Měření magnetické indukce permanentního magnetu z jeho zrychlení

Online: <http://www.sclpx.eu/lab3R.php?exp=3>

K provedení tohoto experimentu budeme potřebovat dva kruhové prstencové magnety s otvorem uprostřed, které získáme z nějakého starého reproduktoru. Dále budeme také potřebovat dřevěnou tyč o takovém průměru, aby se magnety mohly po tyči volně pohybovat. V tomto experimentu využijeme monogate, kterým změříme zrychlení, resp. zpomalení jednoho magnetu. Vzhledem k velikosti magnetu nám stačí k zachycení pohybu jeden solární článek, na který nasměrujeme dva lasery.

Největší odpudivá síla působí na magnety, které přitiskneme těsně k sobě. V této poloze zaměříme na horní konec magnetu jeden laserový paprsek. Druhý laser zaměříme cca 2 cm – 3 cm od stopy prvního laseru.

Experiment se podobá svojí povahou měření zrychlení na nakloněné rovině, případně měření tíhového zrychlení hřebenu se dvěma zuby. Zde máme místo dvou zubů jeden prstencový magnet o známé výšce, který se pohybuje se zrychlením dvěma optickými bránami. Zrychlení uděluje magnetu odpudivá magnetická síla mezi permanentními magnety.

**Úvod**

Pokud se prstencový magnet pohybuje po dřevěné tyči svisle vzhůru se zpomalením, klesá jeho rychlost. Můžeme tedy ve dvou různých okamžicích zaznamenat průchod magnetu první a druhou fotobránou. Při konstantní výšce magnetu *h* pak můžeme vypočítat hodnotu okamžité rychlosti magnetu z jednoduchého vztahu , kde je čas, za který magnet projde prvním a druhým monogatem. Tyto časy zjistíme pomocí FAE, viz detailní výběr časového intervalu na obrázku 3.3.3, resp. na obrázku 3.3.4.

Zrychlení, resp. zpomalení potom určíme z jeho definice: , kde . Hodnotu určíme přímo v záznamu signálu pomocí FAE jako časový interval průchodu magnetu mezi první a druhou optickou bránou, viz obrázek 3.3.5.

Ze součinu hmotnosti a zrychlení pak vypočítáme velikost působící síly. Nakonec ze vztahu (3.3.1) vypočítáme hodnotu magnetické indukce *B:*

