Měření zrychlení volného pádu

Online: <http://www.sclpx.eu/lab1R.php?exp=10>

Pro tento experiment si nejprve musíme vyrobit hřeben se dvěma zuby, které budou mít stejnou šířku (např. 1 cm) a budou umístěny symetricky podle podélné osy tělesa hřebenu. Druhý zub by měl být od spodního konce ve větší vzdálenosti než první zub od horního konce, aby byl dolní konec těžší a hřeben držel po dobu volného pádu stabilitu.

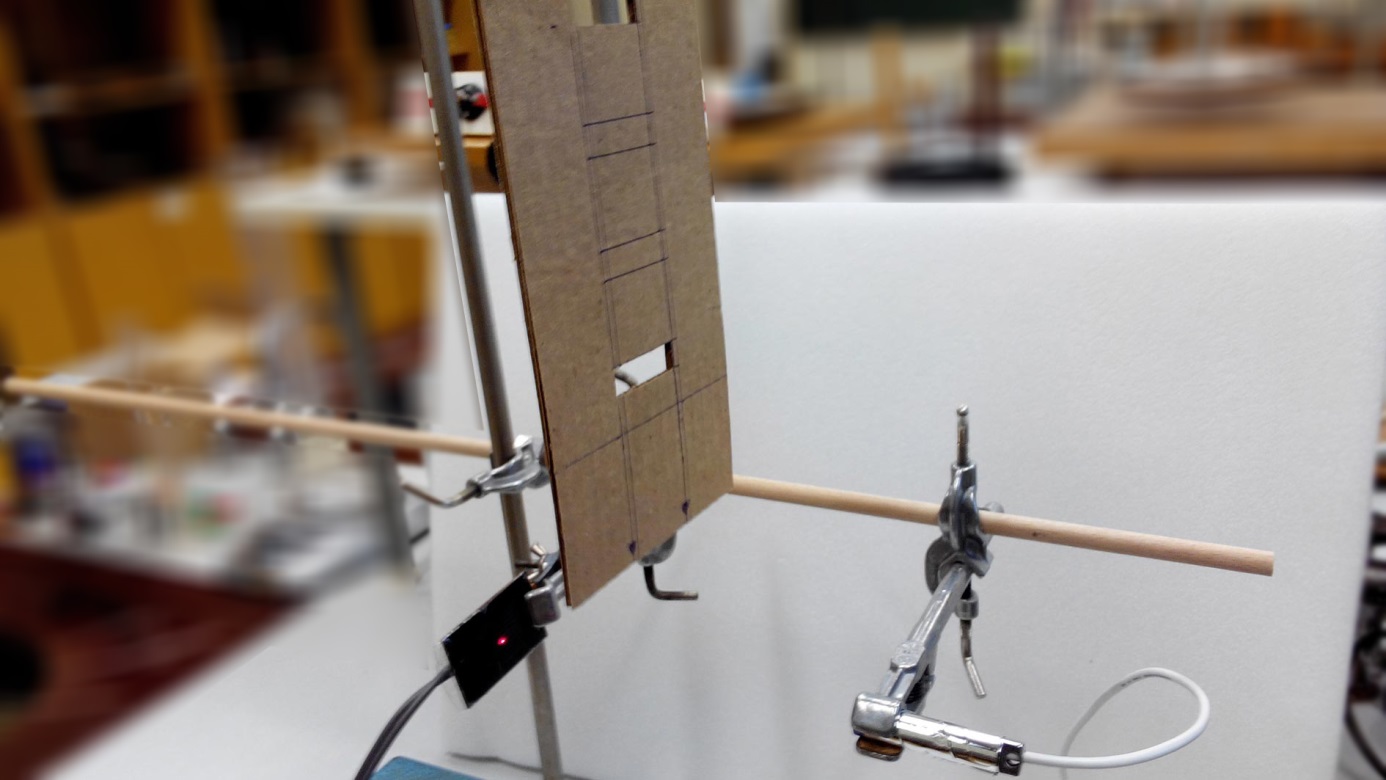
**Úvod**

I v tomto z experimentu využijeme již nabytých znalostí z úlohy 1.1. Víme, že volný pád je rovnoměrně zrychlený pohyb, takže rychlost tělesa lineárně roste. Padá-li hřeben z libovolné výšky, můžeme ve dvou různých okamžicích zaznamenat monogatem průchod prvního a druhého zubu. Při stejné šířce zubů pak můžeme vypočítat hodnotu okamžité rychlosti každého zubu , resp. , z jednoduchého vztahu , kde *d* je šířka zubu (v našem případě cm = 0,01 m), je čas, za který tý zub projde monogatem. Tyto časy zjistíme pomocí FAE. Zrychlení potom určíme z jeho definice: , kde a určíme přímo v záznamu signálu pomocí FAE jako časový interval mezi prvním a druhým píkem, viz obr. 1.5.4. Jedná-li se o volný pád v homogenním gravitačním poli Země, měla by se hodnota zrychlení volného pádu blížit hodnotě tíhového zrychlení   
.

