě rakety splněna. Proč tedy není použit tvar 2. Newtonova zákona, který v sobě změnu hmotnosti implicitně zahrnuje a který použil i Newton ve svých Principích? Jak tedy má být formulován tento zákon?
4. Výpočet na straně 5 je chybný! Ve třetím řádku výpočtů odshora chybí jeden člen. Výsledek je však správně (vezmeme-li v úvahu poznámku níže ke směru výtokové rychlosti). Chybějící člen by kompenzoval člen, který „záhadně“ zmizí v poslední úpravě na této stránce.
5. Jeli u skutečně rychlost unikajícího plynu vzhledem k raketě, je správně použito znaménko u této rychlosti v obr. 2 a ve výpočtech na straně 5? Proč by se měla rychlost odečítat, když má evidentně opačný směr, než $v + dv$?
6. Na straně 7 je v citovaném textu uvedeno, že k dosažení první kosmické rychlosti je třeba Ciolkovského číslo $C = 14$. Není nutné uvést také výtokovou rychlost? Bez ní mi toto tvrzení nedává smysl.
7. Na straně 17 se tvrdí, že větší průměr trysky znamená pro raketu větší zrychlení. Můžete to prosím vysvětlit?
8. Na straně 18 slibuje autor čtenáři odkazy na simulátory raket, např. „water rocket simulation“. Proč není odkaz přímo na straně 18? Ani v závěru jsem odkaz bohužel nenalezl.
9. Na straně 33 se píše: „Co si lze povšimnout je, že velikost výtokové rychlosti a specifického impulsu je stejná. To samozřejmě platí jenom na papíře, neboť jak jsem již řekl, teoretická hodnota výtokové rychlosti se může lišit od té skutečné“. S tímto výrokem s dovolím nesouhlasit. Podle definice specifického impulsu na straně 8 a definice tahové síly na straně 7 se ve vašem případě musí tyto dvě veličiny shodovat vždy! Přijde mi tedy zbytečné v práci specifický impuls zavádět.
10. Na straně 33 dole uvádíte, že jste „po přezkoumání“ tento malý (časový) krok vynásobil pěti. Jak tomu mám rozumět? Ono je možné si danou konstantu vynásobit libovolným číslem?
11. Proč jsou v grafu na straně 35 vykresleny jednotlivé body teoretické závislosti a jsou navíc nesmyslně proloženy parabolou? Jde přece o teoretickou závislost, kterou znáte. Očekával bych tedy v grafu spojitou křivku, a nikoliv diskrétní body. Závislost rychlosti ani zrychlení na čase není dle vaší teorie kvadratická.
12. Opět, proložení parabolou v grafu na straně 37 a 38 nedává smysl.