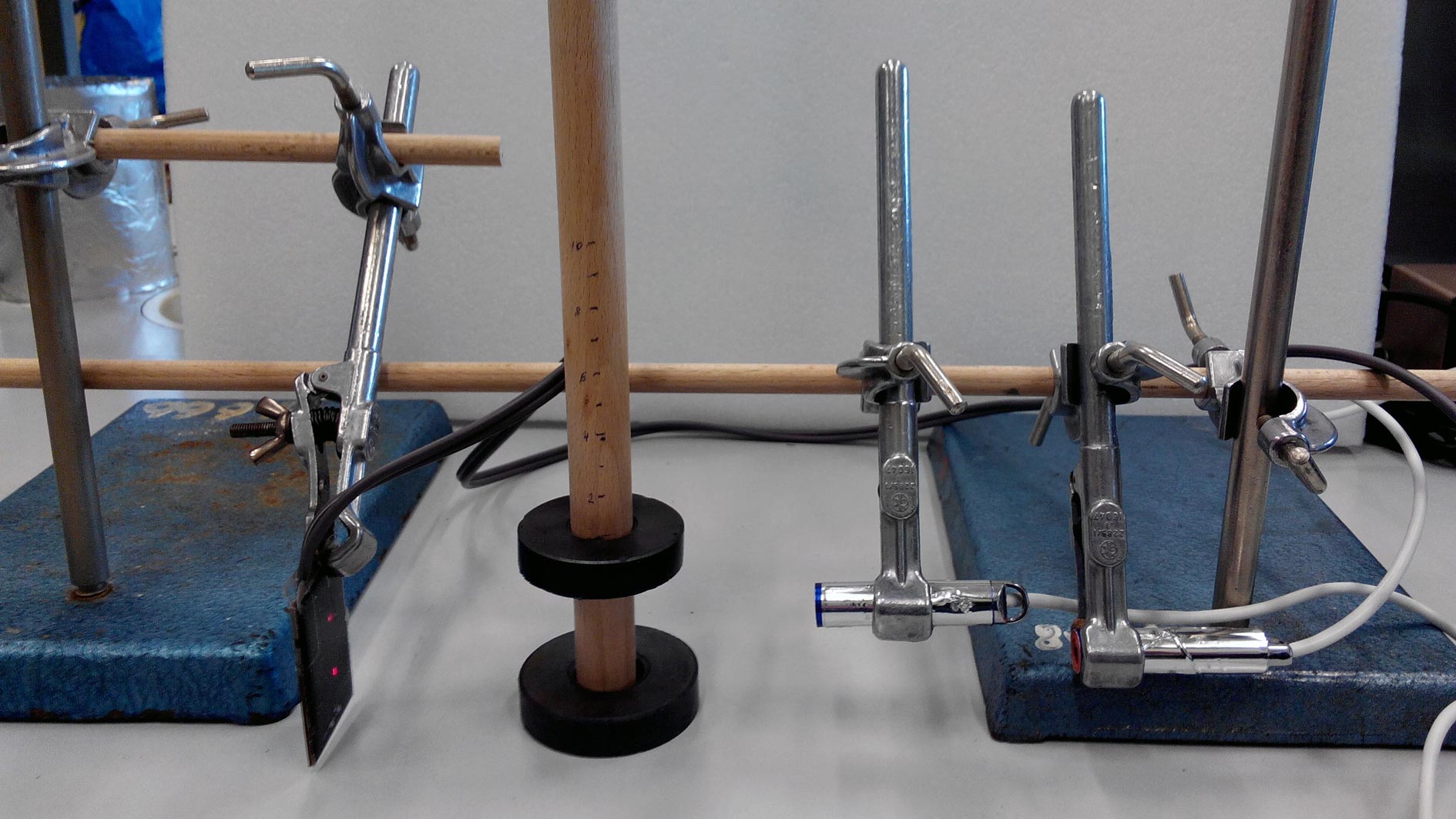
kde *S* je plocha mezikruží permanentního magnetu, *m* je hmotnost magnetu a *a* jeho zpomalení.

Absolutní nejistotu v určení magnetické indukce permanentního magnetu podle vztahu (3.3.1) můžeme určit z následujícího vztahu (3.3.2):

**Pomůcky:** monogate, druhé laserové ukazovátko, dva prstencové magnety, dřevěná tyč o průměru 19 mm, digitální váhy, posuvné měřidlo, stativový materiál

**Postup práce**

Uspořádání experimentu je patrné z obrázku 3.3.1.