**Pomůcky:** monogate, papírový hřeben se dvěma zuby, stativový materiál

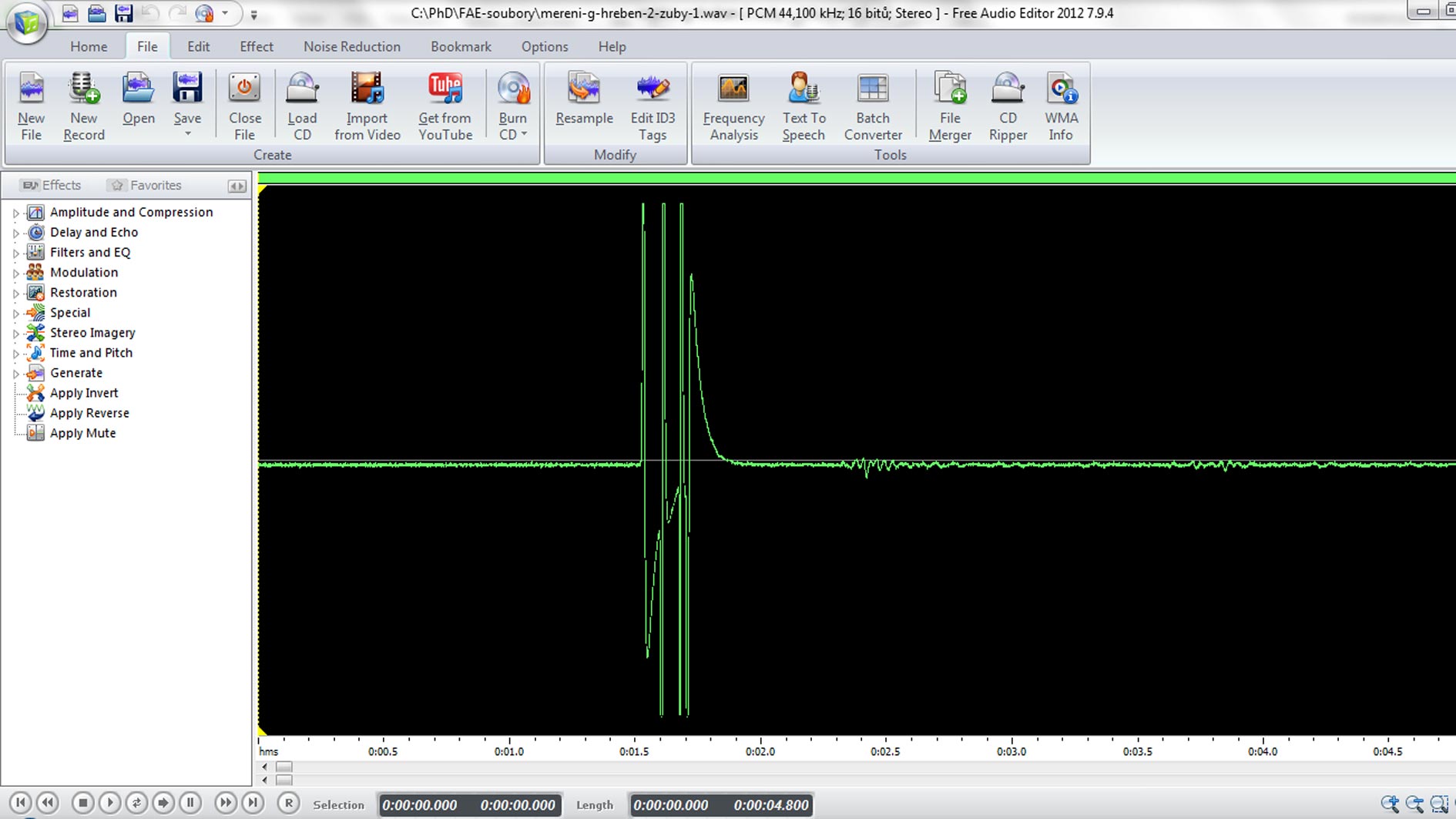
**Postup práce**

Uspořádání experimentu je patrné z obrázku 1.5.1. Pomocí stativového materiálu upevníme optickou bránu do vodorovné polohy tak, aby její výška nad pracovním stolem byla o několik centimetrů větší než délka papírového hřebenu.