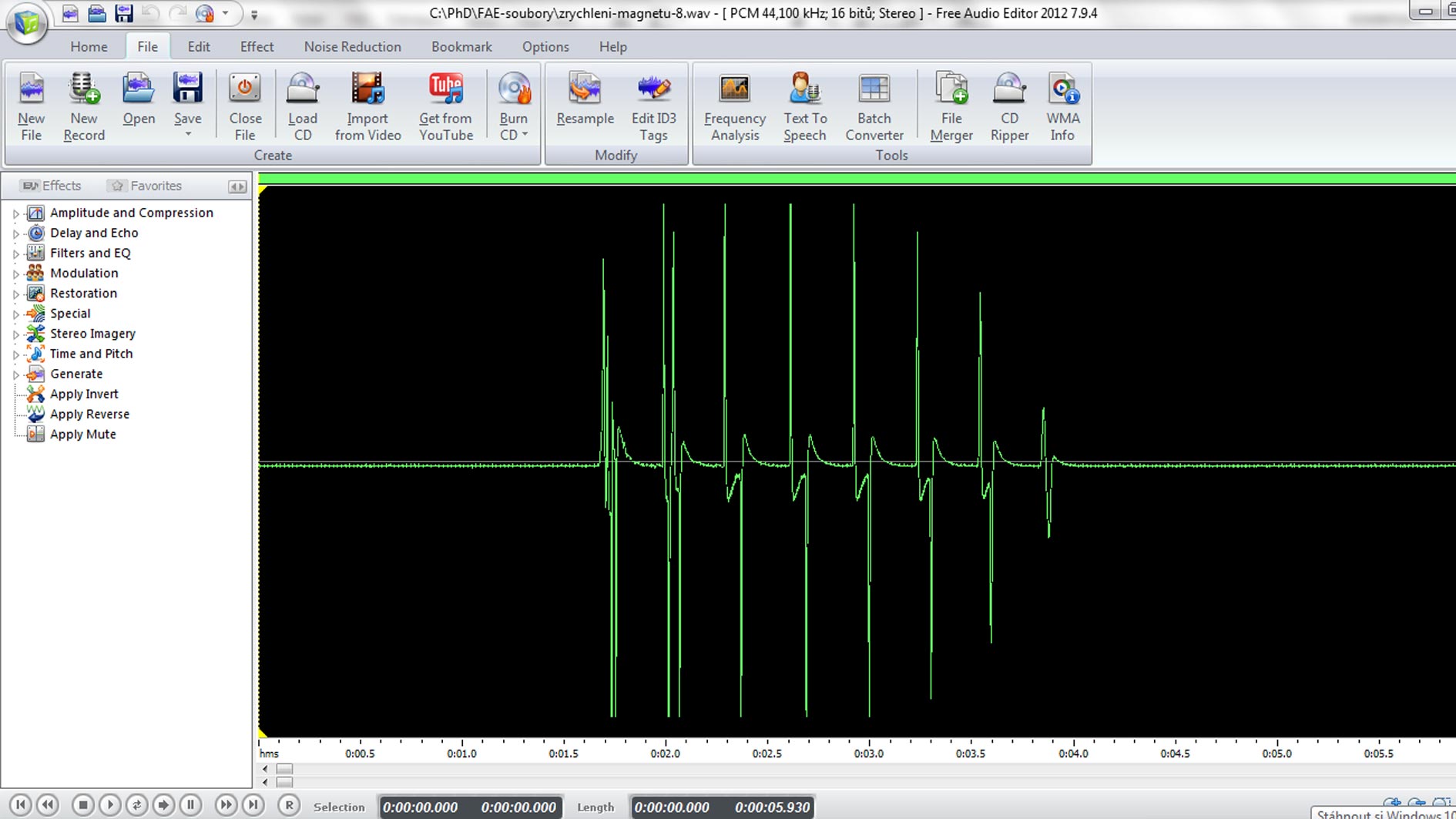
Obrázek 3.3.1 Uspořádání experimentu – Měření magnetické indukce permanentního magnetu

Jeden prstencový magnet položíme na desku stolu a provlékneme jím dřevěnou tyč, kterou pomocí stativového materiálu uchytíme ve vertikální poloze. Druhý magnet, který se bude pohybovat nad prvním, nejprve pomocí digitálních vah zvážíme, posuvným měřidlem určíme vnější a vnitřní průměr magnetu a jeho výšku a navlékneme ho na tyč tak, aby se oba magnety odpuzovaly. Z naměřených hodnot obou průměrů pak vypočítáme plochu mezikruží *S*.

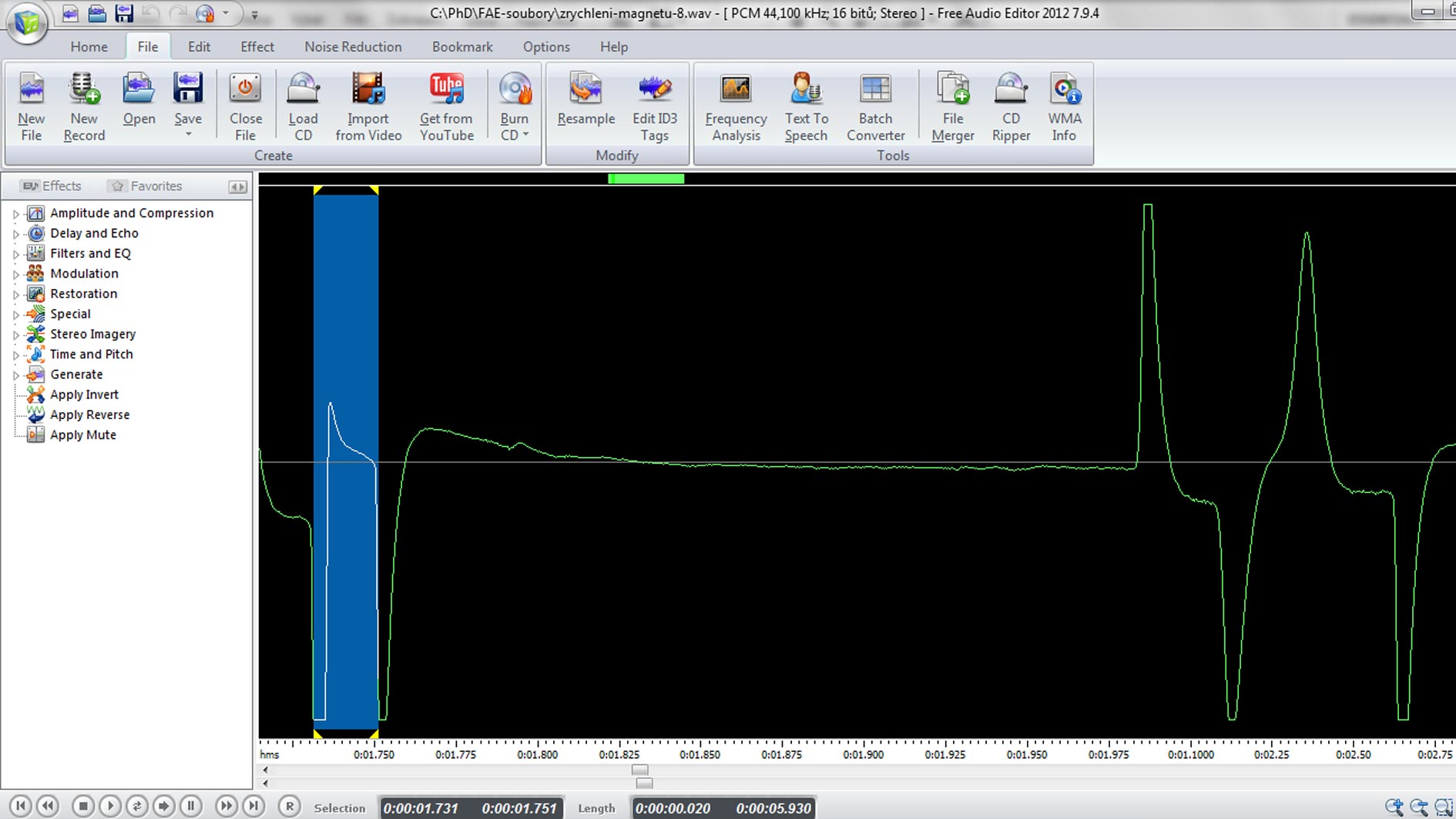
Optické brány realizujeme v horizontální poloze tak, aby laserový paprsek prvního monogatu procházel těsně nad horní plochou druhého magnetu v poloze, kdy je tento přitisknut vnější silou k prvnímu magnetu. Druhý laser zaměříme přibližně 2 cm od stopy prvního laser na solárním článku. Oba laserové paprsky jsou zaměřeny z boku magnetu, protože při zaměření na střed brání průchodu paprsku dřevěná stabilizační tyč.