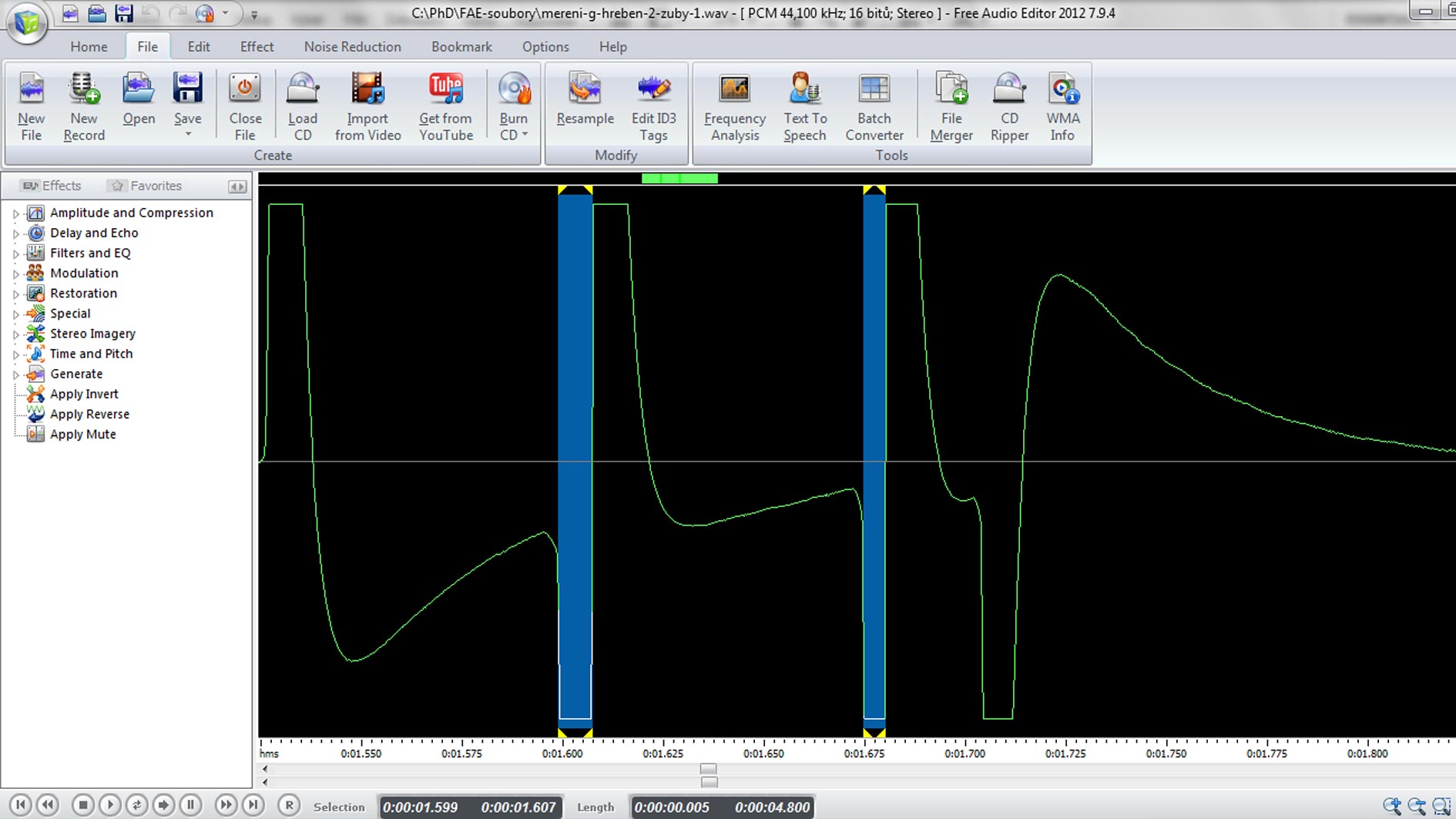


Obr. 1.5.1 Uspořádání experimentu – Měření zrychlení volného pádu

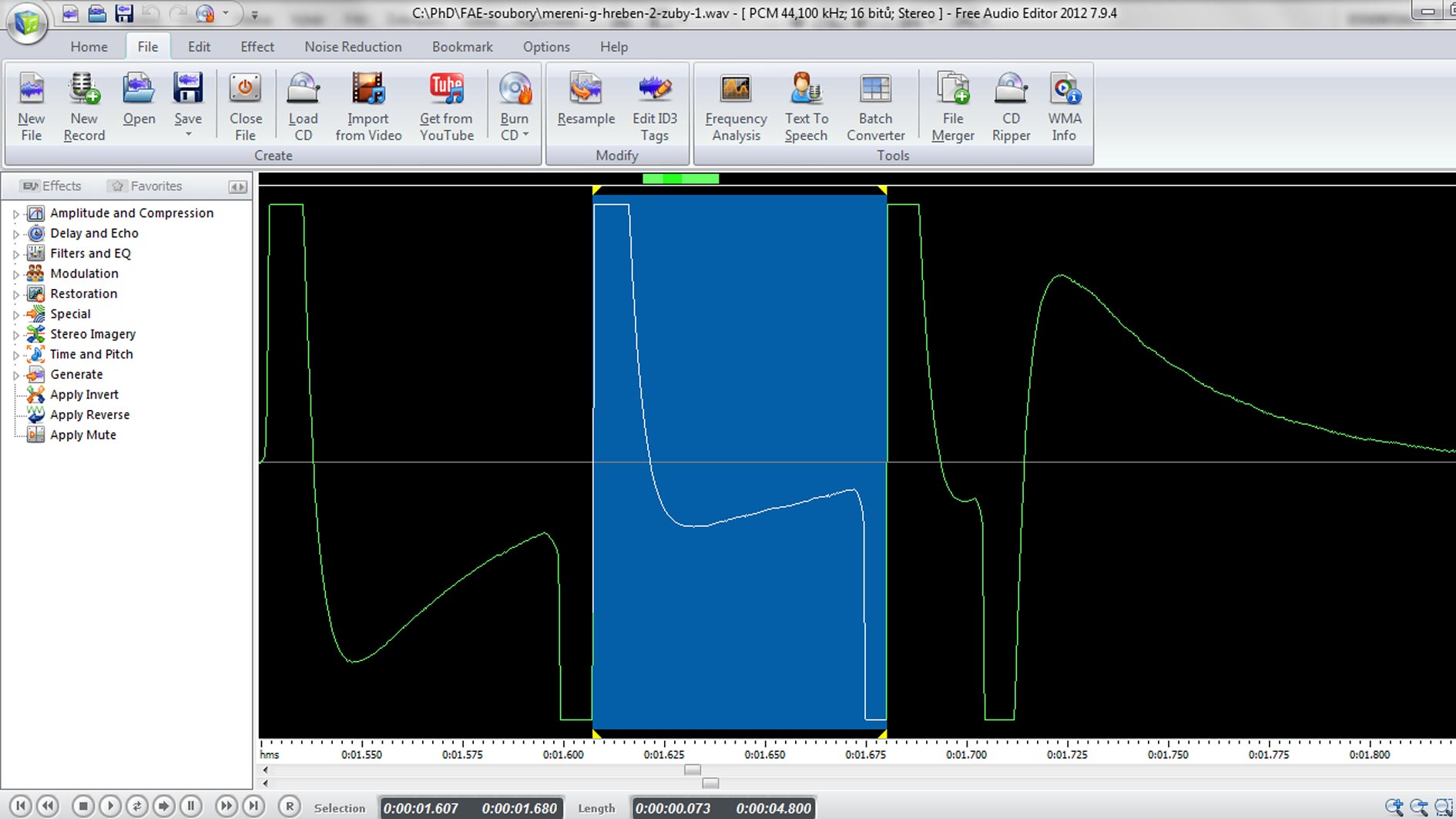
Záznam signálu ve FAE po průchodu hřebenu monogatem je na obr. 1.5.2. Pomocí myši provedeme výběr oblasti, která odpovídá průchodu prvního a druhého zubu monogatem, hodnoty zjistíme v okénku *Length*. Na obr. 1.5.3 je náhled zvětšené části signálu, přičemž modře je označen výběr obou zubů (zde pouze graficky, ve FAE musíme udělat postupně).