Oscilogram experimentu vidíme na obrázku 3.3.2, naměřené hodnoty jsou uvedeny v tabulce 3.3.

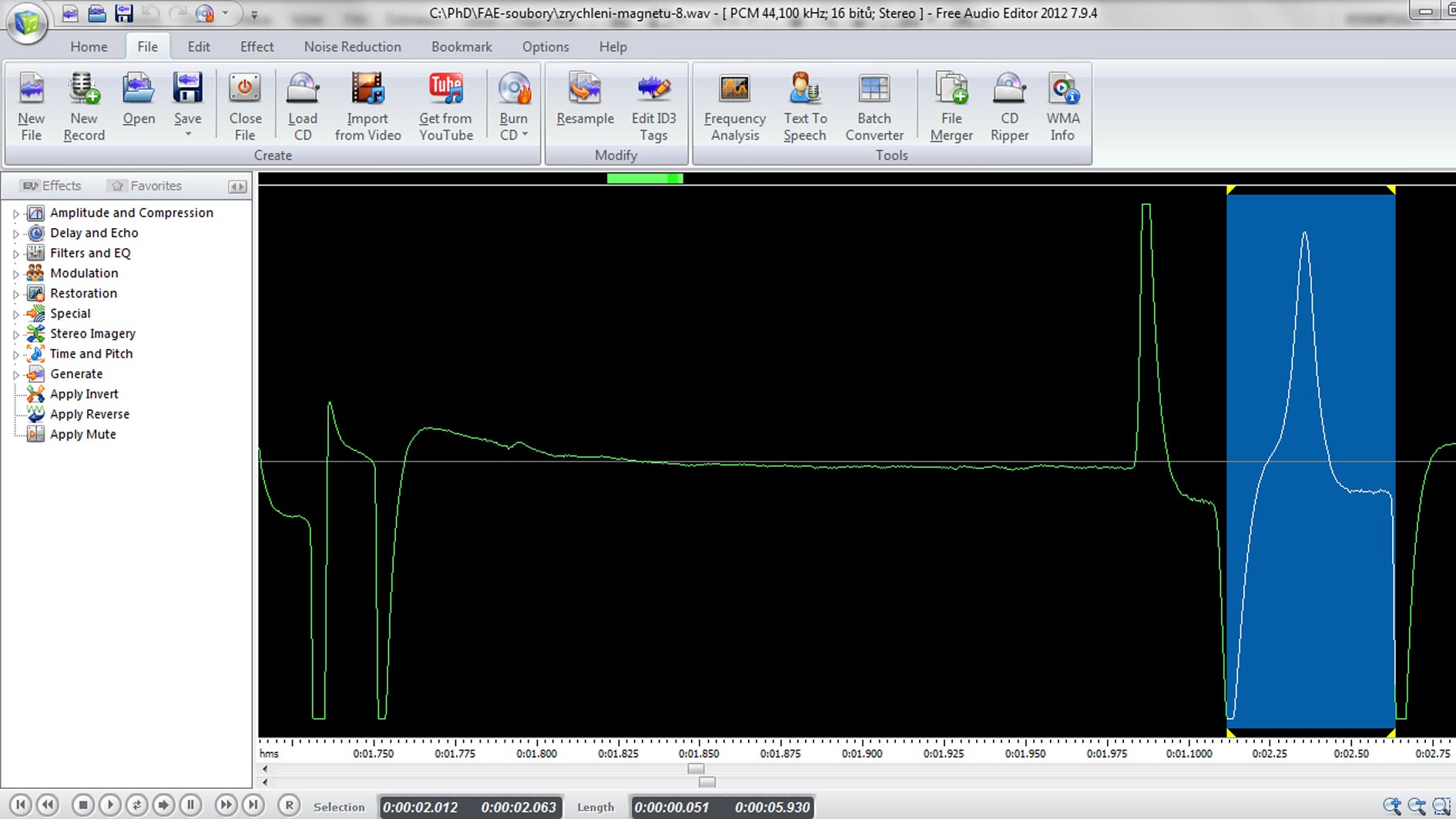
Na závěr vypočítáme ještě nejistotu měření podle vztahu (3.3.2) a vytvoříme graf závislosti magnetické indukce na zrychlení, který doplníme o  regresní analýzu (Přidat spojnici trendu). Graf vytvořený na základě tabulky 3.3 je na obrázku 3.3.6.



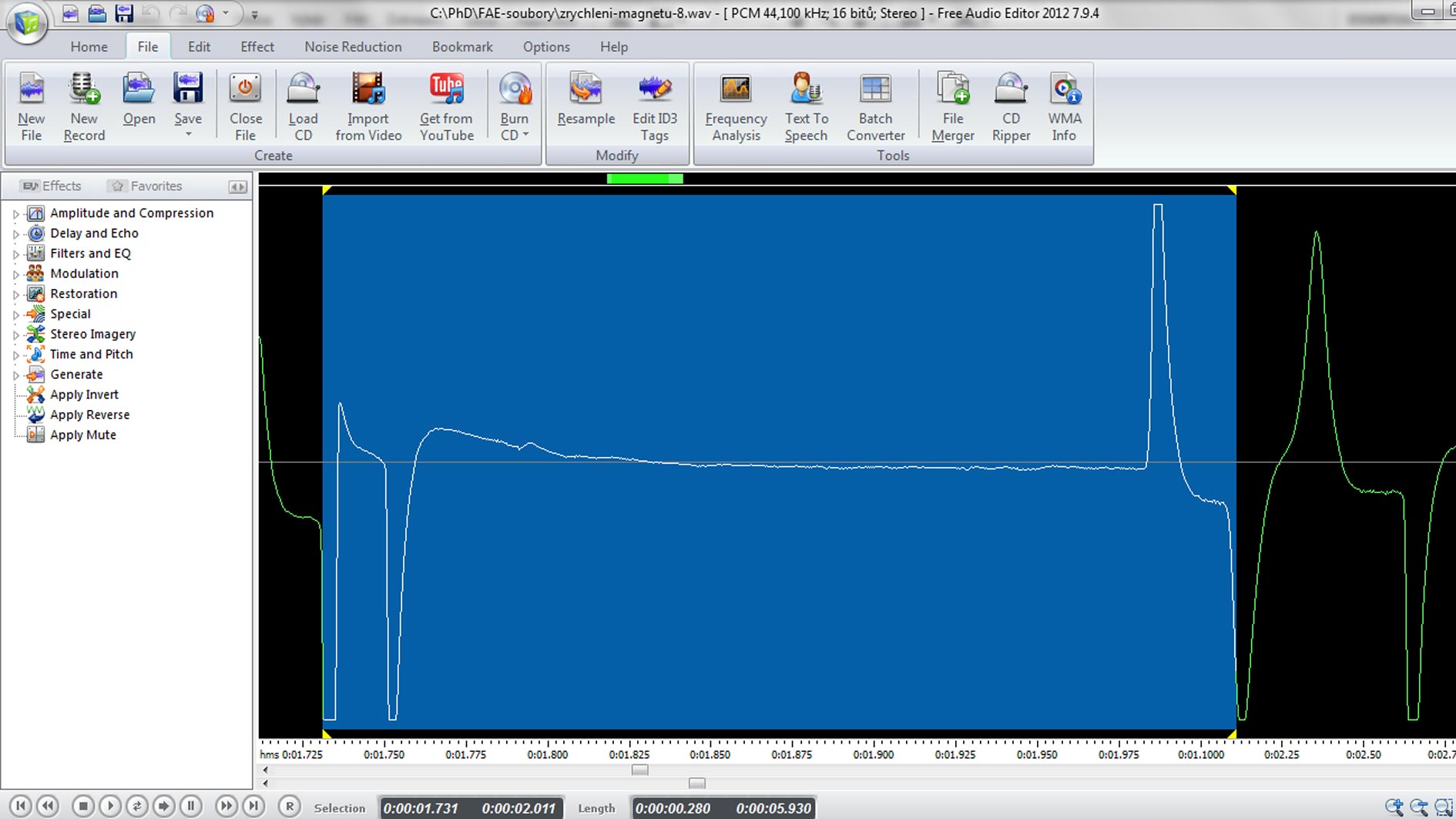
Obrázek 3.3.2 Oscilogram experimentu – Měření magnetické indukce permanentního magnetu