Obr. 1.5.2 Oscilogram experimentu – Měření zrychlení volného pádu – celkový náhled



Obr. 1.5.3 Oscilogram experimentu – Měření zrychlení volného pádu – výběr 1. a 2. Zubu



Obr. 1.5.4 Oscilogram experimentu – Měření zrychlení volného pádu – časový interval mezi  
 1. a 2. zubem

Obrázek 1.5.4 zobrazuje výběr časového intervalu mezi průchodem prvního a druhého zubu optickou bránou. Výběr je kvůli přesnosti časového odečtu dobré provádět mezi nulovými body oscilogramu (tam, kde zelená křivka protíná pomyslnou osu *x*).

Získané hodnoty zapíšeme do tabulky a vypočítáme odpovídající okamžité rychlosti obou zubů a jejich rozdíl . Pak pomocí FAE určíme ještě časový interval mezi průchodem prvního a druhého zubu monogatem, viz obr. 1.5.4. Z poměru a pak vypočítáme hodnotu zrychlení. Měření provedeme desetkrát. Námi naměřené hodnoty jsou uvedeny v tabulce 1.5. Na závěr ještě v programu MS Excel určíme nejistoty měření jednotlivých měřených i počítaných veličin a vytvoříme graf zjištěných hodnot zrychlení, který doplníme o chybové úsečky se standardní chybou a regresní analýzu (Přidat spojnici trendu). Graf vytvořený na základě tabulky 1.5 je na obrázku 1.5.5.

**Tabulka 1.5** Měření zrychlení volného pádu

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| *t*1 (s) | *t*2 (s) | *v*1 () | *v*2 () | Δ*v* () | Δ*t* (s) | *g* () |
| 0,008 | 0,005 | 1,250 | 2,000 | 0,75 | 0,072 | 10,4 |
| 0,008 | 0,005 | 1,250 | 2,000 | 0,75 | 0,071 | 10,6 |
| 0,007 | 0,005 | 1,429 | 2,000 | 0,57 | 0,069 | 8,3 |
| 0,007 | 0,005 | 1,429 | 2,000 | 0,57 | 0,069 | 8,3 |
| 0,007 | 0,005 | 1,429 | 2,000 | 0,57 | 0,069 | 8,3 |
| 0,008 | 0,005 | 1,250 | 2,000 | 0,75 | 0,068 | 11,0 |
| 0,008 | 0,005 | 1,250 | 2,000 | 0,75 | 0,069 | 10,9 |
| 0,008 | 0,005 | 1,250 | 2,000 | 0,75 | 0,069 | 10,9 |
| 0,008 | 0,005 | 1,250 | 2,000 | 0,75 | 0,068 | 11,0 |
| 0,007 | 0,005 | 1,429 | 2,000 | 0,57 | 0,067 | 8,5 |

Hodnoty a určujeme ve FAE na tři desetinná místa. Považujeme-li pro jednoduchost šířku zubů za absolutně přesnou, mají okamžité rychlosti stejnou relativní i absolutní nejistotu měření jako časy a . Proto hodnoty a zaokrouhlíme také na tři desetinná místa. Provedeme-li v programu MS Excel statistickou analýzu dat (Data ⭢ Analýza dat ⭢ Popisná statistika) z tabulky 1.5, zjistíme, že nejistota střední hodnoty po zaokrouhlení na jednu platnou číslici činí 0,03 a hodnoty v pátém sloupci tabulky 1.5 tedy zaokrouhlíme na dvě desetinná místa. Absolutní nejistotu měření pro zrychlení *g* potom určíme podle vztahu (1.1.1) jako: . Hodnoty zrychlení v posledním sloupci tabulky 1.5 tedy zaokrouhlíme na jedno desetinné místo a stejně tak průměrnou hodnotu zrychlení vypočítanou z jednotlivých hodnot.

Obr. 1.5.5 Graf hodnot zrychlení podle tabulky 1.5 – Měření gravitačního zrychlení na povrchu Země

**Závěr**

Hodnota tíhového zrychlení naměřená na povrchu Země má velikost   
 . Relativní nejistota měření je .

Lineární regresní funkce (její konstantní část), která je na grafu 1.1.5 vyznačena červenou barvou, poskytuje hodnotu zrychlení . Nalezená hodnota je v dobré shodě s tabulkovou hodnotou tíhového zrychlení .

**Otázky na závěr**

1. Vypočítejte, jakou hodnotu gravitačního zrychlení bychom měli naměřit na Sněžce   
(*h* = 1662 m). Pozorovali bychom nějaký významný rozdíl v rámci nejistoty měření?

2. V jaké minimální výšce bychom museli provést měření, abychom naměřili významně jinou hodnotu (lišící se minimálně o 20 %)?