Obrázek 3.3.3 Oscilogram experimentu – Měření magnetické indukce permanentního magnetu – detail určení času průchodu magnetu první optickou bránou



Obrázek 3.3.4 Oscilogram experimentu – Měření magnetické indukce permanentního magnetu – detail určení času průchodu magnetu druhou optickou bránou



Obrázek 3.3.5 Oscilogram experimentu – Měření magnetické indukce permanentního magnetu – detail určení času průchodu magnetu mezi první a druhou optickou bránou

Výška magnetu byla změřena jako *h* = 12,2 mm = 0,0122 m. Plocha mezikruží byla vypočítána z naměřených hodnot vnějšího (52 mm) a vnitřního (20 mm) průměru jako m2. Hmotnost magnetu byla změřena jako

**Tabulka 3.3** Měření magnetické indukce permanentního magnetu

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| (s) | (s) | () | () | () | (s) |  | *F* (mN) | *B* (T) |
| 0,020 | 0,050 | 0,61 | 0,24 | 0,37 | 0,272 | 1,35 | 160 | 0,015 |
| 0,021 | 0,048 | 0,58 | 0,25 | 0,33 | 0,273 | 1,20 | 142 | 0,014 |
| 0,020 | 0,052 | 0,61 | 0,23 | 0,38 | 0,274 | 1,37 | 162 | 0,015 |
| 0,019 | 0,048 | 0,64 | 0,25 | 0,39 | 0,282 | 1,38 | 163 | 0,015 |
| 0,019 | 0,049 | 0,64 | 0,25 | 0,39 | 0,281 | 1,40 | 166 | 0,015 |
| 0,020 | 0,050 | 0,61 | 0,24 | 0,37 | 0,265 | 1,38 | 164 | 0,015 |
| 0,022 | 0,046 | 0,55 | 0,27 | 0,29 | 0,280 | 1,03 | 123 | 0,013 |
| 0,020 | 0,050 | 0,61 | 0,24 | 0,37 | 0,279 | 1,31 | 156 | 0,015 |
| 0,020 | 0,050 | 0,61 | 0,24 | 0,37 | 0,275 | 1,33 | 158 | 0,015 |
| 0,021 | 0,050 | 0,58 | 0,24 | 0,34 | 0,280 | 1,20 | 143 | 0,014 |

Obrázek 3.3.6 Graf závislosti magnetické indukce na zrychlení permanentního magnetu – Měření magnetické indukce permanentního magnetu

**Závěr**

Z výsledků naměřených hodnot v tabulce 3.3 plyne, že experimentálně určená hodnota magnetické indukce permanentního magnetu je . Tato hodnota celkem dobře koresponduje s hodnotou naměřenou pomocí lineárního měřiče magnetické indukce LMMI-I. Relativní nejistota měření činí . Odchylka od hodnoty změřené lineárním měřičem LMMI-I je přibližně 2 %.

Mocninná regresní funkce v grafu na obrázku 3.3.6 odpovídá závislosti magnetické indukce na zrychlení podle vztahu (3.3.1), koeficient u mocninné regresní funkce na obrázku 3.3.6 má hodnotu 0,5.

**Otázky na závěr**

1. Z hodnoty koeficientu regresní funkce (na grafu 3.3.6 má velikost 0,0128) vypočítejte podle vztahu (3.3.1) velikost permeability vakua.

2. Co můžeme pozorovat na obrázku 3.3.2?